

Introduction à l'histoire de l'optique

par Jean ROSMORDUC,

Faculté des Sciences et Techniques, Brest.

L'optique est, chacun le sait, la science qui s'intéresse à la lumière, à ses propriétés, à sa propagation et à sa nature. C'est une discipline ancienne, le phénomène ayant intrigué les hommes depuis fort longtemps. Certains de ses chapitres ne méritent toutefois le vocable de *scientifiques* que depuis une époque relativement récente. L'optique géométrique le justifie depuis EUCLIDE, c'est-à-dire depuis le III^e siècle av. J.-C. L'ensemble que l'on appelle *optique physique* est né à la fin du XVII^e siècle. Les premiers balbutiements de la *spectroscopie* sont dus à NEWTON [1] et son essor véritable ne date que du XIX^e siècle. La *photométrie* commence au XVIII^e siècle..., etc.

DES MYTHOLOGIES A LA RATIONALISATION GRECQUE.

Si l'existence de la lumière est évidente dès la préhistoire, les humains ne s'interrogent pas si tôt à son propos, en tout cas pas de manière rationnelle. Comme tous les phénomènes naturels quelque peu mystérieux — et probablement même plus que tout autre phénomène — la lumière paraît appartenir au domaine divin. Elle relève de la mythologie.

Les potiers, les peintres... extraient, dès le néolithique, des matières colorantes de certains minerais, de plantes..., tout comme le faisaient à moins grande échelle les décorateurs de Lascaux et d'Altamira. On connaît les couleurs sans en comprendre la nature. Des miroirs en bronze poli ont été retrouvés dans des tombes égyptiennes [2]. L'obsidienne a également été utilisée à la fabrication des miroirs : dès le VII^e millénaire à Çatal Hüyük, plus tard par les Mayas... ; il est à noter que les physiciens du XIX^e siècle employaient encore l'obsidienne pour cet usage [3]. Persistance d'une matière, ou plutôt d'un matériau... Le verre est connu des Egyptiens au début du II^e millénaire. Des morceaux de cette substance ont probablement été utilisés à l'occasion pour allumer des feux, quelquefois pour grossir la vision d'un signe. La lentille ne fait cependant pas partie des instruments des Anciens. La manipulation fortuite — même si elle se répète, d'un *objet technique* ne conduit pas obligatoirement à

la possession effective d'une technologie et de sa pratique. Les techniques naissantes sont du règne de l'empirisme, un empirisme progressivement amélioré, codifié et qui a quelquefois conduit à **des innovations** dans les procédés d'intervention des hommes sur la nature. Il est souvent, aussi, resté sans lendemain. Et il est demeuré, pratiquement jusqu'au XVII^e siècle, séparé, la plupart du temps, de la réflexion théorique. Il ne faut pas oublier que le terme grec *Epistémé* qui désigne la science, s'oppose à *doxa* — opinion, mais aussi à *techné* — technique [4].

L'on ne s'éloigne pas des Dieux dans la Grèce dite « *classique* » [5], mais des philosophes tentent, pour la première fois semble-t-il, de comprendre le monde à l'aide de **la raison**. « *Le principe qui vous servira de point de départ, c'est que rien ne peut être engendré de rien par l'effet d'une puissance divine* », écrira plus tard le poète latin LUCRÈCE, lointain disciple du philosophe grec EPICURE [6].

Ces approches conduisent, entre autres, dans le cadre d'une réflexion sur la matière, à admettre que *la lumière*, considérée comme une forme idéale du *feu* [7], est constituée de *grains* distincts, de *corpuscules* si l'on veut. Ils sont tétraédriques pour PYTHAGORE et PLATON, sphériques pour les **atomistes** [8].

Une démarche analogue mène d'autres philosophes à formuler des hypothèses sur le mécanisme des sensations humaines, et notamment de *la vue*. De cette préoccupation est né, particulièrement chez ARISTOTE [9], un raisonnement qui inspirera plus tard HUYGENS et le conduira à formuler la première théorie ondulatoire de la lumière [10]. Nous y reviendrons plus loin.

ETUDE DE LA PROPAGATION DE LA LUMIERE ET EVOLUTION DE L'OPTIQUE GEOMETRIQUE.

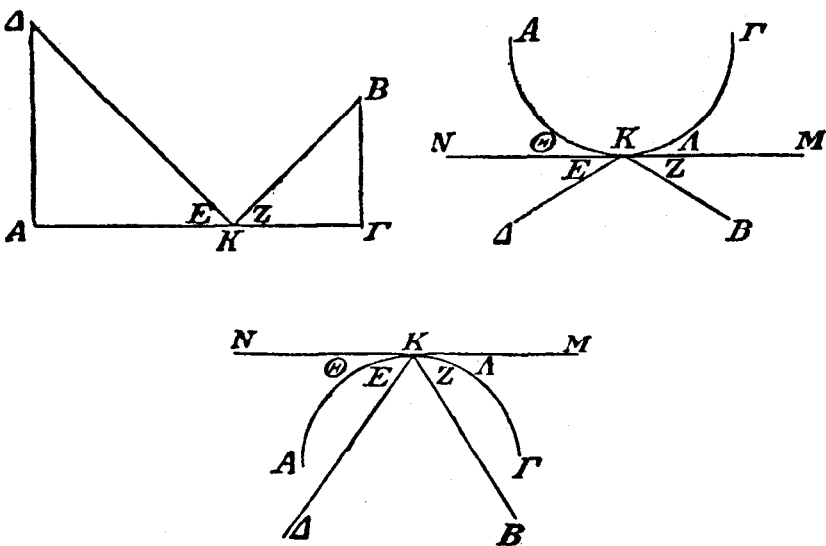
Les héros des poèmes homériques ont déjà quelques idées à son propos, les unes justes, mais le plus souvent fausses. C'est ainsi qu'ils pensent que les yeux projettent sur les objets des *rayons visuels*.

