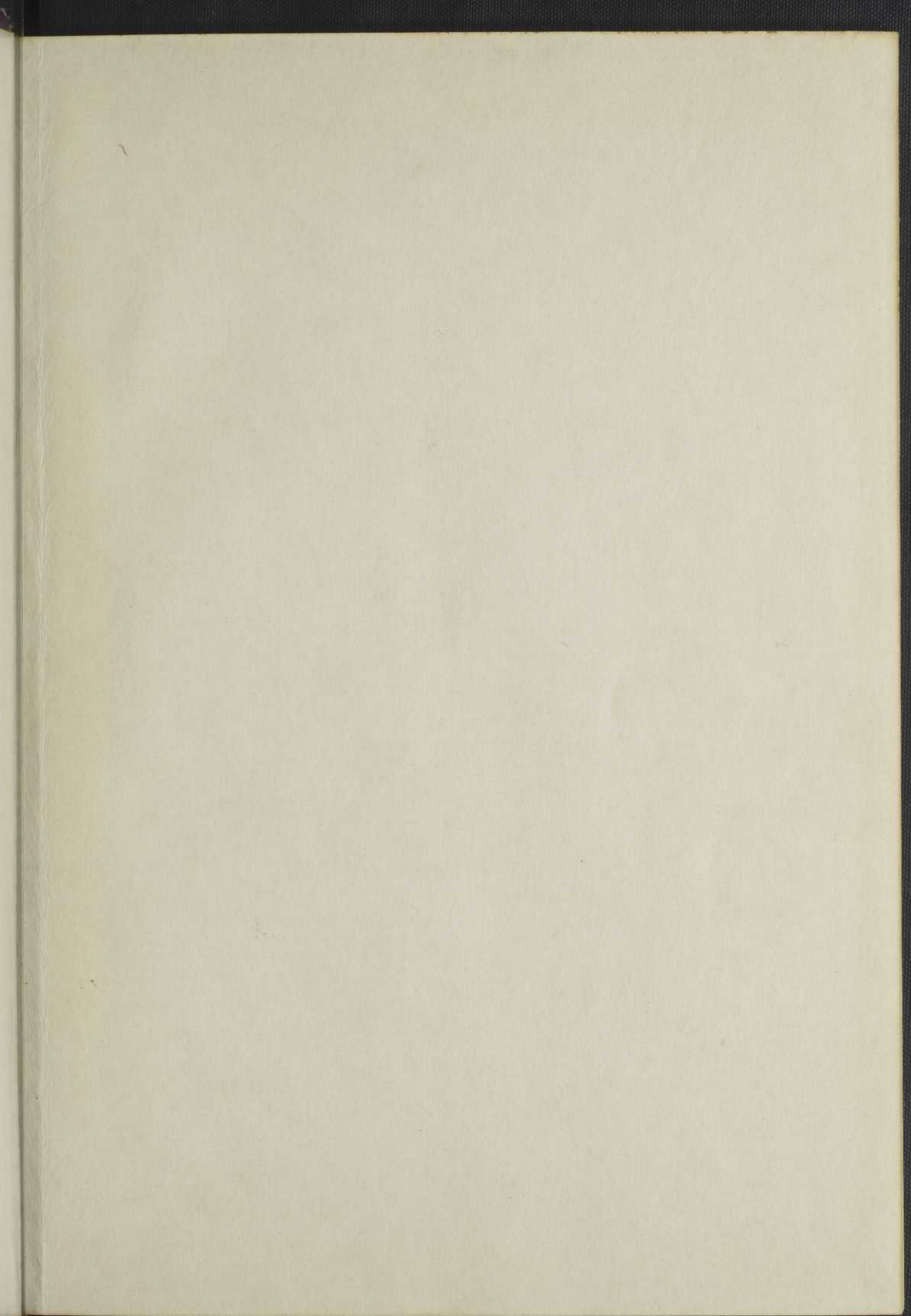
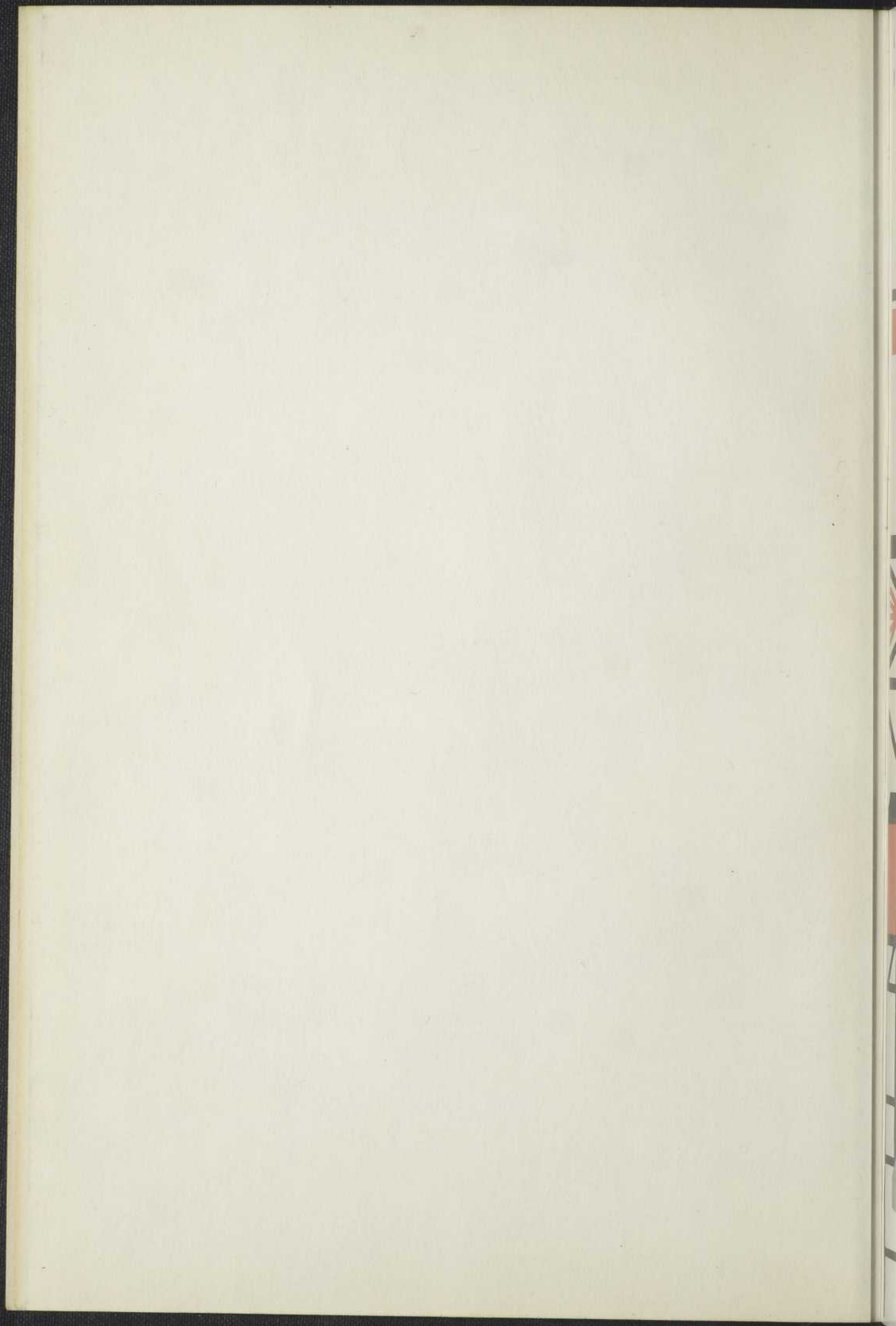


127
3075
1963



Bibliothèque Nationale du Québec

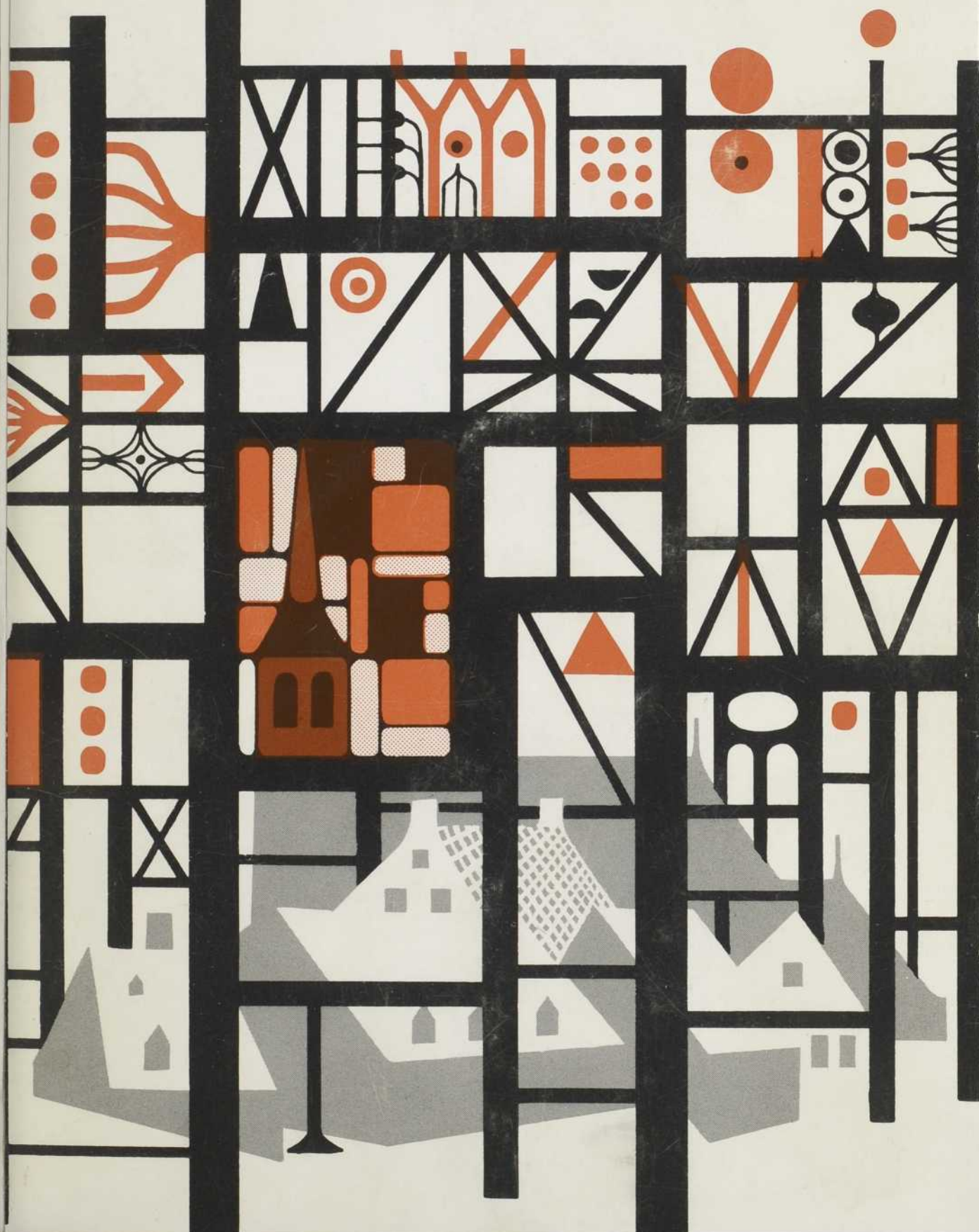




RI D'ALARME

LA CIVILISATION SCIENTIFIQUE
ET LES CANADIENS FRANÇAIS

PAR UN GROUPE DE PROFESSEURS DE L'UNIVERSITÉ LAVA



JAQUETTE D'ANTOINE DUMAS

SYMBOLISÉE PAR UNE ARMATURE MODERNE ET UN VIEUX CLOCHER QU'ELLE MAGNIFIE, LA CIVILISATION SCIENTIFIQUE EST EN TRAIN D'ÉDIFIER, AUTOUR DU PEUPLE CANADIEN-FRANÇAIS, CE QUI POURRAIT ÊTRE OU LA BASE DE SON ÉPANOUISSEMENT OU SA PERTE.



Cri d'alarme . . .

**LA CIVILISATION SCIENTIFIQUE
ET
LES CANADIENS FRANÇAIS**

par un groupe de professeurs de l'Université Laval

LES PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

Québec

1963



Q
127
C3075
1963



UNIVERSITY OF TORONTO
LIBRARIES

B. Q. R.
NO. 8160

Cri d'alarme . . .

**LA CIVILISATION SCIENTIFIQUE
ET
LES CANADIENS FRANÇAIS**

Tous droits réservés
Les Presses de l'Université Laval
Canada 1963

«Lorsque nous considérons dans son étendue et dans sa profondeur l'importance de cette question de l'éducation de la jeunesse d'une nation, les vies brisées, les espoirs déçus, les faillites dans la nation qui résultent de l'inertie frivole que nous apportons à sa solution, il est difficile de nous contenir et de ne pas faire une colère sauvage. Dans les conditions de la vie moderne, la loi est absolue : la race qui ne donne pas la prime à l'intelligence entraînée est condamnée. Ni votre héroïsme, ni votre savoir-faire mondain, ni toutes vos astuces, ni vos victoires sur terre ou sur mer ne peuvent faire reculer le doigt du destin. Aujourd'hui, nous survivons. Demain, la science aura avancé encore d'un pas, et il n'y aura pas d'appel au jugement qui sera alors prononcé sur les non-éduqués».

(Alfred North Whitehead)

Avant-propos

A l'occasion de l'inauguration des nouveaux pavillons de la Faculté des Sciences de l'Université Laval, nous offrons à nos compatriotes ces quelques réflexions sur la place de la Science dans la société moderne.

L'enquête actuelle sur les deux cultures qui coexistent dans notre pays nous fait penser à un autre dualisme culturel, inhérent à notre civilisation, celui qui résulte de l'incompréhension entre les hommes engagés dans le mouvement scientifique et ceux qui suivent des voies plus traditionnelles. Ce dualisme culturel existe chez nous comme ailleurs, mais avec cette circonstance aggravante que la ligne de partage coïncide trop bien avec celle qui sépare les deux groupes linguistiques. On n'a pas encore saisi dans toutes ses dimensions le caractère multiculturel de l'humanisme — même unilingue — d'un homme du ^{xx}e siècle. La révolution intellectuelle de notre époque évoque de loin la Renaissance, mais elle est tellement radicale que les précédents nous éclairent peu sur sa nature. Le nouvel humanisme doit tenir compte de ce que la science, la technique et l'économique sont intimement liées dans un processus général de cérébralisation de la plupart des activités humaines.

Devant l'évolution rapide de cette nouvelle civilisation, il est pénible de constater que le Canada français — qui s'est toujours préoccupé de l'humanisme — a pendant longtemps

boudé la science. Depuis quelques années, les gros efforts que nous déployons semblent avoir convaincu le public que nous faisons maintenant beaucoup de science et que nous y consacrons beaucoup d'argent. Malheureusement ce n'est pas vrai; non seulement nous n'avons pas comblé les déficits, mais notre taux d'investissement en recherche pure et appliquée est inadéquat.

L'urgence est grande. Même en 1963, on fait des gestes inconsidérés qui laissent à craindre pour l'avenir. A la Commission Royale d'enquête sur l'enseignement, il n'y avait pas de scientifique; au Conseil d'Education que l'on propose, il n'y a pas de scientifique comme tel; nous n'avons pas encore le Conseil Provincial des Recherches réclamé si ardemment et depuis si longtemps. La civilisation scientifique ne pénètre que lentement chez nous.

C'est dans cette perspective qu'a été conçue la collection d'essais contenue dans ce livre. Nous y avons adopté la division coutumière et commode en science pure et science appliquée, mais sans nous faire d'illusion sur le caractère artificiel et souvent trompeur de cette distinction.

Ces variations sur un même thème s'accommodent d'une variété de styles, de points de vue et d'opinions entre lesquels nous n'avons pas cherché à mettre plus d'unité qu'il n'en existe dans un milieu universitaire.

Chaque chapitre a pour but d'éveiller chez le lecteur une chaîne de réflexions sur l'un des aspects du thème général. Nous l'aiderons peut-être ainsi à mieux voir la beauté de la civilisation scientifique dans laquelle lui et nous sommes engagés et à se faire une meilleure idée des tâches exaltantes que cette civilisation propose à la jeune génération.

Nous ne saurions mieux expliciter ce désir qu'en citant un passage d'un discours sur l'amour du prochain, prononcé en

1957 par Giovanni Battista Montini, aujourd'hui Paul VI :

« ... Nous aimerons enfin notre temps, notre civilisation, notre technique, notre sport, notre monde. Nous aimerons en nous efforçant de comprendre ... »

Fernand Bonenfant,

L.-Philippe Bonneau,

Lionel Boulet,

Albert Cholette,

Louis Cloutier,

Arthur Dubé,

Claude Geoffrion,

P.-A. Giguère,

Larkin Kerwin,

Henri-Paul Koenig,

Gérard Letendre,

Cyrias Ouellet,

Adrien Pouliot,

P.-H. Roy,

professeurs à l'Université Laval.

LA SCIENCE PURE

Dans les chapitres suivants, trois hommes de science exposent comment la science pure, par ses buts aussi bien que par ses méthodes, est avant tout une activité intellectuelle qui renouvelle et enrichit constamment les sources du véritable humanisme.

THE HISTORY OF

THE HISTORY OF THE
THE HISTORY OF THE
THE HISTORY OF THE
THE HISTORY OF THE
THE HISTORY OF THE

Chapitre premier

LES BUTS DE LA SCIENCE PURE

Depuis une dizaine d'années, la recherche scientifique est un sujet en vogue. Le journal, la radio et la télévision nous en parlent tous les jours; les congrès de toutes les organisations mettent à leurs programmes des discussions sur les problèmes de la recherche. Avec une unanimité qu'on retrouve rarement ailleurs, tout le monde glorifie les mérites de la science et proclame la nécessité de la recherche.

Mais lorsqu'on écarte ce flot d'écrits et de paroles pour examiner la situation réelle de la recherche scientifique, on se rend vite compte qu'elle n'est pas, malgré sa popularité apparente, l'enfant gâté de notre civilisation. Cette popularité repose d'ailleurs en grande partie sur un malentendu. Trop nombreux sont ceux qui pensent que la seule raison d'être de la recherche scientifique réside dans les applications pratiques auxquelles elle peut conduire. Bien peu soupçonnent que les réalisations technologiques, quelque merveilleuses et importantes qu'elles soient, ne constituent qu'un produit secondaire de l'activité des hommes de science.

Pour dissiper cette équivoque, il importe d'insister sur la nature véritable de la science pure, de donner une idée des fins réellement poursuivies par ceux qui s'y consacrent et un aperçu du genre de résultats auxquels ils arrivent. On verra

peut-être mieux ensuite que la science est une activité humaine fondamentale et qu'aucun peuple n'a le droit de s'en désintéresser comme le nôtre l'a fait jusqu'à présent.

Quel est donc le but que se proposent les savants dans leur travail ? Pourquoi, enfermés dans leurs laboratoires ou dans leurs bureaux comme dans des tours d'ivoire, passent-ils leurs journées et souvent leurs nuits à lutter avec des appareils récalcitrants ou à aligner sur le papier des symboles incompréhensibles au commun des mortels ? Souvent, lorsqu'on demande à l'un d'entre eux pourquoi il entreprend tel ou tel projet, il répond : « parce que ça m'amuse », ou bien « parce que personne ne l'a encore fait », ou encore « parce que ça pique ma curiosité ». Il y a beaucoup de vrai dans de telles réponses. Elles risquent cependant de donner l'impression que les hommes de science n'ont en vue que leur satisfaction personnelle et qu'ils sont pour la société des parasites égoïstes et coûteux. Elles cachent le motif profond qui anime tout chercheur et lui donne sa raison d'être.

On n'a pas fini d'écrire des volumes sur la raison d'être de l'homme. Mais chaque théologie enseigne à sa façon que l'homme a été créé pour connaître son Créateur. Et l'homme s'acquitte de ce devoir par la caractéristique qui le distingue des autres créatures : son intelligence. Seule créature matérielle douée de raison, son rôle particulier consiste à utiliser son esprit pour connaître tous les aspects de la création. Il est souvent commode de se rappeler que l'on peut diviser les objets de la connaissance humaine en trois parties : l'univers surnaturel, l'univers matériel et l'univers esthétique. Quand l'homme cherche à connaître l'univers esthétique, il fait des beaux-arts ; quand il cherche à connaître l'univers surnaturel, il fait de la théologie, et pour connaître l'univers matériel, il fait de la science. « La science, écrit Sir George Thomson, est essentiellement la recherche de la vérité ».

L'humanité comme groupe de créatures est alors appelée de *par sa raison d'être* à progresser dans la connaissance de

ces trois domaines. Et chaque homme en tant qu'individu est également appelé à participer à ces trois activités proprement humaines. Mais, comme il arrive souvent aujourd'hui, la grande partie du travail se fait par des spécialistes entretenus par une organisation. Une compagnie d'exploitation de minerais, par exemple, emploie quelques spécialistes qui font le travail essentiel — les mineurs — et les assiste par des échelons de service, d'administration, de vente, d'entretien, etc... De la même façon, la race humaine voit faire son travail essentiel par des spécialistes : les théologiens, les savants et les artistes. Elle les entretient avec toute l'organisation sociale, légale, commerciale et technique que nous trouvons autour de nous. Mais il ne suffit pas que seuls les spécialistes cherchent la Vérité; chaque individu est appelé à y contribuer, à la comprendre et à l'apprécier à sa façon.

Obtenir une description de l'univers matériel aussi complète et aussi détaillée que possible : telle est donc en définitive la fin poursuivie par tous les hommes de science. Essayons maintenant de voir quelques uns des résultats ainsi obtenus.

Dans l'histoire de la pensée scientifique, on retrouve une succession de descriptions générales de l'univers. Elles diffèrent radicalement les unes des autres, mais chacune d'entre elles décrit assez bien les faits connus à son époque.

Il y eut d'abord la théorie générale proposée par les anciens Grecs. Ceux-ci, on le sait, postulaient que l'univers était composé entièrement de quatre éléments : la terre, l'air, l'eau et le feu. La terre fournissait les caractéristiques massives et dures; l'air la légèreté; le feu, la chaleur et l'énergie; l'eau, la souplesse et la mobilité. Ces éléments se mêlaient pour produire d'autres substances. Le bois était fait de terre et d'air; les pierres précieuses, de terre et de feu; la parole, d'air et de feu. C'était une théorie de grande beauté, pleine d'images et de poésie. Elle expliquait très bien un grand nombre d'objets et de phénomènes. On peut dire que c'était une

bonne description de l'univers tel qu'on le connaissait il y a trois mille ans. La science moderne en a d'ailleurs gardé l'essentiel, à savoir que les multiples aspects de l'univers peuvent s'expliquer en termes d'éléments simples et fondamentaux.

A cette théorie de l'univers constitué par quatre éléments a succédé une description beaucoup plus fructueuse, celle de la science dite classique, basée principalement sur les lois de la mécanique proposées par Newton. Cette description concevait l'univers comme étant composé de corpuscules en mouvement qui exerçaient des forces les uns sur les autres. Le mouvement des étoiles et des planètes; le déplacement des nuages, de la neige et des vents; le va-et-vient des marées; l'écoulement des fleuves et des ruisseaux; le choc des balles de canon et le jeu des épées en duel; le repos des fleurs sur la table; le mouvement des pièces d'une machine, des ailes d'un oiseau : voilà bien une variété infinie de déplacements et d'actions ! Le génie de Newton en a donné une description parfaite et précise en quatre phrases : ses trois lois du mouvement et sa loi de la gravitation universelle. C'était décidément un tour de force : tout le mouvement de l'univers — des atomes jusqu'aux galaxies — décrit en quatre phrases ! Les lois de Newton sont d'une puissance et d'une majesté extraordinaire et constituent un des pas les plus significatifs de l'homme vers son destin.

Malgré sa beauté et sa fécondité, la conception newtonienne de la nature a eu un règne bien éphémère devant la persistance millénaire des idées qu'elle avait remplacées. Dès la fin du XIX^e siècle, on commença à se rendre compte que le modèle d'univers proposé par Newton était trop simpliste et qu'il fallait le modifier. Mais les changements qu'il a fallu faire ont été bien plus considérables qu'on l'avait pensé. Le premier quart du XX^e siècle a été témoin d'une révolution scientifique comparable à celle qui avait conduit à l'abandon des idées des Anciens sur la constitution de l'univers.

Parmi les étapes les plus importantes de cette révolution, il faut mentionner d'abord la théorie de la relativité d'Einstein qui a amené les savants à reviser radicalement les concepts les plus fondamentaux, ceux qui servent de base à toute description du monde physique : l'espace, le temps, le mouvement, la matière, l'énergie.

Des bouleversements encore plus profonds ont été provoqués par l'étude de la structure intime de la matière, par les découvertes qu'on a faites sur les atomes, les particules qu'ils contiennent et les actions que celles-ci exercent les unes sur les autres. La science classique connaissait déjà la constitution atomique de la matière; les Grecs eux-mêmes l'avaient soupçonnée. Mais les particules de la science moderne sont bien différentes des corpuscules imaginés par Newton et des atomes de Démocrite. Pour expliquer l'ensemble fantastique de phénomènes nouveaux découverts depuis 1900, entre autres l'effet photoélectrique, les rayons X, la radioactivité, l'effet Compton, il a fallu d'abord admettre que le caractère atomique n'était pas particulier à la matière. D'autres entités physiques qu'on avait toujours considérées comme continues, l'électricité, par exemple, devait aussi avoir une structure granulaire. Même la lumière, qui semble la plus continue des choses, est atomique. Les rayons lumineux qui nous éclairent sont, eux aussi, corpusculaires et tombent sur cette page en graines, une par une, comme une pluie douce et légère. Il a fallu aussi reconnaître que les *particules* de matière aussi bien que de lumière obéissent à des lois bien différentes de celles de la mécanique classique. Cette dernière n'est qu'une approximation valide seulement à l'échelle macroscopique. A l'échelle des atomes et des corpuscules élémentaires qu'on pense être les composantes ultimes de l'univers, il faut utiliser les lois de la mécanique quantique. Cette nouvelle mécanique porte aussi le nom de mécanique ondulatoire. Pour expliquer la façon dont se comportent les grains de matière et de lumière, il faut en effet les considérer aussi comme des ondes. Et c'est par

le jeu de ces ondes les unes sur les autres, leurs résonances et leurs interférences, qu'on peut rendre compte d'une bonne partie des phénomènes observés dans la nature.

Ces théories de la Physique — la relativité et la mécanique quantique — constituent la base de la description de l'univers que fournit la science moderne. Cette description est beaucoup plus parfaite que celles qui l'ont précédée. Elle exige aussi plus d'efforts de la part de celui qui veut la comprendre. Elle est encore trop jeune pour que ses concepts et son langage soient d'usage courant. Elle nous force à reviser des idées que les philosophes considéraient comme inébranlables. Mais elle essaie aussi de conserver tout ce qu'il y avait de valable dans les descriptions précédentes. Dans le domaine scientifique plus peut-être que dans les autres, rien de ce que l'homme a fait de bien n'est rejeté à la légère.

N'allons cependant pas nous imaginer que la science approche de son terme, que nous aurons bientôt une description du monde suffisamment correcte et complète pour que la recherche scientifique puisse ralentir son effort. Il reste énormément à faire. Beaucoup de détails dans tous les domaines n'ont pas encore été vérifiés, classés et mis en ordre. En un mot, notre description, bien que puissante, n'a pas encore été appliquée partout : elle est donc incomplète du point de vue quantité, sinon de qualité. Et même là, debout comme Newton sur les épaules des géants qui nous ont précédés, nous voyons un horizon plus lointain où apparaissent quelques taches qui menacent de troubler nos conceptions actuelles. Mentionnons, par exemple, la discontinuité du temps. Est-elle réelle ou non ? Est-ce que nous existons de façon continue, ou par étapes discrètes, par intervalles d'existence séparés, par des intervalles de ... quoi ? On n'en parle pas sérieusement pour le moment, mais aucun doute que l'avenir nous réserve des modifications de notre description de l'univers — peut-être aussi spectaculaires que celles que nous avons connues avec la relativité et la mécanique ondulatoire.

