

Les révolutions de l'optique
par J. et V. Rosmorduc, F. Dutour

Sur cette page : | [sommaire](#) | [préface de Michel Blay](#) | [introduction](#) | [revue de presse](#) |

Sommaire

Préface de Michel Blay

Introduction : Un fil conducteur

La lumière et l'optique, de l'Antiquité à la fin du XVIe siècle

Les bases concrètes de l'optique - Hypothèses grecques - "Rayon visuel" et débuts de l'optique géométrique - La "révolution optique" d'Ibn-al-Haytham - Apport de la Renaissance occidentale

La révolution instrumentale en optique

Kepler - Une lumière mécanique - encart : Les lois géométriques des lentilles minces - Révélations de l'expérience

Naissance de l'optique ondulatoire

Pardès et Ango, précurseur de Huygens - Le Traité de la lumière et la théorie de Christiaan Huygens - Encarts : Ondes et vibrations - La section principale du cristal - "Le compas de Newton" - Un " Siècle des Lumières "... peu lumineux !

Thomas Young "savant universel" et précurseur de Fresnel

Un autodidacte " touche-à-tout " - Les travaux scientifiques - Encarts : L'œil et la mise au point des images - La vision des couleurs - Young, Champollion et les hiéroglyphes - L'apport à la théorie ondulatoire - Encart : Les lames minces, ou comment faire de la couleur à partir d'un liquide transparent - Young, précurseur de Fresnel ?

Les derniers feux de l'optique newtonienne

Un "jeune capitaine du Génie" - Encart : Le calorifique - Malus et la polarisation - Encarts : La géométrie analytique - Expériences de Huygens et de Malus - Les sources lumineuses - La polarisation selon Malus - Le mot "polarisation" - La découverte de la polarisation rotatoire - Encart : L'axe optique des cristaux

Un demi-siècle d'activités scientifiques en France (1780-1830)

L'ère de la "Grande Révolution" - Encart : Quelques uns des apports de la Révolution à l'activité scientifique - La postérité de la Révolution dans le domaine scientifique - Encart : Les savants issus des premières promotions de

l'École polytechnique - Une communauté scientifique très active - Encarts : Les savants dans la vie politique sous la Révolution et l'Empire - La Société d'Arcueil - Une idéologie " pré-positiviste " ? Encart : Coulomb et l'électrostatique

"Un jeune ingénieur des Ponts et Chaussées de la Drôme"

Naissance et enfance d'Augustin Fresnel - Les études secondaires : l'École centrale de Caen - Encart : Connaissances exigées pour le concours d'entrée à Polytechnique - Polytechnique et les Ponts et Chaussées - Encart : Professeurs de Fresnel à Polytechnique - L'ingénieur destitué - Les brèves et riches années d'un savant

La révolution fresnellienne de l'optique

Les Cent Jours, les débuts de l'optique de Fresnel - Le Mémoire de 1818 sur la diffraction - Les miroirs de Fresnel - La solution du problème de la polarisation : "obstacle épistémologique" - Encarts : La transversalité de la vibration lumineuse - La polarisation rotatoire - Fresnel, ingénieur des phares

Une existence indémontrable. Vicissitudes et mésaventures de l'éther au XIXe siècle

De l'expérience d'Arago à " l'entraînement partiel " de Fresnel - Encarts : La composition des grandeurs vectorielle en physique et l'explication de l'aberration des fixes - Indice optique et vitesse de la lumière dans un milieu transparent - L'article d'Arago et sa publication - Vitesses de la lumière dans l'eau et dans l'air : la comparaison de Foucault - Encart : Mesure de la vitesse de la lumière, par la méthode de la roue dentée, par la méthode du miroir tournant - L'expérience de Fizeau - Encart : La formule de l'entraînement partiel - L'éther électromagnétique de Maxwell - Les " vents d'éther " et l'expérience de Michelson

Conclusion

Vers la synthèse de Louis de Broglie

Annexes

Biographies - Bibliographie - Index des noms de personnes

Préface

Depuis l'Antiquité notre conception de la lumière s'est profondément transformée et, sans doute, se transformera-t-elle encore. Dans l'Antiquité, on s'intéressait surtout à la manière dont nous voyons, ce qui déboucha par exemple sur les Postulats de l'Optique d'Euclide. Ils peuvent aujourd'hui nous paraître bien étranges mais ils constituent des réponses possibles à une problématique ancienne qui, datant de l'an 1000 en terre d'Islam avec Alhazen (Ibn al-Haytham), s'est prolongée jusqu'au XVIIIe siècle : la question de la nature de la lumière. Qu'est-ce que la lumière ?

