
CÉRÉMONIE
DU CENTENAIRE DE LA MORT
DE
AUGUSTIN FRESNEL

Membre de la section de physique générale de l'Académie des sciences,

A LA SORBONNE,

le jeudi 27 octobre 1927.

DISCOURS DE M. ÉMILE PICARD,

de l'Académie française,

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences,

L'Académie des sciences adresse à la mémoire d'Augustin Fresnel l'hommage de son admiration. Ce fut une figure singulièrement originale que celle de ce grand physicien. Suivant une phrase classique de Buffon, le génie serait une aptitude à une longue patience; quelquefois exacte, cette définition ne s'applique guère à Fresnel, que caractérisent au contraire ses merveilleuses intuitions et une extraordinaire audace dans ses conceptions théoriques.

La courte carrière de Fresnel a été consacrée à la recherche de la nature de la lumière et à l'explication des phénomènes si variés

qu'elle présente. Le mot *explication* revient souvent sur les lèvres des savants; mais tous ne l'entendent pas en réalité de la même manière. Pour les uns, expliquer un phénomène, c'est le ramener à des phénomènes antérieurement connus, au moyen desquels on aurait pu le prévoir. Ils prétendent ne pas faire d'hypothèses, ou veulent au moins les réduire au minimum. Ces positivistes de la science répéteraient volontiers avec Pascal: «Il faut dire en gros, cela se fait par figure et «mouvement, car cela est vrai, mais de dire quels et composer la machine, cela est ridicule, et incertain, et pénible». D'autres, plus curieux des mécanismes intimes, et guidés, au moins autrefois, par l'espoir de trouver le dernier mot des choses, accumulent des hypothèses pour construire des théories qui leur permettent de coordonner les faits connus et d'en prévoir de nouveaux. Les cosmogonies et les philosophies antiques dans quelques-unes de leurs parties ont été en leurs temps des ébauches de telles physiques.

Dans la Genèse, l'apparition de la lumière précède la création du soleil et des étoiles, et des commentateurs un peu subtils y ont vu la création de l'éther. Chez les philosophes grecs apparaissent des théories variées sur la lumière. Démocrite et les atomistes professent la doctrine de l'émission, d'après laquelle la vision est causée par la projection des particules lumineuses provenant des objets. Les Pythagoriciens au contraire supposaient que l'œil projette hors de lui des rayons qui vont saisir les objets perçus, et un commentateur postérieur cite même le cas de l'empereur Tibère, qui voyait clair la nuit, comme certains oiseaux de proie dont les yeux brillent dans les ténèbres. Platon et ses disciples, faisant preuve d'éclectisme, expliquaient la vision par la rencontre de rayonnements partant respectivement de l'œil et de l'objet, tandis que les péripatéticiens regardaient la lumière comme une *qualité* des corps lumineux, ce qui conduisit plus tard certains scholastiques à définir la lumière comme un mouvement lumineux des corps lumineux.

De ces vues vagues ou puériles, il ne subsistait plus au commencement du 17^e siècle que la théorie atomistique de l'émission. Pour Descar-

tes, la lumière est une pression qui se transmet par l'intermédiaire d'un autre élément, mais il croit la transmission instantanée; il regardait en effet la vitesse de la lumière comme infinie, et il a même écrit, assez malencontreusement d'ailleurs, que, si cette proposition est erronée, il est prêt à avouer qu'il ne sait rien en philosophie. Il y avait cependant, chez le grand philosophe, l'idée qu'il n'est pas besoin de supposer que, dans la lumière, il passe quelque chose de matériel depuis les objets jusqu'à l'œil, et, à ce titre, Descartes peut compter parmi les précurseurs de la théorie des ondulations proposée dans la seconde moitié du 17^e siècle par Huygens, dans son admirable *Traité de la lumière*. Huygens posait en principe, avant même de connaître les travaux de Rømer sur les satellites de Jupiter, que la lumière ne se transmet pas instantanément, et il rapprochait de la propagation de la lumière celle du son, s'efforçant de montrer comment on peut concevoir que la lumière s'étend par ondes successives dans un éther élastique: c'est le célèbre principe d'Huygens, qui fut plus tard l'objet de tant de discussions. Quoique le grand physicien hollandais ait tiré de son principe les conséquences les plus importantes, la théorie des ondes allait être oubliée pendant plus d'un siècle.

La doctrine de l'émission triomphe pendant le 18^e siècle sous l'égide du grand nom de Newton. En fait, Newton, surtout au début, a été beaucoup moins newtonien, si j'ose dire, que la majorité de ses continuateurs. Tout en admettant le point de vue atomistique de corpuscules émanés des corps lumineux, il admettait l'existence d'un milieu animé de vibrations très rapides dans lequel se meuvent ces corpuscules, de sortes que en réalité les deux points de vue étaient fusionnés. Les molécules lumineuses qui se trouvent sur un même rayon sont, pour Newton, différemment orientées par suite d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes. Aussi, quand elles rencontrent un corps qui peut les réfléchir ou les réfracter, elles ne sont pas également disposées à subir son action, d'où des accès de plus facile réflexion et de plus facile transmission, et ainsi apparaissait l'idée de périodicité que l'on retrouve dans toutes les théories de la lumière. Il est digne de remarque que Newton, dans ses célèbres recherches d'un caractère purement expérimental sur l'optique, se soit d'abord refu-



sé à adopter une théorie sur la lumière. « *Hypotheses non fingo*; je « ne fais pas d'Hypothèses » fut longtemps sa devise, tant en physique que dans la Mécanique du Ciel. Cependant, il écrivait plus tard : « Mais comme j'ai cru voir que les têtes de beaucoup de grands savants courent fort après les hypothèses, je dirai celle que je serais « porté à regarder comme la plus vraisemblable, si j'étais obligé d'en « adopter une ». Tant il est vrai que l'esprit humain ne se trouve pleinement satisfait que quand il a pu baser ses explications sur des représentations hypothétiques plus ou moins provisoires.

Au début du siècle dernier, le physicien anglais Thomas Young revient à la théorie des ondulations. De la comparaison d'une onde lumineuse avec une onde sonore dans l'air, il déduit le principe des interférences pour deux rayons ayant sensiblement la même direction, et il conclut, suivant la phrase souvent citée d'Arago, que de la lumière ajoutée à de la lumière peut dans certaines circonstances produire de l'obscurité. Young réalisa à ce sujet une expérience remarquable, mais diverses objections lui furent faites, et l'importance de son œuvre fut d'abord méconnue, particulièrement dans son pays.

Il était réservé à Augustin Fresnel de donner une consécration définitive au principe des interférences par sa célèbre expérience des deux miroirs. C'est à lui aussi que l'on doit l'explication de la propagation rectiligne de la lumière, explication d'autant plus nécessaire que les newtoniens voyaient dans cette propagation une objection capitale contre la théorie des ondulations. Fresnel eut à ce sujet une controverse célèbre avec Poisson, et il lui fallut une rare pénétration pour répondre aux objections de l'illustre géomètre relatives à l'onde qui pourrait se propager en arrière du mouvement. Au même ordre d'idées se rattache l'admirable mémoire de Fresnel sur la diffraction; il y démêle les lois compliquées de ce phénomène dans lequel on aperçoit des parties éclairées à l'intérieur de l'ombre portée par un écran, ce que Newton avait vainement tenté d'expliquer. On trouve certes dans l'analyse de Fresnel des calculs risqués et des intégrations aventureuses, mais ses intuitions géniales, le conduisent à des relations numériques vérifiées par l'expérience.

