

INSTITUT DE FRANCE

ACADÉMIE DES SCIENCES

EXPOSÉ

SUR LA VIE ET L'ŒUVRE

DE

JEAN-BAPTISTE BIOT

de l'Académie française,

Membre de la Section de Géométrie de l'Académie des Sciences,

Membre de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres,

à l'occasion du deuxième centenaire de sa naissance

PAR

M. EDMOND A. BRUN

Lecture faite en la séance du 20 mai 1974

Dans son éloge de Montaigne, Jean-Baptiste Bior rapporte le trait suivant tiré de Plutarque. Un rhéteur se présente devant Antalkidas pour lui réciter une harangue à la louange d'Hercule « D'Hercule, dit le Lacédémonien, connais-tu quelqu'un qui le méprise ? » A votre tour, vous pourriez me dire que les mérites de Biot ne vous sont point inconnus, mais, pourtant, on ne saurait oublier qu'il naquit à Paris, le 21 avril 1774, il y a deux cents ans. A l'occasion de cette date, si vous le voulez bien, parlons un peu de lui.

La vie de Biot commence pour nous en 1792 où, pour se soustraire aux travaux fastidieux de secrétariat qui le retenaient chez un négociant du Havre, il s'engage, à l'âge de dix-huit ans, comme canonnier dans l'armée du Nord; il prend part à la bataille de Hondschoote mais, malade, il quitte l'armée plus ou moins régulièrement, en septembre 1793 et va rejoindre

sa famille à Paris. L'histoire raconte, avec force de détails, qu'il fit le voyage avec Saint-Just, comme lui ancien élève de Louis-le-Grand mais qu'il ne connaissait pas ; la protection du conventionnel lui permit d'atteindre Paris sans encombres ; il aurait pu, dit-on, être fusillé. Il reprend alors ses études qu'il regrettait d'avoir dû quitter trop tôt et il est reçu élève ingénieur des Ponts et Chaussées en janvier 1794. Ce fut le dernier candidat qu'interrogea, de son lit où il allait mourir, le célèbre Perronet, lequel était entré en 1765 dans notre Académie, alors l'Académie Royale des Sciences. Mais Biot reste très peu à cette École ; il lui préférera l'École Polytechnique qui vient d'être créée, d'abord sous un autre nom, en novembre 1794, par un décret de la Convention. Il n'y avait d'ailleurs pas grand-peine à être de cette première promotion : on exigeait simplement, pour y entrer, une bonne conduite, un attachement aux idées républicaines, la connaissance de l'Arithmétique et d'éléments d'Algèbre et de Géométrie. Poinsoy fut admis sans connaître un mot d'algèbre ; il est vrai qu'il promit de l'apprendre tout de suite. Le bagage scientifique de Biot, à qui le traité d'algèbre de Bezout était familier, était au contraire plus important que ne le demandait le programme. Aussi, fut-il chargé, dès son entrée, de répéter les leçons de professeurs qui s'appelaient Lagrange, Prony, Berthollet, Monge, ... Il fut l'élève très cher de Monge, et cette amitié se manifesta d'une manière éclatante. Le 13 vendémiaire an III, plusieurs polytechniciens, parmi lesquels Biot et Malus, s'étaient joints aux sections insurgées contre Barras et les débris des Comités révolutionnaires qu'il avait appelés à son secours. Biot et Malus étaient sur les marches de l'église Saint-Roch balayées par la mitraille de Bonaparte. Ils durent chercher refuge près de Melun et auraient été exclus de l'École Polytechnique si Monge n'avait pas menacé de la quitter en même temps que ses deux élèves, les meilleurs disait-il. Biot n'a parlé toute sa vie de Monge qu'avec un affectueux respect. A propos du remplacement, à l'Académie, en 1816, de Carnot et de Monge par Bréguet et Cauchy, il écrit que « l'exclusion de Monge fut une inhumanité politique et un deuil pour l'Académie. Faible et sans défense, Monge avait, comme tant d'autres, courbé la tête sous le vent de la Terreur qui, par malheur pour lui, le porta au Ministère de la Marine à l'époque de la mort du roi. On aurait pu ne pas s'en souvenir, quand on avait eu Fouché pour ministre ». Disons aussi qu'en 1848, Biot sollicita et obtint le rappel de Cauchy à la Sorbonne, et cela sans que le gouvernement exigeât, de l'illustre mathématicien, un « serment que l'honneur lui défendait de prêter ».

