

Séminaire Histoire de la lumière
Programme Année 2014 / 2015
Arnaud Mayrargue et Danielle Fauque

Présentation

Ce séminaire a pour objet de réfléchir autour de questions relatives à l'optique théorique et l'optique instrumentale, à leurs modes d'interaction, ainsi qu'à leurs liens avec d'autres domaines, telle l'astronomie. Il s'agit donc d'explorer à la fois les champs théoriques et instrumentaux dans le domaine de la lumière. Les questions qui seront à examiner concerneront ainsi les instruments, les modes d'interprétation théorique, les liens entre expérience et théorie et enfin les conditions et possibilités de réinvestissement de ces différents domaines dans le cadre de l'enseignement.

Lieux du séminaire :

- Université Paris Diderot (Paris 7), immeuble Condorcet, 4, rue Elsa Morante, salle Rothko (412B).

Métro : Ligne 14, RER C, station : Bibliothèque François Mitterrand

Bus : 62, 89, 325, 64 / Stop : Avenue de France

<http://www.sphere.univ-paris-diderot.fr/spip.php?article742>

- CAPHES (ENS), 45, rue d'Ulm, salle Weil (séance du 27 mai 2015).

Arnaud Mayrargue : arnaud.mayrargue@univ-paris-diderot.fr

Danielle Fauque : danielle.fauque@u-psud.fr

Séance du Mercredi 10 décembre 2014, 14h30-17h30, salle Rothko

Spectrométrie et Polarisation

Danielle FAUQUE (GHDSO-EST, Université Paris Sud, Orsay)

L'apport d'une technique nouvelle à la connaissance de la matière dans la seconde moitié du XIX^e siècle : la spectroscopie

Du simple prisme utilisé par Newton à l'instrument sophistiqué de la fin du XIX^e siècle, plusieurs savants ont contribué peu à peu à un dispositif qui a révolutionné l'approche de la matière dans la seconde moitié du XIX^e siècle. Si Fraunhofer, et bien d'autres, ont considérablement amélioré le montage, c'est Antoine Masson qui au début des années 1850, en fera l'instrument compact que nous connaissons et qui prit le nom de spectroscope.

Avec Kirchhoff et Bunsen à la fin de la décennie, un tournant majeur est pris. Le brûleur de Bunsen donnant une flamme presque transparente permettait de mieux observer le spectre des substances étudiées, soit en émission soit en absorption. Une échelle micrométrique et l'ajout d'un spectre de référence vont permettre la détermination directe de la longueur d'onde par comparaison et interpolation graphique. Le spectroscopie donne ainsi le moyen de déterminer la composition du Soleil, des étoiles fixes et des substances chimiques de façon aisée. Dès la publication de leurs méthodes et découvertes, c'est un engouement général. Les fabricants produisent alors ce type d'instrument en grande quantité, tout en l'adaptant aux différents besoins. La spectroscopie allait révolutionner l'astronomie, avec la naissance de l'astrophysique, et l'analyse chimique avec la découverte d'éléments nouveaux, et ses conséquences avec des tentatives d'interprétation théorique. L'exposé, généraliste, tentera de dégager les points importants de ce développement technique portant sur chacune des trois parties du dispositif : sources, analyseurs, récepteurs, et sur ce qu'il a pu induire pour la connaissance des corps lumineux pendant la période 1850-1900, juste avant les propositions de Planck sur les quanta de lumière. Il sera fait appel aux études récentes de spécialistes comme Stéphane le Gars et Charlotte Bigg, comme à celles, nombreuses, qui, sous forme d'une synthèse de cette technique, parurent au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle.

Frédéric LECLERCQ (UMR Savoirs, textes, langage, Université Lille 3)

***Opposition des pratiques de Biot et de Fresnel lors des études
sur la polarisation de la lumière***

La découverte de la polarisation de la lumière en 1808 ouvre un champ d'études dont personne n'imagine l'étendue et la complexité. Ainsi, Jean-Baptiste Biot, savant newtonien, étudie les caractères colorés et polarisés de la lumière par de nombreuses expériences ; il parvient à insérer ce que nous dénommons maintenant polarisation chromatique dans le cadre de la nouvelle physique voulue par Laplace.