La majorité des philosophes grecs — à l'exception d'ARISTOTE et de ses disciples — jugera que les yeux émettent effectivement de tels rayons. En général, ils croient que la vision est due à la conjonction des *rayons visuels* et de ceux qui sont produits par les sources lumineuses.

ARISTOTE connaît la propagation rectiligne du phénomène. « *... le mouvement* ne se disperse pas en largeur mais va tout droit* », dit-il dans l'une de ses dissertations naturalistes [11] (* de la lumière).

Le plus ancien traité d'optique géométrique — il faudrait plutôt dire de géométrie des rayons — est attribué à EUCLIDE. Le grand mathématicien a vécu de 323 à 282 av. J.-C. Il a surtout travaillé dans le cadre de l'Ecole d'Alexandrie, principal centre scientifique de l'Antiquité à partir du début du III^e siècle av. J.-C. Il s'agit d'un ensemble de propositions, quelquefois suivies d'une démonstration géométrique, qui relèvent en majorité plutôt de considérations sur la perspective que sur l'optique. L'existence des rayons visuels est affirmée, ainsi que leur propagation en ligne droite.

Un second traité — *la Catoptrique* — a longtemps été attribué à EUCLIDE. Il est possible que ce soit plutôt la retranscription d'un cours sur l'optique euclidienne, dû à un obscur savant nommé THÉON d'ALEXANDRIE [12]. L'ouvrage aborde l'étude de **la réflexion**. L'égalité de l'angle d'incidence et de l'angle de réflexion (incorrectement baptisée « loi de Descartes » dans les



La réflexion de la lumière dans la *Catoptrique*.

manuels français) est démontrée à partir de considérations géométriques, tant pour les miroirs plans que pour les miroirs convexes ou concaves. Héron d'ALEXANDRIE l'aurait démontrée en postulant que la lumière suit le chemin le plus court possible [13]. Le texte traite aussi des propriétés des miroirs sphériques, les démonstrations étant d'ailleurs souvent erronées. L'auteur sait

que le miroir concave — baptisé *miroir ardent* — a la propriété de concentrer la lumière et de faire ainsi s'enflammer de l'étoupe [14]. La **réfraction** est mentionnée, mais non étudiée.

Il est probable que l'œuvre d'ARCHIMÈDE en optique ait été bien plus intéressante que celle d'EUCLIDE [15]. Elle a malheureusement disparu. Les deux tiers de celle de Claude PTOLÉMÉE, par contre, ont été retrouvés [16]. Elle contient en particulier une véritable **étude expérimentale de la réfraction**. Des rayons passant de l'air dans l'eau, les angles d'incidence et de réfraction sont **mesurés**, et avec une précision assez correcte. Les résultats sont présentés sous forme de tableau. La loi physique n'est, bien sûr, pas énoncée.

Notons quelques dispositifs optiques de l'Antiquité hellénistique. La petite histoire dit qu'ARCHIMÈDE aurait incendié, à l'aide de miroirs ardents, les voiles des galères romaines assiégeant Syracuse. Le fait est douteux, sans qu'il soit possible d'affirmer avec certitude qu'il soit fantaisiste. Un élément peut-être plus intéressant : un petit four solaire est représenté par HÉRON d'ALEXANDRIE. Un deuxième exemple, par conséquent, d'une utilisation possible d'une énergie autre que musculaire, décrite par Héron et restée inemployée [17].

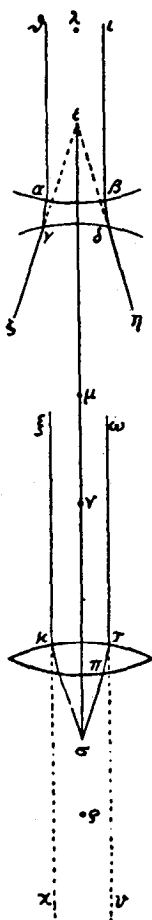
Après PTOLÉMÉE, l'**optique géométrique** paraît stagner pendant plus de huit siècles. Le renouveau vient — dans ce domaine comme dans bien d'autres parties des sciences — de l'Empire Musulman. Le savant irakien IBN AL HAYTHAM [18] réfute la croyance au *rayon visuel*, améliore les tables de réfraction de PTOLÉMÉE, étudie les miroirs concaves et convexes... Connue une centaine d'années plus tard en Europe Occidentale, son œuvre est reprise et diffusée par R. BACON, R. GROSSETESTE, T. DE FREIBERG, WITELLO... [19].

Innovation technologique capitale de l'optique du Moyen Âge : l'**utilisation des lentilles** pour corriger les vues défectueuses. Selon certains historiens, elle survient vers 1285 dans la vallée de l'Arno, c'est-à-dire dans la région de Florence. Il semble que ce soient les *presbytes* qui en aient bénéficié les premiers, les *myopes* et les *hypermétropes* venant ensuite [20]. Les verres utilisés sont des lentilles sphériques, c'est-à-dire des éléments dont les faces sont des portions de sphères. De plus, le verre employé est très imparfait ; il contient des impuretés diverses, des bulles de gaz, les faces sont mal polies, etc. Les lentilles en question manifestent donc, en plus des *aberrations* propres aux lentilles sphériques [21], quantité de défauts. Les images obtenues sont donc déformées, irisées, etc. Cela explique en partie la méfiance des physiciens à l'égard du nouvel *objet technique* apparu sur le marché.

