

vitesse de propagation de la lumière, fournie par l'astronomie.

Il en est tout autrement à l'égard de la catoptrique, et surtout de la dioptrique, si l'on élargue, bien entendu, les questions radicalement insolubles relatives aux causes premières de la réflexion et de la réfraction. Les notions universelles sur ces deux ordres de phénomènes généraux ont été considérablement étendues et perfectionnées par les études scientifiques, d'après lesquelles tous les effets variés qui s'y rattachent sont désormais ramenés à un très petit nombre de lois uniformes, d'une précision et d'une simplicité remarquables.

La loi fondamentale de la catoptrique, déjà bien connue des anciens, et vérifiée par une multitude d'expériences diverses, soit directes, soit surtout indirectes, consiste en ce que, quelles que soient la forme et la nature du corps réflecteur, ainsi que la couleur et l'intensité de la lumière, l'angle de réflexion est constamment égal à l'angle d'incidence, et dans le même plan normal. D'après cette seule loi, l'analyse exacte des divers effets produits par toutes les espèces de miroirs est immédiatement réduite à de simples problèmes géométriques, qui pourraient, il est vrai, suivant la forme du corps, conduire souvent à de longs et pénibles calculs, si les cas très faciles du plan, de la sphère, et

tout au plus du cylindre circulaire droit, n'étaient point, en réalité, les plus nécessaires à examiner complètement. Toutefois, dans ces cas élémentaires, la détermination rationnelle des images présenterait d'assez grandes difficultés géométriques, si l'on y prétendait à une précision rigoureuse, qui, heureusement, n'est pas en effet nécessaire. Cette détermination repose essentiellement, en général, sous le point de vue mathématique, sur la théorie des *caustiques*, créée par Tschirnaüs, et qu'il est aisé de caractériser.

Le seul principe exact qui paraisse établi d'une manière irrécusable dans la théorie physiologique de la vision consiste en ce que l'œil rapporte toujours la position d'un point au lieu d'où lui paraissent diverger les rayons lumineux qui en émanent, quelques déviations qu'ils aient d'ailleurs éprouvées avant de parvenir à l'organe. D'après ce principe, l'appréciation rigoureuse de l'image d'un point quelconque vu à l'aide d'un miroir donné exige naturellement la considération des deux surfaces *caustiques* contenant le système des points d'intersection des rayons réfléchis consécutifs qui correspondent aux rayons dirigés du point primitif vers toutes les parties du miroir; car, ces deux surfaces étant une fois déterminées, il suffirait de leur mener de l'œil une

tangente commune pour avoir aussitôt la direction suivant laquelle il apercevra le point proposé. Quant à la position précise de l'image sur cette droite, dans le cas où les deux points de contact seront du même côté de l'organe, on ne le détermine habituellement que d'une manière fort hasardée, qui consiste à prendre, sans aucune raison vraiment fondée, le milieu entre ces deux points. Il en est essentiellement de même à l'égard des images que produisent les lentilles, et dont la détermination mathématique reposerait, d'une manière analogue, sur la considération des caustiques par réfraction assujetties à une théorie semblable, quoique nécessairement plus compliquée. Du reste, le défaut d'expériences directes et exactes, à ce sujet, et l'incertitude fondamentale qui caractérise encore presque toutes les parties de la théorie de la vision, ne permettent peut-être pas de garantir suffisamment la réalité rigoureuse de conséquences aussi éloignées fournies par le principe général sur lequel on s'appuie dans ces diverses déterminations.

Toute réflexion lumineuse sur un corps quelconque est constamment accompagnée de l'absorption d'une partie plus ou moins notable, mais toujours très grande, de la lumière incidente; ce qui donne lieu, en catoptrique, à une seconde

question générale fort intéressante. Mais l'imperfection radicale que nous avons constatée dans la photométrie actuelle affecte nécessairement une telle étude, qui a été jusqu'ici à peine ébauchée par quelques observations incomplètes et peu suivies, d'où l'on ne peut tirer aucune loi certaine. Ce décroissement d'intensité est-il le même sous toutes les incidences? Sa valeur relative est-elle indépendante du degré de clarté? Quelle est, à cet égard, l'influence de la couleur? Les notables variations de ce phénomène, dans les différens corps réflecteurs, sont-elles en harmonie avec d'autres caractères spécifiques, surtout optiques? Ces diverses questions sont encore tout-à-fait intactes, ou n'ont pas même été posées; ce qui sans doute doit peu nous étonner si nous considérons l'absence d'instrumens propres à mesurer avec exactitude l'intensité de la lumière, et par suite les variations quelconques de cette intensité. Nous ne possédons réellement aujourd'hui à ce sujet aucun autre renseignement général, si ce n'est que l'absorption de la lumière paraît être toujours plus grande, à un degré d'ailleurs inconnu, par réflexion que par transmission; d'où est résulté, dans ces derniers temps, l'usage des phares lenticulaires, si heureusement introduit par Fresnel.