Après l'École Polytechnique, en 1797, on retrouve Biot à Beauvais : il enseigne les mathématiques et l'astronomie à l'École Centrale de l'Oise. Dans cette ville habite Mademoiselle Brisson, âgée de seize ans et sœur de l'un de ses camarades de l'École Polytechnique ; il l'épouse, et ce fut une union très réussie. C'est aussi de Beauvais qu'il écrit à Laplace pour recevoir les feuilles de son ouvrage sur « La mécanique céleste » au fur et à mesure

de leur impression; mieux, il lui soumet les difficultés qu'il rencontre à la lecture du livre, et, comme le rapporte plaisamment Emile Picard, plus particulièrement aux endroits où l'auteur avait écrit « Il est aisé de voir ».

Ses premiers travaux sur les équations différentielles et les équations aux différences finies furent précisément mis en valeur par Laplace; il est, dès lors, nommé, le 25 novembre 1800, correspondant de la Section de Géométrie de l'Institut National, et, l'année suivante, à l'âge de vingt-six ans, il devient professeur de physique mathématique au Collège de France. Il possède en effet, en physique et en mathématiques, des connaissances étendues, mais, à cette vaste érudition scientifique, s'ajoutent des qualités littéraires qui, dès 1803, se manifestent dans son « Essai sur l'histoire générale des Sciences pendant la révolution française ». L'influence, temporaire d'ailleurs, des idées de Laplace apparaît dans cet essai et aussi dans son « Exposition du système du monde » où est rappelé, en guise de conclusion, Laplace dicit, que « l'astronomie par la dignité de son objet et la perfection de ses théories est le plus beau monument de l'esprit humain ».

La réorganisation de l'Institut (23 juin 1803) a pour conséquence son élection dans la Section de Géométrie de l'Académie des Sciences où il se trouve aux côtés de Lagrange, Laplace, Le Gendre, Bossut et Lacroix.

* * *

L'Académie, tenant compte de sa jeunesse et de son ardeur, le fait beaucoup voyager.

C'est d'abord son enquête, dans le département de l'Orne, aux environs de l'Aigle, sur une météorite. Les habitants de la région disaient qu'une explosion violente accompagnant la chute d'un globe lumineux avait été entendue à près de trente lieues à la ronde et avait été suivie d'une pluie de pierres sur une étendue de plus de deux lieues carrées. Plusieurs membres de l'Académie craignaient que la Compagnie ne se compromit en s'occupant de cette affaire. Mais Biot, tel un bon juge d'instruction, mena son action discrètement et avec un soin scrupuleux; il fit un rapport complet et minutieux concluant à l'authenticité du phénomène.

C'est ensuite, en 1804, la première ascension effectuée dans un but scientifique, la montée en ballon, avec Gay-Lussac, à une altitude de 4 000 m. Les deux aéronautes ne purent mesurer, comme ils l'espéraient, le champ magnétique terrestre à diverses hauteurs, mais ils établirent la constance de la composition de l'air avec l'altitude. Gay-Lussac confirma ce fait au cours d'une nouvelle ascension à 7 000 m.

Puis viennent les travaux géodésiques, à la suite de la mesure de l'arc de méridien entre Dunkerque et Barcelone. Le Bureau des Longitudes demande à Biot et Arago de continuer les mesures de Delambre et Méchain

jusqu'aux îles de Majorque, d'Ibiza et de Formentera. La distance des îles à la côte espagnole étant d'environ quarante lieues, les travaux de triangulation ne pouvaient se faire que de nuit, en utilisant des lampes dites à courant d'air, derrière lesquelles était placé un grand miroir de métal poli. Après deux hivers passés en Espagne et la triangulation des îles étant terminée, Biot revient à Paris, tandis qu'Arago continue les opérations en rattachant les triangles obtenus à ceux de Delambre et Méchain, et cela jusqu'à ce qu'il soit arrêté par les Espagnols; on sait qu'évadé de la prison, il est pris ensuite en mer par des pirates algériens.

Ces travaux géodésiques se poursuivent plus tard, d'une part, en joignant l'arc de méridienne de Delambre avec celui, tracé par les ingénieurs militaires anglais, du sud de l'Angleterre au nord de l'Écosse, d'autre part, en prolongeant ce dernier arc jusqu'à la plus septentrionale des îles Shetland, et cela, dit Biot avec enthousiasme, « pour donner du mètre la détermination la plus complète et, si l'on ose dire, la plus européenne que l'on puisse espérer jamais ». Biot a décrit, en termes poétiques, l'archipel perdu des Shetland où des roches colossales, qu'il étiquette d'ailleurs avec précision, subissent les assauts combinés de l'Atlantique et de la mer de Norvège. Il admire l'intrépidité et les mœurs austères des populations qui vivent sur ces récifs, loin des agitations du monde. Le souvenir de Biot reste inscrit sur l'un des rochers de l'île de Unst.

