



JEAN BECQUEREL

(1878-1953)

par YVES LE GRAND

Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle.

Jean BECQUEREL naquit le 5 février 1878, dans un appartement situé au n° 10 de la rue Gay-Lussac où son père, Henri BECQUEREL, s'était installé l'année précédente après son mariage avec la fille du physicien JAMIN; les fiançailles avaient été longues, puisqu'elles dataient de 1871, alors que Henri, âgé de 19 ans, était élève de Mathématiques spéciales au lycée Louis-le-Grand, où il avait eu comme professeur de mathématiques DARBOUX, son futur collègue à l'Institut; mais le bonheur des jeunes époux fut bref : la mère de Jean BECQUEREL mourut à 20 ans, peu après la naissance de son fils, et Henri revint dans la maison qu'habitaient sa grand'mère, la veuve d'Antoine-César BECQUEREL, et ses parents, les Edmond BECQUEREL, dans le Jardin des Plantes.

C'était une grande bâtisse assez délabrée, bordant au Nord-Est la cour d'honneur de l'hôtel de Magny et touchant presque l'amphithéâtre; elle a disparu en 1896. LACÉPÈDE, DAUBENTON, FOURCROY y avaient logé, et Antoine-César BECQUEREL y était venu habiter lorsqu'il avait été nommé Professeur au Muséum, en 1838. A cette époque, tous les Professeurs logeaient dans le Jardin, et y menaient une vie assez gaie, se recevant en famille les uns les autres; il y avait même un petit cours de danse, organisé par un certain M. BAPTISTE qui était au service de J.-B. DUMAS, et où la jeunesse se retrouvait.

Les premières images du monde que vit Jean BECQUEREL furent donc ce beau Jardin où la vie scientifique de ses ancêtres et la sienne devaient s'écouler; la première histoire qu'il entendit raconter fut l'épopée de l'extraordinaire aïeul, Antoine-César.

Les BECQUEREL DE LA CHEVROTIÈRE étaient originaires d'Amiens, et depuis Louis XIV leurs armoiries étaient enregistrées à l'Armorial général de la France. Pierre BECQUEREL, né à Dargies en 1682, quitta la Picardie pour la capitale; puis son fils, Pierre-Hector BECQUEREL, né en 1729 à Paris, vint se fixer en 1763 à Châtillon-sur-Loing, près de Montargis, petite place-forte qui avait été la patrie de COLIGNY. Il y fut Lieutenant du Roi jusqu'à sa mort (1775) et dernier titulaire de cette charge. Son fils, Louis-Hector, né à Paris en 1765, exerça la charge d'Écuyer contrôleur des guerres, et aurait été victime de la Terreur sans la complicité d'un gardien de prison dont il avait autrefois obligé la famille.

Son fils, le grand ancêtre Antoine-César, né à Châtillon en 1788, fit ses études à Gien et à Fontainebleau, puis suivit les Mathématiques Spéciales au Lycée Henri IV à Paris où il eut comme condisciple CAUCHY, qui devait rester son ami. Reçu à Polytechnique en 1806,

envoyé en 1810 en Espagne, il prit part comme officier du génie aux sièges les plus meurtriers de cette terrible guerre. Et on montrait à son arrière petit-fils une précieuse relique, un volume de BUFFON qu'il avait ramassé dans la rue pendant le pillage de Tarragone; le Lieutenant BECQUEREL avait lu et annoté ce livre durant le siège de Valence, recevant ainsi sa première initiation aux Sciences Naturelles.

Évacué pour maladie en 1812, nommé Capitaine et décoré de la Légion d'Honneur, il participa à la Campagne de France et prit sa retraite en 1815 avec le grade de Chef de Bataillon. Un cousin germain de sa mère, le peintre GIRODET, lui conseilla de s'orienter vers les sciences. Et peut-être, en racontant cette belle histoire à son petit-fils, Edmond BECQUEREL évoquait-il une destinée curieusement parallèle, celle de Charles CISTERNAI DU FAY, né en 1698, qui avait lui aussi participé à des sièges en Espagne, été membre de l'Académie Royale des Sciences, Intendant du Jardin du Roi et précurseur d'Antoine-César par des recherches sur l'électricité et la phosphorescence.

Et puis c'était la ruée vers la gloire scientifique : dès 1829, l'Académie des Sciences ouvrait ses portes à Antoine-César. A la fin de 1836, GUIZOT, Ministre de l'Instruction Publique, avait consulté l'Assemblée des Professeurs du Muséum sur l'utilité d'une chaire de Physique dans cet établissement, et la réponse avait été favorable. En juin 1837, GAY-LUSSAC avait proposé à la Chambre des Députés, en amendement au budget, l'ouverture d'un crédit de 10 000 francs (1) pour créer cette chaire. Malgré l'intervention de M. DE SALVANDY, Ministre de l'Instruction Publique, qui insista sur le fait qu'il n'existait pas en France de cours de Physique appliquée aux Sciences Naturelles et que cette création serait fructueuse pour le Muséum, « un des plus magnifiques établissements, un de ceux qui font le plus honneur à notre Nation », l'amendement fut repoussé et il fallut attendre juillet 1838 pour que ce crédit soit inscrit dans le budget normal. L'Assemblée des Professeurs proposa Antoine-César BECQUEREL comme titulaire, et c'était d'ailleurs dans cette évidente intention que la chaire avait été créée; il venait d'être nommé Président de l'Académie des Sciences.

Antoine-César avait souffert de nombreux ennuis de santé : il avait failli être brûlé vif à sept ans, s'était cassé deux fois le bras droit, avait eu le genou malade; à la Noël 1860, il glissa sur la neige en quittant son laboratoire et se brisa le col du fémur; il était debout six semaines plus tard. Une extraordinaire énergie l'habitait : à 90 ans il faisait toujours son Cours avec ponctualité, car il n'y avait pas d'âge de retraite au Muséum. Ce grand vieillard à la peau parcheminée, droit, vif, le regard extraordinairement perçant, laissait une impression ineffaçable à tous ceux qui l'avaient connu. Il était très accueillant et sa table était célèbre (hormis des oranges fort acides et un petit vin imbuvable, dont il était fier parce que venant de ses serres et de son domaine de Châtillon).

Ainsi le petit Jean BECQUEREL grandissait dans le culte de ce prodigieux arrière grand-père, mort dix-huit jours avant sa naissance. Alors qu'il avait 4 ans, en 1882, il assista aux fêtes données à Châtillon pour l'inauguration de la statue d'Antoine-César, magnifique bronze de Guillaume; cela resta un de ses plus lointains souvenirs d'enfance. Soixante ans plus tard, Jean BECQUEREL, avec la complicité du maire de Châtillon, fit enlever et cacher cette statue pour qu'elle échappe à la récupération des « métaux non ferreux ».

(1) A savoir 5 000 francs pour le professeur, 1 500 pour le préparateur, le reste pour le matériel.