D'autres phénomènes allaient jouer un rôle fondamental dans le développement des théories de l'optique. Déjà, au 18^e siècle, Voltaire comparait toute théorie à une souris: «Elle passe, disait-il, dans neuf trous, mais elle est arrêtée par le dixième.» Le dixième trou par lequel ne passa pas la théorie des ondes, telle que l'avaient conçue Huygens et Thomas Young, allait être fourni par la polarisation de la lumière. La double réfraction observée dans quelques cristaux avait montré que, dans certaines circonstances, un rayon de lumière peut se comporter de manières différentes par rapport aux plans passant par lui; c'est ce qu'on exprime en disant qu'il est *polarisé*. Dans la théorie des ondulations, on avait jusque-là comparé le mouvement des ondes lumineuses au mouvement des ondes sonores, la vibration étant supposée *longitudinale*, c'est-à-dire dans la direction du rayon lumineux. Les phénomènes variés offerts par la polarisation ne parurent pas à Fresnel conciliables avec cette vue. Il eut l'audace d'affirmer la nécessité des vibrations *transversales*, c'est-à-dire perpendiculaires au rayon. Cette idée parut d'abord absurde aux savants contemporains. Arago, dont l'esprit était cependant si perspicace, et qui avait suivi avec tant d'intérêt les travaux de Fresnel, ne put se décider à l'admettre. Elle était cependant nécessaire si on voulait expliquer dans la théorie des ondes l'impossibilité d'interférer pour deux rayons polarisés à angle droit démontrée par Fresnel et Arago lui-même. De telles oppositions, venues de si haut, nous semblent aujourd'hui bien singulières, mais il faut se rappeler que la théorie générale de l'élasticité n'était pas encore constituée à cette époque. Ce n'est que quelques années après que Navier, Poisson, Cauchy, Lamé allaient développer cette importante partie de la Mécanique. On doit donc reconnaître que Fresnel a été indirectement un des fondateurs de cette théorie. Il a devancé les temps en faisant une distinction hardie entre les vibrations *transversales*, qui laissent invariable la densité des éléments mais leur communiquent un mouvement tourbillonnaire, et les vibrations *longitudinales* ne produisant aucun mouvement de cette sorte, mais faisant varier la densité.

Fresnel a donc la gloire d'avoir mis sur ses bases définitives la doctrine des ondes lumineuses. A la vérité, on trouve dans plusieurs de ses travaux des divinations merveilleuses plutôt que des démonstrations rigoureuses, comme quand il obtient dans les cristaux bi-axes l'équation de la surface des ondes. Mais on n'en admire que davantage la puissance de son génie inventif.

La doctrine des ondes constituée par Fresnel et ses successeurs allait régner pendant de longues années. Les plus éminents physiciens n'avaient, il y a soixante ans, aucun doute sur l'existence de l'éther. Lord Kelvin proclamait: «L'éther n'est pas une création imaginaire du philosophe spéculatif; il nous est aussi nécessaire que l'air que nous respirons.» Et Lamé de son côté regardait l'existence du fluide éthéré, comme incontestablement démontrée par la propagation de la lumière dans les espaces planétaires et par l'explication si simple et si complète des lois de la double réfraction dans les milieux cristallisés.

Où en sommes-nous maintenant? Tout d'abord le nombre de phénomènes expliqués et prévus par la théorie ondulatoire reste considérable, et cette théorie continue à être utilisée dans une grande partie de l'optique. Mais nous ne considérons plus aujourd'hui que l'accord d'une théorie avec l'expérience garantit que cette théorie exprime la réalité des choses; beaucoup pensent aussi qu'une théorie finit toujours par rencontrer un trou par lequel elle ne passe pas, pour parler comme Voltaire. Il semble bien que, pour quelques catégories de phénomènes lumineux, on en soit arrivé là. Je ne vise pas ici les rapprochements établis par Maxwell entre la lumière et l'électricité, ni même l'introduction en optique des idées relativistes. J'ai en vue les modifications autrement profondes qui résultent de la nécessité imposée, semble-t-il, par certaines expériences, de donner à la lumière une structure granulaire. Les théoriciens de la physique travaillent en ce moment à réunir dans une même synthèse le point de vue atomistique et le point de vue ondulatoire. Soyons assurés que, si la construction en-

trevue est menée à bien, on y trouvera plus d'une pierre empruntée à l'édifice élevé par Fresnel. Ainsi, l'œuvre théorique de l'illustre savant que nous honorons aujourd'hui, est susceptible en ses points essentiels de défier le temps; quant à son œuvre expérimentale, dont vous parlerez tout à l'heure un de ses plus éminents continuateurs, elle fera toujours l'admiration des physiciens.

ALLOCUTION DE M. H. A. LORENTZ

Associé étranger de l'Académie des sciences,

AU NOM DES DÉLÉGATIONS ÉTRANGÈRES

Je suis heureux d'avoir l'occasion de dire quelques mots dans cette grande et belle cérémonie, de prononcer quelques paroles en l'honneur d'Augustin Fresnel, le grand physicien, le fondateur de l'optique moderne. Je vais exprimer, j'en suis sûr, les sentiments de tous mes confrères, de tous les physiciens étrangers, de ceux qui sont présents ici, comme de ceux qui dans tous les pays du monde pensent aujourd'hui avec nous à Augustin Fresnel.

De quelque nationalité et de quelque âge que nous soyons, nous l'honorons tous comme un des grands maîtres de la science, comme un de ceux à qui il a été donné de pénétrer plus profondément et plus loin que les autres les secrets de la nature, comme un de ceux dans lesquels a brillé avec le plus vif éclat le génie inventeur et créateur.

Non seulement nous pensons aujourd'hui aux grands travaux de Fresnel, aux résultats remarquables qu'il a obtenus et à toute la contribution qu'il a apportée à notre science, et dont l'influence s'est fait

sentir dans la physique entière, mais nous pensons aussi aux circonstances dans lesquelles il a travaillé, à la persévérance, au dévouement avec lesquels il s'est consacré à la recherche de la vérité et qui lui ont permis de surmonter les difficultés qui lui venaient de sa santé si délicate et si frêle.

Je ne connais guère d'histoire plus touchante que celle de ses années de travail continu — il n'y en a eu que six ou sept —, des deux années qui suivirent, pendant lesquelles sa santé ne lui permettait presque pas de continuer ses recherches, et enfin de sa mort prématurée.

On m'a prié, et c'est un grand honneur pour moi, de remettre à la Société française de Physique ces adresses, qui sont venues de bien des pays et dans lesquelles vous trouverez l'expression des sentiments universels de reconnaissance et d'admiration.

Pour ma part, je puis dire que Fresnel a été un des maîtres auxquels je dois le plus, et je me rappelle encore que lorsque, il y a plus d'un demi-siècle, mes ressources me permirent d'acheter un livre de physique un peu plus étendu que les manuels ordinaires, je me suis procuré la publication par Émile Verdet des *Œuvres complètes* d'Augustin Fresnel. Lorsque j'eus lu l'*Introduction* de Verdet, mon admiration et mon respect s'étaient mêlés d'amour et d'affection; et quelles n'ont pas été les jouissances que j'ai eues, lorsque j'ai pu lire Fresnel lui-même et étudier ses beaux travaux, admirables par leur simplicité!

Fresnel n'avait presque pas de laboratoire, souvent même il n'avait pas de laboratoire du tout pour faire ses expériences. Vous savez comment, après le retour de Napoléon de l'île d'Elbe, il avait été interné dans le petit village de Mathieu, parce qu'il avait voulu résister à l'Empereur. Ce fut là que, avec la seule aide du forgeron, il construisit le micromètre avec lequel il sut déterminer la position des franges dans les phénomènes de diffraction, préparant ainsi sa grande théorie de ces phénomènes. Du reste, ses ressources mathématiques étaient aussi modestes que ses instruments d'observation. Fresnel n'était pas un mathématicien très exercé et je ne sais pas ce

qui aurait pu arriver s'il avait dû passer un examen en mathématiques supérieures devant M. Émile Picard. Mais il a pu pourvoir à tout ce qui lui manquait par son génie et son intuition.

M. Picard a déjà parlé de la détermination de la surface d'onde dans les cristaux à deux axes, et de la théorie de la double réfraction, qu'on peut peut-être ne pas trouver très rigoureuse, mais qui restera toujours un grand chef-d'œuvre. Puis il y a les formules, connues de tous les physiciens, pour l'intensité de la lumière réfléchie et réfractée, et l'interprétation, par un véritable trait de génie, des grandeurs imaginaires qui apparaissent dans ces formules dans le cas de la réflexion totale. N'oublions pas non plus le célèbre « coefficient de Fresnel » qui nous permet de dire dans qu'elle mesure les ondes lumineuses sont entraînées par de la matière en mouvement et qui est devenu une des bases de la théorie de la relativité.

Henri Poincaré a une fois dit que les théories sont passagères comme les vagues de la mer, se suivant comme elles les unes les autres. La comparaison n'est pas tout à fait juste, parce que les vagues ne laissent aucune trace, tandis qu'il reste beaucoup des bonnes théories. Il est resté beaucoup, en effet, des théories de Fresnel. Elles sont immortelles, bien qu'il y ait eu de grands changements et que nous ayons même vu dans ces dernières années ce retour aux notions de la théorie corpusculaire auxquelles M. Picard a fait allusion.