Il faut donc continuer à chercher, à perfectionner sans cesse la vision du monde que la science fournit à l'homme. C'est une activité qui satisfait un besoin profond de l'esprit humain, tout en le poussant à des efforts plus considérables. La satisfaction intellectuelle qu'éprouve le savant va de pair avec celles des deux autres domaines et touche l'essentiel de son humanité. « L'émotion la plus belle et la plus profonde que nous puissions connaître, dit Einstein, est la sensation du mystique. C'est là le sèmeur de toute véritable science. Celui qui ne connaît pas cette émotion, qui ne peut s'émerveiller ou s'extasier, est mort à toute fin pratique. Savoir que ce qui nous est impénétrable existe véritablement, se manifestant comme la sagesse la plus noble et la beauté la plus radiante que nos facultés obtuses ne peuvent comprendre que dans leurs formes primitives — cette connaissance, cette émotion est au coeur de la religion ».

La nature est généreuse, et en plus de ces satisfactions de première importance, il y a des produits secondaires. En science, les produits secondaires constituent la technologie. Inévitablement, une génération ou moins après le perfectionnement d'une idée en recherche pure, ses moyens d'application au confort et au bien-être de l'homme sont trouvés. Malheureusement, la publicité accordée à cet aspect secondaire de la science a souvent été exagérée : on a tendance à croire que la technologie est le but de la science. On ne saurait nier l'intérêt du produit secondaire. L'électricité, la radio, la télévision, les moteurs à essence et à vapeur, l'anesthésie, les antibiotiques, les vaccins, l'énergie nucléaire, les avions, le téléphone, le cinéma, les machines de bureau : les produits de la science appliquée sont si nombreux et si évidents que nous n'avons pas besoin d'insister. Les découvertes fondamentales ont vraiment rapporté au centuple. Mais on insiste beaucoup sur la technologie et, en général, on ne parle que d'elle au public. On ne dit pas assez que les savants ne cherchent pas une bombe à hydrogène mais bien une description de l'univers. L'humanité n'a pas été créée pour la première; elle trouve sa raison d'être dans la seconde.

L'accent sur la science appliquée a eu un certain effet. Les écoles de génie et de médecine ont augmenté leurs effectifs. L'argent dépensé pour le *développement*, c'est-à-dire pour la recherche appliquée, a également augmenté. Tout cela est pour le mieux et, comme nous le verrons plus loin, il y a des lacunes sérieuses chez nous dans ce domaine. Mais le sort de la recherche pure s'est à peine amélioré au Canada, et le nombre de gens qui y participent est bien trop faible. Cela est dangereux, car si l'on insiste exclusivement sur la technologie, il faut admettre que l'on exploite encore les idées d'une autre génération et celles d'autres pays. Or, le réservoir des idées n'est pas intarissable : il pourrait bien faire banqueroute et arrêter ainsi notre progrès technologique. De plus, la nation cesserait de bénéficier de l'atmosphère disciplinée, intellectuelle et académique qui caractérise un peuple engagé dans un travail sérieux. Enfin, nous devons, nous, Canadiens français, participer aussi à cette activité essentiellement humaniste; nous devons y faire accéder un nombre raisonnable de nos enfants et goûter ses résultats, sans quoi nous abdiquerions notre rôle d'hommes.

Pour que notre peuple en arrive à occuper une place plus honorable sur le plan de la culture scientifique et de la recherche, il devra vaincre bien des obstacles dont il sera question plus loin dans ce livre. Il faudra surtout qu'un nombre assez grand de citoyens soient convaincus de la nécessité de corriger la situation dans laquelle nous sommes. Trop d'entre nous préfèrent malheureusement le cirque au forum. On ne manque pas d'argent pour commanditer les événements sportifs, mais demandez à une compagnie une subvention pour un projet de recherche pure en biologie : on vous référera au gouvernement. Avec une meilleure compréhension et une plus grande appréciation de la part du public, il serait possible de permettre à nos savants de retourner à leurs tours d'ivoire, d'où des circonstances malheureuses les ont trop sortis depuis une génération. Depuis trop longtemps, on cherche à

les éloigner de leur propre travail en les inondant d'autres besognes.

Que peut faire l'individu pour accroître cette compréhension et cette appréciation de l'oeuvre intellectuelle ? La réponse à cette question est d'abord qu'il doit commencer avec lui-même. Qu'il cherche à améliorer ses connaissances personnelles dans les domaines de la théologie, des sciences et des beaux-arts, conscient du rôle que joue toute activité intellectuelle dans sa raison d'être comme homme. Qu'il essaie aussi d'influencer son milieu. En ce qui concerne la recherche pure, qu'il s'intéresse à ses universités, qu'il s'informe de leurs projets, qu'il encourage les vocations scientifiques chez les enfants. Il pourra aussi améliorer la qualité des programmes de radio, de télévision, de films, de journaux, en commanditant davantage des présentations intellectuelles. Il appuiera les savants dont la réputation le mérite et poussera sa Compagnie ou son Industrie à participer à la recherche et à la subventionner. Ce dernier point est essentiel; il n'y a pas un commerce ou une industrie qui ne doive son existence à la recherche pure qui s'est faite dans le passé. Ces mêmes compagnies devront leur avenir à la recherche pure qui se fait aujourd'hui — c'est donc une question de survivance.

Il ne peut y avoir aventure plus passionnante que celle qui a été confiée à l'homme dès sa création. Une partie essentielle de cette aventure s'appelle la recherche pure. Ceux qui en ont goûté les fruits ont connu une satisfaction sans pareille. Et ce qu'il y a de plus extraordinaire, c'est que tout le monde est appelé à y participer à sa façon. Plus l'humanité s'occupe de la recherche pure, plus elle en retire de bénéfices. Comment peut-on continuer à résister à un tel appel ?

Chapitre deuxième

LES MÉTHODES DE LA SCIENCE

La caractéristique la plus apparente de la Science moderne est sans doute l'extrême diversité des méthodes qu'elle utilise. Pour s'en rendre compte, il suffit de parcourir les différents départements d'une Faculté de Sciences ou d'un institut gouvernemental de recherche, d'observer les gens qui travaillent dans ces institutions, de regarder les appareils dont ils se servent, d'essayer de suivre leurs conversations ou de lire les comptes rendus de leurs travaux. On constate bien vite que chaque spécialité possède des techniques expérimentales qui lui sont propres, des façons particulières de raisonner et un langage à peu près hermétique au non-initié. Un coup d'oeil sur les programmes de travail imposés aux étudiants en Science montre que celui qui veut devenir physicien, chimiste, biologiste, ne doit pas se contenter d'apprendre une certaine somme de données expérimentales, de lois, de théories. Il doit aussi se familiariser avec l'ensemble à la fois très vaste et très spécialisé des procédés techniques et logiques qui ont servi à obtenir les résultats déjà connus.

Par la suite, il travaillera à son tour à étendre le champ des connaissances scientifiques en utilisant d'abord les moyens qu'on lui aura enseignés. Mais il sera souvent amené à les modifier, pour augmenter leur efficacité ou les adapter à

des problèmes nouveaux. Un autre caractère des méthodes de la Science est en effet qu'elles changent sans cesse. On ne peut jamais les codifier de façon durable. C'est un ensemble vivant dont l'évolution continue est la condition aussi bien que la conséquence du progrès de la Science. Les instruments qui se trouvent dans un observatoire astronomique moderne sont bien différents de ceux qu'utilisaient Tycho Brahé et Kepler. Les mathématiques de la théorie de la relativité ne sont pas les mêmes que celles qui ont servi à Newton et à ses successeurs pour développer la mécanique classique. Et la nomenclature employée par les chimistes d'aujourd'hui serait tout à fait incompréhensible à Lavoisier ou Mendéléév.

Sous la diversité et la complexité des procédés mis en oeuvre dans les différents secteurs de la Science et aux différentes époques de son histoire se cache cependant une unité profonde de méthode et d'attitude qui est l'unité même de la Science. Le but ultime de celle-ci — on l'a vu au chapitre précédent — est de fournir une description cohérente et complète de l'univers sensible. Autant, sinon plus, que par cet idéal lointain et peut-être inaccessible, la Science peut se définir par les caractères généraux de la démarche qui permet de s'en rapprocher. Cette démarche est précisément ce qu'on a pris l'habitude d'appeler la méthode scientifique ou la méthode expérimentale.

Pour beaucoup d'esprits non avertis, l'expression *méthode scientifique* évoque l'idée d'une recette bien définie permettant d'obtenir à coup sûr et de façon quasi magique des résultats déterminés et définitifs. C'est là une vue bien naïve et superficielle. La méthode scientifique n'est pas un ensemble de prescriptions dont l'observance conduit infailliblement à des découvertes. Les acquisitions de la Science comportent toujours une large part d'imprécision et d'incertitude. Elles sont le fruit d'un labeur long et patient, fait surtout d'échecs et de recommencements.

Il y a un siècle, le physiologiste français Claude Bernard donnait, dans sa célèbre *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, une définition de la méthode scientifique qui est encore valable aujourd'hui. « La médecine scientifique, écrivait-il, ne peut se constituer, ainsi que les autres sciences, que par la voie expérimentale, c'est-à-dire par l'application immédiate et rigoureuse du raisonnement aux faits que l'observation et l'expérimentation nous fournissent. La méthode expérimentale, considérée en elle-même, n'est rien autre chose qu'un raisonnement à l'aide duquel nous soumettons méthodiquement nos idées à l'expérience des faits. »

Confrontation des idées avec les faits : voilà bien à quoi se ramène, en définitive, toute activité scientifique. Les hommes de science accumulent des faits, des observations, des données de l'expérience. Ils essaient en même temps d'avoir des idées au sujet des phénomènes observés, de formuler des lois, d'élaborer des théories, de construire des modèles capables d'expliquer ces phénomènes et d'en prédire de nouveaux. La vérification de ces prédictions mènera à la découverte de nouveaux faits expérimentaux qui suggéreront des modifications aux conceptions théoriques, des changements dans les idées. Toute la vie de la Science est faite de ce va-et-vient continu entre les idées et les faits, entre l'expérience et la pensée. A mesure qu'il se poursuit, l'ensemble des faits connus devient plus considérable et mieux ordonné, les idées se font de plus en plus précises et s'adaptent de mieux en mieux à la réalité.

La tâche primordiale de la Science consistera donc à obtenir des faits, à recueillir et à classer les données de l'expérience. Comme l'a écrit Henri Poincaré, « l'expérience est la source unique de la vérité; elle seule peut nous apprendre quelque chose de nouveau, elle seule peut nous donner la certitude ». La soumission absolue au fait expérimental bien établi et contrôlé est la marque essentielle du véritable esprit scientifique. Les idées ne vaudront que dans la mesure

où elles permettront de rendre compte des faits. Cela ne veut pas dire que l'homme de science doive d'abord faire le vide absolu dans son esprit et regarder le monde sans idées préconçues. Mais il doit être prêt à modifier ces idées lorsqu'elles s'avéreront inadéquates, à les sacrifier lorsqu'elles entreront manifestement en contradiction avec l'expérience.

A ses débuts, la Science s'est naturellement bornée à considérer les faits les plus évidents, les données les plus immédiates de la connaissance sensible. Les premiers savants furent les hommes qui notèrent la régularité de certains phénomènes courants et leur apparition dans un ordre déterminé. L'observation des mouvements des corps célestes, par exemple, a été pratiquée dès la plus haute antiquité. On cite souvent, comme premier exemple de la prévision scientifique, la prédiction d'une éclipse de soleil par Thalès de Milet, en 585 avant Jésus-Christ.

Mais la Science des Anciens, basée uniquement sur l'observation sensible directe, ne pouvait aller bien loin. Les sens de l'homme sont en effet des instruments d'observation assez rudimentaires; ils ont une portée et une précision tout à fait limitées et ils peuvent être la source de nombreuses illusions. L'oeil, par exemple, ne peut voir les objets trop petits ou trop éloignés; il ne peut suivre des mouvements rapides; il n'est sensible qu'à une fraction très faible du rayonnement émis par le soleil ou les autres astres. L'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher nous fournissent des informations encore plus grossières sur le monde qui nous entoure. L'invention d'instruments capables de surmonter ces imperfections a peut-être été le plus décisif des nombreux facteurs qui ont amené la renaissance scientifique du début du XVII^e siècle. Galilée est considéré comme le fondateur de la science moderne non seulement parce qu'il a affirmé la primauté des résultats d'observation sur les idées reçues et les arguments d'autorité, mais aussi parce que, en inventant la lunette astronomique et en construisant le premier thermomètre il a créé

de nouveaux moyens d'observation, de nouvelles sources de faits scientifiques.

L'histoire des progrès subséquents de la Science est étroitement liée à celle des techniques expérimentales. Qu'on songe seulement à ce que la chimie doit à la balance de précision, et la biologie au microscope. Qu'on pense au rôle que joue la photographie dans toutes les sciences. Les grands expérimentateurs du XVII^e, du XVIII^e et même du XIX^e siècle, Galilée, Pascal, Réaumur, Faraday, Kelvin et bien d'autres, furent aussi de grands inventeurs. Il serait évidemment trop long d'inventorier ici les différents types d'instruments et d'appareils utilisés aujourd'hui par les sciences pures. Mais il est important de se rappeler le rôle essentiel qu'ils jouent, si on veut se faire une idée juste de la méthode scientifique.

Un autre point à souligner, à propos de la recherche des faits scientifiques, est que l'observation — celle des sens aidée et corrigée par des instruments — ne doit pas rester purement qualitative. Pour aborder scientifiquement l'étude du phénomène de la dilatation thermique, par exemple, il ne suffit pas de constater un grand nombre de fois que des tiges de métal s'allongent lorsqu'on les chauffe. Il faut déterminer avec autant de précision que possible les variations de longueurs de diverses tiges pour différentes variations de température. Les faits les plus intéressants pour la science sont ceux auxquels on peut associer des grandeurs mesurables. Il est alors possible de les décrire de façon quantitative.

L'observation des phénomènes et la mesure des grandeurs qu'on leur associe ne constituent cependant qu'une première phase dans l'application de la méthode scientifique. Comme le dit encore Poincaré, « on fait la Science avec des faits comme une maison avec des pierres : mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison ! » Il faut, dans une seconde phase, formuler des idées au sujet des faits observés, généraliser les résultats des expériences. Ces idées, ces généralisations, sont les lois scientifi-

ques. On peut les obtenir de différentes façons. Dans les cas les plus simples, elles naissent pour ainsi dire spontanément de l'accumulation des observations et des mesures. Dans l'exemple donné plus haut de la dilatation des métaux, il suffit de représenter graphiquement les allongements en fonction des températures pour apercevoir qu'on peut faire passer des droites par les points expérimentaux et résumer tous les résultats en une formule mathématique très simple. Mais le plus souvent, l'idée n'est pas suggérée aussi directement par les faits déjà observés, et l'intuition du savant joue un rôle capital dans la genèse de la loi. Celle-ci est alors formulée d'abord comme une hypothèse, une conjecture, on ne la considérera comme une loi que lorsque de nouveaux faits l'auront confirmée. Pour obtenir ces confirmations, le chercheur ne se contente plus d'observer de façon passive; il devient un expérimentateur qui essaie de contrôler le phénomène intéressant et de créer des conditions susceptibles de rendre apparente la relation pressentie. Ainsi, pour établir que l'accélération de la pesanteur est la même pour tous les corps, on mesure les temps de chute de différents objets dans une enceinte où l'on a fait le vide afin d'éliminer la résistance de l'air.

Une loi scientifique n'est évidemment jamais confirmée de façon complète et définitive. Elle s'appuie toujours sur un nombre fini d'observations et de mesures, et les mesures elles-mêmes n'ont qu'une précision limitée. On doit toujours s'attendre, par conséquent, à ce que des expériences plus nombreuses et plus raffinées mettent en défaut la relation qu'on a obtenue. Les expériences qui ne font que confirmer les lois déjà connues ne sont pas d'ailleurs les plus intéressantes pour la science pure, dont on peut dire qu'elle cherche sans cesse à démolir les lois qu'elle est arrivée à formuler, ou du moins à délimiter leurs conditions de validité. Car une loi infirmée par certains faits n'est pas nécessairement abandonnée, même si on en connaît une meilleure. Cette dernière étant en général plus complexe, on trouvera souvent plus commode

d'utiliser la précédente, même si elle est une moins bonne approximation. La science appliquée est presque entièrement fondée sur des lois qu'on sait être inexactes.

Le travail de généralisation de la science ne se limite pas à la formulation de lois particulières. Il élabore des théories, c'est-à-dire des constructions logiques, qui font la synthèse d'un nombre plus ou moins grand de lois et permettent de les déduire d'un nombre restreint d'hypothèses. Le rôle d'une théorie par rapport aux lois est donc un peu le même que celui de la loi par rapport aux faits particuliers. De même qu'une loi permet de rendre compte des observations déjà faites et de prédire, avec certaines chances de succès, le résultats de futures expériences, une théorie permet de retrouver des lois déjà établies empiriquement, en même temps que de nouvelles lois non encore découvertes. La théorie est considérée comme satisfaisante dans la mesure où ces nouvelles lois sont confirmées expérimentalement.

Les hypothèses d'une théorie peuvent être des lois plus ou moins généralisées, comme le principe d'inertie, qui est à la base de la mécanique classique ou les équations de Maxwell, qui servent de point de départ à la théorie électromagnétique. Elles peuvent aussi être des relations qui ne sont pas directement vérifiables, du moins au moment où la théorie est proposée. Ce fut le cas, par exemple, de l'hypothèse de la gravitation universelle émise par Newton pour expliquer à la fois les lois de la chute des corps et celles du mouvement des planètes. C'est par des généralisations de ce genre que se manifeste de la façon la plus éclatante le génie des grands hommes de science. « Il fallait être Newton, remarque Valéry, pour apercevoir que la lune tombe, alors que tout le monde voit bien qu'elle ne tombe pas ».

Tout comme les lois, les théories scientifiques se modifient sans cesse à la lumière des expériences qu'elles ont suggérées. Elles restent toujours des représentations approximatives de la réalité et sont, dans une certaine mesure, arbitraires.

Souvent il arrive qu'un ensemble de faits et de lois puisse être expliqué par des hypothèses assez différentes. L'acceptation au moins provisoire d'une théorie sera alors guidée par des considérations de généralité, de simplicité et parfois aussi d'esthétique. Naturellement, les théories les plus générales, c'est-à-dire celles qui rendent compte du plus grand nombre d'expériences, sont en principe les plus intéressantes. La simplicité d'une théorie peut être de deux sortes. Une théorie doit d'abord être simple dans ses hypothèses; celles-ci ne doivent pas être trop nombreuses et on doit pouvoir les formuler en termes de signification scientifique précise, même dans le cas où elles ne peuvent être soumises au contrôle direct de l'expérience. Une théorie peut aussi être plus ou moins simple quant à son utilisation. Elle n'aura pas beaucoup d'intérêt si elle exige trop de travail pour conduire à des relations vérifiables, à des expériences définies. Quant aux critères esthétiques, ils sont naturellement fort variables selon les individus et les époques. Le monde scientifique se met cependant souvent d'accord sur la beauté et l'élégance de certaines théories.

La pensée scientifique qui élabore les lois et construit les théories a ses instruments tout comme l'observation et l'expérimentation qui établissent les faits. Ces instruments de pensée, surtout dans les domaines où la science a atteint une certaine maturité, sont fournis par les mathématiques. Nous avons déjà noté l'importance d'exprimer de façon quantitative les résultats expérimentaux. Les lois peuvent alors être représentées par des relations fonctionnelles entre certaines variables bien définies ou par des corrélations statistiques entre des séries de mesures. Il devient alors plus facile de trouver les parentés qui existent entre différentes lois et de construire des théories. Les mathématiques sont donc pour la science non seulement un langage commode et nécessaire, mais aussi un instrument de recherche et de découverte.

Jusqu'aujourd'hui, la fécondité de la méthode mathématique s'est surtout manifestée en physique. L'histoire des théo-

ries physiques montre que les progrès les plus importants ont été associés à l'utilisation de nouvelles techniques mathématiques. C'est l'invention du calcul différentiel et intégral qui a rendu possible la mécanique newtonnienne; c'est l'utilisation du calcul tensoriel qui a permis à Einstein de formuler la théorie générale de la relativité. Sans employer le langage mathématique, on ne peut donner qu'une idée bien pauvre de ce que sont non seulement les théories, mais même les expériences de la physique moderne. C'est la raison pour laquelle la physique devient de plus en plus difficile à vulgariser. C'est sans doute aussi la raison pour laquelle elle inspire à beaucoup de jeunes étudiants une terreur admirative et respectueuse.

L'emploi des mathématiques n'est cependant pas le fait exclusif de la physique. Les autres sciences de la matière inerte, comme la chimie, l'astronomie ou la minéralogie, en font aussi un usage constant. Ces sciences peuvent d'ailleurs aujourd'hui être considérées comme faisant partie, au moins en principe, de la physique. La situation des sciences biologiques est différente. Bien sûr, les cellules dont sont constitués tous les êtres vivants sont elles-mêmes formées de molécules plus ou moins complexes dont l'étude se poursuit suivant les méthodes de la physico-chimie. Cette étude a permis déjà de rendre compte de bien des phénomènes particuliers aux organismes vivants. Mais personne ne peut encore affirmer (ni nier) qu'il sera éventuellement possible d'unifier la biologie et les sciences physiques. Pour le moment, bien des parties de la science de la vie sont encore dans un état embryonnaire, et n'ont guère dépassé, dans l'application de la méthode scientifique, le stade de l'observation qualitative. Les techniques mathématiques qu'on y utilise sont naturellement beaucoup plus simples que celle de la physique.

La distinction entre les différentes étapes de l'application de la méthode scientifique n'est pas, dans la réalité, aussi nette ni aussi stable que pourrait le laisser croire le schéma un

peu simpliste que nous avons esquissé. Dans le cours de son travail, le scientifique n'a d'ailleurs pas besoin de préciser s'il fait de l'observation ou de l'expérimentation, s'il élabore une loi ou collabore à la construction d'une théorie. A mesure que la science se construit, les hypothèses se transforment en lois, et les conjectures deviennent des faits. La gravitation universelle postulée de façon purement théorique par Newton fut confirmée un siècle plus tard par les expériences de Cavendish; on peut donc la considérer maintenant comme une loi expérimentale plutôt qu'une simple hypothèse. La constitution atomique de la matière n'était, au début du XIX^e siècle, qu'une supposition qui permettait à Dalton d'expliquer de façon commode certaines lois de la chimie. Vers 1880, un chimiste aussi éminent que Jean-Baptiste Dumas se refusait encore à l'admettre. Aujourd'hui, personne n'oserait émettre un doute sur l'existence des atomes; elle est devenue un fait scientifique. De la même façon, l'hypothèse de l'évolution des êtres vivants a fini par être suffisamment confirmée pour pouvoir se substituer au dogme de la fixité des espèces et se faire admettre comme un fait établi.

On peut dire, en conclusion, que la marche de la science se poursuit simultanément en deux directions opposées : d'une part, elle tend à s'unifier en étendant la portée de ses concepts et en recherchant des principes et des théories s'appliquant dans des domaines de plus en plus vastes ; d'autre part, elle continue à explorer minutieusement les phénomènes dont une instrumentation sans cesse plus puissante et plus variée lui révèle l'existence. Ces deux aspects sont inséparables l'un de l'autre. Les idées générales, même les plus séduisantes du point de vue poétique ou philosophique, ne valent pas grand chose pour la science si elles ne peuvent suggérer des expériences concrètes. Il serait donc vain d'attendre que l'unification progressive de la science apporte une simplification et une réduction dans l'effort nécessaire à son avancement. Il faudra, au contraire, que les travailleurs scientifiques soient de plus en plus nombreux, et qu'ils deviennent

de plus en plus ingénieux dans les procédés qu'ils utilisent pour forcer les secrets de la nature.

C'est à ce prix que l'humanité continuera à profiter des bienfaits de la science. Ces bienfaits ne sont pas uniquement l'amélioration des conditions de vie et la libération des servitudes matérielles que nous procure la science appliquée et dont il sera question plus loin dans ce livre. Grâce à la science, les hommes apprennent à voir un peu mieux le monde qui les entoure. Lentement, mais sûrement, la méthode scientifique nous a débarrassés de quelques-uns des mythes et des préjugés que nos lointains ancêtres nous ont légués. Deux siècles et demi après Newton, nous commençons à voir que la lune tombe; cent ans après Darwin, nous acceptons sans trop nous vexer que les singes soient nos cousins.

Chapitre troisième

L'HUMANISME DE LA SCIENCE

«Toute la suite des hommes durant le cours de tant de siècles doit être considérée comme un seul homme qui subsiste toujours et qui apprend continuellement.» (PASCAL)

Pascal n'a certainement pas voulu dire que « la suite des hommes » apprendrait continuellement la même chose ! L'explosion actuelle de la recherche scientifique — les neuf-dixièmes des chercheurs qui ont existé depuis le début de l'histoire sont vivants — fera-t-elle éclater aussi *notre* conception de l'humanisme ? Celle-ci offrait à l'étude paisible des arts, des sciences et des lettres, les récompenses de l'émotion esthétique autant que celles de la pensée abstraite. Cet équilibre, qui marque l'homme cultivé mais que les créateurs ont rarement connu, est-il encore réalisable ?

Chaque nouveauté que l'esprit humain parvient à découvrir, à exprimer, paraît d'abord inhumaine parce qu'elle apporte une valeur qui ne trouve pas d'emblée sa place dans l'humanisme. Il ne faut surtout pas l'appauvrir en cherchant à la réinterpréter. « Pour saisir le monde d'aujourd'hui, écrit Saint-Exupéry, nous usons d'un langage qui a été établi pour le monde d'hier. Et la vie du passé nous semble mieux répondre à notre nature pour la seule raison qu'elle répond

mieux à notre langage. Chaque progrès nous a chassés un peu plus loin hors d'habitudes que nous avions à peine acquises.»

Il faut donc que notre « suite des hommes » se demande, à chaque étape, non pas où elle va mettre ce qu'elle vient d'apprendre, mais en quoi et comment cette acquisition répond à ses aspirations profondes.

La science répond à plusieurs des aspirations de l'humanisme traditionnel en les reformulant, elle en crée de nouvelles et même, par l'intermédiaire des techniques, elle façonne une civilisation où l'humanisme devient indispensable à la survie de l'espèce.

Les connaissances nouvelles sur l'univers enrichissent notre savoir, mais aussi notre pensée. La science ouvre à l'esprit des domaines nouveaux, non seulement par les objets et les lois qu'elle découvre, mais aussi par les concepts qu'elle forge de toutes pièces. Nous pensons et nous faisons des choses inconnues de nos prédécesseurs parce que les connaissances scientifiques ont proliféré dans des directions imprévues et divergentes, imprimant aux préoccupations de chaque génération une orientation insoupçonnée de la précédente.

Chaque perspective nouvelle présente une barrière psychologique qu'il faut surmonter pour rajuster l'optique de nos pensées. Cette démarche est l'une des moins faciles à effectuer pour l'homme cultivé qui n'est pas suffisamment initié à la méthode scientifique. L'harmonie d'ensemble, en quoi réside le caractère intellectuel, échappera à celui qui n'a pas assimilé cette façon de penser qui s'éloigne résolument du sens commun. C'est pourquoi, contrairement à ce que suggère une fausse notion de la culture générale, celui qui n'a pas approfondi au moins quelques points d'un ordre de connaissance y reste étranger, quelle que soit l'étendue de son savoir.

La culture implique la capacité d'apprécier une oeuvre en termes des valeurs que cette oeuvre exprime. En bien des

domaines, certaines valeurs sont prises pour acquises parce que leur origine, liée à celle du langage, reste cachée. Dans une certaine mesure, la science libère la pensée du langage en forgeant elle-même sa propre langue qu'elle veut aussi peu mystérieuse que possible. Cela nous aide à prendre conscience du caractère artificiel et conventionnel de la pensée, d'autant plus que la pensée scientifique fait grand usage d'artifices de toutes sortes, de fictions commodes qui donnent aux théories l'allure désinvolte des plus hardies constructions de l'imagination.

Ceci nous amène à considérer un aspect trop oublié de la science : son caractère esthétique. La formation du goût scientifique exige non seulement l'initiation aux règles, mais une certaine fréquentation des oeuvres, l'habitude de voir les choses et les idées dans un contexte, en somme, la capacité de percevoir des ensembles et d'être sensible aux harmonies et aux discordances. C'est ce que vise l'éducation littéraire et artistique; l'éducation scientifique n'en demande pas moins.