*
* * *

Tout autant que cette belle légende, l'exemple vivant de son grand-père et de son père poussait invinciblement le jeune Jean vers la physique. Edmond, né à Châtillon en 1820, était le troisième enfant d'Antoine-César (1) ; il avait été un peu écrasé par la personnalité tyrannique de son père ; reçu en 1837 à l'École Normale Supérieure et en 1838 à Polytechnique, il avait tout abandonné pour le laboratoire du Muséum où il avait été nommé préparateur en 1844. Il avait énormément travaillé et publié de nombreux ouvrages en collaboration avec son père, sous la curieuse signature « BECQUEREL et Edmond BECQUEREL » ; il avait une vénération profonde pour lui : élu membre de l'Académie des Sciences en 1863, le jeune Edmond entraînait toujours à l'Institut en donnant le bras au vieil Antoine-César.

Edmond s'était marié en 1851 et avait eu deux fils, André-Paul et Henri ; le premier s'était consacré au domaine de la Jacqueminière qui appartenait à la famille de sa mère, domaine situé près de Courtenay, dans le Loiret, au centre d'une région très giboyeuse ; il s'était spécialisé dans la sylviculture et fut Secrétaire de la Société des agriculteurs de France (2). Le second, né en 1852 au Muséum, avait été reçu en 1872 à Polytechnique (3) et en était sorti dans le corps des Ponts et Chaussées. Mais il avait été mis en service détaché pour venir, lui aussi, travailler dans le laboratoire du Muséum où il était préparateur depuis 1878, c'est-à-dire depuis que son père avait succédé comme Professeur à son grand-père.

Dans cette ambiance de science familiale, Jean BECQUEREL grandissait en poursuivant ses études à Louis-le-Grand. Très doux et précoce, il se plaisait davantage dans la compagnie de son père et de son grand-père que dans celle d'enfants de son âge. Il aimait à apporter à l'amphithéâtre les appareils qui servaient aux leçons d'Edmond ; ses premiers jouets furent des aimants et des électroscopes. Le soir il se distrait à démonter des pendules ; il garda toute sa vie le goût de l'horlogerie, et une de ses innocentes manies était de régler sa montre à la seconde près afin de commencer son cours à l'heure rigoureuse.

La musique était en honneur chez les BECQUEREL ; en 1807, Antoine-César avait fait partie comme flûtiste de l'orchestre de Polytechnique qui, à cette époque, se faisait entendre tous les dimanches à la grand'messe de Saint-Étienne-du-Mont. Edmond avait une belle voix. Jean apprit l'orgue sous la direction de GIGOUT, organiste à Saint-Augustin ; cela devait rester une des passions de sa vie, avec la chasse à laquelle il avait été initié très jeune : à huit ans, il battait avec son père les bois de la Jacqueminière et tirait déjà très bien.

Jean BECQUEREL avait 10 ans quand son père soutint en Sorbonne sa thèse de Doctorat ès-Sciences sur les « variations du spectre d'absorption dans les cristaux » ; le deuxième sujet était « la polarisation rotatoire magnétique ». Presque toute l'œuvre future de Jean BECQUEREL est inscrite sous ces deux titres.

(1) L'aîné, Louis-Alfred, avait été Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, comme son beau-frère MÉNIÈRE qui avait épousé la fille d'Antoine-César.

(2) André-Paul mourut en 1904, laissant deux fils, Paul et Maurice. Paul BECQUEREL, Professeur honoraire à la Faculté de Poitiers, correspondant de l'Institut, célèbre par ses travaux de botanique expérimentale, continua ses recherches au Laboratoire de Physique du Muséum jusqu'à sa mort (1955).

(3) Il y fut « crotale », c'est-à-dire sergent, dans une salle dont faisait partie Henri DESLANDRES, son futur confrère à l'Académie des Sciences. DESLANDRES resta très lié avec les BECQUEREL ; il est mort à 95 ans en 1948.

* * *

Edmond BECQUEREL mourut en 1891 d'une pneumonie grippale. Il avait toujours eu une santé assez frêle, et souffrait de névralgies violentes pendant ses cours du Muséum ou du Conservatoire des Arts et Métiers; mais il tenait jusqu'au bout, à force de volonté. Ce fut un grand déchirement pour Jean, qui avait 13 ans. Son père, qui venait de se remarier, s'installa boulevard Saint-Germain; plus tard il devait habiter un hôtel particulier rue Dumont d'Urville.

Nommé Professeur au Muséum en 1892, Henri BECQUEREL devait conquérir très vite la gloire mondiale; il avait déjà failli l'atteindre en 1888, en recherchant un phénomène qui, neuf ans plus tard, illustrerait le nom du Hollandais ZEEMAN : l'action du champ magnétique sur l'émission spectrale; l'insuffisance des spectrographes qu'il possédait au Muséum ne le lui permit pas. Mais en 1896 il découvrait la radioactivité et ouvrait à la science un monde nouveau, le noyau de l'atome. On sait que, dans sa modestie, Henri aimait à rejeter cette gloire sur son grand-père et son père : Antoine-César, lors d'un voyage à Venise en 1835, avait été intéressé par le problème de la phosphorescence de la mer et commença avec son fils l'étude générale de la luminescence; Edmond, en 1872, avait concentré cette recherche sur les composés de l'uranium, cet étrange métal que KLAPROTH avait baptisé en 1789 en l'honneur de la nouvelle planète découverte par HERSCHELL.

Jean BECQUEREL était alors en Mathématiques spéciales. Il fut reçu à Polytechnique en 1897, second du classement et n'ayant manqué la première place qu'à cause de mauvaises notes en éducation physique. Comme son père, il sortit dans le corps des Ponts et Chaussées et fut comme lui mis en service détaché au laboratoire du Muséum, où il fut nommé assistant en 1903, l'année même où le prix Nobel de Physique était partagé entre Henri BECQUEREL et les époux CURIE.

Tout de suite, Jean BECQUEREL commença cette suite ininterrompue de recherches qu'il devait poursuivre jusqu'à sa mort, puisque sa première note aux Comptes rendus de l'Académie des Sciences date de 1904 et la dernière de mars 1953.

Comme ses ancêtres, Jean BECQUEREL vint travailler dans cette vieille maison de CUVIER, où le Laboratoire de Physique du Muséum avait été installé en 1838, au fond de cette ruelle des Tondeurs où avait logé FAGON, le médecin de Louis XIV. Les ombres de MÉRIMÉE et de STENDHAL devaient errer encore le long de ces escaliers obscurs qu'ils avaient souvent gravis du temps où CUVIER donnait ses célèbres réceptions. Quand Antoine-César commença d'y travailler, CUVIER était mort depuis six ans, mais sa veuve y resta jusqu'en 1849. Les MILNE-EDWARDS y habitèrent aussi jusqu'en 1876, puis émigrèrent à l'hôtel de Magny. Ce n'est qu'en 1942 que Jean BECQUEREL abandonna à regrets cette vieille demeure pour s'installer dans une construction neuve érigée en bordure de la rue Cuvier.