C'est précisément de ces nouvelles conceptions et de la forme qu'elles ont prise dans la mécanique des quanta que nous nous occupons maintenant à Bruxelles dans la réunion du « Conseil de Physique ». Nous nous trouvons devant des questions bien difficiles et parfois pleines de mystère. Aussi n'ai-je pu m'empêcher, ce matin, de dire à M^{me} Curie: Fresnel n'y aurait rien compris. Ce fut irréfléchi et je dois me corriger. Certes, si Fresnel avait pu assister à nos discussions, elles l'auraient tout d'abord effrayé et il se serait peut-être dit: « Est-ce bien cela qu'est devenue ma physique? » Mais bientôt il serait entré dans nos idées, il aurait su en dégager ce qui est essentiel

et fondamental, et je suis sûr que, avec son génie et son don de pénétration, il aurait été, pour nous, un maître et un guide.

Le « Conseil de Physique Solvay » à Bruxelles a interrompu ses travaux pendant une journée pour pouvoir s'associer, ce que nous faisons de tout cœur, à l'hommage que nous rendons ce soir à la mémoire d'Augustin Fresnel, et nous remercions bien sincèrement la Société française de Physique de nous avoir donné l'occasion de nous joindre à elle.

LA VIE ET L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE

DE

AUGUSTIN FRESNEL

CONFÉRENCE DE M. CHARLES FABRY

Membre de l'Académie des sciences

Le 14 juillet 1827, il y a presque exactement cent ans, est mort l'un des plus grands physiciens de tous les temps, Augustin Fresnel. La Société française de Physique, gardienne de sa mémoire et de sa tradition, a voulu que cet anniversaire fût solennellement célébré; elle m'a fait l'honneur de me demander d'exposer ici ce qu'a été sa vie, si simple et si courte, ce que fut son œuvre scientifique.

Cette œuvre, d'une belle unité, mais aussi d'une admirable largeur, se résume ainsi: il a fondé, presque dans sa forme actuelle, la science

de l'optique; se développant suivant l'impulsion qu'il avait donnée, cette science s'est singulièrement élargie; nous devons à Fresnel d'avoir compris, d'avoir pu mettre à sa place l'immense domaine des radiations, qui n'est pas seulement l'agent de nos sensations visuelles, mais dont la Physique moderne fait un des éléments essentiels de l'Univers.



*
* *

Pour comprendre cette œuvre, il faut la situer dans le temps, en rappelant ce qu'était, à son époque, la science que Fresnel allait révolutionner. L'optique au début du dix-neuvième siècle, était loin d'être une science neuve; à son histoire se rattachent les plus grands noms de la science de tous les temps. Elle présente ceci de particulier, cette histoire, qu'à plusieurs époques on a pu croire que l'optique était une science finie, où le dernier mot avait été dit, ou presque. Chaque fois, la découverte de faits nouveaux, le renversement ou l'élargissement des théories admises, venaient rappeler que la science n'est jamais finie.

Cette impression qu'une science est terminée s'est produite bien des fois, dans diverses branches du savoir humain; elle a eu souvent pour cause une explosion de découvertes faites par un homme de génie ou par un petit groupe d'hommes, en un temps si court que les esprits moyens avaient de la peine à suivre et avaient l'inconscient désir de reprendre haleine, de s'habituer aux choses inattendues qui venaient de leur être révélées. Comme éblouis par ces vérités nouvelles, ils ne pouvaient voir ce qui était au-delà. Parfois un siècle entier n'a pas suffi à produire cette accoutumance.

Ce fut le cas en optique à la suite des mémorables découvertes de Newton. Tout le dix-huitième siècle fut comme figé dans l'admiration de cette œuvre magnifique; ceux qui se sentaient capables d'y ajouter quelque chose ne le faisaient qu'en s'excusant. C'est, par exemple, ce que fait Bouguer, le fondateur de la photométrie. Dans son « essai d'optique sur la gradation de la lumière », publié en 1729, il com-

mence par rappeler les découvertes de Newton, et ajoute: « Il peut sembler qu'après ces vastes spéculations, il ne doit plus rien rester à découvrir dans cette matière; cependant il doit manquer encore à l'optique une partie, qui aurait pour objet la force ou la vivacité de la lumière . . . » . Bouguer pense certainement qu'après cela, il ne restera plus rien à découvrir. La suite devait démontrer que l'œuvre de Newton était la base, non le couronnement de la science de la lumière.

Quant à l'explication des quelques phénomènes dont on connaissait déjà les lois, quant à la théorie de la lumière, il y avait accord presque unanime pour admettre la théorie de l'émission, que l'on abritait, peut-être un peu abusivement, sous l'autorité de Newton. Je dis « un peu abusivement » car, s'il est probable que le grand physicien britannique avait un penchant pour cette théorie, s'il rejetait la « théorie des ondes » encore rudimentaire et sujette à de graves objections non encore résolues, son œuvre est vraiment indépendante de toute théorie. La première phrase de la traduction française de son optique, publiée en 1787 par M^{xxx} (nous savons que sous cette initiale se cache Jean Paul Marat, plus tard l'ami du peuple), débute ainsi: « Mon dessein n'est pas d'expliquer les propriétés de la lumière par des hypothèses; j'en borne à les énoncer pour les prouver ensuite par le raisonnement appuyé sur l'expérience ». Et l'auteur tient sa parole. C'est seulement dans la dernière partie, intitulée « questions » qu'il discute les théories de la lumière. Il est cependant visible que, sous la prudente forme interrogative, il condamne la théorie des ondes, mais les raisons qu'il donne, appliquées à l'embryon de théorie connu de son temps, sont en effet irréfutables. A cette théorie, il manquait trois choses essentielles: la notion de vibration périodique, l'explication de la propagation rectiligne, et l'idée des vibrations transversales. Les trois difficultés soulevées par Newton sont justement celles que Fresnel devait résoudre après les brillants aperçus de Thomas Young.

Comme il arrive souvent, les disciples furent beaucoup moins prudents que le maître; pendant tout le dix-huitième siècle, la théorie

de l'émission fut un des articles de foi de ce qu'on appelait la Physique newtonienne. C'est sous l'autorité de Newton, qui probablement les eût désavoués en présence des faits nouveaux, que s'abritaient les adversaires de Thomas Young, d'Arago, de Fresnel.

Cependant, de loin en loin, une voix s'élève pour rappeler que la théorie de l'émission se heurte à bien des difficultés, ou pour montrer que l'optique n'est pas une science finie. La première édition de l'optique de Newton était de 1675; presque à la même époque, l'illustre physicien hollandais Huygens, qui résidait alors à Paris où il était une des gloires de notre naissante Académie des sciences, écrit son admirable «*Traité de la lumière*» où il pose les premières bases de la théorie des ondes. A vrai dire, l'idée n'était pas nouvelle; sous une forme très vague, elle faisait partie de ce fonds inépuisable transmis par les philosophes grecs. Descartes avait bien parlé de quelque chose qui ressemblait à cette théorie, mais, il faut bien le dire, sous une forme très obscure. Pour la première fois, Huygens tire de cette théorie non plus des explications purement verbales, mais des conséquences concrètes et vérifiables. D'abord, il explique la réfraction, et affirme que la lumière doit se propager plus vite dans l'air que dans le verre ou dans l'eau, conséquence vérifiée par Foucault deux siècles plus tard. Ensuite, il donne les lois, que l'expérience vérifie, de l'étrange double réfraction que subit la lumière en pénétrant dans un morceau de «*cristal d'Islande*», phénomène qui avait été signalé par le médecin danois Erasme Bartholin. C'est à propos de cette étude que Huygens rencontre pour la première fois ce qu'on a appelé depuis un rayon de lumière polarisée, dont les propriétés ne sont pas les mêmes dans les différents plans qui le contiennent. Il a bien senti toute l'importance en même temps que l'étrangeté de ce «*merveilleux phénomène*» (c'est ainsi qu'il le nomme), mais il est obligé de renoncer à en donner une explication, et il conclut ainsi: «*Pour dire comment ce-la se fait, je n'ai rien trouvé qui me satisfasse.*» Il avait bien vu que ce qu'il avait observé était incompatible avec sa théorie des ondes où le mouvement était transmis par pression ou par déplacements longitudinaux, suivant le rayon lumineux. Newton, dans les éditions ulté-

rieures de son livre, invoque avec raison le phénomène découvert par Huygens comme un des arguments contre la théorie même du grand physicien hollandais.

