

# Les sciences mathématiques au Canada

Conseil des sciences du Canada,  
7<sup>e</sup> étage,  
150, rue Kent,  
Ottawa, Ont.  
K1P 5P4

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1977

En vente par la poste:

Imprimerie et Édition  
Approvisionnements et Services Canada,  
Ottawa, Canada K1A 0S9

ou chez votre libraire

N<sup>o</sup> de catalogue SS21-1/37F  
ISBN 0-660-00388-0

Prix: Canada: \$6.50

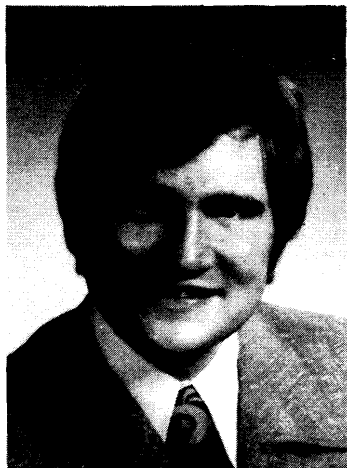
Autres pays: \$7.80

Prix sujet à changement sans avis préalable

Imprimé par Maracle Press, Oshawa  
OHO25-75-0003

# Les sciences mathématiques au Canada

par Klaus P. Beltzner, A. John Coleman  
et Gordon D. Edwards



## **Klaus P. Beltzner**

M. Beltzner naquit à Bolzano, Italie, en 1947, et il arriva à Montréal en 1956. Il obtint son baccalauréat ès sciences avec spécialisation en mathématiques à l'Université McGill en 1970, puis entreprit des études supérieures à l'Université de Waterloo; il y obtint, en 1971, une maîtrise en statistique, avec forte spécialisation secondaire en applications de l'informatique.

Arrivé à Ottawa en 1972, M. Beltzner joignit le Groupe de méthodologie des relevés de Statistique Canada, où il contribua à l'introduction des langages de programmation. Il travaillait à la Nouvelle enquête sur le commerce de détail, quand il quitta Statistique Canada pour se joindre au personnel du Conseil des sciences, en août 1973. Il a été chargé du programme de l'Étude sur les mathématiques et a présenté des communications à ce sujet lors de conférences à Vancouver et à Atlanta. Il s'occupe maintenant d'autres études réalisées par le Conseil. Il a, en outre, mis sur pied une table ronde sur l'évolution du climat, et a achevé la préparation d'un compte rendu sur son déroulement: «Living with Climatic Change».

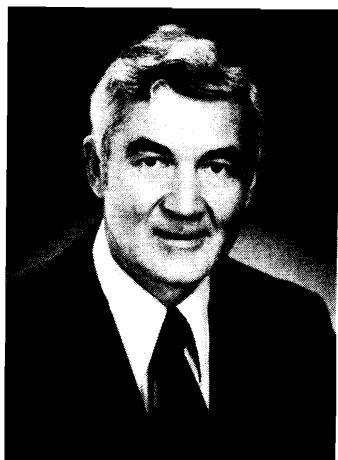
M. Beltzner s'intéresse aux recherches sur les applications pratiques des connaissances statistiques et de l'ordinateur (*computer technology*) pour la résolution des problèmes qui préoccupent les Canadiens.



## Gordon Edwards

M. Edwards obtint son baccalauréat ès sciences, avec spécialisation en mathématiques et physique, à l'Université de Toronto en 1961, sa maîtrise en mathématiques à l'Université de Chicago en 1962, sa maîtrise en littérature anglaise à la même Université en 1964, et son doctorat de spécialisation en algèbre abstraite à l'Université Queen's en 1972.

M. Edwards a été professeur au niveau post-secondaire pendant plus de dix ans. Après avoir enseigné à l'Université Western Ontario de 1964 à 1968, il fit de même aux universités de Chicago, Queen's, de Colombie-Britannique, d'Ottawa et Sir George Williams. Il a occupé diverses fonctions: inspecteur pour le Procureur général de l'Ontario, actuaire adjoint chez Excelsior Life, cadre scientifique auprès du Conseil des sciences du Canada (il était directeur adjoint de l'Étude sur les mathématiques, et rédacteur de *Survival*, un bulletin international traitant d'écologie). Il a publié des articles sur les algèbres de Lie, les schémas de groupes infinitésimaux et l'économie des pêches océaniques. Il prépare actuellement une collection de guides d'enseignement pour les professeurs de chimie des écoles secondaires, où apparaît le souci de protéger l'environnement. Ils seront publiés par l'Université Concordia. Il appartient au corps enseignant du Collège Vanier à Montréal, et il est l'un des chefs de file de la Coalition canadienne pour la responsabilité en matière nucléaire, récemment créée. Parmi les distinctions honorifiques qu'on lui a décernées, figurent une Bourse Woodrow Wilson, une Bourse Queen Elizabeth I, et une médaille d'or en mathématiques et en physique (Toronto). Il estime que sa vocation est d'enseigner.



## A. J. Coleman

M. Coleman est directeur du Département de mathématiques de l'Université Queen's depuis 1960; il a été président de la Société mathématique du Canada de 1973 à 1975.

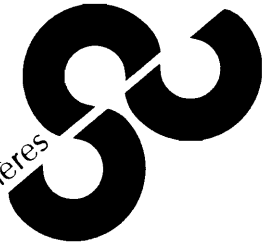
Il obtint son baccalauréat avec spécialisation en mathématiques et physique à l'Université de Toronto, en 1939. Il fut, avec I. Kaplansky et N. Mendelsohn, membre de l'équipe qui gagna le Prix Putnam en 1938. Il obtint sa maîtrise à l'Université Princeton, et son doctorat de spécialisation à l'Université de Toronto en 1943. Sa thèse, rédigée sous les auspices de Leopold Infeld, et intitulée: «Relativistic Quantum Mechanics», portait sur les concepts de constantes de la Nature d'Eddington. Ses recherches ont été axées sur la mécanique quantique et la théorie des groupes. Sa communication «The Betti Numbers of Simple Lie Groups» a été citée, dans les *Notes historiques* de Bourbaki, comme un important développement donné à la question des groupes de Lie. C'est dans cette communication que le «théorème de Coleman» sur les éléments réguliers du groupe de Weyl a été énoncé. Un mathématicien français de marque a indiqué que ses «Induced Representations», publiées dans les *Queen's Papers on Pure and Applied Mathematics* donnaient le meilleur traitement actuel des représentations du groupe symétrique. Sa communication: «The Structure of Reduced Density Matrices» est largement citée par les chimistes et les physiciens traitant du problème des n-corps en mécanique quantique.

M. Coleman a présidé, pendant quatre années, la Commission ontarienne de l'enseignement des mathématiques, à l'époque où les «maths modernes» se propageaient dans les écoles ontariennes (il soutient que c'est la communication de Cayley sur les groupes qui leur a donné naissance en 1852). Il a été l'un des préparateurs d'une série de manuels scolaires publiés par W. J. Gage and Company, dont les éditions successives ont permis de vendre plus d'un million d'exemplaires, surtout en Ontario, mais aussi à Hong-Kong et en Nouvelle-Zélande.

Entre 1945 et 1949, le professeur Coleman s'est mis au service de la Fédération mondiale des étudiants chrétiens, et il a rendu visite à plus de cent universités de vingt pays. Sa femme, Marie-Jeanne de Haller, est la fille du banquier suisse mentionné au chapitre IV. Elle est diplômée en théologie du Collège fondé par Calvin, et elle a œuvré également pour la Fédération.

M. Coleman s'adonne avec passion à ses violons d'Ingres: musique, squash, voile sur un *Flying Dutchman*, œnologie et mathématiques. Il estime que la solution des grands problèmes de l'Humanité est religieuse.

Quoique son analyse prospective soit sombre, son attitude à l'égard de l'avenir est toujours optimiste.



Avant-propos	17
Préface	21
Quelques points saillants	23
Remarques liminaires	25
Introduction	27
Membres du Comité mixte pour l'Étude sur les mathématiques	31
<b>I. L'Étude en tant qu'instrument de changement</b>	<b>33</b>
Étapes initiales	34
Déroulement effectif de l'Étude	36
Les mémoires	36
Les huit séminaires	37
Les visites	39
Le questionnaire	40
Estimation des besoins en personnel	41
Attitudes actuelles	43
<b>II. L'Écosystème mathématique</b>	<b>45</b>
L'explosion des mathématiques	46
Les fondements	48
Les sciences mathématiques	49
La crise	51
L'Écosystème mathématique	52
Les écoles primaires et secondaires	53
Les collèges techniques	55
Les départements universitaires de mathématiques	56
Les départements universitaires de sciences	58
Le cadre d'action	60
Conclusions et récapitulation	61
<b>III. Les mathématiques dans les affaires, l'industrie et l'Administration</b>	<b>63</b>
Une vue synoptique mondiale	65



L'irruption des mathématiques	68
Quels genres d'instruments mathématiques?	71
Prise de conscience double	74
Propositions d'action	76
Les mathématiques utilisées en d'autres domaines	76
Contacts	77
Enseignement universitaire	77
Mécanismes d'incitation	78

#### **IV. L'enseignement des mathématiques à l'école**

<b>primaire et secondaire</b>	81
Malaise dans le domaine des mathématiques	83
Objectif fondamental de l'enseignement des mathématiques	85
Obstacles	86
Opposition classique: sentiments et raisonnement	86
L'inquiétude sous-jacente	88
Une formation peu appropriée	88
Le problème des manuels	89
La voie du progrès	91
L'utilisation de consultants	92
Le perfectionnement des enseignants en exercice	93
Le rôle des universitaires	94
Manuels et autres aides pédagogiques	95
Un objectif complémentaire	95
Recommandation	96

#### **V. L'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques**

<b>techniques</b>	97
Un nouvel instrument	98
Le corps enseignant	100
L'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques	101

#### **VI. L'enseignement des mathématiques à l'université**

<b>L'enseignement des mathématiques à l'université</b>	103
Les programmes de 1 <sup>er</sup> cycle	104
Que pouvons-nous faire?	107
La crise du doctorat en mathématiques	112
La nature du doctorat d'université en mathématiques	113
Une interprétation nouvelle du doctorat	116
La maîtrise	117
Recommandation	118

<b>VII. La recherche</b>	119
Motifs des mathématiciens effectuant la recherche	121
L'encouragement à la recherche	123
Tous les mathématiciens doivent-ils être des chercheurs?	126
Lignes de conduite en matière de subventions	127
Des propositions précises	130
<b>VIII. Le mécanisme d'incitation</b>	137
Le prestige en mathématiques	138
L'alternative	140
<b>IX. Un Institut canadien des mathématiques appliquées</b>	143
Nécessité de la création d'un institut des mathématiques appliquées	144
Fonctions possibles	145
Structures possibles	147
<b>X. Le Conseil canadien des sciences mathématiques</b>	151
<b>XI. Une fin et un commencement</b>	155
Une récapitulation des objectifs	156
Recommandations expresses	157
Un monde nouveau	158
<b>Annexes</b>	161
A. Résultats de l'enquête sur les mathématiques	162
B. Points saillants de l'Enquête post-censitaire sur la main-d'œuvre hautement qualifiée (1973)	222
C. Répartition des diplômés, et corps enseignant universitaire	236
D. Données complémentaires sur les diplômés décernés et le corps enseignant	239
E. Emploi des docteurs en mathématiques au Canada	241
F. Prévision de l'emploi des diplômés canadiens en mathématiques pour 1974 – 1976	245
G. Stagiaires de recherche post-doctorat (PFD) et attachés de recherche en mathématiques	249
H. Subventions de fonctionnement accordées par le CNRC aux travaux de recherche	250
I. Contributions à l'Étude	259
Remarques	268
Publications du Conseil des sciences du Canada	277

## Liste des tableaux des annexes

### Annexe A

A.1 – Emploi des diplômés en mathématiques dans l'enseignement, selon leur diplôme	175
A.2 – Pourcentage de réponses au Questionnaire sur les mathématiques, selon les diplômés de diverses promotions des facultés de mathématiques des universités canadiennes	175
A.3 – Répartition des diplômés en mathématiques des universités canadiennes, selon leur fonction actuelle et les divers secteurs	176
A.4 – Travail actuel des diplômés en mathématiques des universités canadiennes, selon leur diplôme	177
A.5 – Titres universitaires nécessaires pour l'emploi actuel des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes	177
A.6 – Première, deuxième et troisième activités principales des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes	178
A.7 – Répartition du temps de travail selon les diverses activités des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes	179
A.8 – Satisfaction des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de leur milieu de travail	180
A.9 – Répartition détaillée des cotes de satisfaction des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de leur milieu de travail	181
A.10 – Répartition détaillée des cotes de satisfaction des titulaires de maîtrises en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de leur milieu de travail	181
A.11 – Répartition détaillée des cotes de satisfaction des docteurs en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de leur milieu de travail	182
A.12 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de l'enseignement de la branche concernée à l'école secondaire, dans diverses provinces	183
A.13 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard: 1° de l'enseignement de la branche concernée dans les universités, 2° de l'importance de cette formation pour le travail	185
A.14 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions de 1960 – 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973 des universités canadiennes à l'égard: 1° de l'enseignement	

de la branche concernée dans les universités, 2° de l'importance de cette formation pour le travail	190
A.15 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard du contenu des programmes de mathématiques et des méthodes d'enseignement	205
A.16 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions de 1960 – 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973 des universités canadiennes, à l'égard du contenu du programme de mathématiques et des méthodes d'enseignement	206
A.17 – Opinions des titulaires de maîtrise en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard du contenu du programme de mathématiques des cycles supérieurs et des méthodes d'enseignement	212
A.18 – Opinions des titulaires de doctorat en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard du contenu des programmes de mathématiques des cycles supérieurs, et des méthodes d'enseignement	213
A.19 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement universitaire des mathématiques	214
A.20 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions 1960 – 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973 des universités canadiennes, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement universitaire des mathématiques	215
A.21 – Opinions des titulaires de maîtrise en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement des mathématiques aux cycles supérieurs	219
A.22 – Opinions des titulaires de doctorat en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement des mathématiques aux cycles supérieurs	220

## **Annexe B**

B.1 – Nature de l'emploi de plus longue durée du diplômé en mathématiques au cours des douze derniers mois (y compris la recherche opérationnelle et les sciences de l'actuaire), selon son sexe	224
B.2 – Nature de l'emploi de plus longue durée du diplômé en mathématiques (statistiques) au cours des douze derniers mois, selon son diplôme le plus élevé et son sexe	225
B.3 – Nature de l'emploi de plus longue durée du diplômé en mathématiques (informatique) au cours des douze derniers mois, selon son diplôme le plus élevé et son sexe	226

B.4 – Pourcentage d'emploi des diplômés en mathématiques dans des occupations utilisant ou non les mathématiques, selon le diplôme et le sexe	227
B.5 – Répartition des diplômés selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada	228
B.6 – Répartition des diplômés en mathématiques (y compris recherche opérationnelle et sciences de l'actuaire) selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada	229
B.7 – Répartition des diplômés en mathématiques (statistiques) selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada	230
B.8 – Répartition des diplômés en informatique selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada	231
B.9 – Répartition des diplômés en mathématiques du Canada selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et leur année de naissance	232
B.10 – Répartition des diplômés en mathématiques du Canada, selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et l'année d'obtention de ce dernier	233
B.11 – Répartition des diplômés en mathématiques du Canada, selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé, le lieu d'achèvement de leurs études secondaires, et leur origine canadienne ou étrangère	234
B.12 – Populations de diplômés de l'Enquête et de l'échantillonnage, selon leur diplôme et la province du Canada	235

### **Annexe C**

C.1 – Prospective des diplômes à conférer	237
C.2 – Diplômes conférés et corps enseignant les mathématiques, depuis 1960	238

### **Annexe D**

D.1 – Nombre de doctorats d'université en mathématiques conférés par les universités canadiennes, de 1961 à 1973	239
D.2 – Nombre de diplômes supérieurs en mathématiques conférés par les universités canadiennes de 1960 – 1961 à 1971 – 1972	240
D.3 – Nombre de professeurs enseignant les mathématiques dans les universités canadiennes, et pourcentage de doctorats de 1956 – 1957 à 1973 – 1974	240

### **Annexe E**

E.1 – Répartition des différentes catégories de professeurs de mathématiques selon leurs origines, en 1973 – 1974	243
E.2 – Année d'obtention du diplôme par les professeurs de mathématiques des universités canadiennes	244

**Annexe F**

---

F.1 – Prévisions d'emploi des diplômés canadiens en mathématiques, selon les secteurs	247
F.2 – Prévisions d'emploi des diplômés canadiens en mathématiques, selon la nature de l'emploi	248

---

**Annexe H**

---

H.1 – Subventions de fonctionnement du CNRC pour 1970 – 1974	250
H.2 – Subventions de fonctionnement du CNRC aux recherches en mathématiques et en informatique (depuis la première en 1958, jusqu'en 1974)	251
H.3 – Répartition des subventions de fonctionnement du CNRC aux sciences mathématiques en 1973 – 1974	252

---

**Liste des graphiques des annexes****Annexe E**

---

E.1 – Nouveaux docteurs canadiens en mathématiques (1972 – 1973)	241
E.2 – Corps enseignant des départements canadiens de mathématiques	242

---

## Avant-propos

À la veille de prendre ma retraite, je me sens assez disposé à dépasser les limites normales d'un avant-propos, et à faire quelques observations personnelles concernant la présente étude.

Tout comme de nombreux scientifiques canadiens ayant acquis une solide formation mathématique, mais travaillant maintenant dans d'autres domaines, j'ai observé, avec une inquiétude qui s'est changée en consternation, le morcellement des mathématiques universitaires après la Seconde Guerre mondiale, et la montée d'un antagonisme qu'on peut presque qualifier de guerre intestine.

Lors de la création de l'Université Simon Fraser, aux environs de 1965, nous avons fait de notre mieux pour enrayer cette tendance, et pour combler le fossé qui s'était creusé entre les spécialistes des mathématiques pures et appliquées, et entre les mathématiciens et les autres scientifiques. Nous laissons à d'autres le soin d'évaluer les succès initiaux de cette entreprise et son développement ultérieur.

Quand j'ai occupé le poste de directeur général du Conseil des sciences, en septembre 1968, j'ai senti, comme l'expose la présente étude, que l'état d'âme des mathématiciens de certaines régions du Canada commençait à changer. Ils semblaient se rendre compte qu'une prolongation des tiraillements des vingt années précédentes conduisait directement au désastre. En conséquence, il paraissait possible de s'opposer au morcellement, de faire converger les différentes branches mathématiques qui s'étaient écartées, et aussi de les rapprocher des autres disciplines. J'espérais donc, personnellement, que le Conseil des sciences, au moment opportun, jouerait un rôle de catalyseur en cette affaire.

Mais cette éventualité mit longtemps à prendre corps, car le Conseil devait constamment remettre l'étude à plus tard, en raison de la pression de problèmes plus urgents. Ainsi donc, les mathématiques n'ont-elles pas été étudiées au cours de la première phase de l'inventaire des sciences canadiennes entrepris par le Conseil des sciences; en conséquence, ce devrait être l'affaire de mathématiciens possédant l'allant et la détermination nécessaires pour accomplir un bon travail, avec l'aide financière du Conseil des sciences.

C'est à la fin de 1971 qu'il sembla se produire quelque agitation au sein de la communauté des mathématiciens. Finalement, au printemps de 1973, les associations représentant les principales branches des sciences mathématiques se groupèrent et proposèrent un bon projet de recherche, qui obtint un financement de la part du Conseil des sciences.

J'étais ravi, non seulement de l'entente des six associations qui s'étaient ainsi groupées, mais aussi de l'allant et de la détermination avec laquelle le projet fut entrepris. Le président du groupe, le professeur N. H. Lacroix, de l'Université Laval, peut avec raison être fier de ce qui a été accompli. L'action concertée qui a été réalisée a donné tort à tous les Saint-Thomas prédisant la rupture du groupe.

Le Comité mixte pour l'étude sur les mathématiques eut la chance

d'obtenir que M. A. J. Coleman accepte la direction de l'étude. Il se trouvait avoir les qualités indispensables, et être parmi les mathématiciens les plus connus du Canada.

Le Groupe d'associations et le Conseil des sciences convainquirent les autorités de l'Université Queen's de l'importance de l'étude sur les mathématiques; elles acceptèrent donc de décharger le professeur Coleman des tâches et responsabilités universitaires qu'en d'autres circonstances il aurait dû mener à bien.

Le professeur Coleman et ses collègues ont décrit ouvertement les limitations de l'étude et ses lacunes; on doit se souvenir que ce genre de recherche en politique scientifique repose sur une combinaison de relevés, d'analyses, de synthèses, d'enquêtes sur les attitudes et les opinions et, lors de ses phases finales, de l'apport d'évaluations brutes, mais qu'on espère judicieuses, et qu'elle est sujette à toutes les difficultés des autres genres de recherche.

Aucune des études réalisées sous les auspices du Conseil des sciences, pendant mon mandat de directeur général, n'a complètement répondu à mes espoirs originaux, ou n'a été réalisée entièrement selon le calendrier prévu. C'est probablement que nous sommes d'éternels optimistes s'efforçant toujours de dépasser les limites du possible. C'est pourquoi les associations qui ont parrainé la présente étude sur les mathématiques n'ont pas besoin de s'excuser. Elle fournit une base sur laquelle d'autres organismes pourront fonder leurs propres travaux. D'autres encore devront séparer le bon grain de l'ivraie, et le semer de long en large au Canada, afin d'encourager les responsables à prendre les mesures urgentes décrites dans l'étude.

Bien qu'il me faille déclarer, comme dans toutes les préfaces, que les opinions exprimées dans l'étude ne sont pas nécessairement celles du Conseil des sciences, il me faut ajouter, dans ce cas, que j'espère bien qu'elles le sont.

Il faut que nous considérions la publication de cette étude de documentation comme la première étape du changement, non comme l'ultime. Il faut que la communauté des mathématiciens et celle des professeurs de mathématiques, de même que les administrations publiques et les firmes industrielles s'efforcent de lui donner suite. Le débat devra continuer jusqu'à ce que l'action soit décidée.

C'est pourquoi j'estime qu'il est indispensable que les associations ainsi groupées forment un conseil chargé de poursuivre l'effort collectif, d'orchestrer la symphonie du changement et, à l'occasion, de saisir le bâton et de devenir chef d'orchestre.

Je crois que le chapitre traitant de l'enseignement universitaire des mathématiques est tout aussi important que celui portant sur la recherche. Il ne faudrait pas que l'idée même d'un excès de docteurs spécialisés en mathématiques puisse exister. Si nous pouvons faire que le diplôme universitaire soit, de nouveau, la consécration de celui qui a appris à penser de façon approfondie dans le domaine des mathématiques, ce diplôme sera la marque de celui qui est capable d'utiliser ses talents mathématiques avec succès dans tous les domaines de la connaissance humaine. Ce renouveau est d'une importance cruciale, car



nous voyons partout, autour de nous, et particulièrement dans les sphères politiques, des gens qui dénigrent les qualifications des scientifiques et qui cherchent à réduire l'ascendant de la connaissance.

C'est une vue étroite du doctorat spécialisé en mathématiques, clairement condamnée dans l'étude du professeur Coleman, qui met des œillères aux étudiants de valeur, et gêne leur mobilité sur le marché du travail. Quand on aura pu y remédier, le Canada pourra utiliser tous les titulaires de doctorat de spécialisation en mathématiques que les universités peuvent former. Bien sûr, leur nombre restera limité, mais on les trouvera disséminés partout où un problème est à résoudre même si, aux yeux du profane, il ne paraît nullement concerner les mathématiques.

Je pense que le rôle à prévoir, pour ceux qui sont titulaires d'une maîtrise dans l'une des sciences mathématiques, est probablement plus étendu que nous n'avons le courage de le reconnaître. Ce sont eux qui, peut-être, se chargeront de porter la bonne parole d'un emploi alerte des mathématiques partout dans l'industrie et le secteur public.

J'avoue mon préjugé favorable à l'égard d'une intervention radicale de l'Institut canadien des mathématiques appliquées en matière de méthodes de relevés statistiques. Les spécialistes canadiens perdent trop de temps, et gaspillent trop d'énergie et d'argent pour la compilation de statistiques sans valeur, que personne n'utilise ou n'utilisera, et on demande beaucoup trop souvent à nos concitoyens de remplir des questionnaires stupides, sans fondement statistique sérieux. La prospective du Canada doit s'appuyer sur des statistiques très précises, mais nous les recueillons de façon ridiculement illogique. Nous sommes affectés d'une distorsion mentale que même le génie de George Boole ne pourrait surmonter.

Au moment précis où, sous la conduite des autorités fédérales, le pays semble déterminé à dénigrer la valeur personnelle et à renoncer à la primauté de la connaissance, on lit avec plaisir l'œuvre d'un auteur qui a le courage de souligner leur importance dans un langage excellent.

Peut-être est-ce la personnalité de John Coleman lui-même qui transparaît à travers ces pages, et qui fait de l'étude bien plus qu'une recette pour la communauté des mathématiciens, ou peut-être encore est-ce un amalgame de cette personnalité et de la rigueur mathématique à laquelle il croit. Quelle qu'en soit la raison, le résultat est une étude attachante et de grande importance. Il est important que tous les intéressés se fassent un devoir de la lire.

P. D. McTaggart-Cowan  
Ancien directeur général  
Conseil des sciences du Canada

## Préface

En septembre 1975, on distribua des exemplaires de la version préliminaire de la présente étude aux membres du bureau des six sociétés l'ayant parrainé, aux départements de mathématiques des universités canadiennes, et à plus de 3 000 personnes ayant répondu au questionnaire décrit dans l'Annexe A. Plusieurs lecteurs de cette édition préliminaire me firent parvenir leurs observations, qui m'ont permis de corriger quelques erreurs mineures et phrases malvenues. Toutefois, la présente édition définitive ne diffère sur aucun point essentiel de la version qui la précédait.

J'ai reçu avec plaisir un certain nombre de louanges, mais également quelques critiques. Comme je ne me berçais pas de l'illusion que tous les lecteurs seraient d'accord avec toutes les propositions contenues dans l'Étude, ces observations m'ont encouragé, car elles montraient que l'étude avait été lue, et qu'elle avait suscité la réflexion. Il me semble qu'à long terme il est préférable d'encourager les créateurs et les utilisateurs des mathématiques à réfléchir à propos des questions soulevées, plutôt qu'à prendre des mesures immédiates sur une des recommandations particulières de l'Étude.