Le XIII^e siècle, dans un moindre degré peut-être le XIV^e, le XV^e et le XVI^e siècles ont été, dans différents domaines, des périodes d'intense progrès technologique. L'invention des lunettes s'est traduite par l'apparition d'un nouveau corps d'artisans, celui des **opticiens**. Ceux-ci, dans ce climat d'évolution technique, se sont employés à améliorer les produits qu'ils vendent. D'où un perfectionnement lent mais constant des lentilles fabriquées. Quelques personnages se préoccupent même, au XVI^e siècle, d'expliquer le processus de formation des images données par les lentilles. Il s'agit des Anglais Léonard et Thomas DIGGES et du Napolitain G.-B. DELLA PORTA [22]. Ces tentatives sont scientifiquement peu probantes. Elles ont toutefois l'intérêt de montrer l'apparition d'une interrogation théorique qui va au-delà de l'empirisme régnant jusqu'alors. A noter aussi des questions relatives à la *chambre noire*, inventée très antérieurement par les Arabes, chez les auteurs cités mais aussi chez LÉONARD DE VINCI [23].

Le pas décisif est accompli par J. KÉPLER qui publie en 1604 les « *Paralipomènes à Vitellion* » [24]. Il donne, sans connaître la loi de la réfraction, le processus géométrique de la formation des images par les lentilles. Il explique, en comparant l'œil à la chambre noire, le mécanisme de la vision. Il reprend l'étude expérimentale de la réfraction et, à partir du tableau dressé, indique que l'angle d'incidence et l'angle de réfraction sont proportionnels quand ils sont inférieurs à 30° [25]. En 1609, nouveau rebondissement, GALILÉE entre en possession d'une **lunette d'approche**, la première de l'histoire des sciences [26]. Son grossissement aurait été de 3. Le physicien en fait fabriquer d'autres, jusqu'à atteindre le grossissement 30. La lunette est constituée d'un objectif convergent et d'un oculaire divergent fixés dans deux tubes distincts (en bois, en carton, en plomb...) coulissant l'un dans l'autre [27], KÉPLER, prenant connaissance de l'instrument, le fabrique et l'étudie à son tour. Il complète son traité de 1604 par la publication, en 1611, du livre « *Dioptrice* ». Plusieurs autres associations de lentilles, plus performantes que la combinaison initiale, seront ensuite imaginées : lunettes de KÉPLER, de C. HUYGENS... Les instruments s'allongent jusqu'à atteindre des dimensions peu compatibles avec les possibilités de l'époque. Aussi a-t-on recours, dès la fin du XVII^e siècle et plus encore au XVIII^e, à des objectifs et des oculaires *composés*. A partir de 1666, on leur adjoint un micromètre (AUZOUT) [28].

L'amélioration des lunettes astronomiques a été aidée par les progrès du travail du verre, par ceux de la fabrication des lentilles, de leur polissage... A partir de 1637, la réflexion sur ces instruments est favorisée par la publication, dans la « *Dioptrique* » de DESCARTES, de la **loi de réfraction** [29]. La démonstration du philosophe est fautive, il n'utilise pas les notations *sinus* et



Représentation du trajet du faisceau à travers les lentilles dans les *Paralipomènes à Vitellion* de Képler.

cosinus qui viennent d'être inventées, mais la formule donnée est exacte [30] et contribue à l'évolution de la science de la lumière. Formulation de NEWTON dans le « *Traité d'optique* », publié en anglais en 1704 mais rédigé pour une grande part avant 1675 : « *Le sinus d'incidence est, ou exactement, ou fort approchant, en raison donnée au sinus de réfraction* » [31].

Les progrès des connaissances sur la propagation de la lumière doivent ensuite beaucoup à FERMAT, HUYGENS, NEWTON,

CAVALIERI, BARROW,..., EULER,..., CAUCHY, GAUSS, WEIERSTRASS, LIPPICH, ABBE... [32]. Ils sont également redevables, selon un processus qui n'est pas exceptionnel en histoire des sciences, à une erreur de NEWTON. Ce dernier avait envisagé de corriger *l'aberration chromatique* des lentilles, qui est due à la **dispersion** qu'elles provoquent. Mais, à l'issue de quelques expériences en nombre restreint et d'une précision insuffisante, NEWTON, malgré son habileté expérimentale, conclut à la proportionnalité de la dispersion et de la réfraction. Il avait auparavant envisagé d'achromatiser des objectifs, en compensant les différentes dispersions des lentilles composantes grâce à un choix astucieux des verres. La loi qu'il pense avoir découverte a pour conséquence de rendre inefficace cette combinaison. L'aberration chromatique rendant délicates les observations des meilleures lunettes, limitant leur pouvoir de séparation, NEWTON a recours au miroir concave pour remplacer les lentilles convergentes et invente ainsi, en 1672, *le télescope à miroir*. En 1745, EULER reprend l'étude et démontre que NEWTON s'était trompé. Le fabricant anglais d'instruments d'optique, J. DOLLOND, réalise en 1757, sur la base des calculs d'EULER, un objectif achromatique et présente à la Royal Society, le 8 juin 1758, la première lunette achromatique [33].

L'industrie — ou plutôt l'artisanat — des instruments d'optique a été très florissante dès le début du XVIII^e siècle et davantage encore au XVIII^e : lunettes astronomiques, télescopes, microscopes simples, microscopes composés... ont été fabriqués en grand nombre, pour les physiciens et astronomes sans doute, mais aussi pour les *gens du monde* qui se piquaient, au XVIII^e siècle particulièrement, de se livrer à des activités scientifiques [34].