L'œuvre de Huygens resta presque ignorée pendant le dix-huitième siècle; rien ne fut ajouté aux découvertes qu'il avait faites.

★ ★

Cependant, des progrès techniques, prélude nécessaire à des découvertes, viennent étendre le champ de l'optique et renouveler l'intérêt qui s'éloigne toujours d'une science figée. Bouguer fonde la photométrie. Un peu plus tard, une longue discussion s'engage sur le perfectionnement des lunettes et la réalisation de l'objectif achromatique dont la possibilité avait été niée par Newton; les plus grands mathématiciens de l'époque, Euler, Clairaut, d'Alembert y prennent part; Dollond y met fin en construisant la première lentille achromatique. Le microscope se perfectionne, et révèle tout un monde inconnu. En France une vive curiosité s'éveille pour les cristaux naturels, même chez les gens du monde, simplement parce que ce sont des objets rares et beaux; c'est souvent parmi les épaves des belles collections du dix-huitième siècle, échouées dans les boîtes des brocanteurs des quais, que Malus, Arago, Biot trouveront les échantillons de quartz, de spath d'Islande ou de topaze nécessaires à leurs expériences. L'abbé Rochon fonde, dans les dernières années de l'ancien régime, le premier « Institut d'Optique » consacré au perfectionnement technique de l'optique; le nouvel établissement ne résiste pas à la tourmente révolutionnaire; Rochon n'en continue pas moins ses recherches, en particulier sur la taille des cristaux et, dans un but pratique, il construit ces premiers « prismes biréfringents » en quartz, dont l'emploi revient constamment dans les recherches du commencement du dix-neuvième siècle. Un peu plus tard, Biot allait découvrir les propriétés de la tourmaline, et ainsi se fonde la technique de la polarisation, sans laquelle toute recherche d'optique est impossible, et qui est si familière aux physiciens de nos jours qu'ils pourraient croire qu'elle a toujours existé.

★
★ ★

Des moyens nouveaux devaient amener des découvertes nouvelles. Aussi le dix-neuvième siècle s'ouvre-t-il par une avalanche de faits inattendus. Malus, en 1808, découvre la polarisation de la lumière par réflexion; c'est à ce propos qu'il introduit le nom et la notion de « lumière polarisée »; cette découverte attire de nouveau l'attention sur le « phénomène merveilleux » qui avait tant intrigué Huygens. En très peu de temps, on s'aperçoit que la lumière polarisée est un phénomène très fréquent: la lumière réfléchie sur une eau calme ou sur un corps poli quelconque, celle qui nous vient du ciel bleu, celle qui a traversé certains cristaux présente cette singulière dissymétrie. Le nom de polarisation devient familier à tous ceux qui s'occupent d'optique. Arago découvre les belles colorations auxquelles donnent lieu les lames cristallisées en lumière polarisée, puis les phénomènes que donnent les lames de quartz taillées perpendiculairement à l'axe du cristal. Biot étudie les lois expérimentales de ces phénomènes, puis découvre les colorations que donnent certains liquides, comme les dissolutions de sucre.

En présence de cette masse de faits nouveaux, l'attitude des théoriciens est curieuse à observer. En France, la plupart des savants de premier plan, Laplace, Biot, Poisson, beaucoup plus newtoniens que Newton, s'accrochent désespérément à la théorie de l'émission; l'explication de chaque phénomène nouveau les oblige à doter les particules lumineuses de quelque propriété nouvelle; ils ne désespèrent pas de surmonter toutes les difficultés et d'arriver à modeler l'optique sur la mécanique céleste, que Laplace avait portée à un si haut degré de perfection. La théorie des ondes était encore trop imparfaite pour se prêter à leurs calculs, et cela seul suffisait à les en détourner. Cependant, sans qu'ils y prissent garde, la théorie des ondes venait de recevoir des perfectionnements fondamentaux de la part d'un savant anglais, Thomas Young.

C'est une belle et curieuse figure que celle de Thomas Young, l'un des esprits les plus vastes que l'espèce humaine ait produits. D'une



extraordinaire précocité (on prétend qu'il savait lire à deux ans), il se rend maître sans peine de toutes les connaissances humaines et, ce qui est plus remarquable, apporte dans toutes des vues originales et profondes. Tout en exerçant la médecine, on le voit donner une théorie nouvelle de la vision des couleurs et faire des découvertes importantes sur le mécanisme de l'accommodation de l'œil, émettre, avant Champollion, les premières idées justes sur le déchiffrement des hiéroglyphes, publier de savantes recherches sur la physiologie du cœur et des artères, sur la théorie mathématique des courbes épicycloïdales, avant de s'occuper de mécanique céleste et de devenir directeur du «Nautical almanach». Un de ses aphorismes favoris était, dit-on, celui-ci: «Ce qu'un homme fait, un autre peut le faire»; et cela était probablement vrai, à la condition que cet autre fut précisément Thomas Young. Partout, il sema des idées; il fallut toute une génération d'hommes pour les faire fructifier. Il resta toute sa vie en relations amicales avec les savants français, qui l'estimaient à sa juste valeur (il reçut de l'Académie des sciences la plus haute marque d'estime qu'elle pût donner, le titre d'associé étranger), mais qui, cependant, voyaient bien ce qui lui manquait. Comme physicien, il lui manquait l'habitude de pousser jusqu'au bout, par des calculs rigoureux, les conséquences de ses idées, et cette habitude était, au contraire, la caractéristique de nos savants, formés par une solide instruction mathématique. Ce n'est pas sans raison que Laplace, tout en l'admirant beaucoup, lui reprochait de n'avoir jamais bien compris la différence qu'il y a entre un simple aperçu et une véritable démonstration.

C'est cependant à Young que revient incontestablement l'honneur d'avoir définitivement introduit la notion de périodicité dans la théorie des ondulations, d'avoir montré qu'en optique, comme en acoustique, des perturbations périodiques peuvent se détruire, d'avoir donné l'explication correcte des couleurs des lames minces dont Newton avait fait une magistrale étude expérimentale, enfin d'avoir aperçu la nécessité des vibrations transversales pour expliquer les phénomènes de polarisation. Mais, dans tout cela, comme dit Laplace, il y avait

plus d'aperçus que de véritables démonstrations; une grande partie de l'optique moderne était en germe dans les écrits de Thomas Young, publiés entre 1801 et 1807, mais il n'y avait rien de définitif. Il allait falloir le génie de Fresnel, complémentaire en quelque sorte de celui d'Young, pour rendre tout cela définitif.

*
* *

Augustin Fresnel ⁽¹⁾ était, tant du côté paternel que par sa mère, de bonne et ancienne famille bourgeoise de Normandie. Son père Jacques Fresnel, était architecte et était né à Mathieu, village des environs de Caen; il était lui-même fils d'un architecte du même pays qui s'était fait connaître au milieu du dix-huitième siècle par des ouvrages sur des questions d'utilité publique. En 1784, Jacques Fresnel fut appelé à Broglie, dans l'actuel département de l'Eure, pour diriger des réparations au château; il y rencontra la famille Mérimée, et l'année suivante, épousa Augustine Mérimée. La mère d'Augustin Fresnel fut une femme d'une grande intelligence et d'une admirable bonté, qui sut communiquer à ses fils son haut sentiment du devoir. Sa famille a produit plusieurs hommes de talent; son père, François Mérimée, fut avocat au parlement de Rouen,

(1) Sur la vie et la famille de Fresnel, j'ai consulté les ouvrages suivants:
Duleau, ingénieur des ponts et chaussées. Notice sur A. Fresnel. Paris, Imprimerie de Huzard-Courcier, rue du jardin Saint-André, n° 12, 1827, (brochure de 16 pages existant aux archives de l'Académie des sciences, dossier Fresnel).

Arago. Fresnel. Biographie lue en séance publique de l'Académie des sciences, le 26 juillet 1830. Œuvres complètes de François Arago, tome I, 1845.

M. A. Marc, régent au collège de Vire. Notice sur A. J. Fresnel. Caen, chez A. Harel, rue Froide 2, 1845. (Brochure de 23 pages, existant à la bibliothèque de l'École polytechnique, sous le numéro X³ b 119.)

Verdet. Introduction aux œuvres d'Augustin Fresnel, in œuvres complètes d'Augustin Fresnel, Paris, Imprimerie impériale, 1867.

G. Pinet. Léonor Mérimée (1757-1836). Paris, librairie ancienne Honoré Champion, 5 Quai Malaquais, 1913 (ouvrage de 138 pages, existant à la bibliothèque de l'École polytechnique sous le numéro I¹ a 244).

