

Auger, Jean-François. « La formation des ingénieurs électriciens au Canada avant la Première Guerre mondiale ». Françoise Birk and André Grelon (dir.). *Un siècle de formation d'ingénieurs électriciens : ancrage local et dynamique européenne, l'exemple de Nancy* (Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2006), 421-444.

La formation des ingénieurs électriciens au Canada avant la Première Guerre mondiale

JEAN-FRANÇOIS AUGER*

D'après les historiens de la technologie, la formation des ingénieurs électriciens a été mise sur pied en Europe et en Amérique du Nord au cours de la Seconde Révolution industrielle, située entre 1880 et la Première Guerre mondiale (Terman 1976; Grelon 1993; Fox et Guagnini 1994; König 1995). Tantôt au contenu scientifique, elle empruntait le langage des mathématiques et les instruments de la physique; tantôt pragmatique, elle prenait à l'industrie électrique ses problèmes et ses machines. En outre, elle entretenait des rapports privilégiés avec le génie mécanique, du moins en ce qui concerne la construction de machines électriques. Enfin, elle était dispensée dans des laboratoires ou des ateliers spécialement aménagés pour que les étudiants puissent s'exercer à prendre des mesures de précisions sur des machines tels la dynamo, le moteur électrique et le transformateur de courant. S'il existait des variations importantes dans la formation d'un établissement à un autre, c'était le résultat de plusieurs grandes variables contextuelles, également influentes sur les autres programmes de formation d'ingénieurs (Harwood 2006). Elles peuvent être adaptées pour expliquer les particularités de la formation en génie électrique au Canada.

D'abord, les provinces canadiennes détenaient une compétence constitutionnelle exclusive en matière d'éducation. Elles adoptaient des politiques sur le financement du personnel, des bâtiments et des laboratoires pour les établissements placés sous leur responsabilité. Si un établissement dépendait fortement d'un gouvernement, il devait alors régulièrement négocier et justifier le financement de ses programmes. Ensuite, les ressources naturelles représentaient un

secteur important de l'économie dans l'ensemble du pays, tandis que l'activité industrielle était concentrée à Montréal et Toronto. Il en résultait une très forte inégalité entre les établissements quant à leur capacité à investir des filières d'emplois, ou à recevoir des ressources financières et matérielles des entreprises privées. Enfin, l'offre de formation en génie s'est développée à partir des années 1870. Elle était présentée soit par des universités, soit par des écoles d'ingénieurs qui, plus tard, devinrent à leur tour des facultés universitaires. Pour cette raison, la contribution des professeurs de sciences physiques à l'enseignement du génie électrique variait d'un établissement à l'autre.

La formation en génie électrique s'est mise en place à la même période que l'industrie électrique au Canada. Les établissements qui offraient cette formation disposaient de mécanismes institutionnels à l'aide desquels ils échangeaient, à des degrés d'intensité variable, des biens et services avec leur milieu économique. Cela explique pourquoi le génie électrique s'est constitué notamment sur la base des pratiques en vigueur dans les entreprises industrielles du secteur de l'électricité. Afin d'observer ce phénomène, la présente analyse prend pour indicateur la composition du cursus, l'aménagement matériel des laboratoires, le placement des diplômés dans les filières d'emploi et la trajectoire professionnelle des professeurs. Elle est appuyée sur un dépouillement des annuaires de cours et des rapports annuels de six établissements d'enseignement supérieur, de même que par la publication d'articles et de livres par les professeurs. Ces établissements ont été choisis pour refléter la grande diversité régionale des programmes. Enfin, quelques études sur les universités et écoles d'ingénieurs permettent de replacer les programmes de génie électrique dans le contexte de l'enseignement supérieur au Canada avant la Première Guerre mondiale.

Le télégraphe dans le cabinet de physique

Au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, les universités canadiennes élargirent le cursus du premier cycle (*bachelor of arts*) pour y intégrer un nombre supplémentaire de cours de sciences, de mathématique et de génie. Les professeurs de philosophie naturelle adoptèrent, par la même occasion, l'enseignement expérimental des sciences en suivant les pratiques des universités de Glasgow, d'Édimbourg et de Dublin. Les lectures formelles dans les grands amphithéâtres ne suffisaient plus, aux yeux de plusieurs, à l'inculcation des principes fondamentaux. Il fallait désormais enseigner la « science pratique », c'est-à-dire de se servir d'instruments pour faire voir des expériences donnant une bien meilleure idée que l'énumération de termes techniques.

En règle générale, les démonstrations se déroulaient devant la classe, et les appareils de démonstration étaient conservés dans un cabinet aménagé spécialement à cet effet. On retrouvait des instruments de précision tels le galvanomètre, le rhéomètre, le voltmètre, qui comprenaient des unités de mesure normalisées pour faciliter la comparaison des résultats. Sur le sujet particulier de l'électricité, il était usuel de montrer les techniques de mesure du courant électrique à l'aide d'un montage expérimental constitué d'un poste de communication télégraphique, le premier objet de l'industrie électrique à faire son entrée dans le cabinet de physique (Gooday 1991).

Le professeur James Robb, diplômé de l'Université d'Édimbourg, s'intéressa de près aux progrès de la télégraphie au collège King's du Nouveau-Brunswick. Il assurait l'enseignement des cours de philosophie naturelle, de chimie et d'histoire (Bailey 1977). En 1847, il rédigea avec J. B. Toldervy une étude sur la faisabilité d'une ligne télégraphique de type Morse pour le compte du gouverneur général du Nouveau-Brunswick (Robb et Toldervy 1847). Les deux auteurs précisèrent les modalités scientifiques, techniques et financières pour la pose de la première ligne entre Fredericton, la capitale de la colonie britannique, et Saint-Jean, la ville marchande la plus importante.

Après le dépôt de cette étude, Robb souhaita constituer un cabinet d'instruments scientifiques, doté d'appareils pour l'étude du magnétisme et de l'électricité, et un musée. Il voulait réaliser des démonstrations qui stimuleraient la curiosité des étudiants. En réponse à sa demande, le collège acheta des appareils qui illustraient les principes du magnétisme, de l'électricité et du galvanisme (Jarrell 1973). Le collège King's ne conserva toutefois pas longtemps son avance sur les autres établissements, car les ressources minières du Nouveau-Brunswick représentaient un enjeu plus important. Le professeur Loring Woart Bailey, qui succéda à Robb, détourna ainsi son attention de la physique pour la faire porter sur la géologie (Bailey 1925).