On ne se rend généralement pas compte du rôle que cette sensibilité esthétique joue dans la genèse des découvertes. Le système astronomique de Ptolémée, avec sa Terre immobile, permettait de calculer les mouvements des astres avec toute la précision requise par les observations de l'époque, mais il faisait de l'Univers une machine compliquée et maladroite. D'un bond de l'esprit, Copernic se transporte sur le Soleil et découvre que, sous cet angle, tout s'explique comme par enchantement. Sur quels arguments se base-t-il pour affirmer cette chose, alors invraisemblable, que la Terre et les planètes tournent sur elles-mêmes et autour du Soleil ? Les voici : « Nous trouvons donc, dans cet arrangement ordonné, une merveilleuse symétrie de l'Univers et une véritable relation d'harmonie entre le mouvement et la grandeur des orbites, telles qu'on n'en peut obtenir d'aucune autre façon. » C'est sur la foi de cette vision d'artiste — il n'avait pas d'autres preuves — que Copernic propose à ses contemporains de

renoncer au sens commun et à une tradition vieille de plus de quinze ans. Quand Pythagore fait appel à l'harmonie des nombres et quand Galilée écrit : « La nature est écrite en langage mathématique », ce sont là des inspirations poétiques qui seront vérifiées plus tard et dont la science moderne n'a pas encore épuisé la fécondité.

Au moment de synthèses grandioses comme celles de Newton et d'Einstein, la science se revêt d'une beauté renouvelée qui est la splendeur de l'ordre. Elle dispense alors dans sa plénitude la joie de connaître, sous ses formes inséparables de satisfaction intellectuelle et d'émotion esthétique. Participer de son mieux à cette fête de l'esprit est sans doute l'un des principaux besoins qu'éprouve l'homme moderne.

Même à une échelle plus modeste, les adjectifs *beau*, *élégant*, reviennent chaque fois qu'une idée ou une technique réalise une économie de pensée ou de moyens grâce à un point de vue nouveau qui révèle une relation inattendue entre des choses sans rapport apparent. La simplification qui en résulte se traduit à la fois par un gain d'efficacité et d'élégance. On peut dire d'une méthode ou d'un appareil réussis ce que Copernic disait de son Univers « ...une relation d'harmonie ... telle qu'on n'en peut obtenir d'aucune autre façon. »

C'est ainsi sans doute que les grands artisans façonnaient avec amour des objets sans pareils. Ceux qui accusent notre civilisation d'avoir fait disparaître ces artisans peuvent les retrouver, toujours à l'avant-garde, dans les ateliers des instituts de recherche, où la lutte entre l'esprit et la matière est plus serrée qu'elle ne l'a jamais été. Là, à côté des savants qui imaginent et qui calculent, on trouve les techniciens de la précision ou de la miniature qui poussent l'ingéniosité, l'adresse et le goût parfois jusqu'au prodige, comme, par exemple, dans la construction de l'équipement d'un satellite.

L'idée de grandeur est un élément important de l'humanisme. Elle est souvent liée à celles d'ordre, d'unité de jus-

tice et, en définitive, de beauté. C'est un aspect de l'universel, seul objet de la pensée comme de l'art. Cette recherche de l'universel à travers un respect scrupuleux du particulier n'est peut-être nulle part plus pathétique que dans les efforts de la science vers une explication totale des phénomènes.

L'idéal de grandeur entraîne des exigences morales. Certains prétendent que la science ne peut être ni bonne ni mauvaise en soi, mais seulement dans l'usage qu'on en fait. Que la joie de connaître, l'émotion esthétique, soient moralement indifférents semble impliquer une notion étroite de ce qui élève l'homme et le rend meilleur. Dans un autre ordre d'idées, la science, en accroissant la puissance de l'homme, l'oblige à rechercher une plus grande perfection morale, ne serait-ce que pour éviter le suicide collectif. Le réseau d'interdépendance entre les hommes a resserré ses mailles et étendu son emprise. L'amour du prochain, auquel un bon coeur suffirait à l'échelle du village, exige maintenant l'application de l'esprit scientifique sous forme de recherches médicales, démographiques et autres. Que ces connaissances soient parfois monopolisées pour des fins égoïstes, cela devient un danger mortel pour l'espèce et apparaît de plus en plus comme une faute de jugement, autant et sinon plus qu'un acte de mauvaise volonté. La civilisation scientifique conduit à une intellectalisation de la morale.

Voilà quelques aspects des nourritures que la science peut apporter à l'humanisme. Loin de déshumaniser l'homme, elle l'invite à développer davantage ses facultés.

La nature de plus en plus instrumentale des moyens d'information et de perception entraîne des impératifs d'organisation qui, tout en déculpant les moyens d'action de l'esprit, le soumettent à une discipline étrangère à ses mouvements profonds. Le spectre de l'usine plane sur la culture. La spontanéité, la réceptivité, la sensibilité, risquent d'être défavorisées au profit de l'action méthodique et efficace, nous entraînant, comme le redoutait Beaudelaire, vers « un monde où

l'action n'est plus la soeur du rêve. » Il faut que, sans renoncer aux richesses de ce monde nouveau, les meilleurs esprits réussissent à en dominer l'appareil technique pour retrouver sur un plan supérieur la liberté de leurs mouvements. C'est sur ce plan que seront retrouvés les pouvoirs de goûter et de juger, sans lesquels il n'y a pas d'humanisme.

D'autre part, l'humanisme, jadis délice des beaux esprits, désormais condition du contrôle de la technique par l'homme, va devenir une nécessité vitale pour un grand nombre d'humains. L'automation et l'énergie à satiété, filles de la science, en libérant l'homme de ses rôles d'exécutant, le refoulent vers les fonctions supérieures jusqu'ici réservées à une minorité. Le choix est clair : devenir les esclaves bien nourris d'une armée de machines à calculer et de bureaucrates, ou bien, grâce à un nouvel humanisme fortement imprégné d'esprit scientifique et largement répandu dans la population, poursuivre, avec des moyens hier encore inespérés, la merveilleuse aventure des créateurs.

C'est en apprenant continuellement que la suite des hommes sera comme un seul homme qui subsiste toujours.

LA SCIENCE APPLIQUÉE

Dans les chapitres suivants, trois ingénieurs présentent quelques réflexions sur les buts et les méthodes de la science appliquée et rappellent le rôle qu'elle joue dans notre civilisation.

the first of these is the fact that the
the second is the fact that the
the third is the fact that the

the fourth is the fact that the
the fifth is the fact that the
the sixth is the fact that the

the seventh is the fact that the
the eighth is the fact that the
the ninth is the fact that the

the tenth is the fact that the
the eleventh is the fact that the
the twelfth is the fact that the

the thirteenth is the fact that the
the fourteenth is the fact that the
the fifteenth is the fact that the

the sixteenth is the fact that the
the seventeenth is the fact that the
the eighteenth is the fact that the

Chapitre quatrième

LES BUTS DE L'INGÉNIEUR

«Remplissez la terre et soumettez-la.»
(GENÈSE 1-28)

L'amélioration de son niveau de vie par l'utilisation des ressources que la nature met si généreusement à sa disposition est un des plus vieux rêves qui ait afflué et reflué dans l'esprit de l'homme. La cheville ouvrière de cette utilisation, c'est l'ingénieur. La science de l'ingénieur, en effet, n'est pas seulement de fabriquer et de faire fonctionner des machines, si perfectionnées puissent-elles être, c'est surtout la science grâce à laquelle les propriétés de la matière sont asservies à la volonté de l'homme et les grandes forces de la nature mobilisées pour le plus grand bien de l'humanité.

L'ingénieur est donc de toutes les époques et de toutes les régions; il est le bâtisseur des Pyramides d'Egypte, des routes et des aqueducs romains, des fours sidérurgiques comme des cerveaux électroniques.

A ses débuts, le génie, alors appelé *génie civil* pour le distinguer du *génie militaire*, était l'art de concevoir des projets et de surveiller la construction de ponts, de chemins, de palais. Durant de nombreux siècles, cet art était l'apanage d'un très petit groupe d'individus, hommes de science ou artisans spécialisés. L'augmentation des besoins et des de-

mandes fut si grande qu'en 1794 elle entraîna la création par Bonaparte de l'Ecole Polytechnique de Paris, pour enseigner à une élite de jeunes Français les méthodes du génie civil. Dans ce premier centre de formation, on enseignait aux futurs ingénieurs les dernières données des hommes de science et leurs méthodes d'utilisation dans les constructions pratiques. Les premiers professeurs en furent Lagrange, Laplace, Berthollet et Haüy. On trouve ici une première collaboration et une première distinction entre l'ingénieur et l'homme de science; l'ingénieur, tout en possédant les dernières données de la science, doit trouver des méthodes ou des appareils pour appliquer les connaissances scientifiques au bien-être de ses semblables, alors que le savant essaie de comprendre la nature pour elle-même. Cependant, parce que l'ingénieur acquiert ces connaissances dans un but précis, « réaliser des oeuvres de génie civil », il n'est plus libre de faire tout ce qu'il désire ou ce dont il rêve, il n'est plus libre dans son effort technique ou scientifique; il n'est plus libre d'ignorer le facteur économique, car ses réalisations répondent à des besoins ou des demandes d'un gouvernement ou d'un groupe.

Ainsi donc débute la formation systématique d'ingénieurs. L'exemple de l'Ecole Polytechnique fut bientôt suivi en divers pays et ce n'est pas par simple coïncidence qu'on voit alors un formidable progrès dans le développement et l'utilisation des ressources naturelles, des outils et des machines qui, en moins de deux siècles, transformeront le mode de vie de l'homme. En fait, les progrès durant ces deux derniers siècles surpassent en ampleur le total de tous les siècles précédents, alors que le rythme du progrès technique et du progrès social (qui le suit) avait été si lent.

Moins de deux siècles ! Au point de vue de la technique, nous pouvons parler de 1800 comme d'un temps préhistorique. Lors de la retraite de Moscou, Napoléon a mis 312 heures à parcourir les 1400 milles qui séparent Vilna de Paris, soit une vitesse moyenne de moins de 5 milles à l'heure, et il voya-

geait avec tous les avantages imaginables. Cette vitesse maximale n'avait pas varié depuis des siècles. Alexandre le Grand, il y a 20 siècles, voyageait à la même vitesse que Napoléon. Puis en quelque cent ans seulement, grâce au travail de l'ingénieur, on l'a multipliée par 100; on l'aura, d'ici peu d'années, multipliée par 1000. Le progrès industriel, économique et social des nations au cours du siècle écoulé n'a été possible que grâce au développement prodigieux des moyens de transport. Le monde ne s'est d'ailleurs pas encore complètement adapté économiquement, socialement et politiquement à ce changement si subit.

Entre Alexandre et Napoléon, les inventions techniques n'avaient pas manqué, mais elles n'avaient pas changé fondamentalement les caractères de la société, comme l'on fait celles qui ont suivi l'époque napoléonienne.

Nous avons choisi un exemple dans le domaine des transports; nous aurions pu en choisir un dans n'importe quel autre domaine technique, car, depuis le début de notre siècle surtout, les événements scientifiques et techniques se succèdent avec une rapidité inouïe. Grâce à la technique, le monde a connu des progrès que nul n'aurait osé anticiper il y a un siècle. En quelques lustres, les romans de Jules Verne ont été dépassés !

Ce que nous avons dit de l'ingénieur civil s'applique à toutes les autres spécialités du génie : la thermodynamique a rendu indispensable la création d'écoles de génie mécanique; l'électricité, d'écoles de génie électrique; la métallurgie, d'écoles de génie métallurgie; la chimie, d'écoles de génie chimique, etc., etc. Toutes ces spécialités, issues des sciences de base, montrent bien la nécessité d'ingénieurs possédant parfaitement les principes fondamentaux de la science.

D'un autre côté, l'expérience de nombreuses réalisations a permis à l'ingénieur d'extraire de différents problèmes particuliers des lois générales qui permettent maintenant de calculer d'avance de façon très précise les projets qu'il en-

treprend. Le génie est donc aussi une certaine source de connaissances fondamentales.

Il y a à peine 60 ans que les avions rudimentaires des frères Wright et de Blériot ont volé. L'automobile n'est pas beaucoup plus âgée. La radio et la télévision datent d'hier. Chaque avance se traduit par une importance accrue de l'ingénieur, qui est ainsi devenu la véritable clef de voûte de tout notre système économique, puisqu'il est l'agent indispensable de la grande production. Qu'il s'agisse d'entreprendre l'exploitation d'un gîte minier ou d'une forêt, d'aménager une rivière, d'établir une industrie sidérurgique, de construire un pont, il faut faire des études préliminaires, élaborer des plans, ériger les édifices nécessaires, installer l'équipement requis : tout cela est du domaine de l'ingénieur. Il faut ensuite extraire et traiter le minerai, transformer la forêt en papier, veiller au bon fonctionnement de fours, de machines-outils. Là encore, l'action de l'ingénieur se retrouve.

Dans le passé, il y avait un décalage énorme entre les découvertes scientifiques et leurs applications pratiques. Ce décalage, dans le temps, diminue de plus en plus, si bien qu'il n'est pas rare aujourd'hui de voir naître une réalisation technologique six mois après la découverte d'un nouveau phénomène; il arrive même qu'un projet pratique soit réalisé avant l'explication définitive du phénomène de base : la méthode empirique remplace, alors, l'explication physique. Dans tous les cas, c'est l'ingénieur qui sert de trait d'union entre la théorie et la pratique, entre le chercheur et le bailleur de fonds. Dès 1825, Auguste Comte écrivait : « L'établissement de classe des ingénieurs a d'autant plus d'importance que cette classe sera l'agent direct et nécessaire de la coalition entre l'homme de science et l'industrie, par laquelle, seule, pourra commencer directement le nouveau système social. »

Depuis une dizaine d'années, trois réalisations techniques importantes, et surtout leur diffusion dans le monde, ont élargi les horizons de l'ingénieur : les techniques qui permet-

tent un accroissement extraordinaire de la quantité d'énergie disponible, l'exploration de l'espace au moyen de satellites artificiels et enfin la construction d'ordinateurs électroniques qui multiplient à l'infini les facultés mentales de l'homme.

La possibilité d'accroître la disponibilité de l'énergie a toujours été le but fondamental de l'ingénieur, surtout au moment où dans certains pays les ressources exploitées devenaient limitées. L'ingénieur devait donc découvrir de nouvelles sources. Or, depuis dix ans, sa tâche se simplifie en même temps qu'elle se complique. Elle se simplifie grâce à l'énergie de fission nucléaire et bientôt de fusion nucléaire, qui mettent à sa disposition des quantités d'énergie énormes, quelles que soient les ressources naturelles de son pays! Elle se complique, en raison de la formation professionnelle plus poussée que ces techniques exigent. Il est vrai que dans notre province nos ressources en houille blanche sont si considérables que le besoin de ces sources ne viendra que plus tard, mais il s'avère déjà nécessaire de former des spécialistes en d'autres sources d'énergie, si nous ne voulons pas subir des crises dans une dizaine d'années.

L'exploration de l'espace donne à l'ingénieur une nouvelle prise sur la terre et l'aidera à la soumettre. Il a maintenant des grandes vues d'ensemble sur son atmosphère, ses océans, ses régions sauvages ou désertes. Les prévisions des intempéries et des mouvements de banquises, les communications du genre « Telstar », et même la possibilité d'ajouter les ressources minérales d'autres planètes aux nôtres, offrent de quoi inspirer à la nouvelle génération d'ingénieurs des merveilles prodigieuses.

Le développement des ordinateurs ou des machines à calculer a fait passer l'ingénieur du domaine exclusivement énergétique au domaine informationnel; il contribue maintenant au développement de l'individu lui-même en aidant l'intelligence :

- 1) dans son effort de recherche : que ce soit la perception, la conservation ou la combinaison des informations;
- 2) dans ses calculs : par les calculatrices analogiques et digitales; la machine ne remplit pas seulement une partie technique de l'activité humaine, elle fait encore certains calculs et travaux de l'intelligence humaine;
- 3) dans sa logique : par l'analyse structurale de l'information. On trouve maintenant des ingénieurs contribuant aux recherches dans les domaines de la littérature, de la linguistique, de la phonétique, en psychologie expérimentale, en pédagogie, en musicologie. Les schémas cybernétiques et les théories du robot ont aidé les recherches sur le système nerveux et son rôle dans la vie physico-chimique de l'homme.

Tout en exigeant des ingénieurs spécialisés dans la solution des problèmes très différents, ces progrès techniques augmentent la production, élèvent le niveau de vie et réduisent les heures de travail. En plus de marquer les activités de l'ingénieur, ils modifient celles de ses concitoyens.

Alors qu'en 1800 la majeure partie du travail se faisait à bras d'hommes aidés de bêtes de somme, l'énergie recueillie actuellement, qui équivaut à 3 milliards de tonnes de charbon par an, met à la disposition de nos 3 milliards d'êtres humains plus de 30 milliards d'esclaves mécaniques, dont chacun remplace un adulte. Jusqu'en 1933, il y en avait moins de 20 milliards ! A cette époque, l'Américain moyen devait travailler 448 heures pour acheter un frigidaire plutôt primitif, il ne travaille aujourd'hui que 187 heures pour se procurer un frigidaire beaucoup plus perfectionné; 317 heures de travail étaient nécessaires pour payer une lessiveuse, elle aussi fort primitive comparée à ce qu'on peut se procurer aujourd'hui avec 123 heures de travail.

La technique n'a pas seulement augmenté la production mais aussi le rendement. Alors qu'en 1920 il fallait six livres

de charbon pour produire un kilowatt-heure, aujourd'hui il n'en faut que deux. Alors qu'en 1850 un homme pouvait extraire 200 livres de minerai de fer à l'heure, aujourd'hui il en extrait plusieurs fois cette quantité. Une livre d'uranium peut aujourd'hui libérer 3 millions de fois plus de chaleur qu'une livre de charbon, ce qui ouvre à l'humanité de vastes horizons puisque le développement de l'énergie atomique s'avère plus rapide que celui de toutes les autres techniques. Cette augmentation de production et de rendement a permis une élévation remarquable du niveau de vie de l'homme, en dépit du fait que la population du globe a augmenté autant de 1870 à 1914 qu'entre Adam et Newton mort en 1727 !

Un bourgeois de Rome ne disposait pas de ressources très inférieures à celles d'un bourgeois du siècle de Louis XIV. Mais entre le mode de vie de ce dernier et celui du bourgeois actuel, la distance est immense.

Au milieu du siècle dernier, même dans un pays à civilisation avancée comme la France, 65% de la population active travaillait dans les champs 15 heures par jour et devait pourtant se contenter pour se nourrir de 1000 calories par jour, alors qu'aujourd'hui, en Amérique du Nord, on se rapproche de 4000 calories. En 1800, le Français moyen dépensait plus de 85% de son salaire pour sa nourriture; un siècle plus tard, moins de 50%.

Le progrès technique a amené une réduction des heures de travail : il y a cent ans, la semaine de travail dépassait 60 heures, elle est aujourd'hui de 40. C'est donc à des millions que se chiffre l'augmentation des heures de loisir des adultes par rapport au siècle dernier, heures qu'ils peuvent consacrer à la lecture, à la vie de famille, au repos et... à la télévision ! Des bénéfices accrus accompagnent les progrès courants de la technologie.

Toutes ces contributions au bien-être de l'humanité exigent qu'après avoir considéré l'élaboration d'un premier

projet ou la première application d'une découverte scientifique — où l'on dit souvent qu'il fait oeuvre de créateur — l'ingénieur fasse des études spéciales, c'est-à-dire des recherches, pour résoudre les besoins futurs et reproduise en multiples exemplaires certaines de ses oeuvres afin de les rendre disponibles au peuple. C'est un aspect de son travail sur lequel il faut insister davantage à l'avenir. En effet, le professeur Dixon¹, dans son article sur *The lost mission of Engineering*, montre bien que jusqu'à présent, soit dans les laboratoires industriels, soit dans les laboratoires universitaires, on a négligé certains graves problèmes qu'affrontent l'humanité pour se concentrer sur des problèmes secondaires ou de recherche pure.

Le premier de ces problèmes négligés est celui de la subsistance. Comment produire la nourriture nécessaire à une population qui augmente très rapidement ? Peut-être serait-il plus important pour l'ingénieur de recherche de trouver de nouvelles sources d'alimentation pouvant satisfaire les besoins de l'humanité, que de chercher à augmenter les profits des intermédiaires entre le producteur et le consommateur ?

De toute façon, le fait que les ingénieurs aient pu jusqu'ici élever le niveau d'alimentation de 1000 calories par jour à 4000, *et ceci pour une population croissante*, nous permet d'être optimiste. Moyennant la recherche nécessaire, la population grandissante sera nourrie ! Vient ensuite le problème de la production d'eau potable et de la lutte contre la pollution de l'eau et de l'air. Dans le cas de la pollution de l'air, c'est l'ingénieur qui en est directement responsable par la multiplication des voitures et la construction des usines.

On trouve ensuite le problème du transport qui existe partout sur la terre. Finalement, se pose le problème de la

* DIXON, John R., *Journal of Engineering Education*, Vol. 53, No. 7, March 1963.

bonne exploitation des nouvelles sources d'énergie : il est certainement plus important que la production de bombes. Lorsque des ingénieurs auront trouvé une méthode ou un procédé pour résoudre l'un de ces problèmes, il faudra le reproduire en de multiples exemplaires pour les besoins du genre humain.

Cette nécessité de reproduire en multiples un premier projet ou de le modifier après usage, la fabrication du matériel et la validité des composantes requièrent aussi le concours de spécialistes. Leur rôle sera de diriger la production d'une usine ou l'installation d'un système complexe en s'entremettant entre l'ingénieur créateur et l'artisan; on exigera d'eux des connaissances approfondies des méthodes de production et des lois du génie aussi bien que l'habilité à diriger des groupes.

Une des faiblesses de l'économie de la Province de Québec réside dans le manque d'industries secondaires. Cette nouvelle catégorie d'ingénieurs pourrait précisément y remédier. Les efforts actuels pour créer de nouvelles industries requièrent la formation parallèle d'un plus grand nombre de spécialistes canadiens français pour répondre aux besoins de ces industries. On a observé dans le passé le manque d'enthousiasme de nos jeunes à s'orienter vers ces carrières, mais la situation s'améliore de jour en jour, grâce à un facteur principal : la reconnaissance par la société du rôle de l'ingénieur.

Cette reconnaissance augmente la responsabilité morale de l'ingénieur dont les créations influencent de façon plus ou moins directe la vie de l'homme. Les moyens de transport libèrent l'homme de son isolement; les matériaux de construction le mettent à l'abri des intempéries; les métaux lui donnent les machines et les outils; l'outillage agricole lui procure un meilleur rendement des terres; les produits chimiques améliorent sa santé et lui permettent de se mieux vêtir; les communications le renseignent et le divertissent. Toutes ces

réalisations, et bien d'autres encore, montrent bien que la technologie est au service de l'humanité.

C'est ainsi que l'utilisation de l'énergie mécanique sur grande échelle a amené la libération de la jeunesse. Alors qu'en 1870, 8 jeunes américains sur 1000 allaient au cours secondaire, 250 sur 1000 le font de nos jours; dans l'enseignement supérieur 20 sur 1000, en 1870, contre 160 sur 1000, de nos jours. On enregistre donc surtout dans les pays de haute technique, une hausse impressionnante du niveau intellectuel. En fait, l'analphabétisme recule partout de jour en jour, aidé en cela par l'exode massif vers l'industrie, donc vers des centres de population.

Le rapport entre la population rurale et urbaine, qui ne s'était pas modifié de façon décisive entre Alexandre et Napoléon, a subi par la suite un changement brusque, le développement de l'industrie ayant provoqué un regroupement formidable de la population, drainée des campagnes vers les villes.

L'ingénieur et la technique ont certainement modifié les activités professionnelles des individus puisque le secteur primaire de la production a subi un recul au profit des secteurs secondaires et tertiaires. Dans l'industrie même, il y a eu des changements fort significatifs. Des statistiques dressées dans une importante entreprise européenne indiquent que, de 1957 à 1961, le nombre de manoeuvres a diminué de 88.7%, alors que la proportion des ouvriers spécialisés augmentait de 24.7%. Ainsi se trouve illustré par quelques chiffres le rythme d'une évolution qui continue à transformer rapidement le monde.

Ce à quoi l'homme aspire le plus, la paix, la sécurité, une meilleure santé, des journées de travail plus courtes, des salaires plus élevés, la technique contribue à le lui donner.

C'est le devoir de l'Etat de fournir à la société les ingénieurs nécessaires en donnant aux jeunes candidats une for-

mation de base apte à leur faire connaître les besoins d'une société moderne et en développant leur goût de l'effort personnel tout en leur montrant l'importance du travail d'équipe. Si l'on veut que les grands problèmes non encore résolus le soient par les nouvelles générations, il faut que nos jeunes ingénieurs soient des hommes imaginatifs et enthousiastes, conscients de leurs responsabilités et prêts à offrir des solutions ou du moins à les rechercher.

Chapitre cinquième

LES MÉTHODES DU GÉNIE

Tout homme est animé d'un double désir : celui de modifier son milieu pour le rendre plus confortable, et celui de satisfaire sa curiosité, de comprendre tout ce qui l'entoure. Ainsi, d'une part, l'homme s'efforce d'améliorer sans cesse ses conditions de vie et il agit alors comme ingénieur. D'autre part, il veut connaître le monde et comprendre les phénomènes de la nature, agissant dans ce cas en homme de science ou savant.

Pour réaliser son but, l'homme de science doit d'abord observer, analyser et interpréter les diverses manifestations des forces de la nature. Après quoi, il groupe les observations semblables en résumés qu'il appelle les lois de la nature. Ces lois lui permettent d'expliquer l'ensemble des observations qu'il a faites. Nous disons qu'il utilise une technique inductive, c'est-à-dire qu'il procède du cas particulier aux lois générales. Par contre, dans la poursuite de son propre but, l'ingénieur est amené à faire le contraire, c'est-à-dire l'application de la théorie à des cas particuliers afin d'en tirer des réalisations utiles à l'humanité. En procédant du général au particulier, l'ingénieur a donc recours à la déduction.

On dit qu'une loi scientifique est une réussite lorsqu'elle augmente notre compréhension d'un phénomène de la nature.

Un projet d'ingénieur devient un succès dans la mesure où il satisfait les besoins de l'homme.

Un problème auquel fait face l'ingénieur, c'est qu'en général, il n'est pas capable d'appliquer directement ses connaissances scientifiques à la solution d'un problème pratique. Ce problème est créé par trois types de difficultés : des difficultés techniques, économiques et celles qui résultent de la complexité ou de l'ampleur d'un projet.

Les difficultés techniques découlent de la nature même des lois scientifiques. En fait, les lois de la science pure ne sont généralement valables que dans des conditions déterminées. De plus, ces conditions sont plus souvent artificielles que réelles. Ainsi, les lois de la science pure ne sont généralement valides que dans le cas des systèmes bien particuliers montés par le savant dans son laboratoire. L'ingénieur, par contre, ne peut pas travailler sur des problèmes artificiels; il doit plutôt affronter les problèmes réels. Il finit souvent par trouver une solution à l'un de ces problèmes, mais il ne peut pas modifier le problème lui-même. L'ingénieur réussit alors à appliquer des lois idéales à des problèmes particuliers, soit en trouvant des modifications appropriées de la théorie, soit en imaginant un moyen de réaliser dans les conditions pratiques les exigences de la théorie. Il surmonte ainsi la première difficulté par les *méthodes techniques*.

Les difficultés économiques dans la réalisation d'un projet d'ingénieur se résument tout simplement à établir si la solution qu'il propose sera rentable. Pour répondre à cette exigence, l'ingénieur utilise diverses *méthodes d'analyse économique* confirmant que le projet à réaliser sera conforme aux normes de la rentabilité.

Enfin, un troisième genre de difficultés est devenu évident depuis environ une dizaine d'années. Ces difficultés nouvelles proviennent de la complexité et de l'ampleur des réalisations projetées. De tels projets exigent la collaboration de plu-

sieurs individus et de nombreuses techniques, et pour les mener à bonne fin, la direction doit être en mesure de synchroniser les efforts vers un même but, de façon efficace. C'est ce que fait l'ingénieur par les *méthodes de la recherche opérationnelle*.

Ainsi, selon les difficultés rencontrées, l'ingénieur utilise trois genres de méthodes. Nous allons maintenant les examiner plus en détail.