écrivit un « Traité des fiefs et droits féodaux de Normandie » et plus tard fut choisi par le Maréchal Duc de Broglie comme régisseur de son domaine; ses fonctions au château, où il habitait un pavillon séparé, expliquent facilement la rencontre de sa famille avec l'architecte Jacques Fresnel. Un frère d'Augustine Mérimée, Léonor Mérimée, fut un peintre de talent et un administrateur habile; il fut maître de dessin à l'École polytechnique, dirigea, pendant de longues années, notre École de beaux arts, et eut comme fils (cousin germain du grand physicien Fresnel) Prosper Mérimée, écrivain peut-être un peu oublié, mais qui connut des heures de véritable célébrité.

La famille immédiate d'Augustin Fresnel comprenait quatre fils, dont trois furent élèves à l'École polytechnique. L'aîné, Louis, y entra en 1803, en sortit comme officier d'artillerie et fut tué pendant les guerres d'Espagne en 1809. Augustin et Léonor y entrèrent l'un en 1804, l'autre en 1808; tous deux furent ingénieurs des Ponts et Chaussées; Léonor fut le collaborateur de son frère au service des phares et lui succéda dans la direction de ce service après la mort prématurée de son aîné. Le plus jeune, Fulgence, devint un orientaliste et un archéologue distingué, fut correspondant de l'Académie des inscriptions et belles lettres, remplit les fonctions d'Agent consulaire de France dans divers pays d'Orient, et mourut à Bagdad en 1855.

Augustin Fresnel, né en 1783, passa son enfance au milieu de la tourmente révolutionnaire. Son père avait accepté, en 1790, de diriger la reconstruction d'un fort près de Cherbourg; mais bientôt, les travaux furent interrompus, et Jacques Fresnel, qui avait déjà trois enfants, se réfugia avec sa famille dans son village natal de Mathieu, où il possédait une modeste propriété; il y resta jusqu'à sa mort, en 1805. C'est dans ce milieu familial et isolé qu'Augustin Fresnel fut d'abord élevé. Il était d'une santé très délicate et ses premières études furent loin d'être brillantes. A peine savait-il lire à huit ans, et l'étude des premiers éléments du latin lui coûta de pénibles efforts. Sa mémoire, dit l'un de ceux qui l'ont connu, semblait se refuser à apprendre des mots et son esprit, avide dès l'enfance de connaissances positives, semblait rebelle à l'enseignement classique. Ce n'est que

beaucoup plus tard, après sa sortie de l'École polytechnique, que son esprit s'ouvrit aux beautés littéraires, qu'il devint, par exemple, un fervent admirateur de Pascal, non seulement géomètre mais aussi écrivain, et que même il se laissa aller à écrire quelques vers, que d'ailleurs il se garda bien de montrer aux gens.

Mais, si le sens littéraire se développa chez lui tardivement, le sens de l'observation et de l'expérience fut, au contraire, d'une extraordinaire précocité. Même dans ses jeux, il semble avoir montré les qualités d'un grand physicien. Dès l'âge de neuf ans il aurait, disent ses biographes, fait une étude expérimentale très méthodique des bois propres à la fabrication des arcs, et porté à un haut degré de perfection la construction de petits canons en bois de sureau, si bien que ses parents furent obligés d'interdire ces jeux devenus dangereux. Habiles dans les arts du dessin, ses frères et lui découvrirent la manière de faire des médailles en argile, avec les méthodes pour les faire cuire sans les briser. Un ami de leurs parents en visite à Mathieu, aurait dit en partant: « Voilà des enfants qui ne sont pas comme les autres ». En 1801 les deux aînés, Louis et Augustin, celui-ci âgé de treize ans, quittèrent la campagne pour aller continuer leurs études à l'École centrale de Caen, une des écoles fondées par la Convention dans chaque département, fondation d'où est sorti tout notre enseignement secondaire. Fresnel continua à y être un médiocre humaniste, mais il eut la chance d'y trouver un excellent professeur de mathématiques, et il se mit, dans cette science, immédiatement à la tête de sa classe. En 1804, à 16 ans, il fut admis à l'École polytechnique, dix-septième sur une promotion de 130; son frère Louis était encore élève de seconde année. Il continua à être un élève inégal, mais se montra remarquable en mathématiques, dont l'enseignement, avec des hommes comme Monge, Prony, Poisson, Legendre, devait être de premier ordre. De son passage à l'école date sa première publication; à un problème de géométrie sur les sections planes d'un ellipsoïde, posé par Legendre, il trouva une solution élégante, qui fut publiée dans la « Correspondance sur l'École polytechnique » que dirigeait Hachette, l'un des professeurs de géométrie.

On ne peut s'empêcher de rapprocher ce premier travail d'élève des élégantes définitions de la surface de l'onde dans les cristaux, données plus tard par Fresnel, définitions qui utilisent, justement, les sections planes d'un ellipsoïde. Quant à l'enseignement de la Physique, il était à peu près nul; Fresnel acheva ses études avec, sur cette science, des notions rudimentaires. Sorti dans les Ponts et Chaussées, Fresnel, après ses années d'école d'application, est d'abord envoyé en Vendée pour des constructions de routes, puis, en 1812, dans la Drôme, à Nyons, où l'on prolongeait la route qui traverse le col du Mont Genève. Il s'acquitte de ses devoirs avec la plus scrupuleuse exactitude, bien que ses occupations, consistant surtout en besogne administrative et en surveillance des deniers de l'État, fussent tout à fait en dehors de ses aptitudes. Un peu plus tard, dans une lettre à son oncle, il écrit: «Je ne trouve rien de si pénible que d'avoir à mener des hommes, et j'avoue que je n'y entends rien du tout». Aussi cherche-t-il, dès ses premières années de vie active, à se délasser par des recherches scientifiques. Sans livres et sans laboratoire, il entreprend quelques recherches sur des questions de chimie; en 1811, il communique à son oncle Mérimée, qui habitait Paris et que ses fonctions de professeur de dessin à l'École polytechnique mettaient en relations avec la plupart des savants français, un procédé pour fabriquer la soude en partant du sel marin. Nous ne connaissons ce procédé que par des fragments de lettres, d'où l'on peut seulement conclure que l'on y employait de l'ammoniaque, que la réaction donnait lieu à du chlorure d'ammonium et que pour l'imaginer Fresnel avait eu besoin de posséder des tables de solubilité de divers sels; ces indications font irrésistiblement penser au procédé Solvay qui, beaucoup plus tard, devait révolutionner l'industrie chimique.

C'est vers 1814, alors qu'il était à Nyons, que Fresnel commence à réfléchir aux questions de Physique. Il faut avouer que son ignorance était extrême. La doctrine de la matérialité du « calorique » et de la lumière lui avait été enseignée comme une vérité incontestable; en y réfléchissant, Fresnel aperçoit un monde de difficultés. Il s'en ouvre à son frère et à son oncle en leur demandant de lui envoyer

quelques livres; ces demandes témoignent à la fois d'un vif désir de s'instruire et d'une complète ignorance des découvertes récentes. C'est ainsi que, dans une lettre à son frère Léonor, il dit: «J'ai vu dans le *Moniteur*, il y a quelques mois, que Biot avait lu à l'Institut un mémoire fort intéressant sur la polarisation de la lumière. J'ai beau me casser la tête, je ne devine pas ce que c'est». Naturellement, les travaux de Young, publiés en anglais, lui était complètement inconnus.

*
* *

Cependant les graves événements de 1815 allaient jeter le trouble dans l'existence de Fresnel et lui donner, par un singulier hasard, la possibilité d'entrer en contact personnel avec le monde scientifique.

Esprit libéral, épris à la fois d'ordre et de liberté, profondément pacifique, Fresnel, comme beaucoup de ses camarades de l'École polytechnique, détestait le régime napoléonien.

Après 1814, il mit son espoir, pour le relèvement du pays, dans une monarchie libérale qui lui paraissait le seul régime alors possible. Le retour de l'île d'Elbe lui parut (c'est Arago qui le dit) comme «une attaque contre la civilisation»; il crut de son devoir, en dépit de son état de santé toujours précaire, de quitter Nyons, et d'aller se joindre à la petite armée que le Duc d'Angoulême réunissait dans le Midi pour essayer de s'opposer à la marche de Napoléon sur Paris. Déjà malade, Fresnel fut obligé de rentrer à Nyons presque mourant; il fut mal accueilli par la population, fut destitué et placé sous la surveillance de la haute police. Il faut dire d'ailleurs que cette mesure fut exécutée sans rigueur par le gouvernement impérial; Fresnel fut autorisé à quitter Nyons pour aller se retirer à Mathieu où sa mère, veuve depuis dix ans, habitait encore; il lui fut même permis de passer par Paris et d'y résider quelque temps.