L'Université McGill, située à Montréal, inaugura un des premiers programmes de formation d'ingénieurs civils, dans lequel l'électricité faisait partie intégrante de la formation. Elle prolongeait l'enthousiasme suscité par l'exposition internationale de Londres de 1851, au cours de laquelle le potentiel industriel du Canada Uni avait été dévoilé au monde.

Le géologue John William Dawson, principal de l'université, pensait que le développement économique reposait sur les progrès accomplis dans les sciences (Sheets-Pyenson 1996). Il persuadait les marchands, industriels et scientifiques de Montréal de contribuer au budget de l'université. À l'aide de ces ressources, Dawson engagea de nouveaux professeurs pour les cours de science et de génie.

À partir de l'année 1855, l'annuaire de l'Université McGill annonçait des cours de philosophie naturelle et, l'année suivante, de génie civil. Le professeur M. J. Hamilton enseignait la résistance des matériaux, la construction de machines et les sciences physiques à l'aide d'appareils électriques et pneumatiques (McGill 1860). À partir de 1857, l'enseignement de la physique expérimentale et des mathématiques incomba au professeur Alexander Johnson, formé au Trinity College de Dublin. Le programme de l'Université McGill ne connut toutefois pas le succès escompté par Dawson: six étudiants obtinrent un diplôme avant la fermeture du programme en 1863. L'enseignement de la physique demeura néanmoins au programme.

L'Université McGill possédait un conseil d'administration privé, la Royal Institution for the Advancement of Learning, où siégeaient des notables, des marchands et des manufacturiers. Un legs important de James McGill, un riche marchand de fourrures, avait d'ailleurs rendu possible la création de cette institution. Sur la base de ce principe, Dawson commença à multiplier les levées de fonds auprès de la communauté protestante de Montréal. La famille de brasseurs Molson finança par exemple l'érection d'un bâtiment pour l'enseignement des arts. Quelques représentants de la bourgeoisie canadienne-anglaise échangeaient une partie de leurs ressources contre de la reconnaissance symbolique. Les édifices, les bourses d'études, les prix d'excellence et les chaires, tout ou presque portait le nom d'un donateur.

L'achat de nouveaux instruments expérimentaux pour les cours de philosophie naturelle procéda du même mode de fonctionnement. L'université organisa une campagne de souscription auprès de ses bienfaiteurs en 1867. Elle récolta de cette manière deux mille cinq cents dollars, ce qui représentait un peu plus de la moitié du coût total estimé à quatre mille dollars (McGill 1869). Les trois quarts de la somme avaient été donnés par les brasseurs de bière John et William Molson et par le raffineur de sucre Peter Redpath. Avec ces fonds, le professeur Johnson acheta des instruments spéciaux fabriqués par les frères Elliot de Londres. Ils avaient été calibrés conformément aux recommandations du comité de normalisation électrique de la British Association for the Advancement of Science.

L'électricité pour les ingénieurs

Au début des années 1870, la création de programmes permanents de formation d'ingénieurs changea la donne. Les professeurs se proposèrent de former des ingénieurs compétents dans la construction d'infrastructures publiques, l'exploitation des ressources naturelles et la production manufacturière. Ils souhaitaient ainsi répondre aux changements économiques du Canada, qui venait tout juste de fédérer les colonies de l'Amérique du Nord britannique. Si les établissements ne commencèrent pas à former

des ingénieurs électriciens proprement dit, ils ouvrirent néanmoins le cursus aux notions élémentaires d'électricité. L'enseignement de la physique connut ainsi une croissance remarquée; car les étudiants inscrits aux programmes de génie devaient suivre un cours dans cette discipline (Gingras 1991).

Dès la réouverture du programme de génie en 1871, l'Université McGill programma un cours d'électricité (Frost 1980). Inspiré par l'exemple de l'enseignement supérieur en Prusse, Dawson avait réorganisé l'enseignement des sciences selon les besoins de la nouvelle Faculty of Applied Science. Le professeur Johnson commença à dispenser des leçons sur l'application des phénomènes magnétiques à la télégraphie et à la prise de mesure des courants dans les fils électriques (McGill 1871). Des cours de «physique expérimentale», comme on les désignait à l'époque, devaient être suivis par les étudiants des programmes de génie civil, mécanique, minier et de chimie appliquée durant la seconde et la troisième année d'étude, à partir de 1879.

À la même époque, en 1871, la School of Practical Science débuta ses activités à Toronto (White 2001). L'école, indépendante sur le plan administratif, remplissait dans les faits le rôle d'une faculté de sciences appliquées et de génie. Les professeurs d'histoire et de philosophie naturelle de l'université enseignaient aux étudiants de l'école. La situation dura jusqu'à la fédération de l'école à l'université en 1889. Toutes deux dépendaient financièrement de la législature provinciale de l'Ontario pour le salaire des professeurs, l'achat d'équipement et l'entretien des bâtiments. Quelques dons privés financèrent l'érection de nouveaux édifices, mais aucun d'entre eux cependant ne concernait les sciences ou le génie (Friedland 2002).

Le professeur de mathématiques et de physique James Loudon enseignait la «science pratique» aux étudiants de l'école. Il était titulaire de la chaire de mathématiques et de physique depuis 1875. Sur la question des sciences, il pensait qu'elles devaient être enseignées, non plus exclusivement par des formules tracées sur le tableau noir, mais également par des démonstrations concrètes en laboratoire. Il dut toutefois restreindre son projet d'acquisition d'instruments expérimentaux au domaine de l'optique, instruments

qui avaient été achetés auprès de fabricants européens, ou construits dans les ateliers de l'université. Quant aux appareils de démonstration des phénomènes électriques, le laboratoire n'en fut pourvu que quelques années plus tard (Loudon 1907).