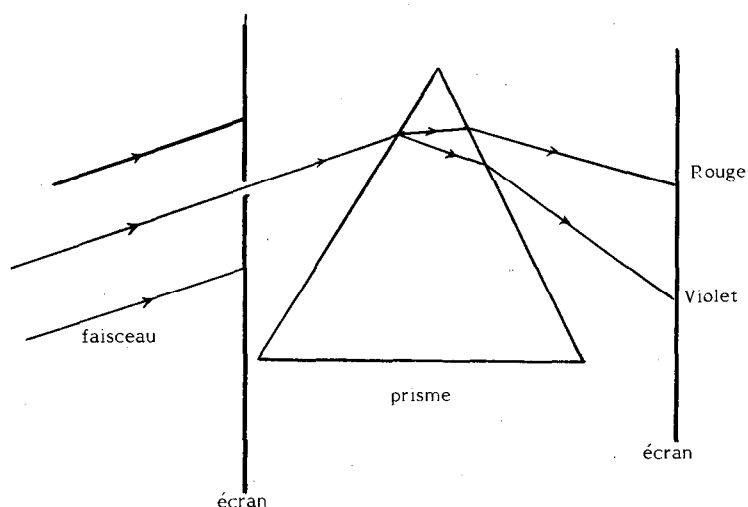
LA NATURE DES COULEURS.

Les philosophes de l'Antiquité se sont interrogés sur la nature des couleurs. Chez ARISTOTE, par exemple, la lumière résulte des vibrations d'un milieu particulier qu'il baptise *diaphane*. La lumière initiale est d'un blanc pur ; les couleurs résultent de son affaiblissement. Ainsi la couleur est-elle une lumière moins forte, moins éclatante, obscurcie ou mêlée d'obscurité. Les couleurs se répartissent entre les deux extrêmes que sont le blanc et le noir. Les proportions diverses de noir et de blanc, comprises entre ces limites, font les autres couleurs.

Avec quelques variantes, ces idées ont été reprises pendant le Moyen Age et jusqu'au XVII^e siècle. Robert HOOKE, par exemple, contemporain de NEWTON, affirme que les couleurs proviennent d'un affaiblissement du faisceau, parfois dû à la réfraction ; la partie du faisceau la plus affaiblie correspond au bleu, la moins affaiblie au rouge [35].

Quelques explications relevant des conceptions corpusculaires existent également, chez DÉMOCRITE... DESCARTES...

NEWTON, pour la première fois, **expérimente** vraiment dans ce domaine. Il constate qu'un prisme décompose un faisceau de lumière blanche en sept faisceaux de couleur différente (*dispersion*). Il en déduit que la lumière blanche est hétérogène.



Décomposition de la lumière solaire par le prisme.

Les sept faisceaux sortant ne sont pas eux-mêmes décomposés par un second prisme. Il en déduit qu'ils sont, eux, homogènes — *monochromatiques*, dit-on maintenant. Les couleurs étant réfractées de manières différentes, NEWTON en conclut qu'à chacune d'elles correspond un *degré de réfrangibilité* — donc un *indice* — différent. **Pour la première fois, il est possible de caractériser une couleur par une grandeur mesurable.** Il considère par ailleurs que le faisceau lumineux est composé de corpuscules de différentes grosseurs, les plus petits produisant le violet, les plus gros, le rouge.

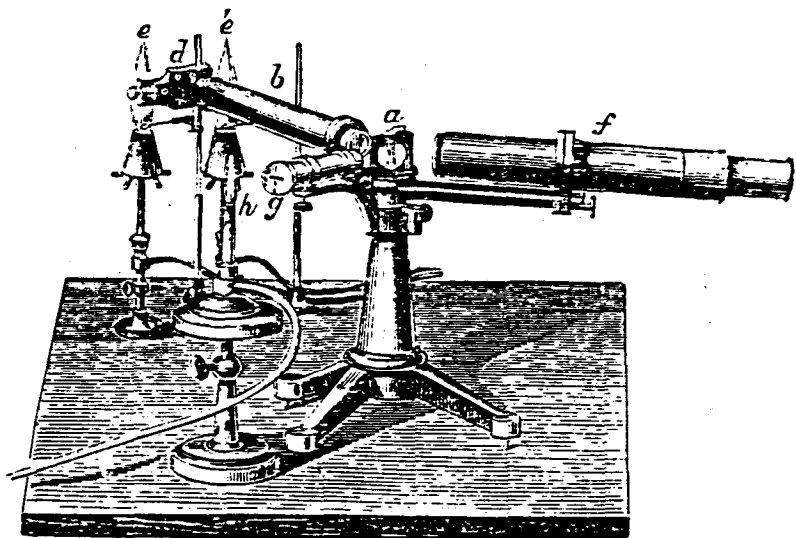
HUYGENS n'a, lui-même, émis aucune hypothèse sur la nature des couleurs. EULER, par contre, qui s'est inspiré de la même hypothèse que lui, avance que les différents faisceaux monochromatiques ont, chacun, **une longueur d'onde** bien déterminée. Cette thèse est reprise par les fondateurs de la *théorie ondulatoire de la lumière* au XIX^e siècle, notamment par T. YOUNG et A. FRESNEL [36]. La détermination du nombre de couleurs fondamentales a également intéressé les physiciens du XVII^e au

xix^e siècle. Le mécanisme de la sensation colorée a fait lui aussi l'objet de nombreux débats et conduit le physicien allemand HELMHOLTZ à publier, en 1896, une « *optique physiologique* ».

Il y démontre — ce que MAXWELL avait déjà fait auparavant — que toutes les nuances peuvent s'obtenir à partir de mélanges de *bleu*, de *vert* et de *rouge* [37].

EVOLUTION DE LA SPECTROSCOPIE, NAISSANCE DE LA SPECTROCHIMIE ET DE L'ASTROPHYSIQUE.

Le premier « *spectroscope* » connu est celui de NEWTON : la lumière passe par une fente rectiligne avant de frapper le prisme qui la décompose en ses différentes radiations composantes. Les faisceaux émergents tombent sur un écran E où ils dessinent une série de raies lumineuses parallèles : le **spectre** de la lumière utilisée.