Considérons d'abord les *méthodes techniques*. Ces méthodes sont exactes ou empiriques. Les méthodes exactes consistent à reprendre les expériences des savants, tout en modifiant les conditions artificielles utilisées par ces derniers, de manière à ce qu'elles correspondent mieux aux problèmes pratiques à résoudre. Ces méthodes exigent évidemment un appareillage et des laboratoires semblables à ceux des savants et ne sont pas à la portée de beaucoup d'ingénieurs. Elles sont plutôt employées dans les instituts de recherches que dans les grandes sociétés commerciales, qui ont leur propre centre de recherches. Les ingénieurs qui en sont chargés sont des spécialistes.

Les méthodes empiriques, par contre, sont à la portée de tous ceux qui ont la formation professionnelle nécessaire. Elles consistent à adapter les données scientifiques à des problèmes particuliers et sont basées sur l'expérience. Elles sont appelées empiriques parce que les lois modifiées qu'elles permettent d'obtenir ne sont valides que pour des conditions bien spécifiques. Les méthodes empiriques font un usage fréquent de modèles. Les divers types de modèles utilisés sont *mathématiques* ou *expérimentaux*.

Les modèles mathématiques constituent une description mathématique du problème. L'emploi d'un tel modèle implique une connaissance approfondie du système à étudier, sa construction requiert généralement la combinaison de données scientifiques de base et de relations empiriques applica-

bles au système à l'étude. Il est encore utile de préciser que les résultats obtenus à l'aide d'un modèle mathématique doivent être vérifiés à l'aide de résultats expérimentaux.

Les modèles expérimentaux sont l'objet d'un usage fréquent par les ingénieurs et il y a lieu d'en distinguer plusieurs genres.

Le premier genre est le *prototype*. Il s'agit du modèle original d'un projet à reproduire. L'industrie de l'automobile et de l'aviation emploient couramment les prototypes. La raison principale de leur utilisation est que le rendement ou le comportement du produit fini doit être démontré de façon certaine avant de passer à la production. Le prototype est en tous points identique au produit fini. Dans plusieurs cas, cependant, l'emploi d'un prototype est inconcevable : on ne peut songer à utiliser un prototype pour des réalisations techniques telles que les ponts, les barrages, les gratte-ciel, les usines, etc. . . Dans ces cas, on aura plutôt recours à un deuxième genre de modèle expérimental : *le modèle à échelle réduite*.

Il existe une assez grande variété de modèles à échelle réduite. Les principaux types sont : les maquettes, les modèles techniques et les modèles pilotes. Les maquettes sont employées en vue d'apprécier dans l'espace l'harmonie des volumes d'une construction, par exemple. Elles sont peu coûteuses et ne fournissent pas de données techniques. Les modèles techniques doivent non seulement avoir dans leurs dimensions les mêmes proportions que celles de la réalisation finale, mais ils doivent encore remplir les mêmes fonctions. Dans le cas d'un barrage, par exemple, le modèle technique devra assumer le même rôle que le barrage à réaliser. Un modèle technique d'une nouvelle usine chimique sera lui aussi l'objet d'exigences sévères. Il devra fournir toutes les informations nécessaires concernant les conditions d'opération, les matériaux de construction et la composition chimique des produits et sous-produits. Les modèles pilotes ne diffèrent

des modèles techniques que par leurs dimensions. Ils sont considérés comme des unités semi-industrielles et sont surtout employés dans l'industrie manufacturière. La raison principale de leur emploi est économique, bien qu'ils servent aussi à des fins techniques. Une des raisons économiques la plus valable est celle de la mise sur le marché d'un produit nouveau. Il est important de fournir un nouveau produit aux clients intéressés avant de le manufacturer à l'échelle commerciale.

Ces trois genres de modèles à échelle réduite présentent généralement une difficulté technique appréciable, le comportement d'un système variant dans une certaine mesure avec ses dimensions. En fait, c'est là une autre cause importante de la lacune séparant la théorie de la pratique. Ces difficultés sont bien soulignées dans un passage d'*Eupalinos* où Valéry fait dire à Phèdre : « Tout change avec la grosseur. La forme ne suit pas l'accroissement si simplement et ni la solidité des matériaux, ni les organes de direction, ne le supporteraient. Si une qualité de la chose grandit selon la raison arithmétique, les autres grandissent autrement. » Jusqu'à présent, les méthodes utilisées pour contourner cette difficulté n'ont été que partiellement efficaces. Une des plus utiles est celle de l'analyse dimensionnelle. Elle consiste à rechercher parmi les caractéristiques d'un phénomène celles qui ne subissent pas l'effet dimensionnel et à établir entre elles des relations valables, quelles que soient les dimensions du système considéré.

Après les prototypes et les modèles à l'échelle réduite, l'ingénieur utilise un troisième genre de modèle expérimental : *le modèle analogique*. Celui-ci est basé sur l'analogie ou la correspondance entre des lois qui régissent des phénomènes de nature différente. Ainsi, la loi qui régit l'écoulement laminaire d'un fluide est identique à celle qui régit le transfert par conduction de la chaleur dans un solide. A partir d'une telle comparaison, il est permis d'utiliser un phénomène pour en étudier un autre.

Un type spécial de modèle analogique est appelé modèle électrique. Ce modèle permet de rendre le mécanisme fonctionnel d'un circuit électronique comparable à celui d'un phénomène réel n'ayant rien de commun avec l'électricité. Supposons un circuit formé d'une pile reliée aux bornes d'une résistance variable et un circuit hydraulique comprenant deux réservoirs superposés reliés entre eux par un conduit muni d'une valve. On constate que la résistance offerte par la valve a le même effet sur l'écoulement de l'eau que la résistance du circuit électrique sur le courant. De plus, la différence de tension du circuit électrique a le même effet sur le courant que la différence de pression sur le débit de l'eau dans le circuit hydraulique. Une telle constatation rend concevable l'emploi d'un modèle électrique pour l'étude de circuit hydraulique. Plusieurs autres analogies électroniques ont été développées et elles rendent possible la solution d'une multitude de problèmes différents. En fait, la calculatrice électronique analogique est le résultat de nombreux travaux faits dans ce domaine. C'est ainsi, par exemple, que l'on a pu simuler le comportement d'un procédé chimique avec une telle calculatrice et que tout récemment on a même réussi à lui faire effectuer le contrôle automatique du procédé.

Le deuxième genre de difficultés qui empêche l'ingénieur de réaliser la solution d'un problème est d'ordre économique. L'ingénieur — disions-nous — répond à ces exigences par les *méthodes d'analyse économique*. Pour être pratique, une réalisation, en plus d'être techniquement possible, doit aussi être rentable. Ainsi, l'ingénieur de l'industrie a une double responsabilité, technique et économique. Les méthodes d'analyse économique lui sont donc un outil indispensable, surtout dans le secteur de l'industrie manufacturière.

Tout projet nouveau comporte un élément de risque qui ne peut être entièrement éliminé. Afin de minimiser ce risque, la direction d'une entreprise a recours à l'analyse économique, qui lui permet de ne concentrer les efforts de sa corporation

que sur les projets les plus prometteurs. C'est un fait reconnu que les idées sont toujours, en quantité, supérieures aux formes, au personnel et aux facilités disponibles. Le processus de l'analyse économique est un moyen puissant dans le choix des idées à retenir. L'analyse porte sur deux aspects du projet : d'abord sur sa nature fondamentale et ensuite sur les différentes étapes de sa réalisation.

Il est évident que la nature fondamentale du projet influence sensiblement les méthodes d'analyse économique. En général, on distingue trois grandes classes de projets, suivant qu'il s'agit de la création d'un produit entièrement nouveau, de l'exécution d'un projet déjà connu mais nouveau pour la compagnie, ou de l'utilisation d'un procédé nouveau ou amélioré. Il faut remarquer que, dans l'industrie, les projets qui concernent un produit entièrement nouveau sont en minorité. C'est naturellement pour des projets de ce type que l'analyse économique est le plus difficile et que l'élément de risque est le plus grand. Toutefois, le risque encouru est souvent justifié par l'ampleur des gains à réaliser en cas de succès.

Si les méthodes d'analyse économique varient suivant la nature d'un projet, elles varient aussi de façon marquée suivant les différentes étapes qui marquent son développement. Le point important à souligner est que l'on doit continuellement faire appel à l'analyse économique afin de pouvoir en tout temps justifier une réorientation du projet ou son abandon. On peut apprécier la valeur d'un tel processus de contrôle si l'on considère que dans l'industrie chimique, par exemple, les coûts respectifs de la recherche en laboratoire, du pilotage et de l'étude finale plus la construction, comptent pour environ 10, 25 et 65 pour cent du coût global d'un projet.

Une étude théorique initiale précède alors le développement de tout projet. Le but principal de cette étude est de fournir les informations requises pour décider si le projet, désirable par sa nature fondamentale, se heurtera à des difficultés de production insurmontables. A ce stade d'un projet,

la recherche est peu coûteuse et l'on doit se garder de rejeter le projet à la suite d'une évaluation trop serrée.

La deuxième phase du développement d'un projet se déroule en essais de laboratoire. Grâce à une utilisation périodique et rigoureuse de l'analyse économique, il est possible de justifier le travail expérimental à mesure qu'il progresse et de l'orienter dans une direction nouvelle aussitôt qu'on en voit l'avantage.

Si tout va bien dans l'analyse économique des essais de laboratoire, on procède à la réalisation à l'échelle semi-industrielle d'un projet, c'est-à-dire au pilotage. Il est donc évident que le stade pilote est celui qui permet d'obtenir les meilleures données tant économiques que techniques. Ces données permettent de procéder à une analyse complète où les hypothèses utilisées pour les analyses antérieures sont remplacées par des résultats expérimentaux précis. Cette analyse économique sert de base à la décision de procéder à l'élaboration de la phase finale du projet.

La phase finale de tout projet est constituée par une demande d'appropriation du capital requis, l'acceptation de cette demande par la direction, l'exécution du projet proposé et son utilisation. En ce qui concerne l'ingénieur chargé du développement d'un projet, la demande du capital requis l'amène au terme de ses travaux. Une fois la demande acceptée, la responsabilité du projet devient celle du groupe chargé de son exploitation industrielle.

Qu'il s'agisse de la nature du projet ou encore des différentes étapes de sa réalisation, l'analyse économique considère les cinq facteurs suivants : l'investissement, le coût de production, le prix de vente, le volume des ventes et le pourcentage de retour sur l'investissement.

Dans l'évaluation de l'investissement, l'ingénieur sera surtout appelé à estimer le capital fixe. Il se servira des résultats obtenus en laboratoire ou de l'usine pilote pour éla-

borer un diagramme complet du procédé et déterminer en détail l'équipement, la machinerie et les bâtisses requises. A l'aide de ces informations, il pourra estimer le capital fixe requis.

Pour l'évaluation du coût de production, on fera plus particulièrement appel à l'ingénieur pour déterminer les quantités requises d'ingrédients et estimer le coût de la conversion. Le coût de la conversion sera déterminé à partir d'estimations séparées pour la main d'oeuvre, les taux de consommation de divers services requis, tels que l'eau, la vapeur, l'électricité, etc., la dépréciation de l'équipement, les frais de contrôle et autres.

Le prix de vente et le volume des ventes sont estimés à l'aide d'études de mise en marché.

Quant au pourcentage de retour, il se calcule en faisant le rapport en pourcentage de la différence entre le prix de production et le coût de vente d'une part, et l'investissement total requis d'autre part. Cette mesure constitue le critère de la rentabilité d'un projet. Tyler et Winter ont rapporté que, dans une grande corporation, une analyse des raisons pour lesquelles le pourcentage de retour réalisé différait de celui prédit par les ingénieurs a démontré que pour quarante-trois projets comportant des mises de fonds d'un à vingt-quatre millions de dollars, l'on avait été incapable de prédire soit le prix de vente, soit le volume des ventes. Un fait assez surprenant est que les raisons provenant de difficultés techniques constituaient la minorité. Un tel résultat ne fait que mettre en évidence l'importance de prédire d'avance le prix de vente et le volume des ventes d'un produit nouveau. Ceci devient particulièrement critique dans un pays ou une région qui doit dépendre de marchés extérieurs pour rendre rentable la commercialisation d'un projet. C'est le cas du Canada et en particulier celui du Québec.

Le troisième genre de difficultés qui empêchent l'ingénieur d'appliquer directement ses connaissances scientifiques à la

solution d'un problème particulier, résulte de la complexité ou de l'ampleur de ses projets. Ce sont des difficultés nouvelles. Avant la révolution industrielle du ^{xx}e siècle, la plupart des entreprises n'avaient pas encore une taille de géant et n'avaient à leur tête qu'un seul homme. Avec la naissance de la production mécanisée, les entreprises prirent une expansion rapide. On eut tout d'abord recours à la décentralisation de la direction par le partage des responsabilités entre les dirigeants des divers secteurs de l'entreprise. Cette solution fut utile pendant plusieurs années, mais elle se heurta à des difficultés nées du conflit des objectifs que s'était donnés chacun des secteurs administratifs.

Il en résulta donc que même si chacune des unités administratives était convaincue de poursuivre une politique favorable à la compagnie, leurs objectifs respectifs n'étaient pas tous compatibles et parfois venaient même en conflit direct.

Cette nouvelle complexité devint encore plus évidente dans les cadres de l'administration des opérations militaires des Alliés, lors de la deuxième guerre mondiale. C'est en effet pendant les premières années de cette guerre que naquit en Angleterre un groupe distinct chargé de ce que l'on appela la recherche opérationnelle, qui est la traduction française de l'expression *operational research*. Du secteur militaire où elle est née, cette discipline nouvelle a rapidement passé aux domaines de l'industrie, des affaires et du gouvernement.

Depuis, la recherche opérationnelle a connu une évolution des plus rapides. Elle est maintenant reconnue comme la science de la préparation scientifique des décisions, sa fonction étant de substituer au processus expérience-intuition celui qu'on peut appeler information-raisonnement. Autrement dit, au lieu de demander à l'homme d'expérience son opinion sur un projet, on cherche plutôt à obtenir d'avance toutes les données de ce projet et à en déduire toutes les conséquences par un raisonnement sévère qui ne concède rien à l'intuition. Mais pour le faire, il faut d'abord avoir l'informa-

tion et pouvoir ensuite y appliquer un raisonnement scientifique.

Afin d'obtenir l'information, on doit d'abord analyser les facteurs qui contribuent à la formation du phénomène sous étude et établir ensuite les relations qui les unissent. Ici, les méthodes statistiques modernes sont d'un grand secours, puisqu'elles permettent d'élucider assez rapidement les trois questions suivantes : 1. Quels sont les facteurs qui contribuent à la manifestation du phénomène ? 2. De quelle façon ces facteurs affectent-ils le comportement du phénomène ? 3. Pourquoi ces mêmes facteurs influencent-ils le phénomène de la façon observée ? Cette première étape donne généralement lieu à une expression ou modèle mathématique qui décrit quantitativement le comportement du système. C'est donc dire que l'information que l'on avait au début de cette étape a maintenant passé du qualitatif au quantitatif.

Une fois l'information obtenue et utilisée pour l'élaboration d'un modèle du projet, la seconde étape consiste à tenir le raisonnement scientifique, c'est-à-dire à déterminer rationnellement les solutions les plus efficaces ou les plus économiques. Cette détermination implique avant tout le choix d'un critère de valeur pour le projet. Par critère de valeur, on entend la propriété du projet à laquelle on attache le plus de prix. Ainsi, le critère de valeur d'une entreprise sera le pourcentage de retour sur le capital total. Dans le cas d'un alliage nouveau, le critère de valeur pourra être la force de tension.

Le critère de valeur du projet étant généralement connu au préalable, le modèle mathématique du système à l'étude prendra la forme d'une équation qui relie cette caractéristique désirée aux facteurs qui agissent sur elle. Les ingénieurs appellent cette équation : la fonction de valeur.

A l'aide de cette fonction et d'une calculatrice électrique, il est possible de calculer quelle sera l'ampleur de leur caractéristique désirée pour un grand nombre de valeurs assignées

à chacun des facteurs. Un examen de ces résultats indiquera les conditions du système pour lesquelles la grandeur du critère de valeur est un maximum ou un minimum.

En pratique, il arrive fréquemment que l'une ou plusieurs des conditions ainsi trouvées ne soient pas réalisables. Cela revient à dire que, pour diverses raisons d'ordre économique, technique, voire même psychologique, le choix des données numériques à assigner aux facteurs n'est pas arbitraire. Ces différentes raisons constituent donc des contraintes que l'ingénieur doit appliquer aux solutions possibles de son problème. Devant l'influence des contraintes, on est souvent obligé d'accepter, non pas la solution maximale, mais plutôt une solution que l'on appelle optimale.

Ce sont là quelques-unes des techniques et méthodes auxquelles les ingénieurs modernes font appel. La partie la plus importante de leur travail consiste en la préparation rationnelle de décisions qui contribueront à améliorer le sort matériel de l'humanité. Ils essaient de se rapprocher de la science souveraine dont parlait Aristote, « celle qui connaît pourquoi il faut faire quelque chose ».

Chapitre sixième

TECHNIQUES ET CIVILISATIONS

L'homme de science a pour but de comprendre la nature fondamentale de la matière et des phénomènes naturels. Son activité intellectuelle, avons-nous dit, influence fortement l'humanisme. En effet, il a contribué à élargir les horizons de la pensée humaine et a depuis deux siècles engendré un climat intellectuel, sinon spirituel, qui contribue à cette superbe civilisation que nous appelons scientifique.

Nous avons vu que l'ingénieur cherche, pour sa part, à appliquer les connaissances scientifiques au bien-être de l'humanité. Nous avons également vu qu'il possède lui aussi ses méthodes, ses techniques et sa façon de penser. Inévitablement, il contribue de son côté au climat intellectuel et influence l'humanisme de notre temps. Son influence reflète fidèlement les caractéristiques de son oeuvre.

Nous avons vu que le génie en tant que carrière et vocation formelle a débuté vers la fin du XVIII^e siècle. C'est dès lors surtout que l'ingénieur s'est appliqué à modifier l'environnement de l'homme, à l'adapter à son confort et à son bien-être. Cette extension des bénéfices de la conquête de la matière à des peuples entiers (routes, communications, industries...) en même temps que se répandait l'idée de l'importance du commun des mortels n'est pas une coïncidence.

Cette idée naquit avec le christianisme, mais fut étouffée par des siècles de féodalisme et de régimes totalitaires. L'oeuvre de l'ingénieur a libéré toute une classe d'hommes du besoin de labourer 18 heures par jour, leur donnant le loisir nécessaire aux échanges d'idées et à la discussion.

Cet exemple, parmi tant d'autres, indique clairement que l'ingénieur a grandement contribué à la révolution qui s'effectue dans l'humanisme depuis deux siècles. L'historien n'en sera pas surpris, il sait que depuis toujours les progrès technologiques ont influencé les civilisations.

Les paléontologues qui étudient les tout débuts de l'humanité cherchent d'abord un ingénieur, puisque le critère qu'ils utilisent pour distinguer cet être que nous appelons *homme* des animaux qui l'ont précédé est celui-ci : utilisait-il des outils ?

L'homme, cet être mystérieux que nous voyons dans les fresques magistrales de Teilhard de Chardin émerger lentement du chaos, de la bouillie primitive, passer par plusieurs stades successifs d'évolution pour arriver enfin au stade de l'intelligence, a eu de son créateur une mission : celle de posséder la terre. « Soyez féconds et multipliez-vous, remplissez la terre et soumettez-là; et dominez sur les poissons de la mer, sur les oiseaux du ciel, sur tout le bétail, sur toutes les bêtes sauvages, sur tous les reptiles qui rampent sur la terre. » (Genèse, 1-18)

Cette domination s'est effectuée lentement. Désireux d'exécuter certaines actions telles que tailler du bois ou couper une viande, l'homme vit autour de lui des objets qui, fortuitement, étaient propres à exercer ces actions. Il suffisait, au milieu de pierres sans intérêt, d'en sélectionner une qui était coupante. Pour effectuer un travail déterminé ce *silex* était utile : ainsi apparut la notion d'outil.

« A partir de ces modèles, l'homme construisit alors des copies qui représentèrent de véritables outils, tandis qu'il per-

fectionna ceux-ci selon une règle. Le principe consistait à retenir les modifications utiles et supprimer les autres. » *

Après les silex qui servaient d'outils à tout faire, ce fut la maîtrise du feu et l'emploi des os d'animaux qu'on aiguisa pour accomplir certains des gestes vitaux que l'homme effectuait auparavant avec ses ongles, ses dents ou des pierres. Les silex prennent aussi une forme plus affinée. L'élimination des caractères non utiles et une meilleure utilisation des caractères utiles se discernent de plus en plus; on peut distinguer des couteaux, des tranchets ou des grattoirs suivant l'usage auquel ces diverses pièces de roc devaient être soumises.

Tant qu'il employa ces outils, l'homme était plus ou moins nomade, avait l'air encore très primitif et ne se distinguait pas très bien d'un grand nombre d'animaux, mais ses outils plus ou moins raffinés le rendaient supérieur à tous les autres êtres de la création.

Une autre époque allait s'ouvrir dans le développement historique de l'homme : c'est celle où il a conquis la terre, l'a rendue nourricière et s'est groupé en bourgades ou en villages. Le dénominateur commun de cette époque est l'emploi plus efficace des outils déjà transmis par des générations précédentes et la création d'outils encore plus perfectionnés et mieux adaptés aux tâches de l'agriculture et aux besoins des groupements vivant en société.

Et ainsi, à travers toute l'histoire de l'homme, on constate l'influence profonde des révolutions technologiques sur la civilisation. On découvrit que le feu pouvait rendre solide la glaise ou l'argile, que ces terres pouvaient être façonnées et cuites : la poterie était née. Le développement des plantes textiles permit de remplacer les peaux de bêtes par des vêtements d'origine végétale. La découverte du métal donna à

*DUCROQ, Albert, *Découverte de la cybernétique*, p. 28, Sulliat.

l'homme des possibilités extraordinaires. Avec le métal, l'outil pouvait se perfectionner beaucoup mieux. C'est ainsi que les couteaux de bronze donnèrent des rendements supérieurs aux couteaux de silex et qu'ils purent prendre des formes qui étaient absolument impossibles avec le silex. Le cuivre découvert, le bronze suivit à quelques centaines d'années d'intervalle et on réussit à faire des outils durs, tranchants et faciles à fabriquer. Les hommes, grâce à cette diversité de moyens d'action, se groupèrent en agglomérations de plus en plus importantes et un bon nombre d'entre eux commencèrent à pratiquer un mode d'action complètement inconnu auparavant. Certains de ces hommes, vivant en société, se mirent à utiliser leur imagination et leur raison. C'était la fin de la Préhistoire, le début des premières civilisations qui nous ont laissé des documents : celles de Sumer et de l'Égypte.

La civilisation grecque, quoique de très courte durée face à l'histoire de l'homme sur terre, acquit une importance primordiale, car elle marqua d'une façon bien nette les premières manifestations majeures de l'utilisation par l'homme de sa raison. Les outils contribuèrent à la civilisation grecque dans une mesure probablement égale à la civilisation égyptienne. Mais grâce à l'outil, le Grec eut plus de loisirs, il dépensa moins d'énergie à combattre le froid et la faim et put ainsi penser à lui-même, réfléchir sur sa personne et sur les principes qui motivaient sa vie, ainsi que sur les qualités communes que présentaient certains de ses outils. Cette réflexion sur ses outils fut une des premières manifestations du développement technique ordonné dans l'histoire de l'homme. Sans recourir à l'expérimentation et au contrôle que l'on trouve de nos jours, les Grecs perfectionnèrent leurs outils et les rendirent plus aptes à une multitude de tâches. En même temps que cet effort de pensée, il y eut, grâce à l'outil, un effort très poussé de construction et d'architecture.

Découverts peu avant l'époque dont nous parlons, le fer et tous ses dérivés vinrent remplacer le bronze et le cuivre

et permirent, tout en ne changeant pas leur forme, la fabrication de certains outils plus résistants et, partant, plus utiles. Ce que nous avons dit de l'âge de fer, qui suivit ainsi l'âge de bronze, peut s'appliquer en bonne partie à l'époque romaine. Aucun nouvel outil d'intérêt spécial ne caractérise la civilisation romaine, qui ne fit que poursuivre ce qui lui avait été légué dans ce domaine par les civilisations égyptienne et grecque. Les Romains continuèrent l'élaboration d'outils plus complexes et plus perfectionnés, la mise en commun de plusieurs outils et créèrent des machines telles que les roues à eau pour les minoteries ou les instruments pour marteler le fer dans les forges.

Le Moyen Age voit naître un autre développement de l'outil. L'outil évolué, qui a pris la forme de machine, est devenu, à partir du Moyen Age, une partie intégrante de la civilisation. De plus en plus, l'homme harnache les forces de la nature (celles du vent et des cours d'eau) et remplace, dès qu'il le peut, la main d'oeuvre ou le muscle animal par la machine. Là encore, il n'y a pas d'outil bien spécial qui ait été créé, à la seule exception d'un instrument qui est devenu d'une importance primordiale : l'horloge. L'horloge, qui avait été créée auparavant ou du moins dont l'idée avait été développée par les civilisations grecque et romaine, avait toujours été dépendante du soleil ou de l'écoulement d'un liquide pour l'indication du temps. Ce n'est qu'avec le développement mécanique du Moyen Age que l'homme réussit à perfectionner un outil qui lui donne à chaque heure, à chaque instant, la portion du temps qui s'est écoulé depuis un certain moment qu'il s'est fixé lui-même. L'horloge révolutionne les conceptions que l'homme s'était toujours faites du temps.

Cette civilisation n'en était guère plus raffinée que celles des Egyptiens, des Grecs ou des Romains, elle n'avait pas vu le développement d'outils franchement nouveaux et n'avait pas fait de bonds extraordinaires dans l'amélioration de vie de l'homme.

Mais la civilisation allait bientôt changer d'une façon dramatique et en un très court instant dans la longue histoire de l'humanité. L'homme allait en effet se créer un nouvel outil, un nouveau pouvoir; il allait trouver les moyens de transformer l'énergie solaire emmagasinée dans les combustibles, de transformer cette énergie en travail et de se libérer ainsi de tâches ingrates qu'il avait toujours été obligé de faire lui-même. Cet outil, cette machine qu'il se créait, devait lui permettre de se déplacer contre vents et marées et d'installer des manufactures en des lieux où il n'aurait pas pu le faire auparavant. En définitive, la civilisation devait se libérer des voies de navigation et des sources d'énergie éoliennes et hydrauliques pour s'élargir et couvrir la terre.

C'est avec l'époque des Denis Papin, Huyghens, Newcomen, Watt et beaucoup d'autres, que s'instaura la civilisation de la machine à vapeur, qui devait bouleverser profondément l'ordre précédemment établi dans la vie de l'homme. La prolifération des machines et leur réduction à des dimensions qui permettaient leur installation un peu partout firent en sorte que des agglomérations urbaines s'établirent autour de la machine et donnèrent lieu à ce que l'on appelle la civilisation industrielle. Mais pour comprendre ces machines et les faire fonctionner, il fallait qu'une armée d'ingénieurs succédât aux quelques individus qui les avaient imaginées. Vers la fin du XVIII^e siècle, commença la fondation des Grandes Ecoles marquant le début de la révolution de notre civilisation qui se poursuit encore aujourd'hui.

La civilisation des machines a eu des aspects lamentables. Mumford émit à cet égard des observations très pertinentes :

« Les mornes vallées du Yorkshire qui fournissaient la force hydraulique, les vallées les plus sales et plus mornes où l'on découvrit les couches de charbon devinrent l'environnement, le cadre même d'une nouvelle industrie. Un prolétariat sans terre, sans tradition, qui s'était sans cesse développé depuis le XVI^e siècle, fut amené dans ces nouvelles ré-

gions et mis au travail dans ces nouvelles industries. Et cette main-d'oeuvre était constituée, en une proportion que nous trouvons effarante, d'enfants. C'était ainsi qu'en 1789, dans les trois ateliers d'Arkwright et Derbyshire, environ les deux tiers des 1150 ouvriers étaient des enfants. »

Cette civilisation, qui s'était acquise sans préparation des outils puissants, se trouvait bouleversée jusque dans ses fondements les plus intimes par ces mêmes outils. La famille avait perdu son caractère d'unité et de dévouement : plus il y avait d'enfants au travail, mieux les parents pouvaient vivre. Même la morale se ressentit gravement de la promiscuité des lieux de travail et de l'avalissement des valeurs spirituelles dans les masses ouvrières.