Fondée en 1873, l'École polytechnique de Montréal connut un développement fort différent de ses consœurs. La différence en a été attribuée au système d'éducation du Québec, au rôle du clergé catholique dans l'éducation et à la position inférieure des Canadiens français dans l'économie canadienne (Gingras et Gagnon 1988). Puisque l'école n'offrait qu'une formation générale en génie civil, ses diplômés trouvaient le débouché de leur carrière surtout dans la fonction publique mais rarement dans l'industrie (Gagnon 1991). Si elle possédait un cabinet de physique qui, quoique rudimentaire, comprenait des instruments de démonstration de l'électricité, aucun d'entre eux toutefois n'était caractéristique de l'industrie électrique, selon le témoignage d'un ancien élève (Béique 1936). Ils avaient été achetés par l'abbé Hospice-Anthelme Verrau chez un fabricant d'instruments parisiens.

La mise en place de l'industrie électrique

L'industrie électrique connut un développement rapide en Amérique du Nord au début des années 1880. Des compagnies telles que General Electric, Phillips Electric, Victor Talking Machines et Black and Decker établirent des usines de matériel électrique à Montréal (Lewis 2000). Elles contribuèrent ainsi à l'accroissement de la dépendance technologique et économique du Canada à l'endroit des États-Unis. De plus, elles favorisaient l'embauche d'ingénieurs issus des nouveaux programmes de formation de génie électrique des États-Unis. La formation des ingénieurs électriciens débuta en effet au Massachusetts Institute of Technology en 1882 et aux universités Cornell et du Missouri quelques années plus tard (Terman 1976). En outre, les ingénieurs américains s'étaient regroupés autour de l'American Institute of Electrical Engineers pour défendre leurs intérêts professionnels (McMahon 1984).

Des cours sur l'électricité destinés aux ingénieurs firent leur apparition dans les cursus au Canada. À l'École polytechnique de Montréal, Salluste Duval, un médecin de formation qui donnait des leçons de génie mécanique, inaugura l'un des premiers cours du genre en 1887. Il faisait visiter aux étudiants les installations manufacturières de la compagnie Royal Electric. L'introduction précoce de ce cours tient au fait que Duval s'était intéressé aux applications pratiques de l'électricité à l'atelier des facteurs Claver et Samuel Casavant. Il inventa, en 1882, une pédale à combinaison ajustable pour le jeu d'orgue qui fonctionnait à l'électricité. De plus, des entreprises avaient recours à ses services de consultant en matière de téléphonie et de télégraphie. Afin de constituer un équipement expérimental de type industriel, Duval récupéra plusieurs éléments du central de la Compagnie de téléphone des marchands de Montréal à la suite d'un incendie (Frigon 1946).

L'intérêt pour l'électricité commença également à se manifester à l'Université McGill. Des industriels donnèrent des machines, des outils, des instruments et autres objets avec l'objectif d'aider au démarrage d'une formation spécialisée. L'Edison Light Systems, par exemple, donna une dynamo qui servit à produire un éclairage incandescent à titre expérimental (McGill 1888). Par ces dons matériels, l'espace d'enseignement de la physique de l'électricité ressemblait de moins en moins à un cabinet du début du siècle et de plus en plus à un laboratoire industriel. Dès le début, l'Université McGill réussit à placer deux diplômés dans l'industrie électrique, l'un à la British Columbia Electric Railway et l'autre à l'American Light and Traction.

La réaction au développement de l'industrie électrique ne se fit pas attendre à la School of Practical Science. En 1883, Loudon demanda que la législature provinciale dégagât des fonds pour acheter de l'équipement de laboratoire en électricité. Or, à cette demande pressante, le gouvernement de l'Ontario fit la sourde oreille durant quelques années. Enfin, en 1889, lorsque l'école déménagea du centre-ville pour s'installer sur le campus de l'Université de Toronto, on inaugura un laboratoire équipé d'«appareils philosophiques» destinés à l'enseignement pratique de l'électricité (Wilson 1889). Thomas Reeves Rosebrugh, étudiant inscrit au

programme de physique et mathématique, assistait alors le professeur. Il s'était autrefois intéressé à des circuits de transmission du signal téléphonique, pour lesquels il était, avec son père, détenteur de deux brevets d'invention. Après avoir travaillé en entreprise, il devint le premier professeur de génie mécanique et électrique de l'école d'ingénieurs torontoise en 1890 (Anonyme 1912).

L'Université du Nouveau-Brunswick se trouvait dans une posture différente des autres établissements universitaires (Baird 1950; Jarrell 1973). Il fallut attendre 1890, date de l'engagement du docteur en physique Alexander Wilmer Duff, pour voir reprendre l'enseignement de la physique électrique. Duff se familiarisa avec l'industrie, notamment par la visite des usines de Thomson-Houston à Lynn, Massachusetts. D'après les termes de son engagement, il devait enseigner à la fois la physique et le génie électrique pour soutenir le développement économique de la province. Le laboratoire que réclama le professeur dut être payé grâce à un emprunt contracté par l'université, qui ne disposait pas du soutien des industriels locaux. Finalement, Duff quitta l'université après deux années de travail et fit carrière aux États-Unis.

L'institutionnalisation du génie électrique

Le coup d'envoi de la formation des ingénieurs électriciens a été donné alors que l'industrie s'organisait sur un pied ferme au Canada. Le *Canadian Electrical News* commença, en 1891, à faire paraître régulièrement de l'information sur le sujet. Il publiait des articles rédigés par des ingénieurs praticiens sur la théorie du magnétisme, la mesure du courant, les accumulateurs, les stations d'éclairage et les moteurs électriques. Dans la même lancée, des représentants de compagnies d'éclairage, de tramway, de téléphone et de produits électriques sentirent le besoin de faire valoir des intérêts proprement canadiens. De là résulte l'organisation de la Canadian Electricity Association à Toronto en 1891. Les industriels, les ingénieurs et les professeurs membres de l'association soulignèrent la nécessité de créer des formations spécialisées en génie électrique.