Ce court séjour à Paris fut pour Fresnel le véritable début de sa carrière scientifique; il put lire quelques mémoires, et se mettre en



relations avec quelques-uns des hommes du milieu scientifique de Paris, en particulier avec Arago, qui devint son protecteur, son collaborateur et son ami.

A peine plus âgé que Fresnel, son ancien d'un an à l'École polytechnique Arago, déjà à cette époque, jouissait d'une grande influence et d'une grande notoriété. Ce fut une belle et généreuse intelligence, capable de tout comprendre et de s'intéresser à tout, d'une activité dévorante, ardent dans ses amitiés comme dans ses antipathies, prêt à défendre ses amis dans toutes les circonstances, et toujours prêt à pourfendre ses ennemis. Remarquable professeur, vulgarisateur de premier ordre, grand orateur, il eut une influence énorme sur tous les auditoires qu'il aborda. Un moment homme politique (il fut député sous Louis-Phillipe, ministre de la Guerre et de la Marine en 1848) il sut conserver une grande influence sous tous les régimes, même sous ceux qu'il n'aimait pas, et cela, non pas en les flattant, mais parce qu'on jugeait plus prudent de ne pas l'avoir comme adversaire déclaré. Arago devina tout de suite le génie de Fresnel, l'aida à se documenter, parfois collabora directement avec lui, le défendit dans toutes les occasions, enfin s'employa de son mieux pour que son métier d'ingénieur, son gagne-pain, loin d'entraver sa carrière scientifique, pût se combiner avec elle. Un des plus grands services qu'Arago ait rendus à la science est de lui avoir conservé Fresnel.

Ce fut pendant sa retraite au village de Mathieu, en 1815, que Fresnel commença à voir une réponse à cette question qui le préoccupait depuis un an: qu'est ce que la lumière? Ne sachant rien des idées de Thomas Young, il retrouve par lui-même (et probablement il valait mieux qu'il en fut ainsi) les principes énoncés par l'illustre savant anglais. Tout de suite il s'attaque au problème le plus simple en apparence et en même temps le plus difficile dans la théorie des ondes, le problème des ombres et de la propagation rectiligne de la lumière. Il voit immédiatement que la théorie de l'émission, si elle explique bien *en gros* la propagation rectiligne (un corps opaque protégeant de la lumière à peu près comme un para-

pluie protège contre la pluie), cette théorie est incapable d'expliquer les particularités curieuses des phénomènes de diffraction, que Newton avait dû se borner à décrire. Mais d'autre part, si la théorie des ondes exprime la réalité des choses, comment ces ondes sont-elles incapables de contourner un obstacle, ce que font sans peine les ondes sonores ou les rides d'une surface liquide? Fresnel aperçoit immédiatement que la clé du mystère doit être cherchée dans l'étude, à la fois expérimentale et théorique, des effets de diffraction; pour expliquer pourquoi la lumière se propage en ligne droite, il faut savoir jusqu'à quel point cette loi est vraie.

Dans le village où il commence à expérimenter, Fresnel ne dispose d'aucun appareil; heureusement, il peut y suppléer avec la même ingéniosité et presque avec les mêmes moyens que dans ses jeux d'enfant. Avec du carton et des fils, il fait un micromètre qui lui permet de mesurer, d'une manière très satisfaisante, la position des franges de diffraction. Il lui faut une lentille de court foyer pour réunir en un point les rayons du soleil; une goutte de miel placée sur un trou percé dans une mince feuille métallique la lui donne à peu de frais. Le serrurier du village lui construit quelques supports. Avec ce matériel rudimentaire, il arrive à observer et à mesurer les franges qui bordent l'ombre d'un corps opaque, et à en trouver les lois expérimentales. Deux mémoires envoyés à l'Académie des sciences à la fin de 1815 furent le fruit de ces premières recherches; il y retrouve le principe des interférences énoncé par Young, et s'en sert pour expliquer, d'une manière encore imparfaite, les phénomènes observés. Chemin faisant, il retrouve la théorie des couleurs de lames minces. Le second de ces mémoires contient la théorie des couleurs données par les surfaces striées, grossièrement réalisées sur certains objets naturels et que Fraunhofer devait, dix ans plus tard, produire avec une remarquable perfection sous la forme de réseaux artificiels.

Après la chute définitive du régime napoléonien, Fresnel avait été réintégré dans le corps des Ponts et Chaussées. Sur l'intervention pressante d'Arago, il fut autorisé à passer à Paris une partie de l'année 1816; à la fin de cette même année il dut rejoindre son

poste, à Rennes, où il était chargé de la surveillance d'un des « ateliers de charité » que l'administration des travaux publics avait organisés pour atténuer les souffrances produites par la disette. Ce séjour, qui ne laissa pas à Fresnel de bons souvenirs, ne dura pas longtemps; au printemps de 1818 il fut pourvu d'un poste à Paris, d'abord au service du Canal de l'Oureq, puis dans celui du cadastre de la Ville de Paris.

*
* * *

Les premiers mémoires de Fresnel avaient attiré l'attention des milieux scientifiques français sur l'important problème de la propagation de la lumière, et soulevé de vives discussions. Les défenseurs de la théorie de l'émission n'avaient pas renoncé à l'espoir d'expliquer les inflexions apparentes de la lumière au voisinage d'un obstacle par des attractions ou des répulsions exercées sur les particules lumineuses par les corps opaques. Une circonstance très heureuse vint inciter Fresnel à s'occuper de la question d'une manière plus approfondie qu'il ne l'avait fait dans ses premiers essais. L'Académie des sciences avait « à mettre au concours », d'une manière périodique, une question choisie par elle, et devrait décerner un prix à l'auteur, théoriquement inconnu de ses juges, du meilleur mémoire sur la question proposée. Cette procédure un peu scolaire allait, au moins une fois, provoquer l'éclosion d'un chef d'œuvre. Le 17 Mars 1817, l'Académie des sciences décida de mettre au concours, pour le grand prix des sciences mathématiques, l'étude expérimentale et théorique des phénomènes de diffraction. A lire le programme, on devine qu'il avait été rédigé par un partisan convaincu de la théorie de l'émission; le problème est cependant posé d'une manière rationnelle, en demandant aux concurrents d'étudier d'abord le phénomène « par des expériences précises »; et l'énoncé ajoute: « Conclure de ces expériences, par des inductions mathématiques, les mouvements des rayons dans leur passage près des corps ». Le concours

devait être jugé par une commission composée de Laplace, Biot, Poisson, Arago et Gay-Lussac.

Sur les instances d'Arago et d'Ampère, Fresnel se décida à concourir; ce fut l'occasion pour lui d'écrire son célèbre « Mémoire sur la diffraction ». A vrai dire, il ne suit que de très loin le programme étroitement limité du concours; il élargit considérablement ce programme, et sous le couvert de la question particulière qui est posée il fait un examen critique des diverses théories, et une étude approfondie de la propagation de la lumière. Cette fois, il n'ignore plus les travaux de Thomas Young, il rend pleine justice à son devancier, mais va beaucoup au-delà du point où celui-ci s'était arrêté. C'est dans ce mémoire qu'est décrite la célèbre expérience des « miroirs de Fresnel », une de celles qui sont toujours citées comme preuve de la destruction réciproque des vibrations lumineuses; suivant une formule célèbre d'Arago, il en résulte que « de la lumière ajoutée à de la lumière peut produire de l'obscurité ». C'est là aussi que sont données les formules définitives rendant compte, dans tous leurs détails, des franges qui bordent l'ombre d'un corps. Ces formules contiennent les célèbres « Intégrales de Fresnel », dont le calcul était assez pénible; on est frappé de la précision avec laquelle les franges sont représentées par ces formules, où tout est déduit des principes sans introduction d'aucun terme empirique.