Au XVIIIe siècle, Descartes et Kepler ont définitivement libéré l'analyse de la lumière du problème de la sensation visuelle. Ils ont mis en place trois champs d'investigations - qui restent encore les nôtres pour l'essentiel : la nature physique de la lumière, la transmission de l'image rétinienne au cerveau (anatomie, physiologie) et la représentation mentale (approches cognitives).

C'est à l'étude du développement historique du premier champ, celui des théories physiques de la lumière, que ce livre est consacré.

Deux conceptions générales s'affrontent. La lumière est-elle un corps ou le mouvement d'un corps sans transport de matière, Est-elle un déplacement de corpuscules ou une onde ? Doit-on suivre Newton ou bien Huygens et Fresnel ? La lumière, dans sa nature, peut-elle être comparée au son ? Autant de questions que ce livre traite avec clarté tout en s'attachant à la rigueur historique ; évitant les attitudes trop récurrentes et ménageant une place significative à l'histoire - que l'on peut dire générale - des savoirs et des événements.

Si, dans sa visée de connaissance et de vérité, la science rencontre des problèmes intrinsèques, il s'y ajoute les vicissitudes des choix politiques et institutionnels offrant ou non des conditions de possibilité pour telles pensées ou tels développements théoriques.

Le présent ouvrage rend compte de tout cela et ce fut pour moi, un plaisir de le lire ; j'en sais gré à ses auteurs.

Michel Blay, Directeur de recherche au CNRS

Introduction

Un fil conducteur

Le présent livre pourrait s'intituler : Parcours d'une analogie dans l'histoire des sciences ; la comparaison de la lumière et du son. Trop long ! Sans doute, mais la formulation présente l'avantage de traduire explicitement le projet que nous allons mettre ne œuvre.

Un long parcours

L'évolution des représentations humaines de la Lumière se poursuit depuis des millénaires. Elle s'est infléchie au cours des temps en fonction de multiples paramètres, eux-mêmes liés à diverses dimensions des civilisations. Son analyse relève donc bien de l'Histoire, au sens le plus fort du concept, et non d'une simple succession chronologique d'événements. Parmi les paramètres discernables, certains d'entre eux sont identifiables mais difficiles à préciser et encore plus à évaluer. Concernant la lumière, il en est ainsi des mythes par exemple. Les approches scientifiques sont généralement plus claires à nos yeux, même s'il arrive que des problèmes demeurent et que nous n'ayons pas de réponse explicite à apporter à certaines questions. L'idée, par exemple, de " rayons " (et donc de lumière) émis par l'œil et expliquant la vision, nous paraît aujourd'hui totalement saugrenue. Elle figure cependant, non seulement chez les poètes (Homère, par exemple), mais chez des " savants ", parfaitement sérieux et " scientifiques " de notre point de vue, comme Euclide et Claude Ptolémée, avec nous semble-t-il une réticence marquée chez Aristote. Leur formulation n'est certes pas si explicite que celle que nous venons d'exprimer. Ceci étant, elle paraît quand même relever d'une croyance réelle. Ce qui est pour nous absurde, compte tenu de ce que nous savons en 2003, ne l'était manifestement pas il y a une vingtaine de siècles.

Il est assez vain, nous semble-t-il, de qualifier de " pré-scientifiques " les opinions de telle ou telle époque sur tel ou tel sujet. Il peut nous arriver d'user de ce vocable pour des raisons de commodité. Il doit être cependant entendu que cela n'a pas, à nos yeux, d'autre sens que celui-là. L'idée de la lumière qu'exprime

Euclide traduit la conception des scientifiques, et donc " la conception scientifique " du iiiie siècle av. J.-C., même si le mode de raisonnement n'est pas conforme au modèle galiléo-newtonien.

Comme l'expose Gaston Bachelard, notre analyse en histoire des sciences est obligatoirement récurrente. Ce qui devrait nous conduire, en toute logique, à une prudence encore plus grande quand nous interrogeons le passé.

