



HAL
open science

Les physiciens français et l'électricité industrielle à la fin du XIXe siècle

Christine Blondel

► **To cite this version:**

Christine Blondel. Les physiciens français et l'électricité industrielle à la fin du XIXe siècle. *Physis; rivista internazionale di storia della scienza*, 1998, 35 (2), pp.245-271. halshs-00172146

HAL Id: halshs-00172146

<https://shs.hal.science/halshs-00172146v1>

Submitted on 14 Sep 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LES PHYSICIENS FRANÇAIS ET L'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE À LA FIN DU XIX^e SIÈCLE

CHRISTINE BLONDEL

CNRS

CRHST - Cité des sciences et de l'industrie - Paris

RÉSUMÉ — L'objet de cet article est d'analyser l'attitude des physiciens parisiens face aux débuts de l'électricité industrielle à la fin du XIX^e siècle. En France, une coupure institutionnelle et intellectuelle sépare physique expérimentale et physique mathématique. Les titulaires de chaires de physique expérimentale se refusent à toute interprétation théorique mais consacrent une large part de leur activité à la mise au point d'instruments scientifiques. Par leur collaboration étroite avec les constructeurs d'instruments, ils se trouvent déjà en relation avec le monde de l'industrie de précision. Ils considèrent par ailleurs que l'ensemble des applications techniques de la physique est de leur ressort. Dans les années 1860-1890, une bonne partie des physiciens de la Sorbonne, du Collège de France ou de l'École polytechnique abandonnent l'optique, qui constituait jusqu'alors leur domaine de prédilection, pour l'électricité et le magnétisme. Les questions qu'ils étudient alors se trouvent directement liées aux problèmes posés par le fonctionnement des machines, moteurs et lampes électriques. Si peu de réelles innovations techniques sont issues de ces travaux, ceux-ci constituent cependant la base scientifique d'une nouvelle discipline, l'électrotechnique, dont l'institutionnalisation va éliminer, au cours des années 1890, les physiciens au profit d'une nouvelle catégorie professionnelle, les électrotechniciens.

Les contributions de ce volume consacré à Galileo Ferraris montrent que cet universitaire innova à la fois dans le domaine théorique, avec ses études sur le transformateur électrique et dans le domaine technique, avec sa mise en oeuvre du champ tournant qui fournissait le principe du moteur alternatif asynchrone. Mais il s'impliqua peu dans le développement et l'industrialisation de ses inventions.¹ D'autres physiciens italiens

¹ Voir aussi P. BRENNI, *Galileo Ferraris and the international community of electricians*, Torino,

tels qu'Antonio Pacinotti, Antonio Roiti ou Augusto Righi, présentent un parcours parallèle. Ils proposèrent des innovations techniques dans le domaine de l'électricité mais n'ont pas concouru à leur mise en oeuvre industrielle.²

Qu'en fut-il en France, pays qui, comme l'Italie, se trouve jusqu'à la veille de la Première Guerre mondiale dans une situation de dépendance vis-à-vis des firmes étrangères dans le domaine de l'électricité industrielle?³ Pendant la période 1870-1900, de nombreuses innovations techniques sont dues à des hommes aux profils très divers. Des praticiens sans grande formation scientifique tel Zénobe Gramme, des constructeurs d'instruments tel Jules Carpentier, des ingénieurs tel Paul Jablochhoff, des télégraphistes tel Théodose du Moncel, côtoient des physiologistes comme Arsène d'Arsonval, des professeurs de physique comme Jules Jamin ou Eleuthère Mascart et enfin, à la fin de notre période, des enseignants de la nouvelle discipline que constitue l'électrotechnique, tels Marcel Deprez ou Paul Janet.

Dans son étude comparative sur l'électrification de Londres, New York et Berlin, Thomas Hughes mentionne peu de physiciens universitaires parmi les acteurs de l'innovation dans ces trois capitales.⁴ C'est précisément aux professeurs de physique exerçant dans des établissements d'enseignement supérieur que nous nous intéresserons ici. Des études historiques ont déjà bien montré que dans certaines villes de province comme Nancy, Grenoble, Lille ou Toulouse, des universitaires nouèrent des liens étroits avec les industries et institutions économiques locales, en particu-

Istituto Elettrotecnico Galileo Ferraris, à paraître; A. ROSSI, *Galileo Ferraris tra scienza e tecnologia*, «Nuncius», XIV, 1999, 1, pp. 161-172; R. FOX, A. GUAGNINI, *Life in the slow lane: research and electrical engineering in Britain, France, and Italy, ca 1900*, in *Technological development and science in the industrial age*, ed. by P. Kroes, M. Bakker, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1992, p. 147.

² Pour un panorama de la physique en Italie pendant cette période voir G. GIULIANI, *Il Nuovo Cimento. Novant'anni di fisica in Italia, 1855-1944*, Pavia, La Goliardica Pavese, 1996.

³ Sur la situation de l'industrie électrique française avant 1914, voir: M. SOUBRIER, *Les industries électriques d'hier et de demain*, Paris, 1918; A. BRODER, *La multinationalisation de l'industrie électrique française (1880-1931). Causes et pratiques d'une dépendance*, «Annales. Économies, Sociétés, Civilisations», 5, 1984, pp. 1020-1043; H. MORSEL, *Les premiers pas de l'économie électrique*, in *Histoire de l'électricité en France*, ed. by F. Caron, F. Cardot, t. I (1881-1918), Paris, Fayard, 1991, pp. 495-670; P. LANTHIER, *L'industrie de la construction électrique en France avant 1914*, in *Histoire de l'électricité en France*, cit., pp. 671-726; R. FOX, A. GUAGNINI, *op. cit.* note 1, pp. 133-153; R. FOX, *France in perspective: education, innovation, and performance in the French electrical industry*, in *Education, technology and industrial performance in Europe, 1850-1939*, ed. by R. Fox, A. Guagnini, Cambridge, Cambridge University Press, 1993, pp. 201-226.

⁴ T. HUGHES, *Networks of power. Electrification in western societies, 1880-1930*, London, John Hopkins University Press, 1983.

lier lors de la création des instituts des sciences appliquées au sein des universités.⁵ Les universitaires parisiens seraient-ils demeurés dans leur tour d'ivoire? Nous voulons porter ici notre attention sur le coeur du système d'enseignement supérieur français, c'est-à-dire sur les établissements parisiens.

Nous analyserons l'activité scientifique de ces physiciens. Dans quelle mesure se sont-ils intéressés à l'électricité et au magnétisme? Quels types de laboratoires et d'expériences installèrent-ils? L'importance du discours universitaire en faveur de l'utilité économique des sciences à cette époque est bien connue. S'agit-il seulement d'une rhétorique ou ce discours entraîna-t-il des engagements concrets? Plus précisément, quelle fut l'attitude des physiciens universitaires parisiens face à l'innovation technique en électricité? Quelle fut leur implication dans le développement industriel? Dans quelle mesure les nouvelles techniques ont-elles infléchi leurs intérêts, leurs pratiques de recherche et leurs enseignements? Quels liens ont-ils noué avec les autres acteurs de l'innovation, comment ont circulé les idées, les expériences et les demandes, de l'usine de galvanoplastie au laboratoire du Collège de France, de l'atelier du constructeur d'instruments scientifiques aux salles de réunion de la Société française de physique et de la Société internationale des électriciens? Telles sont quelques unes des questions que nous souhaitons aborder ici.

UNE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE COUPÉE DE LA PHYSIQUE THÉORIQUE

Dans la France des années 1880, la physique apparaît comme une discipline dont le statut et le prestige sont nettement inférieurs à ceux des mathématiques tandis que ses applications techniques demeurent marginales par rapport à celles de la chimie. La faible place faite à la physique au concours d'entrée à l'École polytechnique constitue un indice parmi

⁵ Voir en particulier R. FOX, *Science, the university and the state in nineteenth-century France* (1984) reproduced in R. FOX, *Science, industry and social order in post-revolutionary France*, Aldershot, Variorum, 1995; H. PAUL, *Apollo courts the Vulcans: the applied science Institutes in nineteenth-century French science Faculties*, in *The organization of science and technology in France, 1808-1914*, ed. by R. Fox, G. Weisz, Cambridge and Paris, 1980, pp. 155-181; H.W. PAUL, *From knowledge to power. The rise of the science empire in France, 1860-1939*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985, chap 4; M.-J. NYE, *Science in the provinces: scientific communities and provincial leadership in France, 1860-1930*, Berkeley, University of California Press, 1986; A. GRELON, *Les universités et la formation des ingénieurs en France (1870-1914)*, «Formation-Emploi», 27-28, 1989, pp. 65-88; *La naissance de l'ingénieur-électricien. Origines et développement des formations nationales électrotechniques*, ed. by L. Badel, Paris, PUF, 1997.

d'autres de sa situation face à ces deux disciplines voisines. Le petit monde des physiciens professionnels, dont le nombre est inférieur à une centaine de personnes, est encore divisé entre physico-mathématiciens d'un côté et physiciens expérimentateurs de l'autre.⁶ Chaires de l'enseignement supérieur, thèses, revues, sociétés savantes sont partagées entre physique mathématique et physique expérimentale. Cette coupure s'inscrit dans la hiérarchie positiviste des sciences. On considère alors la distinction entre physique mathématique et physique expérimentale comme si fondamentale qu'Henri Poincaré, le plus célèbre représentant de la physique mathématique française, ouvre sa synthèse sur l'état de la physique au Congrès international de physique de 1900 par une justification épistémologique de la séparation entre les deux types de physique. La physique expérimentale fournit des faits, comme un bibliothécaire effectue des achats de livres pour sa bibliothèque, tandis que la physique mathématique en dresse le catalogue et prévoit les nouveaux achats à faire.⁷ Même s'ils ne partagent pas tous le conventionnalisme de Poincaré, les principaux représentants de la physique française acceptent cette division du travail.⁸

Les physico-mathématiciens, de formation mathématique, poursuivent souvent des travaux de mathématiques à côté de leurs recherches sur des questions de physique mathématique. Leurs travaux, comme ceux de Pierre Duhem ou de Joseph Bertrand, professeur de physique mathématique au Collège de France qui consacra de nombreux travaux à l'électricité, se limitent aux développements mathématiques, sans appel à la pratique expérimentale.

