

Séminaire Histoire de la lumière

Programme Année 2015 / 2016

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 Celan (séance du 3 février 2016).

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

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

Séance du Mercredi 4 novembre 2015, 14h30-17h30, salle Rothko

Scott Walter (Centre François Viète, Université de Nantes)

Les voyages d'Alfred A. Robb :

De l'effet Zeeman à la géométrie optique du mouvement

Le physicien Alfred A. Robb (1873-1936) n'est pas réputé pour ses voyages, alors qu'il en a fait plusieurs dans sa carrière. Je mets en avant deux types de voyages. D'abord, il y a les déplacements de sa personne, de sa ville natale de Belfast, à St. Johns College, Cambridge, à l'Université de Göttingen, et de nouveau à Cambridge, au laboratoire Cavendish dirigé par J.J. Thomson. Ensuite, et en rapport avec le premier type, il y a les voyages de l'esprit, en partant de la dynamique de Routh enseignée à Cambridge, vers les théories électroniques de Larmor, Lorentz et J.J. Thomson, à la théorie de l'effet Zeeman de Woldemar Voigt, jusqu'aux théories de la relativité d'Einstein, Poincaré, et Minkowski. Je montrerai alors comment l'axiomatisation de l'espace de Minkowski par Robb est issue de ces voyages.

Pierre Lauginie (GHDSO-EST, Université Paris Sud, Orsay)

De l'Épistémologie à la Métrologie : Foucault et le miroir tournant. Un expérimentateur, un appareil, deux finalités

Léon Foucault réalise en 1850 et en 1862, avec le « miroir tournant » deux expériences à finalités très différentes : en 1850, il met au point un dispositif à miroir tournant en vue de discriminer entre deux modèles de la structure de la lumière. Il conclut au rejet du modèle corpusculaire tel que conçu à l'époque et conforte la suprématie du modèle ondulatoire classique. En 1862, répondant à une demande de l'Astronomie, il adapte le même dispositif de base en vue d'une expérience précise de Métrologie : la mesure absolue de la vitesse de la lumière dans l'air.

Le contexte historique et épistémologique de chacune de ces expériences sera examiné. D'une part, en 1850, suite à une proposition d'Arago remontant à 1838, il s'agit de trancher « définitivement » entre modèle corpusculaire classique, et modèle ondulatoire classique lui aussi (i.e. avec éther) en comparant la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau, sans mesure absolue. D'autre part, la première mesure terrestre de la vitesse de la lumière dans l'air par Fizeau en 1849 par la méthode de la roue dentée, indépendante de l'Astronomie, avait inauguré une ère nouvelle : il s'agit de l'application potentielle de la vitesse de la lumière à la mesure des distances astronomiques, immédiatement comprise par Arago. En 1861, Le Verrier demande à Foucault une détermination précise de cette vitesse en vue de corroborer ses calculs de distances astronomiques, mesure que Foucault réalise brillamment en 1862.

Nous examinerons les contraintes du système à miroir tournant, puis les adaptations, améliorations et innovations apportées par Foucault à son dispositif afin de passer des exigences d'une expérience qualitative à portée épistémologique d'une part (1850), à celles d'une expérience précise de métrologie (1862) d'autre part. La postérité du miroir tournant sera examinée jusqu'à la magnifique mesure de Michelson en 1926-1927 avec une distance entre miroirs portée à 35 km, qui demeurera la référence jusqu'à la mise en œuvre des méthodes de cavité résonante après la seconde guerre mondiale.

Les modalités de ces deux grandes catégories d'expériences seront discutées : d'une part, établir, justifier, illustrer une loi, discriminer entre des modèles ou des théories ; ou bien, d'autre part, déterminer de manière aussi précise que possible une constante physique. Foucault, avec le même dispositif de base, s'illustre dans l'ensemble des deux champs.