L'Université McGill annonça l'ouverture du premier département de génie électrique au Canada cette même année (McGill 1891). La faculté des sciences appliquées, qui offrait déjà des formations en génie civil, minier et en chimie appliquée, ajouta au cursus les génies mécanique et électrique. Dawson, fidèle à son habitude, en avait appelé à la générosité des industriels, en soulignant clairement les besoins financiers de son université pour l'érection de nouveaux bâtiments et le financement de chaires d'enseignement. Plusieurs donateurs philanthropes de Montréal répondirent magnanimement à l'appel. William Macdonald, grand producteur de tabac, équilibra le budget du département de génie électrique en forte expansion par un don spécial; il finança aussi la chaire de génie électrique. Charles Ashley Carus-Wilson l'occupa dès l'année de sa création, et R. B. Owens, diplômé de l'Université Columbia, le remplaça en 1898. Par l'ensemble de ces initiatives, l'Université McGill se plaçait dans une position avancée dans la formation des ingénieurs électriciens au Canada.

L'université organisa une autre campagne de souscription, cette fois avec l'objectif d'équiper les laboratoires et les ateliers de la faculté des sciences appliquées (McGill 1892). Des entreprises de l'industrie électrique financèrent les activités du nouveau département par des dons en argent tandis que d'autres donnèrent de l'équipement industriel. Les compagnies General Electric et Royal Electric donnèrent des dynamos, la National Electric Manufacturing, des transformateurs, la Crooker Wheeler-Electric Motor, des moteurs électriques et ainsi de suite. Dans un tableau qui dresse les donations à la faculté des sciences appliquées, on relève des appareils téléphoniques, des générateurs, des moteurs électriques, des transformateurs, des condensateurs, des bobines, des câbles électriques, du matériel isolant, des lampes etc. (McGill 1903). En bref, l'environnement matériel des entreprises privées tendait à être transféré dans le laboratoire d'électricité de l'université.

En échange de leurs dons matériels, les entreprises industrielles approchèrent le laboratoire d'électricité pour tester de nouveaux produits. La Montreal Street Railway, par exemple, donna un wagon aux fins de recherche sur les problèmes posés par l'alimentation électrique en cours d'opération. Les étudiants conduisirent,

eux aussi, des tests sur de l'équipement fourni par des compagnies privées; car ils étaient tenus de présenter un travail de recherche original dans le cadre de cours avancés en maîtrise (McGill 1896). Un service de normalisation et de mesures électriques offert aux entreprises commença à partir de 1910. Les sommes générées par la vente de service servirent à l'achat d'équipements de pointe en génie électrique (Auger, à paraître).

En Amérique du Nord à cette époque, un débat opposait les tenants de l'enseignement traditionnel et de l'enseignement en atelier et en laboratoire (Calvert 1967). La faculté des sciences appliquées de l'Université McGill se rangeait nettement du côté de ces derniers. Le programme prévoyait que les étudiants connaissent l'usage des matériaux industriels, qu'ils sachent utiliser des machines simples, et qu'ils développent quelque habileté manuelle. Le temps de l'étudiant consacré à l'apprentissage en atelier diminuait avec les années; tandis que le temps consacré aux expériences de laboratoire, lui, augmentait. Ainsi le laboratoire de génie électrique comprenait une section pour les instruments de mesure et de normalisation, une pièce pour l'étude des phénomènes magnétiques, une station d'éclairage expérimentale et une chambre pour les accumulateurs électriques. Une grande salle abritait des dynamos de grande taille. À partir de leur expérience dans ces laboratoires, les professeurs Carus-Wilson et Clarence Victor Christie publièrent respectivement les livres *Electro-Dynamics* (1898) et *Electrical Engineering* (1913), qui connurent une large diffusion.

Les diplômés du programme de génie électrique travaillaient majoritairement pour des entreprises privées avec lesquelles l'université était en relation d'échange. Le *Graduates' Bulletin* de la faculté des sciences appliquées permet de connaître l'activité professionnelle de 105 ingénieurs diplômés entre 1871 et 1912 (Applied Science Graduates' Society 1912), la moitié d'entre eux (51) travaillant dans l'industrie manufacturière. Les diplômés occupaient des postes de gestion ou de direction des services d'ingénierie dans les usines. Les grands employeurs étaient Westinghouse, General Electric et Allis-Chalmers. Le deuxième secteur en importance, qui représentait le quart des diplômés (27), était constitué des compagnies de production et de distribution de

l'énergie électrique telles la Montreal Light Heat and Power et la Shawinigan Water and Power. Un peu plus d'un dixième (12) des diplômés travaillait pour des compagnies de chemin de fer électrifié ou des compagnies de tramway. Les autres (15) occupaient des postes dans des secteurs variés. Les diplômés s'étaient groupés, suivant l'exemple des universités anglaises, autour de l'Electric Club, où ils échangeaient des informations professionnelles.

La carrière de Louis Anthyme Herdt illustre la trajectoire professionnelle d'un professeur de génie électrique (Anonyme 1910; Gagnon 2005). Diplômé de génie mécanique à l'Université McGill, il travailla pour la compagnie Laurie Engine Works avant de se lancer dans l'étude de l'électricité. Il suivit quelques cours à l'École supérieure d'électricité de Paris; mais il compléta ses études à l'Institut Montefiore de Liège. Ensuite, il travailla à la compagnie Houston à Paris au poste de concepteur de matériel électrique. De retour à Montréal, il gravit les échelons jusqu'à occuper la chaire de génie électrique de l'Université McGill en 1909. Il remplaça le professeur Owens, avec lequel il avait engagé plusieurs recherches sur les moteurs électriques. Avec l'avènement du tramway électrique, il conseilla les compagnies de tramway de Montréal, de Toronto et de Winnipeg (Herdt 1909 et 1920). Son expertise était également reconnue en matière de production et de distribution du courant électrique. En conséquence, ses cours traitaient notamment des problèmes d'électrification des systèmes de tramway et du fonctionnement des centrales électriques.

La cohabitation des génies mécanique et électrique

Le génie électrique cohabita avec le génie mécanique à la School of Practical Science de 1892 à 1906. Au cours de cette période, le professeur Rosebrugh passait en revue les notions d'électricité, de magnétisme, de conception de machines, de mécanique et de dynamique. La formation des ingénieurs mécaniciens et électriciens était pratiquement la même au cours de la première année. Au cours de la deuxième année, l'étudiant se familiarisait avec la prise de mesures des courants électriques. Au cours de la troisième

année, la formation se rapprochait davantage du génie électrique, puisqu'il était question des dynamos, des moteurs électriques et des batteries. Enfin, la quatrième année se déroulait entièrement, ou presque, dans le laboratoire de génie électrique.