De leur côté, les titulaires de chaires de physique expérimentale mènent très peu de recherches théoriques. Ils ont été marqués par les ensei-

⁶ M. ATTEN, *La reine mathématique et sa petite soeur*, in *Les sciences au lycée*, ed. by B. Belhoste et al., Paris, INRP/Vuibert, 1996, pp. 45-54; ID., *L'enseignement de la physique en France, 1850-1900: l'émergence de deux professions*, Paris, INRP, à paraître 1999. Voir aussi P. FORMAN, J. HEILBRON, S. WEART, *Physics circa 1900*, «Historical Studies in the Physical Sciences», 5, 1975, pp. 3-39; et T. SHINN, *The French science faculty system, 1808-1914: institutional change and research potential in mathematics and in the physical sciences*, «Historical Studies in the Physical Sciences», 10, 1979, pp. 271-332.

⁷ H. POINCARÉ, *Relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique*, in *Rapports présentés au Congrès international de physique*, ed. by C.-É. Guillaume, L. Poincaré, vol. 1, Paris, 1900, p. 4.

⁸ Voir aux Archives de l'Académie des sciences les diverses notices biographiques de Gabriel Lippmann, Edmond Bouty et Henri Pellat (professeurs à la Sorbonne), Eleuthère Mascart (Collège de France), Edmond et Henri Becquerel (Museum d'histoire naturelle), Jules Violle (Conservatoire des arts et métiers), Alfred Cornu et Alfred Potier (École polytechnique), Edouard Branly (Institut catholique).

gnements au caractère très expérimental de Victor Regnault au Collège de France, de Paul Desains et Jules Jamin à la Sorbonne, du même Jamin à l'École polytechnique pendant presque trente ans, et surtout du collaborateur de Regnault, Pierre-Auguste Bertin qui, à l'École normale supérieure, forma une vingtaine de promotions de physiciens français entre 1867 et 1884.⁹ «Il y avait assez à lire en se bornant aux mémoires de théorie faciles et d'expériences difficiles qu'il nous indiquait», rappelle Marcel Brillouin à propos de ses années d'études avec Bertin à l'École normale supérieure.¹⁰ Cet enseignement supérieur de la physique peut être considéré comme l'émanation de l'enseignement secondaire auquel il succède et qui le conditionne dans la mesure où la majorité de ses étudiants deviennent professeurs de lycée.¹¹ Or cet enseignement secondaire de la physique fait peu de place aux lois mathématisées et s'attache surtout aux détails des dispositifs expérimentaux, comme en témoignent les traités élémentaires de Ganot ou Daguin.

Faisant preuve d'une grande méfiance face à qu'ils appellent des 'spéculations', les expérimentateurs se refusent à proposer des interprétations théoriques. Ainsi pour Alfred Cornu, professeur à l'École polytechnique, «c'est avec les plus grandes réserves qu'il faut appliquer les méthodes abstraites de l'analyse à la représentation des phénomènes».¹² Jules Jamin, professeur à la Sorbonne, affirme que ce travail ultime est réservé aux mathématiciens. Souvent proches de l'école énergétiste et se définissant comme positivistes, les expérimentateurs se refusent également aux hypothèses microscopiques. A la Sorbonne, Gabriel Lippmann qui s'attachait surtout à montrer de belles expériences, délivrait un enseignement jugé très simple du point de vue théorique, avec peu

⁹ Sur Regnault, voir M. DORRIES, *Easy transit: crossing boundaries between physics and chemistry in mid-nineteenth century France*, in *Making space for science. Territorial themes in the shaping of knowledge*, ed. by C. Smith, J. Agar, Basingstoke, Macmillan, 1998, pp. 246-262. Sur Jamin voir E. BOUTY, *Notice sur Jules-Célestin Jamin*, Paris, 1887 (Extrait du «Mémorial de l'association des anciens élèves de l'École normale supérieure»). L'ouvrage de référence que constitue le cours de Jules Jamin à l'École polytechnique est particulièrement représentatif à cet égard: J. JAMIN, *Cours de physique de l'École polytechnique*, Paris, quatre éditions entre 1858 et 1890.

¹⁰ M. BRILLOUIN, *Bertin (-Mourot)*, in *Le Centenaire de l'École normale, 1795-1895*, ed. by P. Dupuy, Paris, 1895, pp. 400-406.

¹¹ V. KARADY, *Lettres et sciences. Effets de structure dans la sélection et la carrière des professeurs de faculté (1810-1914)*, in *Le personnel de l'enseignement supérieur en France aux XIX^e et XX^e siècles*, ed. by C. Charle, R. Ferré, Paris, CNRS, 1985, pp. 30-36; R. FOX, *Science, the university and the state in nineteenth-century France*, op cit. note 5.

¹² Cité par M. ATTEN, *La physique en souffrance. 1850-1914*, in *La formation polytechnicienne, 1779-1994*, ed. by B. Belhoste et al., Paris, Dunod, 1994, p. 226.

de calculs et se limitant à l'utilisation de quelques principes comme la conservation de l'énergie et le principe de Carnot.¹³

Ce n'est pas un champ théorique qui définit le cadre d'activité de ces physiciens. Ils sont prêts à travailler dans les domaines les plus divers de la physique mais aussi dans ceux de la physique du globe, de la géologie ou de la météorologie. Leurs expériences ne s'intègrent pas nécessairement dans des théories unifiées. Marcel Brillouin sera ainsi qualifié de 'touche-à-tout' par Paul Langevin, son successeur au Collège de France.¹⁴ En revanche, la variation à l'infini des paramètres gouvernant une expérience et la recherche permanente de la précision la plus élevée sont considérées comme primordiales. Lorsque la paternité et la gloire de la télégraphie sans fil lui sont attribuées par les institutions françaises, Edouard Branly, professeur à l'Institut catholique, reconnaît: «J'ai fait des milliers et des milliers d'expériences, j'ai fait toutes les expériences possibles, les plus absurdes et les plus vaines, j'ai essayé tous les corps, toutes les réactions et tous les modes. [...] Ma façon à moi est de tout essayer. Je suis un expérimentateur».¹⁵ Son ami Émile Amagat effectue de même des milliers de mesures identiques sur la compressibilité des gaz pour déterminer avec précision les isothermes des gaz réels.¹⁶ Au Conservatoire des arts et métiers, Jules Violle multiplie lui aussi les mesures pour l'établissement d'un étalon de lumière.¹⁷ Quant à Charles-Edouard Guillaume, au Bureau international des poids et mesures, il fait varier continûment, et de manière infinitésimale, la composition d'alliages d'acier pour obtenir un métal qui ne se dilate pas, destiné à la fabrication de l'étalon du mètre. Les travaux des physiciens expérimentateurs français illustrent bien le courant 'descriptionniste' que dépeint John Heilbron et qui apparaît comme particulièrement puissant à la fin du siècle.¹⁸ L'existence de ce courant n'était certes

¹³ Sur l'énergétisme de Lippmann et son refus d'adopter des hypothèses microscopiques voir É. PICARD, *La vie et l'oeuvre de G. Lippmann*, Lecture du 14 décembre 1931, Institut, Archives de l'Académie des sciences, Dossier Lippmann, p. 26.

¹⁴ P. LANGEVIN, *Jubilé scientifique de M. Marcel Brillouin, 17 décembre 1835*, Paris, 1936, p. 18.

¹⁵ Cf. C. BLONDEL, *Édouard Branly. Dalla parte della scienza*, in *Cento anni di radio. Le radici dell'invenzione*, ed. by A. Guagnini, G. Pancaldi, Roma, Seat, 1995, pp. 303-354: 328. Dans un de ses cours, Branly affirme que les expérimentateurs «se désintéressent de toute préoccupation théorique, provisoirement du moins, et ils se contentent d'observer patiemment les faits et de varier leurs conditions» (Archives Nationales, Fonds Branly, carton 4).

¹⁶ A. GIRARD, *Émile-Hilaire Amagat, grand physicien français et fidèle citoyen de Saint-Satur, 1841-1915*, Sancerre, 1941.

¹⁷ M. ATTEN, *Jules Violle*, in *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794-1955*, ed. by C. Fontanon, A. Grelon, Paris, INRP/CNAM, t. II, pp. 656-666.

¹⁸ J. HEILBRON, *Fin-de-siècle physics*, in *Science, technology and society in the time of Alfred Nobel*, ed. by C.G. Bernhard et al., New York, Pergamon Press, 1982, pp. 51-73.

pas limitée à la France. Les traités de physique allemands de la fin du siècle offrent, eux aussi, d'innombrables schémas d'instruments et de multiples descriptions de méthodes expérimentales. Ils présentent peu de mathématiques et, comme l'a souligné E. Segrè, mentionnent plus souvent le nom de Regnault que celui de Maxwell.¹⁹

C'est avec l'arrivée d'une nouvelle génération parmi laquelle figurent en particulier Marcel Brillouin, Pierre Curie, Jean Perrin et Paul Langevin que se renouera, au tournant du siècle, l'alliance entre physique mathématique et physique expérimentale. Un physicien de l'ancienne génération, comme Édouard Branly, pourra alors exprimer le sentiment d'avoir pratiqué de 'la vieille physique' par opposition à ce qui fut ensuite baptisé 'la physique moderne', celle qui explore la nature des nouveaux rayonnements et la structure de l'atome, celle qui, dans le même mouvement, n'hésite pas à formuler des hypothèses microscopistes et à les traduire mathématiquement.²⁰

Mais cette appréciation donnée rétrospectivement, à la lumière des nouveaux champs ouverts par la physique du XX^e siècle, ne permet pas de comprendre les objectifs, les valeurs, les pratiques et les réalisations de ces physiciens oubliés de la fin du XIX^e siècle. Ainsi le champ des applications de la physique et celui de la métrologie, domaines devenus secondaires, voire ouvertement méprisés entre les deux guerres, étaient-ils alors considérés comme faisant partie intégrante de leur mission. Au début des années 1890, la *Revue annuelle de physique* de la «Revue générale des sciences» explicite le caractère nécessaire de cette activité du physicien dans le domaine des applications. La recherche en physique y est définie comme ayant un double objectif: il s'agit d'abord d'établir une connaissance complète des faits, de déterminer avec la plus grande précision possible toutes les constantes numériques relatives à ces phénomènes et d'utiliser ces données pour discuter les hypothèses, puis de *mettre en oeuvre les applications pratiques des connaissances acquises*.²¹

L'affirmation de la liaison nécessaire entre la physique et ses applica-

¹⁹ E. SEGRÈ, *From falling bodies to radio waves*, New York, Freeman, 1984, p. 253.