Les critiques les plus cinglantes sont venues de certains chercheurs mathématiciens perturbés par cette analyse et certaines des propositions du chapitre VII. Quelques-uns d'entre eux estiment que mon style, un peu trop pittoresque, a produit des caricatures injustes. D'autres croient que le système des subventions de groupe conduira inévitablement à une mauvaise utilisation des crédits à la recherche, par les chefs de département assoiffés de pouvoir. Il y a là un danger réel. Mais notre proposition au sujet de ces subventions de groupe est modeste, et elle est conçue précisément pour éviter ce péril. Un certain nombre de mes collègues mathématiciens ont été outrés quand ils ont lu le rapport préliminaire, et ils ont estimé que j'avais trahi la communauté des mathématiciens. Je les prie de croire que bien peu de personnes au Canada sont plus convaincues que moi de l'importance de la recherche en mathématiques pures et appliquées. J'y ai poussé de toutes mes forces, à mon poste de directeur du département de mathématiques de l'Université Queen's. C'est pourquoi l'*objectif* du chapitre VII est de proposer les moyens d'améliorer la recherche en mathématiques au Canada, et d'obtenir un soutien financier plus considérable. Il se peut que mes idées soient erronées: à vous de les examiner et d'en juger.

Cependant, le *principal* objectif de la présente étude n'est pas la création de mathématiques modernes. Il consiste plutôt à resserrer les contacts entre mathématiciens et ceux qui n'appartiennent pas à leur communauté. Bien peu de ces recommandations seront aisément mises en œuvre. Il faudra que le secteur privé fasse preuve de bonne volonté, tout comme le secteur public, les enseignants du niveau pré-universitaire, et les mathématiciens eux-mêmes. Seul, l'avenir montrera si cette bonne volonté existe.

Je suis personnellement responsable de la rédaction du corps principal du texte. Cependant, les deux premiers chapitres découlent

d'une première version rédigée par M. Gordon Edwards, qui a consacré tout son temps et de grands efforts aux activités quotidiennes de l'Étude, du 1<sup>er</sup> juillet 1973 au 31 août 1974. M. Klaus Beltzner est responsable de la plus grande partie des annexes, et c'est lui qui, de concert avec M. Gordon Edwards, a conçu le questionnaire et en a analysé les résultats. Je les remercie de tout cœur pour leur contribution à la réalisation de l'Étude.

Je remercie également M. P.D. McTaggart-Cowan pour ses conseils judicieux et son soutien continu à l'Étude, le professeur Norbert Lacroix pour la patience qu'il a témoignée à l'égard de mes faiblesses et pour sa présidence prudente et objective du Comité mixte, les membres de ce Comité dont la collaboration a été indispensable, et dont les critiques intelligentes ont permis d'améliorer le rapport, nos secrétaires: Mmes Lynn Tremblay, Kathy Brady et Maggie Adams, qui ont montré beaucoup d'égalité d'âme et d'efficacité, Mme Marsha Dawn Hartley, ma secrétaire à l'Université Queen's, qui a dactylographié les deux premières versions d'un manuscrit désordonné, et Mme Christine Du Bois, du Conseil des sciences, qui a dactylographié la version finale.

La présente Étude n'envisage pas les publications de recherche mathématique, ni les problèmes spéciaux des mathématiciennes. J'ai des idées personnelles à ce sujet, mais le mandat de l'étude n'en parlait pas. Sans aucun doute, il existe également d'autres omissions sérieuses.

J'espère que cette Étude stimulera la réflexion et l'action dans bien des secteurs de notre société, et que les mathématiciens pourront ainsi bénéficier du pouvoir des mathématiques, et tirer plaisir à les mettre en pratique. Déjà, les associations parrainant l'Étude se préparent à mettre en œuvre la recommandation n° 7, et il semble que le Conseil canadien des sciences mathématiques sera créé avant la fin de 1976.

C'est avec plaisir que les membres du Comité mixte et moi-même accueilleront les observations, les suggestions et les expressions d'opinions. Les intéressés peuvent nous les transmettre par les soins du Conseil des sciences du Canada, 150, rue Kent, Ottawa, Ont. K1P 5P4.

A. J. Coleman

## Quelques points saillants

Les firmes industrielles et les organes de l'Administration ne savent pas comment utiliser les sciences mathématiques de façon efficace. En conséquence, il se produit de nombreuses erreurs, du gaspillage et des actions inefficaces. (Chapitre III)

La communauté universitaire des mathématiques ne se rend pas suffisamment compte des besoins réels des secteurs privé et public et, en conséquence, les étudiants ne sont pas préparés de façon adéquate. Il faudrait accroître considérablement le nombre des congés septennaux, ou des congés concertés des professeurs de mathématiques au sein des firmes industrielles et des administrations. (Chapitre III)

Il faudrait que les ministres de l'Instruction publique prennent des mesures énergiques pour améliorer l'enseignement des mathématiques dans les écoles élémentaires et secondaires; que les contacts entre professeurs universitaires de mathématiques et instituteurs se multiplient; qu'on renverse les tendances actuelles des ministères provinciaux de l'Instruction publique à transformer n'importe qui en administrateur, afin que les spécialistes au sein des départements puissent de nouveau jouer un rôle décisif comme consultants en matière scolaire, et pour l'élaboration des directives de programmes. (Chapitre IV)

L'expansion des collèges d'enseignement technique constitue le fait le plus marquant de l'évolution de l'enseignement canadien au cours des dernières années. On n'a encore réalisé aucune étude approfondie du rôle des mathématiques dans les collèges d'enseignement technique. Son importance pourrait être décisive. (Chapitre V)

Le Canada a besoin d'un plus grand nombre de titulaires de doctorat spécialisé en mathématiques d'un genre différent de celui d'aujourd'hui. Il faudrait remanier le programme et les méthodes de formation des spécialistes des sciences mathématiques. (Chapitre VI)

Si on la compare avec celles qui sont en cours dans d'autres pays, la politique de subventions du Conseil national de recherches apparaît fort éclairée. Cependant, par le passé, elle a été conçue pour renforcer les sciences expérimentales, et il faudrait probablement l'améliorer pour qu'elle favorise la qualité de la recherche en mathématiques. (Chapitre VII)

Il faudrait modifier le mécanisme d'incitation, utilisé dans le secteur privé, le secteur public et les universités, afin de favoriser l'utilisation efficace des mathématiques dans notre société. (Chapitre VIII)

Il faudrait créer un Institut canadien des mathématiques appliquées, qui aurait plusieurs divisions dans tout le Canada. Il faudrait renforcer et étendre les activités déjà bien en route au Centre des recherches mathématiques de l'Université de Montréal. (Chapitre X)

Il faudrait créer un Conseil canadien des sciences mathématiques, afin de concerter l'action de diverses associations nationales de mathématiques et de favoriser le développement de l'utilisation des sciences mathématiques au Canada. (Chapitre X)

## Remarques liminaires

On a largement distribué la version préliminaire des Sciences mathématiques au Canada au sein des départements canadiens de mathématiques. Ils ont réagi de façons fort diverses. La plupart de celles-ci se sont manifestées lors du débat du conseil de la Société mathématique du Canada, le 12 décembre 1975. En conséquence, ce conseil a demandé que les points suivants soient clairement explicités dès le début de l'Étude:

Le texte de la présente étude n'a pas été approuvé par les associations qui l'ont parrainée et par conséquent ne représente pas nécessairement les opinions des sociétés mathématiques du Canada et de la Société canadienne de recherche opérationnelle, de l'Institut canadien des actuaires, de l'Association canadienne de l'informatique, de l'Association canadienne des sciences statistiques et de l'*American Statistical Association* (région n° 7).

L'attitude des membres du Comité mixte, chargé de superviser le déroulement de l'étude, est décrite dans l'introduction du Professeur Lacroix.

## Introduction

«Mathématiques Canada n'est pas un autre organisme bureaucratique. C'est une étude destinée à préciser le rôle et la situation actuelle des sciences mathématiques au Canada, et à proposer des lignes d'action future». (Extrait d'un communiqué de presse distribué en septembre 1973 par le Conseil des sciences du Canada.)

Après les débats de ces dernières années au sujet de la politique scientifique du Canada, des plans d'action précis sont peu à peu proposés par la collectivité scientifique. La présente étude contient un examen des lignes de conduite suggérées par l'Étude sur les Mathématiques et diverses propositions d'action. Elle souligne le rôle de chef de file de la collectivité mathématique elle-même, évalue sa contribution et s'efforce de l'étendre pour satisfaire les besoins sociaux, culturels et économiques du Canada.

Il y a cinq ans, il ne lui aurait pas été possible d'assumer ce rôle de direction. La collectivité mathématique était, en effet, morcelée en disciplines ayant leurs intérêts propres. La présente Étude leur a permis de se concerter à propos de leurs préoccupations communes; elle constitue un premier pas vers une action coordonnée sur le plan politique pour le bénéfice de la collectivité mathématique. Celle-ci était naguère divisée, elle ne se manifestait guère et n'avait pas de porte-parole national, et on l'oubliait. Depuis, d'autres préoccupations communes sont apparues, tel le désir de donner suite à la présente Étude, de mettre en œuvre ses propositions d'action, et de conserver l'attention attirée par la collectivité mathématique.

La présente Étude a suscité des réactions bien avant sa parution: en effet, la méthode suivie pour sa réalisation en faisait l'instrument même du changement. Elle contient de nombreuses indications d'un changement graduel des attitudes, tant au sein qu'à l'extérieur de la collectivité mathématique, et d'un resserrement des communications à tous les niveaux.

### Les mathématiques et la collectivité mathématique

La collectivité mathématique s'est considérablement diversifiée au XX<sup>e</sup> siècle. Elle comprend non seulement des enseignants et des chercheurs, mais aussi un grand nombre de statisticiens, actuaires, informaticiens et spécialistes de la recherche opérationnelle. En quelques mots, elle englobe tous les spécialistes qui se servent des concepts mathématiques dans leur travail. Les auteurs désignent l'ensemble de ces activités sous le nom de «Sciences mathématiques», et souvent sous le terme plus simple de «mathématiques» (c'est l'«Écosystème mathématique» décrit au chapitre II).

Il est bon d'éviter de confondre les mathématiques et la collectivité mathématique. A. Zadeh, par exemple, a écrit: «Sans un changement radical d'objectifs et d'orientation, les mathématiques seront incapables de naviguer dans les eaux tumultueuses où elles se sont engagées» (citation figurant au chapitre II). Ceci ne concerne pas les mathématiques, car ce corps de connaissances indépendant est aussi superbe

que jamais. C'est la collectivité mathématique dont il s'agit, à cause de ses activités au cours des trente ou quarante dernières années. Et ce sont ces activités qui font ici l'objet d'un examen d'envergure.

### **Organisation de l'Étude**

Le Comité mixte et le comité de direction décrits au début du 1<sup>er</sup> chapitre ont assuré la direction générale de l'Étude sur les mathématiques. Le directeur de l'Étude, le directeur adjoint et le chargé de programme ont assumé la responsabilité quotidienne des travaux et des initiatives. Ils ont en outre assisté aux sept réunions du Comité mixte et aux trois séances du conseil de direction. Les réunions ont été tenues dans une atmosphère excellente, qui a favorisé l'expression de nombreuses suggestions et critiques.

Le professeur C. F. A. Beaumont, de la faculté de mathématiques de l'Université de Waterloo, a pris une très large part à l'Étude sur les mathématiques. Il a consacré une grande partie de son temps, de ses réflexions et de son énergie à la mise sur pied d'une série de séminaires d'un jour, auxquels ont participé des dirigeants de l'industrie, des fonctionnaires et des mathématiciens universitaires. Sur les huit séminaires, il en a préparé personnellement cinq, et présidé quatre.

Le 1<sup>er</sup> chapitre de l'Étude sur les sciences mathématiques au Canada donne le détail de ses modalités d'exécution.

### **Corps de l'Étude**

Les opinions et les conclusions qui constituent le corps de l'Étude sont celles des auteurs: K. P. Beltzner, A. J. Coleman et G. D. J. Edwards. Le Comité mixte a autorisé la publication de l'Étude dans l'espoir que les propositions qu'elle présente encourageront le débat, et entraîneront des réactions et des décisions permettant d'améliorer l'activité mathématique au Canada.

Le Comité mixte espère, en particulier, que les associations ayant parrainé l'Étude accorderont toute leur attention au rapport et à ses recommandations.

### **Attitude du Comité mixte au sujet des recommandations**

Le Comité mixte, lors de sa réunion du 24 juin 1975 à Ottawa, a donné son soutien aux sept recommandations qui apparaissent au chapitre XI. Les recommandations nos 1, 2, 3, 5 et 7 ont été approuvées à l'unanimité.

La recommandation n° 6, portant sur la création d'un Institut canadien de mathématiques appliquées, a été adoptée avec une seule abstention (celle de M. J. Faille, qui a accepté la publication de son vote). Le professeur P. G. Rooney n'a pu assister à la réunion au cours de laquelle la recommandation n° 6 a été adoptée, mais il avait préalablement indiqué qu'il aurait voté pour une proposition d'étudier la création éventuelle d'un Institut canadien de mathématiques appliquées.

La recommandation n° 4, proposant de reconsidérer la politique fédérale en matière de subventions, a été adoptée en dépit de l'oppo-

sition du professeur I. B. MacNeill. Celui-ci a également accepté la publication de son vote<sup>1</sup>.

Bien que les Bureaux des associations ayant parrainé l'Étude n'aient pas officiellement approuvé les recommandations, leurs représentants au Comité mixte les ont cependant approuvées, et se sont chargés de les présenter à leurs organismes respectifs.

Les membres du Comité mixte recommanderont chaudement à leurs associations de créer sans tarder un Conseil permanent des sciences mathématiques (recommandation n° 7) qui se chargerait de continuer la collaboration dont le parrainage de l'Étude sur les mathématiques avait marqué l'avènement.

Pour le Comité mixte,

Norbert Lacroix,  
Président,  
10 juillet 1975

1. Le professeur MacNeill a déclaré ce qui suit: «J'aurais donné mon appui à la recommandation n° 4 si elle avait également contenu un paragraphe supplémentaire, rédigé comme suit:

d) La possibilité de mettre sur pied un comité séparé d'examen des demandes de subventions de recherche sur les probabilités, les processus stochastiques et les statistiques pures et appliquées».



## **Membres du Comité mixte pour l'Étude sur les mathématiques**

Voici la liste des délégués des associations ayant parrainé l'Étude ainsi que ceux du Conseil des sciences. Les six personnes ayant également œuvré au sein du Comité de direction sont désignées par une astérisque.

### **Conseil des sciences du Canada**

MM. P. D. McTaggart-Cowan (jusqu'au 31 mai 1975),  
directeur général\*

J. J. Shepherd (à dater du 1<sup>er</sup> juin 1975), directeur général

F. J. L. Miller (jusqu'en août 1973), chargé de programme

R. P. Charbonnier (jusqu'en décembre 1973),  
chargé de programme

Klaus Beltzner (à dater de janvier 1974), chargé de programme

J. Basuk (à dater de septembre 1973), secrétaire du Conseil

### **Société mathématique du Canada**

le professeur A. H. Lachlan,  
Université Simon Fraser

le professeur N. H. Lacroix (président)\*,  
Université Laval

le professeur P. Lancaster,  
Université de Calgary

le professeur P. G. Rooney,  
Université de Toronto

### **Société canadienne de la recherche opérationnelle**

MM. N. J. Hopkins,  
Ministère de la Défense nationale

E. L. Leese\*,  
Ministère de la Défense nationale

### **Institut canadien des actuaires**

MM. J. Faille,  
Université Laval

R. M. Hammond\*,  
Département des assurances, Ottawa

### **Association canadienne de l'informatique**

le professeur F. Fiala,  
Université Carleton

le professeur H. S. Heaps\*,  
Université Concordia

**Association canadienne des sciences statistiques**

le professeur I. B. MacNeill,  
Université Western Ontario

*American Statistical Association, District 7*

M. O. Tomasek\*,  
Bell Canada

# I. L'Étude en tant qu'instrument de changement

«On est surpris de la faible attention accordée aux sciences mathématiques au Canada, en dépit de l'évidente nécessité d'une planification à long terme en ce domaine. Nous allons donc défricher un terrain vierge en présentant une vue d'ensemble du rôle des mathématiques en matière de sciences, d'enseignement, d'administration publique et d'activité industrielle. Il se peut que le fait de réaliser une étude soit plus important que le rapport écrit qui en découlera»<sup>1</sup>.

Au cours des dernières années, les mathématiciens enseignant dans les universités canadiennes ont pris de plus en plus conscience de la nécessité de réviser leur échelle des valeurs et leurs objectifs. En effet, les «cours de complément spécialisés» sont l'objet de critiques croissantes. Bon nombre des étudiants ayant obtenu un doctorat de spécialisation ne peuvent trouver d'emploi satisfaisant. Les crédits subissent de fortes diminutions, et les inscriptions aux programmes spécialisés de mathématiques de nombreuses universités d'Amérique du Nord deviennent moins nombreuses. Des raisons plus subtiles, telles un sentiment vague d'inanité et un désir croissant de communication suscitent également des préoccupations. Cet état d'esprit prévaut chez les jeunes mathématiciens. Ils ressentent vivement leur solitude, découlant de la difficulté de justifier leur activité par la vie courante, ou de l'expliquer à d'autres, en dehors de quelques confrères.

Guidés par cet état d'esprit, plusieurs mathématiciens canadiens ont conclu, peu avant 1970, qu'il serait opportun d'étudier le rôle joué par les mathématiques dans notre société. Il leur apparut rapidement qu'une étude de cette nature ne pouvait présenter d'intérêt que si elle n'était pas limitée au travail et aux domaines d'intérêt des mathématiciens universitaires, ni aux mathématiques elles-mêmes.

En 1971, la Société mathématique du Canada créa un comité spécial d'étude des lignes de conduite concernant l'activité mathématique au Canada<sup>2</sup>. Cette action fut en partie motivée par l'absence de toute communication concertée de la part des mathématiciens au Comité sénatorial de la politique scientifique, présidé par M. Maurice Lamontagne. Cette lacune montra, de façon éclatante, le manque de cohésion de la collectivité mathématique canadienne, et son absence d'identité. En même temps, et indépendamment de la Société mathématique, le Conseil des sciences du Canada étudiait l'opportunité d'une analyse critique du rôle des sciences mathématiques dans la société canadienne. Ces deux actions convergèrent. Après consultation d'un cadre du Conseil des sciences<sup>3</sup>, le comité de la Société mathématique s'efforça d'obtenir la collaboration de cinq autres associations mathématiques canadiennes, afin de lancer une Étude de documentation sur les lignes de conduite en matières d'activités mathématiques, pour le compte du Conseil des sciences du Canada.

## Étapes initiales

Le mandat de l'Étude lui désignait des objectifs ambitieux, sinon grandioses:

[L'Étude s'efforcera de:]

«1° Déterminer quelles sont les branches mathématiques utilisées au Canada, et l'envergure de leur emploi, et quelles sont les branches non étudiées, ou insuffisamment utilisées.

2° Décrire et évaluer divers genres de recherches possibles sur les sciences mathématiques.

3° Estimer les disponibilités et les besoins présents et futurs de diplômés en mathématiques des divers cycles.

4° Examiner les objectifs de la formation en mathématiques et les méthodes suivies, et proposer des améliorations possibles à tous les niveaux.

5° Recommander des méthodes de détection des problèmes importants, susceptibles d'être traités mathématiquement, et les faire connaître systématiquement».

Il apparaît maintenant, avec le recul du temps, qu'il était pratiquement impossible d'atteindre ces objectifs, surtout si l'on tient compte des ressources dont l'Étude disposait. Les objectifs imposés n'en furent pas moins fréquemment débattus au Comité mixte, et pris en considération par le directeur de l'étude et son adjoint. Ces efforts eurent pour effet de permettre l'orientation de l'Étude.

Malgré l'importance apparente accordée par le mandat au recueil des données, l'Étude sur les mathématiques n'a jamais été envisagée comme une simple étude descriptive. Dès le début, elle portait sur une stratégie à long terme de développement et d'utilisation des sciences mathématiques, conformément aux stipulations de la Loi de 1969 créant le Conseil des sciences du Canada. Celle-ci précise que la tâche primordiale du Conseil est de contribuer à l'élaboration d'une politique scientifique dans l'intérêt national. Auparavant, le Conseil des sciences avait parrainé des études sur la physique, la chimie, la biologie et les sciences de la Terre<sup>4</sup>. Ayant soutenu ces études, M. P.D. McTaggart-Cowan, à l'époque directeur général du Conseil des sciences du Canada, souligna que l'objectif primordial était de modifier l'attitude des enseignants, des professeurs d'université, des dirigeants des affaires et de l'industrie, des fonctionnaires et des parents. Il serait inutile de recueillir une masse de faits relatifs à l'activité en sciences mathématiques au Canada, de faire le diagnostic le plus révélateur de l'état des mathématiques, ou de proposer un ensemble remarquablement conçu de recommandations, si l'Étude ne soulevait guère d'intérêt et ne suscitait pas de débats. Les changements indispensables ne pourraient être mis en œuvre qu'avec l'approbation et le soutien des intéressés, soit ceux qui devraient adopter et mettre en application les nouvelles idées. Trois principes directeurs sont apparus au cours des premiers mois de l'Étude:

1° De la simple arithmétique quotidienne aux statistiques à l'informatique ou aux recherches abstraites sur la théorie des catégories, l'univers des activités mathématiques se fonde sur des interactions complexes entre des mathématiciens de spécialisations différentes, par le canal d'un réseau de communications. L'ensemble forme une sorte d'*Écosystème mathématique* comme nous l'envisageons au chapitre II.

2° L'Étude ne devrait pas se limiter à l'observation de cet écosystème mathématique de l'extérieur, comme s'il était statique. Son déroulement devrait, au contraire, servir d'instrument de changement. Il fallait donc établir de nouvelles communications et engager un débat vigoureux parmi ceux qui seraient suffisamment intéressés pour exprimer leur opinion à propos de l'avenir des mathématiques au Canada.

3° Il ne fallait pas que l'Étude débute comme si toutes les questions importantes étaient déjà connues; ses dirigeants devaient au contraire jouer le rôle de coordonnateurs d'un effort d'identification des problèmes sur le plan national, et d'élaboration de recommandations effectives. On estimait qu'en se fondant sur ces trois principes directeurs, on éviterait d'obtenir un tableau déformé de la réalité ou d'aboutir à des recommandations inapplicables. Le succès de l'Étude dépendait donc de la collaboration active et de la participation de tous les secteurs de la collectivité mathématique.

## Déroulement effectif de l'Étude

À notre connaissance, on n'avait pas jusque là décrit la gamme des rôles des mathématiques dans une société technocentrique. C'est pourquoi les dirigeants de l'étude pénétraient en terrain vierge, et se rendaient parfaitement compte des nombreuses lacunes de leur action. Ils utilisèrent quatre techniques différentes pour appréhender les conditions réelles et connaître l'opinion des créateurs et des utilisateurs des mathématiques sur leur Écosystème: sollicitation de mémoires; organisation de huit séminaires d'un jour; visite de dirigeants d'universités, de firmes industrielles et de hauts fonctionnaires; et enfin envoi d'un questionnaire en de nombreux exemplaires.

### 1° Les mémoires

On prépara un communiqué de presse pour mettre le public au courant de la mise en route de l'Étude, et on l'envoya aux journaux, aux stations de radio, aux associations professionnelles, scientifiques et techniques, ainsi qu'aux associations d'enseignants en mathématiques. Ce communiqué décrivait l'Étude sur les mathématiques en détail, et invitait les personnes ou les groupes intéressés à exprimer leurs vues sur le rôle actuel des sciences mathématiques au Canada. On demandait en particulier aux associations professionnelles et aux associations d'enseignants de faire connaître l'Étude à leurs membres. Il fallait, en effet, que tous les intéressés soient mis au courant et puissent y participer. Il en résulta un nombre assez faible, mais cependant notable, de lettres et d'exposés provenant principalement d'enseignants et d'éducateurs.

On demanda aux doyens de communiquer les noms des enseignants des départements divers s'intéressant à l'incidence des mathématiques dans leur discipline. On écrivit à ces personnes, en leur demandant de répondre aux cinq questions suivantes:

a) Quelles branches des mathématiques sont actuellement utilisées dans votre discipline? À quoi sont-elles utilisées (au 1<sup>er</sup> cycle, aux cycles supérieurs, en recherche)?

b) Dans quelle mesure les mathématiques pourraient-elles exercer une influence sur votre discipline, et dans quelle direction générale?

c) Les étudiants dans votre discipline acquièrent-ils les instruments mathématiques, la compétence et l'attitude nécessaires? L'enseignement des mathématiques néglige-t-il certains domaines, ou utilise-t-il des méthodes peu efficaces? (Il serait utile de donner quelques indications sur les matières fondamentales et les techniques de base)

d) Quels mécanismes proposez-vous pour encourager la concertation des mathématiciens en matière de choix des programmes, de recherches communes, de séminaires interdisciplinaires, etc.? Dans quelle mesure ces objectifs sont-ils désirables?

e) Quels sont les obstacles principaux (administratifs, pécuniaires, universitaires, professionnels, etc.) qui empêchent une collaboration étroite entre mathématiciens et utilisateurs des mathématiques? Quelles améliorations proposez-vous?

Cette initiative donna des résultats très encourageants, sous forme d'une centaine de mémoires et de lettres provenant de physiciens, chimistes, ingénieurs, économistes, biologistes, psychologues, éducateurs, linguistes, agronomes, chercheurs en médecine, etc. Ces mémoires traduisaient, presque sans exception, les sérieuses préoccupations de leurs auteurs, qui dépassaient largement le cadre de ces cinq questions. Presque tous estimaient que les mathématiques seraient utilisées à meilleur escient s'il existait des liens plus étroits entre mathématiciens et utilisateurs des mathématiques. Beaucoup soulignaient l'importance cruciale des attitudes prises par les étudiants, les mathématiciens et les utilisateurs des mathématiques. Comme l'écrivait un correspondant: «On n'imagine guère de progrès sans changement des attitudes. Il importe de modifier l'opinion des scientifiques à l'égard des mathématiciens. Si ceux-ci s'intéressaient vraiment aux problèmes scientifiques, cette évolution serait facilitée».

