

Ibn Sahl, le découvreur de la loi de la réfraction

Azzedine BOUDRIOUA, boudrioua@univ-paris13.fr

Le contexte scientifique et culturel

Afin de bien saisir l'importance de la contribution à l'optique de ce savant de la période médiévale, il est pertinent d'examiner le contexte et l'environnement scientifique et civilisationnel de cette période. Nous sommes dans la deuxième moitié du X^e siècle sous le règne des Abbassides (dynastie de Khalifes qui a succédé aux Omeyades) depuis pratiquement l'an 750. La civilisation musulmane est déjà en ascension et une période importante vient de s'achever. En effet, la plupart des travaux de traduction de l'héritage grec (et pas uniquement) en arabe eurent lieu durant la première moitié du IX^e siècle et les traductions couvraient, entre autres, l'ensemble des domaines de l'optique hellénistique. Durant cette période, Bagdad est depuis pratiquement un siècle le centre du monde de la science et de la culture. Elle a vu naître de grands noms tel que Khawarizmi (780–840) qui a créé une nouvelle science mathématique, en l'occurrence l'Algèbre, et qui a laissé son nom à la postérité en étant à l'origine des mots logarithme et algorithme de par son nom latinisé Algoritmi ; ou encore le grand philosophe Al Farabi (872–950). Ainsi, les savants arabes de cette époque disposaient de la traduction de l'optique d'Euclide et de la majeure partie de l'optique attribuée à Ptolémée [1-3].

Ibn Sahl, sa vie et son œuvre

Comme pour la plupart des savants arabes de cette période médiévale, nous disposons de très peu d'information sur sa vie. Il est également important de noter que nous ne disposons d'aucune image de leurs traits et que celles disponibles notamment sur des

sites internet ne sont que pure imagination d'artistes.

Ibn Sahl (Abū Sad al-'Alā' ibn Sahl) était un mathématicien et physicien de l'âge d'or de la civilisation musulmane. Il est associé à la cour de Bagdad. D'origine perse, il est né vers 940 et décédé vers l'an 1000. Ibn Sahl est le premier érudit musulman connu à avoir étudié l'optique de Ptolémée et, en tant que tel, un précurseur important du grand livre d'optique d'Ibn Al-Haytham (Alhazen), écrit environ trente ans plus tard [1-3]. Ibn Sahl a traité des propriétés optiques des miroirs et des lentilles. « *Ibn Sahl est le premier dans l'histoire à engager la recherche sur les lentilles ardentes : c'est l'acte de naissance de la dioptrique* », souligne l'historien des sciences R. Rashed [4]. Ces travaux l'ont conduit à découvrir la loi de la réfraction (connue sous le nom de loi de Snell ou Snell-Descartes) [4-6]. Il utilise cette loi pour dériver des formes de lentilles qui focalisent la lumière sans aberrations géométriques, appelées lentilles anaclastiques.

À propos de son œuvre, on sait qu'il a écrit un traité d'optique vers 984. Le texte de ce traité a été reconstruit par l'historien des sciences R. Rashed [3] à partir de deux manuscrits : l'un trouvé à Téhéran et l'autre à Damas. Le manuscrit de Téhéran est beaucoup plus long, mais il est gravement endommagé, ainsi que celui de Damas. Ces livres sont à la fois théoriques et expérimentaux (ils donnent les procédés mécaniques pour tracer les coniques). Pour la première fois, Ibn Sahl étudie les instruments ardents non seulement par réflexion mais aussi par réfraction (chose que personne n'avait faite avant lui). Il analyse les miroirs ardents paraboliques et ellipsoïdaux. Il étudie également les miroirs hyperboliques, les lentilles plan-convexes et hyperboliques biconvexes.



Infrared Detectors
We Manufacture
All Technologies

★★★★★
[x-] InGaAs

★★★★★
PbS/PbSe

★★★★★
DLaTGS

★★★★★
LiTaO₃

👍 5.000 clients
liked this!

La découverte de la loi de la réfraction

Bien que son travail s'inscrive dans la continuité gréco-arabe de la recherche sur les instruments ardents, son étude sur la réfraction et les lentilles constitue la première rupture avec la tradition de l'époque. En effet, dans un autre mémoire intitulé « *Preuve que la sphère céleste n'est pas d'une transparence extrême* » qui a été commenté par Alhazen et qu'Ibn Sahl avait rédigé pour commenter le cinquième livre de l'Optique de Ptolémée, il applique à l'étude de la réfraction la notion de milieu. Il caractérise, ainsi, les milieux par un certain rapport constant propre, pièce maîtresse lui permettant de découvrir la loi de la réfraction cinq siècles avant Snellius. Le problème d'Ibn Sahl peut se résumer de la manière suivante : comment focaliser la lumière d'une source proche ou lointaine par réflexion ou par réfraction pour obtenir un point ardent ? Avec une démonstration magistrale se basant sur le rapport entre les rayons lumineux incidents et réfractés, il établit que ce rapport est toujours constant (il est équivalent à l'indice de réfraction du milieu).