²⁰ Sur É. Branly voir C. BLONDEL, *op. cit.* note 15; sur la vigueur et la durée de la coupure en France entre physiciens mathématiciens et expérimentateurs, voir D. PESTRE, *Physique et physiciens en France, 1918-1940*, Paris, Archives contemporaines, 1984. Sur la définition de la nouvelle physique par rapport à 'l'ancienne physique' voir par exemple P. LANGEVIN, *La physique des électrons, Rapport au Congrès International des Sciences et des Arts, Saint-Louis, 1904*, «Revue générale des sciences», 1905, pp. 275-276.

²¹ C.-M. GARIEL, *Revue annuelle de physique*, «Revue générale des sciences», 1891, pp. 415-422 (souligné par nous-même).

tions industrielles et du caractère dynamique de cette liaison remet en cause la vision d'une physique 'fin de siècle', en voie d'épuisement. A une époque où les nouvelles techniques étonnent la société tout entière avec l'éclairage et le moteur électriques, le téléphone, puis la télégraphie sans fil, le cinéma, les rayons X, etc., les physiciens expérimentateurs sont certes absents du mouvement de création théorique, mais c'est qu'ils se consacrent à d'autres activités.

LES PHYSICIENS EXPÉRIMENTATEURS ET L'INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE

Le premier secteur technique dans lequel les physiciens français de la deuxième moitié du XIX^e siècle s'investissent est celui de l'instrumentation scientifique. Au début du siècle, les acteurs de la mathématisation des théories de l'électricité et du magnétisme – Ampère, Biot, Poisson, Liouville, etc. – accordent une valeur épistémologique modeste à l'expérimentation, voire la dédaignent ouvertement comme Poisson. L'expérience est supposée répondre sans faille à la représentation mathématique et l'instrument ne fait que traduire matériellement les opérations définies par l'expérience. Il faut même être prêt à négliger les petits écarts par rapport à la théorie qui pourraient surgir, ces écarts ne pouvant être dus qu'à des défauts de l'instrument ou à des phénomènes parasites équivalents aux frottements en mécanique. A l'opposé de ces physiciens du début du siècle, leurs successeurs, notamment Claude Pouillet, les Becquerel père (Antoine-César) et fils (Edmond), ou Léon Foucault se consacrent à l'expérimentation et délaissent les constructions théoriques. Ils ne manifestent plus la foi de leurs prédécesseurs dans une mathématisation simple des phénomènes qu'ils étudient et se tournent davantage vers la chimie, la physique du globe et la météorologie, voire la physiologie et la médecine comme Gabriel Lippmann ou Édouard Branly, que vers les mathématiques. Ils sont prêts à étudier des questions industrielles comme Edmond Becquerel avec la galvanoplastie ou Léon Foucault avec l'éclairage.²²

Si l'on examine la production scientifique des physiciens expérimenta-

²² Sur E. Becquerel, voir C. BLONDEL, *Edmond Becquerel*, in *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique, 1794-1955*, op. cit. note 17, pp. 168-182; Foucault a notamment rédigé la notice *Éclairage par la lumière électrique*, in Ch. LABOULAYE, *Dictionnaire des Arts et Manufactures et de l'Agriculture*, Paris, t. I, 1867³, pp. 130-134; sur Foucault et l'éclairage, voir L. FIGUIER, *Les nouvelles conquêtes de la science*, Paris, 1888, reproduit en extraits in L. FIGUIER, *Les merveilles de l'électricité*, Paris, Association pour l'histoire de l'électricité, 1985, pp. 33-42.

teurs à la fin du siècle, en particulier dans le domaine de l'électricité, on est frappé par le nombre de publications qui concernent des instruments scientifiques.²³ Aucun de ces physiciens n'a donné son nom à une loi ou à un phénomène, mais la plupart d'entre eux laissent un instrument éponyme: électromètre capillaire de Lippmann, électromètres de Mascart et de Branly, électrodynamomètre de Pellat, électromètre absolu et wattmètre de Blondlot, interrupteur de Foucault pour la bobine de Ruhmkorff, phosphoroscope de Becquerel, oscillographe de Blondel, rhéographe d'Abraham, etc. Cette activité instrumentale touche différents domaines de la physique. Ainsi Lippmann, prix Nobel en 1908 pour son procédé de photographie en couleur, véritable tour de force technologique encore difficile à répliquer aujourd'hui, met-il au point des instruments aussi bien dans le domaine de l'électricité que dans celui de l'optique avec un sidérostas couvrant la totalité du ciel, de la photographie, de la mécanique avec un pendule entretenu, de la téléphonie ou de la sismographie.²⁴ Même un physicien aussi passionné par des questions très théoriques comme Pierre Curie – son sujet privilégié concernait les questions de symétrie en physique et les prédictions qu'on peut en tirer – construit toute une série d'instruments qui sont brevetés et commercialisés: balance aperiodique, condensateur absolu, électromètre à quartz.

Tant au cours de leurs études à l'École normale supérieure où un constructeur d'instruments vient les initier aux tours de main du travail du verre et du métal que lors de la préparation de leur thèse, les physiciens français sont formés à fabriquer eux-mêmes leurs appareils. Une fois professeurs, ils maintiennent la même exigence vis-à-vis de leurs étudiants alors que leurs homologues britanniques font travailler leurs propres étudiants avec des instruments construits en série. Même pour leurs recherches personnelles, les professeurs méprisent l'utilisation d'appareils devenus des «boîtes noires».

Lors de la construction du laboratoire de la Sorbonne en 1868, Jules Jamin fait installer un vaste atelier de mécanique et de menuiserie. «Il n'a pas dédaigné de se servir du marteau et de la scie, et ses élèves ont vite

²³ Encore cette production est-elle sous-estimée car les articles publiés dans des revues techniques sont mal recensés aussi bien par les savants eux-mêmes dans leurs notices scientifiques, que dans les ouvrages bibliographiques comme le *Catalogue of Scientific Papers*, compiled by the Royal Society of London, Cambridge University Press, vols VII-XIX, 1877-1925 et J.C. POGENDORFF, *Biographisch-litterarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften*, Band III-IV, Leipzig, 1898-1904.

²⁴ E. LEBON, *Gabriel Lippmann. Biographie, bibliographie analytique des écrits*, Paris, 1911.

suivi un exemple si bien donné – rapporte un journaliste qui précise la pensée du maître – en effet, il faut que l'élève puisse tout façonner de ses mains». ²⁵ Alfred Cornu qui enseigne la physique à trente-cinq générations de polytechniciens était réputé pour aimer bâtir ses expériences sans recourir aux constructeurs. ²⁶ Lippmann soutenait de même que «le physicien doit créer lui-même, au moins en une première tentative, le matériel de ses expériences, aucun appareil n'étant parfaitement adapté au problème qu'il se pose». ²⁷ Pour mieux souligner l'aspect technique de son laboratoire, Edmond Bouty, professeur de physique à la Sorbonne, n'hésite pas à opposer – de manière paradoxale – ce caractère technique à l'aspect scientifique de certaines branches industrielles: «Visitez tel laboratoire de la Sorbonne, du Collège de France ou de l'Institut Pasteur, vous aurez l'illusion de vous trouver dans une usine. Vous y verrez fonctionner des machines à gaz ou à vapeur. Vous y serez reçus par des savants en blouse que vous surprendrez à manier la lime et le rabot. [...] Par contre dans une brasserie, dans une sucrerie, dans une fabrique de parfums, vous trouverez en bonne place les appareils de physique les plus délicats». ²⁸ Si l'universitaire semble faire profession de modestie, se décrivant «en blouse, maniant la lime et le rabot», Bouty souligne en fait l'étendue des pouvoirs de la physique bien au-delà de son laboratoire, jusque dans ces industries d'apparence ordinaire. On peut encore rappeler le plaidoyer de Pierre Duhem, pourtant professeur de physique théorique, en faveur de laboratoires universitaires ouverts sur l'industrie et conçus de manière à pouvoir évoluer avec les recherches, plutôt que comme des monuments. Pas de monuments, pas de palais, des usines, réclame-t-il, «l'usine sauvera le laboratoire de sa stérilité byzantine». ²⁹

La volonté de fabriquer soi-même ses instruments n'est pas justifiée par des raisons financières. Elle est réaffirmée au laboratoire de recherche créé en 1894 dans les nouveaux bâtiments de la Sorbonne, alors que ce laboratoire est considéré comme richement doté. ³⁰ On estime que la mise au point

²⁵ H. DE PARVILLE, *Le laboratoire de la Sorbonne*, «Cosmos», 18, 1868, pp. 45-47.

²⁶ L. DE LAUNAY, *Souvenirs intimes*, in *Alfred Cornu, 1841-1902*, ed. by Mme Cornu, Rennes, 1904; voir aussi G. GOODAY, *The morals of energy metering: constructing and deconstructing the precision of the victorian electrical engineer's ammeter and voltmeter*, in *The values of precision*, ed. by N. Wise, Princeton, Princeton University Press, 1995, pp. 272-273.

²⁷ É. PICARD, *La vie et l'oeuvre de G. Lippmann*, Lecture du 14 décembre 1931, Institut, Archives Académie des sciences, Dossier Lippmann.

²⁸ E. BOUTY, *La vérité scientifique*, Paris, 1908, p. 66.

²⁹ P. DUHEM, *Usines et laboratoires*, Paris, 1899, p. 6.