Spectroscope du xix^e siècle.

Les physiciens du XVIII^e siècle ont, pour l'essentiel, repris les expériences de NEWTON. Une exception, T. MELVILL qui, en 1752, observe à travers un prisme les couleurs prises par une flamme à alcool quand on y place différents sels.

La spectroscopie commence véritablement au xix^e siècle. En 1800, W. HERSCHELL promène un thermomètre au réservoir noirci dans le spectre de la lumière solaire. Il constate que

l'échauffement persiste au-delà du rouge. Le physicien a donc découvert la radiation que l'on baptisera ultérieurement *infra-rouge*. Un an plus tard, J.-W. RITTER constate qu'il existe, au-delà du violet, un rayonnement qui agit sur le chlorure d'argent. C'est l'*ultraviolet* [38]. En 1802, T. YOUNG détermine les *longueurs d'ondulations* — c'est-à-dire les *longueurs d'ondes* — des sept couleurs observées par NEWTON. Le spectre de la lumière solaire est observé en 1802 par WOLLASTON et étudié par FRAUNHOFER en 1814-1815 [39]. Le même FRAUNHOFER substitue en 1821 le *réseau-plan* au prisme dans le montage spectroscopique. On obtient de ce fait un écart plus grand entre les différentes raies des spectres, ce qui améliore les mesures, et l'on fait apparaître des raies auparavant invisibles. A la fin du siècle, les *réseaux concaves* de ROWLAND amélioreront encore les spectroscopes [40].

De nombreuses études de spectres de flammes sont entreprises au cours des décennies suivantes. TALBOT suggère, dès 1826, que l'existence de certaines raies dans un spectre pourrait dénoter la présence, dans la source lumineuse, de matériaux précis. Les travaux successifs de BREWSTER, HERSCHEL, TALBOT, WHEATSTONE, MILLER, FOUCAULT, STOCKES, ANGSTRÖM... permettent d'accumuler, en une trentaine d'années, des résultats expérimentaux sur les spectres. En 1857, SWAN identifie la *raie jaune* du sodium [41]. En 1860-1861, BUNSEN et KIRCHHOFF, dans deux Mémoires sur « l'analyse chimique fondée sur l'observation des spectres », démontrent qu'une raie donnée est caractéristique de la présence d'un élément précis dans la flamme et que sa position est indépendante de l'état de combinaison de l'élément. L'**analyse spectrale** est née.

Les physiciens ont également étudié dans le même temps les spectres d'arc, d'étincelle, de gaz... En 1859-1860, KIRCHHOFF montre, à partir du spectre de la lumière solaire obtenu par FRAUNHOFER, que les raies sombres sont dues à l'absorption, par un gaz à température moins élevée que celle de la source, de radiations susceptibles d'être émises par ce gaz lui-même.

Il est ainsi prouvé, de 1814 à 1860, que les différentes caractéristiques d'un spectre — sa nature (spectre de raies, spectre continu...), la présence de telle raie caractéristique d'une radiation de longueur d'onde déterminée dans la lumière étudiée... — sont susceptibles de fournir au physicien, au chimiste et à l'astronome, une foule de renseignements : la présence de tel élément dans telle ou telle étoile, ou telle ou telle substance ; la température du corps étudié ; la nature et la température du milieu gazeux traversé par la lumière... On découvre ainsi dans les astres la présence de corps déjà connus : hydrogène, sodium, fer, gaz carbonique... On découvre l'**hélium** dans le Soleil avant de le reconnaître sur la Terre. KIRCHHOFF et BUNSEN mettent

en évidence en 1861 deux nouveaux métaux terrestres : le **rubidium** et le **caesium**. En 1862, CROOKES découvre le **thallium**, REICH et RICHTER, l'**indium** [42].

L'utilisation de la spectroscopie en chimie comme en astrophysique ne s'est bien évidemment pas arrêtée au XIX^e siècle et se poursuit de nos jours. Toujours est-il que les renseignements qu'elle apporte permettent de connaître pour une part les corps célestes, leur environnement, leur température, démentant ainsi A. COMTE qui affirmait péremptoirement que « ... l'homme ne pourrait jamais connaître la substance des étoiles » [43].

NATURE DE LA LUMIERE.

On a souvent tendance à interpréter l'histoire en fonction de nos opinions actuelles et à attribuer à tel ou tel personnage du passé des idées et des raisonnements qui sont, pour une large part, des projections de nos propres conceptions et de nos propres raisonnements.

Ainsi en est-il des développements de PYTHAGORE, de PLATON, des **atomistes**... sur le feu et la lumière. Ils reflètent sans doute la vision d'une *matière discontinue*, analogue dans sa structure au sable, à la poussière. Il serait pour le moins imprudent de les qualifier de « *corpusculaires* ».

Ainsi en est-il aussi des hypothèses d'ARISTOTE. Comme je l'ai écrit précédemment, il s'intéresse aux sensations. Le toucher provient d'un contact immédiat de la peau et de l'objet perçu. Il sait que le son est dû à la propagation d'un mouvement vibratoire de l'émetteur à l'oreille par l'intermédiaire de l'air. Sans, bien évidemment, définir très clairement ce qu'est un mouvement vibratoire. Par analogie, il en déduit que la lumière est aussi propagation d'un tel mouvement, du corps lumineux à l'œil, par l'intermédiaire d'un milieu qu'il appelle *le diaphane*. Il ne s'agit pas d'une *théorie ondulatoire* au sens où on l'entend aujourd'hui. ARISTOTE n'est pas le *précurseur* des explications modernes. Par contre, la **tentative de compréhension du phénomène lumineux par analogie avec le son** a été reprise bien plus tard, au XVII^e siècle par PARDIÈS, ANGO et HUYGENS, au XVIII^e par EULER, au XIX^e par YOUNG puis FRESNEL [44].