Si les génies mécanique et électrique cohabitaient, cela tenait sans doute au fait que l'université entretenait peu de liens avec l'industrie électrique. Le laboratoire reçut peu de ressources financières et matérielles de la part des entreprises privées. La compagnie Turbayne-Tamblyn Arc Light, par exemple, donna une lampe électrique en 1894. Ces quelques rares dons ne suffisaient pas à pourvoir aux besoins croissants du génie électrique. Rosebrugh dispensait le cours de génie électrique à l'aide de dynamos, de moteurs électriques, d'arcs électriques, de lampes à incandescence, de batteries et d'instruments de mesure électriques (Galbraith 1892b).

John Galbraith, le directeur de l'école, comptait sur le gouvernement provincial, auprès duquel il négociait le financement pour payer les frais d'opérations et d'équipement. Il ne manquait jamais de souligner la demande croissante pour obtenir des superficies et des laboratoires d'enseignement du génie électrique dans les rapports annuels qu'il soumettait à la législature. Il était partisan d'un enseignement pratique par des professeurs possédant une expérience professionnelle et des notions de sciences de la nature (Galbraith 1892a). Il ne suffisait pas, d'après lui, de lire les dernières publications pour prendre connaissance des plus récents développements en génie; il fallait aussi consacrer du temps à des pratiques professionnelles à l'extérieur du cadre universitaire. Toutefois, à cause de la confusion régnant en Ontario entre un enseignement technique destiné aux artisans et la formation des ingénieurs, Galbraith s'opposa fermement à l'idée d'aménager des ateliers mécaniques dans les locaux de l'école.

En raison de la cohabitation des génies électrique et mécanique, les diplômés occupaient des emplois dans les deux secteurs industriels correspondants. La liste dressée par l'Engineering Society (1911) donne l'activité professionnelle des diplômés entre 1892 et 1911. Les entreprises manufacturières comme Westinghouse et General Electric employaient près du quart des diplômés (74 des

297 diplômés dont on connaît l'activité). Il s'agissait d'emplois qui faisaient appel à des compétences en génie mécanique. Moins d'un dixième (28) travaillait dans des firmes de consultants privés. Le bureau d'ingénieur-conseil Smith, Kerry and Chase, spécialisé dans la réalisation de centrales hydroélectriques, engagea plusieurs d'entre eux au début du *xx*^e siècle. Un autre dixième (29) travaillait pour le gouvernement. L'école entretenait des liens privilégiés avec la Hydro-Electric Power Commission of Ontario, mise sur pied par le gouvernement provincial en 1906. Une proportion semblable (26) se trouvait employée par des entreprises de production et de distribution de l'énergie électrique. Divers autres secteurs recrutaient le reste des diplômés, surtout en génie mécanique. Les diplômés possédaient leur club, l'Electrical and Mechanical Club, qui calquait la double identité disciplinaire du programme de formation.

Au cours des études de maîtrise, les étudiants devaient réaliser des travaux de recherche originale. W. P. Dobson, diplômé en génie électrique, entreprit l'étude des effets perturbateurs de l'alimentation et de l'interruption du courant sur les lignes de transmission à haut-voltage (Anonyme 1913). Les professeurs Rosebrugh et H. W. Price intégrèrent l'étudiant à leur programme général de recherche. Dobson prit des mesures sur les lignes de la Toronto Hydro-Electric Systems, de la Hydro-Electric Power Commission of Ontario et de la Toronto Power Company. En échange de l'accès à leurs installations, les compagnies pouvaient consulter les résultats de la recherche. La collaboration avec la commission hydroélectrique passait tout naturellement par son ingénieur en chef, F. A. Gaby, un des premiers diplômés en génie électrique de Toronto. Après ses études supérieures, Dobson travailla d'abord comme ingénieur en chef dans une compagnie d'électricité et ensuite au poste de directeur de la recherche à Hydro-Ontario. Les échanges avec les entreprises industrielles avaient donc autant un effet sur la sélection des axes de recherche que sur le placement des diplômés dans des filières d'emploi.

Des établissements isolés de l'industrie électrique

Située dans le centre industriel du Canada, l'école polytechnique n'était pas pour autant en position d'échanger avec les entreprises industrielles avec la même intensité que l'Université McGill. Dès 1907, les étudiants devaient suivre des cours d'électricité dans un laboratoire sous la direction du professeur Léo Parizeau, radiologue à l'hôpital Notre-Dame (Frigon 1915). Quelques années plus tard, Augustin Frigon, diplômé de l'école et démonstrateur au laboratoire, se rendit au Massachusetts Institute of Technology prendre connaissance des plus récents développements dans le domaine. Il était maintenant chargé du cours d'électricité pour les ingénieurs. À peine revenu de son séjour, il partit faire la tournée des entreprises privées d'électricité et des établissements d'enseignement supérieur américains, chez lesquels il prit des notes sur la structure des cours et l'aménagement des laboratoires.

Le laboratoire d'électricité avait été conçu pour l'enseignement avec des instruments de physique et de l'industrie électrique. Pour la physique, il comprenait des instruments de mesure de précision à l'aide desquels les élèves réalisaient des manipulations expérimentales et prenaient connaissance des unités de mesure physique. Pour l'industrie, on trouvait des moteurs, des générateurs, des transformateurs, une machine à vapeur et une centrale électrique dotée d'un tableau de distribution. De plus, une section était consacrée à la photométrie, une autre à l'étalonnage des instruments et une dernière à un poste de télégraphie sans fil. L'école paya cet équipement à l'aide de fonds octroyés par le ministère de l'Instruction publique du Québec.