Séance du Mercredi 2 décembre 2015, 14h30-17h30, salle Rothko

Delphine Bellis (Radboud Universiteit Nijmegen, Center for the History of Philosophy and Science)

La nature de la lumière entre physique et ontologie : Descartes, Boulliau et Morin

S'il fallait s'en tenir à ce que Descartes déclare explicitement dans la Dioptrique au sujet de la lumière (c'est-à-dire qu'il n'entreprend pas « de dire au vrai quelle est sa nature »), l'on serait tenté de croire qu'il ne s'intéresse pas à sa nature, mais seulement à ses effets. Cependant deux éléments doivent nous inciter à ne pas interpréter cette déclaration à la lettre. D'une part, une partie au moins des lecteurs de la Dioptrique y a identifié une théorie de la nature de la lumière et, d'autre part, Descartes écrit la Dioptrique à une époque où les recherches des philosophes naturels sur la nature de la lumière connaissent un vrai regain d'activité. Or, ces deux dimensions transparaissent dans la correspondance de Descartes. Nous nous proposons d'éclairer la position cartésienne en la confrontant à celle de deux de ses contemporains, Ismaël Boulliau et Jean-Baptiste Morin. Cela nous permettra de redessiner les contours d'un débat antérieur à celui, mieux connu, portant sur la nature corpusculaire ou ondulatoire de la lumière, débat aux oppositions et aux enjeux philosophiques plus marqués. En particulier, ce débat révèle ce qu'une conception matérielle de la lumière peut avoir de problématique dans sa compatibilité avec l'optique géométrique.

Fabrice Ferlin (laboratoire S2HEP, Université Lyon 1)

L'apparition des lunettes achromatiques au XVIIIe siècle, enjeux, théories et pratique.

Les lunettes astronomiques, depuis leur apparition au début du dix-septième siècle ont été longtemps affectées par des problèmes d'aberrations optiques limitant fortement leurs performances. À la fin du siècle Newton identifia les aberrations chromatiques, mais il crut qu'elles seraient définitivement impossibles à corriger, d'où son projet de se tourner vers des télescopes à miroir.

Ce n'est que vers le milieu du siècle suivant que des savants (Euler, Clairaut, D'Alembert) se rendirent compte de la possibilité de corriger ce défaut et mirent au point des théories mathématiques des aberrations qu'elles soient optiques, chromatiques ou géométriques optiques.

Toutefois diverses raisons limitèrent l'application de cette théorie à la construction des nouvelles lunettes achromatiques apparues à la fin des années 1750, et cela n'est pas sans rapport avec la désaffection et l'oubli de ces théories des aberrations au tournant du dix-neuvième siècle, avant une réélaboration indépendante dans les années 1860 (Seidel).

Dans cet exposé, nous explorerons les enjeux de l'apparition des nouvelles lunettes au dix-huitième siècle, les causes de l'oubli pour un siècle des théories correspondantes. Nous montrerons aussi que l'optique du siècle des Lumières, insérée entre les grandes découvertes du dix-septième siècle (Huygens, Newton) et celles du début du dix-neuvième (Fresnel) n'a pas été aussi figée et stagnante qu'on l'a parfois dit.

Séance du Mercredi 3 février 2016, 14h30-16h, salle Celan (ENS)

Jed Buchwald (California Institute of Technology)

The Principles of Ray Optics Before the Wave Theory of Light

Although the central physical image of optics in the late 18th and early 19th century presumed light to consist of particles governed by forces (the emission theory), no quantitative results with empirical consequences ever resulted from that assumption, with the partial exception of Laplace's expression for the relation between index of refraction and density. Nevertheless, Malus and then Biot in France, as well as Brewster in England, did generate testable claims that both Biot and Brewster insisted were independent of the emission theory. Adopting Thomas Young's terminology, we will call the ray-based theory deployed by these investigators (and others before and after them) the selectionist theory of light. That theory presumed the independent existence and persistence of a countably-finite set of physical rays, whatever such things might actually consist of. Wave optics altogether rejected any such notion, with the consequence that results obtained by Malus, Biot and Brewster could no longer be accepted – though in the principal case of partial reflection, whose theory was due to Malus, no difference could at the time be detected between his formulae and the ones produced by Fresnel.

Séance du Mercredi 10 février 2016, 14h30-17h30, salle Rothko

Marie ITOÏZ (GHDSO-EST, Université Paris Sud, Orsay)

Entre production de lumière polarisée et reconnaissance des minéraux : Le rôle du prisme à simple vue de William Nicol dans la première moitié du XIXe siècle

William Nicol (1770-1851) publie en 1829 dans un journal écossais, un bref article de deux pages détaillant la fabrication d'un prisme de spath calcaire permettant l'obtention d'une seule image. Le prisme à simple vue, dont le nom va rapidement se réduire à celui de son inventeur, est un instrument qui produit de la lumière polarisée. Éclipsant les autres moyens de polarisation de l'époque, le prisme nicol devient progressivement un incontournable à partir de 1850 dans toutes les expériences qui nécessitent l'utilisation de lumière polarisée.