³⁰ É. PICARD, *op. cit.* note 27.

d'instruments constitue une activité créatrice complète. Ainsi Henri Poincaré écrit-il à propos d'Alfred Cornu : «Quand il imaginait ou qu'il construisait un appareil nouveau, quand il en étudiait les derniers détails, quand il le décrivait surtout, on sentait que ce n'était pas seulement à ses yeux un instrument, mais un objet d'art». ³¹ A une époque où la relativité et la mécanique quantique n'ont pas encore donné une image de la physique indissolublement liée aux mathématiques les plus abstraites, ces physiciens sont encore honorés, à leur mort, par le rappel de leur 'rare habileté manuelle'. ³²

Ce type de pratiques et de valeurs rapproche les physiciens des constructeurs d'instruments avec lesquels ils collaborent régulièrement. Simples artisans, souvent presque illettrés au début du siècle, les constructeurs d'instruments scientifiques parisiens ont changé de statut à la fin du siècle. ³³ Après avoir souvent occupé des postes de préparateurs dans des institutions d'enseignement supérieur scientifique ou technique, et suivi en auditeurs libres les cours de leurs 'clients' ou même, pour quelques uns d'entre eux à la fin du siècle, après avoir parcouru le cursus prestigieux de l'École polytechnique, les constructeurs ont acquis une formation scientifique qui leur permet de mener des expériences pour leur propre compte et de publier des articles dans les revues scientifiques. A la Société française de physique, créée en 1873, les constructeurs Adolphe Gaiffe, Antoine Breguet, Eugène Ducretet ou Jules Carpentier – pour ne mentionner que les plus importants de ceux qui sont concernés par l'électricité – discutent d'égal à égal avec les universitaires qu'ils fournissent en instruments pour l'enseignement et la recherche. Aux séances de la Société, les communications théoriques sont rares, tandis que se succèdent des présentations d'instruments ou d'objets techniques et des démonstrations d'expériences menées tant par les professeurs des plus prestigieuses institutions que par des constructeurs ou des ingénieurs. ³⁴ Les physiciens tra-

³¹ H. POINCARÉ, *Discours "Alfred Cornu"*, Archives Académie des sciences, Dossier Cornu, p. 16.

³² É. MASCART, *Discours "Alfred Cornu"*, Institut, 16 avril 1902, Archives Académie des sciences, Dossier Cornu; E. MERCADIER, J. Jamin, «La République française», 26 mars 1886, Archives Académie des sciences, Dossier Jamin.

³³ C. BLONDEL, *Electrical instruments in 19th century France, between makers and users*, «History and Technology», 13, 1997, pp. 157-182; J. PAYEN, *Les constructeurs d'instruments scientifiques en France au XIX^e siècle*, «Archives internationales d'histoire des sciences», 36, 1986, pp. 86-61; P. BRENNI, *L'industria degli strumenti scientifici in Francia nel XVIII e XIX secolo*, in *Gli Strumenti*, ed. by G. L'E. Turner, Torino, Einaudi, 1991, pp. 450-463; M. WILLIAMS, *Training for specialists: the precision instruments industry in Britain and France, 1890-1925*, in *Education, technology and industrial performance in Europe, 1850-1939*, *op. cit.* note 3, pp. 227-250.

³⁴ Sur la Société française de physique, voir R. FOX, *Science, the university and the state in nineteenth-century France*, *op. cit.* note 5, pp. 106-107.

vaillent régulièrement avec les constructeurs à la mise au point d'appareils. La conception du galvanomètre à cadre mobile à laquelle participent conjointement un professeur au Collège de France (Arsène d'Arsonval), un ingénieur (Marcel Deprez) et un constructeur (Jules Carpentier) fournit un exemple frappant de collaboration entre ces diverses catégories professionnelles.³⁵ Les professeurs sont occasionnellement liés à certaines industries, comme Gabriel Lippmann avec l'industrie optique.³⁶ Certes ils ne s'impliquent pas personnellement dans la création d'entreprises, à la différence de William Thomson en Angleterre qui participe directement à la fondation d'une firme de construction d'instruments. Mais par leurs relations régulières avec des représentants de l'industrie de précision, branche industrielle où les techniques de pointe sont suivies de près, les universitaires se trouvent en contact direct avec les diverses innovations techniques.

LA SORBONNE GAGNÉE À L'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

L'activité scientifique des physiciens expérimentateurs français de la fin du XIX^e siècle n'a guère été étudiée en dehors du domaine de la radioactivité. On sait qu'à partir des années 1840, l'optique, sans doute en raison de ses liens particuliers avec l'astronomie, a occupé une place centrale au sein de la physique française dominée par les personnalités d'Arago puis de Le Verrier.³⁷ Nous voulons montrer ici que cette prééminence de l'optique cesse pendant les années 1870 et qu'une réorientation radicale se manifeste en faveur de l'électricité et du magnétisme, cette réorientation étant liée aux débuts de l'électricité industrielle.

Avec les premières machines magnéto-électriques génératrices de courant électrique, commercialisées par la Société l'Alliance dans les années 1860, puis avec la dynamo de Gramme dans les années 1870, le magnétisme considéré jusqu'alors comme un phénomène secondaire au sein de la physique, devient un sujet d'une grande importance pratique. En effet

³⁵ Cf. C. BLONDEL, *Entre l'électrophysiologie et l'électricité industrielle: le galvanomètre à cadre mobile*, in *Studies in the history of scientific instruments*, ed. by C. Blondel et al., London, R. Turner, 1989, pp. 179-192.

³⁶ J.-M. FOURNIER, *La photographie en couleur de type Lippmann*, «Journal of Optics», 22, 1991, pp. 259-266; Faire-part de décès de G. Lippmann.

³⁷ J.L. DAVIS, *The influence of astronomy on the character of physics in mid-nineteenth century France*, «Historical Studies in the Physical Sciences», 16, 1986, pp. 59-82.

dans ces machines se trouvent des aimants permanents dont la puissance et la constance définissent partiellement les performances électriques. Lorsque est créé en 1868, dans le cadre de l'École pratique des hautes études, le laboratoire des recherches physiques à la Sorbonne, ce ne sont pas de délicats instruments de mesure ou des expériences de physique fondamentale qui impressionnent les visiteurs, mais un moteur mixte à gaz et à vapeur du dernier modèle, une puissante machine magnéto-électrique de l'Alliance, cadeau personnel de Napoléon III, ainsi que les différents réseaux de tuyaux d'air comprimé, de gaz et d'eau.³⁸ Testées à partir de 1867 à l'orfèvrerie Christofle pour la galvanoplastie après avoir été utilisées pour l'éclairage de quelques phares, les machines de l'Alliance deviennent l'objet d'étude privilégié du directeur du nouveau laboratoire et titulaire de la chaire de physique expérimentale de la Sorbonne, Jules Jamin et de ses assistants.³⁹ Jamin aide Gramme à présenter ses notes sur la dynamo à l'Académie des sciences en 1871 et se lance dans une recherche systématique sur les aimants, abandonnant les autres domaines de la physique, en particulier l'optique, sur lesquels il travaillait jusqu'alors. Il se procure les aimants permanents utilisés dans les machines de l'Alliance et met au point de nouveaux aimants feuilletés, appelés par la suite 'aimants Jamin', pour les machines de Gramme. Il étudie leurs propriétés magnétiques au laboratoire, fournissant des formules empiriques et précisant l'influence du recuit et de la trempe sur les propriétés magnétiques.⁴⁰ Toujours au laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne et sous la direction de Jamin, Edmond Bouty prépare une thèse sur les phénomènes de désaimantation et de réaimantation, et sur les variations du magnétisme avec les actions électriques ou mécaniques, questions essentielles pour les noyaux de machines électriques. Un autre étudiant, René Blondlot, évalue le travail mécanique fourni dans les phénomènes magnétiques et électriques

³⁸ J. JAMIN, *Rapport au doyen de la Faculté des sciences de Paris sur les travaux du laboratoire de la Sorbonne*, «Bulletin administratif du ministère de l'Instruction Publique», 1868, t. IX, p. 517; H. DE PARVILLE, *Le laboratoire de la Sorbonne*, «Cosmos», 18, 1868, pp. 45-47.

³⁹ M. DE FERRIÈRE LE VAYER, *Christofle. Deux siècles d'aventure industrielle, 1793-1993*, Paris, Le Monde Éditions, 1995, pp. 225-34; J. JAMIN, G. ROGER, *Machines magnéto-électriques*, «Annales de chimie et de physique», 17, 1869, pp. 276-310; sur l'histoire des machines électriques voir par exemple W.J. KING, *The development of electrotechnology in the 19th century*. 3. *The early arc light and generator*, «Contributions from the Museum of history and technology. United States National Museum Bulletin», 228, 1962, pp. 334-406; et pour le cadre français voir F. CARON, F. CARDOT (eds.), *Histoire de l'électricité en France*, t. I (1881-1918), Paris, Fayard, 1991.

⁴⁰ La vingtaine de communications faites par Jamin sur le magnétisme à l'Académie des sciences, entre 1871 et 1876, sont reprises pour l'essentiel dans un article de synthèse, *Recherches sur le magnétisme*, «Journal de physique», 5, 1876, pp. 41-58, 73-95.

et construit un appareil destiné à la construction des moteurs électriques.⁴¹ Bref, comme le précise le rapport de 1876 sur les activités du laboratoire, à l'exemple du directeur presque tous les élèves du laboratoire se sont dirigés vers l'étude du magnétisme. Ce domaine devient la 'spécialité du laboratoire'.⁴² Pierre Duhem, après le refus de sa thèse qui mettait en cause les théories thermo-chimiques de Marcellin Berthelot, se consacre lui aussi au magnétisme pour obtenir l'indispensable diplôme.⁴³ Dans les années 1890, Marie Curie effectue son premier travail de recherche sous la direction de Gabriel Lippmann, le successeur de Jamin, sur le magnétisme des aciers de différentes origines industrielles. Ce travail qu'elle qualifia elle-même d'occupation mi-scientifique, mi-industrielle, fut financé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Dans le laboratoire d'Edmond Becquerel au Muséum d'histoire naturelle, le seul étudiant extérieur mentionné dans les rapports du laboratoire travaille sur la même question du magnétisme des divers aciers.⁴⁴ De son côté, Pierre Curie, enseignant à l'École municipale de physique et chimie industrielles dont les élèves physiciens sont alors pour la plupart embauchés par l'industrie électrique, prépare une thèse, également sous la direction de Lippmann, sur les variations du magnétisme avec la température.⁴⁵ On savait que la force magnétique d'un aimant diminue lorsque sa température augmente mais on ne connaissait pas les lois de ce phénomène. Or dans les machines électriques, les aimants et noyaux de fer s'échauffent sous l'action des courants électriques et cet échauffement est susceptible de perturber le fonctionnement de la génératrice ou du moteur. On peut donc penser que les nombreux travaux sur le magnétisme dirigés à la fin du siècle par le laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne trouvent leur origine dans des questions posées par le fonctionnement des nouvelles machines électriques.