## 2° Les huit séminaires

On organisa une série de séminaires d'une journée afin de réunir des mathématiciens, des dirigeants d'universités, de collèges techniques, du monde des affaires, de l'industrie et des hauts fonctionnaires, pour qu'ils débattent leurs préoccupations communes. Deux séminaires portèrent sur des questions de nature générale, un troisième traita spécialement du secteur des transports, et un quatrième de l'emploi des mathématiques dans les industries de matières premières; un cinquième porta sur les institutions financières et sur les firmes de consultants en gestion. Les autres furent axés sur le rôle des sciences mathématiques sous les trois aspects suivants de l'Administration fédérale: mathématiques et planification générale, statistique mathématique et environnement, mathématiques et technologie. Lors de chaque séminaire, les participants étaient également répartis entre universitaires et non-universitaires. Les débats portèrent sur les sujets suivants:

a) L'enseignement post-secondaire des mathématiques est-il adapté aux besoins des emplois hors du secteur universitaire?

b) Quelles sont les qualités personnelles et les qualifications pro-

fessionnelles exigées des diplômés en mathématiques recherchant un emploi hors du secteur universitaire?

c) Quels sont les besoins en personnel des diverses branches des mathématiques pour le présent et l'avenir?

d) Serait-il désirable et réalisable d'encourager des échanges de personnel, ou des activités de coopération entre les départements de sciences mathématiques et des organismes se servant largement des mathématiques?

e) Quelles sont les perspectives de la formation continue en mathématiques au niveau avancé pour les dirigeants et pour les praticiens en mathématiques?

Il était souhaitable que ces séminaires fussent aussi informatifs que possible, et que leur atmosphère fût détendue. En conséquence, on invita chaque participant à préparer un mémoire qui serait distribué à tous les autres participants. L'atmosphère des séminaires fut ainsi détendue, et les mémoires, dont certains étaient fort détaillés et d'envergure, furent inclus dans le procès-verbal distribué après chaque séminaire.

C'est M. Gordon Edwards qui prépara les procès-verbaux des trois séminaires d'Ottawa, lesquels furent ensuite publiés par le Conseil des sciences du Canada en édition limitée sous le titre: *Mathematics in Today's World* (360 pages). Cet ouvrage décrit les spécialisations mathématiques et leurs applications dans le secteur fédéral. Des exemplaires ont été déposés dans les bibliothèques de l'Administration fédérale et des universités canadiennes. Les procès-verbaux des cinq autres séminaires ont été préparés par M. C.F.A. Beaumont et distribués à titre privé. Le chapitre III en résume le contenu.

Les participants à ces réunions les jugèrent instructives et estimèrent qu'elles incitaient à la réflexion. Beaucoup les saluèrent comme le début d'un dialogue attendu depuis longtemps et proposèrent qu'on en tienne régulièrement. (Des organismes locaux pourraient en prendre l'initiative car ces séminaires avaient été organisés localement, sous le parrainage d'une université ou d'une firme industrielle). En dépit des nombreuses différences dans les détails, les mêmes questions fondamentales ont été soulevées à chaque séminaire successif: ce sont les attitudes acquises qui s'opposent à un emploi plus efficace d'instruments mathématiques de plus en plus répandus. Les *dirigeants* n'ont pas l'habitude d'utiliser des méthodes scientifiques pour résoudre leurs problèmes; ils font des gains à court terme en négligeant la R & D, sacrifiant ainsi les avantages à long terme. Les *diplômés en mathématiques* n'ont pas l'habitude de résoudre des problèmes réels, et d'utiliser des données disparates; ils n'obtiennent que des solutions approximatives, et l'efficacité de leur travail est fortement limitée, car leurs interlocuteurs sont des profanes en matière de mathématiques. Les *professeurs de mathématiques* n'ont qu'une expérience minimale ou inexistante de l'enseignement des modes de pensée mathématique nécessaires pour résoudre les problèmes des affaires, de l'Administration et de l'industrie; c'est pourquoi ils ne peuvent préparer leurs étudiants pour des emplois hors de l'université. Les *employeurs de mathématiciens* veulent obtenir



des résultats sans attendre, car ils ne comprennent pas la différence entre un scientifique et un technicien; aussi ne sont-ils guère enclins à leur donner une formation sur le tas, longue et coûteuse, laquelle serait cependant un investissement rentable à l'avenir. Il est difficile de modifier ces habitudes ancrées. Cependant, l'amorce d'un dialogue suscite des espoirs. Le déroulement des séminaires, où participaient des chefs d'industrie et des mathématiciens, a montré le désir de se comprendre. Il faut continuer ces échanges d'idées.

### **3° Les visites**

Au cours de l'automne 1973, les directeurs de l'Étude se sont rendus dans vingt-quatre universités du Canada, afin d'exposer les objectifs de l'Étude aux mathématiciens universitaires et aux utilisateurs des mathématiques, dont ils demandèrent la collaboration. Ils les invitèrent à tenir des tables rondes pour l'élaboration de mémoires communs sur des sujets importants pour l'Étude. Remédiant à l'absence de communications au sein de la collectivité mathématique, ces tables rondes contribueraient, espérait-on, à obtenir une vue d'ensemble réaliste et pondérée de la situation. L'examen d'un problème de divers points de vue met souvent au jour les impressions erronées et les méthodes simplistes. Plusieurs tables rondes se déroulèrent, et il en découla un bon nombre de mémoires étoffés et judicieux sur les rôles présent et futur des mathématiques au sein de l'université. De nombreux mathématiciens universitaires envoyèrent des mémoires individuels sur des sujets très divers: enseignement des mathématiques au premier cycle, dangers de la spécialisation à outrance, nécessité de diversifier les activités mathématiques, pénible situation des diplômés incapables de trouver un emploi, et moyens d'un changement éventuel. La quasi-totalité des mémoires soulignait la nécessité d'intéresser les mathématiciens universitaires aux applications des mathématiques; beaucoup d'entre eux exprimaient des préoccupations à propos de l'isolationnisme qui a caractérisé récemment la plupart des départements de mathématiques. Ces mémoires, et le déroulement des séminaires industriels, suggèrent que l'attitude des mathématiciens universitaires a fortement changé au cours des dernières années. De nombreux spécialistes des mathématiques pures, ne s'intéressant guère aux applications, accueilleraient avec plaisir un changement des lignes de conduite, à condition de conserver une latitude suffisante pour leurs recherches en mathématiques pures.

Les auteurs ont également rendu visite à des organismes utilisant largement les mathématiques, dans toutes les régions du Canada, pour s'entretenir avec des dirigeants et des mathématiciens ayant charge de personnel. Il en est ressorti une opinion frappante et répandue, selon laquelle les diplômés en mathématiques ne sont pas nécessairement les meilleurs candidats aux emplois hors de l'université nécessitant l'utilisation des mathématiques. Ces employeurs ont de plus en plus besoin d'un personnel ayant une formation en mathématiques, mais ils préfèrent engager des candidats formés dans d'autres disciplines et ayant, en cours de route, acquis des connaissances mathématiques. Les auteurs

ont également rendu visite à des directeurs d'école secondaire et de collège technique, à des conseils scolaires et aux fonctionnaires des ministères provinciaux de l'Instruction publique.

#### **4° Le questionnaire**

Un questionnaire de cinq pages fut envoyé à tous les diplômés en mathématiques de certaines promotions des universités canadiennes, ainsi qu'aux membres des six associations parrainant l'Étude, afin de faire connaître celle-ci, et de recueillir des données de comparaison. L'Annexe A reproduit ce document qui a constitué l'instrument principal de recueil des données nécessaires à l'Étude sur les mathématiques. Il produisit 3 231 réponses exploitables. De celles-ci, 1 830 provenaient de diplômés d'universités canadiennes, donnant un taux de réponse de 29,6 pour cent. Les 1 401 réponses restantes provenaient des membres des associations parrainant l'Étude. Certains cotisent à plusieurs associations (l'un d'eux reçut cinq exemplaires du questionnaire), et il est impossible d'évaluer avec précision le taux de réponse, supérieur en tout cas à 20 pour cent. Par comparaison, les enquêtes réalisées par des firmes commerciales obtiennent de 5 à 10 pour cent de réponses, et celles de Statistique Canada, auxquelles les citoyens interrogés sont légalement tenus de répondre, obtiennent de 35 à 40 pour cent de réponses.

L'Étude ne disposait ni du délai, ni des ressources nécessaires pour effectuer un relevé statistique exhaustif sur l'utilisation des sciences mathématiques au Canada. Il faut donc que les lecteurs se gardent de généralisations basées sur les données reproduites à l'Annexe A. Ces résultats sont ceux d'une enquête-pilote, et ils permettront de décider s'il est nécessaire d'effectuer un relevé plus spécialisé, et mieux conçu statistiquement. Ces réserves faites, notons certains aspects frappants des données recueillies, qui intéresseront quiconque se préoccupe de l'enseignement des mathématiques au Canada, ou de leur utilisation. Elles constituent les premiers résultats de l'exploration de l'Écosystème mathématique du Canada, d'où leur intérêt.

L'effort nécessité par l'envoi du questionnaire était bien justifié, car les frais d'impression, de distribution et d'analyse des réponses n'ont pas atteint 7 000 \$. Grâce à lui nous connaissons maintenant les opinions de 1 830 diplômés sur les programmes de mathématiques qu'ils ont suivis au Canada, et nous disposons d'un vaste échantillonnage de la répartition professionnelle des personnes ayant reçu une formation en mathématiques.

Nous ne pouvons être certains que ces 1 830 informateurs donnent un profil probabiliste de tous les diplômés en mathématiques des universités canadiennes, mais deux indications suggèrent qu'il en est ainsi. Comme on peut le constater à l'Annexe A, la répartition des opinions des informateurs de diverses promotions paraît remarquablement stable. Cela signifie que les résultats sont probablement dignes de confiance. En outre, selon les auteurs, la concordance générale des opinions des informateurs avec celles réitérées des participants aux séminaires et de nos correspondants, est encore plus remarquable.

## Estimation des besoins en personnel

Moins d'un mois après le début de l'étude, les auteurs ont constaté qu'il serait impossible de recueillir des données quantitatives suffisantes pour atteindre le troisième objectif prévu dès le début. Il fallait, en effet, donner une description satisfaisante de l'emploi des mathématiciens hors du secteur universitaire pour quantifier l'offre et la demande d'emplois en mathématiques. Doit-on considérer comme mathématiciens tous les statisticiens, bien que leurs tâches n'exigent que des analyses régressives répétitives<sup>5</sup>? Sinon, où tirer la ligne de démarcation? Comment déterminer quels sont les programmeurs utilisant notablement les mathématiques dans leur travail? Comment décider qu'un scientifique élaborant des modèles mérite le titre de mathématicien? Doit-on définir les mathématiciens en fonction de la formation qu'ils ont reçue, de leur genre de travail, ou des deux? Déjà formidables en elles-mêmes, ces difficultés sont compliquées encore par l'habitude des firmes et des ministères de ne pas classer leurs employés comme «mathématiciens», même s'ils exécutent des travaux d'un niveau mathématique élevé. Les emplois sont plus souvent classés d'après la nature des problèmes à résoudre que selon les instruments utilisés par les employés. C'est pourquoi la plupart des grands organismes faisant un large usage des mathématiques ne peuvent dire combien de mathématiciens travaillent pour eux. Les chiffres fournis à propos des employés utilisant les mathématiques sont souvent trompeurs, parce qu'ils reposent sur une classification arbitraire et peut-être non pertinente.

La Commission fédérale de la Fonction publique en fournit l'illustration. Elle a introduit une nouvelle classification des mathématiciens permettant en principe de classer tous les fonctionnaires mettant au point et utilisant des méthodes mathématiques à partir d'un niveau donné de complexité. Au 1<sup>er</sup> octobre 1973, il existait exactement 109 fonctionnaires de cette catégorie, la plupart des statisticiens. Pourtant, une recherche des dossiers *Data STREAM* de la Commission de la Fonction publique a révélé les faits suivants, au 15 janvier 1976:

1° 1 909 fonctionnaires étaient titulaires d'au moins une maîtrise en mathématiques.

2° 1 823 fonctionnaires ont utilisé le mot «mathématiques» pour décrire leur domaine de travail passé ou présent.

3° 490 fonctionnaires, titulaires d'au moins une maîtrise en mathématiques, ont aussi utilisé le mot «mathématiques» pour décrire leur domaine de travail passé ou présent<sup>6</sup>.

Les dossiers *Data STREAM* n'englobent pas tous les fonctionnaires, et des recherches ultérieures effectuées dans quelques ministères fédéraux ont confirmé les soupçons: certaines des plus importantes activités mathématiques dans le secteur fédéral ne sont pas encore couvertes par la nouvelle classification des mathématiciens. Un fonctionnaire fédéral, docteur en mathématiques, nous a même confié que la plupart des fonctionnaires dans sa situation préfèrent ne pas être classés comme mathématiciens, pour des raisons de prestige et de rémunération.

Une autre invitation à la circonspection résulte d'une demande

d'information à la *Bell Northern Research* (BNR) au sujet de ses mathématiciens. Après deux heures d'entretien, les directeurs de l'Étude apprirent que «les mathématiques jouent un rôle très important à la BNR, mais non les simples mathématiciens. En général, nous n'avons pas eu beaucoup de succès avec eux. Ce sont les ingénieurs ayant eu une formation en mathématiques au second cycle qui nous donnent le plus de satisfaction». Dans ce contexte, le terme «mathématiques» se réfère clairement à la formation de l'intéressé. M. Robin Jackson, agent de liaison de la BNR auprès des universités, a aimablement dressé une liste des employés de sa firme effectuant des travaux à forte composante mathématique, et précisant leurs diplômes universitaires et leurs spécialisations. On a découvert alors que 76 travailleurs sur 126 détenaient des diplômes en mathématiques (diplômes en informatique exclus). Deux d'entre eux détenaient un *doctorat* en mathématiques, 26 une *maîtrise* et 48 un *baccalauréat* (souvent accompagnés d'un diplôme plus élevé dans une autre discipline). M. Jackson avoua sa surprise de découvrir tant de diplômés en mathématiques travaillant à la *Bell Northern Research*. Il est fort possible que l'enviable réputation mondiale de la société, acquise par l'excellence de ses travaux de R & D, soit largement due à la compétence de son personnel de mathématiciens.

Ces exemples, qui ne sont pas uniques, ont convaincu les auteurs qu'ils obtiendraient des réponses incompatibles en interrogeant les directeurs du personnel au sujet de leurs employés mathématiciens. Ni les dirigeants d'organismes ou d'entreprises, ni les mathématiciens ne disposent d'une définition admise du poste de mathématicien ou de scientifique mathématicien. Un spécialiste de la statistique appliquée pourrait, par exemple, se froisser d'être qualifié de «statisticien mathématicien», car cela évoquerait pour lui des travaux très théoriques dans une branche abstruse de la statistique, et non les travaux pratiques qu'il effectue. De nombreux scientifiques utilisant les mathématiques appliquées n'aiment guère qu'on les décrive comme des mathématiciens. Ce terme suggère, dans la plupart des esprits, la poursuite de travaux universitaires, théoriques et même incompréhensibles.

Même au cas où le terme «mathématicien» serait soigneusement précisé et débarrassé des stigmates de la totale abstraction, les bureaux du personnel seraient fortement enclins à interpréter la définition pour chaque cas particulier. Les dossiers du personnel ne sont pas destinés à distinguer les mathématiciens des non-mathématiciens. Il a fallu entreprendre des efforts démesurés pour obtenir ce genre d'information auprès de différents organismes fédéraux.

À cause de ces irritants problèmes de définition et d'interprétation, toutes les données existantes sur l'emploi des mathématiciens hors du secteur universitaire canadien sont de valeur très discutable. Lors du recensement de 1971, par exemple, les mathématiciens du secteur public et de l'industrie pouvaient être classés dans un des trois groupes suivants<sup>7</sup>:

- a) Mathématiciens, statisticiens et actuaires.
- b) Analystes des systèmes, programmeurs et occupations connexes.
- c) Travail en statistique mathématique, analyse des systèmes et

domaines connexes (non inscrit ailleurs).

Ces catégories ne sont ni exclusives, ni complètes, et leur composition n'est pas homogène. De plus, on invite les intéressés à décrire eux-mêmes leur travail; c'est donc seule l'interprétation de cette description qui permet la classification du mathématicien. L'Annexe B présente quelques-uns des résultats de l'Enquête post-censitaire sur la main-d'œuvre hautement qualifiée (1973), réalisée par Statistique Canada pour le compte du ministère d'État aux Sciences et à la Technologie.

## **Attitudes actuelles**

Au cours de l'Étude, les auteurs ont été surpris et réconfortés par la collaboration obtenue, et l'intérêt soulevé. La plupart des gens considéraient l'Étude sur les mathématiques comme extrêmement utile: parents aux prises avec les «Maths modernes»; cadres de l'industrie et hauts fonctionnaires ayant à s'adapter à la révolution informatique; instituteurs préoccupés par les choix des programmes d'étude et des méthodes d'enseignement; professeurs de mathématiques désireux d'améliorer leur cours de perfectionnement spécialisé ou préoccupés par le manque d'emploi pour les titulaires de doctorat; et travailleurs dans les sciences du monde inanimé, sciences de la vie et sciences sociales désireux d'acquérir des instruments mathématiques plus puissants, mais se heurtant au formidable obstacle du manque de communications avec les mathématiciens universitaires. Presque tous les ingénieurs sont naturellement convaincus qu'ils peuvent enseigner les mathématiques mieux que n'importe quel professeur de mathématiques! Les auteurs ont rencontré un cultivateur qui avait retiré de l'école son fils, âgé de neuf ans, afin de lui enseigner lui-même les mathématiques. Selon lui, la connaissance et l'amour des mathématiques étaient un élément essentiel d'une saine formation. Comme prévu, tous les diplômés en mathématiques étaient désireux d'exposer comment on pourrait améliorer grandement le programme de premier cycle.

Nombre de spécialistes des branches les plus abstruses des mathématiques pures se sentent plus ou moins en péril pour des raisons diverses. Étant donné l'égide sous laquelle l'Étude était entreprise, les auteurs s'attendaient à un accueil méfiant, voire hostile, de la part des départements de mathématiques. Le directeur de l'étude a été surpris de ne rencontrer que de légers indices d'une attitude semblable, et ceci dans deux seulement des vingt-et-un départements visités. Le présent rapport va-t-il provoquer une réaction plus violente?

La masse de documentation recueillie pour l'étude comprend environ 300 lettres et mémoires, les comptes rendus de huit séminaires et onze bandes d'ordinateurs contenant les résultats codés du questionnaire. Cette documentation contient plus d'information qu'il n'est possible de reproduire ici<sup>8</sup>. Les auteurs n'en traceront que les grandes lignes, en formulant leurs conclusions concernant les principaux obstacles et les possibilités qui se présentent à ceux qui voudraient voir s'épanouir l'activité mathématique au Canada, et contribuer efficacement au bien commun.

Les auteurs s'attendent à ce que leurs opinions et leurs conclusions soient contestées. La prise de conscience du rôle des mathématiques, déjà promue par l'Étude, serait favorisée par un débat très averti et dynamique.

## II. L'Écosystème mathématique

«Euclide et Archimède étaient, sans aucun doute, des penseurs d'une extraordinaire profondeur. Selon Newton, les mathématiciens n'ont été capables de pousser plus loin leurs investigations que parce qu'ils se sont appuyés sur les épaules de ces géants. Mais ce n'est qu'à notre époque que les mathématiques ont pris toute leur envergure et ont été largement utilisées. La civilisation de l'Occident actuel se distingue de toutes celles du passé par la grande influence des mathématiques sur la vie et la pensée contemporaines». – C.F.A. Beaumont<sup>1</sup>

Dans le présent chapitre, nous nous efforcerons d'envisager la situation actuelle des mathématiques dans sa perspective historique, de décrire la crise à laquelle les sciences mathématiques font face au Canada, de montrer les analogies entre les diverses branches des mathématiques et leurs avant-postes, et un écosystème complexe, et d'annoncer les thèmes des grandes voies de progrès.

## L'explosion des mathématiques

Isaac Newton inventa le calcul infinitésimal en 1665. L'ère moderne commençait!

Le lecteur pourrait objecter que la découverte de Newton n'a été possible qu'après les travaux d'Euclide et de Pythagore, et aussi de Wallis et de Barrow. C'est exact. Il pourrait de même soutenir que le monde moderne est un produit de la Renaissance italienne, ou qu'il a été façonné par des forces politiques et économiques multiples. Il est possible d'avancer de nombreuses théories, et de les étayer par des arguments très valables. Mais Alexander Pope, dans son distique célèbre, n'hésite pas à proclamer que:

«La Nature et ses lois étaient cachées dans l'ombre.  
Dieu dit: Que Newton soit, et tout fut lumière».

C'est l'explication mathématique du mouvement des planètes, imaginée par Newton, qui enflébra l'imagination humaine et déclencha l'essor de ce que nous nommons aujourd'hui la «Mécanique newtonienne». Celle-ci est le fondement de la technologie moderne et elle a conduit, de nos jours, au transport aérien et à l'exploration de l'espace. Le calcul infinitésimal de Newton et de Leibniz, élargi et perfectionné par Gauss, Stokes et beaucoup d'autres, a été utilisé par Maxwell pour donner un fondement théorique solide aux phénomènes électriques et magnétiques. Il a permis l'avènement de l'âge de l'électricité: radio, télévision, radar, lignes de transport à haute tension et ordinateurs.

Avant 1900, seul un très petit nombre de scientifiques et d'ingénieurs se rendaient compte du rôle crucial joué par les mathématiques dans les progrès techniques de l'Occident. Les seules mathématiques utilisées visiblement dans la vie quotidienne étaient l'arithmétique financière et la géométrie du bureau d'études. Le rôle des mathématiques dans les affaires, dans l'industrie, dans l'Administration publique,



dans les sciences de la vie ou dans les sciences sociales, aurait pu être saisi par toute personne connaissant bien l'addition, la soustraction, la multiplication, la division et les méthodes de mesure. Seule, une poignée de techniciens spécialistes, ingénieurs, actuaires, physiciens et mathématiciens éprouvaient le besoin de concepts et de méthodes mathématiques plus approfondis.

La situation actuelle est bien différente. Les activités mathématiques ont pris beaucoup d'extension au cours des quarante dernières années, et elles portent sur un éventail extraordinaire d'activités humaines: planification économique générale, secteur secondaire, publicité, urbanisme, recherche agricole et médicale, relevés géologiques, sciences du comportement, génétique et écologie, sans oublier des domaines assez inattendus, tels qu'anthropologie, archéologie et linguistique. Jamais l'influence des mathématiques n'a été aussi omniprésente qu'aujourd'hui.

La plupart des théories de la physique: mécanique des corpuscules, dynamique des fluides, électricité et magnétisme, élasticité et plasticité, théorie de la relativité, mécanique quantique, et bien d'autres, ont été si développées sur le plan mathématique qu'elles ont acquis un caractère mathématique qui leur est propre. Considérées ensemble sous leur expression mathématique, ces branches de la physique théorique constituent la physique mathématique. Les ingénieurs du XX<sup>e</sup> siècle ont réussi à concrétiser quelques-unes de ces théories complexes sous forme tangible: réseaux de télécommunications, armes nucléaires, technologie aérienne et spatiale, et ordinateurs. De nombreuses méthodes et approches des mathématiques appliquées classiques trouvent des applications inattendues dans des domaines nouveaux, tels que l'économie mathématique, la biophysique et la géophysique.

Au cours du présent siècle, cependant, et surtout depuis la Seconde Guerre mondiale, il s'est produit un développement rapide de nouvelles méthodes mathématiques portant les titres de théorie de l'information, analyse des systèmes, optimisation, théorie de la décision, algorithmique et théorie de la commande<sup>2</sup>. L'emploi des statistiques, des modèles mathématiques et des ordinateurs a envahi ces nouvelles disciplines mathématiques, et leurs applications.

La *Statistique* est une science mathématique qui fait d'importants emprunts à la théorie des probabilités (les mathématiques des événements aléatoires) et à l'algèbre linéaire. Son rôle consiste principalement à: a) recueillir et traiter des données portant sur de vastes populations; b) tirer des conclusions concernant une population entière à partir de l'examen d'échantillons choisis avec soin; c) fournir aux décideurs une analyse scientifique des diverses probabilités de développement d'une situation incertaine. Les techniques statistiques de planification des expériences et les tests d'indépendance jouent depuis peu un rôle de premier plan dans bien des sciences, en particulier dans les sciences biomédicales et sociales. On en trouve un exemple frappant dans les expériences de sélection végétale soigneusement planifiées qui ont permis à Agriculture Canada, de créer des variétés de froment convenant particulièrement au climat canadien. On utilise maintenant

des méthodes statistiques pour contrôler la qualité des produits de l'industrie, pour préparer des enquêtes et analyser leurs résultats, pour étudier les effets des polluants sur la santé publique, pour prévoir l'évolution de la circulation urbaine, ou pour évaluer les paramètres économiques utiles aux prévisionnistes. C'est surtout au cours des trente-cinq dernières années que ces applications de théories statistiques ont acquis tant d'importance.

*L'élaboration de modèles mathématiques* est plus un art qu'une science. On se propose de représenter l'évolution d'une situation réelle sous forme de descriptions mathématiques soigneusement étudiées, les «modèles mathématiques». Ceux-ci peuvent être simples ou complexes, quantitatifs ou qualitatifs, déterministes ou probabilistes (ces derniers sont les «modèles stochastiques»). Tantôt on n'utilise qu'une algèbre simple, tantôt on applique les concepts mathématiques les plus avancés. La modélisation a dominé le développement de la physique théorique depuis l'époque de Newton. Mais c'est seulement à une date récente que les modèles mathématiques ont été utilisés pour la résolution des problèmes de gestion, pour les sciences de la vie, et pour l'étude du comportement humain. La branche de la recherche opérationnelle, qui vit le jour pendant la Seconde Guerre mondiale, utilise largement les techniques de modélisation pour aider la prise de décision des dirigeants et l'exécution de leurs ordres, particulièrement en matière d'acheminement et de répartition des marchandises et des services au sein des grands organismes.

*Les ordinateurs* ont conféré aux modèles statistiques et mathématiques une utilité et une importance considérables. Leur influence sur de nombreux secteurs de notre société a été énorme. Leur existence a permis de mettre en œuvre de nombreux concepts de mathématiques pures, dont l'intérêt était jusqu'alors exclusivement théorique. Grâce à leurs possibilités de stockage et de traitement des données, on a pu résoudre mathématiquement des milliers de problèmes insolubles auparavant. Comment l'homme d'affaires pouvait-il élaborer la meilleure méthode de gestion des stocks, s'il ignorait (et ne pouvait même deviner) l'évolution de ceux-ci d'un jour à l'autre? Comment le biologiste pouvait-il étudier l'incidence d'une modification des conditions ambiantes d'un écosystème complexe comprenant de nombreuses espèces en interaction, lorsqu'il ne pouvait pas calculer la variation des facteurs ambiants ou les fluctuations des populations? Qui aurait pu imaginer qu'une étude détaillée de l'atmosphère à l'échelle globale permettrait de faire des prévisions météorologiques, lorsqu'il était impossible d'effectuer un travail de cette envergure? Ce sont là des exemples de problèmes pratiques dont l'ordinateur a soudainement rendu possible la résolution mathématique.