La commission comprenait une majorité d'adversaires déclarés des idées de Fresnel; mais Arago était de force à les défendre. L'étude du mémoire de Fresnel y donna lieu à de vives discussions, et à des incidents dont l'un a été raconté par Arago. Poisson, grand mathématicien, remarqua que les intégrales d'où l'auteur faisait dépendre le calcul des intensités de la lumière diffractée pouvaient s'évaluer exactement pour le centre de l'ombre d'un disque circulaire opaque éclairé par un point lumineux. On trouvait un maximum de lumière au centre de l'ombre circulaire. Poisson présenta cette conséquence paradoxale comme une condamnation des idées exposées dans le mémoire soumis au jugement de l'Académie. Fresnel, prévenu par Arago, fit l'expérience; le résultat fut rigoureusement conforme à ce-

lui du calcul de Poisson. Finalement un vote unanime accorda le prix à Fresnel, et son mémoire fut imprimé dans les publications de l'Académie des sciences, non sans quelque retard.

* * *

Ce célèbre mémoire avait été terminé en 1818; mais déjà à cette époque, Fresnel avait obtenu de très importants résultats sur d'autres points de la théorie des ondes. Il y était arrivé en réfléchissant aux propriétés de la lumière polarisée (dont, peu d'années avant, il ignorait l'existence) et à la théorie des couleurs des lames minces cristallisées, qui, alors dans leur nouveauté, étaient un sujet d'admiration et d'étonnement pour tous les physiciens. Avec beaucoup de méthode, Biot en avait dégagé les lois; quant à l'édification d'une théorie, on peut dire qu'il avait complètement échoué. Prenant toujours pour guide la théorie de l'émission, il était obligé d'édifier un échafaudage d'hypothèses, introduisant une nouvelle propriété des «molécules lumineuses» pour expliquer chaque fait nouveau. L'une des plus simples parmi ces hypothèses est la suivante: «Les molécules lumineuses sont des polyèdres, où l'on doit remarquer à la fois l'axe de polarisation, qui est un axe de symétrie, et un autre axe perpendiculaire sur le précédent, dont une extrémité est attirée, l'autre repoussée par les corps réfringents.»

Young, comme toujours, avait apporté les aperçus d'un homme de génie. Le plus important est celui-ci: les couleurs des lames cristallisées sont dues à des phénomènes d'interférence entre les deux ondes en lesquelles tout corps biréfringent divise l'onde incidente. Cela résulte pour lui d'observations très simples: la succession des couleurs est la même que celle des interférences; pour employer le langage moderne, la «différence de marche» qui produit une teinte donnée est la même dans les deux cas. Et cependant, on peut dire que la théorie de tous les phénomènes où intervient la polarisation restait à faire. Comment un rayon lumineux peut-il ne pas avoir la symétrie de révolution par rapport à lui-même? Pourquoi, en

vue d'obtenir les couleurs des lames cristallines, est-il nécessaire que la lumière traverse un polariseur avant et un autre après la lame de cristal? Pourquoi la lumière naturelle ne donne-t-elle pas de couleurs? Il semble bien que l'idée des vibrations transversales se soit présentée à l'esprit de Thomas Young; mais on peut dire que, cette fois, cet esprit hardi n'osa pas aller jusqu'au bout de sa pensée.

Dès le début de ses réflexions, dès son séjour à Paris, en 1816, Fresnel aperçoit cette conséquence des faits connus: deux rayons polarisés à angle droit sont incapables d'interférer, c'est-à-dire ne peuvent se détruire réciproquement. Ses idées se précisent si rapidement que ses amis, même les confidents de ses pensées, ont peine à le suivre. Arago ne se laisse convaincre qu'après une série d'expériences admirables qu'il fait avec Fresnel et que les deux physiciens publient en commun. Les conclusions de ce mémoire célèbre restent classiques, sous la forme même où les auteurs les ont présentées. Les particularités des lames cristallines sont ainsi ramenées à des lois plus générales, mais le lien avec une théorie, aussi bien avec la théorie des ondes qu'avec celle de l'émission, manquait toujours. L'idée de la vibration transversale était si en dehors des idées reçues que personne n'osait la présenter.

Il semble que ce fut le timide Ampère qui eut la hardiesse d'attirer l'attention sur cette conséquence, qui nous paraît évidente, des faits connus: tant que l'on s'en tient aux vibrations longitudinales, plus ou moins analogues à celles d'un véritable fluide, on ne put expliquer ni même concevoir les propriétés de la lumière polarisée; au contraire, tout s'éclaire si l'on admet que les vibrations lumineuses sont transversales, c'est-à-dire perpendiculaires à la direction de la propagation. Pour nous rendre compte de la difficulté qu'il y avait alors à adopter cette idée, il faut rappeler qu'Arago, qui n'était pas cependant un esprit timoré, considéra toujours les ondes transversales comme une impossibilité, et qu'il fallut à Fresnel plusieurs années de méditation et l'évidence répétée d'expériences de plus en plus nombreuses pour l'adopter complètement et sans réserves. C'est seulement en 1821 que l'idée des vibrations complètement et uniquement



transversales, aussi bien pour la lumière naturelle que pour la lumière polarisée, s'impose définitivement à son esprit. A partir de ce moment, l'œuvre de Fresnel, qui déjà touche à sa fin, se développe avec une extraordinaire rapidité. La théorie des couleurs de lames cristallisées devient évidente; elle est développée dans un mémoire envoyé à l'Académie des sciences en 1821. Les rotations du plan de polarisation dans le quartz et dans divers liquides, ces dernières découvertes par Biot, sont ramenées à une inégalité de vitesse des vibrations circulaires droites et gauches. En 1823 Fresnel achève son célèbre « Mémoire sur les lois des modifications que la réflexion imprime à la lumière polarisée ». Il y arrive aux formules, devenues classiques, qui représentent l'intensité de la lumière réfléchie ou transmise par une surface transparente, et donne l'explication de tous les faits alors connus.

*
* * *

Et ce n'est pas tout. Pendant cette courte période de deux ans, Fresnel avait renouvelé nos connaissances sur la propagation de la lumière dans les cristaux. Au moment où il commence à s'occuper de cette question, il y avait déjà un nombre considérable de faits connus, mais non classés. Depuis Huygens, on connaissait les propriétés biréfringentes du spath d'Islande et du quartz, et l'on savait s'en servir. Les découvertes d'Arago et de Biot avaient donné un moyen très délicat pour découvrir ces propriétés; on s'aperçut bien vite qu'elles étaient très générales, qu'elles existaient dans presque tous les corps cristallisés, qu'on les trouvait dans le verre comprimé ou brusquement refroidi, et même dans un grand nombre d'objets organiques naturels. Huygens avait appris à distinguer dans le spath d'Islande, un « rayon ordinaire » réfracté suivant les lois habituelles de la réfraction, et un « rayon extraordinaire » dévié suivant des lois plus compliquées qu'il avait découvertes; par une généralisation hâtive et complètement inexacte on croyait cette notion applicable à tous les cas.

Fresnel aborde la question en 1821; successivement, il montre par des expériences simples et directes, que le verre comprimé dédouble la lumière, comme le fait un cristal, ensuite que dans les « cristaux à deux axes » aucun des rayons ne suit la loi ordinaire. Dans ce cas, il n'y a pas de « rayon ordinaire ». Revenant alors à la méthode qui avait si bien réussi à Huygens dans le cas du spath d'Islande, il cherche quelle est la « surface de l'onde » dans le cas le plus général; par une divination d'une extraordinaire hardiesse, il en trouve la définition géométrique; c'est une surface du quatrième degré, dont il donne l'équation, dont il a à peine le temps d'étudier les remarquables propriétés. Toute une génération de géomètres s'appliquent à cette tâche relativement facile; toutes les conséquences qu'ils déduisent de cette étude, même les plus bizarres, trouvent plus tard leur confirmation expérimentale.

Le mémoire où Fresnel expose ces résultats fut présenté à l'Académie des sciences en 1822. Laplace, qui s'était toujours montré l'adversaire des idées défendues par Fresnel, qui n'avait jamais renoncé à l'espoir de construire l'optique sur le modèle de la mécanique céleste au moyen de forces exercées sur les « particules lumineuses », Laplace ne put s'empêcher d'admirer la beauté géométrique des résultats de Fresnel; il prit la parole pour féliciter l'auteur du mémoire et proclamer l'importance exceptionnelle du travail dont on venait de rendre compte. L'année suivante, en 1825, Fresnel était élu membre de l'Académie des sciences à l'unanimité des suffrages, circonstance, si je ne me trompe, extrêmement rare dans nos annales académiques. Un an plus tard, en 1826, la Société royale de Londres l'inscrivait parmi ses associés.