Mais les physiciens ne se sont pas limités à étudier en laboratoire les propriétés physiques du magnétisme dont les conséquences industrielles apparaissent comme importantes. Ils se sont spécifiquement consacrés à

⁴¹ J. JAMIN, *Rapport sur les travaux du laboratoire des recherches physiques*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1873-1874», p. 11.

⁴² J. JAMIN, *Laboratoire de Recherches physiques*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1875-1876», p. 16.

⁴³ P. DUHEM, *De l'aimantation par influence*, Thèse de la Faculté des sciences de Paris, Paris, 1888; P. BROUZENG, *Duhem. Science et providence*, Paris, Belin, 1987, p. 45.

⁴⁴ E. BECQUEREL, *Laboratoire de Physique appliquée au Muséum d'histoire naturelle*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1882-1883», p. 10.

⁴⁵ A. HURWIC, *Pierre Curie*, Paris, Flammarion, 1995.

la conception, à l'étude et à l'amélioration des objets techniques, travaillant d'abord sur les machines à courant continu dans les années 1860 et 1870, puis à partir des années 1890 sur les machines à courant alternatif, ainsi que sur les systèmes d'éclairage électrique. Dès 1857, François-Pierre Le Roux, professeur à l'École de pharmacie et répétiteur à l'École polytechnique, étudie les machines magnéto-électriques de l'Alliance. Le Roux avait été auparavant préparateur au laboratoire d'Edmond Becquerel au Conservatoire des arts et métiers. Ce dernier avait déjà mesuré, pour le Service des phares, le coût de l'éclairage par les diverses sources de lumière: bougie, suif, huile, gaz, arc électrique alimenté soit par des piles soit par une machine magnéto-électrique.⁴⁶ Le Roux fait transporter au Conservatoire sa machine de l'Alliance pour mesurer l'intensité du courant produit et la force électromotrice avec les instruments mécaniques de la salle des machines et les appareils électriques du laboratoire de physique de Becquerel.⁴⁷ Antoine Masson, professeur au lycée Louis-le-Grand et à l'École Centrale, étudie également ces mêmes machines et propose de supprimer le commutateur de la machine afin de produire du courant alternatif et non plus du courant continu.⁴⁸ La grande proximité des diverses institutions scientifiques parisiennes et la mobilité professionnelle des jeunes préparateurs ou enseignants d'un établissement à l'autre favorisent la circulation des thèmes de recherche et des pratiques expérimentales.

Les derniers perfectionnements sur les machines productrices de courant réalisés à l'étranger, déjà connus des physiciens français grâce à l'exposition universelle de 1867, sont détaillés par Bertin, dont nous avons évoqué le rôle essentiel à l'École normale supérieure, dans un long article des «Annales de chimie et de physique». Pour Bertin, «un des plus grands progrès accomplis par la physique expérimentale dans ces dernières années» consiste dans le remplacement, grâce à Siemens, des aimants permanents par des électro-aimants dans les machines magnéto-électriques.⁴⁹

⁴⁶ E. BECQUEREL, *Recherches relatives à la quantité de lumière produite par l'arc voltaïque et à la consommation de différentes piles*, «Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale», t. IV, 1857, p. 529; *Éclairage par la lumière électrique*, in *Dictionnaire des Arts et Manufactures et de l'Agriculture*, ed. by Ch. LABOULAYE, Paris, t. I, 1867³, p. 137.

⁴⁷ F.-P. LE ROUX, *Études sur les machines magnéto-électriques*, «Annales de chimie et de physique», 50, 1857, pp. 463-479; ID., *Les machines magnéto-électriques françaises et l'application de l'électricité à l'éclairage des phares*, Paris, 1868.

⁴⁸ H. FONTAINE, *Éclairage à l'électricité. Renseignements pratiques*, 1879², pp. 115-116; T. DU MONCEL, *L'éclairage électrique*, vol. I, 1883³, p. 93.

⁴⁹ P. BERTIN, *Les nouvelles machines d'induction*, «Annales de chimie et de physique», 15, 1868, pp. 169-186 (souligné par nous-même).

Nous avons déjà mentionné l'analyse des machines de l'Alliance destinées à l'éclairage à arc, effectuée en 1868 au laboratoire des recherches de la Sorbonne, par Jules Jamin avec l'aide de Gustave Roger. Reprenant et critiquant le travail de Le Roux, tous deux montrent que chaque bobinage est équivalent à une pile et que la loi d'Ohm peut être appliquée à la machine. Ils comparent également l'énergie nécessaire pour faire tourner la machine à la chaleur dégagée dans le circuit extérieur.⁵⁰ Leur conclusion – nettement favorable à l'électricité – est que la machine magnéto-électrique associée à un arc électrique fournit une économie de 40% par rapport à l'éclairage au gaz. Quelques années plus tard, c'est le neveu et collaborateur du constructeur Louis Breguet, Alfred Niaudet-Breguet, qui vient collaborer avec Jamin pour étudier la production de courant par les dynamos Gramme.⁵¹ A la fin des années 1870, Jamin fait travailler deux nouveaux étudiants sur les machines magnéto-électriques.⁵²

Les étudiants, les chercheurs libres et les préparateurs du laboratoire de recherche de la Sorbonne sont également orientés vers la recherche appliquée. L'un d'entre eux, l'ingénieur civil Ferdinand Carré, met au point un nouveau type de pile et de nouveaux charbons à bougies pour lesquels il dépose un brevet.⁵³ Fabriqués par son frère Edmond, constructeur d'appareils scientifiques, les charbons Carré sont rapidement les charbons les plus utilisés en France et sont même exportés à l'étranger.⁵⁴ Un autre jeune chercheur étudie l'arc électrique tandis qu'Anatole Leduc met au point, pendant plus de cinq ans, des méthodes de mesures magnétiques qui soient utilisables dans un atelier de construction où les machines créent des champs magnétiques perturbateurs.⁵⁵ Un ingénieur des télégraphes, Voisenat, étudie les phénomènes d'induction. Deux jeunes chercheurs du laboratoire, Gabriel Lippmann et René Blondlot, après avoir travaillé

⁵⁰ J. JAMIN, G. ROGER, *op. cit.* note 39; «Les mondes», 16, 1868, pp. 197-198.

⁵¹ J. JAMIN, *Rapport sur les travaux du laboratoire des recherches physiques*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1873-1874», p. 11.

⁵² J. JAMIN, *Laboratoire de Recherches physiques à la Sorbonne*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1879-1880», p. 20.

⁵³ E. BOUTY, *op. cit.* note 9; F. CARRÉ, *Sur une nouvelle forme de pile voltaïque et un nouveau régulateur de la lumière électrique*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences», 66, 1868, pp. 612-615; *Id.*, pp. 1112-1113; *Id.*, *Sur le pouvoir éclairant de divers charbons employés à la production de la lumière électrique*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences», 84, 1877, pp. 346-348.

⁵⁴ É. ALGLAVE, J. BOULARD, *La lumière électrique. Son histoire, sa production et son emploi*, Paris, 1882, p. 49.

⁵⁵ A. LEDUC, *Nouvelles méthodes pour la mesure des champs magnétiques*, «La Lumière électrique», 28, 1888, pp. 364-369, 422-430.

ensemble sur des expériences de téléphonie, déposent en 1878 un pli cacheté à l'Académie des sciences sur un système de relais électromagnétique fondé sur l'utilisation d'un anneau de Gramme.⁵⁶ On trouve également parmi les nombreux appareils fondés sur les phénomènes électrocapillaires mis au point par Lippmann, un moteur électrique et un compteur électrique qui, s'ils n'eurent sans doute aucune application pratique, l'ont incité à étudier les conditions de rendement maximum des moteurs électriques.⁵⁷ Quelques années plus tard, Edmond Bouty, devenu à son tour professeur à la Sorbonne, étudiera d'autres problèmes techniques. Son modèle de condensateur au mica sera adopté par l'administration des télégraphes et ses travaux sur les phénomènes électrolytiques au contact des électrodes métalliques permettront de mieux comprendre la formation des dépôts perturbateurs en galvanoplastie.⁵⁸ Même un physicien comme Henri Pellat, dont l'orientation est plutôt théorique, et qui après sa formation au laboratoire de Jamin, enseigne également à la Sorbonne, a mis au point un système de protection électrique des trains en marche et a étudié l'usage des nombres complexes pour les courants alternatifs.⁵⁹

Les universitaires n'hésitent pas à aller dans les ateliers des constructeurs ou les laboratoires des industriels pour mener leurs expériences. Lorsque Pellat met au point son électrodynamomètre, il effectue des mesures aussi bien au laboratoire de recherches de la Sorbonne, au Bureau international des poids et mesures que dans les ateliers de Carpentier, le constructeur qui va commercialiser son appareil.⁶⁰ Pour étudier les phénomènes magnétiques dans les machines en mouvement, Lippmann travaille sur la plus puissante machine des ateliers Breguet.⁶¹

C'est dans le domaine des techniques d'éclairage que le lien avec l'industrie se fait le plus étroit. Nous avons déjà mentionné les charbons de Ferdinand Carré commercialisés par son frère industriel. Le professeur Jamin avait donné l'exemple. Ingénieur-conseil de la Compagnie Jabloch-

⁵⁶ *Sur un relais d'induction électrodynamique applicable au téléphone et à la télégraphie*, Pli cacheté 3177, 11 mars 1878, Archives de l'Académie des sciences.