De l'objectivité en histoire

L'un des intérêts des représentations de la lumière en tant qu'objet d'étude est, de notre point de vue, leur ancienneté historique et leur richesse. Le champ des idées qui eurent peut-être cours durant l'interminable préhistoire, laisse libre cours à l'imagination mais offre peu de possibilités à l'historien. Faute de documents écrits, compte tenu du petit nombre des figurations picturales et des problèmes posés par leur interprétation, nous devons nous contenter de quelques suppositions inspirées le plus souvent par le travail des ethnologues. La réflexion devient déjà plus commode, et probablement plus fiable, au moment de l'Égypte et du Proche-Orient anciens. Les analyses des philosophes grecs nous apparaissent, sur certains des sujets des sciences de la nature, relativement assez rationnelles pour que nous ayons l'impression de les comprendre. L'exemple précédent du " rayon visuel " nous montre cependant qu'un tel sentiment peut très bien n'être qu'un leurre. La rationalité antique, telle que nous nous la figurons, est elle aussi récurrente et nous la construisons au moins pour partie. Étudier l'histoire des sciences implique que nous prenions conscience de cette réalité et que, pour le moins, nous nuancions nos affirmations sur les sciences anciennes, en nous résignant à les affecter d'un fort coefficient de doute.

En usant donc d'une très grande prudence, l'analogie entre la lumière et le son nous paraît constituer, au long des siècles, un fil conducteur relativement fiable, dans le cadre de pensées certes très différentes des nôtres et dont nous ne pouvons saisir que des fragments. Cette démarche fonctionne dans un autre champ, parallèlement en quelque sorte à l'optique du rayon visuel, dans une autre dimension que la mystique de la lumière qui a très longtemps été le fait de plusieurs religions dominantes. Les acteurs sont d'ailleurs en général différents. Les premiers s'intéressent à la vision, les seconds sont géomètres, les derniers sont les théologiens, même s'il arrive - rarement ! - que les trois approches soient le fait d'un même personnage.

Si nous osons le dire, nous y voyons un peu plus clair, tout au moins dans le cadre de la science arabe, à partir du mathématicien et physicien Ibn al-Haytham, savant du XIe siècle. Dans son œuvre, en effet, le rayon lumineux acquiert une réalité physique, qu'il ne possédait pas auparavant. Ses ouvrages ayant, pour une part tout au moins, été assez rapidement traduits en latin, le même constat se retrouve, à partir du XIIIe siècle, chez plusieurs physiciens européens : Roger Bacon, Witelo, Thierry de Freiberg. À peu près à la même époque (fin du XIIIe) des besicles destinés à améliorer la vue sont fabriqués en Italie. La science de la lumière induit, à partir de ce moment-là, une activité sociale importante (notamment sur le plan culturel) et un artisanat actif et novateur.

Si le " statut " de la lumière est radicalement modifié par Ibn al-Haytham, il serait erroné d'affirmer qu'il est dès cet instant identique à son " statut " moderne. D'une part, parce que la révolution causée par le physicien irakien n'est pas connue de tous, bien évidemment, et même pas de tous les intellectuels de l'époque. D'autre part, parce qu'une certaine confusion règne toujours chez les philosophes s'intéressant à l'optique. Témoin la distinction, opérée par eux, entre " lux " et " lumen ". La transformation évoquée a aussi probablement contribué, à un moindre degré sans doute que l'introduction des lunettes correctrices et le travail des artisans opticiens, au changement d'attitude par rapport au sens de la vision. Celui-ci sera toutefois lent et très progressif.

Nous retrouvons notre " fil conducteur " chez Huygens, Euler, Young, et au début des recherches de Fresnel. C'est ce dernier physicien qui opère le véritable " tournant " conceptuel de notre histoire. Cette dernière affirmation relève, de toute évidence, d'un choix, obligatoirement en partie subjectif. Plusieurs grands historiens ont insisté sur le caractère très relatif de la notion d'objectivité dans leur discipline. Par exemple Georges Duby :

"Il est évident que je ne crois pas à l'objectivité de l'histoire. Toute histoire est forcément subjective, tout discours sur le passé est l'œuvre d'un homme qui vit dans le présent et qui interprète les vestiges du passé en fonction de ce présent. "