Expérimentateur habile cultivant l'émulation jusqu'à la rivalité, Biot multiplie les découvertes qui finissent par former un ensemble morcelé.

À la même époque, Fresnel, tenant de la théorie adverse des ondes, s'oppose à l'interprétation que fait Biot de la polarisation chromatique ; il étend l'application du principe des interférences et invente les situations remarquables où il s'applique.

Après avoir brossé le contexte de ces travaux, nous exposerons le changement qui intervient avec la pratique de Fresnel, les nouveaux rapports existants entre expérience et théorie lors des études sur la polarisation de la lumière et nous indiquerons la cohésion qui assure une plus forte pérennité à la théorie des ondes qu'à la théorie corpusculaire de la lumière.

Spectroscopie instrumentale

Charlotte BIGG (Centre Alexandre Koyré, EHESS-CNRS-MNHN)

Les métrologies interférométriques

A la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle Albert Michelson puis les physiciens marseillais Charles Fabry et Alfred Perot entreprennent de mesurer le mètre étalon en longueurs d'ondes, mesures qui aboutiront à une "dématérialisation" de la définition du mètre. Ces travaux de haute précision, qui impliquent l'élaboration de nouveaux dispositifs expérimentaux, auront des conséquences importantes dans de nombreux domaines. Nous examinerons les efforts déployés par Fabry et Perot à partir de ces dispositifs d'une part pour reconfigurer les pratiques astrophysiciennes et contester la domination américaine dans ce champ; et d'autre part pour contribuer à la standardisation de la production des industries mécaniques. A travers ces entreprises, ainsi que la création par Fabry de l'Institut d'optique théorique et appliquée en 1920, une conception particulière du travail expérimental et de l'instrumentation est exprimée qui privilégie la très haute précision, le travail artisanal et les communautés d'experts.

Myles JACKSON (Albert Gallatin Research Excellence Professor of the History of Science, New York University and Alexander-von-Humboldt-Reimar-Lust Prize Winner of the Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern)

Joseph von Fraunhofer and the Communicability of Artisanal Knowledge

This talk discusses Fraunhofer's contribution to physical optics by focusing on his artisanal skill. The importance of craft knowledge to the discipline of astronomy was quite clear by the early nineteenth century; however, debates arose as to whether the possessors of such skill should be considered *Naturwissenschaftler* or simply *Handworker*. Such distinctions clearly had sociocultural and political meaning. Secrecy, which was crucial to his work—indeed, the work of all artisans at the time, was antithetical to the so-called values of nineteenth-century science. Precisely because of this secrecy, the British were at a loss to reconstruct his lenses. As a result, they could not recapture the market for optical lenses and instruments. Numerous British attitudes about the importance of craft knowledge to the scientific enterprise map onto larger social issues of the period, including the reform of patent law, scientific patronage, and the mechanization of labor.

La théorie des couleurs (I)

Friedrich STEINLE (Technische Universität Berlin)

The debates on color in the 18th century

In the history of color research, Newton's 1704 Opticks mark a decisive point. Not only did his theory of light and colors, for the first time, reach a broad audience, but he had also widened it considerably (compared to his 1672 draft), so as to deliberately address practitioners. Indeed, for decades to come, no one dealing with colors would bypass Newton's work. But practitioners had a hard time to combine the promises of Newton's theory with their traditions and experience, and it is fascinating to follow the various ways the dealt with the task, all the more since the general interest in color theory increased dramatically. In my talk, I shall sketch out some main lines of 18th century color research and illustrate the situation reached at the end of the century – a situation of parallel and separate efforts that would call again, at the turn to the 19th century, some researchers to ask again for a unified approach to color.