⁵⁷ H. DE PARVILLE, *Moteur électro-capillaire*, «Les Mondes», 35, 1874, pp. 5-6; G. LEBON, *op. cit.* note 24.

⁵⁸ E. BOUTY, *Notice sur les travaux et titres scientifiques*, Paris, 1897.

⁵⁹ S. PELLAT, *Notice sur les travaux de Henri Pellat*, Paris, s.d., p. 14; G. RAMUNNI, *La mise en place du système électrotechnique*, in *Histoire de l'électricité en France*, *op. cit.* note 3, p. 356.

⁶⁰ G. LIPPMANN, *Laboratoire de recherches physiques à la Sorbonne*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1885-1886», p. 25.

⁶¹ G. LIPPMANN, *Du rôle des écrans magnétiques en mouvement dans les phénomènes d'induction*, «Bulletin des séances de la Société française de physique», 3 janvier 1879, pp. 12-16.

koff qui commercialise la bougie du même nom, Jamin avec l'aide de trois membres de son laboratoire, met en effet au point sa propre variante de la bougie Jablochhoff.⁶² Il modifie en outre l'enroulement de la machine de Gramme pour pouvoir alimenter – affirme-t-il – un nombre six fois plus élevé de ses lampes avec une seule machine.⁶³ Selon le professeur de la Sorbonne, «on pourra ainsi éclairer toute une grande ville par une usine rayonnant dans tous les sens».⁶⁴ La nouveauté et l'efficacité de la lampe Jamin sont vivement discutées par la presse spécialisée. Pour Edouard Hospitalier, les expériences de démonstration effectuées par Jamin à l'Académie des sciences ne sont pas concluantes tandis que Théodose du Moncel note avec une certaine ironie que «les résultats n'ont pas répondu à ce qu'on pouvait attendre d'un système si savamment conçu».⁶⁵ D'après Jules Boulard qui fut rapporteur pour les machines électriques à l'exposition internationale de 1881, la bougie Jamin est la moins stable de toutes et sa lumière coûte plus cher que les autres.⁶⁶ Quittant la société Jablochhoff, Jamin obtient le soutien financier du président de la Société du Crédit industriel et commercial pour réaliser ses expériences. Il participe à la création, en 1880, d'une nouvelle société, la Compagnie Générale pour l'Éclairage électrique, afin d'exploiter son brevet. Pendant cette période il abandonne son laboratoire de la Sorbonne pour surveiller la mise en exploitation de son procédé et n'hésite pas à faire lui-même la démonstration de ses nouvelles lampes dans des ateliers industriels.⁶⁷ Cette société fut un échec commercial, mais il fut loin d'être le seul dans ce domaine où l'on sait que les risques étaient élevés.⁶⁸ Les conditions économiques n'étaient guère favorables et la concurrence des autres types de bougies était très forte.

Il nous faut souligner l'implication de l'un des principaux représen-

⁶² J. JAMIN, *Sur la lumière électrique*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences», 88, 1879, pp. 829-832; *Sur une lampe électrique automatique*, 90, 1880, pp. 1235-1240; *Sur une modification de la lampe électrique*, 93, 1881, pp. 237-240; *Sur les effets produits dans le vide par les courants des machines Gramme*, 94, 1882, pp. 1271-1273.

⁶³ É. ALGLAVE, J. BOULARD, *op. cit.* note 54, pp. 123-124; É. SARTIAUX, M. ALIAMET, *Principales découvertes et publications concernant l'électricité de 1562 à 1900*, Paris, 1903.

⁶⁴ «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences», 90, 1880, p. 1240.

⁶⁵ *Les origines de la lampe Jamin*, «La Lumière électrique», 2, 1880, pp. 234-237; T. DU MONCEL, *L'éclairage électrique*, vol. II, *op. cit.* note 48, p. 188.

⁶⁶ É. ALGLAVE, *op. cit.* note 54, p. 124.

⁶⁷ E. BOUTY, *Notice sur Jules-Célestin Jamin*, 1887 (Extrait du «Mémorial de l'association des anciens élèves de l'École normale supérieure»); «La science populaire», 1880, p. 308.

⁶⁸ A. BRODER, *La multinationalisation de l'industrie électrique française (1880-1931). Causes et pratiques d'une dépendance*, «Annales. Économies, Sociétés, Civilisations», 5, 1984, p. 1040.

tants de la physique institutionnelle française – Jamin fut président et secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences – dans ce que nous appellerions aujourd'hui la recherche industrielle. En 1871-1872, douze articles sur les trente produits par le laboratoire de Jamin, concernent les phénomènes électriques et magnétiques, dont six touchent directement à l'électricité industrielle.⁶⁹ Encore en 1887, sous la direction de son successeur Lippmann, d'après le rapport du laboratoire, «les recherches d'électricité et de magnétisme sont actuellement le plus en faveur».⁷⁰ Le préparateur de l'époque, ingénieur électricien, perfectionne son propre régulateur à arc voltaïque et prend officiellement un congé d'un an pour se consacrer à des applications à caractère industriel.⁷¹ Cet engagement du laboratoire de recherches physiques de la Sorbonne dans le domaine de l'électricité industrielle représente le sommet d'une vague générale. Certes le deuxième laboratoire de physique de la Sorbonne, destiné aux travaux pratiques des étudiants, qui ouvre en 1871 sous la direction de Paul Desains, reste davantage tourné vers l'optique, en particulier la spectroscopie.⁷² Il comporte cependant un atelier de galvanoplastie et un atelier de photographie dans lesquels les étudiants effectuent une série de manipulations.⁷³ Et au début des années 1880, Edmond Bouty, qui succède à Paul Desains, attribue de nouvelles salles à l'électricité et y fait installer des machines électriques industrielles. Un nouveau préparateur, Pierre-Hugo Ledebœr, se lance à son tour dans l'étude de ces machines et en fait le sujet de sa thèse, collaborant avec un chercheur du laboratoire de Lippmann et publiant la plupart de ses recherches dans *La Lumière électrique*.⁷⁴ Alors que durant la période 1840-1870, les articles sur l'électricité et le magnétisme représentent au maximum un quart des articles scientifiques publiés par les physiciens français, pendant la décennie 1870-1880, ils en constituent près de la moitié.⁷⁵ Le parcours de Jamin manifeste une triple

⁶⁹ J. JAMIN, *Laboratoire de Recherches physiques*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1871-1872», p. 40.

⁷⁰ G. LIPPMANN, *Laboratoire des recherches de Physique à la Sorbonne*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1886-1887», p. 18.

⁷¹ G. LIPPMANN, *op. cit.*, 1888-89, p. 26.

⁷² P. DESAINS, *Laboratoire d'enseignement de physique*, «Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1877-1878, 1878-1879», pp. 15-18.

⁷³ P. DESAINS, *op. cit.*, 1871-1872, p. 39.

⁷⁴ P. DESAINS, *op. cit.*, 1881-1882, p. 10; 1883-1884, p. 11; 1885-1886, pp. 18-20; 1886-1887, pp. 12-15.

⁷⁵ Voir les décomptes, qui seraient encore plus nets si l'on tenait compte des articles publiés dans des revues techniques, in J.L. DAVIS, *The influence of astronomy on the character of physics*

réorientation que partagent en partie les autres physiciens: réorientation disciplinaire avec le passage de l'optique à l'électricité, passage de la science pure à la science appliquée et enfin, changement d'audience avec l'abandon des conférences publiques qui attiraient les foules bourgeoises à la Sorbonne au profit des démonstrations en site industriel.

LES AUTRES LABORATOIRES PARISIENS SUIVENT L'EXEMPLE DE LA SORBONNE

A la différence de la Sorbonne dont les programmes d'enseignement étaient fixés par les autorités administratives, le Collège de France accordait une liberté totale aux professeurs tant pour leur enseignement que pour leur recherche. Au milieu des années 1870, Eleuthère Mascart, titulaire de la chaire de physique expérimentale du Collège de France, abandonne, comme Jamin à la Sorbonne, l'optique qui était jusqu'alors son domaine de prédilection. Il consacre désormais ses recherches et son enseignement à l'électricité et au magnétisme.⁷⁶ Dès 1873, Mascart met au point un régulateur des courants électriques, avec mouvements d'horlogerie, utilisable aussi bien pour des applications industrielles que pour les recherches de laboratoire.⁷⁷ Puis il analyse le fonctionnement des machines électriques en déterminant les équations qui lient le courant produit, la force électromotrice, la puissance absorbée et les pertes. Il explique la pratique empirique des constructeurs qui décalaient les balais des dynamos d'un certain angle pour diminuer l'intensité des étincelles parasites sur le collecteur.⁷⁸ Avec Alfred Angot, son ancien préparateur au Collège de France devenu professeur de lycée parisien, il mène des recherches expérimentales sur diverses machines industrielles en effectuant des relevés de mesures. Parmi d'autres travaux techniques, il étudie encore la propagation des courants dans les câbles sous-marins.⁷⁹ *Les Leçons d'électricité et de*

in mid-nineteenth century France, «Historical Studies in the Physical Sciences», 16, 1986, p. 71. Le décompte de J.L. Davis s'arrête en 1879. D'après les «Rapport sur l'École pratique des hautes études», la décennie 1880-1889 montrerait une proportion encore plus élevée.

⁷⁶ É. MASCART, *Notice sur les travaux scientifiques de M. Mascart*, Paris, 1878; Id., *Complément*, Paris, 1884; P. JANET, *La vie et les oeuvres de É. Mascart*, «Revue générale des sciences», 1909, pp. 574-593.

⁷⁷ É. MASCART, *Sur un régulateur de courants électriques*, «Journal de Physique», 2, 1873, pp. 294-297.

⁷⁸ É. MASCART, *Des machines magnéto-électriques et électro-dynamiques*, «Journal de physique», 6, 1877, pp. 203-212, 297-305.