## **Les fondements**

Cet extraordinaire développement des sciences mathématiques s'est basé sur un fondement de spéculation abstraite, qu'on qualifie traditionnellement de «mathématiques pures», et qui s'est élargi très rapidement au

cours du XX<sup>e</sup> siècle. Les chercheurs qui reculent aujourd'hui les frontières des mathématiques pures explorent des merveilles de concepts mathématiques dont personne ne rêvait il y a un siècle. Ces mathématiciens sont d'ordinaire fort loin des applications pratiques, absorbés qu'ils sont dans la contemplation de systèmes mathématiques abstraits, d'une beauté et d'une subtilité inégalables. Les mathématiques constituent à leurs yeux un art créateur ne se servant ni de mots, ni de sons, ni de pigments mais de pensées. On ne juge pas les résultats obtenus en mathématiques pures d'après leur utilité – elle est d'ordinaire imprévisible – mais d'après des critères d'homogénéité et de qualité technique. Même si quelques-uns d'entre eux n'étaient finalement pas utilisés, ils trouveraient certainement une place à côté de nos richesses culturelles les plus précieuses. L'histoire nous a montré la justesse du fameux axiome d'A. N. Whitehead: «On a maintenant établi que les abstractions les plus pures sont paradoxalement des outils conceptuels pour l'étude de faits bien concrets»<sup>3</sup>.

Un nombre étonnant d'instruments mathématiques utilisés actuellement ont été autrefois mis au point sans aucune préoccupation pratique. Le mathématicien anglais Cayley croyait fermement que les *matrices* – ces tableaux rectangulaires de nombres qu'il étudia au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle – n'auraient jamais d'application pratique. Elles constituent aujourd'hui l'outil de travail des ingénieurs, des physiciens, des économistes, des statisticiens et des analystes du comportement. Les *nombres complexes*, basés sur la racine carrée «imaginaire» de -1, furent au début considérés comme une bizarrerie mathématique. Ils jouent aujourd'hui un rôle essentiel dans l'étude de la dynamique des fluides et des circuits électriques. La *théorie des groupes*, utilisée par Galois au début du XIX<sup>e</sup> siècle pour étudier les symétries mathématiques utilisées dans la résolution des équations polynômes a, par la suite, trouvé des applications importantes dans l'étude des corpuscules nucléaires, en cristallographie, dans la théorie de l'information, en photochimie, et dans l'élucidation de certains régimes matrimoniaux complexes étudiés par les anthropologues. La *géométrie non euclidienne*, un des triomphes de la logique abstraite, a prélué aux célèbres théories cosmiques d'Einstein, suivant lesquelles notre Univers est courbe, et deux parallèles qui y sont tracées ne restent pas équidistantes lorsqu'on les prolonge dans l'espace. La *théorie des graphes*, ou étude mathématique des réseaux abstraits, était considérée comme un domaine abstrus jusqu'au moment où elle a été appliquée à des problèmes de transport, de télécommunications, d'urbanisme, de réseaux d'électricité et de sociologie. On étudie aujourd'hui la théorie des graphes, sur le plan des mathématiques tant pures qu'appliquées.

## Les sciences mathématiques

Le développement rapide des connaissances mathématiques au cours du XX<sup>e</sup> siècle, de même que l'extension de leurs applications, ont morcelé la collectivité mathématique en un grand nombre de disciplines plus ou moins indépendantes, coiffées du titre de «sciences mathéma-

tiques»: mathématiques pures, mathématiques appliquées, statistique, recherche opérationnelle, sciences de l'actuaire et informatique<sup>4</sup>.

Chacune de ces branches est subdivisée en spécialités et sous-spécialités. Le statisticien qui contribue à la planification d'expériences scientifiques peut n'avoir que peu de points communs avec ceux qui organisent les enquêtes, élaborent des prévisions économiques, ou construisent des modèles stochastiques. De même, le spécialiste des mathématiques appliquées qui étudie les ondes de choc dans les fluides peut n'avoir guère de connaissances dans d'autres branches de la physique mathématique, et même ne savoir absolument rien sur l'économie mathématique, ou la biologie mathématique. Les aspects mathématiques de l'informatique couvrent une gamme allant de l'analyse numérique fondamentale aux théories complexes sur les langages informatiques et l'intelligence électronique. La recherche opérationnelle occupe également un vaste territoire allant des méthodes normalisées d'optimisation à la théorie mathématique des jeux et à la commande cybernétique. Les sciences de l'actuaire qui, pendant des centaines d'années, ont porté sur les mathématiques de l'investissement et des assurances, et qui ont résisté jusqu'ici à la spécialisation à outrance, s'orientent dans nombre de directions nouvelles. Pour finir, leur aïeule à tous – les mathématiques pures – a engendré des rejetons si nombreux qu'il est impossible à quiconque d'en suivre le développement.

«L'accumulation de nos connaissances est devenue embarrassante.

L'univers mathématique est déjà si vaste et si diversifié qu'il n'est guère possible à un seul cerveau de l'appréhender dans sa totalité.

L'effort nécessaire pour y parvenir serait si considérable qu'il épuiserait toute énergie créatrice. Le congrès mathématique d'aujourd'hui rappelle la Tour de Babel: peu de participants peuvent suivre avec profit les débats sur des spécialités qui ne sont pas les leurs. Il leur arrive même de s'y sentir étrangers».

Cette opinion de George Sarton était exacte lorsqu'il l'exprima en 1936, et comme elle s'applique davantage à la situation actuelle!

Malgré le morcellement en sous-spécialités, si caractéristique des sciences modernes, on note un remarquable effort d'intégration au cours des dernières décennies. Les travaux du groupe «Nicolas Bourbaki» le mettent clairement en évidence. Le général français Charles Bourbaki se rendit avec 10 000 soldats aux miliciens de Genève et de Lausanne lors de la Guerre de 1870 avec la Prusse. Les «carrés-cubes» (*sophomores*) de l'École normale supérieure donnent le nom de bourbakis aux «bizuths» (*freshmen*). Un groupe de jeunes mathématiciens français du milieu des années 1930 l'utilisa comme nom de plume collectif pour écrire anonymement un traité définitif sur les éléments des mathématiques. Ils mirent ainsi en évidence quelques concepts mathématiques, tels ceux de structure algébrique ou topologique. Ils les utilisèrent pour unifier, de façon extraordinaire, les fondements des mathématiques, permettant de rapprocher leurs diverses branches en leur donnant des significations nouvelles, et plus approfondies. Bien qu'aucun des membres originaux du groupe Bourbaki n'en fasse encore partie, il est toujours actif et continue à publier, en révisant constamment le traité

qui porte son nom. Il en sera probablement ainsi tant que la France conservera son rang de grande puissance mathématique. Le phénomène Bourbaki est l'un des plus intéressants et des plus remarquables de l'histoire des sciences.

## La crise

«Dans l'Antiquité il était exact que les mathématiques représentaient la réalisation la plus haute de la pensée humaine, le triomphe de la logique sur les sciences grâce à ses méthodes caractéristiques. C'était vrai aussi pendant la Renaissance, lorsque Newton, Leibniz, Euler, Gauss, Lagrange, Laplace et Cauchy étaient actifs, puis encore au cours de la période où vécut la pléiade des grands mathématiciens tels qu'Hamilton, Riemann, Cantor, Hilbert, Lebesgue et Poincaré. C'est encore exact, bien que de nombreux observateurs, certains faisant partie de la collectivité mathématique et d'autres comme moi-même à sa périphérie, estiment que les mathématiques passent par une crise grave, mettant en doute leur prééminence parmi les sciences. Cette assertion peut paraître trop alarmiste ou pessimiste, mais j'ai la conviction que les mathématiques ne pourront pas traverser la zone des tempêtes à moins qu'on ne revoie de fond en comble leurs objectifs et leur orientation».—A. Zadeh<sup>5</sup>

Notre description du développement vigoureux et récent des sciences mathématiques et de leurs applications, pourrait suggérer qu'elles sont en excellente santé. Au cours de leur histoire bien plus que bimillénaire, elles n'ont, en effet, jamais montré autant de créativité et de productivité. Malgré cela on perçoit, tant au sein de la collectivité mathématique qu'à l'extérieur, que certaines choses ne vont pas bien. La diversité même des mathématiques modernes a engendré d'extraordinaires problèmes de communication et de coordination. Il est possible d'en résumer comme suit les symptômes apparus au cours de l'Étude. La plupart d'entre eux se manifestent aussi dans tout l'Occident:

– Bien que notre civilisation soit largement basée sur les mathématiques, la plupart des Canadiens déclarent qu'ils n'y comprennent rien, et se trouvent déroutés par le raisonnement mathématique.

– L'enseignement des mathématiques suscite beaucoup de mécontentement; les «maths modernes» déconcertent de nombreux parents et enseignants; les élèves savent de moins en moins calculer; de nombreux professeurs se plaignent que les étudiants de première année en génie et en science ont une formation mathématique insuffisante.

– Les diplômés en mathématiques sont critiqués par les dirigeants de l'industrie et du secteur public, à cause de leur incapacité à communiquer avec les non-mathématiciens, et à collaborer avec des collègues, et en raison de leur manque d'entrain et de courage pour résoudre les problèmes qui ne leur sont pas familiers.

– Au cours des trois dernières années, de nombreux docteurs en mathématiques n'ont pas réussi à trouver d'emploi qui les satisfasse; cette situation a consterné les professeurs, et coupé les ailes à de nom-

breux programmes d'études supérieures qui, jusqu'à récemment, se développaient rapidement.

– Les grands débats sur la politique scientifique, tel celui du Comité sénatorial pour la politique scientifique, ont mis en doute la répartition des crédits à la recherche et au développement technique; ils ont fortement préoccupé de nombreux universitaires, dont la raison d'être est d'effectuer des recherches en mathématiques abstraites.

– Les utilisateurs des mathématiques qu'ils soient scientifiques, ingénieurs, entrepreneurs ou fonctionnaires, dont les besoins en mathématiques ne font que croître, se plaignent de l'isolement voulu de la collectivité mathématique, et de sa mauvaise grâce à répondre aux demandes d'aide.

Il semble à première vue très difficile d'inscrire toutes ces considérations dans un cadre unique. Tant de mathématiciens de formations différentes travaillent dans des milieux si divers, qu'il n'est pas surprenant que la collectivité mathématique paraisse parfois éparpillée. La plupart de ses membres n'entrevoient qu'une faible partie de l'univers des mathématiques à cause de la diversité de chaque spécialisation, et ils préparent leurs projets et leurs activités en conséquence. Chaque groupe a ses problèmes propres et ses objectifs particuliers. Leurs membres ont rarement des contacts professionnels avec ceux d'autres groupes. Quel est donc le lien qui les réunit? Où se trouve, entre autres, cette communauté d'intérêts qui nous permet de parler de la «collectivité mathématique»?

## L'Écosystème mathématique

Nous pourrions maintenant établir certaines analogies. Considérons un écosystème renfermant de nombreuses espèces de plantes et d'animaux, en interaction entre elles et avec leur cadre physique. Cet écosystème constitue un mécanisme actif et organisé. Les différentes espèces dépendent les unes des autres sur bien des plans, mais surtout sur celui de l'alimentation, dont le réseau est parfois d'une subtilité et d'une complication extraordinaires. Si ce réseau trophique est perturbé, l'écosystème dépérit. De même, il existe actuellement de nombreuses personnes, et très différentes qui s'intéressent professionnellement aux mathématiques: enseignants, chercheurs et utilisateurs des mathématiques. Ils sont comparables à des espèces différentes peuplant un «Écosystème mathématique». Leurs interactions sont de natures conceptuelle et informative, non alimentaire. Les chaînes trophiques sont remplacées par un réseau de communications. C'est le dynamisme de ce dernier qui assure celui de l'Écosystème mathématique. Comme écrivait l'un de nos correspondants:

«J'estime que le problème général des sciences dans le monde, et particulièrement des mathématiques au Canada, est un problème de communication. Il s'agit non seulement de favoriser la publication des résultats de la recherche, mais aussi de diffuser et de mettre au jour les concepts mathématiques, qu'ils relèvent de l'enseignement primaire ou des recherches de pointe. L'efficacité

de ce réseau d'information est l'un des facteurs cruciaux de l'avenir des mathématiques canadiennes».

Ainsi que nous le verrons, le réseau de communications entre mathématiciens n'est pas limité à la seule information. Il sert également à inspirer des attitudes et à transmettre des valeurs intellectuelles.

Le reste du présent chapitre sera consacré à une brève description des cinq composantes principales de l'Écosystème mathématique:

1° Écoles élémentaires et secondaires

2° Collèges techniques

3° Départements universitaires de mathématiques

4° Départements universitaires scientifiques

5° Cadre d'action: secteur des affaires, secteur public, secteur industriel.

Nous accorderons une attention particulière aux liens réciproques entre ces cinq éléments du réseau de communications.

### **1° Les écoles primaires et secondaires**

C'est à l'école élémentaire que l'enfant se forme sa première impression des mathématiques, considérées comme discipline séparée. Elle se grave souvent si profondément qu'il la conserve toute sa vie. Quelques enfants les considèrent comme un outil commode, et une source de plaisir et de satisfaction, mais beaucoup, malheureusement, sont intimidés, déroutés ou effrayés par cette prise de contact. Les attitudes négatives acquises si tôt sont un obstacle infranchissable pour l'utilisation efficace et rationnelle des mathématiques tout au long de l'existence.

Les enseignants ont trop souvent éprouvé eux-mêmes des difficultés avec les mathématiques dans leur enfance. Ils les ont prises en grippe, particulièrement quand on les leur a enseignées sous forme d'un interminable catalogue d'exercices théoriques et ennuyeux, totalement dépourvus d'intérêt. Ce genre d'impression est presque inévitablement transmis aux enfants par les enseignants, amorçant ainsi un enchaînement qui se perpétue. Ainsi souffrons-nous de la fermeture d'une boucle de rétroaction positive!

Dans les écoles élémentaires, les instituteurs qui ont toujours été chargés d'enseigner, bon gré mal gré, les fondements de l'arithmétique, ont aujourd'hui pour mission d'aider les écoliers à comprendre des choses qu'eux-mêmes n'ont jamais bien saisies. On leur demande d'enseigner l'arithmétique selon différentes notations numériques, et le vocabulaire et les concepts de la théorie des ensembles, d'inculquer les rudiments de l'algèbre et de la géométrie, et d'instruire les enfants de toutes les finesses du calcul arithmétique. Difficile mission, assurément, car les instituteurs ne sont guère familiers avec les objectifs fondamentaux du nouveau programme de mathématiques adopté après 1960. Ils voudraient savoir pourquoi ce mode d'appréhension mathématique est important, et à qui il est utile. Ils pourraient mieux l'enseigner s'ils connaissaient bien ce qu'on attend d'eux. Comment peuvent-ils juger s'ils font un bon travail sans l'aide des autres membres de l'Écosystème mathématique?

À l'école secondaire, les mathématiques acquièrent un aspect plus formaliste: l'élève fait connaissance des équations quadratiques, des

triangles congruents, des logarithmes, des coordonnées cartésiennes et de la trigonométrie. Pour certains étudiants, ces exercices mathématiques représentent une sorte de yoga mental, et ils y excellent. De nombreux autres estiment cependant que leur rencontre avec les mathématiques est profondément décevante. Elles ne réussissent pas à captiver leur imagination. Ils n'y prennent aucun plaisir et ne les relient à aucune activité leur procurant satisfaction. S'ils sont persuadés que l'algèbre et la géométrie sont des sciences importantes<sup>6</sup>, c'est uniquement parce que leurs aînés le leur répètent constamment. Ils n'en sont pas intimement convaincus. Le seul réconfort qu'on leur propose est d'attendre, parce qu'un jour ils comprendront cette importance. Mais ils n'ont aucun désir de patienter, et ils abandonnent les mathématiques aussitôt qu'il est possible sans conséquences fâcheuses.

Cet état de chose était autrefois admissible, lorsqu'un petit nombre seulement des diplômés d'études secondaires, tels ceux qui devenaient ingénieurs, physiciens ou mathématiciens, avaient besoin d'utiliser les mathématiques. Les temps ont changé. Il n'est plus possible de prévoir quels seront les besoins en mathématiques des diplômés de l'enseignement secondaire qui travailleront dans les branches des transports et des télécommunications, dans l'industrie de fabrication, dans l'agriculture, dans la gestion des ressources naturelles, en protection de l'environnement, en biologie marine, en cancérologie et en économique. Les vastes conséquences de cette incertitude commencent à se manifester dans l'enseignement secondaire.

C'est peut être cette prise de conscience des élèves, ou la pression de leurs aînés, qui explique une intéressante observation faite en Ontario. La plupart des élèves des écoles secondaires ontariennes étaient naguère obligés d'étudier les mathématiques de la 9<sup>e</sup> à la 12<sup>e</sup> année. La réglementation du ministère de l'Instruction publique a rendu ces cours facultatifs depuis cinq ans. Beaucoup s'attendaient à une forte diminution du nombre d'élèves des cours de mathématiques. C'est le contraire qui s'est produit, si nous admettons l'informatique au sein des mathématiques: beaucoup d'écoles ont noté une augmentation du nombre des élèves suivant les cours de mathématiques.

La prise de conscience<sup>7</sup> de l'importance des mathématiques dans notre société suggère que leur connaissance généralisée devrait être un objectif primordial de l'enseignement. Il ne faudrait pas seulement enseigner les connaissances de base, mais montrer à tous les élèves comment les méthodes mathématiques sont utilisées (parfois avec excès) dans les sciences et dans la société, et quel rôle elles pourraient jouer à l'avenir.

Il arrive trop souvent que l'enseignement des mathématiques à l'école secondaire se fasse de façon passive, sans susciter d'activité intellectuelle créatrice. On les présente souvent comme une matière autonome, aux motivations internes et à l'écart des autres domaines d'activité. Trop souvent l'élève préfère une bonne note à une nouvelle perception intellectuelle. Professeurs et élèves en arrivent à douter de la pertinence de ce qui est enseigné, et de ses objectifs. Les remarques suivantes, tirées d'une lettre adressée à l'Étude sur les mathématiques



par le directeur du département de mathématiques d'un petit collège ontarien, soulignent ces préoccupations:

«J'estime que les programmes actuels de mathématiques ont été conçus pour la formation d'étudiants de valeur s'orientant vers les mathématiques pures. Mais ce n'est pas l'intention de la plupart des étudiants. Le contenu des cours devrait convenir à ces derniers. Les matières enseignées devraient les intéresser et les encourager par leur simplicité. Nous croyons en outre qu'un bon nombre d'étudiants brillants trouvent l'enseignement ennuyeux à cause de l'absence de problèmes réels dans leurs manuels. Il faudrait s'efforcer d'inclure de plus en plus dans les cours, des problèmes pertinents aux divers sujets auxquels les élèves sont progressivement exposés jusqu'à la fin de leurs études secondaires. Ils acquerraient ainsi un sentiment de réalité».

L'éducation mathématique généralisée ne sera possible que lorsque les professeurs d'enseignement secondaire auront établi des communications avec ceux qui utilisent les mathématiques, à l'extérieur. Ils pourront ainsi donner un sentiment d'activité réaliste à leurs élèves les plus sceptiques.

## **2° Les collèges techniques**

Sous une forme ou sous une autre, les collèges techniques se sont multipliés dans tout le Canada aux alentours de 1965, afin d'offrir l'alternative d'un enseignement post-secondaire à celui de l'université. Leur organisation varie grandement d'une province à l'autre.

Au Québec, l'étudiant se destinant à l'université passe en général par le CEGEP (Collège d'enseignement général et professionnel de deux ans). En Ontario, les CAAT (*College of Applied Arts and Technology*) refusent expressément de préparer les étudiants pour l'université. Le régime adopté en Colombie-Britannique combine les caractéristiques de ceux du Québec et de l'Ontario. Les étudiants peuvent entrer directement à l'université, ou passer par un collège technique, puis continuer à l'université, ou encore poursuivre leurs études au collège, grâce à des programmes d'enseignement remplaçant ceux de l'université.

Les enseignants des collèges techniques n'ont pas été longs à remarquer que le taux d'échecs de leurs étudiants en mathématiques était extrêmement élevé. Ces derniers avaient non seulement oublié les formules, mais aussi les concepts sur lesquels elles reposent. Peut-être ne les avaient-ils jamais comprises. Ils ne pouvaient additionner ou soustraire des entiers positifs et négatifs et travailler avec des exposants négatifs ou fractionnaires.

Comme les diplômés des programmes techniques s'efforcent de trouver des emplois de technicien dans l'industrie ou le service public, les directeurs de collèges prennent soin d'engager des enseignants ayant quelque expérience pratique. Ces derniers, autant que leurs collègues de formation théorique, sont surpris en constatant l'absence de connaissances mathématiques de nombreux étudiants qui ont perdu toute confiance en cette matière. Les administrateurs des collèges s'efforcent de transmettre ces observations aux professeurs de mathématiques des

écoles secondaires de leur région. Mais les administrateurs de ces dernières, bien que sensibles aux critiques des parents, n'admettent qu'avec réticence cette lacune. Pourtant les faits sont là, et la vérité s'impose. Bien des collèges collaboreraient avec les écoles secondaires pour remédier à cette lacune s'ils en avaient l'occasion, mais il faut d'abord établir des communications efficaces entre les deux paliers d'enseignement, c'est-à-dire un autre chaînon dans l'Écosystème mathématique.

### **3° Les départements universitaires de mathématiques**

Toutes les universités du Canada possèdent un département de mathématiques, comme presque partout ailleurs. Beaucoup ont également des départements d'informatique, et certains des départements de mathématiques appliquées; il existe aussi quelques départements de statistique, de sciences de l'actuaire ou de recherche opérationnelle. L'Université de Waterloo a même mis sur pied une faculté de mathématiques comprenant cinq départements: mathématiques pures, mathématiques appliquées, analyse combinatoire et optimisation, analyse appliquée et informatique, et statistique. Ailleurs, les sciences mathématiques sont généralement cantonnées dans un seul département de mathématiques, à l'exception de l'informatique et de la recherche opérationnelle qui, pour une raison ou pour une autre, sont souvent laissées de côté par les départements de mathématiques. En général l'informatique forme un département séparé. Quant à la recherche opérationnelle, elle se trouve à la faculté de commerce ou à celle d'ingénierie.

Chacun de ces départements offre normalement: a) un programme de spécialisation correspondant à celle du corps enseignant, et b) un ensemble de cours de complément (*service courses*) pour les étudiants se spécialisant en d'autres domaines nécessitant l'utilisation d'instruments mathématiques ou de connaissances de base en mathématiques.

Au Canada anglophone, de nombreux observateurs de l'activité mathématique s'accordent pour reconnaître la suprématie du département de mathématiques de l'Université de Toronto entre 1930 et 1960, lequel servait de modèle et de norme pour tous les autres départements de mathématiques du Canada. Le programme de spécialisation polarisait tous les efforts du corps enseignant et prenait tout leur temps, de sorte qu'on n'accordait que peu d'attention aux cours de complément. Le cursus de mathématiques du premier cycle visait à préparer les étudiants pour les cycles supérieurs, la recherche et l'enseignement universitaire. Au cours de ces dernières années, l'offre de postes de professeur de mathématiques à tous les paliers d'enseignement s'est ralentie; de nombreux diplômés s'aperçoivent que leur formation universitaire ne les a pas bien préparés à des emplois non professoraux. Bien des docteurs en mathématiques récemment diplômés sont dans l'impossibilité de trouver un emploi permanent où ils feraient usage de leurs huit ou dix années d'études intensives après leur diplôme secondaire. Les inscriptions aux programmes spécialisés et aux programmes supérieurs des départements de mathématiques stagnent, ou même décroissent, à cause du rétrécissement du marché de l'emploi. Et les professeurs de mathé-

matiques sentent la nécessité d'établir des contacts plus étroits avec les employeurs éventuels de mathématiciens.

Tandis que les programmes spécialisés et les programmes supérieurs languissent, les cours de complément prospèrent comme jamais. Les étudiants en physique, chimie et génie ne sont plus les seuls à suivre des cours de mathématiques intégrés à leur programme. Presque tous les programmes de sciences sociales: psychologie, économie, politique, sociologie, géographie, exigent en complément un cours portant sur les éléments de la statistique et les cours de calcul infinitésimal, d'algèbre linéaire et d'informatique sont fortement recommandés. De même, les étudiants en biologie et en médecine s'intéressent aux mathématiques du premier cycle.

Bien que les spécialistes d'autres disciplines aient ressenti la nécessité d'étudier les mathématiques pour se perfectionner, les étudiants se spécialisant en mathématiques n'étaient pas obligés de suivre des cours de complément ailleurs. Aussi de nombreux départements donnent-ils aujourd'hui leurs propres cours de complément en mathématiques à leurs étudiants, car les professeurs des départements de mathématiques ont la réputation de ne pas réussir à communiquer efficacement avec leurs élèves. Ce cours sont souvent excellents au début mais, après quelques années, il arrive qu'ils se détériorent et qu'on n'y enseigne plus que des recettes pratiques, sans fondement de pensée mathématique. Les étudiants se trouvent alors bernés. Il est évidemment nécessaire d'établir des communications plus étroites entre professeurs des départements de mathématiques et ceux utilisant les cours de complément.

Nul n'ignore que l'avènement de l'informatique a multiplié les possibilités d'utilisation efficace des techniques mathématiques. Aux alentours de 1960, de nombreuses universités nord-américaines ont créé des départements d'informatique de structures fort diverses. Certains se consacrent exclusivement au traitement des données, d'autres à l'ordinateur (matériel et logiciel, ou *software*); d'autres encore s'intéressent fortement aux mathématiques théoriques. Le passé d'un département d'informatique renseigne parfois sur son orientation actuelle: a-t-il été créé pour les besoins d'une école de commerce, d'une faculté de génie ou d'un département de mathématiques? Ne résulte-t-il pas, comme il arrive parfois, de la conjonction de tendances diverses?