Arnaud MAYRARGUE (Laboratoire SPHERE, CNRS et Université Paris-7 Diderot)

L'aberration stellaire et la nature ondulatoire de la lumière

L'observation des astres, souvent rendue nécessaire, par exemple pour se repérer en mer, se trouve rendue difficile en raison de l'existence de phénomènes lumineux perturbatifs. Les instruments d'observation, telles les lunettes astronomiques, peuvent être sources d'aberrations chromatiques ou sphériques. Le milieu traversé par la lumière peut également perturber le repérage ; ainsi, au du XVIII^e siècle, Bouguer a-t-il particulièrement étudié le phénomène de réfraction atmosphérique. Il existe enfin une autre cause, découverte par James Bradley en 1728, l'aberration stellaire, dont nous voulons rendre compte ici, par les conséquences que cette découverte a pu avoir du point de vue des théories sur la lumière.

Bradley avait pu expliciter le phénomène avec succès dans le cadre du système émissif newtonien, mais s'était néanmoins trouvé confronté à une conséquence de sa découverte, qui se trouvait être en contradiction avec ce même système. Au début du XIX^e siècle, Augustin Fresnel procéda à un nouvel examen du phénomène d'aberration stellaire. Il adopta pour cela le cadre de la théorie ondulatoire de la lumière, imaginé au XVII^e siècle par Christian Huygens et fut alors conduit à préciser les propriétés de l'éther lumineux, nécessaire en tant que support à la propagation des ondes. La découverte, par Fresnel et François Arago, du phénomène de polarisation de la lumière l'obligea de supposer la transversalité des vibrations lumineuses ; en conséquence, l'hypothèse nécessitait de préciser les propriétés et la structure de l'éther dans ce nouveau cadre. Un examen critique de ces propositions fut entrepris en Grande-Bretagne dans le cadre de l'hydrodynamique. Il contribua à déclencher des controverses, que nous voulons examiner ici, afin de comprendre les rôles respectifs que James Challis et George Gabriel Stokes ont pu jouer dans les propositions nouvelles qui émergèrent alors dans ce domaine. On verra notamment comment Challis fut conduit à discuter quelques hypothèses de base de la théorie ondulatoire, par exemple la question du principe de propagation rectiligne de la lumière, jusqu'à remettre en question l'ensemble de cet édifice.

Séance du Mercredi 27 mai 2015, 14h30-17h30, salle Weil

La théorie des couleurs (II)

Alan SHAPIRO (University of Minnesota, Minneapolis)

Newton's Assessment of Experimental Evidence in his Optical Investigations

Alexandre Koyré long ago observed that Newton's aim was "to abolish the world of 'more or less'" for a "universe of precision, of exact measures, of strict determination," but this view—echoed with some modification by others—is based on the celestial mechanics of the *Principia*. It applies to Newton's optical work only with some restrictions. Newton's initial and arguably most significant contribution to optics, his theory of white light and color, was largely based on qualitative experiments, and even when he made measurements, they played little role in the development of his theory. In other areas of his optical research, such as the colors of thin and thick plates, he did skillfully apply experimental measurements, but they were not always in a world of "exact measure." For one important result Newton used averages—then mathematically unjustified—and he then hid their use from readers; and for some others he presented his measurements as a range of values rather than the standard "best" single value. I intend to describe how Newton evaluated experiments, what he considered acceptable error, and how he attempted to minimize error. This will involve looking at other areas like astronomy and mechanics.

Séance du Mercredi 10 juin 2015, 14h30-17h30, salle Rothko

Varia : mémoires et manuels. De la recherche à l'enseignement de l'optique

Arnaud MAYRARGUE (Laboratoire SPHERE, CNRS et Université Paris-7 Diderot)

Les Doutes de D'Alembert

Newton avait discuté dans les *Optical lectures* (1670-1672) deux lois possibles permettant de rendre compte du phénomène de dispersion de la lumière blanche au travers d'un prisme. La première loi, quadratique, avait été élaborée, dans le cadre de la théorie de la gravitation, à partir de considérations sur la vitesse des corpuscules lumineux. L'autre loi, formulée en élaborant une échelle quantitative des couleurs, avait une expression linéaire. D'un point de vue quantitatif, ces deux lois différaient peu quant aux résultats auxquels elles conduisaient, en tout cas insuffisamment pour que leurs différences soient détectables avec les méthodes de mesures que Newton avait à sa disposition. Ce n'est que beaucoup plus tard, alors qu'il avait élaboré sa théorie de la lumière que Newton, s'appuyant sur l'analogie avec les résultats de l'harmonie musicale, adopta finalement la loi linéaire de dispersion. Il en conclut à l'impossibilité de pouvoir construire des systèmes achromatiques réfracteurs.