Frigon demeura au fait des grands projets de construction de centrales hydroélectriques au Québec. Il s'associa à Arthur Surveyer, diplômé de l'école et praticien privé depuis quelques années. Les deux ingénieurs réalisèrent les plans et devis de barrages jusqu'en 1917. Après cette année-là, Frigon consacra toutes son énergie à l'enseignement du génie électrique. Il étudia également à l'École supérieure d'électricité de Paris, où il réalisa une étude expérimentale sur les diélectriques industriels (Frigon 1922). À son retour à Montréal, il fut nommé directeur de l'école

polytechnique. Malgré tous les efforts de Frigon pour rapprocher son établissement des milieux industriels, le laboratoire d'électricité demeura longtemps en marge de l'industrie électrique. Beaucoup plus tard, Joseph-Arthur Villeneuve déplorait encore l'isolement de son établissement des milieux industriels et la vétusté du laboratoire d'électricité (Villeneuve 1939; Auger 2001).

Au Canada, d'autres établissements éprouvaient des difficultés similaires pour mettre en route un programme de génie électrique. En 1893, la School of Mining and Agriculture fut créée à Kingston mais en toute indépendance vis-à-vis de l'Université Queen's (Clark 1944; Neatby 1978). Le recteur de l'université avait bataillé durant six ans avec le gouvernement de l'Ontario, qui avait tendance à privilégier l'Université de Toronto, pour obtenir un financement adéquat pour la création de cette école. John Caruthers, l'un des gouverneurs de l'université, avait fait un don important, qui servit à la construction d'un édifice pour abriter l'enseignement des sciences. Une campagne de souscription publique permit de faire l'acquisition de cet édifice pour loger les activités de la nouvelle école. Bien qu'en 1894, l'annuaire de l'université annonçât un cours de génie électrique, les préoccupations locales favorisaient cependant le génie minier. L'exploitation du cuivre stimulait, en effet, la croissance rapide de l'économie de l'est de l'Ontario.

Le professeur James Lester Willis Gill, diplômé de l'Université McGill, prit en charge l'enseignement du génie électrique en 1900. Détenteur d'une bourse d'étude de l'Exposition de 1851, il avait réalisé des études en électricité à l'Université Johns Hopkins. Par la suite, la compagnie Westinghouse l'avait engagé pour son laboratoire de tests à Pittsburgh. Lorsqu'il arriva à l'université, Gill s'attachait particulièrement à monter le laboratoire d'électricité. Avec l'appui du gouvernement de l'Ontario, un nouvel édifice fut construit en 1901. De l'espace était prévu pour un laboratoire d'électricité et l'équipement provenait des compagnies General Electric et Westinghouse. Dans le cadre des cours, des démonstrations étaient faites à l'aide de moteurs et de panneaux d'éclairage. Des instruments de mesure comme des wattmètres étaient mis à la disposition des expériences. En bref, le laboratoire était doté du minimum nécessaire à l'enseignement du génie électrique.

Le laboratoire servait en fait à dispenser des notions élémentaires d'électricité aux ingénieurs miniers. L'industrie minière utilisait en effet de plus en plus l'électricité comme source d'éclairage, de fonctionnement des marteaux pneumatiques, d'alimentation des ascenseurs de puits et des chariots de convoyage du minerai. Une partie du cours était également consacrée à l'enseignement du génie mécanique. Cette situation dura jusqu'en 1915. L'école devint cette année-là la Faculté de sciences appliquées de l'Université Queen's. Le cursus s'élargit pour inclure les options en minéralogie, géologie, civil, mécanique et électricité. L'essor de la téléphonie et de la télégraphie sans fil justifiait maintenant l'établissement d'une formation en génie électrique.

Le marché de la formation en génie électrique

La formation en génie électrique se diffusa à travers le réseau des universités et des écoles d'ingénieurs au début du *xx*^e siècle. L'Université McGill dominait alors nettement le marché canadien. D'une part, elle forma quelques-uns des professeurs qui établirent des cours, des programmes ou des départements de génie électrique dans les autres universités. Le cas du professeur Gill engagé par l'Université Queen's a déjà été évoqué. Autre exemple, Edward Phillips Fetherstonhaugh, un ingénieur diplômé de l'Université McGill, fut engagé à la chaire de génie électrique à l'Université du Manitoba (University of Alberta 1910; Morton 1957). On verra plus loin le cas de Howard Ketchum Dutcher à l'Université de Colombie-Britannique. Par ailleurs, plusieurs étudiants en provenance des provinces de l'est et de l'ouest du Canada venaient y faire leurs études après une première année préparatoire. La position de l'Université McGill eut donc des effets sur des programmes établis dans d'autres universités.

À l'Université du Nouveau-Brunswick, George Miller Downing, diplômé du Brooklyn Polytechnic Institute, occupait la chaire de physique et de génie électrique à la suite du départ de Duff. Il jeta les bases d'un programme spécialisé d'une durée de quatre années en génie électrique. Selon l'annuaire des cours de 1892, les étudiants

devaient suivre des cours de mécanique appliquée, de transmission du courant et de mesure électrique au cours de la 3^e année. Ils apprenaient la théorie de l'électricité, la théorie des courants alternatifs et la conception de dynamos et de transformateurs au cours de la quatrième. De plus, ils devaient s'exercer avec des dynamos, des moteurs et des modèles de lignes de transmission en laboratoire.

Downing avait réussi à obtenir de l'équipement industriel auprès de la Fredericton Electric Lighting Company. Il entra aussi en contact avec la compagnie Canadian General Electric, qui donna quelques pièces d'équipement et des instruments de mesure. Arthur Melville Scott, diplômé de l'Université de Toronto, prit la relève de Downing. Le faible nombre d'inscriptions en génie électrique mina à moyen terme l'existence du programme. Plusieurs étudiants ne suivaient en effet que la première année préparatoire en physique et en mathématiques à l'Université du Nouveau-Brunswick. Ils allaient ensuite étudier le génie électrique à l'Université McGill, où leurs chances de placement en entreprise étaient plus élevées.