En août 1908, Henri BECQUEREL mourut subitement d'une crise cardiaque dans sa villa du Croisic où il passait chaque été ses vacances. A ses obsèques, le Président de l'Académie des Sciences traça de lui un portrait ému : « Il réunissait à un haut degré ces qualités que nous aimons à voir réunies dans ces hautes fonctions : la science, l'affabilité, la courtoisie, une distinction native, l'autorité que donne le caractère et les services rendus, enfin, ce qui ne gâte

rien, un grand nom, grand dans les annales Académiques. Il avait reçu de son père, de son grand-père, un héritage qu'il a enrichi de ses propres travaux et de l'éclat d'une découverte immortelle. Il en transmet le dépôt à son fils qui sent peser sur ses épaules les destinées de deux grandes lignées de physiciens ».

Poids bien lourd pour ce jeune homme de trente ans, qui commençait à peine sa carrière scientifique ! Jean BECQUEREL m'a souvent raconté combien il lui avait fallu de démarches et d'appuis amicaux (celui de Henri POINCARÉ en particulier) pour que le Laboratoire de Physique du Muséum ne fût pas supprimé. Il y parvint et en 1909 l'Assemblée des Professeurs le désignait pour cette chaire qui avait été créée pour son arrière grand-père et dont son grand-père et son père avaient encore accru la gloire ; l'Académie des Sciences confirma ce choix.

* * *

Toute la vie de Jean BECQUEREL fut consacrée à la Science sous ses formes les plus hautes, l'enseignement et la recherche. Il était admirablement doué pour les deux : d'une part son esprit limpide et sa parole claire en faisaient un enseignant remarquable ; d'autre part il possédait les qualités fondamentales du chercheur, l'imagination, la ténacité, l'adresse expérimentale.

D'une conscience professionnelle absolue, il préparait ses cours avec le plus grand soin, les rédigeait complètement, les tenait à jour ; il n'aimait pas improviser et voulait s'appuyer sur un texte écrit. Chaque année, il professait au Muséum une quarantaine de leçons, illustrées de nombreux tableaux et projections ; au milieu de chacune, le garçon de laboratoire lui apportait une tasse de café, rite que les auditeurs attendaient comme l'entr'acte d'un spectacle. Le cycle complet de ses Cours se répartissait habituellement sur trois années : dans la première il rappelait les éléments de la physique moderne, électronique, radioactivité, quanta, structure de l'atome ; puis il étudiait l'électricité atmosphérique, qui joue un rôle important en sciences naturelles. La seconde année était consacrée à la météorologie ; il continuait ainsi la tradition d'Antoine-César et d'Edmond, qui s'étaient beaucoup intéressés au rôle du climat sur la végétation. Enfin la troisième année traitait de la physique cosmique, du rayonnement des astres, des théories cosmogoniques ; à ceux qui auraient été enclins à ce propos à lui reprocher de déborder le domaine de la « Physique appliquée aux Sciences Naturelles », il aurait pu répondre avec raison que la vie sur notre globe dépend avant toutes choses du rayonnement solaire, et peut-être du rayonnement cosmique.

Pendant les années qui avaient suivi la première guerre mondiale, Jean BECQUEREL s'était consacré à répandre en France les théories d'EINSTEIN, alors peu connues ou même violemment combattues ; avec LANGEVIN, il fut un de ceux qui acclimatèrent chez nous les idées de la relativité, restreinte et généralisée. Les excellents ouvrages qu'il consacra à ces problèmes sont restés classiques ; sa controverse avec BERGSON fit quelque bruit dans le grand public, et on en trouve un écho à la fin de « Durée et simultanéité ». Ces questions préoccupèrent toujours Jean BECQUEREL, et ses derniers travaux sont relatifs à certaines conséquences cosmogoniques de la relativité généralisée et de l'expansion de l'univers.

Une partie importante de l'activité pédagogique de Jean BECQUEREL s'est exercée à l'École Polytechnique ; sur ce point encore, il suivait l'exemple de son père, qui avait été répétiteur à 23 ans dans cette illustre maison, et y avait succédé à POTIER comme professeur

de physique en 1895. Jean fut répétiteur à Polytechnique depuis 1911 et à ce titre interrogea les élèves sur les cours de PEROT et de LAFAY. En 1919, l'afflux des élèves revenus de la grande guerre lui fit confier un cours que l'on peut encore consulter à la Bibliothèque de Polytechnique, et qui est remarquable à divers points de vue, malgré le temps très court qui lui avait été imposé pour sa rédaction; en particulier c'est la première fois que la relativité et les quanta pénétraient dans l'enseignement supérieur en France.

Ces mêmes qualités de clarté et de précision, mais cette fois avec une rédaction plus élaborée parce que moins hâtive, se retrouvent dans ses divers ouvrages d'enseignement, et en particulier dans son *Traité de Physique* dont, malheureusement, il ne rédigea que deux volumes; celui qui est consacré à la Thermodynamique est peut-être le plus remarquable : Jean BECQUEREL s'était toujours intéressé à cette science difficile, et aimait à rappeler que son arrière grand-père avait introduit la thermodynamique en électricité par ses recherches sur l'effet thermoélectrique et sur les piles; Antoine-César avait en effet prouvé que l'énergie produite par la pile ne provient pas du simple contact de disques de cuivre et de zinc séparés par du drap humide, mais résulte d'une usure des métaux, et que l'énergie électrique n'est que la transformation d'une énergie chimique.

Depuis 1924 jusqu'à sa retraite en 1948, Jean BECQUEREL fut Examinateur des Élèves pour la physique à Polytechnique : chacun des quelque deux cents élèves de vingt-cinq promotions fut interrogé par lui à deux reprises, pendant près d'une heure chaque fois; le « père BQ », comme disaient familièrement et affectueusement ces jeunes gens, était populaire pour sa conscience, son équité et sa bienveillance; il cotait assez haut, ce qui lui valait la bénédiction des « culots » à qui il épargnait la hantise d'une moyenne insuffisante. Ses collègues, eux aussi, l'estimaient hautement pour son bon sens et son affabilité, et son avis était toujours écouté aux Conseils de l'École.

Pendant l'occupation, Polytechnique fut transférée à Lyon et Jean BECQUEREL fit à diverses reprises le voyage pour assurer son service d'examens; il était malheureux à Lyon parce qu'il avait la phobie des carottes et qu'à cette époque, surtout en zone « libre », ce légume était avec le rutabaga la base de l'alimentation; chaque jour, le malheureux examinateur faisait la tournée des restaurants lyonnais afin d'en découvrir un où son ennemi fût absent du menu.