Devant le danger couru par la structure même de la civilisation européenne, il y eut des réactions : on réclama l'abandon de ces outils et de ces techniques. Les effets secondaires ont pu heureusement être corrigés et le bien fondamental que ces techniques apportaient à l'humanité a eu le dessus. Personne aujourd'hui ne souhaiterait que la civilisation retourne à la période déprimante qui a précédé la révolution industrielle.

Le rapide développement de la machine a facilité les voyages, il a apporté plus de confort dans les demeures, il a surtout permis la diffusion de la pensée de l'homme dans tous les pays, jusque chez les plus humbles. C'est là, en définitive, l'influence la plus profonde que l'outil exerça sur cette civilisation industrielle.

C'est cette civilisation que nous avons héritée. Nous y avons ajouté des outils d'une puissance extraordinaire, pour la destruction surtout, mais dans notre cas aussi les effets secondaires seront supprimés et nos outils nous libéreront des derniers asservissements que la nature nous a imposés.

La production de ces outils et de ces machines a eu comme conséquence importante de laisser à l'homme le loisir

et le temps nécessaire à la réflexion, à la contemplation. C'est ainsi que lentement les loisirs s'établirent pour l'humanité : très limités d'abord et réservés en fait à certaines castes, religieuses ou dirigeantes, ils augmentèrent au cours des siècles jusqu'à constituer aujourd'hui une partie importante des activités humaines.

Un effet des loisirs accrus est que la jeunesse n'est généralement plus contrainte de travailler. Il en résulte que l'âge de la scolarité a, depuis un demi-siècle, grimpé jusqu'à 16 ans. Les Etats-Unis ont actuellement le même nombre d'étudiants universitaires que la France de 1800 comptait d'enfants aux études primaires.

On n'a jamais eu tant de facilité à se procurer des oeuvres littéraires, philosophiques, musicales, artistiques. Les moyens de diffusion permettent à toute une nation d'assister à une pièce de théâtre et ... à un tournoi de lutte.

Grâce à la machine enfin, l'homme a accru sa capacité de production à un tel point qu'il fabrique à un rythme toujours plus élevé une variété toujours croissante d'objets utiles. Cette productivité accrue a eu pour conséquence de donner à l'ouvrier un plus grand pouvoir d'achat, lui permettant de s'offrir des appareils de radio, de télévision, des livres, des disques et tout autre matériel susceptible de l'aider dans son développement intellectuel et dans l'utilisation de ses loisirs. L'ouvrier d'aujourd'hui peut avoir dans sa bibliothèque personnelle des reproductions de tous les chefs d'oeuvre des musées d'Europe. La civilisation de l'ingénieur ne nie pas les valeurs classiques; au contraire elle les rend accessibles à tous. La civilisation classique fait partie intégrante de la nouvelle civilisation scientifique et n'a jamais été tant à l'honneur.

Pour couronner cette situation, l'homme s'est donné récemment des outils qui l'aident à accomplir des tâches intellectuelles. La machine remplace largement non seulement

l'effort de ses muscles mais aussi le côté répétitif de son activité cérébrale. C'est réellement le commencement décisif de la noosphère de Chardin.

La naissance des sciences exactes mit encore plus en lumière la technique qui permettait à l'humanité de profiter des découvertes, qui dès lors se succèdent rapidement. C'est aussi l'époque où l'homme, commençant à réaliser toute son emprise sur la nature, se construit des systèmes philosophiques centrés sur la science et la technique.

L'humanité est à ce tournant. Elle s'est donnée des outils lui permettant d'opter pour les valeurs qu'elle a toujours chéries : la primauté de la personne, le sens du mystère, la notion de communauté d'esprit et de cœur.

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

LES CANADIENS FRANÇAIS ET LA SCIENCE

La participation des Canadiens français à la civilisation scientifique dans laquelle le monde est engagé a été jusqu'à présent bien faible et menace de rester dans l'avenir purement passive. Les auteurs de la dernière partie de ce livre essaient de dresser un bilan de notre situation et d'indiquer quelques moyens de la redresser.

For the purpose of the present study, the following data were collected from the records of the Department of Education, which are available to the public. The data were collected from the records of the Department of Education, which are available to the public. The data were collected from the records of the Department of Education, which are available to the public.

Chapitre septième

APERÇU HISTORIQUE

L'histoire de la Science au Canada français n'a pas été écrite. Celui qui le fera accomplira une tâche agréable, car il s'agira surtout de la Petite Histoire, qui constitue toujours un travail humain et agréable.

Certes, on y trouvera de grands hommes, d'autant plus grands qu'ils auront dû évoluer dans l'isolement et lutter contre l'opinion publique et l'inertie de l'autorité. Comme dans tous les pays, ce sont ces hommes qui ont préparé le milieu qui est enfin aujourd'hui en mesure de soutenir un effort collectif plutôt que d'essuyer les récriminations de quelques mécontents.

L'historien trouvera une certaine bibliographie à sa disposition. S'il y tient, il pourra remonter à Champlain et doter le fameux astrolabe d'une dignité approchant celle des hémisphères de Magdebourg. Il découvrira dans les rapports des premiers intendants ainsi que dans *Les Relations*, des observations susceptibles d'intéresser le naturaliste. Les explorations, les fondations de villes, les constructions de fortifications ont toutes bénéficié de techniques à peu près semblables à celles utilisées ailleurs.

Les inventions (de l'extérieur également) n'ont pas manqué d'attirer un intérêt immédiat, et la Petite Histoire s'emplira d'exemples d'individus qui auront fait le premier appel téléphonique interurbain de la Province ou qui auront su, très tôt après sa découverte, exploiter le processus photographique.

C'est dans les écrits du Frère Marie-Victorin, du Docteur Léo Pariseau, de Monseigneur Arthur Maheux, du Doyen Adrien Pouliot que l'on retrouvera l'histoire de ces pionniers de la Science au Canada français, racontée avec tant d'anecdotes délicieuses.

C'est dans les revues comme *Le Naturaliste canadien* qu'on constatera les premiers efforts systématiques en vue de conserver devant un public restreint les progrès effectués dans les grands centres européens et américains et en faire des applications parfois hésitantes dans notre milieu.

Il ne manquera pas de dates pour garnir l'Histoire :

- 1663 — fondation du Séminaire de Québec, le germe dont tous nos fruits, y compris les scientifiques, sont issus;
- 1821 — fondation de l'Université McGill, institution canadienne anglaise où un certain nombre de savants canadiens français ont évolué et dont l'influence scientifique a été considérable et heureuse;
- 1852 — une partie du Séminaire de Québec devient l'Université Laval; un changement de nom, mais non de l'oeuvre déjà en marche depuis longtemps;
- 1873 — fondation de l'Ecole Polytechnique à Montréal, associée à l'Université Laval en 1887 et redevenue autonome en 1894; cette Ecole fournissait, pour la première fois au Canada français, une nouvelle classe d'hommes ayant reçu une formation scientifique;
- 1876 — l'Université Laval établit une succursale qui, 46 ans plus tard, deviendra autonome : l'Université de Montréal;

- 1920 — fondation de l'Ecole de Chimie, à Québec, destinée à devenir ce qui est considéré à Montréal comme étant le plus grand centre scientifique au Canada français;
- 1923 — fondation à l'Université de Montréal de l'Association canadienne française pour l'Avancement des Sciences, qui deviendra une des sociétés savantes les plus importantes au Canada;
- 1937 — mutation de l'Ecole de Chimie à Québec en Faculté des Sciences de l'Université Laval;
- 1953 — fondation de la Faculté des Sciences de l'Université d'Ottawa;
- 1954 — fondation de la Faculté des Sciences de l'Université de Sherbrooke;

et combien d'autres dates encore...

Mais l'historien-sociologue aura remarqué que c'est depuis une génération seulement que les dates fleurissent. En effet, on peut dire que c'est au milieu du ^{xx}e siècle que la Science au Canada français a atteint la taille critique : taille qui lui permet de vivre en équilibre avec les sciences des autres pays, accueillant des idées et des hommes et en fournissant à son tour. C'est donc vers cette époque que l'on commencera l'Histoire, non pas des individus, mais d'un ensemble cohérent, vigoureux et rentable.

L'historien remarquera peut-être qu'au début de son Histoire de l'effort communautaire, la Science canadienne française bénéficiait tout de même d'un certain actif. Grâce surtout aux efforts des individus des temps héroïques, elle avait produit plusieurs milliers de médecins et d'ingénieurs, quelques douzaines de chimistes, de physiciens, de biologistes, de mathématiciens, et une petite compagnie de géologues. A plusieurs centaines de publications sérieuses, qui ont attiré l'attention internationale, s'ajoutaient les honneurs et les titres de l'étranger. De plus, quelques prix et honneurs scientifiques

attribués par les Canadiens français eux-mêmes (citons les médailles Parizeau, Archambault, le Prix de la Province de Québec) étaient devenus recherchés par les gens de l'extérieur.

Il est surtout à souhaiter que l'historien futur remarque trois choses :

1. que dans la deuxième moitié du ^{xx}e siècle, la Science au Canada français a continué à faire de grands pas, notamment par l'établissement d'un Conseil provincial de Recherches susceptible de conférer tous les bénéfices que de telles organisations ont répartis à l'échelle nationale et dans d'autres provinces du Canada;
2. que la collectivité aura reconnu que l'effort général croissant continue à se baser sur les efforts des individus et que c'est dans le savant en tant qu'individu qu'il faut placer toute sa confiance et tous ses espoirs;
on aura ainsi évité des projets de planification des idées, de centralisation et d'homogénéisation des méthodes, pour appuyer plutôt des savants chevronnés, quels que soient leurs intérêts, leurs idées, ou l'orientation de leur curiosité;
3. finalement, il serait souhaitable que cette date « 1963 », marquant l'inauguration des nouveaux pavillons de la Faculté des Sciences de l'Université Laval, soit également retenue.

A nous d'y veiller !

Chapitre huitième

SITUATION ACTUELLE DE LA RECHERCHE

Il peut sembler oiseux de s'arrêter à décrire notre contribution, après tout si minime, à la recherche scientifique, d'autant plus que la question vient d'être traitée tout récemment encore, en deux mémoires.* Mais on nous affirme que l'inauguration d'une nouvelle Faculté des Sciences à l'Université Laval est l'occasion toute indiquée pour un examen de conscience de ce genre.

Il convient tout d'abord de s'entendre sur la portée du sujet. A part le fait fondamental qu'il est toujours périlleux de considérer la science sous l'angle du nationalisme — la science n'a pas de patrie, même si les savants en ont une — dans le cas présent, notre statut de minorité plus ou moins dispersée à travers le pays rend encore plus aléatoire toute tentative de recensement. Considérons, par exemple, que plusieurs de nos jeunes scientifiques nous ont quittés pour l'étranger, une fois leurs études terminées. Par contre, il y a parmi nous un bon nombre d'hommes de science d'origine et de formation étrangères. Pour ne citer qu'un cas particulier, les

*DUGAL, L.-P. *Les Universités Canadiennes d'Aujourd'hui*, p. 53, La Société Royale du Canada, University of Toronto Press, 1961. *Mémoire de l'ACFAS à la Commission Parent*, p. 8, Montréal, 1962.

Canadiens français ne constituent présentement que la moitié de nos effectifs de recherches en chimie à la Faculté des Sciences. On voit donc que si notre groupe ethnique est assez bien défini au niveau de l'homme de la rue, sur le plan de la recherche scientifique il devient passablement flou.

Pour simplifier les choses, puisqu'il faut bien se fixer des limites, si arbitraires soient-elles, nous nous en tiendrons ici aux deux Universités majeures de Laval et de Montréal, autour desquelles s'est concentré jusqu'à présent notre effort dans ce domaine. En effet, l'Université de Sherbrooke n'en est encore qu'à ses débuts. Quant à l'Université limitrophe d'Ottawa, notre contribution, assez importante surtout lors de l'organisation, se trouve maintenant noyée dans le magma du bilinguisme. Nous omettrons également l'apport des divers laboratoires gouvernementaux, tant à Ottawa que dans le Québec. Ici, la difficulté d'appréciation signalée plus haut s'accroît encore du fait que la recherche s'y confond souvent avec les développements techniques en vue de l'utilisation de nos ressources naturelles.

Historiquement, nos premiers pas sur la voie de la recherche scientifique remontent au début des années 1930. Quelques jeunes professeurs, qui venaient alors d'acquérir leur doctorat en Europe, ambitionnaient de poursuivre ici leurs travaux de thèse. Il fallait vraiment avoir le feu sacré, car les conditions étaient bien peu propices. Surchargés de cours et de travaux pratiques, dépourvus de matériel, d'instruments, de bibliothèques et d'assistants, ces pionniers devaient littéralement repartir de zéro et créer un milieu. A l'Université Laval, ces premiers efforts se cristallisèrent bientôt autour de l'Ecole des Gradués, fondée en 1940, qui contribua énormément à développer chez nos jeunes gradués le goût de la recherche en vue des grades supérieurs, la maîtrise et le doctorat. Vers la même époque, l'Université de Montréal devenait le théâtre d'un développement semblable.

On peut se faire une idée de l'importance de cette activité par la compilation des thèses présentées depuis 1933, tant à l'Ecole des Gradués de Laval qu'à la Faculté des Sciences et à l'Ecole Polytechnique de Montréal.

Tableau I
Thèses de maîtrise et de doctorat en sciences
(1933-1962)

	UNIVERSITÉ LAVAL		UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL	
	Maîtrise	Doctorat	Maîtrise	Doctorat
Biochimie.....	6	9	4	—
Biologie.....	11	8	61	14
Chimie.....	20	72	125	64
Géologie.....	20	15	3	—
Métallurgie, Mines.....	4	5	11	2
Mathématiques.....	—	—	32	4
Physique.....	18	14	40	8
Sciences de l'ingénieur...	32	1	41	8
TOTAL.....	111	124	317	100

Elle n'est pas considérable. Seule la chimie — grâce, en partie, à ses débuts assez tôt dans la période — fait relativement bonne figure. Prises toutes ensemble, les autres disciplines n'ont produit que 88 docteurs en 30 ans — moyenne de 3 par année pour tout un peuple ! Il y a plusieurs universités américaines qui à elles seules produisent 100 docteurs en science

par année ! Une étude récente* indique que notre société contemporaine a besoin de 100 docteurs par million de population tous les ans, soit 600 par année pour toutes les disciplines du Québec.

Normalement, les thèses aboutissent à des publications dans les périodiques scientifiques. Là-dessus cependant les statistiques sont très incomplètes. Citons seulement le total connu à ce jour des publications originales en chimie, quelque 225, et en physique, environ 85 à l'Université Laval; pour l'Université de Montréal, les chiffres correspondants sont de 125 et 300. Dans le même ordre d'idée, il est intéressant de constater l'augmentation continue dans le nombre des communications présentées chaque année au Congrès de l'ACFAS.

Tableau II
Nombre de communications au Congrès
de l'ACFAS

	<u>1950</u>	<u>1955</u>	<u>1960</u>	<u>1962</u>
Biologie.....	23	28	50	60
Chimie.....	20	21	55	36
Géologie-Minéralogie.....	12	4	7	10
Mathématiques-Physique..	7	14	17	26

Cependant, même le nombre de 132 communications en 1962 ne représente qu'environ une communication par 3 professeurs. Comme il ne s'agit pas ici de publications formelles mais tout simplement, dans bien des cas, de rapports de progrès dans leur travail, la production de notre personnel est faible, et reflète les surcharges d'enseignement. Signalons en passant le rôle éminemment utile que joue parmi nous cette

*L. V. BERKNER, *Whither Graduate Education*, Physics Today, 16, July 25 1963.

association. Evidemment, tous ces chiffres ne reflètent qu'un aspect, le quantitatif, de la question. On aimerait pouvoir évaluer aussi facilement la qualité et le niveau de notre production ! En l'occurrence, nous avons au moins le bénéfice du doute.

Un autre barème assez significatif de notre productivité en sciences est celui des subventions distribuées chaque année aux hommes de science canadiens par le Conseil National des Recherches. Pour l'année en cours, les statistiques montrent que notre quote-part se situe aux environs de 10% pour le nombre et un peu moins pour les montants. Etant donné que nous avons environ 30% de la population, il s'ensuit que nous utilisons seulement le tiers des fonds qui normalement nous seraient disponibles.

Tableau III
Subventions du Conseil National des Recherches
aux Universités Laval et de Montréal pour
1963-1964

	LAVAL et MONTRÉAL		Pourcentage dans l'ensemble du Canada	
	<u>Nombre</u>	<u>Montant</u>	<u>Nombre</u>	<u>Montant</u>
Biologie-Biochimie. . . .	25	\$101 100	8,4	6,1
Chimie.	25	132 800	9,8	8,2
Génie chimique-métal- lurgie.	9	65 600	14,3	14,5
Géologie.	7	28 500	5,4	4,2
Ingénieurs.	12	44 670	8,0	5,2
Mathématiques	9	20 000	18,0	18,2
Physique.	16	71 500	12,6	8,1
TOTAL.	103	464 170	9,6	7,5

Ces pourcentages n'ont pas varié beaucoup ces dernières années. Intuitivement, on se pose la question : sommes-nous traités avec justice ? La réponse, affirmative, nous est fournie par le relevé comparatif de la population des étudiants en recherches (pour la maîtrise et le doctorat) dans nos universités.

Tableau IV
Étudiants inscrits pour la maîtrise et le doctorat à
l'Université de Montréal et à Laval en
décembre 1962

	<u>Nombre</u>	<u>% dans l'en- semble du Canada</u>
Biologie.....	55	6,4
Chimie.....	45	6,7
Géologie.....	54	9,8
Mathématiques.....	22	8,5
Physique.....	25	5,3
Sciences de l'ingénieur.....	93	7,6
TOTAL.....	294	7,7

Avec une proportion inférieure à 8% en moyenne, nous sommes bien loin, hélas, des 30% que nous représentons à l'échelle nationale. Ces chiffres significatifs indiquent qu'avec 7,7% des étudiants gradués, nous recevons 7,5% des fonds : en moyenne, nos gradués sont donc aussi bien subventionnés que les autres. Mais nous avons très peu de gradués. Nous boudons la recherche. Ce qui est encore plus inquiétant, c'est que nous semblons perdre du terrain au lieu d'en gagner, comme il le faudrait. Nos progrès récents, pour impression-

nants qu'ils soient, demeurent encore inférieurs, relativement à ceux du reste du pays.

Il y aurait beaucoup à dire sur les raisons de notre déficience sous ce chapitre, mais qu'elles soient d'ordre historique, économique ou social, ne change rien à la situation. De façon générale, il apparaît que les jeunes Canadiens français sont plus attirés par le côté pratique de la science que par son aspect fondamental, par les applications plutôt que par la spéculation pure. Comme on le verra plus loin dans cette étude, nous faisons meilleure figure, du moins numériquement, dans les sciences de l'ingénieur. Question d'atavisme, sans doute.

Ce qui est certain, c'est que nous ne pouvons plus maintenant invoquer la pénurie de moyens matériels comme excuse pour notre carence à produire. Notre problème, dans ce domaine, comme dans bien d'autres, est un problème d'hommes.

Le premier point est de savoir si les
résultats obtenus sont satisfaisants.
Il faut donc examiner les données
et les comparer avec les résultats
attendus. Si les résultats sont
satisfaisants, on peut conclure que
l'expérience a été réussie. Si les
résultats ne sont pas satisfaisants,
il faut chercher à en déterminer
les causes et à les corriger.

Le deuxième point est de savoir si
les résultats obtenus sont
généralisables. Il faut donc
vérifier si les résultats obtenus
peuvent être appliqués à d'autres
situations.

Le troisième point est de savoir si
les résultats obtenus sont
durables. Il faut donc vérifier si
les résultats obtenus restent
valables après un certain temps.

Le quatrième point est de savoir si
les résultats obtenus sont
économiques. Il faut donc vérifier si
les résultats obtenus sont
obtenus à un coût raisonnable.

Chapitre neuvième

LES INGÉNIEURS CANADIENS FRANÇAIS

Le Canada français d'aujourd'hui participe de plus en plus au développement de la science, aussi bien dans le domaine des applications du génie que dans celui des sciences pures.

Les ingénieurs sortent en nombre croissant de nos universités et participent étroitement à l'activité intense qui caractérise notre milieu, depuis quelques années surtout. Ils deviennent bâtisseurs pour la nation en concevant et en dirigeant de grands travaux que l'on voit surgir de toutes parts, ils contribuent au développement de l'industrie à tous les niveaux et jouent un rôle indispensable au progrès de notre pays.

Devant ce rôle éminent que remplit l'ingénieur dans notre société, il est tout naturel de s'interroger quelque peu et d'essayer de le situer dans l'ensemble. Il est utile en tel cas de procéder par comparaison et de considérer en particulier le Canada anglais dont nous avons subi et continuons de subir la forte influence. La prudence s'impose avant de tirer des conclusions, car on ne saurait faire de comparaison en ne tenant compte, par exemple, que de l'importance de nos promotions actuelles et du niveau de formation présentement atteint par nos ingénieurs. Il convient de considérer aussi le passé et l'importance des effectifs en fonction de la population.

L'image que nous pourrions tirer d'une étude basée sur l'état actuel des choses risquerait d'être trompeuse, sans être placée dans une certaine perspective. Nulle époque dans l'histoire d'une nation ne peut être objectivement jugée, si l'on ignore l'influence qu'elle a reçue de son passé.

Aussi, pour se représenter la contribution du Canada français à la science appliquée, faut-il remonter dans l'histoire et comparer notre effort dans ce domaine à celui qui se faisait ailleurs.

La pratique du génie remonte bien loin avant notre ère. Toutefois, s'il fallait tenter de préciser le début de la période moderne en sciences appliquées, celle qui nous intéresse dans le cadre de la présente étude en raison des effets qu'elle a produits chez nous, on pourrait remonter au perfectionnement par James Watt de la machine à vapeur en 1769, c'est-à-dire à l'époque de la conquête du Canada. Son invention, contemporaine de plusieurs autres dans divers domaines, a provoqué l'industrialisation poussée que nous connaissons aujourd'hui, avec tout ce qu'elle a comporté comme contribution des ingénieurs. Une génération après l'oeuvre de Watt, on fonda les premières écoles formelles pour la formation systématique d'ingénieurs.

La révolution industrielle se fit très active dès le début du ^{XX}^e siècle en Angleterre, où elle prit son plein essor. Rendue possible par le développement des sciences appliquées, elle contribua elle-même au progrès remarquable de ces dernières.

Dans le contexte historique de l'époque, l'activité intense qui régnait en Angleterre ne pouvait passer inaperçue et nous devons en connaître bientôt les effets au Canada. Non seulement l'Angleterre était-elle en mesure d'exporter des machines, et avec elles des experts, mais la situation politique particulière de notre pays en faisait une région toute indiquée pour y envoyer des spécialistes dans le nouveau domaine des sciences

appliquées. Parmi les nombreux immigrants anglais de l'époque, il se trouva naturellement des ingénieurs qui s'appliquèrent à développer le pays et à le façonner suivant leurs conceptions. Ils participèrent bientôt à l'organisation d'universités et d'écoles de génie, qui devaient préparer en plus grand nombre ceux qui allaient prendre une part active à l'exploitation de nos richesses naturelles et à leurs transformations. La première classe de génie à l'Université du Nouveau-Brunswick, en 1854, comptait vingt-six étudiants. La première promotion en génie civil à McGill remonte à 1858, tandis que le premier cours complet de génie civil à l'Université de Toronto était organisé en 1857/58.

Par contre, bien que l'Université Laval de Québec fût fondée en 1852, le Canada français, séparé de ses sources culturelles, négligea pendant longtemps l'enseignement des sciences et du génie. Il fallut attendre 1873, soit six ans après la Confédération, pour assister à un premier démarrage avec la fondation de l'Ecole Polytechnique de Montréal, destinée à la formation d'ingénieurs. Est-il nécessaire de souligner que cette heureuse entreprise connut des débuts bien modestes, tant du point de vue des locaux que du nombre d'étudiants ? La raison en est apparemment attribuable à l'appui plutôt tiède de nos dirigeants de l'époque. Le premier local, situé sur les lieux mêmes où s'élève aujourd'hui la Place des Arts, ne mesurait que 3 000 pieds carrés de superficie. Se fiant au dévouement de quatre professeurs, dix étudiants constituèrent le premier groupe d'inscrits, parmi lesquels cinq seulement complétèrent leurs études avec succès en 1877 pour devenir les premiers ingénieurs formés au Canada français.

Les progrès furent très lents, le nombre de gradués oscillant entre 2 et 7 pendant plus de trente ans. Cet état de choses, alors que la situation au Canada anglais et aux Etats-Unis était déjà florissante dans ce domaine, s'expliquait principalement par l'apathie de l'élite du temps, qui voyait plutôt la sauvegarde du peuple canadien français dans son dévouement

au sol. On consacra des efforts considérables à une politique de retour à la terre, assuré que l'on était jusqu'au début du présent siècle, que la seule voie du succès était dans la vie rurale, et ce dans un pays à vocation également industrielle, minière et forestière. Le peuple comprenait-il mieux sa destinée ou voulait-il simplement protester à sa façon en abandonnant en bloc le Canada, pendant une longue période, pour l'industrie de la Nouvelle-Angleterre ? Le fait est qu'il en résulta une saignée inquiétante à une période où régnait pourtant une grande activité et au cours de laquelle on vit la réalisation de grands travaux de génie. Les universités anglaises du pays, tant au Québec que dans les autres provinces, jouissaient déjà de réputations enviabiles et formaient de nombreux professionnels parmi lesquels se trouvaient des quantités d'ingénieurs. Il suffira de mentionner, comme indication de l'activité du temps en sciences pures et même appliquées, les travaux entrepris par Rutherford à l'Université McGill, qui lui valurent le prix Nobel en 1908.

Tout ce qui se faisait ailleurs comme progrès dans le domaine des sciences ne pouvait se traduire que par un développement unilatéral des richesses et de l'industrie du pays; il ne pouvait en résulter qu'une présence presque exclusive de l'élément anglais à tous les échelons, sauf les plus bas, dans la plupart des domaines d'activité. Aussi, est-ce avec une consternation croissante que des éléments de plus en plus nombreux chez nous voyaient s'élargir constamment l'écart entre notre situation et celle de nos compatriotes anglophones. Il y eut un léger sursaut en 1909/10, alors que l'Ecole Polytechnique comptait trente gradués, mais elle n'en compta plus que onze en 1919/20, quatorze en 1924/25 et dix-sept en 1929/30. A une époque aussi récente que 1934/35, elle n'avait encore que vingt-huit gradués.

On peut comprendre que dans une période aussi longue, il se soit tout de même trouvé chez nous des éléments qui réalisèrent l'insuffisance de notre participation et qui firent toutes

sortes d'efforts pour corriger la situation. Ils devinrent de plus en plus nombreux et leur cri d'alerte ne pouvait rester vain.

Aidés, d'une part, par le bouleversement des années de la grande dépression et à la faveur particulière de l'agrandissement du territoire devant une activité minière intense, certains réussirent à convaincre les gouvernants de la nécessité de créer une Ecole des Mines et de la Métallurgie, dans le but d'assurer la présence des Canadiens français à tous les paliers dans ce nouveau domaine. L'existence à Québec, depuis 1920, de l'Ecole Supérieure de Chimie, qui connaissait alors des promotions semblables à celles de l'Ecole Polytechnique à ses débuts, autorisait dans une certaine mesure l'Université Laval à réclamer cette nouvelle Ecole des Mines, qui fut fondée en 1937. Il s'agit là d'une date importante de notre histoire, car cet événement marque en fait un premier pas qui devait vite conduire à la création de la Faculté des Sciences de l'Université Laval, par l'union de la nouvelle Ecole à l'Ecole Supérieure de Chimie.

L'enseignement de base qui existait pour des disciplines déjà établies était aussi utile pour les départements nouveaux que l'on y ajoutait à différents intervalles, en commençant par le génie chimique en 1940, suivi du génie électrique en 1942. Par modifications apportées à l'enseignement de la géologie, on put y introduire le génie géologique en 1945. Ainsi, le développement de la Faculté des Sciences de l'Université Laval s'effectuait par l'introduction de nouvelles disciplines relevant de départements particuliers. D'un total de 37, en 1937, le nombre d'étudiants passait déjà à 370, en 1945/46, dont 20 gradués.