⁷⁹ É. MASCART, C. ANGOT, *Recherches expérimentales sur les machines magnéto-électriques*, «Jour-

magnétisme, qu'il rédige en collaboration avec Jules Joubert, constituent le premier ouvrage français d'électricité qui mêle étroitement théorie et applications. Elles deviennent un ouvrage de référence pour les ingénieurs aussi bien que pour les physiciens, en France, mais aussi à l'étranger.⁸⁰ Après le premier Congrès international d'électricité qui se tint à Paris en 1881 et au cours duquel Mascart joua un rôle essentiel, celui-ci se consacre pour l'essentiel aux questions de métrologie électrique. Il devient également consultant de l'État pour les questions techniques: il rédige ainsi un rapport sur l'éclairage des théâtres et est nommé président de la 'Commission d'examen des inventions intéressant l'armée' lors de son ouverture aux civils en 1894.⁸¹ A sa mort, en 1908, il est président de plusieurs compagnies et sociétés industrielles.⁸²

Son laboratoire du Collège de France s'enrichit en 1878 de la collaboration de son condisciple et ami de l'École normale, Jules Joubert, qui abandonne lui aussi l'optique, sujet de sa thèse, pour l'électricité industrielle. Joubert commence tout d'abord à travailler sur des questions très techniques comme la mesure de l'énergie dépensée dans les bougies Jablochkoff ou dans les charbons Carré.⁸³ Mais il prolonge ensuite le travail de Mascart par une étude à la fois théorique et expérimentale des machines à courant alternatif. Il mesure d'abord les tensions induites dans les spires du bobinage d'une dynamo puis il mène une étude d'ensemble sur les machines dynamo-électriques et les phénomènes transitoires, en allant étudier sur place les machines à courant alternatif du laboratoire de la Société générale d'électricité.⁸⁴ Il soutient l'utilisation du courant alternatif

nal de physique», 7, 1878, pp. 79-92, 363-377; É. MASCART, *Sur la théorie de la propagation de l'électricité dans les conducteurs*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences», 86, 1878, pp. 965-968.

⁸⁰ É. MASCART, J. JOUBERT, *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, 2 vols., Paris, 1882-1886; la traduction anglaise est recommandée à côté des traités de Maxwell et Thomson par A. GRAY, *Absolute measurements in electricity and magnetism*, London, 1889; H. FONTAINE, *L'éclairage électrique sur l'électricité et le magnétisme*, 2 vol., Paris, 1882-1886; P. JANET, *op. cit.* note 76, p. 584.

⁸¹ H. FONTAINE, *L'éclairage électrique. Ses avantages et son prix de revient*, Paris, 1889, p. 17; Y. ROUSSEL, *L'histoire d'une politique des inventions, 1887-1918*, «Cahiers pour l'histoire du CNRS», 3, 1989, p. 25.

⁸² Faire-part de décès, Dossier Mascart, Archives Académie des sciences.

⁸³ I. HAVELANGE *et al.*, *Les inspecteurs généraux de l'Instruction publique. Dictionnaire biographique 1802-1914*, Paris, INRP/CNRS, 1986, p. 420; «La Lumière électrique», 2, 1880, p. 311; E. ALGLAVE, *op. cit.* note 54, p. 52.

⁸⁴ J. JOUBERT, *Sur les courants électriques et la force électromotrice de l'arc électrique*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences», 91, 1880, 2, pp. 161-164; ID., *Sur la loi des machines magnéto-électriques*, *ibidem*, pp. 468-470, 493-495; ID., *Études sur les machines magnéto-électriques*, Paris, 1881 (Extrait des «Annales de l'École normale supérieure», X, 1881); ID., *Sur la théorie des machines électromagnétiques*, «Journal de physique», 2, 1883, pp. 293-315.

plutôt que celle du courant continu pour l'éclairage. Joubert, qui a introduit la prise en compte de la self-induction des machines, est considéré par Silvanus P. Thompson, l'un des meilleurs spécialistes anglais d'électrotechnique, comme l'auteur de la théorie moderne des machines à courant alternatif.⁸⁵ En 1881, il fait partie du comité chargé, par le jury de l'exposition internationale d'électricité de Paris, d'examiner les machines électriques et modes d'éclairage en compétition. D'après les textes officiels, l'exposition devait être le 'laboratoire du congrès'. Avec Henri Tresca, professeur de mécanique au Conservatoire des arts et métiers, et Alfred Potier, de l'École polytechnique, il mène une série de mesures sur les machines et les lampes à incandescence exposées par les divers constructeurs français et étrangers à l'exposition.⁸⁶ Ces mesures sont reprises comme références dans la littérature technique.

En même temps que Joubert, arrive au laboratoire de physique du Collège de France un jeune préparateur, Marcel Brillouin. Normalien ayant une double formation de mathématicien et de physicien, Marcel Brillouin consacre lui aussi, certainement à l'instigation de Mascart, les quelques années qu'il va passer dans ce laboratoire à des questions d'électricité. Il travaille en particulier à la détermination de l'ohm, domaine qu'il abandonne par la suite, ne revenant à l'électricité qu'en 1897 avec un modèle théorique d'alternateur auto-exciteur.⁸⁷

Les physiciens ne sont pas seuls à se convertir à l'électricité industrielle. Toujours au Collège de France, Arsène d'Arsonval, préparateur et futur successeur de Brown-Séquart au laboratoire de médecine après y avoir assisté Claude Bernard, met lui aussi entre parenthèses ses travaux de physiologie et de médecine au profit des techniques électriques pendant les années 1877-1884. Des recherches sur l'utilisation de microphones par les sourds l'amènent à mettre au point de nouveaux modèles de micros, utilisables dans toutes les positions et résistants aux chocs les plus violents, plus particulièrement destinés aux militaires.⁸⁸ En 1882, il étudie un nouveau récepteur téléphonique magnétique pour lequel il dépose une

⁸⁵ S.P. THOMPSON, *Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques*, trad. française, Paris, 1894, p. 19.

⁸⁶ *Expériences faites à l'Exposition d'Électricité*, par MM. Allard, Le Blanc, Joubert, Potier et H. Tresca, Paris, 1883 (Extrait des «Annales de Chimie et de Physique», 5e série, XXIX, 1883); sur l'évaluation de ces expériences voir R. FOX, *Thomas Edison's Parisian campaign: incandescent lighting and the hidden face of technology transfer*, «Annals of Science», 53, 1996, pp. 157-93: 178.

⁸⁷ M. BRILLOUIN, *Théorie d'un alternateur auto-exciteur*, «L'Éclairage électrique», 11, 1897, pp. 49-59.

⁸⁸ L. CHAUVOIS, *D'Arsonval. Soixante-cinq ans à travers la science*, Paris, 1937, p. 180.

série de brevets et dont le modèle est adopté par l'administration française pendant une vingtaine d'années. C'est d'ailleurs au titre du ministère des Postes et télégraphes et non de l'Instruction publique, qu'il sera décoré de la Légion d'honneur. D'Arsonval imagine encore une série de galvanomètres dont le premier en collaboration avec l'ingénieur Marcel Deprez. Ces galvanomètres améliorent les mesures industrielles grâce à leur indifférence aux champs magnétiques créés par les dynamos et deviendront d'usage courant aussi bien en physique et en électrophysiologie qu'en électricité industrielle. Il étudie le rendement des moteurs électriques, les piles électriques ou encore un nouveau procédé de création de courants industriels avec une pile et une bobine.⁸⁹ Il n'hésite pas à déposer des brevets sur ces diverses recherches. Au congrès de 1881 et dans les années qui suivent, d'Arsonval mène campagne pour soutenir la thèse de son ami Marcel Deprez sur le transport de l'électricité à haute tension en continu. Il l'accompagne en particulier à l'exposition de Munich de 1882 pour ses expériences de démonstration sur le transport de l'électricité à distance.⁹⁰

À l'École polytechnique, l'optique continue certes de dominer avec Alfred Cornu. Cependant même ce spécialiste de l'optique de précision étudie un procédé stroboscopique pour déceler les irrégularités de marche d'un alternateur et rédige pour la Bibliothèque des merveilles un gros ouvrage destiné à mettre à jour les connaissances d'un public scientifique formé aux théories électriques du début du siècle et ignorant le fonctionnement des nouvelles machines.⁹¹ Il est rapporteur de la commission de l'Académie des sciences qui examine les expériences de transport de l'électricité réalisées par Marcel Deprez en 1883 et à cette occasion effectue personnellement des mesures électriques au cours desquelles il manque d'ailleurs de se faire électrocuter!⁹² Le deuxième enseignant de physique de l'École, Alfred Potier, passe peu après l'exposition d'électricité de 1881, de la géologie à l'électricité industrielle avec la mesure de l'énergie

⁸⁹ «La Lumière électrique», 4, 1881, p. 315, 349, 381, 389; 5, 1881, p. 57, 90, 249; A. D'ARSONVAL, R. LALANDE, *Utilisation industrielle des courants électriques de quantité, mais de faible tension*, «La Lumière électrique», 9, 1883, pp. 253.

⁹⁰ L. CHAUVOIS, *op. cit.* note 88, p. 207.

⁹¹ H. POINCARÉ, *Notice*, in *Alfred Cornu, 1841-1902*, ed. by Mme Cornu, Rennes, 1904; A. CORNU, *Notices sur l'électricité... production et transport de l'énergie électrique*, Paris, 1904; J. JACQUET, *L'enseignement de l'électricité à l'École Polytechnique*, in *La France des électriciens 1880-1980*, ed. by F. Cardot, Paris, PUF, 1986, pp. 359-370.