Enfin, l'étude de la réflexion donne lieu, pour

toutes les substances diaphanes, à un dernier ordre de recherches plus avancé que le précédent, mais dont les principales lois sont encore mal connues. Dans de tels corps, la réflexion accompagne toujours la réfraction, et par conséquent on peut examiner suivant quelles lois générales ou spéciales s'accomplit la répartition entre la lumière transmise et la lumière réfléchie. On sait seulement que celle-ci est d'autant plus abondante que l'incidence est plus oblique, et que la réflexion commence à devenir totale à partir d'une certaine inclinaison propre à chaque substance, et mesurée exactement pour plusieurs corps. Cette inclinaison paraît être toujours d'autant moindre que la substance est plus réfringente, quoique la loi exacte admise d'ordinaire à ce sujet se rattache uniquement jusqu'ici aux hypothèses hasardées sur la nature de la lumière, ce qui laisse à désirer une comparaison faite d'après des expériences directes et précises, dégagées de toute prévention systématique.

De toutes les parties fondamentales de l'optique, la dioptrique est incontestablement aujourd'hui la plus riche en connaissances certaines et précises, réduites à des lois simples et peu nombreuses, embrassant des phénomènes très variés. La loi fondamentale de la réfraction simple, en-

tièrement ignorée des anciens, et découverte à la fois, sous deux formes distinctes et équivalentes, par Snellius et par Descartes, consiste dans la proportionnalité constante des sinus des angles que le rayon réfracté et le rayon incident, toujours contenus d'ailleurs dans un même plan normal, forment avec la perpendiculaire à la surface réfringente, en quelque sens que la réfraction ait lieu. Le rapport fixe de ces deux sinus, quand la lumière passe du vide dans un milieu quelconque, constitue le coefficient optique le plus important de chaque corps naturel, et tient même un rang essentiel dans l'ensemble de ses caractères physiques. Les physiciens se sont occupés de le déterminer avec beaucoup de soin et de succès, par des procédés ingénieux et d'une exactitude admirable : ils en ont dressé des tables fort précieuses et très étendues, qui peuvent rivaliser aujourd'hui, pour la précision, avec les tables de pesanteur spécifique, l'incertitude n'étant pas habituellement d'un centième sur la valeur numérique du pouvoir réfringent. Si la lumière passe d'un milieu réel dans un autre, le rapport de réfraction dépend alors de la nature de tous deux ; mais en un cas quelconque, le passage inverse lui donne toujours une valeur exactement réciproque, comme l'expérience l'a constamment mon-

tré. L'étude des réfractions consécutives, à travers un nombre quelconque d'intermédiaires terminés par des surfaces communes, a fait connaître, en général, cette loi importante et très simple : la déviation définitive est la même que si la lumière eût immédiatement passé du premier milieu dans le dernier. C'est en vertu de cette loi remarquable que les tables ordinaires de réfraction contiennent seulement les valeurs du rapport de réfraction propres au cas, presque idéal, mais fournissant une unité commode, où la lumière pénétrerait du vide dans chaque substance : la simple division de ces nombres les uns par les autres suffit, dès lors, pour en déduire les rapports effectifs qui conviennent à toutes les comparaisons binaires qu'on juge à propos d'établir.