Dans l'intervalle, en 1943, l'Ecole Polytechnique modifiait la structure du cours de génie général qu'elle donnait depuis 1922. En effet, de 1943 à 1960, cette Ecole offrit une semi-spécialisation dans les deux dernières années du cours. Ces options comportaient généralement les combinaisons de deux

branches du génie, à savoir : travaux publics et bâtiments, mécanique et électricité, mines et géologie, génie chimique et métallurgie.

La fin de la seconde guerre mondiale accentua la montée déjà croissante des inscriptions dans les deux institutions. D'une part, un nombre important d'anciens combattants s'inscrivirent dans les deux facultés de génie; d'autre part, en haussant leur niveau de sortie, les écoles secondaires publiques permirent à leurs élèves d'accéder directement aux Facultés des Sciences et de Génie, auxquelles elles fournirent ainsi un grand nombre de sujets. Il se produisit donc une forte poussée en un court laps de temps, où l'on vit la population étudiante augmenter considérablement. Il devait en résulter des besoins pressants d'ordre matériel et une dilatation ou réorganisation des cadres. C'est ainsi que l'Université Laval devait introduire le génie civil, en 1950, et le génie mécanique, en 1954. Le cours de génie physique fut organisé en 1957. L'Ecole Polytechnique devait, de son côté, réorganiser son enseignement, en 1960, et offrir les huit spécialités suivantes : génie civil, génie mécanique, génie électrique, génie métallurgique, génie chimique, génie minier, génie géologique et génie physique.

Il va sans dire que dans un cas comme dans l'autre, les locaux furent agrandis progressivement, si bien que l'Ecole Polytechnique s'étend, depuis 1958, sur une superficie de 485 000 pieds carrés, tandis que les départements de génie de l'Université Laval se partageront environ 400 000 pieds carrés.

L'élan de l'après-guerre était toutefois tel que les facultés déjà existantes pouvaient difficilement le contenir, surtout dans les conditions où elles se trouvaient à l'époque. On jugea donc nécessaire d'organiser des cours de génie à l'Université d'Ottawa et à l'Université de Sherbrooke, d'où les premiers ingénieurs sortirent en 1956 et en 1959 respectivement. Sans compter autant de diplômés que les universités de Montréal

et de Québec, elles occupent une place grandissante dans la formation d'ingénieurs francophones.

Il suffit de comparer les chiffres ci-dessous pour se rendre compte de l'ampleur des progrès réalisés au Québec au cours des dernières années :

<i>Année</i>	<i>Nombre d'ingénieurs diplômés</i>	
	<u>Polytechnique</u>	<u>Laval</u>
1945	46	10
1950	76	43
1955	105	54
1960	168	94
1962	271	107
1963	252	117

On relèvera que c'est surtout depuis les toutes dernières années que les jeunes ingénieurs diplômés sortent en nombres importants de nos facultés. Il ne faut donc pas s'étonner qu'une bonne partie des 3 000 anciens de Polytechnique et, à plus forte raison, la grande proportion des 1 000 anciens de Laval, soient constitués d'un groupe de jeunes.

Au total, compte tenu des diplômés d'Ottawa et de Sherbrooke, on se rend à l'évidence que les ingénieurs canadiens français dépassent à peine les quatre mille et qu'ils seront en minorité pendant longtemps encore dans la Province, puisqu'à elle seule la Corporation des Ingénieurs Professionnels de Québec, dont quelques milliers d'ingénieurs au Québec ne font pas partie, compte déjà au-delà de 12 500 membres.

En raison de l'âge où ils se recrutent, on ne peut s'étonner non plus que ce soit surtout chez l'élément anglophone que l'on trouve ceux qui occupent les postes de commande dans

tous les milieux où les ingénieurs sont appelés à jouer un rôle. Il convient de noter également que tous les ingénieurs anglophones résidant au Québec n'ont pas été formés dans la Province. Plusieurs ont fait leurs études dans les autres provinces canadiennes, non seulement en Ontario, mais également dans les provinces maritimes et celles de l'ouest. Ils se dirigèrent ici en raison des nombreux besoins qui y existaient, et très souvent parce que leurs propres provinces ne pouvaient les absorber tous. Ils venaient jouer un rôle que les nôtres n'étaient pas en mesure de remplir et prendre des postes que nous n'étions pas préparés à occuper.

En dépit des disproportions signalées, il faut reconnaître que parmi les ingénieurs de langue française, diplômés de nos universités, plusieurs ont atteint des fonctions importantes et joué un rôle marquant dans l'orientation du Canada français. Il n'est pas dans le cadre de cette brève étude d'établir un relevé de nos diplômés qui se sont le plus distingués. Disons toutefois qu'on en a vu atteindre des postes importants, tels que présidents, directeurs et gérants de nombreuses industries et organismes, ingénieurs en chef de ministères dans les gouvernements fédéral et provincial, associés de bureaux d'ingénieurs-conseils de réputation nationale et même internationale, professeurs d'universités, etc...

Plusieurs de nos diplômés, au terme de leurs études, ont fait des stages de spécialisation, très souvent à l'extérieur du pays, soit pour revenir exercer leur profession au Québec, mieux équipés, soit pour mieux se préparer à l'enseignement universitaire chez nous en obtenant des maîtrises et des doctorats. Nos institutions sont maintenant en mesure d'offrir des programmes d'études avancées qui attirent de plus en plus de candidats chaque année; tout en leur permettant d'acquérir une formation solide, elles donnent à nos jeunes la possibilité d'atteindre chez nous un niveau très poussé. Mais même si les cadres existent, les effectifs sont encore minimes : il n'y a que trois Canadiens français possédant le doctorat en génie civil !

Ces quelques considérations pourraient laisser croire au lecteur que la situation des sciences appliquées au Canada français n'est plus aussi alarmante qu'elle le fut pendant longtemps. Il aurait tort. Notre taux de croissance est beaucoup trop faible. En 1760, il y avait en Amérique du Nord 60 000 Canadiens français et 2 millions d'anglophones; aujourd'hui, les chiffres correspondants sont 6 millions et 200 millions. Le rapport n'a donc pas changé. En 1760, il n'y avait qu'une poignée de techniciens dans chacun des groupes. Depuis, les anglophones ont évolué : ils ont un million d'ingénieurs. Proportionnellement, nous devrions en avoir 30 000 : nous en avons moins de 4 000. Pour un groupe de 1 500 Canadiens français, il y a en moyenne un seul ingénieur, contre 8 pour un groupe de 1 500 anglophones.

Evidemment, on devra attendre plusieurs années encore pour que, dans une nouvelle publication de ce genre, on puisse vraiment parler de notre « contribution » dans le domaine du génie, plutôt que du « rattrapage » dont il a été question ici.

Chapitre dixième

LES REMÈDES A NOTRE SOUS-DÉVELOPPEMENT SCIENTIFIQUE

En considérant les progrès de l'humanité au cours des deux derniers siècles, il ne faudrait pas se demander pourquoi certains peuples arriérés en sont arrivés à leur état — ils y étaient et n'ont pas bougé — mais plutôt comment quelques peuples, une minorité, on pu devancer les autres.

La Conquête de 1760 a coïncidé avec le début de la révolution industrielle et a précédé de peu les révolutions américaine et française. Les techniques nouvelles et l'accumulation de capital, le droit des masses à l'éducation et à la libre entreprise, ont renouvelé la foi dans l'homme, dans la démocratie, dans la raison. C'était la contribution de l'ingénieur à l'humanisme. Les plus réceptifs à ces nouveautés en ont profité avant les autres et il en est résulté le décalage que nous constatons aujourd'hui. Ceux qui ont été isolés de ce courant par la géographie, l'histoire ou leur propre obstination n'ont pu participer à la genèse de ces développements et les ont subis plus tard sous forme d'envahissement par les idées, les techniques, le capital. Ils bénéficient tardivement et gratuitement d'institutions et d'une prospérité qu'ils n'ont pas créées — bienfaits qu'ils apprécient peu, d'ailleurs. Mais les leviers de commande, dont les autres gardent jalousement le contrôle, leur échappent.

En particulier, le caractère anglophone de la commande de l'économie de notre Province a des inconvénients qui se font sentir partout, parfois de façon cuisante, même au niveau de la vie quotidienne. Cela irrite le peuple et l'amène à souhaiter de satisfaire par et à travers l'Etat son désir de possession industrielle, substitution qui, transposée sur le plan psychologique, lui permettrait de s'imaginer qu'il l'a faite lui-même, cette industrie, et de se faire ainsi une sorte de fierté nationale collective. Ce souhait n'est réalisable ni par des méthodes économiques ni par la force.

Un jugement plus constructif de notre problème révèle les *faits* suivants qui sont les plus importants :

- a) l'avantage de cette industrialisation locale, même contrôlée par d'autres, évitant aux nôtres l'émigration vers le travail, triste souvenir de notre histoire, c'est-à-dire vers l'industrie américaine, également anglophone;
- b) le haut niveau de vie qu'elle nous permet (sans contribution au risque du capital, à l'habileté de la gérance ou à la pensée créatrice) et qui nous place en tête de liste des pays du monde où la vie est douce. Même au Canada, un des « pays riches », notre Province fait bonne figure, comme nous l'indique le tableau suivant* :

	Québec	Ontario	C.-B.	N.-E.	Canada
Revenu personnel:	\$7 004 000	\$11 405 000	\$2 947 000	\$878 000	\$28 049 000
par personne:	1 332	1 829	1 809	1 191	1 538
par travailleur:	3 940	4 800			

*La supériorité du revenu de l'Ontarien est surtout due à l'industrialisation plus grande de sa Province . . . Allons-nous reprocher aux anglophones d'avoir insuffisamment industrialisé la nôtre ???

- c) le besoin dans lequel nous sommes de revenus applicables dans l'avenir à l'édification de notre propre réseau industriel.

Notre affirmation économique n'est possible que dans l'avenir. Elle ne peut résulter que du développement de notre propre réseau industriel, vraisemblablement par l'entreprise privée, comme c'est le cas dans les pays les plus progressifs, dans un milieu que l'Etat se sera fait un devoir de garder riche de cette semence et de ces moyens à la base de la prospérité des pays modernes. Artificiellement riche même, et ce sera là son rôle compensateur et accélérateur.

L'ensemble des institutions nécessaires à cette fin et que nous ne possédons pas encore constitue les remèdes à notre sous-développement. Considérons maintenant ces institutions.

A — Une attitude du peuple

Le premier remède proposé intéresse notre économie. Il serait une application des techniques modernes d'influence des masses. Il consiste dans la création, par action gouvernementale, *d'une mentalité d'achat chez nous*. Ceci pour compenser le fait qu'au pays du Québec on semble connaître une seule sorte de vote et se fier uniquement aux structures politiques. On semble ne pas avoir compris que chaque dollar dépensé est un vote pour ou contre notre économie... Il ne s'agit pas de viser à une économie fermée, utopique, mais de sortir d'un déséquilibre artificiel en utilisant pleinement notre potentiel matériel et humain.

Une telle mesure corrective et compensatrice serait appréciée et aidée par toute l'industrie anglophone du Québec qui, devant supporter la concurrence de l'Ontario et des Etats-Unis, y trouverait son compte. Mais en vertu des rapports de populations, les francophones y gagneraient davantage.

Cette seule action serait peut-être suffisante pour sauver en une génération un bon nombre d'entreprises de distribution que nous sommes en voie de perdre par notre incurie.

B — Un Conseil provincial de Recherches scientifiques

Ici, dans la Province de Québec, on ignore qu'il y a au Canada d'immenses régions surtout limitées aux groupes anglophones progressifs où les milieux économiques, sociaux, ouvriers, publics, où toute la vie est enfin consciente de l'expérience de la science moderne. On apprécie ses données, la puissance de ses méthodes, et on l'utilise, on l'associe à son progrès, on la considère comme un élément de civilisation essentielle et on l'accepte au rang des éléments de valeur culturelle. En un mot, la civilisation scientifique a pénétré dans ces milieux.

Si on regarde le rapport du Conseil National des Recherches du Canada, on voit que son rôle ne se borne pas à la recherche au laboratoire qu'on considère généralement comme son activité propre. Une cinquantaine de ses membres font partie de comités parlementaires ayant une influence directe sur toute l'économie du pays; une centaine de ses membres ont été invités aux bureaux de direction d'organisations de toutes sortes, scientifiques, industrielles, ouvrières, dans tout le pays. Nous ne faisons rien de cela.

La proposition de créer un Conseil provincial de Recherches s'appuie ici sur l'espoir qu'on a de le voir jouer un rôle similaire chez nous, surtout dans le processus du développement économique, sentant par ailleurs l'impossibilité de créer une industrie de toutes pièces.

Un Conseil de Recherches aurait une place bien située dans la structure de la recherche industrielle qui doit se faire dans un pays. D'abord, il faut reconnaître que l'organisation de services adéquats de recherches exige des investissements considérables, surtout au départ. Seule la très grande industrie peut se permettre individuellement de créer des laboratoires où les services de toutes les disciplines puissent être assurés de façon adéquate. Même dans de tels cas, il serait avantageux que le Gouvernement consente à des abattements

d'impôt basés sur une dépréciation accélérée des appareils de laboratoire. Ces avantages ne seraient toutefois que temporaires puisque, si on en juge par l'expérience passée, ces laboratoires devraient éventuellement justifier leur propre existence sur le plan économique.

L'industrie de taille moyenne ne saurait, d'autre part, entreprendre de programmes de recherches de l'envergure nécessaire pour se maintenir à la pointe du progrès. Ici, il y aurait lieu de prévoir, dans le cas où la chose est possible, le groupement de plusieurs industries pour créer des laboratoires qui s'intéresseraient à une spécialité industrielle définie. En France, l'industrie sidérurgique a ainsi créé, en 1945, l'IRSID — laboratoire qui a depuis acquis une réputation internationale tout en améliorant le rendement économique de l'industrie française au point d'en faire une des premières du monde. A quelques exceptions près — notamment celle de Canadian Pulp and Paper Research Institute — le Canada, et plus particulièrement la Province de Québec, ne possède pas de laboratoire de cette envergure. La lacune se fait sentir notamment dans les industries minérales et électriques. Comme ces deux industries constituent la base de toute vie industrielle vraiment progressive, il est clair que des retards dans ces domaines menacent la structure économique de la Province.

La situation est sérieuse et le professeur Kirkaldy avait raison de signaler, au début de 1963, que « cette caractéristique rétrograde de la vie technologique canadienne constitue un symbole de notre recul industriel et une menace de banqueroute de notre secteur manufacturier d'ici une génération ». Si on ajoute à cela la faiblesse de nos laboratoires universitaires et gouvernementaux, il devient clair que nous avons besoin d'une action rapide et dynamique de la part des différents organismes capables d'assurer l'essor de notre vie scientifique.

Le cas des petites industries est plus difficile. Ici, même des groupements ou des fusions ne réussiraient pas à assurer

la création de laboratoires adéquats. Le seul moyen de promouvoir le progrès technique de ce secteur serait le Conseil provincial de Recherches où l'on toucherait à toutes les disciplines de connaissances scientifiques. Cet organisme devrait travailler parallèlement avec le Conseil d'Orientation Economique en vue d'assurer non seulement le progrès de la petite industrie, mais aussi de veiller à la création de nouvelles industries surtout dans les secteurs secondaires et tertiaires.

Le but assez immédiat de la création d'un tel organisme serait la formation d'un groupe d'hommes de science au courant des problèmes industriels, sociaux et même gouvernementaux, à la solution desquels les connaissances ou les méthodes scientifiques peuvent contribuer, et capables d'informer les intéressés dans des termes qui leur sont accessibles. Une partie économiquement primordiale de ce programme serait la promotion d'industries électrochimiques facilitées par nos richesses hydroélectriques et en substitution de l'industrie textile déficitaire qu'on a installée chez nous.

Un but à plus longue échéance serait, en collaboration avec la S.G.F. et le Conseil Economique, l'établissement de méthodes opérationnelles (voir chapitre V) pour le développement de ces industries favorisées sur le marché par le seul fait géographique, comme c'est le cas de celles qui dépendent de l'électricité, du bois, du transport fluvial, pour le développement de ces industries de transformation intermédiaire qui permettraient de vendre nos richesses naturelles dans un produit plus fini, pour le développement de traitements modernes dans l'exploitation de nos ressources naturelles en vue d'un produit de plus haute qualité.

Jusqu'à présent, nos gouvernements semblent se leurrer à cause du standard de vie relativement élevé des citoyens canadiens. Or, la vie économique du Canada, et plus particulièrement de la Province de Québec, est étroitement liée à l'exploitation des ressources naturelles. Notre prospérité est ainsi forcément limitée non seulement par la valeur relative-

ment faible des produits que nous exportons, mais aussi par la concurrence internationale qui gêne la croissance de ces industries. De plus, le secteur primaire utilise une main-d'oeuvre relativement peu nombreuse et une économie très fortement axée sur ce secteur doit faire face à des problèmes de chômage.

Plusieurs économistes ont souligné la nécessité de développer le secteur secondaire non seulement en vue d'augmenter la valeur de nos ressources, mais aussi de résoudre le problème du chômage. Toutefois, on ne semble pas réaliser que ce développement du secteur secondaire ne peut se faire qu'en compétition avec les puissants monopoles internationaux qui opèrent à partir de grands laboratoires de recherche. En somme, il faut donc reconnaître que la concurrence entre industries se fait, aujourd'hui, sur un plan scientifique aussi bien que financier.

Le but du Conseil de Recherches est donc de faire rouage essentiel dans la planification de la vie économique de notre pays, planification aujourd'hui demandée par tous.

Un but éloigné, mais plus noble encore et auquel contribuent déjà brillamment les Centres de recherches de nos universités (sans aide du Gouvernement provincial et presque à son insu), serait d'apporter à la culture littéraire traditionaliste du groupe francophone le complément de la science, pratique, dynamique et moderne.

Il serait bien difficile d'imaginer de toutes pièces ce que devrait être un Conseil de Recherches scientifiques pour la Province de Québec. Mais d'autres provinces et l'Etat canadien (on est tenté de dire : heureusement) nous ont depuis longtemps devancés dans cette voie et possèdent des institutions qui ont subi l'épreuve du temps et dont quelques-unes se sont même mérité une célébrité internationale. Il nous serait facile de modeler sur elles nos projets. La question de structure est capitale. L'organisme proposé doit remplir les

fonctions esquissées ci-haut. Il doit de plus attribuer des bourses de recherches aux universités de la Province. Son Conseil directeur doit donc compter comme membres le Président des Laboratoires, un représentant des recherches universitaires, plusieurs hommes de science éminents en recherche pure et en recherche appliquée. Le Président, de par les fonctions de tout l'organisme, doit être un homme de science de grande réputation dans la recherche, car on ne s'improvise pas entrepreneur en recherches, mais il doit aussi être versé dans les questions économiques et politiques. Les hommes de ce genre sont dans les universités et se comptent sur les doigts. Et parmi ceux-là, peu sont intéressés à l'économie pour des raisons qui semblent provenir d'un mode de comportement assez général chez nous, dont on a fait mention au début et qui fait que nos universités sont relativement plus brillantes que notre économie.

Il faut insister sur le fait que les investissements requis pour l'organisation de services de recherche réellement efficaces sont considérables. Si l'on en juge par l'expérience américaine et européenne, il s'agirait de plusieurs dizaines de millions de dollars qui devraient être versés aux universités et aux laboratoires gouvernementaux.

Un refus de la part de nos gouvernements d'établir une politique bien définie à ce sujet signifie une acceptation des conditions de recul qui menacent de s'aggraver et de précipiter, à brève échéance, notre faible industrie secondaire dans la faillite.

C — L'enseignement du peuple

L'enseignement des masses ayant été chez nous extrêmement négligé, il est celui qui s'impose d'abord à notre attention et son importance à notre époque lui donne une priorité indiscutable dans l'ordre de l'exécution.

C'est une opinion répandue et sans doute justifiée que notre enseignement primaire est acceptable. Tenons-nous en

donc là, en mentionnant toutefois le fait que l'étude comparative de la fréquentation scolaire ici et dans l'Ontario* semble indiquer que nos voisins ont un meilleur système d'accélération qui permet à un élève sur dix de sauter une année.

En ce qui concerne l'enseignement secondaire, ces mêmes statistiques permettent un calcul approximatif indiquant une fréquentation moyenne de 3,1 années en Ontario comparativement à 2,5 années ici. Il y a plus encore. On y voit que dans les trois dernières années (11e, 12e et 13e), il y a en Ontario quelque 43 000 élèves contre 20 000 chez nous, soit un facteur 2, ou, vu autrement, un facteur 2 dans le nombre de candidats au niveau supérieur...

Il y aurait peut-être lieu d'insister sur l'importance de la réforme de notre système d'enseignement, réforme proposée à la suite de l'admirable étude de la Commission Parent. Mais nous passons, étant donné la grande publicité accordée à ce document. Remarquons cependant que la réforme est pour le présent plutôt que pour l'avenir — nous y reviendrons dans le chapitre suivant. C'était peut-être inévitable : dans ce domaine un mal profond datant de toujours et découlant de principes archaïques a à la fois animé et sclérosé des couches considérables de notre population. Aujourd'hui, devant le pas à faire, ces groupes s'inclinent vers la réaction et le refoulement sur soi-même. Pour combattre, entre autres choses, ces « voies stériles », nous aurons incessamment un Ministère de l'Éducation.

On peut donc espérer qu'un cours secondaire complet, accessible à tous et menant directement à l'université, sera sous peu créé chez nous. Cela implique l'aménagement de classes et la recherche de professeurs. Passons encore sur l'énormité de ces problèmes.

**Annuaire du Canada*, p. 320, 1962.

Annuaire statistique de la Province de Québec, p. 144, 1962.

Il y en a cependant qui retiennent notre attention : problèmes de jonction entre le secondaire et l'université. Ils sont amenés par la multiplicité des points de départ de nos facultés universitaires. Celle-ci est une conséquence naturelle du désordre, justifiable sans doute à titre d'expédient, mais qui, aujourd'hui, confirmé par la tradition (et, dans le cas des professions libérales, appuyé par des sociétés professionnelles) va présenter un bien dur obstacle à l'établissement d'un cours secondaire.

Car il est une erreur inconsciemment héritée de notre habitude d'une société à deux classes, erreur injustifiable chez des professeurs d'université et inexplicable si ce n'est par la facilité avec laquelle on oublie les droits d'un absent. *Cette erreur consiste à considérer le cours secondaire comme préparatoire à l'université.*

Le cours secondaire est l'ensemble des années d'étude de l'histoire, des sciences physiques, sociales et économiques, des arts, de la philosophie, où l'on se sert de l'enseignement primaire comme outil; ces années ont été ajoutées par et chez les nations modernes au fur et à mesure de leur évolution. Elles ont été ajoutées dans une certaine réalisation qu'elles étaient nécessaires à la vie économique, à l'alimentation de la vie universitaire, à la formation générale d'un citoyen dont la qualité du jugement politique est nécessaire en démocratie. Pensons à l'attitude extrêmement compréhensible des cours secondaires américains. C'est donc, dans une large mesure, un cours défini par les besoins culturels de l'époque, *un cours général, le seul d'ailleurs qui sera propre à une masse considérable de citoyens*, les cours universitaires étant spécialisés.

Voilà pourquoi un cours secondaire de conception moderne que l'on pourrait peut-être trouver tout composé en France, ce qui assurerait sa convenance à notre culture, et que l'on pourrait peut-être adapter légèrement à la vie économique nord-américaine, devrait s'imposer ou être imposé chez nous.

En ce qui concerne le niveau universitaire, l'évolution nous semble avoir été plus saine. Laval a été fondée par charte royale en 1852 et le fardeau financier en a été laissé *entièrement* à la Société fondatrice : Messieurs les Prêtres du Séminaire de Québec. Ils l'ont accepté avec une générosité qui n'a d'égale que la grandeur de vue avec laquelle ils ont développé l'Université à mesure de la croissance du peuple et la noblesse avec laquelle ils l'ont administrée. Ils ont ainsi, et de bien d'autres façons d'ailleurs, à toutes les époques de notre histoire, nourri ce qui, chez nous, semble peut-être grâce à eux avoir été un besoin permanent de vie intellectuelle élevée.

Avec les années, Laval a fondé Montréal, et des grandes écoles de génie, de commerce, d'architecture et d'art sont venues compléter l'ensemble de nos institutions d'enseignement supérieur. Ces institutions sont aujourd'hui vivantes et progressives. Les cours qui s'y donnent sont aussi bons qu'ailleurs, et, dans certains domaines, les travaux des professeurs et les invitations qu'ils reçoivent de l'étranger témoignent d'une qualité de classe internationale.

Des statistiques sur la fréquentation universitaire auraient ici de l'intérêt, n'était la permanente confusion des deux années de jonction avec le secondaire et aussi le niveau médiocre de certains cours avec diplôme. Nous avons donc préféré placer ici un tableau* donnant le nombre d'adultes (29 ans) ayant fait plus d'une année d'étude après une étape définie : la treizième année.

Elèves d'extraction	Québec	Ontario
urbaine	38 000	87 000
rurale	4 000	14 000
	42 000	101000

*Bureau fédéral de la Statistique, 1961.

Si l'on veut bien en interpréter les données comme une sorte de mesure du *désir d'apprendre*, on conviendra qu'il est plutôt faible chez nous. La conclusion est que si la qualité de nos universitaires est bonne, la quantité est faible, et la faute est à nous.

Ceux qui ont grandi au pays du Québec « savent » (comment ne le sauraient-ils pas — on le leur a tellement dit) la prédilection des nôtres pour les professions dites libérales et, par suite, naturellement « comprennent » et admettent notre absence relative dans les autres professions. *Le tableau suivant détruit ce mythe. Les carrières libérales ne sont guère mieux représentées chez nous que les autres* et les Canadiens anglais épousent plus les professions libérales que nous :

	Canada Québec		%	Ontario		%
Médecine	21 000	6 000	29	8 000	38	
Droit	12 000	3 300	27	4 900	39	
Art dentaire	5 400	1 250	23	2 300	42	
Total:	38 400	10 550	28	15 200	39.5	

Le rapport Ontario/Québec, corrigé pour la population, est : professions libérales 1,3; ingénieurs 1,4.

L'ordre des facteurs en jeu dans les tableaux qui précèdent correspond en première approximation à nos déficiences numériques dans l'enseignement secondaire et devrait, dans la même mesure, être corrigé avec celles-ci.

Ainsi avons-nous besoin d'une population dont une partie beaucoup plus considérable fréquente l'école technique et l'université. On dira que l'on a fait beaucoup dans ce sens depuis vingt ans. C'est vrai. Du côté de l'enseignement universitaire, le nombre de spécialités s'est considérablement accru pendant que s'élargissaient les cadres des départements existants. Du côté de la recherche, plusieurs nouveaux labo-

ratoires ont été créés et nous avons produit des travaux importants surtout dans les sciences expérimentales.

Toutefois, il faut admettre que ces progrès sont encore beaucoup trop lents si on les compare, même à l'échelle relative, avec ceux de la plupart des pays d'Europe et des Etats-Unis. Dans ces derniers pays, l'Etat a d'abord reconnu depuis la dernière guerre mondiale le rôle primordial que doit jouer la science dans la vie économique et politique d'une nation. Il a prévu des sommes considérables qui sont versées annuellement aux laboratoires de l'industrie, des universités et de l'Etat lui-même.

Il est bien sûr que les motifs qui ont inspiré ces Etats restent impensables dans le contexte québécois actuel. Il ne saurait, en effet, être question de faire concurrence à ces pays sur le plan des armes atomiques ou des satellites artificiels. Toutefois, il faut remarquer qu'un grand nombre de laboratoires de recherches américains et européens ont ainsi acquis des budgets qui dépassent de loin ceux des meilleurs instituts du Québec. Ainsi on retrouve beaucoup d'universités américaines où le nombre des professeurs par département est le double ou le triple de celui de nos meilleures universités. Ces professeurs disposent aussi de budgets de recherches qui atteignent parfois dix fois celui de leurs quelques collègues québécois. Dans de telles conditions, il n'est pas surprenant que ces universités aient pu recruter facilement des chercheurs éminents capables de fournir les idées théoriques qui guident les équipes nombreuses préposées à la recherche expérimentale.

L'industrie européenne et l'industrie américaine ont toutes deux largement participé au développement de la science, à la fois par leur aide aux universités et par la création de laboratoires autonomes. Alors qu'auparavant l'industrie n'utilisait la science que pour fins de contrôle, elle a considérablement élargi les cadres de ses laboratoires qui visent maintenant non seulement à l'amélioration du rendement économique

de leurs opérations, mais aussi à la création de nouveaux procédés ou produits. D'ailleurs, la concurrence qui s'est ainsi établie entre les différentes industries du secteur secondaire devient de plus en plus serrée et elle prend sans cesse plus d'ampleur. On peut même affirmer que les industries qui n'y participent pas sont menacées de faillite à brève échéance.