Une situation similaire prévalait à Vancouver où l'Université McGill établit un collège préparatoire en 1907. L'annuaire de cette année-là annonçait des cours de physique comprenant l'étude de l'électricité, du magnétisme, de la mesure du courant et du calibrage des instruments. L'étudiant pouvait débiter des études de génie à Vancouver et, s'il démontrait de l'intérêt, compléter des études de génie électrique à Montréal. Ce régime fonctionna jusqu'à la création de l'Université de Colombie-Britannique par le gouvernement provincial en 1915. La faculté des sciences de la nouvelle université comprenait un département de génie mécanique (Damer 2001). Les ingénieurs mécaniciens répondaient alors à l'expansion industrielle dans les secteurs miniers, forestiers et manufacturiers de la province. Howard Ketchum Dutcher, diplômé de l'Université McGill, décrocha le premier poste de professeur de génie électrique. Les cours assignés aux ingénieurs mécaniciens traitaient des applications des moteurs électriques au fonctionnement des machines industrielles et des génératrices de courant.

Le génie électrique se ménagea une place plus importante dans le programme d'études au milieu des années 1920. Le professeur

Gill, qui avait quitté son poste de l'Université Queen's, faisait la promotion de sa spécialité depuis son arrivée. Il avait si bien réussi à rallier les étudiants à sa cause que ces derniers présentèrent une pétition à l'administration pour la reconnaissance du génie électrique. Plus important, des cours de génie électrique, offerts en quatrième année, après une formation de tronc commun, comprenaient l'étude des machines électriques et la production d'électricité.

Conclusion

Les programmes de génie électrique commencèrent avec la seconde phase d'industrialisation du Canada, et plus particulièrement à la suite du démarrage de l'industrie électrique dans les années 1880. Les universités ajustèrent leur offre de formation aux développements industriels en créant des programmes de premier cycle spécialisés en génie électrique. Du cabinet de physique au laboratoire de génie électrique, il y eut plusieurs transformations notables qui expliquent l'institutionnalisation de cette discipline du génie dans les établissements d'enseignement supérieur. Les professeurs utilisèrent de plus en plus des dynamos, des moteurs, des transformateurs et autres équipements empruntés directement à l'industrie électrique. Ainsi, la physique, qui dominait au départ la formation, céda du terrain à des savoirs pratiques liés à l'utilisation et au fonctionnement de l'équipement industriel, sans toutefois disparaître de la formation des ingénieurs. De même, les universités engagèrent des ingénieurs électriciens à des postes de professeur, et certains d'entre eux détenaient une expérience pratique en entreprise privée qu'ils transposèrent à l'université.

Il existe toutefois des variations importantes dans l'offre de formation d'un établissement à l'autre. À cet égard, l'Université McGill se trouvait dans une position avantageuse en raison de ses échanges intensifs de biens et de services avec l'industrie électrique du nord-est de l'Amérique. Les génies mécanique et électrique cohabitèrent à l'Université de Toronto, qui entretenait peu de liens avec l'industrie électrique. L'École polytechnique de Montréal,

dont les échanges étaient les plus faibles, voire inexistants, maintenait l'enseignement du génie électrique dans le cadre très large de la formation en génie civil. Le choix de ce cursus était adapté au placement des diplômés dans les secteurs d'emplois gouvernementaux. L'environnement économique régional de l'établissement pesait également lourdement dans l'offre de formation. Les universités Queen's et de la Colombie-Britannique formaient d'abord des ingénieurs miniers et mécaniques en réponse aux besoins d'une économie fondée sur l'exploitation des ressources naturelles. Le génie électrique était alors une matière complémentaire des autres programmes.

Ces cas illustrent autant de degrés dans l'intensité des échanges avec les entreprises industrielles. Ils expliquent fortement pourquoi un établissement introduit, développe et maintient une formation spécialisée en génie électrique. Il existe toutefois une nuance importante qui résulte de la taille du système d'enseignement à l'échelle du pays. À cet égard, l'Université McGill disposait de l'avantage considérable du premier entrant sur le marché de la formation. Puisqu'elle réussissait à canaliser une bonne partie des inscriptions à l'échelle du pays, elle diminuait d'autant les effectifs étudiants des autres établissements qui auraient autrement pu justifier leurs programmes. De même, elle s'était assurée une certaine mainmise sur plusieurs filières de placement dans les entreprises industrielles. Enfin, quelques postes de professeur étaient occupés par des diplômés de l'Université McGill lorsque le système universitaire canadien commença à prendre de l'expansion peu avant la Première Guerre mondiale.

NOTE

* Institut de recherches interdisciplinaire sur les sciences et la technologie, Université Louis-Pasteur, Strasbourg.

INDICATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1910. «Louis A. Herdt – The Practical Theorist», *Canadian Electrical News*, 19, 10, p. 26.
- 1912. «Thomas Reeve Rosebrugh – Mathematical Electrician», *Canadian Electrical News*, 21, 4, p. 44-45.
- 1913. «Research Scholarship», *Applied Science*, 8, 1, p. 165-166.
- Applied Science Graduates' Society, 1912. *Graduates' Bulletin and List of Graduates in the Faculty of Applied Science*, Montréal.
- AUGER Jean-François, 2001. «La commercialisation des produits de la recherche en génie au laboratoire d'électronique appliquée de l'École polytechnique de Montréal, 1937-1975», *Histoire, économie et société*, 20, 1, p. 105-122.
- À paraître. «L'université au service de l'industrie: la vente de services de laboratoire en génie au Canada, 1895-1939» in Yves Gingras et Lyse Roy, *Transformations et mutations des universités, en Europe et en Amérique du XIII^e au XXI^e siècle*, Montréal, Presses de l'Université du Québec à Montréal.
- BAILEY Alfred G., 1977. «Robb, James», *Dictionnaire biographique du Canada. Vol. IX, 1861-1870*, Québec, Presses de l'Université Laval, p. 734-736.
- BAILEY Joseph Whitman, 1925. *Loring Woart Bailey. The Story of A Man of Science*, Saint-John, McMillan.
- BAIRD Foster, 1950. «The History of Engineering at the University of New Brunswick», in Alfred G. Bailey, *The University of New Brunswick Memorial Volume*, Fredericton, University of New Brunswick, p. 75-86.
- BÉRIQUE Paul, 1936. «La physionomie de l'ancienne école polytechnique», *Revue trimestrielle canadienne*, 22, 1, p. 12-19.
- BELLAVANCE Claude, 1994. *Shawinigan Water and Power, 1898-1963. Formation et déclin d'un groupe industriel au Québec*, Montréal, Boréal.
- CALVERT Monte, 1967. *The Mechanical Engineer in America, 1830-1910*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- CANUEL Alain, 1995. «Augustin Frigon et la radio nationale du Canada», *Scientia Canadensis*, 19, p. 29-50.
- CARUS-WILSON Charles Ashley, 1898. *Electro-Dynamics. The Direct-Current Motor*, Londres, Longman.