Soit DC le rayon incident (figure 1) dans un milieu, réfracté dans l'air suivant CE . La droite perpendiculaire au plan GF au point G croise la droite CD (rayon incident) au point H et le rayon réfracté au point E . Le rapport, $CE/CH < 1$, utilisé par Ibn Sahl dans son étude est tout simplement l'inverse de l'indice de réfraction du cristal ($1/n$). Aussi, en considérant les angles i_1 et i_2 formés par les droites CD et CE , respectivement, avec la normale, on peut écrire :

$$\frac{CE}{CH} = \frac{CE}{CG} \cdot \frac{CG}{CH} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{1}{n} < 1.$$

En prenant le point I sur CH , tel que $CI = CE$ et le J milieu du segment IH , les quatre points C, I, J, H caractérisent le cristal pour toute réfraction. Cette loi de la réfraction qu'il applique pour ses études sur la focalisation de la lumière par les lentilles et les autres instruments ardents lui permet d'élaborer la première théorie géométrique des lentilles.

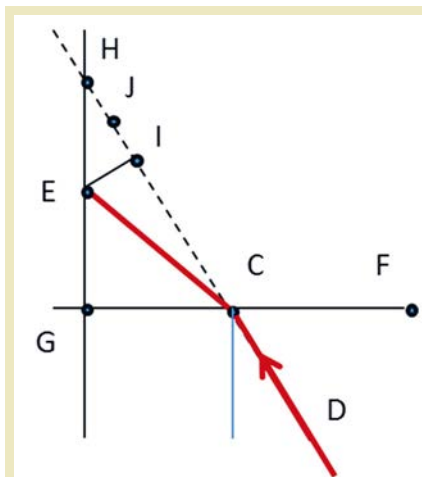


Figure 1. Première démonstration de la loi de la réfraction par Ibn Sahl : considérant les triangles rectangles (en haut à gauche), le rapport des deux hypoténuses est une constante du système [1,3].

Dans les parties restantes du traité « *Preuve que la sphère céleste n'est pas d'une transparence extrême* », Ibn Sahl étudie les miroirs paraboliques et ellipsoïdaux, les lentilles biconvexes et les techniques de dessin d'arcs hyperboliques. Il examine à la fois les aspects théoriques et pratiques de ces problèmes qui, dans le cas des lentilles, exige une prise en compte de la réfraction. En fait, Ibn Sahl avait conçu et constitué un domaine de recherche sur les instruments ardents et, peut-on dire, la dioptrique de surcroît [4].

Enfin, on note également ses contributions pour l'histoire de l'astronomie, notamment sa preuve que la voûte céleste n'est pas complètement transparente, et son commentaire sur le traité de l'astrolabe par Abū Sahl al Kūhī (~940–1000). Dans le premier, il donne la preuve que, quelle que soit la substance donnée, telle que celle qui compose les sphères célestes de

la cosmologie aristotélicienne, il est toujours possible de trouver une substance qui réfracte la lumière. Ibn Sahl convient cependant avec Aristote que les sphères célestes sont en effet plus transparentes que n'importe quelle substance sublunaire telle que le cristal. C'est ce travail qu'Ibn al-Haytham cite dans son court traité « *Discours sur la lumière* ».

Conclusion

Ibn Sahl est le premier savant de la période médiévale à introduire une rupture à la fois dans les approches et dans les concepts dans le domaine de l'optique. « *Avec lui, nous sommes à la veille d'une des premières révolutions en optique, sinon en physique. En effet, une génération à peine après lui, Ibn al-Haytham (Alhazen) engage ses travaux pour réformer le domaine de l'optique* », R. Rashed. L'acte fondateur de cette réforme consistait à faire clairement la différence, pour la première fois dans l'histoire de l'optique, entre les conditions de la propagation de la lumière et les conditions de la vision des objets.

L'optique future, à partir de Newton et de ses successeurs, s'inscrit dans la continuité de cette histoire, qui est une partie de l'histoire universelle de l'optique. Plusieurs principes fondamentaux de la physique n'ont été reconnus que bien plus tard après leurs découvertes. Certains font encore débat, à l'instar du principe de la relativité entre Henri Poincaré et Albert Einstein. Il conviendrait, probablement, de désigner le principe de la réfraction, en toute justice, du nom Ibn Sahl-Snell-Descartes.

POUR EN SAVOIR PLUS

- [1] R. Rashed, *Histoire des sciences arabes*, Tome 2, Ed. du Seuil (1997)
- [2] *Light-based Technology and Sustainable Development: Ibn al Haytham legacy*, A. Boudrioua, R. Rashed, V. Lakshayaramana (Eds.), Taylor and Francis (2017)
- [3] G. Simon, *Archéologie de la vision : l'optique, le corps, la peinture*, Ed. du Seuil (2003)
- [4] R. Rashed, *A Pioneer in Anacalastics—Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses*, ISIS **81**, 464 (1990)
- [5] A. Kwan, J. Dudley, E. Lantz, Who really discovered Snell's law?, *Physics World L* (2002)
- [6] J. Al Khalili, *Advances in optics in the medieval Islamic world*, *Contemporary Physics* **56**, 109 (2015)