* * *

Mais laissons là les voyages et les missions et revenons aux équations différentielles que Biot a si remarquablement utilisées pour établir de nouvelles lois physiques.

Ainsi, dans un mémoire présenté à l'Institut en 1804, Biot donne l'équation de la conduction thermique en régime variable, équation que l'on appellera par la suite, loi de Fourier. Pour rendre hommage à Biot et pour illustrer la clarté d'exposition et la pureté de langage des écrivains scientifiques français au début du XIX^e siècle, j'ai cru bon de faire rééditer ce travail en 1970, à l'occasion du Congrès International sur le transfert de chaleur. Jamais cité dans la littérature sur Biot, ce mémoire ne doit pourtant pas être ignoré des Allemands et des Russes qui utilisent, en thermique, un nombre de Biot, nombre que Monsieur Ribaud et moi-même n'avons guère réussi à faire adopter en France.

Autre exemple, à la suite de la découverte par Oerstedt de l'action du courant électrique sur une aiguille aimantée, Biot et Savart donnent, en 1820, la direction, le sens et l'intensité du champ magnétique d'un courant rectiligne indéfini. Puis, avec beaucoup d'ingéniosité, étudiant le champ magnétique d'un courant anguleux en un point situé sur la bissectrice de l'angle, ils obtiennent aisément l'expression différentielle du champ magnétique produit par un élément de courant en un point quelconque de l'espace. Certes, il ne s'agit que d'une expression mathé-

matique n'ayant aucune réalité physique, puisqu'on ne saurait physiquement isoler un élément de courant. L'essentiel est que, en intégrant les actions de tous les éléments d'un circuit, on trouve le champ produit par ce circuit. Il est curieux qu'à l'origine, faute de distinguer l'artifice de calcul de la loi physique, des scientifiques aient tellement critiqué la loi de Biot et Savart.

Enfin, dans le même ordre d'idées, il ne faudrait pas oublier que Biot fut le premier à s'occuper de la propagation du son dans les solides; il élabore, en 1809, une théorie mathématique de cette propagation.

La constante application des mathématiques aux données expérimentales s'affirme clairement dans son traité de physique mathématique, publié en 1816, œuvre où apparaît, dit Emile Picard, « toute la puissance de son esprit ».

* * *

Il est certain que Biot est surtout connu par ses travaux d'optique. Dès 1805, avec Arago, qui vient de sortir de l'Ecole Polytechnique, après avoir fait les premières mesures précises de la masse spécifique de l'air et de quelques gaz, il étudie ce qu'il appelle le pouvoir réfringent d'un gaz, différence entre son indice de réfraction et l'unité; il le trouve proportionnel à la masse spécifique : c'est la loi de Biot et Arago; ensemble, ils montrent également que le pouvoir réfringent d'un mélange de gaz est égal à la somme des pouvoirs réfringents de chacun des gaz à la pression qu'il aurait s'il occupait seul le volume total. Plus tard, Biot fera la théorie complète du mirage, il étudiera la lumière émise par les aurores boréales, ... Mais la plus grande partie de ses recherches en optique a été consacrée à la polarisation de la lumière.

Il précise, d'abord, les lois de la polarisation rotatoire cristalline, découverte par Arago, [en montrant qu'une lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe fait tourner le plan de polarisation d'un rayon de lumière monochromatique qui la traverse, soit dans un sens, soit dans l'autre, suivant l'échantillon choisi, d'un angle proportionnel à son épaisseur et variant en sens inverse de la longueur d'onde de la lumière pratiquement en raison inverse du carré de la longueur d'onde. Le quartz fondu ne fait pas tourner le plan de polarisation de la lumière, de sorte que le pouvoir rotatoire du quartz est lié à sa structure cristalline.

Cependant, en 1815, Biot découvre le pouvoir rotatoire de l'essence de térébenthine; celui-ci appartient dès lors à la substance même : c'est un pouvoir rotatoire moléculaire. Il le démontre pleinement en faisant passer la lumière polarisée à travers un long tube rempli de vapeur d'essence; l'expérience ne fut que qualitative, car, au cours des mesures, la chaudière où se vaporisait l'essence de térébenthine explosa, ce qui provoqua un incendie dans l'Orangerie du Luxembourg où était monté l'appareil. C'est Gernez qui reprit l'expérience bien longtemps après.