- CHRISTIE Clarence Victor, 1913. *Electrical Engineering. The Theory and Characteristics of Electrical Circuits and Machinery*, New York, McGraw-Hill.
- CLARK A. L., 1944. *The First Fifty Five Years. A History of the Science Faculty at Queen's University, 1893-1943*, Kingston, s. é.
- DAMER Eric 2001. *Discovery by Design. The Department of Mechanical Engineering of the University of British Columbia, Origins and History, 1907-2001*, Vancouver, Ronsdale Press.
- Engineering Society, 1911. *List of Graduates and their Business Addresses*, Toronto, Applied Science.
- FOX Robert et GUAGNINI Anna, 1994. «Starry Eyes and Harsh Realities: Education, Research and the Electrical Engineer in Europe, 1880-1914», *Journal of European Economic History*, 12, 1, p. 69-92.
- 1998. «Laboratories, Workshops, and Sites: Concepts and Practices of Research in Industrial Europe, 1800-1914», *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 29, 1, p. 55-139; 2, p. 193-294.
- FRIEDLAND Martin L., 2002. *The University of Toronto. A History*, Toronto, University of Toronto Press.
- FRIGON Augustin, 1915. «Nos laboratoires d'électricité», *Revue trimestrielle canadienne*, 1, 2, p. 3-II.
- 1922. «Étude expérimentale sur les pertes d'énergie dans quelques diélectriques industriels soumis à une différence de potentiel sinusoïdale», Université de Paris, faculté des sciences, thèse de doctorat.
- 1946. «Salluste Duval tel qu'on le connut à l'école polytechnique», *Revue trimestrielle canadienne*, 32, 2, 57-59.
- FROST Stanley Brice, 1980. *McGill University. For the Advancement of Learning*, vol. 1., Montréal, McGill-Queen's University Press.
- GAGNON Robert, 1991. *Histoire de l'École polytechnique de Montréal. La montée des ingénieurs francophones, 1873-1990*, Montréal, Boréal.
- 2005. «Louis Anthyme Herdt», *Dictionnaire biographique du Canada*, vol. 15, Québec, Presses de l'Université Laval.
- GALBRAITH John, 1892a. *Technical Education*, Toronto, Warwick.
- 1892b. «Annual Report of the School of Practical Science», *Ontario Sessionals Papers*, Victoria 55, n° II.
- GINGRAS Yves et GAGNON Robert, 1988. «Engineering Education and Research in Montreal: Social Constraints and Opportunities», *Minerva*, 17, 1, p. 53-65.

- GINGRAS Yves, 1991. *Les Origines de la recherche scientifique au Canada. Le cas des physiciens*, Montréal, Boréal.
- GOODAY Graeme, 1991. «Teaching Telegraphy and Electrotechnics in the Physics Laboratory: William Ayrton and the Creation of an Academic Space for Electrical Engineering in Britain, 1873-1884», *History of Technology*, 13, 1, p. 73-111.
- GRELON André, 1993. «La formation des ingénieurs électriciens en France (1880-1939)», *Bulletin d'histoire de l'électricité*, 12, p. 43-53.
- HARWOOD Jonathan, 2006. «Engineering Education Between Science and Practice: Rethinking the Historiography», *History and Technology*, 22, 1, p. 53-79.
- HERDT Louis A., 1909. «Electrolysis of Winnipeg Water Mains», *Canadian Engineer*, 17, p. 197-199.
- 1920. «Les tramways à Montréal», *Revue trimestrielle canadienne*, 6, 4, p. 396-398.
- JARRELL Richard A., 1973. «Science Education at the University of New Brunswick in the Nineteenth Century», *Acadiensis*, 2, 2, p. 55-79.
- KÖNIG Wolfgang, 1995. *Technikwissenschaften. Die Entstehung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1914*, Chur, G+B.
- 1996. «Science-Based Industry or Industry-Based Science. Electrical Engineering in Germany Before World War I», *Technology and Culture*, 37, 1, p. 70-101.
- LEWIS Robert, 2000. *Manufacturing Montreal. The Making of an Industrial Landscape, 1850 to 1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- LOUDON James, 1907. «The Evolution of the Physical Laboratory», *University of Toronto Monthly*, 8, 42-47.
- McGill University, *Calendar of McGill College and University*, Montréal.
- McMAHON Michal A., 1984. *The Making of a Profession. A Century of Electrical Engineering in America*, New York, IEEE Press.
- MORTON W. L., 1957. *One University. A History of the University of Manitoba, 1877-1952*, s. l., McClelland and Stewart.
- NEATBY Hilda, 1978. *Queen's University. To Strive, to Seek, to Find, and not to Yield, 1841-1917*, vol. 1, Montréal, McGill-Queen's University Press.

- ROBB James et TOLDERVY J. B., 1847. *Report and Estimate Concerning an Electro-Magnetic Telegraph Between Fredericton and Saint John*, Fredericton, Simpson.
- SHEETS-PYENSON Susan, 1996. *John William Dawson. Faith, Hope and Science*, Montréal, McGill-Queen's University Press.
- TERMAN Frederick E., 1976. «A Brief History of Electrical Engineering Education». *Proceedings of the IEEE*, 64, 9, p. 1399-1406.
- University of Manitoba, 1910. *Report of the Royal Commission on the University of Manitoba*, Winnipeg, Hooper.
- VILLENEUVE Joseph-Arthur, 1939. «Les ingénieurs électriciens de l'école polytechnique», *Revue trimestrielle canadienne*, 25, 1, p. 167-183.
- WHITE Richard, 2001. *The Skule Story. The University of Toronto Faculty of Applied Science and Engineering, 1873-2000*, Toronto, Faculty of Applied Science and Engineering.
- WILSON Daniel, 1889. «Annual Report of the Board of Management of the School of Practical Science», *Ontario Sessionals Papers*, Victoria, 52, n° 6.