* * *

Je voudrais maintenant donner un aperçu de l'œuvre scientifique de Jean BECQUEREL, œuvre importante et très spécialisée, donc difficile à pénétrer; il disait lui-même qu'à l'exception de quelques collègues éparpillés dans le monde (BETHE en Allemagne, KRAMERS en Hollande, VAN VLECK aux États-Unis), personne n'était en mesure de suivre le détail complet de ses recherches.

Ses travaux débutèrent par un prolongement de ceux qu'avaient ébauchés son grand-père et son père. Edmond s'était vivement intéressé au premier phénomène magnéto-optique connu, découvert par FARADAY en 1845, la rotation du plan de polarisation de la lumière dans un milieu placé dans un champ magnétique. Henri avait d'autre part déterminé les lois de l'absorption de la lumière dans les cristaux. Jean superposa en quelque sorte ces deux problèmes et chercha l'effet d'un champ magnétique sur les propriétés optiques des cristaux.

Il s'aperçut très vite que l'emploi de basses températures était nécessaire dans cette étude : le magnétisme d'une substance quelconque résulte en effet de la superposition de deux phénomènes tout différents; d'une part le diamagnétisme qui est une propriété générale de la matière, causée par les électrons satellites de l'atome, et qui se traduit par une aimantation en sens inverse du champ magnétique appliqué, aimantation faible et qui dépend très peu de la température; d'autre part le paramagnétisme qui n'existe que chez les éléments dont l'atome possède un moment permanent, et qui se traduit par une aimantation dans le sens du champ, aimantation plus forte que la précédente (et qui la masque donc), qui d'autre part croît beaucoup quand la température s'abaisse. Comme il peut y avoir des effets magnéto-optiques liés les uns au diamagnétisme et les autres au paramagnétisme, il faut agir sur la température pour débrouiller ce mélange.

Ainsi Jean BECQUEREL créa un nouveau chapitre de la physique, l'optique des basses températures. Jusqu'en 1924, il fit toutes ses expériences au Muséum avec de l'air liquide comme source de froid. Puis il accepta l'invitation du laboratoire cryogénique de Leyde (Hollande) fondé par KAMERLINGH-ONNES et dirigé ensuite par DE HAAS; il put ainsi utiliser les températures les plus basses qu'on sût produire, grâce à l'hydrogène et l'hélium liquides, qu'on ne pouvait alors se procurer en France. Tous les ans, Jean BECQUEREL séjournait pendant un mois à Leyde, au printemps, et en rapportait une ample moisson expérimentale qu'il passait le restant de l'année à débrouiller au prix de calculs difficiles.

Il établit d'abord que, sous la seule influence des changements de température, les spectres d'absorption se simplifient considérablement, les bandes devenant plus étroites et plus intenses, se résolvant même parfois en raies fines; aux températures de l'hélium liquide, il ne reste qu'un spectre « fondamental » très simplifié. Pendant longtemps ces résultats restèrent mystérieux; la théorie quantique en rend compte maintenant par la répartition statistique des ions cristallins entre leurs divers états d'énergie possibles.

Superposant ensuite le champ magnétique à l'abaissement de température, il constata des dissymétries dans les doublets qui ne pouvaient provenir que de l'orientation des ions du cristal dans le champ : le paramagnétisme est ainsi rendu visible au spectroscopie, phénomène nouveau et bien remarquable. L'existence de dissymétries de position des raies prouve en outre la présence d'un paramagnétisme indépendant de la température, forme nouvelle qui se superpose au paramagnétisme classique. Tous ces faits, inexplicables quand ils furent découverts, trouvent maintenant leur interprétation quantique.

A partir de 1928, la plupart des recherches de Jean BECQUEREL se concentrèrent sur la polarisation rotatoire paramagnétique, c'est-à-dire sur la fraction de l'effet magnéto-optique qui est attribuable aux moments permanents des ions; il étudia surtout les cristaux de terres rares, et spécialement les éthylsulfates parce que dans ceux-ci les ions paramagnétiques sont assez dilués pour que leurs interactions restent faibles; les phénomènes se simplifient donc (tout en restant fort compliqués!). Un résultat remarquable de ces études est la démonstration optique de la saturation paramagnétique, causée par l'alignement de tous les ions dans le champ, quand celui-ci est assez intense et la température assez basse. D'autres conséquences sont relatives au champ électrique cristallin qui règne à l'intérieur du cristal, parce que les ions qui se trouvent aux sommets des « mailles » du réseau de Bravais sont électriquement

chargés : ce champ modifie le spectre, par une sorte d'effet Zeeman électrostatique, et inversement de l'aspect du spectre d'absorption on peut remonter à la structure interne du champ. C'est toute une voie neuve dans l'étude de la matière cristalline qui a été ainsi ouverte. Enfin l'étude de certains cristaux contenant des ions de fer permit de décrire des phénomènes nouveaux d'hystérésis, auxquels BECQUEREL donna le nom de métamagnétisme.

Toutes ces recherches se caractérisent par le même souci de rigueur et de précision dans l'expérimentation. Jean BECQUEREL procédait toujours lui-même aux mesures de rotation optique; il était très adroit de ses mains, ce qui était bien nécessaire pour le réglage de ces minuscules cristaux (certains échantillons avaient un volume moindre que le millimètre cube). Pour les travaux exécutés au Muséum, il pouvait compter sur l'aide précieuse et le dévouement de son collaborateur Louis MATOUT; celui-ci était assistant de DESLANDRES et l'avait accompagné en 1897 quand DESLANDRES était venu au Muséum travailler avec Henri BECQUEREL sur l'effet que ZEEMAN venait de découvrir. A la fin de 1897, DESLANDRES fut nommé directeur de l'Observatoire de Meudon et BECQUEREL garda MATOUT au Muséum; il y fut nommé en 1909 assistant (on dirait aujourd'hui sous-Directeur de Laboratoire), et garda cette fonction jusqu'à sa retraite en 1934; je lui succédai alors. C'était un grand gaillard, excellent homme, pêcheur à la ligne très célèbre, et dévoué corps et âme aux BECQUEREL.

Quand Jean travaillait à Leyde, sa vivacité terrifiait un peu les placides Hollandais qui devaient suivre, pendant les séances de travail, un rythme accéléré, inusuel chez eux. Il était très aimé là-bas, et c'était un de ses plaisirs que de retrouver tous les ans ses amis Hollandais.

* * *

A part cette migration saisonnière aux Pays-Bas, Jean BECQUEREL n'aimait pas voyager. Il avait surtout horreur de monter sur un bateau et le mal de mer lui donnait des convulsions; pendant la première guerre mondiale, il avait été mobilisé à Toulon et fait des recherches sur la signalisation optique en marine; il gardait un souvenir affreux des quelques sorties en mer qu'il avait dû entreprendre. Il aimait au contraire beaucoup séjourner au bord de la mer; il allait souvent, en hiver, se reposer quelques semaines à Hyères avant les examens de février de Polytechnique, et l'été il séjournait avec joie dans sa villa de Sainte-Marguerite, près de Pornichet, villa qu'il avait appelée « Ar Bann », les rayons. Ces moments de détente étaient d'ailleurs pour lui une période de travail fructueux, car il emportait ses machines à calculer et dépouillait les résultats de ses expériences, avec plus de tranquillité d'esprit qu'à Paris.