Après ARISTOTE, les éléments du débat sur la nature de la lumière restent longtemps inchangés. Les opinions émises fluctuent au gré de l'évolution de la philosophie dominante. Quand elle est néo-platonicienne, la conception qui paraît est celle de PLATON. Quand l'enseignement d'ARISTOTE remplace, au cours du XIII^e siècle, le néo-platonisme, l'on en revient au raisonnement par analogie cité précédemment. Il ne faut donc pas s'étonner de rencontrer au début du XVII^e siècle, à un moment

où les intellectuels se recommandent parfois de PLATON pour rejeter la scholastique inspirée par l'aristotélisme, chez KÉPLER des idées pythagoriciennes, dans DESCARTES trois propositions différentes, toutes trois basées sur des analogies pour le moins approximatives. Aucune donnée nouvelle, en fait, n'est apparue qui soit susceptible de justifier un raisonnement autre. Une meilleure connaissance géométrique sur la propagation des rayons lumineux n'implique en rien un changement du mode d'approche du problème de la nature du phénomène. Et la position scientifiquement la plus juste est celle qu'exprime GALILÉE dans une lettre : « ... *Sur l'essence de la lumière, je suis toujours resté dans les ténèbres...* » [45].

Les quelques décennies, qui s'écoulent entre la publication du grand ouvrage de COPERNIC [46] « *De la Révolution des Orbes Célestes* » (1543) et la mort de GALILÉE (1642), sont toutefois capitales pour la science de la lumière comme d'ailleurs pour toutes les disciplines. La « *révolution scientifique* », qui est l'une des caractéristiques principales de cette époque se traduit en effet par : le recours systématique à l'expérimentation ; la formulation, de plus en plus fréquente, des lois physiques en langage mathématique-géométrique essentiellement, dans un premier temps ; l'affirmation de **la nécessité de la mesure**. Une rationalité nouvelle apparaît « *Progressivement* », écrit B. GILLE, « *un monde de recettes s'est transformé en un monde de raisons* » [47]. L'argument d'autorité, fort utilisé au Moyen Age, est rejeté. L'on essaie de comprendre en expérimentant et d'exprimer quantitativement les grandeurs physiques. L'essor technologique permet de construire les appareils nécessaires à cette mesure ; il rend également possible leur amélioration.

Ce bouleversement des mentalités — qui ne va d'ailleurs pas sans résistances et sans problèmes, cf. la condamnation de GALILÉE par l'Inquisition en 1633 — se traduit notamment par un intérêt accru à l'égard des phénomènes naturels. Des effets, auparavant perçus comme de simples curiosités indignes d'attention, sont étudiés. Le progrès des instruments d'optique facilite une meilleure observation, la traduction mathématique rend le langage lui-même plus précis.

Le premier résultat en est la description et la relation de divers phénomènes : la *diffraction* (GRIMALDI, 1665) ; les *couleurs des lames minces* (HOOKE, 1665) ; la double-réfraction du spath d'Islande (BARTHOLIN, 1669). Et, en 1676, ROEMER mesure, grâce à un procédé basé sur l'observation des irrégularités de rotation des satellites de Jupiter, la *vitesse de la lumière* [48]. Le résultat obtenu — environ l'équivalent de 215 000 km/s — est relativement inexact, mais il permet quand même de se faire

une idée assez juste de la rapidité du phénomène. Il permet aussi de la comparer à celle du son, mesurée par MERSENNE en 1636 [49].

A partir de ces données nouvelles, une réflexion s'amorce qui conduit à la formulation de véritables théories scientifiques : la théorie ondulatoire de C. HUYGENS et une théorie corpusculaire — quoique nuancée et interrogative, chez NEWTON. Le XVIII^e siècle, en général très newtonien, se contente le plus souvent d'illustrer — en les appauvrissant — les thèses du physicien anglais.

Le XIX^e siècle commence par de nouvelles découvertes : les *interférences* (YOUNG, 1802); la *polarisation par réflexion* (MALUS, 1808); la *polarisation chromatique et la polarisation rotatoire* (ARAGO, 1811) [50]. Les théories du XVII^e siècle sont impuissantes à rendre compte de tous ces faits. Par ailleurs, les outils mathématiques ont notablement progressé en un siècle et rendent possibles de nouveaux calculs, de nouveaux développements et une expression différente des théories. BIOT essaie en vain d'adapter la construction newtonienne [51]. A. FRESNEL, à partir de l'œuvre de HUYGENS et des apports de T. YOUNG, réussit par contre à développer une théorie ondulatoire qui répond, à l'époque, à la plupart des questions posées par les physiciens.

L'optique ondulatoire remporte, pendant plusieurs décennies, un succès considérable. Divers phénomènes sont découverts et fort bien expliqués. Quantités de montages parfaitement performants sont mis au point. La théorie de FRESNEL paraît avoir définitivement triomphé. C'est cependant un colosse aux pieds d'argile. FRESNEL a imaginé, comme support de la propagation de la vibration, un milieu qu'il a appelé *éther*, comme d'ailleurs DESCARTES et HUYGENS. Dans la mesure où il n'existe aucune preuve irréfutable de son existence, l'*éther* reste une hypothèse, contradictoire à bien des égards. Toutes les expériences, tentées par les physiciens du XIX^e siècle pour apporter cette preuve, ont échoué. Jusqu'à celles que font, de 1881 à 1887, MICHELSON et MORLEY, et qui sont nettement négatives [52].