Une caractéristique frappante de ces organisations modernes de recherche est leur grande envergure qui résulte de la participation des chercheurs de toutes les disciplines scientifiques, pures ou appliquées. Il est clair que la création de tels laboratoires nécessite des investissements considérables à la fois pour le personnel et les appareils. Si l'industrie y a consenti, c'est que les résultats économiques ont été favorables. Comme le remarquait récemment Monsieur Allard, directeur général du célèbre laboratoire de l'IRSID en France : « Les espoirs ne nous sont permis que si on procède avant tout et continuellement à de gros investissements en recherche; *ce sont les plus rentables* ».

Jusqu'à présent, les efforts de nos gouvernements ont surtout visé à l'amélioration de l'enseignement des sciences. Les nouveaux pavillons que nous inaugurons cet automne sont une autre preuve de l'envergure de ces contributions. Toutefois, il est notoire que le personnel enseignant de plusieurs départements de nos facultés de sciences est encore trop réduit. Cette carence est surtout grave dans les départements de Génie électrique, de Physique, et de Métallurgie, où l'enseignement gradué et même sous-gradué doit tenir compte d'une évolution excessivement rapide de leur spécialité. A cause de la masse de nouvelles informations qui s'accumulent continuellement, un temps considérable est requis pour l'assimilation de ces connaissances et la préparation de nouveaux cours. Dans les conditions actuelles, plusieurs professeurs sont simplement débordés, et on risque même de voir la technologie industrielle dépasser les cours universitaires qui devraient la précéder.

D'ailleurs, cette évolution rapide de la science moderne provient évidemment de la recherche de plus en plus intensive dans les domaines les plus variés. Il est clair que ceux qui peuvent le mieux suivre cette recherche sont ceux qui y participent. A ce point de vue, nos universités tirent encore de l'arrière non seulement à cause du nombre trop faible de professeurs, mais aussi à cause des subventions insuffisantes et souvent erratiques qu'elles reçoivent de nos gouvernements.

Il serait donc souhaitable que nos gouvernements acceptent finalement que l'efficacité de l'enseignement des sciences soit intimement liée au climat de recherche dans nos institutions de haut savoir. Si l'on veut atteindre le niveau acquis dans la plupart des pays européens ou américains, il faudra y consacrer des octrois statutaires considérables qui permettront enfin à nos professeurs d'organiser des équipes et des laboratoires avec le minimum de soucis financiers. Il convient aussi que nos gouvernements comprennent que la recherche universitaire doit être essentiellement fondamentale. Il faudrait cesser d'exiger des chercheurs universitaires des « résultats pratiques » et de conditionner l'octroi de subventions à la démonstration de l'intérêt industriel de tel ou tel projet. Ceci ne veut évidemment pas dire que les projets commandités par nos gouvernements ne peuvent avoir une liaison avec la technologie industrielle. Il faut tout simplement éviter d'en faire la condition d'un octroi à l'université.

Il est évident que l'organisation efficace de tous ces laboratoires implique l'existence d'un personnel scientifique qualifié. Il faut admettre que dans la Province de Québec, le nombre de chercheurs qui sortent de nos universités reste inadéquat.

A ce sujet, il faut d'abord signaler qu'on ne devient pas normalement chercheur après les études régulières de quatre ans dans des facultés de sciences. Les laboratoires industriels et gouvernementaux exigent plutôt un doctorat qui

requiert trois à quatre années d'études après le baccalauréat ès sciences.

Cette exigence pose un problème sérieux aux jeunes québécois qui pourraient ou voudraient se diriger vers la recherche. En effet, nos bacheliers ès sciences terminent leurs études scientifiques de deux à trois ans après leurs confrères de l'Ontario, des Etats-Unis ou d'Europe. Alors que ceux-ci peuvent accéder au doctorat ès sciences à l'âge de vingt-cinq ans, les nôtres n'obtiennent ce titre qu'à environ vingt-huit ou vingt-neuf ans. On comprend bien l'hésitation de plusieurs bacheliers ès sciences à entreprendre des études post-graduées.

De plus, il semble que trop peu de nos gradués montrent un goût véritable pour la recherche. Même en tenant compte de l'objection mentionnée plus haut, un trop petit nombre se dirige vers les études doctorales. A l'heure actuelle, on a de la difficulté à remplir les cadres même restreints de plusieurs départements de nos facultés. Pourquoi ?

D'abord, il est vrai qu'au terme de leurs études de baccalauréat ès sciences, la plupart de nos gradués se voient offrir nombre de situations intéressantes. Ils hésitent naturellement à entreprendre trois nouvelles années d'études dans des conditions financières moins alléchantes.

Toutefois, cette difficulté ne saurait réellement détourner les étudiants qui ont le feu sacré, surtout si l'on admet qu'ils peuvent facilement obtenir des revenus qui leur assurent une subsistance raisonnable. Mais à cette fin, étant donné l'infériorité du revenu familial au Québec en regard d'un plus grand et plus urgent besoin d'universitaires, il est nécessaire que le Gouvernement adopte ici une politique de dépense, minime d'ailleurs et cependant extrêmement profitable, en établissant un système de prêts, sans intérêts, sur seule signature d'un garant avec lequel il partagerait éventuellement la perte. Des prêts (et non des bourses) fourniraient à l'étu-

diant ce dont, en plus de ses moyens de subsistance, il a le plus besoin : *la preuve qu'on a confiance en sa réussite.*

Outre le problème financier, il y a d'autres conditions qui font échec au recrutement de chercheurs. L'une d'elles est l'influence de notre enseignement secondaire sur lequel nous revenons brièvement. Il faut d'abord reconnaître que la formation secondaire donnée aux candidats de nos facultés de sciences est loin d'être idéale. En effet, les étudiants qui entrent dans ces facultés sont trop souvent incapables de pensée indépendante. Ils hésitent à entreprendre les raisonnements les plus simples et évitent la discussion de la validité des résultats obtenus dans les expériences ou les calculs.

Une telle attitude est aux antipodes des principes élémentaires de la philosophie scientifique. Celle-ci reconnaît que toutes nos connaissances procèdent de l'expérience. Les lois qu'on en déduit et qui servent à prédire restent donc toujours imparfaites. Le rôle du chercheur consiste précisément à vérifier le champ de validité de ces lois, à les améliorer et à en découvrir de nouvelles. Il ne peut réussir sans posséder beaucoup de sens critique et un esprit créateur. Ces qualités ne doivent pas être réservées à l'étudiant en sciences, *ni même à celui qui se dirige vers l'université.* Elles font partie de la culture de notre temps et intéressent ainsi tout le monde. C'est au niveau universitaire qu'elles sont indispensables.

Il ne faudrait pas interpréter ce dernier argument comme une suggestion de bouleverser le programme des études secondaires. Celles-ci ont pour but de former la plus grande partie de nos jeunes à des carrières très diverses et, comme nous le disions, il ne saurait être question de le modifier parce qu'il s'avère inadéquat dans un domaine donné.

Notre proposition concerne plutôt la nécessité de donner à nos plus brillants élèves, quelle que soit leur orientation, une formation secondaire de base mieux adaptée aux principes de la philosophie scientifique. A ce sujet, le professeur

Roccart remarquait récemment que les connaissances scientifiques que doivent acquérir les chercheurs avant de commencer leur carrière augmentent de plus en plus rapidement. Comme on doit reconnaître que le cerveau humain s'ankylose avec le temps, il devient nécessaire de pouvoir commencer à l'université les études spécialisées très jeune afin d'entreprendre la recherche à un âge où on peut encore produire.

De plus, il faut reconnaître que si la préparation secondaire actuelle de nos étudiants en sciences semble inadéquate, l'enseignement qu'ils reçoivent dans nos facultés universitaires laisse aussi à désirer. Cela est particulièrement vrai dans le cas des meilleurs étudiants qu'on devrait orienter vers les carrières de recherche scientifique. D'abord, la structure actuelle des cadres étudiants oblige les professeurs à donner un enseignement « moyen » aux candidats au baccalauréat. On touche à peine aux points susceptibles d'intéresser les étudiants les plus brillants et de stimuler chez eux le goût de la recherche. D'autre part, la plupart de nos universités manquent de chercheurs éminents capables d'enthousiasmer les jeunes. Dans plusieurs spécialités, la recherche n'existe même pas.

Il y a donc beaucoup à faire du côté universitaire. Une première réforme devrait consister à offrir aux étudiants sous-gradués qui se dirigent vers la recherche une ambiance les encourageant spécialement à cette fin. Cette ambiance devrait leur donner une connaissance plus approfondie des sciences de base comme la physique, les mathématiques et la thermodynamique, et les mettre en contact avec les problèmes de recherche de l'heure. De plus, nos universités devraient pouvoir recruter un personnel enseignant capable de réorganiser la recherche qui devrait être une partie intégrante de leurs programmes. Il faut d'ailleurs que ce recrutement se fasse de façon continue afin d'assurer que chaque département possède toujours ces jeunes chercheurs qui connaissent

les développements les plus récents de leur discipline et participent de façon efficace à la poussée contre l'inconnu.

Avant de terminer cette partie, considérons l'enseignement des jeunes filles, de ces jeunes filles dont notre vieille galanterie française nous empêche d'apprécier la rentabilité économique. Nos compatriotes anglo-saxons n'ont pas de telles hésitations, comme semble le montrer une éloquente statistique d'occupation professionnelle dont l'étude est susceptible d'orienter le développement de nos couvents. Voici un tableau comparatif des effectifs féminins dans diverses occupations en Ontario et au Québec :

Occupation	Québec	Ontario	RAPPORT (corrigé pour la population)
cléricale	120 000	227 000	1,62
vente	30 000	58 000	1,64
médicale	11 000	24 000	1,85
gérance	1 700	3 600	1,8

LA SECONDE APPROXIMATION

OU

LE DEVOIR D'ÊTRE HEUREUX

Les jugements que, dans cette étude, nous venons de faire sur nos besoins sont relatifs à l'état présent de nos voisins et sont imprégnés de l'idée sous-jacente que la mise en oeuvre des correctifs suggérés nous permettra de les rejoindre dans quelques temps. Mais il peut n'en être pas ainsi. Car dans les domaines qui nous intéressent, la prime est à l'avant-garde et le profit porte intérêts composés. Lorsque nos améliorations porteront leurs fruits, ceux qui aujourd'hui nous devancent auront entretemps progressé.

Ce perpétuel retard est psychologiquement mauvais pour un peuple et tend à développer des complexes et des instabilités dans le genre de celles dont nous souffrons aujourd'hui. Cela ressemble à une impasse.

Mais il y a moyen d'en sortir. Pour cela, il est proposé de laisser complètement pour un moment les considérations précédemment traitées et, en nous élevant à un niveau supérieur, d'essayer de percevoir dans une certaine mesure *la direction que prendra l'histoire*. Nous voyons alors que le monde d'aujourd'hui est en pleine renaissance au sens classique du mot; un tournant de l'histoire; une renaissance scientifique qui nous réserve sans doute de grandes et spectaculaires surprises, mais dont le principal impact au niveau de la vie courante sera l'application de la mathématique (avec ses machines et ses asservissements) à tout ce qui, dans l'activité humaine, a une mesure, que cette mesure soit l'effet d'une loi ou du hasard, ou d'un mélange des deux.

Les anciennes renaissances étaient un jeu d'échange créateur entre une économie prospère et les arts, les sciences et les lettres. Celle-ci est à un niveau plus élevé. Elle est *une sorte de vie cérébrale* de ces différentes disciplines humaines que, jusqu'à présent, on a réussi à lier entre elles par la logique quantitative. Ces disciplines deviennent parentes, réagissent l'une sur l'autre, comme les différentes parties d'un cerveau humain, s'enrichissent mutuellement. Ce cerveau a conscience d'être. Il corrige les difficultés et force sa croissance. Son développement est irréversible et son influence sera universelle dans la mesure de la réceptivité des peuples.

Si c'est dans ce sens que vont ceux qui, aujourd'hui, nous devancent, pourquoi ne pas essayer de les devancer en orientant toutes nos ressources vers *l'intellectualisation* à outrance de notre milieu, dans toutes les directions, mais surtout dans celle des sciences quantitatives ?

Est-il si déraisonnable de croire que peut-être alors, comme une sorte de *prime à l'intelligence*, nous trouverons un raccourci vers l'égalité ?

Au moins, nous aurons profité de notre position de peuple gâté par la nature pour nous élever au rang de peuple adulte, respecté et peut-être heureux.

Chapitre onzième

LA THÉORIE DE L'AVENIR

« L'avenir, par définition, n'a pas d'image. » (Paul VALÉRY)

Chez les Canadiens français, un examen de conscience personnel ou collectif appelle toujours l'adoption de quelques bonnes résolutions. La revue de la contribution du groupe canadien français à la science présentée dans ce livre ne saurait échapper à cette règle générale.

Il serait cependant illusoire, lorsqu'il s'agit de sciences et de techniques qui évoluent au rythme rapide que l'on sait, d'établir, à partir de constatations sur la situation actuelle, des moyens qui permettraient, en un nombre défini d'années, de combler les besoins et les retards observés. A la fin d'une telle période, nous aurions probablement atteint l'objectif, mais nous serions encore en retard dans un monde qui aurait évolué sans nous attendre.

Ce qui permet de juger si facilement les points forts et faibles du passé, c'est le présent. Il serait heureux de pouvoir, en transposant dans le temps cette méthode, guider notre action actuelle et prochaine à la lumière de la connaissance de l'avenir, ce qui a toujours constitué un des rêves de l'hu-

manité. Qu'il s'agisse des hommes de naguère qui se rendaient à Delphes consulter les oracles de Pythie ou de ceux qui aujourd'hui écoutent devins, voyantes et autres pythonisses, les hommes restent semblables et obéissent au fond aux mêmes motifs. Ils veulent accomoder l'avenir à leurs désirs et se soustraire, sans le savoir, aux lois de la moyenne.

L'art de prédire l'avenir a cependant pris, depuis le ^{XVI^e} siècle, une allure plus sérieuse et moins supra-naturelle grâce à la science. Les statistiques, qui sont une accumulation et une étude de données reflétant le comportement d'un grand nombre d'individus, permirent tout d'abord de prévoir le comportement moyen de ce groupe et de prédire son avenir. Le calcul des probabilités par la suite vint compléter cette information, en précisant le comportement de l'individu dans ce groupe, non par une prévision exacte de ce que serait son avenir, mais par une détermination des diverses formes possibles de cet avenir.

Bien que ces méthodes aient conduit, entre autres choses, à l'établissement de systèmes d'assurances de toutes sortes et permettent de prédire le nombre de morts accidentelles sur les routes de la Province en la fête de la Saint-Jean-Baptiste, elles n'apportent qu'une aide limitée à la direction des affaires humaines. L'expérience et l'intuition des dirigeants comptent davantage et ont longtemps permis de mener à bien l'administration d'un pays ou d'une entreprise.

Depuis la guerre cependant, ces qualités de chef semblent insuffisantes à la gestion des affaires. Ce besoin a donné naissance à une nouvelle science, la recherche opérationnelle, c'est-à-dire la préparation scientifique et logique des décisions. A partir de l'information acquise sur une question et colligée sous forme de statistique, la recherche opérationnelle établit un modèle et une équation mathématiques des principaux facteurs affectant cette question. La méthode requiert la manipulation d'un grand nombre de données d'informations et des calculs mathématiques abondants que seuls les calculateurs

électroniques permettent de réaliser. Il va sans dire que la machine ne prend pas de décision; elle fait le travail proposé et présente rapidement les diverses possibilités. Il appartient encore à l'homme de bien analyser et poser le problème, et de juger parmi les solutions présentées laquelle est la meilleure. Sa décision est moins arbitraire et intuitive puisque la recherche opérationnelle prévoit en quelque sorte l'avenir.

Toutes les méthodes, basées sur les statistiques, le calcul des probabilités et la recherche opérationnelle, ont un dénominateur commun : elles font une prédiction de l'avenir à partir du présent ou d'un passé récent. Une telle extrapolation est toujours forcément limitée à une courte période; on établit ainsi des plans quinquennaux, mais rarement des plans à plus longue échéance. Et même les plans quinquennaux sont généralement retouchés en cours d'application.

Dans un domaine comme celui de l'évolution scientifique et technologique de tout un groupe, tel que le nôtre, une action basée sur l'extrapolation d'un passé récent dans un futur proche semble inadéquate. Ce serait viser à trop court terme et risquer de mauvais aiguillages et des détours inutiles. Même si cela donnait des résultats positifs, l'objectif principal ne serait probablement pas atteint. Combler certaines déficiences est bien inutile, si les causes qui les créent ne sont appelées à disparaître que dans un avenir éloigné.

Les réformes à entreprendre et les mesures à adopter doivent être déterminées plutôt à la lumière d'un avenir lointain dont on essaie de fixer les caractéristiques et les traits essentiels. Il s'agit d'imaginer ce que sera le monde dans vingt ou trente ans et de prendre pour l'avenir immédiat un mode d'action qui nous prépare adéquatement à vivre dans ce monde, à y jouer un rôle et à en retirer tous les avantages.

Un tel procédé de définir ainsi, à l'aide du futur, un futur antérieur n'a rien de nouveau. Déjà Ronsard l'utilisait en quelque sorte dans son sonnet à Hélène; il y décrit en effet ce qu'Hélène se rappellera beaucoup plus tard, dans sa vieillesse,

en évoquant les souvenirs d'un avenir tout proche du moment où il écrit. Plus près de nous, les membres de l'Association Gaston Berger essaient de jeter un peu de lumière sur les problèmes qui affrontent actuellement l'humanité, en appliquant avec plus de rigueur une méthode analogue. C'est là une science nouvelle, la *prospective*, qui a déjà même permis en France la réorientation de quelques grandes industries.

Selon Gaston Berger lui-même, « la prospective n'est pas cette anticipation romanesque qui projetterait sur l'avenir la solution imaginaire de nos problèmes d'aujourd'hui, alors que demain ils seront plus souvent périmés que résolus. Penser à ce que sera la condition humaine dans vingt, quarante ou soixante ans ne consiste pas à rechercher si nous aurons envoyé des savants sur la Lune ou sur la planète Mars. Ce n'est pas non plus s'interroger sur le confort dont bénéficieraient les maisons de l'an 2000 ou sur le temps qu'il faudra pour voler, ou sauter, de Paris à San Francisco. Ces problèmes ne sont certes pas dénués d'intérêt, mais ils sont similaires à ceux que nous posons déjà aujourd'hui. C'est à des nouveautés plus profondes et plus déroutantes que nous devons nous préparer. »

La prospective, aidée des sciences tant humaines qu'expérimentales, peut permettre d'établir les perspectives d'avenir et apporter une certaine sagesse scientifique aux décisions humaines. Il serait souhaitable que, en notre pays, un groupe de Canadiens français s'intéressent à cette discipline et apportent à nos dirigeants de tous niveaux les lumières de cette science.

Comme le dit Daniel Bernet, « l'avenir, c'est d'abord un esprit qu'il faut prévoir ». A ce sujet, Berger, dans une étude de l'oeuvre de Teilhard de Chardin, énonce le paradoxe suivant : « Les hommes vieillissent et meurent comme tous les individus, mais l'humanité rajeunit de plus en plus ». Il justifie par la suite le rajeunissement de l'humanité en notant les signes de jeunesse qu'elle manifeste de plus en plus. Ainsi notre monde en accélération constante se reconstruit et construit de plus en plus vite. Il augmente à un rythme accru ses connaissances,

ses moyens de communication et ses échanges aussi bien commerciaux qu'intellectuels. Il voit chaque jour ses pouvoirs augmenter, pouvoirs qui rendent parfois fragile sa sécurité. Loin de limiter enfin ses options, le monde d'aujourd'hui offre des possibilités de plus en plus nombreuses, indiquant qu'il n'y a rien sur le plan matériel ou intellectuel de tout fait et de définitif.

L'examen de tous ces indices de rajeunissement révèle l'influence prépondérante de la science et de la technologie. Même dans des domaines n'appartenant pas aux sciences exactes ou expérimentales, on doit reconnaître l'apport de la méthode scientifique. Ainsi la pédagogie, la psychologie, la sociologie et l'économie doivent beaucoup de leurs progrès récents à cette méthode, à la rigueur de l'analyse mathématique et à la souplesse des statistiques.

Il y a lieu de croire que le rajeunissement de l'humanité se poursuivra et que la science et la technique y contribueront. Daniel Bernet décrit ainsi cet avenir : « La biologie sera sans nul doute la recherche la plus avancée, celle dont les découvertes auront le plus de conséquences sur le plan de la philosophie et de la morale. Nous devons nous préparer à réfléchir à la nouvelle condition humaine. Nous savons aussi que les freins du progrès sont déjà en place. Nous connaissons les lois de l'évolution avec suffisamment de clarté pour définir jusqu'où il ne faut pas aller trop loin. Nous savons que l'espace et le temps vont perdre leur antique rigidité; des énergies nouvelles vont être domestiquées, qui décupleront la puissance du travail; que les vieilles maladies ne seront plus que des sujets d'étude pour les historiens de la médecine, mais nous savons aussi que les sociétés humaines doivent retrouver les lois naturelles que les premières phases de la révolution technique avait menacées ».

Il semble donc clair, qu'on le veuille ou non, que le monde de demain sera celui d'une civilisation scientifique où l'ascientifique pur ne pourra vivre, s'intégrer et évoluer à son aise.

L'éducation devra y préparer adéquatement la jeunesse et la culture générale devra inclure des humanités non seulement classiques, philosophiques ou littéraires, mais aussi scientifiques. C'est à cette condition que l'homme pourra espérer comprendre le monde où il vit.

Parler d'un avenir dominé par la science, c'est s'assurer d'obtenir, surtout dans notre milieu, des réactions généralement opposées. Aux uns, cela inspire confiance et sécurité, car ils croient que la science libérera l'humanité de ses contraintes millénaires, fera des miracles et apportera à chacun l'abondance et un niveau de vie plus élevé. D'autres, au contraire, sont remplis d'effroi et de crainte à la pensée des pouvoirs, constructifs et dévastateurs, que la science et la technique donnent à l'homme. Ils craignent que le développement de celles-ci détache l'humanité des valeurs morales et intellectuelles qui ont fait la force de plus d'une civilisation. Ils confondent science et technique et appellent matérialisme le progrès scientifique.

Entre ces opinions extrêmes, comportant chacune leur part d'illusion, se situe probablement la vérité. La science et la technique libéreront l'homme des travaux physiques, mais elles exigeront plus de son intelligence. Elles sauront probablement guérir les maladies actuelles, mais la nature saura, elle, en imaginer de nouvelles. La vie humaine sera prolongée et la mortalité diminuée, mais le monde aura à faire face aux problèmes de la surpopulation. Les affaires humaines seront régies scientifiquement, mais elles n'en requerront pas moins de leurs dirigeants une meilleure formation et une plus grande sagesse. En somme, comme toutes les civilisations qui l'ont précédée, la civilisation scientifique comportera des bienfaits, des désavantages et des problèmes sérieux à résoudre. Elle sera cependant dans l'histoire de l'humanité une étape de progrès, si, comme le propose Teilhard de Chardin, « le sens de l'évolution du monde a une fin et le monde va quelque part ». Nous sommes à un tour-

nant important de cette évolution, car les hommes dominent tellement la nature que celle-ci ne pourra plus réparer leurs erreurs d'orientation.

Devant un tel avenir, le Canada français ne saurait s'isoler, s'il veut non seulement vivre mais même survivre. Il doit s'y préparer, en brûlant nécessairement quelques étapes pour rattraper le retard qu'il accuse déjà. Reposant en partie sur le développement poussé de notre économie et de notre industrie, cette préparation doit d'abord être plus profonde et plus générale. C'est l'ensemble de la population qui doit être préparé à vivre dans un monde différent, dans une civilisation nouvelle. Et pour atteindre cette fin, il n'y a qu'un moyen puissant : l'éducation.

On se préoccupe beaucoup d'éducation au Québec. Une Commission d'enquête a été chargée officiellement d'en faire une étude et a entendu avec bienveillance de très nombreux mémoires, soumis par les groupes les plus divers. On peut se demander, avec quelque inquiétude, si l'attitude de ceux qui écoutaient aussi bien que de ceux qui parlaient, n'était pas trop tournée vers ce qui a été et pas assez vers ce qui sera. Notre système d'éducation comporte en effet tant de vices de structure, d'anachronismes et de retards, qu'il est possible d'y faire une réforme sérieuse en ramenant les choses à la normale pour notre époque, mais sans penser tellement à un avenir lointain. Il nous semble d'ailleurs difficile qu'une commission dont aucun des membres n'est un scientifique (et cela, en 1963 !) puisse proposer des formules préparant la jeunesse à vivre dans une civilisation scientifique.

Pour nous, l'éducation des prochaines générations devra donner à chacun une formation telle qu'il puisse comprendre le monde scientifique qui sera le sien et y vivre à l'aise, même s'il n'embrasse pas une carrière scientifique ou technique. Elle devra de plus prévoir la formation de techniciens de qualité et diversité suffisantes. Elle aura enfin à former des professionnels en majorité scientifiques et des chercheurs dont la

compétence et le nombre puissent assurer à notre groupe les moyens de s'adapter et de lutter dans un nombre qui sera sans doute très compétitif et très changeant. L'ensemble de ces tâches appartient aux écoles secondaires, aux instituts techniques et aux universités.

On attribue généralement aux institutions de niveau secondaire, collèges ou écoles publiques, le soin de donner à leurs élèves une « culture générale ». Puisque la culture demande une certaine maturité et quelque expérience de la vie, il serait préférable ici de parler de « formation générale ». Que faut-il entendre tout d'abord par culture, par homme cultivé ? A cette question Fernand Robert, professeur de grec à la Sorbonne, répond ainsi : « L'homme cultivé se caractérise en tout premier lieu, me semble-t-il, par l'ouverture d'esprit, c'est-à-dire par la disposition à accueillir la pensée d'autrui. Il est à peine besoin de préciser que je n'entends point par là une acceptation de n'importe quelle opinion, à ne jamais opposer à l'interlocuteur la barrière d'un jugement tout fait. L'homme cultivé que cette tournure d'esprit prédispose à n'être effrayé d'aucune nouveauté est cependant l'homme qui vit le plus en familiarité avec le passé, et ce second aspect, tout comme le premier, est de grande importance. Dans le passé, il faut distinguer le devenir humain qui ne revient jamais, et l'être humain qui subsiste toujours. La connaissance du passé telle qu'elle importe à la culture est sans doute pour une part celle des transformations incessantes et des formes de vie les plus irrévocablement périmées, mais elle est surtout et bien davantage l'aptitude à discerner dans la vie humaine ce qui est permanent et ce qui est changeant, et à savoir reconnaître dans l'homme contemporain ce qui l'apparente à l'homme de toujours. De là découle un troisième élément de la définition : l'homme cultivé est l'homme qui sait manier les idées générales. On ne saurait exagérer l'importance de l'aptitude à abstraire, et à découvrir ou énoncer avec justesse et souplesse des rapports entre les abstractions ».

Cet idéal de formation de l'homme cultivé peut être atteint de bien des façons et en utilisant des moyens différents. Ces moyens doivent être choisis en tenant compte d'objectifs plus généraux, c'est-à-dire de l'adaptation au milieu et à l'époque où vivront les jeunes qui reçoivent cette formation. Jusqu'ici, on a surtout fait appel pour cela aux humanités classiques; pour préparer une civilisation scientifique, il faudra désormais utiliser davantage les sciences. Elles se prêtent d'ailleurs bien à développer les trois éléments de la définition de l'homme cultivé, elles qui ne croient ni au définitivement acquis, ni à la possession tranquille de la vérité.

Dans le monde de demain, le « journalier » ne pourra gagner sa vie. Les travailleurs devront avoir un métier, posséder une technique. Nos écoles d'arts et métiers, nos instituts de technologie devront donc préparer un plus grand nombre d'ouvriers compétents et versés dans les techniques les plus récentes. En particulier, il sera nécessaire de former des techniciens d'un niveau intermédiaire entre le technicien actuel et l'ingénieur. Cet ingénieur-technicien, dont le besoin se fait déjà sentir, dégage l'ingénieur de ses tâches les plus faciles et permet dans l'industrie un travail plus efficace et coordonné. Il va sans dire que la direction de l'enseignement technique doit être confiée à des ingénieurs et non à des techniciens et que, là comme ailleurs, la meilleure pédagogie ne saurait remplacer, chez les professeurs, la compétence.