Depuis 1920 il avait quitté le Champ-de-Mars et émigré à Fontainebleau, pour avoir la paix : il redoutait les importuns qui, à Paris, vous font tant perdre d'heures. Évidemment il lui fallait chaque jour passer une heure dans le train le matin, une autre heure le soir, mais il y lisait, y préparait ses cours; cette vie lui convenait certainement mieux que celle de la capitale.

Il avait conservé l'horaire de ses ancêtres, beaucoup plus matinaux que nous : le célèbre Antoine d'ABBADIE, astronome et géographe, venait souvent voir ses amis Antoine-César et Edmond au Museum à six heures du matin, après avoir reçu les candidats à l'Institut qu'il convoquait chez lui à cinq heures. Le soir on se couchait plus tôt que de nos jours. Jean ne sortait jamais le soir, mais pouvait ainsi se lever au petit jour.

Une grande joie de Jean BECQUEREL fut son élection à l'Académie des Sciences en 1946. Ainsi de père en fils, pendant quatre générations, les BECQUEREL avaient appartenu à la section de Physique. La seule ombre à cette joie était peut-être que cette magnifique tradition se terminerait avec lui, puisqu'il n'avait pas d'enfant.

En 1948 il prit sa retraite au Muséum et à l'École Polytechnique et j'eus le grand honneur, l'année suivante, de lui succéder dans ces deux fonctions. Sa retraite ne devait que lui permettre de mieux travailler, en lui laissant plus de temps libre; il avait accumulé tant de résultats expérimentaux que des années de calcul ne suffiraient pas à les épuiser. Cette retraite fut malheureusement attristée par la maladie. Il n'avait jamais été très robuste, mais grâce à une vie très régulière et hygiénique avait pu mener à bien son œuvre considérable. Une artérite dans la jambe vint progressivement l'empêcher de marcher, et ce fut pour lui un gros chagrin que de devoir abandonner la chasse au sanglier. Il lui restait son orgue, et ses auteurs préférés, Jean-Sébastien BACH et César FRANCK. A part cette infirmité pénible, qui lui interdisait toute marche prolongée, Jean BECQUEREL était resté le même : d'une charmante affabilité, vif, nerveux, le regard perçant comme celui d'Antoine-César, auquel il ressemblait beaucoup sauf pour la stature (l'aïeul était très grand, et Jean de petite taille). A Sainte-Marguerite, où il restait de plus en plus longtemps et où il avait fait transporter son orgue, il aimait recevoir la visite de ses fidèles amis.

Le 4 juillet 1953, au petit jour, il fut brusquement terrassé par une crise cardiaque, comme son père et presque au même lieu. Il mourut en une demi-heure, dans sa villa d'Ar-Bann. Après une cérémonie très simple, dans une petite église de Pornichet, quelques allocutions émues exprimèrent l'hommage rendu par le gouvernement, le Muséum, l'École Polytechnique et la Société scientifique de Loire-Inférieure où il avait beaucoup d'amis. Quelques jours plus tard, son corps fut ramené à Châtillon et inhumé à côté de ceux d'Antoine-César, Edmond et Henri. Cette grande dynastie scientifique des BECQUEREL, qui selon la belle devise de Polytechnique, avait pendant plus d'un siècle œuvré « pour la Patrie, les Sciences et la Gloire », repose pour l'éternité dans le calme de la campagne française.

LISTE DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DE JEAN BECQUEREL

I. OUVRAGES

1. Cours de l'École Polytechnique : 1^{re} année (1919-1920), thermodynamique, acoustique, optique; 2^e année (1920-1921), électricité. (*Lithographie de l'École Polytechnique*.)
2. Le principe de relativité et la théorie de la gravitation. (1 vol., 335 p. *Gauthier-Villars éditeur*, 1922.)
3. Exposé élémentaire de la théorie d'EINSTEIN. (1 vol. 205 p., *Collection Payot*, n° 21, 1922.)
4. Champ de gravitation d'une sphère matérielle et signification physique de la formule de SCHWARSZCHILD. (1 brochure, 32 p., *Hermann éditeur*, 1923.)
5. La radioactivité et les transformations des éléments. (1 vol. *Collection Payot*, n° 42, 1924; 208 p.)
6. Traité de Physique : tome I, Thermodynamique (1924); tome II, Élasticité et acoustique (1926). (2 vol., *Hermann éditeur*.)
7. L'art musical dans ses rapports avec la physique (1 brochure de 41 pages, extraite du tome II du Cours de Physique, *Hermann*, 1926.)

II. NOTES AUX COMPTE RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

- 8-17. Recherches sur les rayons de BLONDLOT (Rayons N). T. 138, 1904, p. 1159, 1204, 1280 (avec A. BROCA), 1332, 1415, 1486, 1586; t. 139, p. 40, 264, 267.
- 18-19. Sur les variations des bandes d'absorption d'un cristal dans un champ magnétique. T. 142, 1906, p. 775 et 874.
20. Sur la corrélation entre les variations des bandes d'absorption dans un champ magnétique et la polarisation rotatoire magnétique. T. 142, 1906, p. 1144.
21. Sur une théorie des phénomènes magnéto-optiques. T. 143, 1906, p. 769.
22. Sur une explication théorique des phénomènes magnéto-optiques observés dans un cristal. T. 143, 1906, p. 890.
23. Sur les phénomènes de polarisation rotatoire magnétique dans les cristaux. T. 143, 1906, p. 962.
24. Sur les modifications dissymétriques de quelques bandes d'absorption d'un cristal sous l'action d'un champ magnétique. T. 143, 1906, p. 1133.
25. Sur les modifications subies dans un champ magnétique par les bandes d'absorption des cristaux de tysonite. T. 144, 1907, p. 132.
26. Influence de la température sur l'absorption dans les cristaux. T. 144, 1907, p. 420.
27. Pouvoir rotatoire magnétique des cristaux à la température de l'air liquide. T. 144, 1907, p. 682.
- 28-30. Sur les changements des bandes d'absorption dans les cristaux. T. 144, 1907, p. 1032 et 1336; t. 145, 1907, p. 413.
31. Sur la mesure de la dispersion anormale dans les cristaux à diverses températures. T. 145, 1907, p. 795.
32. Sur la dispersion rotatoire magnétique dans les cristaux. T. 145, 1907, p. 916.
33. Sur l'emploi de très basses températures pour l'analyse spectrale des solutions. T. 145, 1907, p. 1150.
34. Sur les variations des bandes d'absorption des sels de didyme et d'erbium dans un champ magnétique. T. 145, 1907, p. 1412.
35. Sur les spectres d'absorption des cristaux de terres rares et leurs modifications dans un champ magnétique aux températures de liquéfaction et de solidification de l'hydrogène (avec H. KAMERLINGH-ONNES). T. 146, 1908, p. 625.
- 36-39. Sur l'hypothèse des électrons positifs. T. 146, 1908, p. 683 et 1308; t. 147, 1908, p. 121; t. 148, 1909, p. 546.
- 40-41. Sur la magnéto-optique des cristaux aux basses températures. T. 147, 1908, p. 1281; t. 148, 1909, p. 158.
42. Sur le phénomène de ZEEMAN dans les spectres cannelés. T. 148, 1909, p. 913.
- 43-44. Sur les dissymétries de position et d'intensité dans les composantes magnétiques des bandes d'absorption. T. 149, 1909, p. 200 et 392.