Or, les minéraux ont alors une place importante dans ces recherches sur et avec la lumière polarisée, comme par exemple dans les travaux de David Brewster (1781-1868) ou encore de Jean-Baptiste Biot (1774 -1862). De nouvelles propriétés optiques sont découvertes, permettant l'ajout de critères d'identifications supplémentaires à ceux déjà disponibles en cette première moitié du XIXe siècle.

Ainsi l'étude de l'instrument créé par Nicol, notamment par le biais des matériaux utilisés et de sa construction particulière, est un moyen d'appréhender les enjeux de diffusion et de transfert technique qui ont lieu autour des instruments produisant de la lumière polarisée. C'est également l'occasion de s'interroger sur le rôle que joue en arrière-plan l'utilisation de la lumière polarisée en optique et en physique dans la construction d'une nouvelle méthode d'observation des minéraux en géologie, à savoir la pétrographie microscopique.

Jérôme Fatet (Maître de conférence, ESPE de l'Académie de Limoges, Université de Limoges.)

***Remplacer l'œil pour changer de regard :
L'usage des réactions photosensibles par Edmond Becquerel pour l'étude
de la nature de la lumière entre 1839 et 1843***

Lorsque Edmond Becquerel (1820-1891) débute les travaux de recherche qui le conduiront à soutenir en 1840 une double thèse de physique et de chimie à la faculté des sciences de Paris intitulée « Des effets chimiques et électriques produits sous l'influence de la lumière solaire », les principes de la photographie ne sont pas encore publics. Il n'a alors que 18 ans et se passionnera pour cette nouvelle invention. Partageant son temps entre ses travaux scientifiques et l'exploration des principes de cette nouvelle technique, il saura utiliser ces derniers pour développer ses expérimentations sur la lumière, inventant et développant un nouvel appareil dont les principes reposent sur ceux de la photographie, l'actinomètre électrochimique. Cette interaction sera un succès scientifique qui lui permettra d'enrichir les connaissances sur la nature de la lumière et son étendue.

Nous présenterons, dans l'analyse des processus expérimentaux que construit Edmond Becquerel, les apports mutuels que peuvent avoir sciences et techniques et comment cette interaction peut nourrir les débats théoriques en cours. L'exploration de cette interaction est réalisée en utilisant deux outils d'exploration épistémologiques distincts : d'une part l'analyse de controverse, d'autre part la réplification d'expérience historique.

Séance du Mercredi 16 mars 2016, 14h30-17h30, salle Rothko

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

Fresnel / Poisson : des conceptions opposés ?

Après les travaux qu'il a engagés avec Arago en 1816 sur le phénomène de polarisation de la lumière, Fresnel sembla accepter comme une nécessité l'idée que la lumière était due à la propagation d'ondes transversales et non longitudinales, comme on l'avait pensé auparavant. Cette hypothèse demandait de doter l'éther, support à la propagation de telles ondes, de propriétés structurales particulières. Dans le Premier Mémoire sur la double réfraction (1821), Fresnel avait proposé un modèle d'éther, qui s'apparentait à un fluide élastique ; cependant, ce modèle n'était que qualitatif. L'année suivante, il avait montré comment, dans cet éther, la propagation d'ondes transversales était possible et permettait de rendre compte du phénomène de polarisation lumineuse, sans toutefois pouvoir s'affranchir de l'existence d'ondes longitudinales.

Ces hypothèses ont contribué à déclencher une controverse avec Poisson pour qui le modèle ondulatoire n'était acceptable que si les ondes se propageaient longitudinalement, une des préoccupations de Poisson étant de rendre compte de la propagation rectiligne de la lumière.

À cela, Fresnel opposa le phénomène de diffraction dont on ne parvenait à rendre compte que dans le cadre ondulatoire. Plus on rétrécit l'ouverture, expliquait-il, plus le filet de lumière qui la traverse se dilate et plus s'élargit l'espace angulaire dans lequel il présente une intensité à peu près uniforme. Au contraire, lorsque l'on observe un faisceau large, le phénomène de diffraction disparaît et « le faisceau lumineux se propage en ligne droite sans éprouver de dilatation notable ; c'est ce

qu'on explique aisément à l'aide des principes que vous désapprouvez, et qui s'accordent encore sur ce point avec l'expérience.»