L'enseignement universitaire est au Canada français en plein développement. Après avoir connu, à regret, une période de stagnation, nos universités ont essayé au cours des toutes dernières années de rattraper le temps perdu. Grâce à des subventions plus adéquates à leurs besoins, elles ont accru leur personnel enseignant, élargi le champ de leur activité, développé leurs installations de recherches et construit de nouveaux locaux. Malgré ces efforts et ces réalisations, elles n'ont pas encore atteint leur développement normal et leur maturité. Bien des problèmes de structure les affrontent et

elles n'ont pas su encore éliminer de leur giron des enseignements d'un niveau secondaire ou technique. Certaines facultés sont encore des écoles professionnelles et ne contribuent pas par leurs recherches au progrès des disciplines qu'elles enseignent. Le nombre de professeurs de carrière est encore trop faible et leur tâche d'enseignement proprement dite trop élevée pour leur permettre une contribution abondante à la recherche. Nos écoles de gradués sont insuffisamment peuplées; l'encouragement pécuniaire et même moral que reçoivent les chercheurs est encore trop modeste.

Toutes ces questions nécessitent pour leur solution un effort de définition et de réflexion des universités sur elles-mêmes. Espérons qu'elles sauront le faire et établir une politique académiquement cohérente en tenant compte des besoins d'une civilisation scientifique. Ces questions réclament aussi des crédits accrus; l'enseignement universitaire étant la clef de voûte de notre économie, il est inconcevable que l'Etat déduise les budgets proposés et lui refuse une partie des crédits demandés, comme il le fait cette année. Dans les projets de planification et de développement économique, il ne faudrait pas oublier la formation de professionnels compétents, en nombre suffisant, et l'importance de la recherche tant appliquée que pure.

On parle aussi beaucoup dans la Province de nouvelles universités. Il existe, semble-t-il, beaucoup de gens qui aspirent aux titres de chancelier, recteur ou doyen, et bien des institutions secondaires en mal de se muer en universités. Leur conception de l'université est celle d'un groupe d'écoles professionnelles et leur surprise est grande si vous leur parlez de la nécessité et du devoir de la recherche pour les universitaires. On semble croire à un recrutement facile du personnel nécessaire, alors que les universités existantes trouvent difficilement le personnel compétent qu'elles cherchent.

Parmi les raisons avancées pour justifier ces nouvelles institutions, la surpopulation des universités actuelles ne

peut être encore invoquée; nos universités peuvent encore accueillir pour quelques années un plus grand nombre d'élèves. Ce sont plutôt des arguments d'ordre géographique et démographique qui justifient ces projets. Certaines régions auraient une population suffisante pour alimenter une université dont la création permettrait à ses élèves de poursuivre leurs études sans avoir à s'éloigner tellement de leur foyer. De telles universités attireraient peu d'étudiants d'autres régions, sauf les indésirables; elles protégeraient, paraît-il, les jeunes des dangers des grandes villes et assureraient la protection de la région, conservant à l'abri des courants matérialistes nos traditions les plus chères.

Quoiqu'il en soit des arguments favorables ou contraires, l'accroissement des populations étudiantes des universités actuelles nécessitera un jour la création de nouvelles institutions d'enseignement universitaire. En présence de problèmes semblables, le Royaume-Uni a récemment créé huit nouvelles universités, très sage politique dont nous pourrions bien nous inspirer. Ces nouvelles universités anglaises ont d'abord été prévues pour accueillir un maximum de 3000 étudiants. Ce chiffre n'a pas été arbitrairement fixé; suivant les promoteurs du projet, des universitaires, un groupe atteignant 350 professeurs de diverses disciplines serait nécessaire pour assurer un climat intellectuel permettant une vie académique fructueuse. Par ailleurs, en Angleterre, on estime qu'il faut, dans un équilibre normal, un professeur de carrière pour huit étudiants pré- ou post-gradués (la Faculté des Sciences de Laval en compte un pour 11,5). De là au nombre magique de 3 000, le calcul est simple.

Dans la mise en marche de ces nouvelles universités, la procédure suivante est suivie. La nouvelle institution est d'abord rattachée à une université-mère qui, avec le concours de ses propres professeurs, remplit le rôle de Conseil de surveillance de la jeune université. Ce Conseil choisit le recteur et les professeurs, approuve toutes les décisions d'ordre aca-

démique et décerne, au nom de l'université-mère, les différents diplômes. Ce n'est que graduellement que l'université-fille acquiert son indépendance et que se constitue son propre Conseil Universitaire pour la diriger.

Les nouvelles universités anglaises n'offriront pas tout le spectre des spécialités et bien qu'elles soient distribuées dans tout le pays, elles ne permettront pas à chaque élève d'étudier dans l'institution de sa région. Chaque université offrira, en plus des cours généraux et fondamentaux, des cours de spécialisation et des possibilités de recherche dans quelques disciplines différentes. De cette façon, on s'assure de pouvoir recruter le personnel nécessaire et d'établir une circulation profitable au milieu étudiant.

Le souci des valeurs académiques marque toute cette entreprise : promoteurs et réalisateurs sont des gens du métier, des universitaires chevronnés. On ne peut dire qu'il en soit ainsi au Québec.

L'avenir, avons-nous dit, nous réserve une civilisation scientifique. Pour s'y préparer adéquatement, une éducation forte, basée sur les humanités aussi bien classiques que scientifiques et un enseignement universitaire dynamique à l'avant-garde de la recherche, nous semblent des moyens nécessaires. Ils ne permettront cependant d'atteindre les buts visés qu'avec des professeurs et maîtres compétents. Un système d'enseignement, quels que soient la beauté de sa structure et le raffinement de ses programmes, ne vaut toujours qu'en fonction de la valeur de ses professeurs dans la discipline qu'ils enseignent. C'est là une vérité que l'on oublie trop souvent, même chez les pédagogues.

Les Etats apportent aujourd'hui à leurs citoyens des bénéfices sociaux de toutes sortes et les protègent contre tous les maux. Ils leur offrent la sécurité sociale, l'assurance-

hospitalisation, les allocations familiales, la sécurité de la vieillesse et combien d'autres sécurités encore. En outre, les gouvernements combattent l'analphabétisme par l'instruction obligatoire et favorisent l'éducation par la gratuité scolaire.

L'Etat de demain devra combattre l'ignorance pour le bien de ses ressortissants et leur assurer une formation encore plus poussée. Parmi tous les bénéfices qu'il pourra leur offrir, le premier et le plus grand sera *la sécurité du savoir*.

Chapitre douzième

...1993

Notre civilisation scientifique dont nous avons esquissé les faiblesses et les promesses est le résultat d'efforts conjugués depuis trente ans. Dans trente ans encore, elle aura atteint la soixantaine, âge des rétrospectives.

Projetons-nous par l'imagination en 1993 et essayons de décrire ce qui aura pu se passer d'ici là. Mais avant de nous livrer à cet exercice d'anticipation, voyons un peu comment nous y prendre pour prédire ce qui est probable, tout en faisant la part de l'imprévisible.

Pour cela, reportons-nous à une époque antérieure, en 1800 par exemple, et supposons qu'on ait alors demandé à deux savants distingués de prédire l'avenir de la science et de ses applications. L'un de nos prophètes est un esprit positif, l'autre se laisse plus facilement emporter par son imagination.

Le premier, raisonnable, est émerveillé des progrès scientifiques récents et en conçoit la continuation et l'épanouissement illimités. Il prévoit ainsi que, grâce à une amélioration sans précédent des méthodes de calcul et de la précision des instruments, les astronomes pourront prédire l'existence d'astres nouveaux avant qu'ils n'aient été observés. Dès 1845,

LeVerrier lui donnera raison en découvrant de cette façon la planète Neptune. Laplace représente déjà l'univers comme une immense machine d'une précision inexorable. Il suffira de recherches patientes pour que les calculs nous révèlent dans le détail et le passé et l'avenir.

Poursuivant ses observations, notre prophète est frappé par les progrès encore très récents de la chimie et de la métallurgie et les premiers halètements de la machine à vapeur. Par un rapprochement de ces éléments, il prédit qu'il sera bientôt possible de fabriquer des métaux de haute qualité et que, grâce à ces aciers, la machine à vapeur s'embarquera sur bateaux et sur rails pour sillonner les mers et les continents. De nouvelles parties du monde se trouveront ainsi unies, amenées à nos portes et, le travail musculaire perdant rapidement de son importance, une société nouvelle s'édifiera entretenue et peut-être dominée par la machine.

L'histoire donne raison à ce prophète qui a su voir les prolongements logiques de son temps. Tout ce qu'il a prédit est arrivé, mais presque tout l'avenir lui a échappé. Il ne connaissait pas la théorie de l'avenir et n'a pas su faire de la prospective. Car, il n'a prévu ni l'électricité ni la théorie électromagnétique de la lumière, avec leur applications telles que la transmission de l'énergie à distance, l'éclairage, le téléphone, le télégraphe, la radio, la télévision, les calculatrices et l'automation. La radioactivité, l'énergie nucléaire, les isotopes lui ont aussi naturellement échappé. D'autre part, la représentation du monde comme une machine déterministe le préparait mal, intellectuellement, à pressentir l'évolution de Darwin, la génétique de Mendel et tous ces jeux du hasard reconnus aujourd'hui comme fondamentaux non seulement dans les lois de la vie, mais aussi dans celles des sciences physiques. Son erreur a été de ne pas faire de place à l'imprévu. C'est une erreur pardonnable. A l'Exposition Mondiale de New York de 1939, la Compagnie American Telephone and Telegraph avait aménagé un pavillon sur « Les communi-

cations de l'avenir ». Les satellites — réalisés *seulement vingt ans plus tard* — n'y figuraient pas.

Le second prophète est un rêveur. Il tient un raisonnement très simple. Puisque, pense-t-il, l'humanité a réalisé depuis Galilée de si grands progrès dans la connaissance et l'utilisation de la nature, elle est capable de choses encore plus extraordinaires, qui échappent encore à l'imagination, mais qui bouleverseront nos façons de penser et de vivre. Je ne sais pas ce que cela sera, mais je puis dire une chose, c'est que les découvertes à venir tendront à satisfaire deux des aspirations les plus tenaces de l'homme : le besoin de connaître et le désir du moindre effort. A mesure que l'on connaîtra mieux les lois qui régissent la matière, le mouvement, la chaleur, la lumière, le magnétisme, la vie et autres âmes encore mystérieuses, on essaiera de les expliquer les unes par les autres et de ramener tous ces phénomènes à un principe unique, d'où émergera une vision du monde qui serait intraduisible en notre présent langage. En combinant les divers effets découverts, comme on a commencé à le faire dans nos machines qui transforment la chaleur de la vapeur en mouvement, on en tirera des applications inattendues. Sans savoir ce que seront ces applications, je puis dire qu'elles viseront à alléger les labeurs de l'homme, à lui procurer des biens en surabondance, à transporter son corps et sa pensée par delà les espaces, à l'instruire, à le distraire et à prolonger sa vie.

L'homme, continue-t-il, vivra plusieurs vies dans une vie et une grande vérité lui apparaîtra : c'est que le mouvement n'est pas une perturbation de l'ordre des choses, mais qu'il est l'ordre même des choses, ce que nous appelons repos n'en étant qu'un état particulier et transitoire. Il en sortira une société où l'on pensera de moins en moins en termes d'objets et de structures, mais de plus en plus en termes de fonctions et de processus. Dans cette société, les groupes humains d'avant-garde seront ceux qui auront développé au maximum, et sans trop se soucier de l'avenir immédiat, leurs institutions

scientifiques, pépinières de chercheurs. Ce sont ceux-là mêmes qui auront produit les plus belles surprises et qui en auront le mieux profité.

Il est évident que ce deuxième prophète, moins raisonnable, est celui qui a le mieux saisi dans les grandes lignes ce qui devait différencier notre civilisation scientifique de celle dans laquelle il vivait : il a mieux vu *de quoi aujourd'hui est fait*.

Pour imaginer notre 1993, nous adopterons successivement ces deux méthodes, la prosaïque et la poétique, de façon à ne pas négliger les leçons du présent tout en ouvrant de larges voies aux surprises de l'avenir. Dans un cas comme dans l'autre, cependant, il faut éliminer l'éventualité d'une discontinuité radicale, comme celle qui résulterait d'une guerre nucléaire.

Eh bien ! Nous sommes en 1993, au Canada français. Les premières constatations que nous pouvons faire sont d'ordre démographique. Depuis 1963, une hausse générale du niveau de l'enseignement et un élargissement radical des voies menant aux professions ont permis à tous les jeunes Canadiens français de s'orienter vers la carrière de leur choix. Si timides que fussent nos prédécesseurs de 1963, ils ont su se garder de disperser leurs ressources en une poussière de petites universités. Ils ont d'abord transformé les quelques noyaux viables en grands centres de recherches, tout en appuyant la fondation de quelques nouvelles *écoles* d'ingénieurs dans quelques régions de la province. C'est ainsi que, graduellement, notre peuple a pu se doter de cadres scientifiques et techniques qui atteindront vraisemblablement jusqu'en l'an 2000 une proportion normale pour un pays développé, soit environ 5% des travailleurs. Même si nos 10 000 savants et 30 000 ingénieurs ne suffisent pas à faire de notre pays le plus moderne au monde en cette année 1993, nous avons enfin repris en main notre destin et de brillantes perspectives s'ouvrent devant nous.

A côté de nos universités, dont il sera question plus loin, nous avons lieu de nous réjouir du travail accompli par nos instituts de recherches, dont le principal est encore le Conseil Provincial de Recherches. Fondé en 1964, cet organisme a connu des débuts hésitants et des difficultés de recrutement dont seuls ceux qui étaient là à cette époque connaissent l'acuité. Mais il a réussi peu à peu à se constituer des cadres brillants. Si notre province rivalise aujourd'hui avec la Suède comme producteur des matériaux les plus recherchés au monde, si, profitant d'un échauffement graduel du climat (initié par le remplissage du détroit de Belle-Isle), nous avons réussi à implanter dans nos territoires nordiques une population industrielle et technique florissante de plus d'un million, si notre industrie chimique a réussi à tirer de nos immenses ressources forestières un grand nombre de produits ailleurs fabriqués à base de pétrole, si nous avons pu réaliser tout cela sans gaspiller nos ressources naturelles renouvelables et sans polluer ni détruire la nature, nous le devons avant tout à la prévision et à l'acharnement du personnel de notre Conseil Provincial. Ces hommes ont compris que peu d'organismes pouvaient s'intéresser à des recherches appliquées non rentables à brève échéance et que c'était à un laboratoire d'Etat qu'il appartenait de se préoccuper des intérêts à long terme. Au début, cependant, le Conseil s'est occupé avec raison de mettre au point des procédés industriels qui ont permis à plusieurs entreprises de grandir et de devenir elles-mêmes des centres importants de recherches appliquées.

Grâce à ces chercheurs et à la prévoyante politique de financement établie par nos gouvernements, on peut dire que les deux tiers au moins des industries de notre province et la presque totalité de celles qui ont été créées depuis 1963 sont l'oeuvre de Canadiens français.

L'une des démarches les plus fécondes de notre Conseil Provincial de Recherches a été d'amener nos nouvelles indus-

tries d'objets manufacturés à s'outiller dès le départ pour produire selon le système métrique. Tandis que nos voisins sont depuis plus de dix ans aux prises avec une conversion ruineuse, nous exportons librement nos véhicules et nos machines vers les marchés provisoirement insaturables de l'Amérique du Sud et de l'Afrique.

Dans l'ensemble, nous pouvons donc en 1993 nous flatter d'avoir atteint les objectifs que se proposaient nos prédécesseurs de 1963, époque qui nous semble moins lointaine dans le temps que par le caractère primitif de ses idéaux. Les écrits de 1963 sur l'avenir manquaient de vision.

Car le monde a beaucoup changé depuis. C'était l'époque où le gagne-pain constituait encore la principale préoccupation de la grande majorité de nos concitoyens. Nous n'avons plus en 1993 qu'une pâle idée de la concurrence serrée qui rivait à l'immédiat des cerveaux valant probablement les nôtres. Les progrès que nos ingénieurs ont fait faire à l'automation et la surabondance qui en est résultée font que nous nous approchons de la saturation de la consommation individuelle et qu'une proportion de plus en plus forte de nos effectifs scientifiques et techniques s'emploie à des recherches à longue échéance et à la création d'oeuvres d'intérêt public. Dans un monde où les nécessités du logement, de l'alimentation, du transport, largement dépassées par le budget familial, ont perdu toute leur importance, les désirs se portent vers la réalisation d'oeuvres d'envergure qui ne peuvent être que collectives. Chaque peuple cherche à y manifester l'originalité de sa culture et l'âpre lutte pour la vie s'est muée en rivalités de prestige. Ce qui menace aujourd'hui les inadaptés, ce n'est plus la pauvreté mais l'oubli.

A nos prédécesseurs de 1963, nous devons d'avoir formé à temps suffisamment d'effectifs scientifiques pour bénéficier convenablement de l'automation. Mais notre contribution au progrès des sciences nous met-elle en mesure d'entrer avec quelque avantage dans la nouvelle ère ? C'est à nos équipes

universitaires que nous devons d'être présents à quelques postes d'avant-garde, malgré notre infériorité numérique.

En matière de communications sidérales, nous avons eu la bonne fortune de voir l'Observatoire Radioastronomique des Laurentides être le deuxième à capter un message d'un système de notre voie lactée. Conçu pour étudier des ondes polarisées de fréquences inusitées, cet observatoire s'est trouvé par hasard être le mieux adapté à ce type de réception. Dans des circonstances tout à fait inattendues, c'est à nos mathématiciens et à nos linguistes que s'est posé pour la première fois, il y a 18 ans, le problème, encore imparfaitement résolu, de déchiffrer ces messages irradiés par une civilisation située à 12 années lumière de la nôtre.

Nos chimistes ont été les premiers à utiliser la lumière cohérente du laser pour provoquer dans un ensemble de molécules des phénomènes coopératifs dont la connaissance a été le point de départ des récents progrès de la biologie moléculaire.

La découverte de corrélations entre des facteurs immunologiques et certaines aptitudes sensorielles a conduit nos biologistes à des études remarquables sur la genèse et le contrôle des instincts. Il en est sorti des techniques d'orientation et d'adaptation aujourd'hui largement diffusées dans le monde et auxquelles un grand nombre d'humains doivent une amélioration sensible, bien qu'encore imparfaite, de leur bonheur et de leur utilité. De la même façon qu'ils changent de coeur ou d'oeil dans nos centres de renouvellement anatomique, ils peuvent maintenant transformer leur mémoire ou leur goût pour entreprendre un projet nouveau.

Derrière ces quelques réussites spectaculaires connues du public, se trouvent plusieurs milliers de travaux, quelques-uns datant déjà d'avant 1963, qui ont contribué aux progrès de plusieurs domaines de la science et se multiplient depuis une dizaine d'années, à un rythme tel que notre production

d'idées égalera bientôt, toutes proportions gardées, celle des peuples les plus avancés.

Si, en cette fin de siècle, les conceptions un peu vieillottes de nos collègues de 1963 nous font parfois sourire, si les murs qu'ils nous ont construits sont depuis longtemps plus dignes d'un musée que d'un centre scientifique moderne, n'oublions pas qu'ils ont quand même été les quelques visionnaires de cette société scientifique primitive que nous nous enorgueillissons d'avoir perfectionnée, et que notre civilisation présente, que nous venons d'examiner avec une certaine complaisance, est l'avenir dont ils rêvaient.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.....	5
-------------------	---

LA SCIENCE PURE

Chapitre premier — LES BUTS DE LA SCIENCE PURE.....	11
Chapitre deuxième — LES MÉTHODES DE LA SCIENCE...	21
Chapitre troisième — L'HUMANISME DE LA SCIENCE....	33

LA SCIENCE APPLIQUÉE

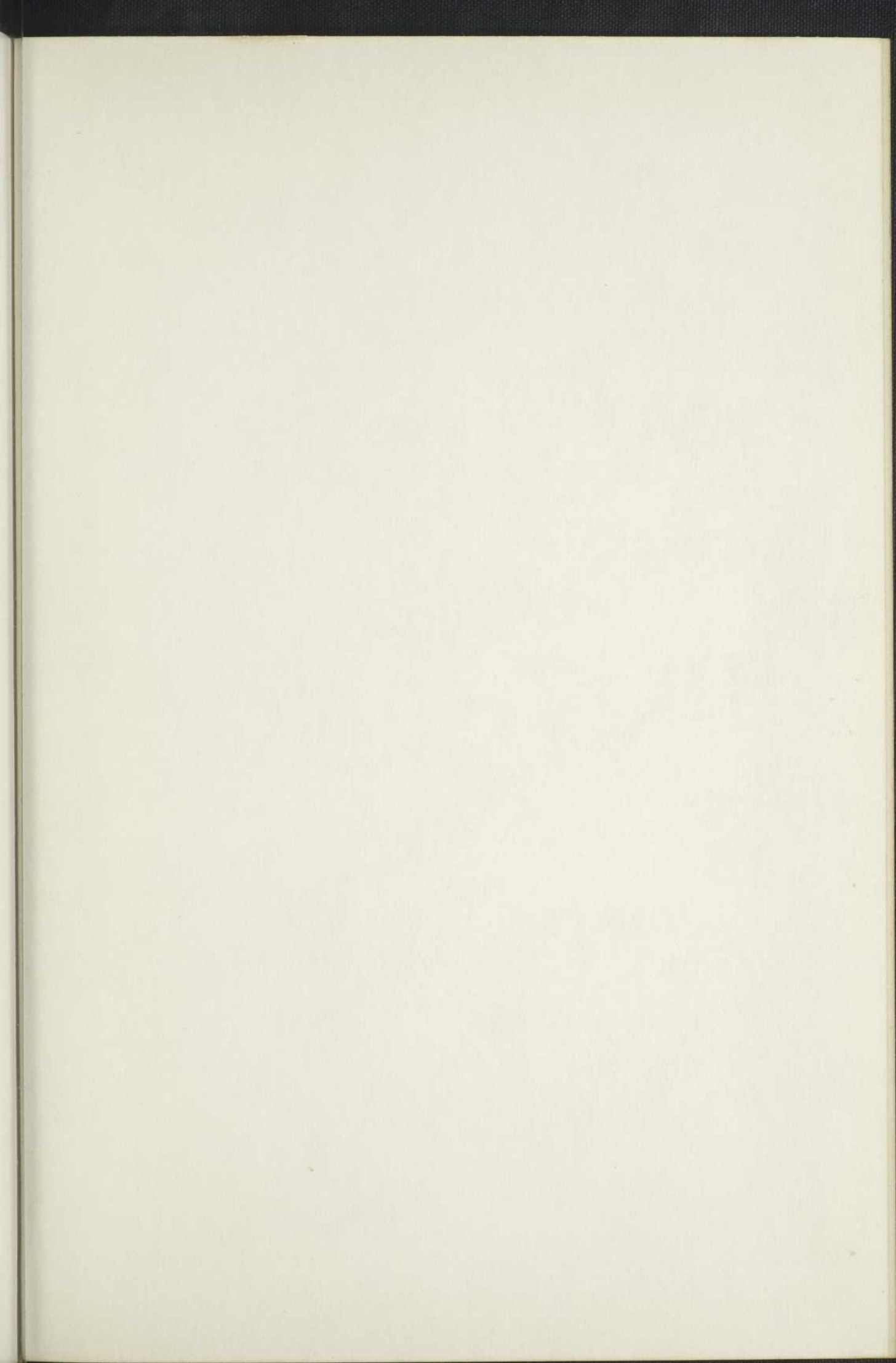
Chapitre quatrième — LES BUTS DE L'INGÉNIEUR.....	41
Chapitre cinquième — LES MÉTHODES DU GÉNIE.....	53
Chapitre sixième — TECHNIQUES ET CIVILISATIONS....	65

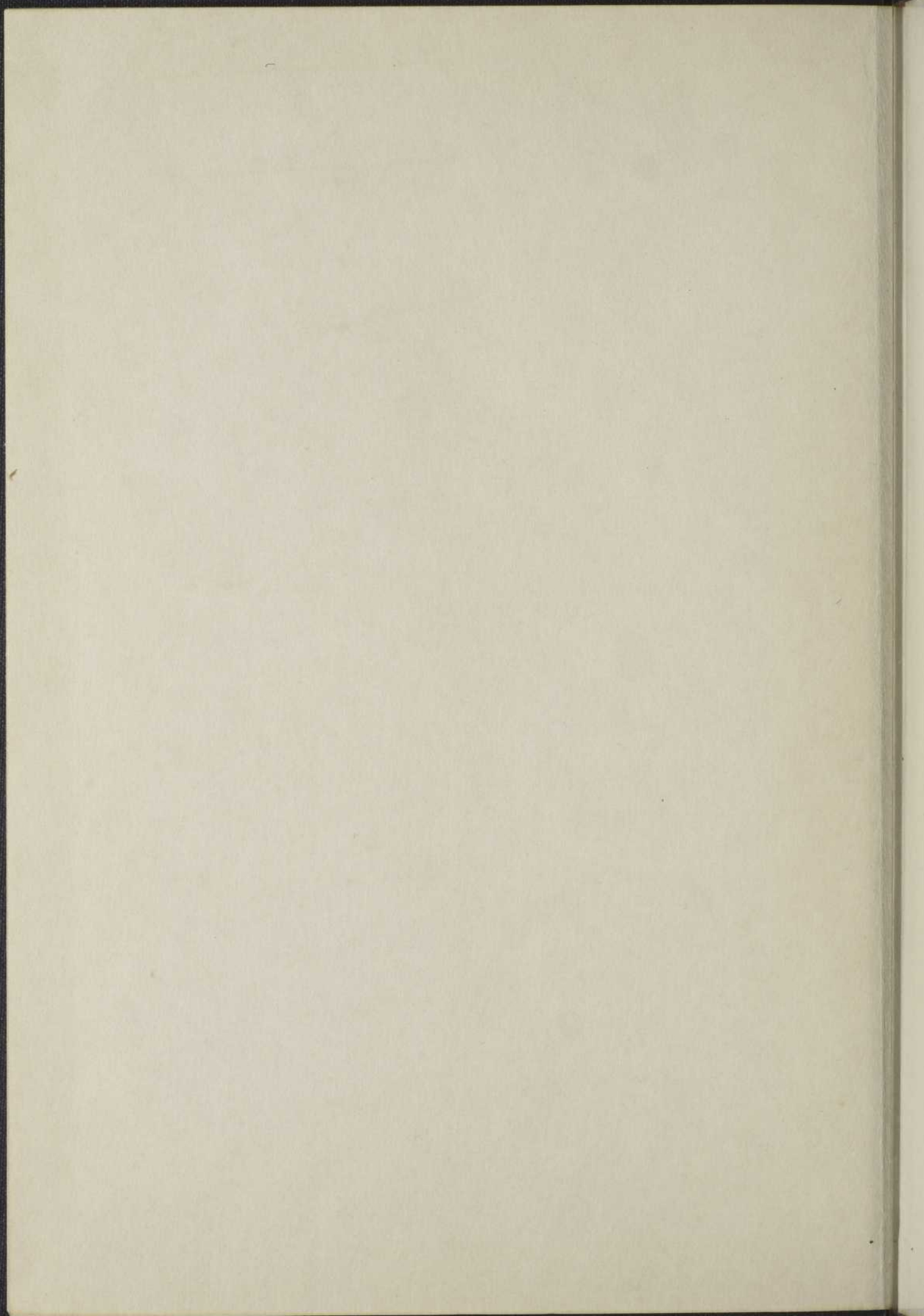
LES CANADIENS FRANÇAIS ET LA SCIENCE

Chapitre septième — APERÇU HISTORIQUE.....	77
Chapitre huitième — SITUATION ACTUELLE DE LA RE- CHERCHE.....	81
Chapitre neuvième — LES INGÉNIEURS CANADIENS FRAN- ÇAIS.....	89
Chapitre dixième — LES REMÈDES A NOTRE SOUS-DÉVE- LOPPMENT SCIENTIFIQUE.....	99
Chapitre onzième — LA THÉORIE DE L'AVENIR.....	121
Chapitre douzième —1993	135



UNIVERSITY OF TORONTO
LIBRARIES
ACQUISITION
SERIALS





BNQ



000 436 128