45. Influence d'un champ magnétique sur l'amortissement des vibrations lumineuses. T. 149, 1909, p. 1364.
46. Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures (avec Henri BECQUEREL et H. KAMERLINGH-ONNES). T. 150, 1910, p. 647.
- 47-48. Sur la phosphorescence polarisée et les bandes de phosphorescence. T. 151, 1910, p. 859 et 981.
- 49-51. Sur la phosphorescence du rubis, de l'émeraude et des sels d'uranyle. T. 151, 1910, p. 1344; t. 152, 1911, p. 183 et 936.
52. Sur la propagation de la lumière dans les corps fluorescents. T. 153, 1911, p. 936.
53. Inversion du phénomène de HALL dans le bismuth. T. 154, 1912, p. 1795.
54. Sur le phénomène de HALL dans l'antimoine (avec L. MATOUT et Mlle W. WRIGHT). T. 156, 1913, p. 463.
55. Sur les spectres d'absorption de quelques cristaux de terres rares et leurs modifications dans le champ magnétique à la température de l'hélium liquide (avec H. KAMERLINGH-ONNES et W. J. DE HAAS). T. 181, 1925, p. 758.
56. Sur le pouvoir rotatoire magnétique de quelques minéraux paramagnétiques aux très basses températures (avec H. KAMERLINGH-ONNES et W. J. DE HAAS). T. 181, 1925, p. 838.
57. Décomposition de l'effet FARADAY en deux phénomènes d'origines différentes. Polarisation rotatoire diamagnétique et polarisation rotatoire paramagnétique (avec W. J. DE HAAS). T. 186, 1928, p. 1720.
58. Existence, pour un cristal uniaxe, de deux pouvoirs rotatoires différents suivant l'axe et suivant une normale à l'axe. T. 187, 1928, p. 215.
59. Sur la dispersion rotatoire paramagnétique (avec W. J. DE HAAS). T. 188, 1929, p. 975.
60. Introduction à une théorie des phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux. T. 189, 1929, p. 127.
- 61-62. Sur la rotation paramagnétique dans le xénotime (avec W. J. DE HAAS et H. A. KRAMERS). T. 191, 1930, p. 782 et 839.
- 63-65. Sur le champ électrique interne des cristaux uniaxes (avec L. MATOUT). T. 192, 1931, p. 937 et 1091; t. 193, p. 158).
66. Sur le pouvoir rotatoire paramagnétique et la loi d'aimantation de la tysonite, dans la direction de l'axe optique (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). T. 198, 1934, p. 1400.
67. Pouvoir rotatoire paramagnétique de l'éthylsulfate de dysprosium aux très basses températures. Saturation paramagnétique (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). T. 198, 1934, p. 1849.
68. Sur le pouvoir rotatoire paramagnétique de la sidérose (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). T. 198, 1934, p. 1987.
69. Sur la détermination des susceptibilités paramagnétiques des cristaux de terres rares, par la mesure des pouvoirs rotatoires paramagnétiques. T. 201, 1935, p. 1112.
70. Remarques sur le ralentissement du cours du temps par l'effet d'un champ de gravitation. T. 232, 1951, p. 1617.
71. Sur la mesure de l'espace-temps et la notion physique du temps dans un champ de gravitation statique. T. 233, 1951, p. 590.
72. Sur le déplacement des raies spectrales des galaxies et la loi de HUBBLE-HUMASON. Confrontation avec la théorie de LEMAITRE (avec P. COUDERC). T. 236, 1953, p. 983.
73. Sur quelques conséquences de l'expansion de l'Univers, au sujet de l'exploration de l'espace (avec P. COUDERC). T. 236, 1953, p. 1313.

III. ARTICLES ET MÉMOIRES

74. Recherches sur les phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux. *Le Radium*, t. 4, 1907, p. 49 et *Physikalische Zeitschrift*, t. 8, 1907, p. 632. Résumé dans le *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle*, 1907, p. 362 et 469.
75. Théorie des phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux. *Le Radium*, t. 4, 1907, p. 107 et *Physikalische Zeitschrift*, t. 8, 1907, p. 643.
76. Influence des variations de température sur l'absorption dans les corps solides. *Le Radium*, t. 4, 1907, p. 328 et *Physikalische Zeitschrift*, t. 8, 1907, p. 929.
77. Influence des variations de température sur la dispersion anormale dans les cristaux. *Le Radium*, t. 4, 1907, p. 383 et *Physikalische Zeitschrift*, t. 9, 1908, p. 94.