Quelle que soit son origine, le département d'informatique n'entretient d'ordinaire que des relations lointaines avec le département de mathématiques, où les cours habituels de calcul infinitésimal, d'algèbre linéaire ou de statistique sont souvent enseignés comme si les ordinateurs n'existaient pas. De nombreux mathématiciens considèrent l'ordinateur comme une calculatrice perfectionnée, n'ayant aucune influence notable sur le progrès des mathématiques. Ils évitent délibérément les calculs numériques sous prétexte qu'ils sont moins exacts, ou moins élégants que les déductions traditionnelles de l'algèbre et de l'analyse. Il n'est donc pas surprenant que l'informatique se soit développée de façon autonome, et que les problèmes soient résolus par itération d'algorithmes, laquelle fournit des réponses numériques approchées.

Cette mise à l'écart de l'informatique par les départements de mathématiques entraîne des répercussions fâcheuses:

a) Les étudiants des cours de complément, qui auront à appliquer leurs connaissances en mathématiques quand ils emploieront un ordinateur, devront se recycler pour les adapter à cette utilisation.

b) Leur ignorance de l'ordnatique (*computer methodology*) empêche les étudiants spécialisés en mathématiques d'obtenir aisément des emplois hors de l'enseignement.

c) Les étudiants qui s'intéressent à la recherche en mathématiques ne sont guère encouragés à étudier de nombreuses questions théoriques passionnantes et importantes, allant de la convergence et de la stabilité des méthodes numériques à la théorie des fonctions récurrentes et à la nature de l'intelligence électronique.

d) Les lacunes des communications entre mathématiciens et utilisateurs des mathématiques ne feront que s'élargir si les premiers continuent à laisser de côté les ordinateurs, l'outil principal permettant aux utilisateurs des mathématiques de résoudre les problèmes en d'autres domaines.

Une forte partie du temps d'emploi des ordinateurs est consacrée aux calculs de statistiques. Celles-ci sont aussi largement utilisées et aussi importantes que l'informatique. Cependant, les universités canadiennes ne comptent qu'un petit nombre de départements de statistiques<sup>8</sup>. Des théoriciens des statistiques travaillent dans beaucoup de départements de mathématiques, et d'autres sont disséminés dans des départements très divers. De nombreux informateurs de l'Étude ont signalé que, presque partout, l'enseignement des statistiques n'était guère satisfaisant. D'autre part, les statisticiens de formation rigoureuse critiquent très sévèrement les méthodes suivies par beaucoup d'étudiants et de chercheurs des sciences biomédicales et sociales, en affirmant qu'elles sont souvent gaspilleuses et inefficaces, et parfois trompeuses et erronées. Les étudiants en psychologie et en biologie affirment que la théorie statistique enseignée par les professeurs des départements de mathématiques est austère au point de les effrayer, et si abstraite et mal illustrée par des exemples réels qu'elle paraît sans rapport avec leur spécialité. L'existence de ces problèmes est universellement connue, et on s'efforce d'y porter remède par plusieurs innovations<sup>9</sup>.

Les départements universitaires de sciences mathématiques occupent une position stratégique au sein de l'Écosystème mathématique. Ils accomplissent presque tout l'effort de recherche à la pointe des connaissances mathématiques. D'un autre côté, il leur faut nouer d'étroites communications avec les écoles secondaires pour favoriser une meilleure formation mathématique, et avec d'autres disciplines scientifiques, l'industrie, le secteur des affaires et l'Administration, pour se renseigner sur leurs besoins et préparer leurs diplômés à des emplois non professoraux.

#### **4° Les départements universitaires de sciences**

C'est pour répondre aux besoins des physiciens qu'on a largement développé les mathématiques aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles. Les sciences

mathématiques mises à part, la physique constitue le domaine d'utilisation maximale des mathématiques, et elle est suivie par la chimie théorique et certains arts de l'ingénieur, en particulier l'électrotechnique et le génie mécanique. Certains modèles mathématiques, semblables à celui de Newton pour le système solaire, ont été élaborés dans ces domaines, et ils fournissent des résultats dont la précision est à la limite de l'erreur de mesure.

Exception faite des ingénieurs des laboratoires de R & D, la plupart des ingénieurs se sont jusqu'ici contentés d'employer une panoplie de formules mathématiques, utilisables presque sans réflexion, pour résoudre les problèmes d'ingénierie. Telles des recettes de cuisine, ces formules peuvent être utilisées sans comprendre leurs bases théoriques, ou les raisons de leur efficacité. Si cette méthode empirique réussit souvent en génie, c'est que les équations représentant les processus physiques et chimiques fournissent des images remarquablement fidèles de la réalité. Les modèles mathématiques se comportent exactement comme les phénomènes réels. Cependant, bien des travaux d'ingénieur exigent maintenant une appréhension complète de la base théorique des formules utilisées. De plus, l'avènement des ordinateurs a permis de s'attaquer à de nombreux problèmes de génie, que la méthode des formules «toutes faites» ne suffit plus à résoudre. Il se produit souvent des tensions entre les ingénieurs partisans des vieilles méthodes de calcul «à vue de nez», et ceux qui estiment indispensable d'être au courant des derniers progrès des mathématiques pour se maintenir à la pointe du développement technique.

Mais, en biologie ou en économie, la situation est totalement différente. Dans ces sciences non mécanistes, le déroulement réel des phénomènes à étudier est tout simplement inconnu. Il en résulte que l'utilisation des mathématiques y nécessite un effort beaucoup plus grand de spécialisation mathématique. Le chercheur doit avoir les hypothèses de base présentes à l'esprit. À tout moment, il se peut que les formules utilisées se révèlent inadéquates. Le chercheur devra alors les modifier ou les remplacer. Le modèle mathématique, étant trop simpliste, représente mal le phénomène réel. Il sert plus alors de modèle analogique que de réplique fidèle. Malheureusement, l'orientation d'esprit des élaborateurs de modèles n'est guère prise en considération dans les cours mathématiques de complément. Ceux qui en sont chargés paraissent ne connaître que deux méthodes: le raisonnement théorique exhaustif, ou la démonstration d'une kyrielle de recettes commodes. La spéculation mathématique est presque totalement absente dans les deux cas. L'étudiant n'apprend jamais à raisonner en mathématicien.

De nombreux spécialistes des sciences conjecturales sont victimes de leur formation insuffisante en mathématiques, quand ils veulent les utiliser. Certains n'ont jamais appris à penser en mathématiciens. Ils ont acquis, à l'école secondaire et à l'université, une opinion bien ancrée sur le caractère inattaquable des mathématiques et ils les utilisent plus comme une matraque que comme un détecteur sensible. Pourtant, beaucoup d'entre eux voudraient les employer plus intelligemment s'ils pouvaient rencontrer un mathématicien acceptant de les aider sur le

plan plus abstrait, celui de la pensée, au lieu de les traiter comme de simples exécutants.

### **5° Le cadre d'action**

Le prochain chapitre traitera du rôle des mathématiques dans les affaires, l'industrie et l'Administration. Il arrive que de bonnes équipes de recherche opérationnelle, de statistiques ou d'informatique soient placées sous les ordres de directeurs incapables d'apprécier leur valeur professionnelle. Seuls les actuaires sont tenus en haute estime, parce que leur profession est indispensable au succès des compagnies d'assurance-vie. Cependant, les milieux d'affaires et les hauts fonctionnaires reconnaissent que les mathématiques leur sont de plus en plus indispensables. Les cadres dirigeants, désappointés au début par l'impossibilité d'obtenir des mathématiciens une solution instantanée à tous leurs problèmes, deviennent un peu plus patients. Ils ont à affronter les mêmes problèmes, de nature inévitablement mathématique. Depuis plus d'une décennie, en effet, on utilise des ordinateurs pour mémoriser les données et les classer de façon utilisable. Aussi les problèmes antérieurement insolubles, à cause de la pénurie de données et de définitions, sont-ils promis à un sort meilleur. Un mathématicien de la société Bell Canada nous a dit: «Au cours des années soixante, il fallait recueillir des données. Maintenant, au cours des années soixante-dix, il s'agit de les utiliser».

Au Canada, les lacunes de la formation mathématique de bien des gens entravent l'utilisation efficace des mathématiques en de nombreux domaines: progrès techniques, prospective, réduction des incidences sociales et d'ambiance, rationalisation des transports et des télécommunications, et amélioration des services publics. La plupart des non-mathématiciens se donnent beaucoup de mal pour éviter les symboles ou les raisonnements mathématiques. Mais on rencontre aussi l'attitude opposée: une acceptation aveugle d'une théorie mathématique boîteuse. Quand cela se produit dans les milieux d'affaires ou dans l'Administration, il en résulte des conséquences fâcheuses, suivant le vieil adage: «chat échaudé craint l'eau froide». Il n'est pas rare que l'ignorance totale en mathématiques conduise à une sorte de vénération des textes parsemés d'équations. Certains décideurs en profitent pour donner un air de rigueur scientifique à leurs oukases. Ce camouflage dessert à long terme les mathématiques et ne fait rien pour leur donner une meilleure réputation en tant qu'instrument d'utilité sociale.

La pénurie de spécialistes des mathématiques appliquées constitue l'obstacle principal à un plus large emploi des mathématiques dans les affaires et l'industrie canadiennes. Il est difficile de trouver de bons spécialistes en statistique appliquée, recherche opérationnelle et élaboration de modèles mathématiques. La plupart de ceux qui s'en occupent actuellement sont des ingénieurs, ou des scientifiques ayant acquis une formation mathématique grâce aux cours de complément, et à qui leurs occupations actuelles paraissaient attrayantes et utiles. La plupart des étudiants spécialisés en mathématiques n'entendent que rarement parler de ces travaux; ils les négligent, ou ils s'y engagent sans s'être préparés

à la réalité: nécessité politique de résoudre de toute urgence un problème par une méthode quelconque, même peu élégante, et communications cruciales, et très difficiles, avec les collègues et les supérieurs. À quelques exceptions près, les contacts entre mathématiciens universitaires et mathématiciens du secteur privé sont presque inexistants. Il en résulte que les professeurs ne connaissent que fort mal les conditions de travail dans les emplois du secteur privé. Comment les étudiants pourraient-ils être au courant de ce que les enseignants ignorent? La plupart des universités canadiennes n'offrent même pas de cours de recyclage en mathématiques aux spécialistes de l'industrie, ou de cours de familiarisation aux cadres de direction désireux d'envisager certaines situations pratiques sous l'angle des mathématiques. La plupart des sociétés et des organes de l'État ont répondu très affirmativement lorsqu'on leur a demandé si de tels cours seraient bien accueillis. À la condition bien sûr, que l'enseignement soit judicieux, donné dans un esprit pratique, et sur un sujet bien circonscrit.

Des observations similaires s'appliquent à l'utilisation des mathématiques aux niveaux d'administration municipaux, provinciaux et fédéral. Les mathématiques sont indispensables en urbanisme, protection de la santé publique, gestion de l'économie, protection de l'ambiance, réglementation de l'extraction des ressources, organisation des transports, maintien d'un service postal d'un océan à l'autre, exécution de recherches fondamentales en agriculture, aéronautique, génie électro-nucléaire et biologie marine, sans compter les tâches habituelles de recueil et d'analyse des données. On rencontre plus souvent des mathématiciens dans l'Administration que dans l'industrie. Ils jouent généralement le rôle de consultants, bien qu'on les considère dans bien des cas d'un œil soupçonneux, et que les malentendus soient fréquents. Il arrive que des décideurs dépourvus de connaissances mathématiques rejettent des solutions excellentes, parce qu'ils ne se sentent pas à l'aise avec la terminologie et les symboles mathématiques. Un spécialiste chevronné de la recherche opérationnelle pour l'Administration fédérale a cité une observation de Stafford Beer: «Le directeur supportera le problème qu'il ne peut résoudre plutôt que d'approuver une solution qu'il est incapable de comprendre». Que voilà un saisissant raccourci!

## **Conclusions et récapitulation**

Les attitudes des étudiants à l'égard des mathématiques sont généralement fixées dès leur sortie de l'enseignement secondaire. Certains d'entre eux possèdent une bonne connaissance des mathématiques, et leur font confiance. Beaucoup d'autres se sentent fort mal à l'aise, et sont même hostiles à l'égard des mathématiques. Ils s'offensent d'avoir à travailler si fort dans une matière qui ne leur donne rien en retour, sauf l'humiliation des erreurs commises, de plus en plus fréquentes à mesure que croît leur perplexité. Ceux qui deviennent chefs de famille ou enseignants communiquent leur attitude à leurs enfants ou à leurs élèves, et la perpétuent ainsi. Ceux qui entrent dans les affaires ou dans l'Administra-

tion transfèrent leur ressentiment aux statistiques, à la recherche opérationnelle et à l'élaboration des modèles mathématiques. Ceux qui deviennent techniciens ou scientifiques butent souvent contre l'obstacle des mathématiques, dont les concepts et les techniques s'infiltrent dans leur travail. C'est alors que leurs études en mathématiques se révèlent souvent pires qu'insuffisantes. Ils oublient rapidement les connaissances et les techniques qu'ils n'avaient jamais comprises, et rarement utilisées; leur attitude négative bloque tout recyclage. Ceux qui parviennent à décrocher un diplôme universitaire en mathématiques sont fréquemment incapables de communiquer efficacement avec les non-mathématiciens. Certains jeunes diplômés déplorent le repli des mathématiques sur elles-mêmes, alors qu'elles devraient être largement ouvertes sur l'extérieur. Ils se sentent isolés du monde qui les entoure; bien que l'étude des mathématiques leur procure de grandes satisfactions, ils se demandent s'il ne serait pas possible de mieux équilibrer théorie et pratique. Les réponses au questionnaire montrent que de nombreux diplômés en mathématiques estiment avoir reçu une formation mal équilibrée à l'université.

On n'observe qu'un très faible effort de communication entre les membres des nombreux centres d'activité mathématique. Il semble que des lacunes majeures existent entre les divers éléments de leur Écosystème. Les communications entre eux sont précaires. Les lignes de conduite sont élaborées et mises en œuvre par des gens qui n'ont qu'une perspective partielle sur l'Écosystème, et qui consultent des experts portant eux-mêmes des œillères. Ils ne reçoivent guère d'information en retour de la part des membres de l'Écosystème, et ne connaissent pas le résultat des lignes de conduite qu'ils ont élaborées. Il en résulte un entremêlement d'efforts non coordonnés, qui vont à l'encontre les uns des autres. L'apparition quasi simultanée de nombreux problèmes posés par le rôle des mathématiques dans la société canadienne est chose frappante. Il ne semble plus possible qu'un élément de l'Écosystème mathématique puisse bien fonctionner isolément. Il est indispensable de prendre conscience de ces faits et d'établir de meilleures communications.

L'élucidation des interactions complexes au sein de l'Écosystème mathématiques ne peut être laissée à des profanes. On s'attendrait à ce que les professeurs de mathématiques s'en occupent intensément, car leurs moyens d'existence dépendent du dynamisme de leur Écosystème. Malheureusement, les mathématiciens les plus capables cherchent leur satisfaction propre et la considération de leurs collègues, par la poursuite de connaissances fort abstraites. Ils ne s'occupent guère d'appréhender dans sa complexité le rôle social et historique joué par les mathématiques, et encore moins de l'expliquer aux non-mathématiciens. Au cours de cette Étude, il est apparu très clairement que la collectivité mathématique doit s'ouvrir à l'extérieur, et s'efforcer de communiquer avec les utilisateurs des mathématiques dans le cadre de pensée qui leur est propre; ces utilisateurs, de leur côté, doivent surmonter leurs préjugés et entreprendre l'effort intellectuel qui leur permettra d'utiliser avec succès l'instrument mathématique.



### III. Les mathématiques dans les affaires, l'industrie et l'Administration

«Certains considèrent les mathématiques comme un «super instrument énigmatique permettant de remédier au gâchis bureaucratique». Pour d'autres, les techniques mathématiques paraissent n'être que les «ripeaux intellectuels de soi-disant prodiges, qui n'ont jamais eu à se soucier de payer des employés ou à assumer les fonctions d'un commissaire de police, et qui ne devraient pas essayer de gouverner». La vérité, bien sûr, se trouve entre les deux. Si vous autres experts, spécialistes des mathématiques appliquées et analystes des systèmes, pouvez découvrir quelque fait exact pour résoudre les problèmes de notre époque et les dilemmes de notre nation, et l'exposer de façon *réellement compréhensible*, vous n'obtiendrez peut-être pas l'admiration des autres mathématiciens, mais vous *façonnerez* sans doute l'avenir collectif, j'en suis convaincu. Cependant, l'analyste doit se contenter d'une lente diffusion de son idée nouvelle, car elle n'aura pas d'influence sur les décisions des jours suivants. Son analyse sera utile, même si ses conclusions sont rejetées. Il lui faut communiquer ce message à ses étudiants et à ses collègues, sinon ils seraient désappointés par un emploi public». – C. M. Drury<sup>1</sup>

Le présent chapitre se fonde largement sur les données recueillies au cours des huit séminaires décrits au premier chapitre, ainsi que sur les mémoires et les entrevues. En voici les thèmes principaux :

– l'extraordinaire multiplication des applications des mathématiques dans les affaires, l'industrie et l'Administration, au cours des dernières décennies;

– la diversité des techniques mathématiques effectivement utilisées, laquelle ne semble limitée que par la pénurie de mathématiciens généralistes pouvant contribuer à l'analyse du problème qui se présente, et à sa formulation mathématique;

– les programmes spécialisés en mathématiques ne développent pas chez les étudiants la faculté de communiquer aisément et cordialement avec d'autres, ou d'élaborer des modèles mathématiques d'une réalité imprécise ou embrouillée;

– comme les cadres dirigeants se défient des personnes formées aux mathématiques, ils ne participent guère à l'analyse des problèmes, et ne font souvent aucun effort réel de communication avec ces mathématiciens;

– le déroulement des séminaires a engendré un net désir de collaboration, et un accord général pour poursuivre les relations qu'ils avaient permis de nouer, et pour en instaurer d'autres;

– il faudrait entreprendre certaines actions (pouvant éventuellement nécessiter des débours) afin d'encourager de courts détachements de personnel entre universités, collèges techniques, milieux d'affaires, industrie et Administration. Cet effort leur donnerait une meilleure perception des divers instruments mathématiques disponibles, des problèmes pratiques qu'ils permettraient de résoudre, et des attitudes et méthodes permettant de combler les lacunes de la communication.

Avant de passer en revue les opinions des Canadiens sur ces ques-

tions, nous résumerons le débat auquel ont participé des mathématiciens de divers pays, lors du Congrès international des mathématiciens qui s'est déroulé en août 1974, à Vancouver.

## Une vue synoptique mondiale

En 1970, un groupe d'étudiants en mathématiques de l'Université de Bielefeld, dans le Nord-Ouest de l'Allemagne, s'inquiétèrent de la pauvreté de leur formation pour les emplois qu'ils convoitaient. Ces inquiétudes furent prises sérieusement en considération, à cause de l'agitation des étudiants européens à l'époque, et on organisa une série de séminaires sur ce sujet, entre octobre 1970 et janvier 1971. Un mathématicien de l'industrie fut invité à chaque séminaire, afin de décrire brièvement la nature de son travail, et dire si sa formation universitaire l'avait bien ou mal préparé à son activité professionnelle (*Berufspraxis*). Les étudiants questionnèrent ces praticiens avec toute la conscience et la précision (*Gründlichkeit*) coutumière aux Allemands. Ces mathématiciens travaillaient chez *IBM*, *Esso*, *Telefunken*, une compagnie d'assurances, *Farbenfabriken Bayer A.G.*, et à l'Institut Battelle de Francfort. La faculté des mathématiques de l'Université de Bielefeld publia les exposés et la teneur des débats dans le compte rendu: *Materialen zur Analyse der Berufspraxis des Mathematikers* à l'intention du groupe d'étude sur les mathématiques dans le secteur industriel (*Mathematik in der Industriegesellschaft*). Les thèmes les plus souvent mentionnés étaient semblables à ceux qui ressortirent des cinq séminaires des affaires et de l'industrie organisés pour l'Étude sur les mathématiques.

Cette initiative des étudiants conduisit à la création, le 16 novembre 1973, d'une Commission de l'Université de Bielefeld sur l'« introduction du raisonnement mathématique dans les sciences isolées » (*Mathematisierung des Einzelwissenschaften*). Elle comprenait parmi ses membres, des biologistes, des chimistes, des historiens, des mathématiciens, des professeurs de pédagogie, des philosophes, des psychologues, des physiciens, des avocats, des sociologues, des linguistes et des théologiens. Ils mirent sur pied un plan détaillé de travail prévoyant des colloques mensuels sur les mathématiques et sur des disciplines isolées telles que la sociologie, la chimie, la psychologie, l'enseignement, la physique, le droit et la biologie. Ils entreprirent également l'élaboration d'un questionnaire extrêmement détaillé concernant l'emploi des mathématiciens hors de l'université. Un avant-projet de ce questionnaire fut présenté à la Conférence de Vancouver; il envisageait les mêmes questions que le questionnaire de l'Étude sur les mathématiques.

À Vancouver, MM. Bernhelm Boos et Ulrich Knauer, représentant la Commission de Bielefeld, organisèrent une très fructueuse table ronde. Voici quelques extraits de ce débat:

*Un Canadien:* « Nous autres, mathématiciens, exécutons nos travaux suivant des normes erronées, et nous traitons de problèmes non pertinents. Voici des exemples de nos aberrations: 1° Nous nous occupons

trop souvent de démonstration et de résolution des problèmes, et trop peu de découverte de phénomènes. Celles qui paraissaient palpitantes aux yeux des mathématiciens du XIX<sup>e</sup> siècle, n'intéressent qu'à peine ceux du XX<sup>e</sup>. La morphogénèse ou théorie des catastrophes<sup>2</sup>, qui passionne nombre d'entre nous, constitue une exception. 2<sup>o</sup> Nous exagérons la difficulté. Certaines des découvertes mathématiques les plus importantes sont simples. Au XX<sup>e</sup> siècle, nous donnons de l'importance aux problèmes difficiles, à cause de leur difficulté même. L'utilisateur désire une réponse pratique, et la difficulté ne suscite en lui aucune admiration».

*Un Français:* «Chez nous, presque tous les mathématiciens universitaires font des mathématiques pures, et n'enseignent que très peu les mathématiques appliquées. Il s'agit là d'un grave problème, car cet enseignement ne prépare pas l'étudiant aux besoins de son emploi dans le secteur de la production. Depuis 1968, universités et Administration sont en querelle. Celle-ci se sert des crédits aux universités pour orienter les événements comme il lui convient. Cependant, depuis cette époque, les universités ont acquis une certaine autonomie, et ne se conforment pas toujours aux vœux de l'État».

*Un Cubain:* «Nous ne connaissons pour ainsi dire pas d'activité mathématique avant la révolution. Nous avons posé la première pierre d'une école de mathématiques en 1962 à la Havane, il y a juste douze ans, alors que presque tous ceux qui avaient une formation en mathématiques avaient quitté Cuba. C'étaient de petits capitalistes. Maintenant, nous nous efforçons de former de jeunes mathématiciens dans le département de mathématiques de trois universités. Au début, il n'y avait pas d'activité de mathématiques appliquées. Comme tous les pays socialistes, nous nous intéressons à l'application des mathématiques pour la résolution des problèmes sociaux et d'organisation. Mais il est périlleux pour un pays en cours d'industrialisation de concentrer tous ses efforts sur les mathématiques appliquées, parce qu'il risque de fermer ses voies de développement pour l'avenir. Néanmoins, nous devons faire beaucoup plus de mathématiques appliquées que de mathématiques pures. Avant la révolution, les Américains s'occupaient de tout. Les ingénieurs cubains n'étaient utilisés que pour l'entretien, et jamais pour les travaux d'étude. Nous commençons seulement à appliquer dans l'industrie des disciplines telles que la statistique et la recherche opérationnelle».

*Un Russe:* «Nombre de nos professeurs d'école polytechnique et d'université ne veulent enseigner que les mathématiques pures, sans s'occuper des applications. Beaucoup d'étudiants, en biologie ou en ingénierie, ne comprennent pas pourquoi il leur faut étudier les mathématiques.

Il y a une autre difficulté. Certains spécialistes des sciences naturelles et des sciences de l'ingénieur n'utilisent pas toujours les connaissances mathématiques disponibles. C'est pourquoi nous avons créé, l'année dernière, une commission officieuse, sous la présidence de Kolmogorof, pour étudier l'enseignement universitaire des mathéma-

tiques: 1° elle analysera la situation en cette matière; 2° elle élaborera des programmes d'enseignement des mathématiques convenant aux spécialistes des mathématiques pures, aux ingénieurs, aux biologistes, etc.; 3° elle organisera des débats entre mathématiciens et professeurs d'autres disciplines.

À Ivanovo, ville du textile, on a réuni un séminaire sur les problèmes mathématiques se présentant dans l'industrie textile. On a mis au jour certains problèmes mathématiques nouveaux, dont certains ont été résolus, et il en a résulté un excellent travail interdisciplinaire. En deux ans, les étudiants se sont rendu compte de la grande importance des mathématiques dans l'industrie textile, et ils s'y sont plus largement intéressés.

Les futurs mathématiciens devraient être obligés d'étudier d'autres questions que les mathématiques pures. À l'Université de Moscou, chacun d'entre eux doit obligatoirement suivre un cours de science appliquée, en biologie mathématique, en économie mathématique, ou en toute autre discipline. Mes collègues Krylof et Valoutof donnent des cours de biologie mathématique, Solovief enseigne la théorie de la fiabilité. Les étudiants qui se spécialisent en mathématiques ne sont pas seuls à assister à ces cours. La proportion de nos étudiants, qui désirent s'orienter vers les mathématiques appliquées s'accroît chaque année».

*Un Allemand de l'Est:* «J'estime que le problème des relations entre mathématiques pures et appliquées, aujourd'hui discuté partout, est l'un des plus intéressants pour les mathématiciens qui s'occupent, non seulement de démontrer des théorèmes, mais aussi de diffuser les connaissances mathématiques parmi le peuple. Notre tradition nous incline vers les mathématiques pures, et nous n'avons que très peu d'activité en mathématiques appliquées. Nous avons étudié cette question sous l'angle politique après 1960; nous voulions, en effet, construire une société socialiste. Nous avons envoyé quelques jeunes mathématiciens étudier dans des universités de l'URSS des disciplines importantes pour les mathématiques appliquées. Gnedenko a formé ainsi quelques-uns de nos jeunes mathématiciens les plus capables, qui ont pris l'orientation désirée. Douze ans après, je crois que, chez nous, les activités de mathématiques pures et appliquées sont bien réparties. Il n'est cependant pas suffisant d'enseigner les mathématiques appliquées à l'université. Il importe de les utiliser dans l'industrie. Les mathématiciens qui ont étudié cette question ont conclu qu'il fallait faire travailler dans ce secteur quelques bons mathématiciens, pour qu'ils s'occupent des problèmes industriels. Les premières expériences effectuées nous montrent que nous avons raison. La seule méthode permettant d'utiliser les mathématiques pour résoudre les problèmes techniques consiste à faire travailler le mathématicien en coopération avec l'ingénieur.