Par ailleurs, l'étude du rayonnement thermodynamique conduit M. PLANCK à poser en 1900 qu'il est formé de très petits « *grains* » d'énergie, les *quanta*. En 1905, EINSTEIN interprète l'*effet photoélectrique*, découvert par HERTZ en 1887, en supposant que la lumière est formée de corpuscules, baptisés ultérieurement *photons*. Les premiers développements de la physique du XX^e siècle [53] suscitent donc l'adoption à nouveau d'un *modèle corpusculaire de la lumière*. Ce que confirme la découverte de l'*effet Compton* (1922).

Tout le monde connaît la suite : la synthèse effectuée par L. DE BROGLIE dans le cadre de la *mécanique ondulatoire*, l'idée

de la *dualité onde-corpuscule*, les théories modernes sur l'émission lumineuse...

OUTIL ET CHAMP D'ETUDE.

La lumière a longtemps été une réalité mystérieuse dont la propagation seule faisait l'objet d'une étude partiellement scientifique. On a su construire des instruments d'optique sur la base de quelques simples connaissances de géométrie. Les succès de l'optique ondulatoire du XIX^e siècle, succès qui demeurent, étaient inspirés par un modèle de représentation de la lumière, modèle qui a dû être abandonné ensuite. La lecture du « *message de la lumière* » a permis, depuis le XIX^e siècle, un essor extraordinaire de l'astrophysique. A une autre échelle, elle permet aussi une meilleure connaissance de la matière. « *En fait* », déclarait A. KASTLER en 1967, « *l'optique est devenue la physique atomique pour l'essentiel* » [54]. Aucune science expérimentale, aujourd'hui, ne peut se désintéresser de l'optique. Par ailleurs, ses impacts technologiques sont de plus en plus fréquents. La lumière n'en demeure pas moins, en elle-même, un objet d'étude sur lequel les hommes auront sans doute toujours quelque chose à apprendre. On peut l'utiliser comme outil, comme instrument, sans connaître parfaitement sa nature. On peut explorer cette nature en se disant qu'on n'épuisera sans doute pas la question. « *La Science* », écrit V. HUGO, « *est l'asymptote de la vérité. Elle approche sans cesse et ne touche jamais* » [55].

BIBLIOGRAPHIE

- B. MAITTE. — *La lumière*, Collection « Points-Sciences », Le Seuil, Paris, 1981.
 - L. DE BROGLIE. — *Matière et Lumière*, A. Michel, Paris, 1937.
-

NOTES

- [1] Isaac NEWTON, physicien et mathématicien anglais, 1642-1727.
- [2] Le bronze est apparu au début du 4^e millénaire en Mésopotamie. De tels miroirs ont également été découverts dans les tombes sumériennes, en Grèce dans les tombes mycéniennes...

- [3] L'obsidienne est un verre naturel, d'origine volcanique. Voir : J. BALTRUSAITIS, « *Le miroir* », Le Seuil, Paris, 1978.
Çatal Hüyük est l'une des premières villes de l'histoire des hommes. Elle était située en Anatolie.
- [4] Voir : M.-C. BARTHOLDY et P. ASCOT, « *Philosophie, épistémologie, Précis de Vocabulaire* », Magnard, Paris, 1975, p. 35.
- [5] Ve - IV^e siècles av. J.-C.
- [6] LUCRÈCE, « *De la nature* », trad. franç., Garnier-Flammarion, Paris, 1964, p. 22.
LUCRÈCE, 98-55 av. J.-C.
EPICURE, 341-270 av. J.-C.
- [7] Le feu sera pendant très longtemps — jusqu'à la Révolution chimique due à LAVOISIER au XVIII^e siècle —, considéré comme une substance dont la lumière aurait été une espèce particulière.
- [8] PYTHAGORE, 580-500 av. J.-C. ; PLATON, 428-348 av. J.-C. ; Les « *atomistes* » sont LEUCIPPE, V^e siècle av. J.-C. et DÉMOCRITE, 460-360 av. J.-C. L'essentiel de leurs idées a ensuite été repris par ÉPICURE.
- [9] ARISTOTE, 384-322 av. J.-C.
- [10] C. HUYGENS, physicien hollandais, 1629-1695.
- [11] ARISTOTE, « *De la génération des animaux* », texte grec et trad. franç., Les Belles Lettres, Paris, 1961, p. 183.
- [12] THÉON d'ALEXANDRIE, IV^e siècle de notre ère.
- [13] HÉRON d'ALEXANDRIE, I^{er} - II^e siècle av. J.-C.
- [14] Voir EUCLIDE, « *L'optique et la catoptrique* », éd. franç., Blanchard, Paris, 1959.
- [15] ARCHIMÈDE, physicien et mathématicien grec qui travailla surtout à Syracuse, 287-212 av. J.-C.
- [16] C. PTOLÉMÉE, savant grec, l'un des derniers « *grands* » de l'Ecole d'Alexandrie, 90-168. Il est surtout connu par sa géographie et sa cosmologie.
- [17] Héron a également représenté une petite turbine à vapeur, baptisée *éolipyle*, ainsi d'ailleurs que de nombreux dispositifs basés sur l'action de gaz chauffés. Voir B. GILLE, « *Les mécaniciens grecs* », Le Seuil, Paris, 1980.
- [18] IBN AL HAYTHAM, 965-1039.
- [19] R. GROSSETESTE, 1175-1253 ; R. BACON, 1124-1194 ; T. DE FREIBERG, mort en 1311 ; WITTEO, 1230-1285.
- [20] Rappelons que la presbytie est une conséquence du vieillissement de l'œil, le cristallin accommodant de moins en moins bien.

La myopie résulte de la trop forte convergence du cristallin par rapport aux dimensions de l'œil, l'image d'un objet éloigné se formant en avant de la rétine ; on la corrige grâce à des verres divergents. L'hypermétropie est le défaut inverse ; elle est corrigée par des verres convergents.