78. Recherches sur les phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux et les solutions solidifiées à la température de l'air liquide. *Le Radium*, t. 5, 1908, p. 5.
79. The absorption spectra of the compounds of the rare earths at the temperature obtainable with liquid hydrogen, and their change by the magnetic field (avec H. KAMERLINGH-ONNES). *Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam*, 1908, p. 678. *Comm. physic. Labor. Leiden*, n° 103.
80. On the dispersion of magnetic rotatory power in the neighbourhood of bands of absorption in the case of rare earths. *Philosophical Magazine*, 1908, p. 153.
81. Sur les électrons positifs. *Le Radium*, t. 5, 1908, p. 193; résumé dans le *Bull. Mus. Hist. Natur.*, 1908, n° 6.
82. Absorption de la lumière et phénomènes magnéto-optiques dans les sels de terres rares aux températures de liquéfaction et de solidification de l'hydrogène (avec H. KAMERLINGH-ONNES). *Le Radium*, t. 5, 1908, p. 227.
83. Absorption et émission de la lumière aux très basses températures. *Mémoire présenté au I^{er} Congrès International du froid*, Paris, 1908, t. 2, p. 1.
84. Phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux et les sels de terres rares aux très basses températures. *Ibid.*, t. 2, p. 25.
85. Sur la question des électrons positifs. *Le Radium*, t. 5, 1908, p. 356.
86. Sur la déviation de certains rayons positifs. *Le Radium*, t. 6, 1909, p. 45.
87. On phosphorescence at very low temperatures (avec Henri BECQUEREL et H. KAMERLINGH-ONNES). *Kon. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam*, 1909, p. 1045 et *Comm. Phys. Labor. Leiden*, n° 110.
88. Contribution à la connaissance du phénomène de ZEEMAN dans les cristaux. *Kon. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam*, 1909, p. 146.
89. Dissymétries de positions et d'intensités présentées par les composantes magnétiques, polarisées circulairement, des bandes d'absorption d'un cristal uniaxe. *Le Radium*, t. 6, 1909, p. 327.
90. Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures (avec Henri BECQUEREL et H. KAMERLINGH-ONNES). *Annales de Chimie et de Physique*, 8^e série, t. 20, 1910, p. 145.
91. Résumé des Communications présentées au Congrès International de Radiologie et d'Electricité de Bruxelles (septembre 1910). *Le Radium*, t. 7, 1910, p. 234.
92. Absorption sélective et dispersion anormale de la lumière aux très basses températures. 1 broch. 36 p., extrait des *Compte Rendus du Congrès des Sociétés Savantes* en 1912, *Sciences*, p. 80, 1913.
93. Die Strahlung der radioactiven Substanzen (avec L. MATOUT). *Handb. der Radium-Biologie und -Therapie*, Wiesbaden 1913, 28 p.
94. Inversion du phénomène de HALL dans le bismuth. Superposition de deux effets galvanométriques de sens opposés. *Mémoire présenté au Congrès International du Froid*, Chicago, septembre 1913.
95. Absorption de la lumière et phénomènes magnéto-optiques dans les composés de terres rares aux très basses températures. Article dans le *Livre jubilaire de Kamerlingh-Onnes*, Eduard Ijo éd., Leyde, 1922, p. 288.
96. Conférences sur la relativité et la gravitation universelle. Lithographie du *Cercle Naval de Toulon*, juillet 1922, 49 p.
97. Preliminary Communication on some optical experiments (avec H. KAMERLINGH-ONNES). *Proc. 4th Int. Cong. Refrigeration*, London, june 1924, 1 p.
98. The absorption bands of the compounds of the rare earths, their modification by a magnetic field, and the magnetic rotation of the plane of polarisation at very low temperatures (avec H. KAMERLINGH-ONNES et W. J. DE HAAS). *Proc. Akad. Amsterdam*, 1925, p. 1179; *Comm. Leiden*, n° 177.
99. Décomposition de l'effet FARADAY en deux phénomènes d'origine différentes. Polarisation rotatoire diamagnétique et polarisation rotatoire paramagnétique. Loi d'aimantation d'un cristal (avec W. J. DE HAAS). *Journal de Physique et le Radium*, VI, t. 9, 1928, p. 346; *Proc. Akad. Amsterdam*, 1928, p. 646; *Comm. Leiden*, n° 191; *Zeitsch. f. Physik*, t. 52, 1928, p. 342.
100. Existence pour un cristal uniaxe de deux pouvoirs rotatoires magnétiques différents suivant l'axe et suivant une normale à l'axe. *Journal de Physique*, VI, t. 9, 1928, p. 337; *Proc. Akad. Amsterdam* 1928, p. 661; *Comm. Leiden*, n° 191; *Zeitsch. f. Physik*, t. 52, 1928, p. 342.
101. Sur la loi de l'aimantation paramagnétique d'un cristal et sur la loi de dispersion rotatoire paramagnétique (avec W. J. DE HAAS). *Journal de Physique*, VI, t. 10, 1929, p. 283; *Proc. Akad. Amsterdam* 1929, p. 578; *Comm. Leiden*, n° 199 a.
102. Notes on the law of the paramagnetic rotation of tysonite and tables of the paramagnetic rotatory power of some crystals (avec W. J. DE HAAS). *Proc. Akad. Amsterdam*, 1929, p. 733; *Comm. Leiden*, n° 199 b.

103. Introduction à une théorie des phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux. *Journ. de Physique*, VI, t. 10, 1929, p. 313; *Proc. Akad. Amsterdam*, 1929, p. 749; *Comm. Leiden*, suppl. n° 68 a; *Zeitsch. f. Phys.*, t. 58, 1929, p. 205.
104. The paramagnetic rotatory power of the crystals of xenotime at very low temperatures and the paramagnetic saturation (avec W. J. DE HAAS). *Proc. Akad. Amsterdam*, 30 nov. 1929; *Comm. Leiden*, n° 204 a.
105. La rotation paramagnétique du plan de polarisation dans les cristaux de tysonite et de xénotime (avec H. A. KRAMERS). *Proc. Akad. Amsterdam*, 1929, p. 1190; *Comm. Leiden*, suppl. n° 68 c.
106. Experimental verification of the theory of the paramagnetic rotatory polarisation in the crystals of xenotime (avec W. J. DE HAAS et H. A. KRAMERS). *Proc. Akad. Amsterdam*, 30 nov. 1929; *Comm. Leiden*, n° 204 b.
107. Pouvoir rotatoire magnétique d'un cristal uniaxe suivant des directions obliques sur l'axe; détermination de la rotation de la tysonite suivant une direction voisine d'un axe binaire, à la température de l'azote liquide. *Proc. Akad. Amsterdam*, 1930, p. 913; *Comm. Leiden*, n° 211 b.
108. Détermination du pouvoir rotatoire paramagnétique d'un cristal de tysonite suivant une direction normale à l'axe optique, aux températures réalisables avec l'hydrogène liquide (avec W. J. DE HAAS). *Proc. Akad. Amsterdam*, 1930, p. 926; *Comm. Leiden*, n° 211 b.
109. Anisotropie magnéto-optique dans un plan normal à l'axe optique d'un cristal hexagonal (avec W. J. DE HAAS). *Proc. Akad. Amsterdam*, 1930, p. 937; *Comm. Leiden*, n° 211 c.
110. Sur le pouvoir rotatoire paramagnétique, aux très basses températures, du nitrate double de cérium et de magnésium et de deux minéraux contenant du manganèse (spessartite et dialogite) (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). *Proc. Akad. Amsterdam*, 1931, p. 1231 et *Comm. Leiden*, n° 218 a.
111. Rapport sur la polarisation rotatoire paramagnétique (avec W. J. DE HAAS). *Rapport au 6^e Congrès International du froid*, Buenos Aires, 1932; *Comm. Leiden*, suppl. n° 74.
112. Sur le pouvoir rotatoire paramagnétique et la loi d'aimantation de la tysonite dans la direction de l'axe optique (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 1, 1934, p. 383.
113. La décomposition des bandes d'absorption et de luminescence de certains cristaux, sous l'action du champ magnétique. Livre jubilaire du Professeur ZEEMAN, 1935, p. 364. La Haye, *Martinus Nijhoff*.
114. Sur une méthode optique de mesure des susceptibilités paramagnétiques. Application aux éthylsulfates de terres rares, dans la direction de l'axe optique. *Physica*, t. 3, 1936, p. 705; *Comm. Leiden*, n° 243 d.
115. Pouvoir rotatoire paramagnétique de l'éthylsulfate de dysprosium hydraté et saturation paramagnétique (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 3, 1936, p. 1133; *Comm. Leiden*, n° 244 a.
116. Sur la polarisation rotatoire paramagnétique (avec W. J. DE HAAS). *Actes 7^e Congrès international du froid*, 1937, t. 2, p. 183; *Comm. Leiden*, suppl. n° 81 a.
117. Pouvoir rotatoire paramagnétique de l'éthylsulfate d'erbium hydraté et saturation paramagnétique (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 4, 1937, p. 345; *Comm. Leiden*, n° 244 b.
118. Pouvoir rotatoire magnétique de l'éthylsulfate de praséodyme hydraté, dans la direction de l'axe optique (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 4, 1937, p. 543; *Comm. Leiden*, n° 244 c.
119. Pouvoir rotatoire paramagnétique de l'éthylsulfate de néodyme hydraté, dans la direction de l'axe optique (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 5, 1938, p. 753; *Comm. Leiden*, n° 244 d.
120. Pouvoir rotatoire paramagnétique et aimantation de l'ion cérium dans l'éthylsulfate hydraté (avec W. J. DE HAAS et J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 5, 1938, p. 857 et *Comm. Leiden*, n° 244 c.
121. Le métamagnétisme (avec J. VAN DEN HANDEL). *Journal de Physique*, janvier 1939, et *Comm. Leiden*, n° 255 b.
122. Un nouveau phénomène magnétique : le métamagnétisme. *Bull. Museum Nat. Hist. Nat.*, 2^e Série, t. 11, 1939, n° 1, p. 171.
123. Pouvoir rotatoire magnétique du fluosilicate de nickel hexahydraté, dans la direction de l'axe optique. Variation thermique jusqu'aux températures de l'hélium liquide (avec J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 6, 1939, p. 1034 et *Comm. Leiden*, n° 258 b.
124. Pouvoir rotatoire paramagnétique et aimantation du fluosilicate de nickel hexahydraté, dans la direction de l'axe optique. Le champ cristallin (avec W. OPECHOWSKI). *Physica*, t. 6, 1939, p. 1039.