*
* * *

C'est à peu près à cette époque que s'arrête l'activité scientifique de Fresnel. Si l'on songe que ses recherches n'ont commencé effectivement qu'en 1816, qu'elles ont été poursuivies sans interrompre ses occupations professionnelles, qu'à partir de 1819 il était attaché au

service des phares, où comme on vient de vous le rappeler, il avait à la fois d'importants devoirs professionnels et un véritable rôle de créateur, qu'il sut, pendant cette courte période, révolutionner à la fois l'optique théorique et l'une de ses importantes applications, on reste vraiment saisi d'admiration. Cette admiration est encore augmentée si l'on songe que ce puissant esprit était associé à un corps débile et qu'il lui fallut des prodiges d'énergie pour mener de front les occupations dont il était chargé et celles qu'il s'était données à lui-même. A partir de 1825 sa santé devient de plus en plus chancelante, et il est presque obligé de se limiter à ses occupations techniques. Ce n'est qu'au commencement de 1827 qu'il obtint de se faire aider par son frère; mais bientôt ses forces le trahirent définitivement. En juin 1827, on jugea nécessaire de lui imposer un repos complet; sa mère, assistée de son collègue et ami du corps des Ponts et Chaussées, M. Duleau, vint s'installer avec lui à la campagne, à Ville d'Avray. Il sentit venir la mort sans crainte, mais non sans regrets, il n'avait que 39 ans; à son ami Duleau, il répétait souvent: «j'aurais encore tant de choses à faire». Il était déjà presque mourant lorsque son ami Arago fut chargé de lui apporter la médaille Rumford que la Société royale de Londres venait de lui décerner en témoignage d'admiration pour son œuvre scientifique. Il s'éteignit dans les bras de sa mère le 14 juillet 1827. Sa tombe, modeste comme il fut lui-même, est à Paris, au cimetière du Père Lachaise; la famille de Fresnel n'étant plus représentée que par des parents éloignés, la Société Française de Physique a pris la charge de cette tombe, qu'aucun monument ne signale à l'attention du public; elle ira demain y déposer quelques fleurs.

*
* *

Devant cette existence si courte, on a souvent exprimé le regret qu'elle n'ait pas pu être consacrée toute entière à la science, en dehors de tout souci utilitaire soit pour lui-même, soit pour les autres. Cette idée a été, en particulier, exprimée avec force par Verdet dans

la remarquable Notice qui figure en tête du recueil des œuvres complètes de Fresnel publié en 1866. Après avoir rappelé les travaux de Fresnel sur les phares, Verdet ajoute: «Cependant, à l'occasion de ces services, si grands qu'ils soient, on ne saurait se défendre d'un regret. D'autres ingénieurs auraient, tôt ou tard, imaginé les lentilles à échelons, les lampes à mèches concentriques, les phares à éclipse, mais Fresnel pouvait seul achever la révolution qu'il avait commencée dans la science. Qui peut dire ce qu'il aurait fait s'il lui avait été permis de poursuivre, sans interruption et libre de tout soin, le développement de ses fécondes pensées?»

Me serait-il permis de faire remarquer que ce regret paraît résulter d'une conception inexacte de ce que fut le génie de Fresnel?

Fresnel fut un grand ingénieur, c'est-à-dire l'homme qui, en présence d'un problème concret, sait trouver la solution la meilleure, celle qui conduira au meilleur résultat avec le minimum de dépense et de temps. Il a exactement les mêmes qualités comme savant, et ce sont ces qualités qu'il fallait qu'il eût pour réaliser son œuvre. Sans doute, les idées abondent dans son cerveau; aucune grande œuvre n'est possible sans cela; mais ces idées, il sait les mettre en œuvre, et pour cela, les habitudes d'esprit d'un ingénieur sont nécessaires. Fresnel fut un grand physicien non seulement parce qu'il fut, comme l'on dit un peu prétentieusement, un «penseur», mais surtout parce qu'il fut un grand technicien, et cela c'est à son habitude du métier d'ingénieur qu'il le devait. Il avait une bonne formation mathématique, mais il ne fut pas un créateur en mathématiques; dans ce domaine, sa formation avait été exactement ce qu'il fallait. La mathématique, pour lui, est un puissant outil; il traite chaque problème qui se présente comme le ferait un ingénieur, sans souci de l'élégance ni même de la rigueur, mais avec le souci d'arriver, sans perte de temps, à un résultat certainement exact, même s'il n'est pas rigoureusement démontré. Dans sa théorie de la diffraction, il arrive aux «Intégrales de Fresnel»; il voit tout de suite qu'elles ne peuvent s'exprimer par les fonctions élémentaires, mais cela n'a aucune importance; ce qu'il faut, ce sont les valeurs numériques de ces fonc-



tions. Il les calcule par un procédé qui n'est pas très élégant et il a soin de dire, dans une note : « Il est très possible qu'il y ait des procédés plus courts, que mon peu d'usage de l'analyse m'aura empêché d'apercevoir », mais on sent bien que cela n'a pas pour lui grande importance; l'important est d'arriver au but. Un peu plus tard, il trouve la définition géométrique de la surface de l'onde dans les cristaux, il lui faut trouver l'équation de cette surface, et le calcul nécessaire pour cela n'est pas très difficile; il ne se donne pas la peine de le faire, il se contente d'en deviner le résultat. Il voit que la surface doit être du quatrième degré, il en trouve l'intersection par les plans de symétrie, et cela lui suffit pour écrire l'équation cherchée. Plus tard, Ampère se donne la peine de faire le calcul que Fresnel avait négligé, et trouve par une voie rigoureuse le résultat que Fresnel avait deviné. Tout se tient dans l'œuvre, comme dans le caractère de Fresnel. Il fut un grand ingénieur parce que, grand homme de science, il savait voir dans chaque question ses éléments essentiels; il fut un grand physicien parce qu'il était grand ingénieur. Et si pendant une partie du dix-neuvième siècle la Physique française subit une véritable éclipse, n'est-ce pas justement parce que les physiciens de cette époque oublièrent la technique et laissèrent à d'autres, médiocres, le soin de construire leurs outils ?

* * *

Un siècle s'est écoulé depuis la mort de Fresnel; le recul est assez grand pour qu'on puisse se demander ce que le temps a fait de son œuvre. Peut-on dire que cette œuvre est restée immuable, que nous envisageons la théorie de la lumière sous la forme même où il l'avait laissée? Assurément non. Et d'ailleurs, serait-ce faire un grand éloge d'une œuvre scientifique que de dire qu'il a été impossible d'y rien ajouter? La science n'est jamais finie et dire d'une découverte qu'il a été impossible d'y rien ajouter, ne serait-ce pas dire qu'elle a conduit à une impasse? Tel n'a pas été le cas de l'œuvre de Fresnel. Les lois qu'il a découvertes, les grandes notions introduites par

lui, sont restées à la base de la science; mais les idées ont continué à évoluer. Nous ne croyons plus à l'existence réelle d'un éther élastique, construit à l'image des milieux matériels tout en étant chargé d'expliquer les actions réciproques des corps, se laissant traverser sans résistance tout en ayant des propriétés analogues à celles de l'acier, ou peut-être du caoutchouc, voire même de la poix de cordonnier, suivant une comparaison humoristique de Lord Kelvin. Fresnel, d'ailleurs, avait sagement laissé dans l'ombre les propriétés de ce milieu, mais ses successeurs, moins prudents, essayèrent de préciser ces propriétés et n'y réussirent pas. Et cependant, les notions fondamentales introduites par Fresnel sont restées et ont permis d'aller plus loin. Le génie de Clerk Maxwell, servant de trait d'union entre le génie de Fresnel et celui de Faraday, a découvert que la vibration lumineuse est une perturbation électro-magnétique, définie à chaque instant par deux vecteurs transversaux, c'est-à-dire, comme la vibration de Fresnel, perpendiculaires à la direction de propagation. Cette découverte capitale ne sacrifie rien de ce qui était précédemment acquis. Du moins, sous cette forme nouvelle, la théorie de la lumière est-elle finie, définitivement figée? Cela n'est pas probable. Les recherches les plus récentes révèlent, au moins dans les phénomènes où la lumière agit sur la matière, un élément discontinu, qui fait penser invinciblement aux particules distinctes de la théorie de l'émission; mais là encore, on peut considérer comme certain que les retouches nécessaires se feront non par soustraction, mais par addition à l'œuvre de Fresnel.

Cette œuvre n'est pas immuable; elle est, ce qui vaut mieux, toujours vivante; les transformations qu'elle doit subir ne font qu'ajouter à la gloire de son auteur.