Ceci vaut pour toute histoire, a fortiori pour celle des sciences où les risques d'anachronisme sont très grands. Il est évident par exemple que les objets, que désignent l'atome des physiciens quantiques, celui de Bohr, celui de Dalton..., celui d'Épicure et de Démocrite, n'ont pas grand chose en commun. Il existe cependant un caractère que l'on retrouve chez les uns et les autres ; c'est l'idée, que veulent ainsi exprimer

ces différents penseurs, d'une structure discontinue - " granulaire " pourrait-on dire plus modestement - de la matière. L'analogie entre la lumière et le son représente en quelque sorte, toutes proportions gardées, une filiation du même type. Une différence notable cependant : la matière reste discontinue pour le physicien d'aujourd'hui, comme elle l'était pour l'atomiste grec ; Fresnel, par contre, a introduit une rupture dans le raisonnement que suivaient, depuis Aristote, les tenants de ladite analogie.

L'apport de Fresnel

Le personnage décisif de notre longue histoire est donc Augustin Fresnel. Il est totalement inconnu du grand public, si ce n'est par un apport somme toute scientifiquement secondaire : la lentille à échelons qui a équipé des centaines de phares depuis 1820. Terminant sa notice sur Fresnel, prononcée le 26 juillet 1830 devant l'Académie des sciences, le talentueux François Arago s'écrie : " Nous savons quelque chose, quoique Fresnel ait peu vécu. " L'orateur paraphrasait ce faisant une déclaration de Newton à la mort prématurée du jeune géomètre Cotes. Le contexte historique n'est jamais indifférent. Il nous paraît ici particulièrement important et nous avons jugé utile de lui consacrer un chapitre (voir chapitre 6). Non que Fresnel lui-même se soit particulièrement investi dans la vie sociale de son temps, à l'exception d'une action très limitée au moment des Cent Jours. Par ailleurs, son existence a été brève puisqu'il est mort à trente neuf ans. Mais, sans prétendre discerner des relations automatiques entre les événements politiques et la vie scientifique, les bouleversements idéologiques, les initiatives des pouvoirs (y compris dans le domaine scientifique et technique), les changements sociétaux contribuent à susciter un climat intellectuel qui se prête davantage aux remises en cause que la mentalité qui règne dans une période de morne stagnation. En tant que personnage, Fresnel est probablement moins symbolique de la période de la Révolution et du Premier Empire que ne le sont par exemple Lamarck ou Arago. Il est cependant l'un des étudiants de l'une des premières promotions de cette institution, produit-type de cette époque qu'est l'École polytechnique. La formation constitue l'une des dimensions fondamentales d'un individu. En ce qui concerne Fresnel, celle-ci est fortement marquée par le contexte historique que nous venons d'évoquer. La remarque vaut pour la vie de la communauté scientifique de 1814 à 1827, dans le cadre de laquelle Fresnel a travaillé.

La constatation peut être reprise pour les décennies 1830-1890, au cours desquelles se sont propagées les idées de Fresnel dans les milieux scientifiques. Ces décennies font l'objet d'un chapitre (voir chapitre 9), dans le cadre duquel nous traitons particulièrement des problèmes posés aux physiciens par l'éther, milieu inventé pour l'essentiel par Fresnel dans la forme que l'optique du XIX^e siècle a retenue.

Revue de presse

Revue de l'APMEP, association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public, 05-06/2004

"Neuf chapitres, de l'Antiquité à Louis de Broglie, qui content les révolutions de l'optique en les insérant avec bonheur dans les conceptions scientifiques et l'histoire de leur temps (...). Un livre qui se lit avec beaucoup de plaisir tant il fait excellemment revivre pour nous les savants évoqués (...)."

Henri Bareil

Pour la Science, 01/2005

" (...) Les éclairages que [ce livre] donne sur une époque marquée par la réorganisation postrévolutionnaire des institutions scientifiques et d'enseignement sont d'un grand intérêt. (...) On saura gré aux auteurs d'avoir décrit les sources de lumière utilisées par Fresnel, un point souvent laissé dans l'ombre (...) L'ensemble constitue un livre agréable et accessible qui intéressera tous ceux que l'histoire des idées scientifiques et des pratiques sociales en science passionnent."

Eric Lantz, Pr à l'Université de Franche-Comté