On lira avec intérêt le livre d'Umberto Eco, « *Le nom de la Rose* », prix Médicis étranger 1982. Le personnage principal est un moine, un moment handicapé dans ses recherches à la suite du vol de ses lunettes, à l'époque objet rare et précieux.

- [21] Les aberrations optiques sont de deux types principaux : géométriques et chromatiques. Conséquence des premières : l'image n'est pas semblable à l'objet ou est floue. Conséquence de la seconde : l'élément optique utilisé décompose la lumière en ses différentes couleurs composantes et l'image est irisée.
- [22] L. DIGGES, 1515-1570 ; T. DIGGES, 1545-1595 ; G.-B. DELLA PORTA, 1534-1615.
- [23] L. DE VINCI, 1452-1519.
- [24] VITELLION est une autre transcription du nom de WITELLO, mentionné précédemment. « *Paralipomènes* » peut se traduire par « *choses oubliées dans...* », ou « *supplément à...* », ou « *annexe a...* ». Une traduction française critique de ce livre de KÉPLER a été publiée en 1980 aux éditions Vrin par C. CHEVALLEY.
- [25] Ce qui est inexact. La proportionnalité existe (loi dite de KÉPLER, $i = nr$) quand les angles ne dépassent pas 4 à 5°. J. KÉPLER, 1571-1630.
- [26] On n'en connaît pas l'origine avec certitude. Selon DESCARTES, elle serait due à Jacob MÉTIUS, artisan hollandais. Selon d'autres auteurs, elle aurait été fabriquée par un opticien italien. Son invention est parfois attribuée à DELLA PORTA. Il est probable que des instruments semblables circulaient depuis déjà quelques années en Europe.
GALILÉE, 1564-1642.
- [27] Voir A. DANJON et A. COUDER, « *Lunettes et télescopes* », Paris, éd. de la Revue d'optique, 1935, p. 583-614.
- [28] C. HUYGENS, 1629-1695 ; A. AUZOUT, 1622-1691.
- [29] R. DESCARTES, 1596-1650.
- [30] Ce qui tend à confirmer la thèse de divers historiens, selon laquelle DESCARTES aurait eu connaissance des manuscrits (inédits) du Hollandais SNELL, lequel a effectivement découvert ladite loi en 1623.
- [31] I. NEWTON, « *Traité d'optique* », rééd. de la trad. française de 1722, Gauthier-Villars, Paris, 1955, p. 6.
- [32] P. DE FERMAT, 1608-1665 ; B. CAVALIERI, 1598-1647 ; A. CAUCHY, 1789-1857 ; L. EULER, 1707-1783 ; C. GAUSS, 1777-1855 ; E. ABBE, 1840-1905.

- [33] J. DOLLOND, 1706-1761.
- [34] Voir M. DAUMAS, « *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles* », P.U.F., Paris, 1953.
- [35] R. HOOKE, 1653-1703.
- [36] T. YOUNG, 1773-1829 ; A. FRESNEL, 1788-1827.
- [37] H. VON HELMHOLTZ, 1821-1894 ; J.-C. MAXWELL, 1831-1879.
- [38] Le terme *ultraviolet* apparaîtra en 1872, *infrarouge* en 1877. W. HERCHELL, 1738-1822 ; J.-W. RITTER, 1776-1810.
- [39] W. WOLLASTON, 1766-1828 ; J. VON FRAUNHOFER, 1787-1826.
- [40] H.-A. ROWLAND, 1848-1901.
- [41] W.-H.-F. TALBOT, 1800-1877 ; D. BREWSTER, 1781-1868 ; C. WHEATSTONE, 1802-1875 ; W.-A. MILLER, 1817-1870 ; L. FOUCAULT, 1819-1868 ; G.-G. STOCKES, 1819-1903 ; A.-J. ANGSTRÖM, 1814-1874.
Voir : M. SAILLARD, « *Notes sur l'histoire de la spectroscopie - Le problème posé par la raie jaune du sodium* », B.U.P. n° 655, p. 1157-1175.
- [42] W. CROOKES, 1832-1919 ; F. REICH, 1799-1882 ; H. RICHTER, 1864-1989.
- [43] Auguste COMTE, philosophe français, père du *positivisme*, 1798-1857.
- [44] PARDIÈS, 1636-1673 ; P. ANGO, 1640-1694.
- [45] Lettre à Fortunio LICETI, du 23 juin 1640 — publiée par R. ZOUCKER-MANN dans « *Galilée, penseur libre* », éd. rationalistes, Paris, 1968, p. 303.
- [46] Nicolas COPERNIC, 1473-1543.
- [47] B. GILLE, « *Les ingénieurs de la Renaissance* », Hermann, Paris, 1964, p. 219.
- [48] F.-M. GRIMALDI, 1618-1663 ; E. BARTHOLIN, 1625-1698 ; O. ROEMER, 1644-1710.
- [49] M. MERSENNE, 1588-1648.
- [50] E.-L. MALUS, 1775-1812 ; F. ARAGO, 1786-1853.
- [51] J.-B. BIOT, 1774-1862.
- [52] A. MICHELSON, 1852-1931 ; E.-W. MORLEY, 1838-1923.
- [53] M. PLANCK, 1858-1947 ; A. EINSTEIN, 1879-1955 ; H. HERTZ, 1857-1894.
- [54] « Entretien avec M. Alfred KASTLER, *la Nouvelle critique* », n° 4, 1967, p. 27. A. KASTLER, 1902-1984.
- [55] V. HUGO, « *William Shakespeare* », dans « *Œuvres complètes* », t. XII/1, Club Français du Livre, Paris, 1969, p. 201.
-