Tant qu'un corps n'éprouve aucune altération chimique, et qu'il devient seulement plus ou moins dense, le rapport de réfraction qui lui est propre varie proportionnellement à la pesanteur spécifique, comme il est aisé de la constater, surtout pour les liquides, et encore mieux pour les gaz, où la température et la pression permettent de tant modifier la densité. C'est pourquoi les physiciens, afin d'obtenir des caractères plus fixes, et par suite plus spécifiques, dans la comparaison dioptrique des diverses substances, ont dû considérer, de

préférence au rapport de réfraction proprement dit, son quotient par la densité, qu'ils ont nommé spécialement *pouvoir réfringent*; distinction réellement motivée, malgré son origine suspecte, qui se rattache aux systèmes sur la lumière. Toutefois, il ne paraît pas que ce quotient reste invariable quand le corps, même sans subir aucune modification chimique, passe successivement par divers états d'agrégation, comme on l'a surtout reconnu à l'égard de l'eau. L'existence de ces variations du pouvoir réfringent est assez prononcée pour que, dans ces derniers temps, les partisans du système vibratoire aient pu en tirer un de leurs argumens formels contre le système émissif, qui semblait exiger, en effet, la fixité numérique d'un tel caractère, quoique le vague inhérent à ces hypothèses arbitraires eût permis, sans doute, aux newtoniens d'adapter leur thèse à cette modification expérimentale. Il est fort à craindre, sans qu'on doive néanmoins l'affirmer, qu'une révision aussi scrupuleuse ne renversât également la loi ordinaire relative au pouvoir réfringent d'un mélange quelconque, et qui consiste en ce que le produit de ce nombre par le poids du mélange, ou le produit équivalent du rapport de réfraction par le volume, est toujours la somme des produits analogues propres à toutes les parties intégrantes.

Cette relation constituerait, pour la philosophie naturelle, un théorème général très remarquable et fort important, si l'on pouvait définitivement compter sur sa réalité, et, en même temps, l'étendre à toutes les combinaisons, au lieu de la borner aux simples mélanges gazeux, et surtout enfin la dégager de toute présupposition hasardée sur la permanence nécessaire du pouvoir réfringent. En général, ce n'est pas aujourd'hui l'un des moindres inconvéniens inséparables de l'emploi des hypothèses anti-scientifiques sur la nature intime des phénomènes, que la confusion vicieuse, et souvent presque inextricable, qui en résulte continuellement entre les notions vraiment constatées et celles purement systématiques, et qui, pour les esprits impartiaux, peut rendre fort équivoque le caractère effectif de la science.

La loi fondamentale de la réfraction a reçu un complément indispensable par les belles découvertes de Newton sur l'inégale réfrangibilité des diverses couleurs élémentaires. Du fait même de la décomposition de la lumière dans un prisme, il s'ensuit évidemment que le rapport du sinus d'incidence, quoique constant pour chaque couleur, varie de l'une à l'autre partie du spectre solaire. L'accroissement total qu'il éprouve depuis les rayons rouges jusqu'aux violets mesure la *dis-*

*persion* propre à chaque substance, et doit compléter la détermination de son pouvoir réfringent dans les tables usuelles, où l'on ne peut insérer que la réfraction moyenne. Cette évaluation, attendu sa petitesse, constitue, en général, une des plus délicates opérations de l'optique actuelle, et ne saurait comporter autant d'exactitude que celle de l'action réfringente proprement dite, surtout dans les corps qui dévient peu la lumière, comme les gaz principalement : elle est, néanmoins, bien connue maintenant pour un assez grand nombre de substances, solides ou liquides. En comparant ainsi les changemens qu'éprouve le pouvoir dispersif quand on passe d'un corps à un autre, on a reconnu que ses variations sont loin d'être proportionnelles, comme Newton l'avait cru, à celles du pouvoir réfringent ; on voit même, en plus d'un cas, que la lumière est moins dispersée par des substances qui la réfractent davantage. Ce défaut général de correspondance entre deux qualités aussi analogues en apparence (découvert, vers le milieu du siècle dernier, par le célèbre opticien Dollond) est justement regardé comme constituant, en optique, une notion capitale, puisqu'il en résulte la possibilité de l'achromatisme, par la compensation des actions opposées dues à deux substances différentes, qui, sans cela, ne pour-

raient cesser de disperser la lumière qu'en cessant aussi de la dévier.

D'après les seules lois de la réfraction, on conçoit aisément que l'analyse exacte des nombreux effets relatifs à l'action des milieux homogènes sur la lumière qui les traverse ne peut plus présenter que des difficultés purement géométriques. La grande complication que pourrait y introduire la forme du corps réfringent, est notablement diminuée dans les cas ordinaires, où l'on peut se borner à envisager des surfaces planes, sphériques ou cylindriques (1). Toutefois, un examen complet deviendrait même alors fort embarrassant, surtout en ayant égard à la dispersion, si, pour le simplifier, on ne le réduisait à l'appréciation suffisamment approximative des seules circonstances qui se présentent le plus souvent.