Biot montre que bien d'autres liquides, d'origine organique, peuvent faire tourner le plan de polarisation de la lumière. En particulier, une telle propriété, dans le cas des solutions sucrées, permet à Biot d'inventer le saccharimètre qui sera appliqué à la recherche du diabète. Le phénomène de la polarisation rotatoire moléculaire devait avoir une influence considérable dans le développement de certaines théories chimiques.

Il n'y a pas lieu d'insister sur les démêlés entre Biot et Arago que provoquèrent leurs études simultanées sur la polarisation chromatique et sur la polarisation rotatoire. L'essentiel est qu'ils aient retrouvé l'amitié de leur jeunesse peu avant la mort d'Arago.

Fervent adepte de la théorie de l'émission, qu'il essaya, sans succès, de développer mathématiquement, Biot devait également se heurter à Fresnel mais, dans sa biographie de Newton, écrite en 1858, il donne son opinion définitive. « Tous les phénomènes que présente la physique de la lumière, dit-il, ont été, par le génie de Fresnel, si habilement rattachés à la doctrine du mouvement ondulatoire, qu'il est aujourd'hui presque impossible de se refuser à reconnaître la réalité de ce mode de constitution du principe lumineux ». Presque impossible ! Biot n'a tout de même pas renoncé complètement à la théorie de l'émission. Les théories modernes montrent qu'il n'avait pas tort !

* * *

Mathématicien, physicien, chimiste, Biot a également contribué au développement de l'Astronomie. Nommé, en 1809, professeur d'astronomie physique à la Faculté des Sciences, il publie un traité d'astronomie physique en cinq volumes et bien d'autres études concernant cette science.

Nous retiendrons ses travaux sur l'astronomie égyptienne, effectués à la suite des découvertes de Champollion, son ami. Par l'étude du calendrier des Egyptiens et de leurs périodes astronomiques, Biot a introduit les premières notions indispensables à la chronologie des dynasties pharaoniques. Ses études, en 1822, sur le zodiaque de Denderah, le plus célèbre zodiaque antique, l'amènent à y reconnaître un système spécial de projection géométrique et à proposer une interprétation astronomique des symboles qui y figurent.

L'astronomie chinoise a aussi fait l'objet des études de Biot. Avec l'aide d'un sinologue, Abel Rémusat, il acheva la traduction du Tcheou-Li ou livre des Rites, traduction commencée par son fils, Edouard Biot, qui mourut avant de la terminer. La mort de son épouse et celle de son fils, se suivant à peu de distance, ont été les grands chagrins de la vie de Biot.

* * *

De la vieillesse de Biot, il faut retenir l'intérêt passionné qu'il prit aux travaux de Pasteur et, en particulier, à ses recherches cristallographiques.

Biot, vérifiant au polarimètre les résultats obtenus par Pasteur sur la séparation de l'acide racémique en acide tartrique droit et acide tartrique gauche, lui dit : « Mon cher enfant, j'ai tant aimé les sciences pendant ma vie, que cela me fait battre le cœur ».

Elu, en 1841, membre libre de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, il entre à l'Académie française en 1856. Son discours de réception se termine par des conseils à la jeunesse studieuse. Il y préconise l'étude des lettres mais, surtout, il y décrit les joies de la recherche scientifique. « Peut-être, dit-il, la foule ignorera votre nom, mais vous serez estimé d'un petit nombre d'hommes éminents ayant le droit de vous apprécier et de vous assigner un rang, un rang mérité dont ni l'influence d'un ministre, ni la volonté d'un prince, ni le caprice populaire ne pourront vous faire descendre, comme ils ne pourraient vous y élever ».

Guizot, dans sa réponse, fit écho à ces paroles. Écoutons-le. « Vous avez trop respecté la science pour rechercher en son nom la faveur... A travers tant de secousses sociales... vous avez été un modèle d'indépendance généreuse et sereine; vous avez conservé à l'abri de toute atteinte votre raison et votre dignité, et les événements qui ont bouleversé autour de vous toutes choses n'ont jamais altéré ni la libre fermeté de votre jugement ni le paisible cours de vos travaux ».

Biot mourut le 3 février 1862; il appartenait à l'Institut de France depuis soixante ans. Sa mort eut un grand retentissement à l'étranger. On peut le résumer dans cette phrase, par laquelle débute son long éloge à l'Académie des Lincei, « Il dolore per tanta perdita irreparabile fu generale, presso tutte le colte nazioni ».

Biot est enterré au cimetière Montparnasse. J'ai visité sa tombe, cette tombe sur laquelle Madame Pasteur est venue jeter des fleurs le lendemain de l'élection de son mari à l'Académie des Sciences.