On obtient ainsi des résultats surprenants, et même presque incroyables. Je suis algébriste, et pour établir les plans d'une machine, j'ai été conduit à utiliser la théorie des catégories. Mon équipe devait élaborer un modèle de situation basée sur les probabilités, la statistique et les systèmes linéaires. Nous avons observé que les fonctions linéaires

stochastiques formaient une catégorie additive, et nous avons élaboré une théorie des systèmes linéaires dans ces dernières: un exercice purement algébrique. Les travaux ont été assez longs, et nous avons finalement obtenu un modèle pouvant être traité par des méthodes connues. J'ai examiné le problème du point de vue de l'algébriste, mais j'ai décrit la solution dans un langage que les ingénieurs pouvaient utiliser, et je n'ai pas eu à leur expliquer la théorie des catégories. Le mathématicien réellement désireux d'effectuer une application particulière s'efforcera d'utiliser ses connaissances particulières. Celles-ci lui donneront un point de vue nouveau, conduisant à de meilleurs résultats que toute autre méthode antérieure. J'en ai conclu qu'il n'était pas essentiel d'enseigner aux étudiants certains aspects particuliers des mathématiques pures ou appliquées, mais plutôt de leur montrer ce qu'en pratique les mathématiciens peuvent faire, et de les convaincre de l'envergure de l'action ainsi possible.

Dans sa *Life of Galileo*, Brecht a dit que l'objet des sciences est d'aider l'Humanité à satisfaire ses besoins. Selon moi, cette opinion est un peu trop catégorique. Il est plus exact de dire que le développement de la science pure et celui de l'industrie doivent aller de concert, et qu'il peut en découler deux résultats: l'utilisation des mathématiques dans l'industrie s'accroîtra; et les professeurs ayant travaillé un ou deux ans dans l'industrie sauront comment élaborer des modèles correspondant à la réalité, et mieux enseigner. Nous avons de grands espoirs à ce propos».

*Un Brésilien*: «Je suis aussi d'avis qu'il n'est pas capital d'enseigner certaines matières, mais plutôt d'ouvrir l'esprit de la nouvelle génération d'étudiants aux applications. S'ils considèrent la réalité d'emblée, ils pourront appliquer à ces problèmes ce qu'ils ont appris. Ce doit être là notre ligne de conduite pour le financement des études aux échelons supérieurs».

## **L'irruption des mathématiques**

Dans le chapitre précédent, nous avons soutenu que les mathématiques se diffusent de façon foudroyante, depuis quelques décennies, dans tous les secteurs d'activité au Canada, et qu'en conséquence les besoins de travailleurs formés aux mathématiques se sont fortement accrus. Nous allons citer quelques-uns des nombreux exemples illustratifs qui nous ont été signalés au cours de l'Étude.

On peut voir, au tableau A.3 de l'Annexe A, récapitulant les réponses de 1 500 diplômés avec spécialisation en mathématiques, que 54 pour cent des bacheliers, 40 pour cent des maîtres et 13 pour cent des docteurs en mathématiques travaillent dans les affaires, l'industrie ou l'Administration, et qu'environ 90 pour cent d'entre eux utilisent leur formation spécialisée dans leur travail. Il s'agit le plus souvent d'informatique, de sciences de l'actuaire, de mathématiques des affaires et de statistiques.

Lorsque la société Bell Canada décide de modifier le barème des appels téléphoniques interurbains, comment fait-elle pour le calculer? C'était simple au bon vieux temps. On calculait approximativement le coût réel de la communication, et la direction le multipliait par deux ou par dix, selon ce que l'utilisateur accepterait de payer sans regretter! Mais maintenant divers organismes officiels surveillent les activités de cette compagnie de fort près. Elles exigent une qualité de service très élevée, et des barèmes très économiques. Peu de pays bénéficient d'un service téléphonique meilleur que celui de la Bell Canada, et cependant les tarifs ne se sont pas accrus au rythme de l'inflation; le prix des communications interurbaines a même diminué dans certains cas. Comment la Bell Canada a-t-elle conçu son barème assez compliqué de tarifs réduits de 33, 50, 66 ou 75 pour cent à certaines heures de la semaine? Ses mathématiciens se sont largement servis de l'analyse statistique et des modèles mathématiques. Ils ont fait l'étude du nombre d'appels interurbains selon les journées de la semaine, à des heures diverses, et ont évalué l'influence des modifications antérieures du barème sur les habitudes des usagers du téléphone. Ils ont ensuite élaboré, grâce à l'«analyse des séries chronologiques», des prévisions sur l'augmentation probable de l'utilisation du téléphone à court terme, puis ont utilisé ces données, avec beaucoup d'autres, pour créer un modèle mathématique du revenu net résultant des divers barèmes. Ce modèle a également permis de déterminer la structure du tarif favorisant l'utilisation la plus efficace du réseau interurbain.

La Bell Canada utilise les mathématiques (surtout la statistique) en vue de résoudre de nombreux problèmes non tarifaires. Voici un problème inattendu: Si vous étiez directeur du service d'entretien d'une compagnie de téléphone, quels genres et quantités de pièces de rechange maintiendriez-vous en stock dans chacune des camionnettes-ateliers? Dix exemplaires de chacune? Il faudrait alors un fourgon de déménagement! L'étude statistique de la fréquence des diverses réparations, dans un district donné, a permis d'établir le stock de pièces nécessaires dans une camionnette-atelier pour effectuer 95 pour cent des réparations d'une journée, sans qu'il soit nécessaire de se procurer du matériel à l'entrepôt. La Bell Canada n'employait qu'un seul statisticien avant 1940. En 1960, son unité chargée des statistiques, de la recherche opérationnelle et de l'élaboration des modèles mathématiques comprenait cinq travailleurs ayant une formation mathématique; ce nombre s'élevait à quinze en 1965, à soixante en 1970 et dépassait quatre-vingt en 1975.

Le ministère de la Santé et du Bien-être social a un budget de plus de six milliards de dollars. Lors du séminaire d'Ottawa, D. Bray a présenté un rapport sur certaines activités mathématiques de la Division de la protection de la santé, portant sur le contrôle des produits pharmaceutiques, les enquêtes d'envergure, telle celle sur la nutrition, l'évaluation des dangers de contamination microbienne des aliments importés, et l'élaboration de modèles de réseau de prestations de soins de santé. Le ministère a pour ligne de conduite de répartir les mathématiciens et les statisticiens en équipes de trois à cinq spécialistes, «là où elles sont

les plus utiles». Il en existe actuellement douze dans la Division de la protection de la santé. Quelques spécialistes sont détenteurs de doctorats en statistique, et d'autres de doctorats en biologie, avec spécialisation secondaire en statistique. On croit qu'il y aura trente équipes dans deux ans. Une douzaine de mathématiciens œuvrent pour les autres programmes sanitaires, et ce nombre doit augmenter.

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a récemment créé un centre canadien de télédétection. Le profane peut se faire une idée de ses tâches en pensant aux extraordinaires photographies du sol de Mars et de Vénus que notre génération est la première à contempler. Elles sont transmises par radio selon un code d'origine algébrique, déchiffré à l'ordinateur. Seul un docteur en analyse ou en logique mathématique dispose des instruments indispensables (algèbre de Boole, calcul différentiel, transformations intégrales, etc.) pour la conception du matériel et l'utilisation de la théorie du rayonnement électromagnétique servant à la communication des signaux.

Le Centre de télédétection d'Ottawa capte maintenant des données semblables transmises par le satellite de télédétection des ressources (ERTS) et s'en sert pour dresser des cartes du Canada; celles-ci permettent d'étudier les changements du milieu, par exemple des récoltes des régions septentrionales. L'image codée est représentée par plus de trente millions de signaux numériques. De dix à quinze images sont acheminées chaque jour. Comme le précise M. Bray: «Les caractéristiques de ces images sont loin d'être idéales. Leur analyse exige de vrais statisticiens, et non de simples techniciens sachant comment utiliser les critères habituels et les techniques normales, car ces dernières sont insuffisantes». En 1973, le Centre ne disposait d'aucun mathématicien. Il y en avait six à la mi-1974, mais il en faudra davantage.

Lors d'un séminaire tenu à Sault-Sainte-Marie, sous les auspices de l'*Algoma Steel Corporation*, des représentants de cette dernière, de l'*Abitibi Paper Company*, de la *Falconbridge Nickel Mines*, de l'*International Nickel Company of Canada* et de la *Kimberley Clark of Canada* ont présenté d'intéressantes communications sur l'utilisation des mathématiques dans leurs firmes. C'est l'avènement de l'informatique qui a rendu possible la plupart d'entre elles: emploi de méthodes statistiques, recherche opérationnelle, calculs complexes, techniques de simulation et modélisation. M. D.J. Dickson, directeur de l'organisation industrielle à la Division des minerais de l'*Algoma Steel Corporation* souligna la très forte concurrence que les sociétés exploitant à ciel ouvert des gisements à haute teneur faisaient à sa firme. Celle-ci n'a pu survivre que grâce à l'efficacité de sa gestion, s'appuyant sur diverses techniques nouvelles basées sur les mathématiques pour résoudre les problèmes quotidiens d'exploitation. Au cours des dix dernières années, ses spécialistes ont pu constamment utiliser un ordinateur pour effectuer des analyses régressives, des programmations linéaires, des analyses de réseaux, des modélisations des charges et des simulations. L'emploi de méthodes simples ou complexes n'est limité que par l'imagination, les connaissances et les capacités de ses spécialistes. Ces méthodes mathé-



matiques ont été employées par le Département de sidérurgie pour étudier la trajectoire des poches de fonderie, et par le Département de planification des travaux pour étudier la fourniture d'électricité par le réseau à un laminoir à tôles fines, et pour optimiser les coûts énergétiques. Dans le même ordre d'idées, M. H. Kretzschmann de la *Falconbridge Nickel Mines* a décrit le rôle (minime mais essentiel) des techniques mathématiques permettant l'étude de la répartition des contraintes et des tensions dans les roches encaissantes des ouvrages souterrains, des échangeurs de chaleur pour les mines, de la transmission calorifique et des processus chimiques dans les fours rotatifs, etc.; D. L. Riefstahl a signalé que la *Kimberley-Clark of Canada* utilise la méthode du chemin critique pour la répartition des effectifs des divers corps de métier entre programmes d'entretien interdépendants.

Ces exemples suffisent à montrer que les mathématiques jouent aujourd'hui un rôle capital dans la gestion des affaires, de l'industrie et de l'Administration canadienne. De nombreux autres exemples similaires ont été mentionnés dans les communications aux séminaires et dans les mémoires présentés à l'Étude en matière de transports, de télécommunications, de banque, d'assurances, de stratégie militaire, de recherche industrielle et de nombreux autres domaines.

## **Quels genres d'instruments mathématiques?**

La plupart des instruments mathématiques utilisés dans les affaires et l'Administration sont relativement simples. Un docteur en mathématiques pures les trouverait «banales», et serait tenté de s'en désintéresser. Nous proposons ici une hypothèse à vérifier éventuellement lors d'une future étude sur les mathématiques (avec le Mark VII, peut-être!): «Les principaux facteurs qui déterminent le degré de complexité des instruments mathématiques utilisés pour résoudre les problèmes d'affaires ou d'administration sont les suivants: 1° connaissances et capacité du mathématicien praticien (ingénieur, maître en gestion des affaires, statisticien, etc.) chargé de les résoudre, et 2° capacité de la direction à faire cas de la résolution du problème».

Au chapitre II, nous avons récapitulé, peut-être de façon trop simpliste, l'incidence des mathématiques sur la société en trois mots: statistiques, modèles et ordinateurs. Les réponses au questionnaire, résumées dans l'Annexe A, militent en faveur de ce choix de mots-vedettes.

Chacun d'eux ouvre des perspectives vastes et complexes. Le mot «statistiques» suggère une régression linéaire simple découlant du contrôle de la qualité d'articles en nylon; une théorie assez difficile des files d'attente utilisée pour l'étude des modules de commutation téléphonique; une analyse de série chronologique très poussée pour le diagnostic d'une tumeur au cerveau sur électroencéphalogramme, ou les techniques d'autorégression utilisées pour éliminer les parasites des variations magnétiques détectées par les avions de projection géo-

physique. Parmi les autres méthodes statistiques utilisées, on a signalé: l'analyse des facteurs, la théorie de l'échantillonnage, les régressions multiple et polynomiale, le test d'indépendance et l'analyse de variance. Il apparaît donc que presque tous les aspects de la statistique théorique enseignée aux 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles ont trouvé d'importantes applications dans l'industrie et l'Administration canadienne. Cette observation ne s'applique pas seulement au contenu des manuels scolaires. Comme I. Crain l'a indiqué lors du séminaire d'Ottawa, les travaux du Centre canadien de télédétection exigent des mathématiciens capables d'utiliser des méthodes plus complexes que les techniques habituelles, mais insuffisantes. Ces remarques sont confirmées par des responsables d'Agriculture Canada et du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Le terme «modélisation» est fort à la mode, au point qu'il semble presque inconvenant, dans certains milieux, de traiter des problèmes économiques ou sociaux sans les exprimer sous forme de modèle mathématique. Un jeune professeur d'économie, très versé en mathématiques, a indiqué qu'un article sur l'économie présenté à une revue spécialisée n'est pris en considération que s'il contient un large exposé mathématique, que celui-ci soit pertinent ou non! La plupart des travaux de l'ingénieur et toute la physique théorique nécessitent l'élaboration de modèles. Les équations du champ électromagnétique de Maxwell permettent de prévoir le comportement des ondes radio et radar avec une précision supérieure au millionième. Le modèle d'atome d'hydrogène dû à Dirac permet d'en décrire le spectre avec une précision semblable. Les modifications que lui ont apportées Bethe et Salpeter permettent une précision du milliardième. Un autre modèle physique de précision étonnante résulte de l'application de la théorie de Newton au système Terre-Lune. Il a permis l'atterrissage des vaisseaux spatiaux à quelques centaines de mètres de l'objectif fixé. Ces théories physiques nécessitent l'emploi d'équations différentielles ordinaires ou partielles, d'équations intégrales, de séries de Fourier, de transformations de Laplace et de Fourier, et d'opérateurs dans l'espace de Hilbert. Au cours des dernières années, les physiciens ont utilisé des mathématiques très abstraites, telles les algèbres de Neumann, pour décrire les états des systèmes quantiques, et la topologie algébrique pour classer les intégrales de Feymann. Il existe même, en Union Soviétique, une discipline scientifique reconnue, qualifiée de *physique algébrique*.

«Tout le monde parle de météorologie, mais personne ne fait quoi que ce soit à ce sujet». Peu de sujets sont d'un intérêt aussi direct pour l'Humanité que le temps qu'il fait. Il y a trente ans, personne n'aurait cru qu'on puisse élaborer un modèle mathématique de l'atmosphère terrestre. Les équations différentielles partielles qui décrivent le mouvement des fluides sont connues depuis au moins un siècle. Cependant, l'énormité du nombre des données nécessaires pour décrire la couche de surface est décourageante, tout comme la complexité de la résolution des équations, et tout le monde savait qu'il serait impossible d'utiliser effectivement le modèle raisonnablement approché qu'on aurait pu proposer. Mais l'aide d'un ordinateur de grandes dimensions appartenant aux É.-U. a permis d'utiliser le modèle pour des prévisions quadri-

quotidiennes du temps à court terme, grâce à l'entrée de données provenant de satellites météorologiques et d'autres stations. Il permet également des prévisions à long terme.

Le modèle mathématique le plus digne d'attention de ces trois dernières années est peut-être celui de la *Dynamique du monde*, élaboré par Jay Forrester et Denis Meadows. Il utilise les variables de pollution, de population, de ressources naturelles, d'investissements et de qualité de la vie. Envisageant une population mondiale de 16 milliards d'êtres humains en 2030, il prévoit une série de catastrophes d'envergure, la réduisant de 80 pour cent en moins de trente ans. Ce modèle se basait sur des concepts mathématiques relativement simples. Il a été critiqué pour cette raison, et encore plus sévèrement sur les plans politique et économique. L'étude de Forrester-Meadows constitue l'un des exemples les plus frappants de modélisation des phénomènes sociaux et économiques, dont la vogue s'étend constamment. Jusqu'à ce jour, les instruments mathématiques utilisés dans les sciences sociales englobent l'algèbre linéaire (vecteurs et matrices), la théorie des graphes, la programmation mathématique et la statistique élémentaire (en particulier l'analyse régressive et la théorie de l'échantillonnage). De plus, certains concepts de calcul infinitésimal sont indispensables, particulièrement pour l'expression du taux marginal, en économie, sous forme de dérivée.

Il est évident que l'accroissement du nombre des spécialistes de l'économique, de la psychologie ou de la physiologie suffisamment versés en mathématiques, permettrait l'élaboration de nombreux modèles mathématiques de plus grande utilité pratique. Un exemple frappant en est l'application par E. C. Zeeman de la théorie des catastrophes de René Thom à l'élaboration d'un modèle de l'activité électrique des nerfs. Basée sur une topologie différentielle extrêmement avancée, la théorie de Thom fournit des concepts nouveaux et pénétrants pour l'étude de la transformation soudaine d'un phénomène uniforme en un processus brusque, telles la conception d'un embryon, l'apparition d'une émeute de prisonniers, ou l'activation d'une synapse. Les concepts de Thom ont permis à Zeeman de simplifier un modèle antérieur d'impulsions nerveuses qui utilisait dix équations différentielles établies empiriquement, en un modèle à trois équations différentielles permettant des prévisions plus précises.

La couverture de *Mathematical Reviews* énumère les spécialisations qui cloisonnent les mathématiques actuelles; toutes, et un grand nombre de sous-spécialisations sont couramment utilisées dans les affaires, l'industrie ou l'Administration canadienne. On se souviendra qu'en Allemagne orientale, on emploie la théorie des catégories, la partie peut-être la plus abstruse de l'algèbre abstraite, pour la conception des machines. Ainsi peut-on tirer des avantages énormes et insoupçonnés d'une utilisation judicieuse des sciences mathématiques quand se produit une conjonction favorable de problèmes réels, d'une volonté de les résoudre au sein de la direction industrielle ou administrative, et d'une équipe de mathématiciens imaginatifs et très compétents, bien au fait de ces problèmes.

## Prise de conscience double

Pour conclure le séminaire sur les mathématiques et la planification générale qui s'était déroulé à Ottawa, le président de séance souligna le développement continu des mathématiques sous l'influence de l'informatique et de la prise de conscience de leur nécessité parmi les responsables de nombreux secteurs de la société. Whitehead a remarqué le paradoxe suivant: Plus les constructions logiques de l'esprit humain deviennent abstraites, plus elles deviennent utiles pour le contrôle des phénomènes concrets.

Au séminaire, W. E. Krause, du ministère des Postes, signala que les mathématiques ne sont utilisées que pour résoudre le dixième des problèmes d'analyse des lignes de conduite. Il a raison, mais ce dixième joue un rôle crucial, car cette analyse est faite en pure perte si elle ne se fonde sur l'esprit critique de spécialistes capables de détecter les absurdités et de les exposer. Le bruit fait par le modèle Forrester-Meadows a soulevé des espoirs impossibles à satisfaire. Tous en souffrent: les hommes politiques désormais tentés de s'étayer sur des méthodes hautement discutables, et la méthode même d'analyse des systèmes, à cause des déceptions causées par ce modèle.

Les instruments mathématiques utilisés pour l'analyse des lignes de conduite (*policy analysis*) sont souvent peu nombreux, car leurs spécialistes ne s'y connaissent guère au delà de l'addition et de la multiplication, et se bornent à utiliser ces dernières, les fonctions linéaires et les polynômes. Un vaste domaine des mathématiques reste inutilisé. Il nous faut une prise de conscience générale pour que ceux qui travaillent dans les secteurs public, industriel et universitaire découvrent les possibilités d'interaction et d'application.

On pourrait soutenir que le cours des événements se dirige inévitablement dans ce sens. Le passionnant ouvrage de Morris Kline *Mathematics in Western Culture* expose cette idée. Cependant, Shakespeare, dans «Jules César» (IV.3, 218) souligne qu'«il y a une alternance dans le flux des affaires humaines qui, si on l'observe, permet de cingler vers le succès». Cette alternance ne fait aucun doute. Mais saurons-nous profiter du flot?

Lors du séminaire de Sault-Sainte-Marie, D. J. Dickson a souligné que cette prise de conscience est nécessaire tant parmi les cadres dirigeants que parmi les enseignants universitaires.

«Au cours des dernières années, j'ai assisté à des conférences réunissant des universitaires et des exploitants miniers. Presque invariablement, on pouvait classer les communications sous les deux rubriques distinctes de la théorie et de l'exploitation. En conséquence, chaque groupe savait que l'autre avait exposé des idées valables, mais ne pouvait pas les assimiler. Alors on a organisé certaines conférences où les participants ne présentaient que des communications traitant de dispositifs concrets. Ces communications jouent certes un rôle de diffusion utile mais elles attirent l'attention sur le fossé séparant les universités de l'industrie.

J'ai eu l'occasion de suivre un cours universitaire après avoir acquis

quelque expérience au travail. Heureusement pour moi, il était donné par des chargés d'enseignement disposant d'une large expérience industrielle. Il leur était possible d'allier la théorie à la pratique, et d'exposer les limitations et les simplifications nécessaires. Cette année-là fut très productive, en satisfaction personnelle et pour accroître ma capacité à m'acquitter de mes fonctions professionnelles. C'est peut-être la méthode que nous devrions suivre en matière de formation mathématique supérieure.

Il faut dire qu'*Algoma Steel Corporation* a obtenu des succès considérables en utilisant les données mathématiques fournies par l'ordinateur. On peut l'attribuer en partie au respect suscité par l'informatique, mais aussi à la participation du personnel à la résolution de ses problèmes. Pour obtenir ce genre de collaboration, il faut prouver qu'il existe une possibilité raisonnable de succès. On peut y arriver en résolvant d'abord des problèmes apparemment insignifiants mais agaçants. Lorsque la confiance est établie, on peut s'attaquer à des problèmes plus sérieux exigeant beaucoup de confiance mutuelle. Peut-être faut-il que les universités et l'industrie se concertent ainsi pour résoudre les problèmes dont nous discutons aujourd'hui.

La présente étude m'encourage. J'espère que les recommandations qui en résulteront viseront des objectifs réalistes, à court et à long termes».

Dans le même esprit, D. R. Miller, chef du groupe de biomathématique du CNRC, a traité des difficultés d'application des techniques mathématiques aux ensembles complexes, tels les écosystèmes, l'aménagement régional, la pollution ou la fourniture d'énergie. On peut répartir équitablement les blâmes, pour certains résultats assez décevants, entre les mathématiciens effectuant les travaux et les non-mathématiciens qui les dirigent. Parmi les premiers, très peu souscrivent à la philosophie fondamentale des sciences, c'est-à-dire l'élaboration d'une hypothèse par induction, puis la déduction des conséquences sous une forme vérifiable, afin de la confirmer ou de l'exclure et, si nécessaire, de formuler une nouvelle hypothèse basée sur des résultats expérimentaux. Les revues scientifiques regorgent de modèles mathématiques basés sur des hypothèses que l'auteur n'a nulle intention de vérifier. Rarement présentent-ils de l'intérêt. Ces exercices nuisent sérieusement au bon renom de la modélisation.

D'autre part, ceux qui dirigent ces travaux n'utilisent pas souvent les compétences mathématiques mises à leur disposition. Ils demandent aux mathématiciens des services de nature purement technique, longtemps après que les détails importants des travaux ont été étudiés. Dans tous les autres domaines scientifiques, les directeurs d'études pluridisciplinaires prennent pour acquis que les recherches sur les méthodes et les techniques constituent une partie du travail. Il devrait en être ainsi dans le domaine mathématique. Il faudrait prévoir les délais et les ressources nécessaires pour permettre la formulation de plusieurs hypothèses mathématiques successives, et leur vérification.

Il en résulterait d'importantes conséquences pour les programmes mathématiques des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, et 3<sup>e</sup> cycles. Trop préoccupés de techniques, les enseignants universitaires ont négligé la formulation des hypothèses mathématiques et leur vérification, qui ne constituent qu'une part beaucoup trop faible du programme d'enseignement.

## Propositions d'action

Quelles mesures concrètes faut-il prendre? Une masse confuse de propositions est issue des séminaires et des mémoires. Nous résumons ci-après, de façon fort abrégée, quelques-unes des propositions concernant le sujet du présent chapitre. Certaines d'entre elles sont dues à une seule personne, mais d'autres représentent l'opinion d'un groupe important. Nous les soumettons ici pour ce qu'elles valent, à titre d'examen, et dans l'espoir que les nombreux Canadiens préoccupés par l'avenir de l'activité mathématique au Canada passeront éventuellement à l'action.

### 1<sup>o</sup> Les mathématiques utilisées en d'autres domaines

– On devrait encourager les recherches effectuées de concert par des mathématiciens universitaires et des organismes publics ou des firmes industrielles.

– Chaque programme de recherche ou d'élaboration de modèles où les mathématiques jouent un rôle notable devrait bénéficier, dès le début, de la collaboration d'un mathématicien.

– Il importe de donner aux mathématiciens élaborant des modèles les délais et les crédits nécessaires pour les tester et les modifier à plusieurs reprises selon les besoins.

– Il faudrait utiliser plus souvent les méthodes non quantitatives (théorie des graphes, topologie, algèbre de Boole, théorie des jeux) pour résoudre les problèmes des sciences sociales ou biologiques, et d'analyse des lignes de conduite.

– Les cadres de direction devraient participer à l'effort de recherche opérationnelle du début à la fin.

– On n'accorde pas l'attention qu'ils méritent aux problèmes de stockage et de saisie des données, de leur chaînage (*linkage*) et de leur affichage.

– Il faudrait répartir les statisticiens consultants du secteur public et de l'industrie dans les services où ils sont les plus utiles.

– Il faudrait que les mathématiciens candidats à des postes dans le secteur public et dans l'industrie acceptent de travailler dans de grandes équipes pluridisciplinaires.