125. Pouvoir rotatoire magnétique d'un grenat almandin-pyrope de Madagascar (avec J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 7, 1940, p. 705 et *Comm. Leiden*, n° 259 c.
126. Loi d'aimantation dans un état S. Pouvoir rotatoire paramagnétique de l'éthylsulfate de gadolinium hydraté, dans la direction de l'axe optique (avec J. VAN DEN HANDEL). *Physica*, t. 7, 1940, p. 711 et *Comm. Leiden*, n° 259 d.
127. Sur le pouvoir rotatoire paramagnétique d'un grenat almandin pyrope. Séparation des effets dus aux ions ferriques et ferreux. Décomposition, par le champ cristallin, de l'état S de l'ion ferrique. *Physica*, t. 7, 1940, p. 945.
128. Magnéto-optique et paramagnétisme des cristaux. Dans : le Magnétisme, réunion de Strasbourg en mai 1939. *Collection scientifique de l'Institut International de coopération intellectuelle*, 1940, t. 1, p. 41.
129. Le métamagnétisme. *Ibid.*, p. 97.
130. Propriétés magnétiques générales de divers composés des éléments du groupe fer. *Mémorial des Sciences Physiques*, Gauthier-Villars, n° 49, 1947, 80 p.
131. Pseudo-ferromagnetic Phenomena in Paramagnetic Crystals at low Temperatures (avec Y. LE GRAND). *Rep. Int. Congr. on low Temperatures*, Cambridge 1947, p. 134.
132. Sur l'aimantation et le pouvoir rotatoire paramagnétique du sulfate de nickel hexahydraté (avec J. VAN DEN HANDEL et H. A. KRAMERS). *Physica*, t. 17, 1951, p. 717.
133. Pouvoir rotatoire paramagnétique du fluosilicate hexahydraté de nickel et décomposition de l'état fondamental de l'ion Ni. *Physica*, t. 18, 1952, p. 183.

IV. DIVERS

134. Notice sur les travaux scientifiques de M. Jean BECQUEREL. 1 vol., 96 p., Gauthier-Villars, 1908.
135. Les principaux travaux des Professeurs de la Chaire de Physique du Museum National d'Histoire Naturelle. Leçon d'ouverture du Cours de Physique appliquée à l'Histoire Naturelle au Museum (12 novembre 1909). 1 broch. 41 p., des *Éditions de la Revue Scientifique*, Paris 1909.
136. Les idées modernes sur la Constitution de la Matière. *Revue Scientifique (Revue rose)*, t. 48, 1910, p. 417; *Smithsonian Report for 1910*, p. 275 (Washington, 1911).
137. Supplément à la Notice sur les Travaux Scientifiques de M. Jean BECQUEREL. 1 vol. 24 p., Gauthier-Villars, 1911.
138. L'Évolution de la matière et des Mondes. 1 broch. 42 p., *Éditions de la Revue Scientifique*, Paris 1911.
139. La Radioactivité du sol et de l'atmosphère. 1 broch. 31 p., *Éditions de la Gazette des Eaux*, Paris 1913.
140. Débats sur la Relativité. *Bull. Scientif. Étud. de Paris*, n° 10, 1923, p. 18.
141. La Radioactivité. *Revue Générale des Sciences*, t. 35, 1924, p. 565 et 597.
142. Notice sur les Travaux scientifiques de M. Jean BECQUEREL. 2 vol., 106 et 108 p., Hermann, 1934.
143. Les principaux travaux des Professeurs de la Chaire de Physique. *Archives du Museum*, volume du Tricentenaire, 6^e série, t. 12, 1935, p. 83.
144. Célébration du Centenaire de la Chaire de Physique appliquée aux Sciences Naturelles. *Bull. Museum*, 2^e série, t. 11, 1939, p. 224; *Rev. Gén. des Sciences*, 15 mars 1939, p. 13.
145. Supplément à la Notice sur les Travaux scientifiques de M. Jean BECQUEREL. 1 vol. 36 p., Hermann, 1943.
146. La Radioactivité. 3 conférences polytechniciennes, 19, 24 et 32 p. *Lithographie de l'École Polytechnique*, 1944.
147. La Découverte de la Radioactivité. *Recueil 50^e anniversaire Radioactivité*, p. 3. Paris, Museum et École Polytechnique, 1946.
148. Les principales Conséquences de la Découverte de la Radioactivité et l'Energie Nucléaire. Les principales conséquences de la théorie de la Relativité et leurs vérifications expérimentales. L'expansion de l'Univers et les Théories cosmologiques (3 Conférences faites à Nantes les 14 octobre 1950, 16 juin 1951 et 27 juin 1952 sous les auspices de la Société Scientifique et Technique de la Loire-Inférieure et réunies en 1 volume par ses soins (sous presse).
149. Préface au tome III de l'Optique Physiologique de Y. LE GRAND; *Éditions de la Revue d'Optique*, Paris (sous presse).