⁹² A. CORNU, *Rapport sur les machines électrodynamiques appliquées à la transmission du travail mécanique de M. Marcel Deprez*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences», 1883, 2, pp. 992-1010; pour le contexte voir G. RAMUNNI, *La mise en place du système électrotechnique*, *op. cit.* note 59, pp. 308-327.

dépensée dans un appareil électrique, puis l'étude du fonctionnement des machines dynamo-électriques et de leur rendement. C'est le travail mené en commun avec Joubert et Tresca sur l'analyse des machines électriques lors de l'exposition de 1881 qui détermine ce changement d'orientation. Pottier fait ensuite partie de toutes les commissions traitant d'électricité. Avec Cornu il ajoute de nombreuses 'notes et éclaircissements' à la traduction française du traité de Maxwell. Après avoir soutenu et aidé de ses conseils, en 1891, les ingénieurs Maurice Hutin et Maurice Leblanc à analyser le transport du courant alternatif à la Société de l'éclairage électrique, il se consacre à la théorie des moteurs asynchrones et des alternateurs, fournissant en particulier une méthode graphique d'étude des alternateurs.⁹³

D'autres universitaires d'un rang plus modeste s'impliquent personnellement dans la vie industrielle et participent activement au développement de l'électricité industrielle à un moment ou à un autre de leur carrière. Ainsi E. Debrun, préparateur à la faculté des sciences de Bordeaux, dirige-t-il une installation d'éclairage électrique pour la Compagnie Jablochhoff à Bordeaux et met-il ensuite au point un nouveau type de lampe Jablochhoff. Il associe en outre à cette nouvelle variante un contrôleur de machine magnéto-électrique pour la production de lumière.⁹⁴

Si les physiciens collaborent donc régulièrement avec les constructeurs d'instruments et si quelques uns d'entre eux sont même prêts à se lancer dans l'aventure industrielle, parallèlement les constructeurs, les inventeurs et les ingénieurs recherchent la reconnaissance scientifique. Le cas de Gramme déposant à la fois une note à l'Académie des sciences et un brevet pour décrire sa dynamo est loin d'être unique. Prenons un exemple parmi de nombreux autres. En décembre 1877, l'ingénieur électricien Emile Reynier met au point, dans les ateliers Breguet, un nouveau modèle de lampe à incandescence au charbon et à l'air libre. Le 19 février 1878, il dépose une demande de brevet. Le 13 mai, il expose son système dans une note adressée à l'Académie des sciences. Le 17 mai, il fait fonctionner quatre de ses lampes devant les membres de la Société française de physique. Enfin la description de sa lampe est publiée dans le «Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale».⁹⁵ Brevet, publication scienti-

⁹³ G. RAMUNNI, *La mise en place du système électrotechnique*, op. cit. note 59, p. 348 et «La Lumière électrique», 40, 1891, p. 204, 262; P. JANET, *Leçons d'électrotechnique générale*, t. II, 1916, pp. 385-411.

⁹⁴ Sur la bougie Debrun voir «La Lumière électrique», 2, 1880, pp. 311-312; 3, 1881, pp. 206-207; É. ALGLAVE, op. cit. note 54, pp. 124-126.

⁹⁵ É. ALGLAVE, op. cit. note 54, p. 138; É. REYNIER, *Nouvelle lampe électrique à incandescence*

fique, démonstration devant une société savante, publication technique, la diversité des supports de diffusion témoigne de la proximité des milieux scientifiques et techniques.

CONCLUSION

Nous avons vu que les physiciens des établissements d'enseignement supérieur parisiens les plus prestigieux, la Sorbonne, le Collège de France ou l'École polytechnique, déjà étroitement liés à l'industrie de l'instrumentation scientifique, se tournent résolument, dans les années 1870-1890, vers l'étude du magnétisme, des machines magnéto-électriques, des dynamos, de nouveaux modèles de lampes électriques puis des alternateurs et moteurs à courant alternatif. Ces universitaires mènent leurs expériences aussi bien dans leurs laboratoires équipés avec les premières machines industrielles que dans les ateliers des constructeurs ou des sociétés industrielles. Certains apportent en outre un soutien personnel et actif à des inventeurs ou des ingénieurs, comme Jamin à l'égard de Gramme, Joseph Bertrand avec Marcel Deprez, ou Cornu et Potier avec Hutin et Leblanc. Ils sont en contact régulier avec les constructeurs d'instruments, les ingénieurs et les industriels au sein de la Société française de physique et de la Société internationale des électriciens où nombre d'entre eux accèdent aux postes de président ou vice-président.⁹⁶ Enfin leurs travaux de métrologie en vue de la définition du système d'unités électriques les mènent à des négociations régulières, à l'occasion de multiples congrès et commissions, avec les ingénieurs et les représentants des administrations télégraphiques. Lorsqu'en 1897, la principale revue technique d'électricité, «L'éclairage électrique», se dote d'un conseil scientifique, celui-ci est formé d'Alfred Cornu, Arsène d'Arsonval, Gabriel Lippmann, Henri Poincaré et Alfred Potier, c'est-à-dire uniquement des professeurs de physique des principaux établissements d'enseignement supérieur français.⁹⁷ Lors des diverses expositions internationales, ils président les jurys ou sont chargés des rapports sur les machines et appareils électriques. Enfin c'est le professeur de

fonctionnant à l'air libre, «Bulletin des séances de la Société française de physique», 17 mai 1878, pp. 95-98; «Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale», 6, 1879, pp. 63-65.

⁹⁶ Voir le «Bulletin de la Société internationale des électriciens», 1884-1900. La liste des présidents et vice-présidents se trouve in vol. 1900, pp. 36-37.

⁹⁷ A. Potier était également professeur d'électricité industrielle à l'École des mines.

physique du Collège de France, Eleuthère Mascart, qui lutte pendant plusieurs années pour la création en 1888 du Laboratoire central d'électricité destiné aux industries électriques.

De fait, le bilan des progrès de la physique en France dans les années 1880-90, tel qu'il est présenté par le professeur de physique de l'Institut catholique de Lille, Aimé Witz, se conclut par ces mots: «La physique devient de plus en plus pratique [...], le physicien devient ingénieur». Toutefois cette assertion se trouve davantage vérifiée par la nature des objets d'étude des physiciens que par la nature de leurs relations avec le monde de l'industrie. En effet il faut souligner que les travaux des physiciens concernent le plus souvent des machines 'parfaites' qui leur permettent d'appliquer les lois de l'électromagnétisme et d'effectuer des calculs mathématiques. Peu de réelles innovations techniques sortent de leurs travaux. Tous ne déposent pas des brevets comme d'Arsonval ou Jamin ni ne deviennent conseillers de sociétés comme Jamin, Branly ou Mascart, ce dernier n'y consentant qu'à la fin de sa vie. Les scientifiques se maintiennent dans leur fonction d'analyse, de jugement et d'évaluation des objets techniques.⁹⁸ Ils considèrent qu'il n'y a pas de coupure entre leurs diverses activités. «Il n'y a qu'une science, laquelle n'est ni professorale, ni industrielle, ni civile, ni militaire» affirme Lippmann et, en conséquence, poursuit-il en reprenant le discours de Pasteur, la notion de 'science appliquée' n'a pas de sens.⁹⁹ Tous les secteurs de la société qui recourent aux savoirs ou aux instruments de la science relèvent de leur compétence, défendent-ils. Pendant une vingtaine d'années, les scientifiques ont cru pouvoir maîtriser l'ensemble des techniques électriques.

Mais après la période d'engouement, lorsque l'électricité industrielle acquiert son autonomie en tant que discipline indépendante de la physique, les physiciens abandonnent ce champ à la nouvelle catégorie professionnelle des électrotechniciens. Même le secteur de la métrologie électrique passe aux mains des professeurs de la nouvelle discipline, tel Paul Janet. Les physiciens se consacrent alors à d'autres domaines, anciens ou nouveaux: l'optique pour Mascart et Cornu, les ondes de Hertz pour Joubert, la photographie couleur pour Lippmann, l'électricité médicale

⁹⁸ Sur le rôle particulier de l'Académie des sciences voir J.L. DAVIS, *Artisans and Savants: The role of the Academy of sciences in the process of electrical innovation in France, 1850-1880*, «Annals of science», 55, 1998, pp. 299-301.

⁹⁹ G. LIPPMANN, *L'industrie et les Universités* (Discours présidentiel prononcé à Lyon pour l'inauguration du Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences), repris dans «Revue scientifique», 6, 1906, pp. 161-165.

pour d'Arsonval, la métrologie pour Pellat. Puis les rayons X et la radioactivité attirent la nouvelle génération. Les universitaires se contentent désormais de réclamer des laboratoires de recherche dans les usines afin que l'industrie fasse appel à leur science ou, plus concrètement, aux étudiants qu'ils ont formés. Mais pendant la période 1865-1890, on peut dire que les physiciens universitaires parisiens ont fait un grand pas vers le monde de la technique, passant, pour plusieurs d'entre eux, de délicates expériences d'optique de précision à des mesures de puissance sur de grosses dynamos industrielles. Dans les années 1930, Paul Janet, le plus éminent représentant de l'électrotechnique française affirme que ses Maîtres, c'est-à-dire les physiciens que nous avons étudié, l'avaient formé dans l'admiration de la 'pure Physique' et dans l'idée que «la science n'était véritablement digne d'intérêt [...] que si elle était franchement inutile; la possibilité d'une application ne [pouvant] que ternir la beauté des lois naturelles». ¹⁰⁰ A la lumière de l'analyse que nous avons présentée ici, cette déclaration doit être comprise davantage comme élément d'une stratégie d'affirmation de la spécificité de la nouvelle discipline électrotechnique que comme un témoignage historique fidèle.

SUMMARY — This article aims to analyse the attitude of Parisian physicists in the early years of industrial electricity at the end of the 19th century. During this period in France, the experimental and mathematical physics communities were clearly separated both intellectually and institutionally. Professors of experimental physics refused to enter into theoretical considerations but devoted themselves largely to developing scientific instruments. Through their close collaboration with instrument makers, they found themselves closely linked to the precision industry. They considered, besides, that all technical applications of physics fell within their province. Between 1860 and 1890, many physicists from the Sorbonne, the Collège de France and the Ecole Polytechnique abandoned optics – which until then had been their domain of predilection – for electricity and magnetism. The questions they then started studying were directly related to problems concerning the functioning of machines, motors and electric lights. If their work gave rise to few real innovations, it nonetheless provided the scientific ground for a new discipline – electrical technology – the institutionalisation of which was to replace physicists by new specialists.

¹⁰⁰ P. JANET, *Notes et souvenirs*, Paris, 1933, p. 125.