– Il faudrait que les cadres de direction présents et futurs suivent des cours de courte durée, leur permettant de comprendre les méthodes mathématiques et leurs applications, et de se familiariser avec le vocabulaire mathématique et informatique, afin qu'ils soient moins intimidés par ces techniques.

## **2° Contacts**

– Il faudrait créer des comités et organiser des séminaires réunissant des mathématiciens travaillant dans les universités, le secteur public et les entreprises industrielles, en vue de favoriser leur interaction.

– Il conviendrait d'encourager les mathématiciens universitaires à œuvrer dans l'industrie, le secteur public ou d'autres départements scientifiques pendant des congés non payés ou le congé septennal (*sabbatical*).

– Il faudrait inviter des spécialistes d'autres départements du secteur public et de l'industrie à participer à des séminaires ou à des tables rondes dans les départements de mathématiques.

– Il conviendrait de donner de brefs cours de perfectionnement aux mathématiciens du secteur public et de l'industrie.

– Il faudrait que les professeurs de mathématiques s'occupent plus largement de consultation et de résolution de problèmes, tant au sein qu'à l'extérieur de l'université.

– Les docteurs en mathématiques devraient travailler dans d'autres milieux, pour élargir leur horizon, avant d'occuper un poste dans un département de mathématiques.

– Il conviendrait de dresser et de publier une liste d'organismes prêts à organiser des contacts entre mathématiciens.

– Il faudrait que les mathématiciens travaillant dans les secteurs privé et public constituent des conseils consultatifs participant à l'élaboration des programmes universitaires et à l'amélioration de ceux qui existent.

– Il conviendrait d'allouer aux mathématiciens intéressés des bourses de stage de recherche industrielle et des bourses de perfectionnement en recherche industrielle du CNRC.

– Les départements de mathématiques devraient engager des professeurs à plein temps, de forte culture mathématique, mais dont la spécialisation serait hors des mathématiques.

## **3° Enseignement universitaire**

– Il faudrait que les programmes universitaires de mathématiques donnent aux étudiants quelque expérience de toutes les phases de la résolution des problèmes, de la formulation à l'interprétation finale, en passant par l'essai et le perfectionnement des modèles mathématiques successifs.

– Il conviendrait de diversifier les programmes de mathématiques des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles, afin de familiariser les étudiants avec au moins un domaine d'application.

– Il faudrait faire connaître aux universitaires quelles sont les spécialisations mathématiques réclamées dans le secteur public et l'industrie.

– Il conviendrait d'offrir des stages pratiques aux étudiants s'intéressant à des emplois non universitaires (cours alternés (*co-op*) ou stage estival).

– En raison du rôle capital de l'informatique, les départements de mathématiques devraient s'associer avec les départements d'informatique.

– Il faudrait que les programmes élémentaires des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de mathématiques et de statistiques comprennent la rédaction d'une thèse portant sur les problèmes pratiques qu'on rencontre dans l'Administration ou l'industrie. Les responsables des organismes correspondants devraient s'efforcer de suggérer de tels problèmes, et de donner la possibilité de les étudier.

– De nombreux mathématiciens n'apprécient pas la valeur complémentaire d'une formation dans une autre discipline. Il faudrait encourager les départements de science et de commerce à offrir des cours intéressants les étudiants qui se spécialisent en mathématiques. Ils acquerraient ainsi l'attitude nécessaire au spécialiste travaillant dans une équipe chargée de résoudre des problèmes mal définis, et l'aptitude à communiquer avec des profanes.

– Il conviendrait d'encourager les étudiants à acquérir une formation pluridisciplinaire (baccalauréat en mathématiques, suivi d'une maîtrise en économie, ou baccalauréat en génie, suivi d'une maîtrise en mathématiques, par exemple).

– Il faudrait concevoir les programmes de statistiques mathématiques des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles de façon à donner aux étudiants quelque expérience de consultant.

– Il conviendrait d'élaborer des programmes attrayants d'application des mathématiques (p. ex. mathématiques de l'ingénieur, biomathématiques, analyse des lignes de conduite). On devrait conférer des maîtrises et des doctorats en mathématiques de l'industrie.

#### **4° Mécanismes d'incitation**

– Il faudrait tenir compte de l'activité de consultation et des travaux pluridisciplinaires lors de l'avancement des professeurs et de leur titularisation. Les doyens et les directeurs de département devraient en prendre l'initiative.

– Il conviendrait d'encourager les départements de mathématiques à former leurs étudiants en vue d'un emploi futur, même aux dépens des activités de recherche.

– Les organismes subventionnaires devraient financer des travaux d'équipes pluridisciplinaires, plutôt que ceux de spécialistes individuels.

– Il conviendrait de créer un centre d'information pour mettre en contact consultants mathématiciens et utilisateurs, et aussi départements de mathématiques et spécialistes des secteurs public et privé acceptant de donner des conférences.

– Il conviendrait d'accorder aux professeurs de mathématiques des congés septennaux ou des congés non payés pour se familiariser avec d'autres domaines. Il est possible que ces mesures ne résolvent pas tous les problèmes de l'industrie ou de l'Administration, et même n'en résolvent aucun. Mais au moins, les professeurs retourneraient-ils à leur poste avec une idée plus claire des réalités auxquelles leurs étudiants auront à faire face.

– Il conviendrait de faire connaître régulièrement, aux départements de mathématiques, la liste des problèmes mathématiques qui se posent à l'industrie et à l'Administration canadienne.



– Il faudrait publier un ouvrage donnant la description des problèmes résolus en divers secteurs d'application au Canada, pour les étudiants et le corps enseignant les mathématiques.

– Il conviendrait que les organismes subventionnaires accordent plus de poids aux articles mathématiques publiés dans les revues de sciences appliquées.

– Il faudrait créer un Institut des mathématiques appliquées<sup>3</sup>, disposant éventuellement de divisions dans les provinces, afin de rendre service aux utilisateurs des mathématiques.

## IV. L'enseignement des mathématiques à l'école primaire et secondaire

« . . . il appartient à nos lettrés d'apprendre les rudiments des mathématiques et de l'astronomie » – Tz'ou-hsi, impératrice douairière de Chine<sup>1</sup>.

« L'efficacité de toute réforme de l'enseignement des mathématiques s'évalue finalement en fonction de sa contribution à la réalisation des objectifs nationaux . . . Les réformes chinoises en matière d'enseignement des mathématiques se sont fort bien adaptées au plan du développement national. . . . Il importe maintenant que la plus grande partie possible de la société chinoise se rende compte du pouvoir des mathématiques. Il faut que la présente génération de paysans et d'ouvriers, ayant pris conscience des divers aspects des mathématiques, engendre une génération désireuse d'accroître cette connaissance. Ce ne seront plus quelques privilégiés qui acquerront des capacités mathématiques, mais une société tout entière, qui créera avec leur aide un potentiel industriel donnant une puissance formidable à la République populaire de Chine » – Frank Swetz<sup>2</sup>.

Peu après que l'enfant prononce quelques mots, ses parents lui apprennent à compter, et sont tout fiers quand il le fait sans erreur jusqu'à dix. Il s'écoule cependant plusieurs années entre la récitation des nombres et la prise de conscience d'une abstraction comme la triade, quand l'enfant compare trois pommes à trois jouets. C'est alors qu'il devient un mathématicien. Si on définit l'Homme comme un « animal raisonnable », on peut dire qu'il parvint à cet état lorsqu'il eut l'intuition, si faible et imprécise fût-elle, de la *cardinalité* d'un ensemble. Ce concept a constitué un progrès capital dans sa capacité d'abstraction, et lui a permis d'appréhender plus clairement son environnement, et d'en acquérir la maîtrise. Des dizaines de milliers d'années plus tard peut-être, l'Homme a conçu la notion abstraite d'*ordinalité* et des figures géométriques simples, telles que cercles et triangles. Il fallut ensuite de nombreux millénaires pour que Pythagore, Euclide et leurs collègues réussissent à mettre au point l'art du raisonnement déductif et les moyens d'analyser les propriétés complexes des figures géométriques qu'un étudiant de dixième année estime relativement simples. Entre la première et la dixième année d'études, l'enfant refait le chemin intellectuel où la race humaine a progressé pendant des millions d'années, et acquiert ainsi les instruments indispensables à la vie moderne. L'enseignement des mathématiques dans les écoles élémentaires et secondaires, et dans les collèges techniques, joue un rôle déterminant pour la qualité de la civilisation. Il constitue certainement un paramètre capital de l'aptitude d'un pays à entrer en compétition avec les autres nations à la pointe des techniques.

La qualité de l'enseignement primaire et secondaire des mathématiques constitue le facteur le plus important pour le dynamisme de l'Écosystème mathématique. Mais celui-ci dépend aussi étroitement de l'activité mathématique des professeurs d'université qui s'intéressent de près à l'enseignement, et aussi à accroître leurs propres connaissances.

Comme la recherche constitue l'élan vital de l'activité mathématique, toute politique générale négligeant de l'encourager, ou s'efforçant de la séparer de l'enseignement, serait mal inspirée, et on reconnaîtrait à la longue son aveulement.

Aucun sujet n'a été discuté davantage que l'enseignement des mathématiques par les personnes ayant collaboré à l'Étude. Nulle d'entre elles n'était satisfaite de l'effort des écoles en cette matière.

## **Malaise dans le domaine des mathématiques**

Nombre de personnes bien informées estiment que l'enseignement des mathématiques dans les écoles élémentaires et secondaires du Canada n'est pas satisfaisant. Ce sont les ministères de l'Instruction publique et les gouvernements provinciaux qui en sont en premier lieu responsables. Mais la responsabilité finale repose sur la collectivité mathématique toute entière, et sur les professeurs d'université en particulier. La qualité de l'enseignement varie de province à province, et d'une école à l'autre.

L'information objective la plus convaincante a été présentée par le ministère de l'Instruction publique de la Colombie-Britannique à l'Étude sur les mathématiques. Il s'agit de son *Report on the Testing of Arithmetic*. En 1964, on fit passer le test d'arithmétique Stanford à 99 pour cent des élèves de septième année de la Colombie-Britannique, et à 97 pour cent de ceux-ci en 1970. Il comprenait deux parties: «Raisonnement» et «Calcul». On utilisa les notes obtenues en 1964 par des élèves étatsuniens correspondants comme étalon de comparaison. En 1964, les élèves colombiens avaient une avance de dix-huit mois sur le plan du raisonnement, et de onze mois sur celui du calcul, par rapport à leurs homologues des É.-U.; en 1970, ces avances se sont réduites à huit mois et un mois respectivement. Ainsi la performance moyenne des élèves de la Colombie-Britannique avait-elle notablement baissé au cours de ces six années. Certains ont dit qu'un retard similaire s'était produit aux É.-U. Aucune donnée précise ne l'a cependant confirmé. On note avec intérêt que la performance des élèves du percentile supérieur n'avait subi presque aucun changement. C'est celle de nos futurs «citoyens moyens» qui a décliné.

L'enseignement des mathématiques en Colombie-Britannique ne constitue pas une exception. Dans tout le Canada, on note tant de désarroi, de malaise et de confusion, qu'il apparaît indispensable de prendre immédiatement des mesures de redressement énergiques. De nombreux mémoires présentés à l'Étude sur les mathématiques ont exprimé cette opinion, répétée à satiété par toutes les personnes consultées. Les seules notes discordantes provenaient de quelque cadre d'une Fédération d'enseignants ou d'un fonctionnaire d'un ministère de l'Instruction publique lesquels, se sentant menacés, adoptaient une attitude très défensive. On n'obtiendra des améliorations notables que grâce à des mesures appliquées pendant dix ou quinze ans, et encore, si les marottes des bureaucrates successifs n'y viennent pas mettre obstacle.

Certains disent qu'on n'est jamais seul dans le malheur. Aussi avons-nous la consolation de voir que bien d'autres pays rencontrent des difficultés sur ce plan. Lors des trois séances de la Commission internationale de l'enseignement des mathématiques, qui se sont déroulées en août 1974 à l'Université de la Colombie-Britannique, un délégué après l'autre a mentionné les problèmes sérieux et difficiles que l'enseignement des mathématiques élémentaires rencontrait dans son pays. En Pologne, les 30 000 instituteurs des 1<sup>ère</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> années ont tous été invités à suivre un programme télévisé hebdomadaire animé par le professeur Z. Semadeni, et à remettre régulièrement les solutions d'une série de problèmes simples. Donnée dès janvier 1975, ce cours visait à calmer les appréhensions des auditeurs, et à remédier aux lacunes de leur compréhension des concepts mathématiques fondamentaux.

En 1964, on a effectué une étude sur les capacités mathématiques des écoliers de douze pays, sous les auspices de l'UNESCO<sup>3</sup>. Elle a porté sur 132 775 étudiants et 13 360 enseignants. Les écoliers japonais et belges de treize ans se sont classés premiers et seconds, tandis que ceux des É.-U. et de Suède sont arrivés respectivement aux onzième et douzième rangs. Voici les notes obtenues et les écarts-types relatifs à ces quatre pays, et les moyennes des douze pays:

	note	écart-type
Japon	31,2	16,9
Belgique	27,7	15,0
É.-U.A.	16,2	13,3
Suède	15,7	10,8
Moyenne des 12 pays	19,3	14,9

Bien que les étudiants japonais eussent obtenu d'excellentes notes, le professeur Iyenaga a mentionné à la conférence de Vancouver que nombreux sont ceux qui critiquent l'enseignement des mathématiques dans les écoles japonaises.

Pour esquiver les véritables problèmes, bien des gens vitupèrent les «maths modernes», et les terribles mathématiciens coupables d'avoir imposé ces abstractions oiseuses aux écoliers. Il est vrai que bon nombre d'absurdités ont été enseignées dans les écoles du Canada et des É.-U., et ailleurs aussi, sous l'étiquette des «maths modernes». Il ne faut cependant pas en conclure que les objectifs premiers des réformateurs de l'enseignement des mathématiques de la fin des années cinquante étaient abusifs, et qu'une réforme radicale n'était pas nécessaire. Une réforme pédagogique portant sur un sujet aussi ardu que les mathématiques ne peut être assimilée sans un effort persistant, et de longue durée. Une grande partie des dommages causés sont provenus de l'empressement des éditeurs à s'emparer des débouchés. Ils ont publié en toute hâte des manuels rédigés par des auteurs incompetents qui utilisaient la nouvelle terminologie sans en saisir ni en transmettre le sens profond.

Comment pouvons-nous ressaisir le fil conducteur dans cette débâcle des «maths modernes», selon l'expression colorée de Morris

Kline<sup>4</sup> et d'autres? On ne peut certainement pas revenir à la simple mémorisation de la table de multiplication, etc. Il ne peut être question de revenir en arrière sur aucun point. En effet, si l'ancien programme d'enseignement des mathématiques dans les écoles élémentaires et secondaires canadiennes était peut-être satisfaisant dans les années vingt, il ne l'est plus du tout pour les besoins de la société actuelle.

## Objectif fondamental de l'enseignement des mathématiques

En 1957, un banquier suisse distingué, qui avait obtenu son éducation entre 1885 et 1895, nous décrit l'enseignement mathématique de cette époque. Bien qu'il fût octogénaire, sa voix trahissait encore son ressentiment au souvenir de ses démêlés avec l'*«infecte règle de trois»*. (Étant donné trois des quatre nombres a,b,c,d, trouver le quatrième grâce à l'équivalence  $a/b=c/d$ ). C'étaient là les mathématiques les plus compliquées qu'il eût étudiées. Ces notions avaient suffi pour sa carrière de président de la banque suisse équivalant à la Banque du Canada, et de représentant financier suisse à la Conférence de Versailles. Son homologue d'aujourd'hui, par contre, doit être à l'aise lorsqu'il parle à des informaticiens ou à des analystes de systèmes. Il doit pouvoir apprécier avec compétence les résultats de l'exploitation de divers modèles complexes des économies nationale et mondiale, sans pour cela être spécialiste de l'informatique ou de l'analyse de systèmes. Mais en tout cas il ne saurait se contenter d'une connaissance par cœur de la table de multiplication et de la règle de trois. Il lui faut savoir ce que sont les mathématiques, ce qu'on peut en attendre et, ce qui est peut-être plus important, ce qu'il ne faut pas en espérer.

Les connaissances mathématiques nécessaires à un président de banque dépassent certainement celles qui sont indispensables au citoyen moyen. Celui-ci se sentira cependant étranger au monde moderne s'il ne connaît rien de plus que la table de multiplication et la règle de trois. C'est pourquoi il faut que chacun sache en quoi consistent les mathématiques, qu'elles ne constituent pas une science abstruse et singulière dont seuls quelques initiés peuvent pénétrer les mystères. Sinon, la plupart des Canadiens auront l'impression d'être des pions dans une société technique impersonnelle, sous l'emprise de grands prêtres mathématiciens, spécialisés en analyse de systèmes, recherche opérationnelle et informatique.

Les marxistes et les économistes affirment souvent la primauté des facteurs économiques dans les progrès des nations. Peut-être qu'un facteur décisif dans l'histoire de la civilisation occidentale est mieux illustré par l'évolution des connaissances mathématiques nécessaires à l'homme moyen. En 1900 il lui suffisait de savoir par cœur quelques propriétés arithmétiques. Aujourd'hui des connaissances mathématiques avancées lui sont nécessaires pour comprendre les aspects scientifiques et techniques du monde qui l'entoure, et y occuper une place confortable. Cette mutation a un aspect presque religieux, car elle modifie la manière dont l'Homme interprète sa relation avec l'Univers.

Nous proposons donc que l'enseignement des mathématiques dans les écoles primaires et secondaires vise primordialement à diffuser ce que sont les mathématiques, et ce qu'elles ne sont pas. À notre connaissance, aucun système scolaire n'a jamais visé consciemment un tel objectif. Sa réalisation permettra au citoyen moyen de comprendre que les mathématiques sont a) un *mode de pensée* constituant un instrument pénétrant pour l'analyse des aspects les plus subtils et les moins évidents de notre milieu, et b) une richesse culturelle donnant intérêt et attrait à la vie. De plus c) le symbolisme algébrique et graphique apparaîtra comme un *langage* indispensable à la communication des idées, et à la description des objectifs de la société.

## Obstacles

À notre connaissance, aucun système scolaire d'importance n'a jamais tenté *explicitement* d'atteindre ce but. Le programme d'enseignement a été modifié erratiquement pour satisfaire les besoins les plus simples de la société, en fonction des caprices des rédacteurs de manuels. Lorsqu'un ministère de l'Instruction publique décide de réviser un programme d'enseignement d'une matière quelconque, il charge habituellement un comité d'enseignants de proposer des changements. On présume que ceux-ci savent ce qu'il est possible d'enseigner, et ce qu'il est possible d'apprendre. Bien entendu, ces facteurs doivent être pris en considération. Toutefois, les membres d'un tel comité ont généralement l'imagination bridée par leur formation particulière. Aussi est-il très difficile d'introduire des changements fondamentaux dans un programme scolaire. D'autres raisons renforcent cette tendance, et nous en citerons quatre :

### 1° **Opposition classique: sentiments et raisonnement**

Les mathématiques sont moins naturelles à l'homme que la fonction de manger ou de faire l'amour. L'expression de Shakespeare: «le teint pâli par l'étude» traduit un sentiment général à l'égard de l'effort de raisonnement logique. La poursuite de la logique détruit l'expression spontanée des sentiments qui donnent à la vie sa signification et son charme. L'enseignement et la compréhension des mathématiques se butent souvent à la prédominance de nos émotions. Le pouvoir de raisonner et la faculté d'abstraction sont des acquisitions relativement récentes dans la lente évolution de l'esprit humain.

Et pourtant, c'est ce pouvoir de raisonnement logique, concrétisé surtout par les mathématiques, qui constitue un critère de distinction capital entre l'Homme et l'animal. David Wheeler a soutenu dans un article récent <sup>5</sup> que nos processus de pensée sont de nature mathématique:

«L'opération mentale que je désigne par cogitation mathématique (*mathematization*) peut exister même quand n'apparaît aucun résultat de nature mathématique. Je ne suis pas sûr que Boole<sup>6</sup> ait été le premier à suggérer que les opérations naturelles de l'esprit

sont de nature algébrique, mais je suis cependant certain que c'était son opinion. Il est regrettable que cette découverte ait été perdue pour beaucoup, à cause de l'obsession avec le théorème suivant lequel la logique d'une proposition à double valeur est isomorphe à une algèbre des ensembles. L'épistémologue suisse Piaget a affirmé, plus récemment, que les structures des opérations mentales sont isomorphes aux «structures-mères» du groupe Bourbaki. L'existence d'une algèbre de l'esprit est plus facile à démontrer que ces deux sources ne l'indiquent.

Certains observateurs ont souvent remarqué que, très peu de temps après qu'ils ont commencé à parler, les jeunes enfants forment des phrases et des expressions grammaticalement correctes, qu'ils n'ont pas copiées sur des phrases entendues. Il est évident qu'ils ne pourraient manier seuls les structures grammaticales s'ils ne pouvaient en quelque sorte distinguer les parties du discours: substantifs, adjectifs, verbes, adverbes, prépositions, conjonctions, pronoms, et les conjugaisons. Ce ne sont là que les catégories les plus simples et les plus évidentes. Les transformations grammaticales qu'exige une utilisation courante de la langue sont fort complexes, et échappent encore à une analyse complète. Mais le point remarquable est que l'utilisation de la grammaire par l'enfant paraît être une opération mathématique, et qu'elle n'est pas due à l'imitation. La *nature algébrique* des opérations mentales semble prouvée par cet exemple à lui seul. Il est toutefois possible d'apporter d'autres preuves à l'appui: concernant l'analyse du fonctionnement des sens, la vision, par exemple».

L'observation principale, et fort importante, de Wheeler est contenue dans la phrase initiale de son article: «Il est plus utile de savoir raisonner mathématiquement que de connaître beaucoup de mathématiques». L'auteur estime que la méthode traditionnelle d'enseignement des mathématiques insiste trop sur les faits et les théorèmes découverts par d'autres. Il reconnaît qu'il est utile, même essentiel, d'assimiler certaines connaissances traditionnelles, mais il souligne que l'acquisition et la mémorisation des «faits» ne devraient pas constituer l'objectif principal de l'enseignement. Elles en seraient plutôt une conséquence naturelle et importante. Le but de l'enseignement doit être tout d'abord de viser à assurer et à étendre la faculté de raisonner mathématiquement présente chez tous les êtres pensants. Il s'agit d'encourager l'étudiant à mettre à profit la nature algébrique du fonctionnement de son cerveau.

Beaucoup diront probablement que cette cogitation mathématique est l'œuvre des structures préfrontales, dont sont mal pourvus les autres mammifères et que, par suite, elle est inextricablement liée aux facultés qui distinguent l'Homme des autres animaux. Les activités instinctives et affectives du rhinencéphale ne dépendent guère du raisonnement. Elles sont même menacées par la raison, et se rebellent contre elle. La cogitation mathématique implique donc un conflit intérieur, celui qui oppose l'homme et la bête<sup>7</sup>.



## **2° L'inquiétude sous-jacente**

L'Étude a attiré notre attention sur la diffusion dans toute la société d'une attitude déplorable à l'égard des mathématiques. Elle suscite dans presque tous les esprits de regrettables blocages intellectuels, particulièrement parmi les cadres dirigeants et ceux sur qui reposent les décisions. Ils ressentent une admiration teintée d'envie à l'égard des privilégiés, rares croient-ils, qui ont le don des mathématiques, et en même temps se moquent de leur chimérique inadaptation à la réalité.

Nous croyons que l'attitude des instituteurs a été un facteur capital de la diffusion de cette opinion regrettable dans la société canadienne. Mais nous comptons sur eux comme l'élément stratégique pour y remédier. Nous ne leur reprochons nullement de s'être laissés influencer par une attitude dont notre société entière est empreinte. Une étude réalisée il y a quelques années a montré que la plupart des instituteurs étatsuniens éprouvaient quelque inquiétude à l'égard des mathématiques. Nos entretiens avec les enseignants des universités et écoles normales nous ont montré l'existence d'un sentiment similaire chez leurs étudiants en pédagogie. Sur quatre-vingt-douze instituteurs (*elementary school teachers*) ayant à choisir quatre options parmi cinq pour leur cours de perfectionnement en 1972, quatre-vingt-cinq ont évité les cours de mathématiques<sup>8</sup>. Le curriculum vitæ qu'ils ont présenté a confirmé que les mathématiques leur déplaisaient, on leur causaient de l'inquiétude.

On admet que l'enfant, de même que le jeune animal, est sensible aux états d'âme des autres, sans communication verbale. Il n'est donc pas surprenant que de nombreux enfants s'imbibent de cet état d'esprit fâcheux parmi des enseignants peu à l'aise avec les mathématiques.

## **3° Une formation peu appropriée**

Pendant de nombreuses années, les deux facteurs mentionnés ci-dessus ont agi, tant au Canada qu'à l'étranger. C'est pourquoi il n'a pas été possible d'établir des programmes de formation pédagogique donnant à la plupart des instituteurs une compréhension claire des mathématiques qu'ils auraient à enseigner. M. C.E. Beeby<sup>9</sup> a classé les systèmes d'enseignement en quatre catégories: 1° L'école de charité (*Dame School*) où l'enseignant n'a reçu ni éducation générale, ni formation technique. 2° L'école formaliste, où l'enseignant a été formé techniquement, mais manque d'éducation générale; la classe y est fortement structurée et le programme rigide. 3° L'école de transition, où l'enseignant, a reçu une bonne instruction technique et une meilleure formation générale, mais dont la compétence professionnelle est encore déficiente. 4° L'école de l'intelligence où l'enseignant a reçu une bonne instruction et une bonne formation professionnelle; où il insiste sur la compréhension et la réflexion des étudiants, et tient compte de leurs différences individuelles.

Nous avons l'impression que l'enseignement des mathématiques au Canada se déroule souvent dans des écoles de 2<sup>e</sup> catégorie, parfois dans certaines de 3<sup>e</sup> catégorie, mais bien rarement dans une école de 4<sup>e</sup> catégorie. Il faudra faire des efforts prolongés, et peut-être énormes,

pour améliorer les programmes de formation pédagogique des universités et des écoles normales, et pour élaborer un vaste et audacieux programme de perfectionnement pour les enseignants dans la pratique. Un tel programme ne peut réussir que s'il bénéficie du concours enthousiaste de nombreux mathématiciens universitaires, intéressés, compétents et dynamiques.