Après les travaux de Fresnel et la controverse qu'ils avaient engendrée avec Poisson, la question de la possibilité de rendre compte de la propagation rectiligne de la lumière dans le cadre de la théorie ondulatoire restait donc ouverte, même si les explications par Fresnel des phénomènes de diffraction et d'interférences plaidaient en faveur de ce dernier. C'est dans ce contexte qu'il faut situer les recherches entreprises par James Challis que nous examinerons plus loin.

Nous voudrions réexaminer les enjeux de cette controverse, en nous intéressant plus particulièrement aux enjeux liés à la question de la propagation rectiligne de la lumière.

Christian BRACCO (Syrte, Observatoire de Paris)

La relativité au premier ordre en V/c : les transformations de Lorentz de 1895

Nous reviendrons sur l'importance historique des transformations de Lorentz de 1895, qui ont eu un impact décisif pour la formulation de la relativité restreinte : (i) du fait de l'explication qu'elles donnent de l'impossibilité de détecter le mouvement de la Terre dans l'éther par des expériences électromagnétiques (au premier ordre en V/c) ; (ii) de leur acceptation dans la communauté scientifique incluant physiciens et ingénieurs et de leur diffusion après des étudiants ; (iii) de leur interprétation liée à la problématique du temps et à l'invariance de la vitesse de la lumière. Leur caractère infinitésimal ne sera cependant reconnu, associé à une propriété de groupe, qu'en 1905. Aujourd'hui ces transformations peuvent être utilisées pour une présentation de la relativité dans l'enseignement.

Séance du Mercredi 11 mai 2016, 14h30-17h30, salle Rothko

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

Alfred Cornu (1841-1902) :

l'optique à l'Association française pour l'avancement des sciences

Ingénieur polytechnicien du corps des Mines, Cornu s'oriente d'abord vers la cristallographie, et les relations entre lumière et cristaux. Ses études les plus connues concernent la vitesse de la lumière par les deux méthodes, Fizeau et Foucault (1872-1874), et la préparation des missions pour l'observation du passage de Vénus devant le Soleil en 1874. Il a publié de très nombreuses notes dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences sur divers sujets, dont beaucoup portent sur la spectroscopie.

Très engagé à l'Association française pour l'avancement des sciences (AFAS), dès sa fondation en 1872, il communique 33 fois en section de physique, (jointe à la météorologie et physique du globe dans certaines séances), soit plus de 8% des communications faites dans cette section sur la période. Pour l'optique, outre la vitesse de la lumière, il aborde des questions portant sur l'adaptation des instruments à la photographie du spectre solaire (étude du rayonnement absorbé par l'atmosphère). Ces communications donnent de Cornu l'image d'un savant enclin à la recherche d'une réponse expérimentale plutôt que théorique. Il s'inscrit bien dans un courant d'époque qui accorde une grande attention à la multiplicité

des innovations de détail dans l'équipement du laboratoire, et dont les exposés faits à l'AFAS témoignent.

Au cours de l'exposé, nous voudrions présenter un physicien aux recherches très larges, mais dont des constantes apparaissent : l'automatisation des mesures, l'effet de la lumière sur l'environnement physique, l'effet de la matière sur la lumière. Plusieurs de ses travaux sont restés inédits. Ses multiples talents lui ont permis d'établir des ponts entre différents domaines (acoustique, optique, musique, électricité), ce que ses communications à l'AFAS semblent montrer. Nous préciserons également la place de sa participation à l'AFAS dans l'ensemble des communications faites en optique dans le cadre de la section de physique.

Daniel Mitchell (Cambridge University)

***Reflecting Nature: Chemistry and Comprehensibility
in Gabriel Lippmann's 'Physical' Method of Photographing Colours***

In 1908 the French experimental physicist Gabriel Lippmann (1845–1921) won the Nobel Prize in Physics 'for his method, based on the phenomenon of interference, which permits the reproduction of colours by photography.' Despite having been called 'one of the greatest inventions of the nineteenth century', his 'interferometric' method has been largely forgotten. The origins of colour photography are usually traced to the 1860s when practical methods of colour reproduction based on combinations of three 'primary' colours were developed. Yet the nineteenth-century scientific and photographic press held the view that only a 'direct' method that exploited the ability of light to impress its own colours directly upon matter could count as 'colour photography' (photographie des couleurs). Three-colour methods were consequently dubbed pejoratively 'photography in colours' (photographie en couleurs).