(1) A l'origine de la dioptrique, Descartes entreprit de belles recherches géométriques, qui avaient une haute valeur mathématique dans un temps antérieur à la création de l'analyse infinitésimale, sur les formes rigoureuses qu'il faudrait donner aux surfaces réfringentes pour produire une parfaite concentration des rayons en un foyer unique. Mais l'impossibilité reconnue d'exécuter avec assez de précision des lentilles aussi compliquées, dont chacune d'ailleurs ne s'adapterait, par sa nature, qu'à un seul cas, a généralement déterminé ensuite les physiciens à employer exclusivement les surfaces sphériques ou cylindriques, sauf à tenir compte approximativement de leur défaut de concentration, peu étendu dans la plupart des circonstances ordinaires.

Outre la réflexion et la réfraction, la lumière peut éprouver une autre modification générale fort importante, dont l'étude, ébauchée par Grimaldi et par Newton, constitue maintenant, depuis les belles recherches du docteur Young, complétées par celles, non moins remarquables, de Fresnel, une des parties essentielles de l'optique. Cette modification, connue sous le nom de *diffraction*, consiste dans la déviation, toujours accompagnée d'une dispersion plus ou moins prononcée, que subit la lumière en passant très près des extrémités d'un corps quelconque. Elle se manifeste, de la manière la plus simple, par les franges inégales et diversement colorées, les unes extérieures, les autres intérieures, qui entourent les ombres produites dans la chambre obscure. Le fameux principe général des *interférences*, découvert par le docteur Young, constitue désormais la plus importante notion propre à cette théorie. Ce principe, si remarquable en lui-même, n'a été bien apprécié que depuis l'usage très étendu que Fresnel en a fait pour l'explication satisfaisante de plusieurs phénomènes intéressants et difficiles à analyser, et entre autres du célèbre phénomène des anneaux colorés, sur lequel les beaux travaux de Newton laissaient encore beaucoup à désirer. La loi de ces singulières interférences consiste en ce

que dans l'action mutuelle de deux faisceaux lumineux émanés d'un même point et ayant suivi, par une cause quelconque, deux routes distinctes, mais peu inclinées l'une à l'autre, les intensités propres aux deux lumières se neutralisent et s'ajoutent alternativement, en faisant croître par degrés égaux et très rapprochés, dont la valeur est déterminée, la différence de longueur entre les chemins que parcourent en totalité les deux faisceaux. Il est fort regrettable qu'un principe aussi important n'ait pas été encore nettement dégagé des conceptions chimériques sur la nature de la lumière, qui ont presque toujours altéré jusqu'ici son usage.

L'esprit de cet ouvrage et ses limites nécessaires m'interdisent rigoureusement ici les détails qui seraient indispensables pour caractériser avec clarté, même par une simple indication, l'étude des phénomènes si remarquables de la double réfraction propre à plusieurs cristaux, et dont la loi générale a été découverte par Huyghens sous une forme géométrique fort élégante, où l'on passe de la réfraction ordinaire à cette nouvelle déviation par la seule substitution d'un ellipsoïde à une sphère. Il en est de même, à plus forte raison, quant aux nombreux phénomènes, si bien dévoilés par l'illustre Malus, sous le nom, d'ailleurs peu con-

venable, de *polarisation*, qui se rapportent aux modifications qu'éprouve la lumière lorsqu'elle a été réfléchi par un corps quelconque sous une certaine inclinaison, propre à chaque substance, et qui paraît dépendre uniquement de son rapport de réfraction.

Tels sont les aperçus rapides et très incomplets auxquels je suis obligé de me borner, par la nature de cet ouvrage, sur le caractère général des diverses branches principales de l'optique. Quoique j'aie dû signaler sommairement, dans cet examen philosophique, les lacunes fondamentales et peu senties que présentent aujourd'hui la plupart d'entre elles, j'espère avoir fait ressortir aussi, avec encore plus de soin, les grands et nombreux résultats déjà obtenus pendant les deux derniers siècles, quant à cette partie capitale de la physique, malgré la subalternité évidente où le génie de l'expérimentation rationnelle y a toujours été retenu jusqu'ici par la prépondérance désastreuse des vaines hypothèses sur le prétendu principe de la lumière.