En 1747, Euler avait critiqué ces vues de Newton et proposé une loi de type logarithmique pour rendre compte du phénomène de dispersion. S'appuyant sur ces idées, l'anglais John Dollond réussit à construire des systèmes achromatiques et publia sa découverte en 1758.

D'Alembert, dans les Mémoires 20 et 49 des *Opuscules mathématiques* consacrés aux lunettes achromatiques, discuta la question et exprima des doutes quant aux thèses exposées respectivement par Newton et par Euler.

Il souleva ainsi des questions épistémologiques, liées notamment aux divers choix possibles d'une loi et de son caractère nécessaire ou contingent qu'on se propose de discuter.

Danielle FAUQUE (GHDSO-EST, Université Paris Sud, Orsay)

Les manuels d'optique pour l'enseignement :

Du Smith au Fleury-Mathieu en passant par le Chwolson

Le traité d'optique de Robert Smith, paru en version anglaise en 1738 est un incontournable pour qui étudie l'optique au XVIII^e siècle. On peut le considérer comme le véritable premier manuel d'optique. Il fallut attendre trente ans pour lire les deux traductions françaises, qui parurent la même année, en 1767. L'une est due au père jésuite Esprit Pézenas, à Marseille, l'autre à Nicolas-Claude Duval-Le Roy, tous les deux professeurs de mathématiques pour les gardes de la marine. Ces deux traductions sont plutôt une adaptation, et se complètent l'une l'autre. Pézenas considère la partie théorique comme la plus importante, tandis que Duval-Le Roy insiste sur les instruments d'optique. L'original, comme les deux traductions, s'adressent autant à des débutants qu'à des personnes déjà averties. Il s'agit là d'un traité d'optique géométrique, sans postulat sur la nature de la lumière, faisant la part belle aux propriétés et aux systèmes de lentilles.

À la fin du siècle et au début du XIX^e siècle, les manuels ou leçons d'optique proposent les idées nouvelles basées sur un modèle vibratoire. En particulier, Émile Verdet, professeur de physique mathématique à la Sorbonne, souhaitait coordonner la théorie des phénomènes optiques dans une série de leçons s'étalant sur trois ans. Il ne put enseigner qu'une année et ces cours furent publiés à titre posthume en 1869. Il choisit une voie entièrement analytique en partant, disait-il, des phénomènes les plus simples pour aller aux plus complexes, en introduisant les hypothèses au fur et à mesure des besoins. Il supposait la lumière produite par des vibrations périodiques et Fresnel était « le guide ».

En 1906, la traduction du *Cours de physique* de Chwolson livre une vision de la lumière considérée comme énergie rayonnante. Cet ouvrage imposant est un intermédiaire entre le manuel et le mémoire original. Lui aussi constitue un guide, écrit son traducteur, car rappelle sur certains points les œuvres de Verdet consultées encore avec beaucoup de fruits à cette époque.

Au XX^e siècle, les ouvrages de Henri Bouasse (1907-1909), de Jules Lemoine (1929), de Georges Bruhat (1930) vont occuper le champ, et seront en partie repris par leurs successeurs. En particulier, les « Fleury et Mathieu » (années 1960) s'appuyaient plus particulièrement sur les ouvrages de Lemoine revus par Auguste Blanc dans les années 1950, et auront une vie très longue. Ils étaient encore consultés avec fruit à la fin du XX^e siècle. Ils traduisent finalement le consensus théorique qui s'est dégagé sur l'établissement d'un enseignement supérieur d'optique classique au milieu du XX^e siècle.

L'exposé pourrait conduire à poser un certain nombre de questions touchant le transfert, l'appropriation, et la diffusion des connaissances en optique à chaque époque, ici successivement les cœurs des XVIII^e, XIX^e et XX^e siècles, et leur effet retard dans les programmes de l'enseignement secondaire.