Lippmann claimed to have discovered the definitive, scientific solution to the problem of "photographie des couleurs". His insistence on its comprehensible, physical nature has proven so successful that the pioneering chemical contributions of the Lumière brothers, Auguste (1862–1954) and Louis (1864–1954), to the development of a practical interferometric process have remained largely unnoticed. My lecture will describe the development by Lippmann and the Lumières of interferometric colour photography and the French reception of their work, and subsequently evaluate Lippmann's bold claim in the context of his award of the Nobel Prize in Physics.

Séance du Mercredi 8 juin 2016, 14h30-17h30, salle Rothko

Muriel Guedj (LIRDEF, Université de Montpellier ; GHDSO)

Des collections sans musée, mais non sans histoire : une étude de la lumière

Outre les collections de médecine et de pharmacie, le patrimoine scientifique de l'université de Montpellier est constitué de collections originales et diverses, significatives d'une histoire scientifique d'envergure. Néanmoins, rarement exposées faute de lieu dédié, ces collections sont méconnues voire négligées comme en témoigne l'état de conservation de certaines d'entre elles.

Ces collections sans musée n'en ont pas moins une histoire et les actions, auxquelles elles engagent (recensement, publications, site), interrogent l'historien : que donnent-elles à voir? Plus précisément, en quoi sont-elles des témoins

pertinents pour rendre compte des usages et des pratiques à l'œuvre dans le domaine de la recherche et de l'enseignement ?

À partir d'une étude de cas centrée sur la lumière, ce sont ces questions que nous discuterons, en nous attardant notamment sur les notions de trajectoires biographiques des objets, de périodes de vie et d'âges (Lorraine Daston, 2000, 2008).

De fait, les temps consacrés à la recherche, l'enseignement, l'établissement de la collection, ou encore l'exposition, correspondent à des périodes de vie de l'objet présentant chacune un statut spécifique particulièrement significatif de la période. Quels sont les moments clés repérables pour lesquels le statut change ? Qu'est ce qui impacte la trajectoire ? Quels types de facteurs sont-ils à prendre en compte ? Qu'est ce qui est significatif d'un âge particulier ?

L'ensemble de ces questions constitue autant de pistes pour alimenter la réflexion dans le domaine et faire de ces collections, des objets d'études historiques.

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

Enseigner l'optique : les manuels pour les classes préparatoires (1850-1960)

L'optique n'a pas toujours été une composante de l'enseignement de physique destiné à la préparation des concours aux grandes écoles. Elle apparaît d'abord davantage comme une science appliquée plutôt que théorisée. L'optique géométrique y occupe une place importante notamment en ce qui concerne les instruments.

Il semble qu'il n'y a pas eu d'optique dans le programme de préparation avant 1842, où les phénomènes de diffraction et d'interférences sont mis au programme à la suite de l'optique géométrique. L'optique disparaît dans le programme des concours pour l'ENS et l'École polytechnique de 1853 à 1865. La réforme de 1865, organisant les écoles préparatoires pour les écoles spéciales du gouvernement, donne des instructions précises sur les contenus à enseigner. L'optique y est vue sous l'angle traditionnel : géométrique et ondulatoire.

Les programmes de 1891 ajoutent une nouvelle vision, reflet des courants théoriques de l'époque : la chaleur rayonnante, et de son identité avec la lumière, donc de la mise en avant pour interpréter les phénomènes, du rôle d'une conception énergétiste des phénomènes physiques. Les programmes de 1904 reviennent à une conception plus classique de l'optique.

Au XX^e siècle, le contenu de l'enseignement de l'optique dans les classes préparatoires s'aligne sur ceux enseignés dans les premiers certificats ou propédeutiques de la faculté des sciences. Après la Seconde guerre mondiale, des ouvrages spécifiques à ce niveau paraissent régulièrement à chaque réforme officielle. Leur contenu est-il étroitement lié à l'évolution de l'optique contemporaine dont les auteurs sont souvent les acteurs de la discipline ou en sont proches ? L'optique enseignée devient de plus en plus mathématisée, et laisse à l'étude des instruments une place de plus en plus étroite.

Ce deuxième séminaire sur les manuels voudrait poser la question sur la distance réelle entre l'optique enseignée à ce niveau de formation très formalisée et l'évolution de l'optique à la même époque, particulièrement au XX^e siècle. Quel est du contenu ou de la méthode d'enseignement, ce qui prévaut dans l'esprit des concepteurs des programmes ?