#### 4° Le problème des manuels

Les considérations économiques dont les éditeurs nord-américains doivent tenir compte s'opposent à l'impression de bons manuels scolaires et autres moyens d'enseignement. Les élaborateurs de programmes, les enseignants et les rédacteurs des maisons d'édition ne comprennent guère en quoi consiste la cogitation mathématique et s'engouent facilement pour des marottes nouvelles. L'éditeur tente de vendre ses manuels de mathématiques grâce à des couvertures de couleurs vives, des encarts transparents ou des innovations extraordinaires, telle la division par soustraction d'«ensembles» de cardinalité égale au diviseur!

Nous citerons deux exemples des résultats fâcheux de l'organisation du marché des manuels scolaires en Amérique du Nord. Bien entendu, le marché canadien est minuscule en comparaison du marché étatsunien.

Il y a quinze ou vingt ans un engouement soudain s'est produit pour divers enseignements séquentiels (*programmed*). Les éditeurs s'enthousiasmèrent de cette nouvelle mode et publièrent rapidement des collections de manuels d'enseignement séquentiel. Un coup d'œil critique convainc le lecteur averti que leurs auteurs avaient peut-être quelques connaissances de la présentation de la programmation linéaire ou ramifiée, mais certainement aucune compréhension générale du sujet traité. Le professeur A. J. Gold, de l'Université de Windsor, est en train de mettre au point des cours de rattrapage pour les étudiants de première année dont la formation est insuffisante pour suivre les cours universitaires de mathématiques<sup>10</sup>. En dépit de toutes ses recherches, il n'a pas pu découvrir de manuel bien programmé d'algèbre élémentaire. Le seul qui existait est épuisé. Le battage à propos des manuels d'enseignement séquentiel leur a donné mauvaise réputation. C'est d'autant plus regrettable qu'ils peuvent jouer un rôle utile.

L'avènement des «maths modernes» a causé un fiasco beaucoup plus considérable avec les manuels scolaires. Les maisons étatsuniennes d'édition se sont précipitées pour inonder le marché avec des manuels de mathématiques répondant *apparemment* aux nouveaux critères parsemés qu'ils étaient des termes: «ensemble», «commutatif», «élément opposé», «associatif», et «distributif», placés souvent dans des endroits mal choisis du texte et parfois, par un heureux hasard, aux emplacements convenables. Il est probable que les absurdités de certains de ces ouvrages sont la cause principale de la réputation ternie de la nouvelle méthode. Ils contenaient un jargon technique au lieu d'idées. Comme de nombreux enseignants n'avaient pas saisi les concepts diffusés par les réformateurs de l'enseignement des mathématiques (voir

les trois facteurs cités plus haut), ils ne pouvaient remédier aux insuffisances des manuels, ou même mettre en valeur les concepts de quelques bons ouvrages. H. B. Griffiths et A. G. Howson citent l'observation suivante de C. E. Beeby: «Aucun changement de méthode, aucun changement de programme n'a de valeur si le professeur ne les comprend et ne les accepte pas»<sup>11</sup>. C'est cela qui détermine, en effet, ce que l'enseignant fait du manuel.

Presque partout, au Canada anglophone, les manuels de mathématiques des écoles primaires et secondaires proviennent des É.-U., ou en sont des versions canadianisées par de banales modifications mathématiques. En Ontario, cependant, trois éditeurs ont publié une collection de manuels basés sur un programme du ministère de l'Instruction publique. Ce programme avait été élaboré après une large consultation avec des professeurs d'université et d'école secondaire, par des fonctionnaires travaillant sous l'égide de la Commission ontarienne des mathématiques. Ces manuels, qui ont servi à l'enseignement des «maths modernes» aux élèves des écoles ontariennes, paraissent beaucoup plus circonspects que leurs équivalents étatsuniens, français ou belges.

Ces changements donnent-ils de bons résultats? Les professeurs de mathématiques de l'Ontario ne sont pas d'accord à ce sujet. La mise en œuvre du nouveau programme s'est déroulée en même temps que se produisait un bouleversement des attitudes des étudiants vivant dans une société plus opulente et qu'en outre les examens de treizième année étaient supprimés. Il est donc impossible d'isoler les effets des modifications apportées. Au cours des quinze dernières années, les capacités intellectuelles et l'origine sociale des étudiants de première année de l'Université Queen's ne se sont guère modifiées. Selon l'opinion subjective de ses professeurs de mathématiques, l'étudiant moyen de 1<sup>re</sup> année universitaire d'Ontario ne manipule peut-être plus l'algèbre et la trigonométrie aussi bien que lorsqu'il lui fallait passer un examen de treizième année. Cette lacune est toutefois largement compensée par une meilleure aptitude à saisir les concepts mathématiques. Mais, comme autrefois, on observe une lamentable faiblesse: l'étudiant est incapable d'imaginer l'espace à trois dimensions.

Bien que les manuels scolaires du Canada francophone ne soient pas l'apanage des éditeurs étatsuniens, ils ne présentent pas un tableau plus réjouissant qu'au Canada anglophone. Bien peu de mathématiciens québécois ont rédigé des manuels scolaires, que ce soit pour l'école primaire, l'école secondaire ou le collège d'enseignement général et professionnel (CEGEP). Fréquemment, les seuls ouvrages disponibles ont été écrits en France, et appliquent le programme français traditionnel, rigide et conservateur, ou bien ce sont les ouvrages récents excessivement abstraits de G. Papy, publiés en Belgique, ou encore de Bourbaki en France. Il se peut cependant qu'une amélioration spectaculaire soit mise en œuvre par la Télé-université de l'Université du Québec. En donnant son appui à cette innovation, le Ministère québécois de l'Éducation montre plus que tout autre un sens aigu de la nécessité d'une amélioration de l'enseignement des mathématiques.

En Ontario, les étudiants et les enseignants de langue française

se heurtent à une double difficulté. Il leur faut appliquer un programme sans avoir suffisamment de manuels ni d'autres auxiliaires d'enseignement en français. Un sous-comité de l'Association ontarienne pour l'enseignement des mathématiques, composé d'enseignants franco-phones, s'est efforcé de créer du matériel d'enseignement à titre bénévole. Mais un soutien énergique du ministère ontarien de l'Instruction publique ne s'est pas encore manifesté. Le gouvernement fédéral alloue à l'Ontario d'importantes subventions pour l'enseignement francophone. Il faudrait utiliser ces fonds en premier lieu pour fournir des manuels adéquats aux élèves des écoles françaises de cette province.

## **La voie du progrès**

Il est impossible de modifier du jour au lendemain des attitudes largement répandues, telles que la crainte des mathématiques. Un système d'enseignement ne vaut, d'autre part, pas plus que les enseignants qui l'animent. La formation d'un enseignant exige de cinq à dix années. Il est extrêmement difficile de modifier les idées et les attitudes des enseignants en exercice. La plupart d'entre eux sont si surchargés de travail, ou si préoccupés par l'application du programme d'enseignement imposé, qu'il ne leur reste guère de temps ou d'énergie pour s'intéresser vivement au programme de recyclage des enseignants en activité. Ils ont, comme chacun de nous, besoin de vacances leur permettant de récupérer leur énergie et de conserver leur équilibre intellectuel. On ne peut exiger d'eux qu'ils consacrent ardemment ce repos à des cours, surtout s'ils doivent les payer de leur poche. Et pourtant, c'est exactement ce que font nombre d'entre eux, ce qui montre bien l'esprit d'abnégation des milieux canadiens de l'enseignement. Ils collaboreront certainement à tout plan visant au bien de tous.

Nous avons déjà cité le modèle de systèmes d'enseignement de C. E. Beeby. Ce dernier soutient que chacun d'entre eux doit passer par les quatre étapes de développement indiquées. H. B. Griffiths et A. G. Howson ont analysé les nombreux facteurs d'une modification du programme d'enseignement. Nous recommandons la lecture de leur ouvrage, indispensable à toute personne s'intéressant au progrès de l'enseignement des mathématiques. On a dit en plaisantant, mais aussi sérieusement, que les Suédois se sont accordé trente ans pour effectuer des changements majeurs dans leur enseignement. Ils considéraient, entre autres, que bien des intéressés auraient pris leur retraite ou seraient morts avant tout changement effectif.

Il est possible qu'au Canada les enseignants et les dirigeants de l'enseignement soient plus souples que leurs homologues suédois. Mais il faut savoir reconnaître que la nature des changements nécessaires à l'enseignement canadien des mathématiques exigera un délai bien plus long qu'une ou deux années, ou même que la durée d'un gouvernement. C'est pourquoi il faut que le public comprenne et approuve cette action, ainsi que les divers paliers d'administration, les associations d'enseignants et, bien entendu, les professeurs de mathématiques. Il faudra effectuer

un effort continu et bien dirigé pendant de nombreuses années, et ne pas le laisser mettre de côté par un nouveau sous-ministre ou directeur à l'enseignement désireux de s'affirmer en détruisant le programme de son prédécesseur.

Il y a bien des façons d'améliorer l'enseignement des mathématiques au Canada. Le moment du «grand bond en avant» est arrivé, comme en témoigne l'intérêt soulevé par l'Étude sur les mathématiques. Celle-ci est apparue à tous les intéressés comme opportune. La présentation de mémoires par presque trois cents personnes ou groupes de toutes les provinces, sur les divers aspects du rôle des mathématiques au Canada, nous convainc que de très nombreux individus sont à la fois désireux et capables d'aider à cette entreprise. Il ne reste qu'à orienter intelligemment leurs efforts.

Il importe que chacun soit conscient d'un fait d'importance capitale: *Le raisonnement mathématique est un plaisir*. C'est l'emploi radieux d'un des pouvoirs les plus remarquables de l'intellect, l'utilisation explicite des structures implicites du cerveau noétique. Il est beaucoup plus important de transmettre une attitude de confiance et le sentiment de satisfaction inhérents à l'exercice du raisonnement mathématique, que de couvrir un programme prédéterminé. Cette attitude est doublement requise lorsqu'il s'agit de la formation d'enseignants. Il n'est pas de meilleur moyen de dissiper l'inquiétude à l'égard des mathématiques.

Il est possible de prendre de nombreuses mesures constructives et pratiques en cette matière. En voici quatre:

*1° L'utilisation de consultants* – Il faut que tous les paliers d'enseignement, depuis la maternelle jusqu'à l'université, fassent un plus large emploi d'instituteurs spécialisés et de consultants en mathématiques. Les écoles anglophones utilisent des spécialistes du français dès la 2<sup>e</sup> année. Ne pourrait-on faire de même pour les spécialistes des mathématiques, dès la maternelle?

Le poète W. H. Auden affirmait que les enfants ne devraient étudier que deux sujets jusqu'à 15 ou 16 ans: leur langue et les mathématiques. Ces deux instruments sont indispensables à la communication. La plupart des autres sujets encombrant les programmes scolaires ne sont pas vraiment indispensables, ou bien ils exigent que l'étudiant ait acquis expérience et maturité pour qu'il en voie la signification pratique. Les conséquences générales de la mise en œuvre de cette proposition font trembler, si l'on tient compte de l'extrême tolérance qui préside à l'instruction des jeunes Canadiens. Mais l'observation est suffisamment fondée pour qu'à tous les paliers de l'enseignement, nous nous efforcions d'inculquer les langues française et anglaise et les principes de la pensée mathématique aux élèves.

Les consultants en mathématiques devraient recevoir l'autorité nécessaire pour intervenir dans les situations pédagogiques qu'ils estiment insatisfaisantes. Leur rôle ne devrait pas être seulement consultatif. Il va sans dire qu'ils devraient agir avec tact, et ne pas exacerber les appréhensions des enseignants, des membres des commissions sco-

lares et des fonctionnaires de l'Instruction publique à l'égard des mathématiques.

2° *Le perfectionnement des enseignants en exercice* – Il faudrait mettre en œuvre immédiatement un programme complet de perfectionnement des enseignants de mathématiques en exercice, lequel comprendrait les éléments suivants:

a) des cours d'été organisés par les universités, les ministères provinciaux de l'Instruction publique ou les associations d'enseignants, ou modelés sur les diverses Journées d'études supérieures (*Summer Institutes*) pour enseignants non universitaires, parrainées par la Fondation nationale pour la science des É.-U., au cours de la dernière décennie;

b) des cours universitaires par correspondance (conduisant ou non à un diplôme) pour accroître la compétence mathématique des enseignants, et leur redonner confiance en eux-mêmes sur ce plan. Les Commissions scolaires devraient encourager leurs enseignants à y participer, en leur accordant le temps nécessaire, et en payant les frais d'inscription;

c) une meilleure utilisation des Journées de perfectionnement professionnel que les associations d'enseignants organisent dans certaines provinces. Il suffirait de mettre au point des programmes cumulatifs bien conçus, et d'obtenir le concours de consultants en mathématiques et de professeurs;

d) une utilisation de la télévision scolaire pour diffuser des cours que les enseignants seraient encouragés à suivre<sup>12</sup>. Nous avons déjà mentionné les cours ambitieux offerts en Pologne aux enseignants de première, deuxième et troisième années. En principe, les 62 000 enseignants concernés étaient obligés d'y participer. La première chaîne de télévision a présenté ainsi trente programmes d'une demi-heure, à 16h, de janvier à juin 1975. Elle les répétait tard dans la soirée. Tous les quinze jours, on publiait huit pages d'exercices très simples que l'enseignant devait compléter, et qui consistaient surtout en représentations graphiques. Dans chaque comté, des examinateurs munis des solutions donnaient des notes. Ce cours vise à préparer les enseignants à une modernisation fondamentale du programme de mathématiques. Cette action est entièrement dirigée par le professeur Z. Semadeni, mathématicien de valeur spécialisé en recherche, s'intéressant également aux facteurs humains et politiques qui entrent en jeu. Ce programme constitue jusqu'ici l'un des efforts les plus importants et valables d'utilisation de la télévision scolaire pour l'enseignement des mathématiques;

e) une création de tables rondes réunissant des enseignants intéressés d'écoles voisines, pour débattre le contenu d'ouvrages ou d'articles qui leur permettraient d'acquérir une meilleure compréhension du rôle des mathématiques dans la société canadienne.

Nous tenons à souligner qu'un décret ministériel, accompagné d'une subvention, ne suffirait pas à atteindre les objectifs visés. Il faudra certainement des crédits, mais surtout du personnel dévoué, compétent, et des esprits créateurs. Ils sont peu nombreux au Canada.

Le succès du cours de perfectionnement des enseignants en activité exigera la collaboration de nombreux universitaires enthousiastes prêts à y consacrer beaucoup de temps, d'énergie et de pensée créatrice. Exception faite de leurs frais à rembourser généreusement, il ne serait pas nécessaire de leur verser des honoraires. Cette tâche est si cruciale pour l'avenir du Canada que les directeurs de départements de mathématiques, les doyens et les présidents d'université devraient lui accorder autant d'importance qu'aux recherches poursuivies en ce moment par la plupart des jeunes mathématiciens. Son accomplissement devrait être généreusement récompensé par de l'avancement, et la considération générale.

L'inscription volontaire des enseignants ne suffirait probablement pas à assurer le succès d'un tel cours de perfectionnement. L'expérience de l'Université de Winnipeg le montre, car sept instituteurs seulement, sur quatre-vingt-douze qui s'étaient inscrits au programme de mise à jour de leurs qualifications, ont choisi le cours de mathématiques. La plupart des enseignants craignent d'échouer dans les études de mathématiques, et cette crainte constitue un énorme obstacle. Il faudrait les convaincre de leur erreur, et les encourager. Les rédacteurs de cours devraient en outre faire débiter ces derniers au niveau des connaissances acquises par les enseignants, et faire progresser ceux-là dans la joie. Il ne faut donc pas se faire des idées *préconçues* sur un *contenu* minimal. Pendant de nombreuses années celui-là ne sera pas l'essentiel. Il s'agit d'abord d'obtenir la *confiance* des enseignants et de leur transmettre une *attitude*.

3° *Le rôle des universitaires* – Il faut repenser et améliorer fortement la formation mathématique des futurs enseignants. Les professeurs de la plupart des départements universitaires souffrent du préjugé que l'octroi inestimable d'unités de valeur (*credits*) doit être réservé pour les cours de contenu «vraiment universitaire». Grâce à cette optique bien peu de départements d'anglais se sont abaissés à enseigner la grammaire et la rédaction; le département de français plonge d'emblée l'étudiant néophyte dans la poésie de Racine et la pensée complexe de Camus. Cette situation se retrouve dans tous les départements. Leur programme de base a été établi en fonction des besoins d'étudiants aspirant à devenir des spécialistes, par exemple en mathématiques, pour en faire des créateurs capables de découvertes. La scène universitaire est dominée par ce genre d'objectifs. C'est pourquoi les étudiants des cours généraux, ou non spécialisés, se sentent comme des citoyens de seconde classe. Ceux qui ne se spécialisent pas en mathématiques savent, dès le début, qu'ils n'appréhenderont jamais cette science, car ils ne la comprenaient ni à l'école élémentaire, ni à l'école secondaire. Les divers programmes de mathématiques tiennent pour acquis que les étudiants s'y intéressent réellement, et connaissent sur le bout du doigt tout ce qu'ils ont appris en douze ans. Par conséquent les étudiants non spécialisés savent que les mathématiques ne sont pas pour eux.

La première mesure qui s'impose aux départements de mathématiques est de changer d'attitude à l'égard de l'initiation aux mathématiques des étudiants dont la plupart ne deviendront pas des praticiens

des mathématiques. Il ne convient pas de se gausser des «cours culturels de mathématiques» sous prétexte qu'il s'agit de cours pour «petites cervelles», sans contenu mathématique effectif. Bien entendu, ce qualificatif aurait convenu à de nombreux cours offerts jadis pour permettre à un étudiant non mathématicien d'obtenir une unité de valeur supplémentaire, ou à l'université d'avoir la répartition estudiantine voulue. Il devrait pourtant être possible d'élaborer des cours intéressants les étudiants n'ayant pas été familiarisés avec les mathématiques. Loin d'être des «cours pour petites cervelles», ils pourraient être aussi exigeants et stimulants qu'un cours spécialisé. Mais leur élaboration nécessiterait un effort beaucoup plus grand qu'un exposé sur les «variables complexes d'Ahlfors». Ces cours porteraient sur les concepts mathématiques, ouvriraient de nouveaux horizons, façonneraient les esprits, en les faisant pénétrer dans des domaines d'idées nouvelles. Les étudiants s'accoutumeraient à de nouveaux processus intellectuels. Les unités de valeur, qui récompenseraient l'étudiant les ayant suivis, seraient en réalité plus valables que celles décernées pour la plupart des cours spécialisés en mathématiques de troisième et de quatrième années, car ils consistent largement en régurgitations techniques.

*4° Manuels et autres aides pédagogiques* – Il faut élaborer une nouvelle méthode de rédaction des manuels de mathématiques et autres matériels pédagogiques. Comme nous l'avons souligné, il est désastreux de dépendre des marottes des éditeurs. Les matériels pédagogiques doivent être adaptés aux programmes d'enseignement et au niveau de compétence des enseignants. Celui-ci varie notablement, mais devrait s'améliorer peu à peu. Si les mathématiciens universitaires participaient activement à la formation des enseignants en mathématiques, ils rédigeraient certainement de nombreuses notes de cours. Avec l'aide des instituteurs et professeurs d'école secondaire ils pourraient leur donner une forme convenable pour impression en offset ou par tout autre moyen peu coûteux, et les distribuer. À mesure que la compétence des enseignants en mathématiques croîtra et qu'ils prendront confiance en eux-mêmes il deviendra possible de libérer l'enseignement des mathématiques de sa dépendance exclusive à l'égard d'une ou deux collections de manuels, publiés par des éditeurs influencés par le niveau de médiocrité universelle.

## **Un objectif complémentaire**

Dès le début nous avons indiqué que les programmes de mathématiques devraient viser à accroître la prise de conscience publique à l'égard du sens et du rôle des mathématiques dans la société moderne. Mais il faudrait que les programmes secondaires et collégiaux visent un objectif complémentaire important: *donner une formation technique de base solide aux étudiants qui se destinent à des professions utilisant les mathématiques ou qui pourraient éventuellement y pénétrer.* Dans ce but, il faudra reconsidérer constamment les programmes d'enseignement des



mathématiques. Les mémoires, les conclusions des séminaires et les réponses au questionnaire, ont souligné trois préoccupations:

a) L'absence de relation évidente entre les programmes de mathématique et leurs applications dans d'autres disciplines, ou dans la vie civile. Beaucoup d'écoles secondaires et de collèges techniques pourraient avantageusement harmoniser leur programme d'enseignement des mathématiques avec les cours de mécanique appliquée, de physique et de chimie, selon les circonstances locales.

b) L'informatique exerce une influence de plus en plus grande sur notre vie. Le programme d'enseignement secondaire devrait inclure un cours sur l'évaluation critique de l'utilité des ordinateurs et ses limites. Selon nous, l'insistance de certains programmes scolaires, qui ont gonflé cette matière jusqu'à un cours de deux ans, va trop loin, car elle risque de donner à l'étudiant une fixation fâcheuse au FORTRAN.

c) Dans notre société, aucune personne instruite n'ignore l'existence de preuves statistiques de l'action cancérogène de la fumée de tabac, ou de la réduction numérique des accidents routiers mortels par la limitation de la vitesse des véhicules. De même, il n'est guère possible d'éviter les statistiques dites «scientifiques» prouvant que le dentifrice QUIBRILLE est plus efficace à 71 pour cent que tous les autres. La théorie de la statistique est certainement la branche des mathématiques la plus largement utilisable, et les écoles secondaires feraient bien d'y introduire leurs élèves. Les concepts statistiques utiles à tous les citoyens pourraient être présentés graduellement, dès les premières années de l'enseignement. Le mémoire très complet présenté par l'Association canadienne des sciences statistiques à l'Étude sur les mathématiques offrait de nombreuses observations à ce sujet<sup>13</sup>. Un projet fort intéressant est actuellement réalisé à l'Université Western Ontario, sous la direction du professeur Ian MacNeill, pour l'élaboration des textes nécessaires à un cours préliminaire de statistiques pour école secondaire.

## Recommandation

Dans la recommandation qui suit, nous nous efforçons de résumer tout ce qui précède, sans prétendre que nos propositions d'action positive soient suffisantes. Elles sont toutes nécessaires mais n'épuisent pas les possibilités des initiatives d'esprits créateurs désireux d'améliorer l'enseignement des mathématiques, s'ils recoivent l'appui résolu des divers paliers d'administration.

*Les ministres provinciaux de l'Instruction publique devraient prendre des mesures énergiques pour améliorer l'enseignement des mathématiques dans les écoles élémentaires et secondaires.*

## V. L'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques

«J'ai étudié les mathématiques jusqu'à devenir stupide, et l'algèbre a grignoté la petite part d'intelligence qui m'était dévolue. L'effort ne m'a même pas laissé les avantages du petit-maître, car je ne sais plus rire, ni chanter, ni parler pendant une heure à propos de riens. La perte de l'art de converser est notable, car elle exclut l'homme de qualité de toute bonne compagnie, et l'empêche d'échanger des idées avec les personnes bien élevées». – le Général James Wolfe<sup>1</sup>

D'après les professeurs de mathématiques des collèges techniques qui ont fait part de leurs observations, James Wolfe n'est pas le seul qui ait éprouvé des difficultés avec les mathématiques. De nombreux étudiants entrent au collège sans connaître suffisamment les fondements de l'arithmétique, de l'algèbre et de la géométrie, ce qui est pour eux un handicap énorme.

## Un nouvel instrument

La création rapide de collèges techniques dans diverses parties du Canada, il y a dix ans environ, constitue un progrès notable et nécessaire sur la scène pédagogique canadienne. À part l'enseignement universitaire, il n'existait que bien peu de possibilités de formation post-secondaire au Canada, et rien de comparable aux réseaux diversifiés d'enseignement technique et autre du Royaume-Uni et d'Allemagne, ou aux divers genres de collèges techniques<sup>2</sup> des États-Unis. Le diplôme universitaire avait ainsi acquis trop d'importance, et les universités devaient donner des formations pour lesquelles elles étaient mal équipées. Il en avait résulté un gonflement malsain des demandes d'inscription universitaire, et une pénurie de jeunes disposant de la formation et de la compétence technique indispensables dans une société moderne. Nous utilisons l'expression «collèges techniques» pour désigner les établissements d'enseignement post-secondaire, mais non universitaire tels que les CEGEP<sup>3</sup> du Québec et les CAAT<sup>4</sup> de l'Ontario. Leur raison d'être est l'enseignement des spécialités diverses nécessaires à notre société, non seulement en mécanique et en électronique, mais aussi dans des services variés, tels ceux de l'esthétique, qui prennent de plus en plus d'importance.

D'après l'un de nos informateurs ontariens<sup>5</sup>, le CAAT est normalement divisé comme suit:

- 1° les affaires
- 2° les arts industriels
- 3° les sciences de la santé
- 4° la formation professionnelle (y compris celle des corps de métiers)
- 5° la technologie

Parmi la formation professionnelle figurent les cours de coiffure, menuiserie, électricité, boucherie, plomberie et soudage qui correspondaient à des métiers avant la création des collèges techniques, aux

alentours de 1965. Certains de ces cours durent une année. La formation professionnelle comprend également des cours auxiliaires donnés à des étudiants, dont la plupart ont achevé leur douzième année d'études (la huitième année au minimum dans certains cas) et qui travaillent comme apprentis dans des firmes participant à un programme d'enseignement collégial.

Les programmes d'enseignement technologique sont divisés suivant deux paliers d'instruction distincts: celui du technicien (programme de deux ans) et celui du technologue (programme de trois ans), dans des spécialités comme:

- |                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| 1° l'aéronautique | 6° la géologie                 |
| 2° la chimie      | 7° les instruments industriels |
| 3° le génie civil | 8° la mécanique                |
| 4° l'électricité  | 9° la métallurgie              |
| 5° l'électronique | 10° l'exploitation minière     |

Pour bien des collègues, c'est l'aptitude à utiliser les mathématiques, sous la direction d'ingénieurs et de scientifiques qualifiés, pour résoudre les problèmes et mettre au point des opérations techniques, qui différencie le technologue du technicien.

On peut décrire les divisions de formation professionnelle et de technologie sous l'étiquette «Enseignement et formation techniques». Mais elles visent des objectifs distincts, et exigent l'acquisition de connaissances de niveaux différents.

Les programmes collégiaux de technologie ont des rapports étroits avec les programmes de génie des universités, lesquels sont basés sur une compréhension parfaite des mathématiques, et une aptitude à en utiliser les principes. Les étudiants ne peuvent acquérir ces connaissances qu'en suivant un cursus universitaire.

Il n'y a pas bien longtemps, l'industrie faisait largement confiance aux écoles secondaires pour la formation de diplômés pouvant s'adapter très rapidement aux activités d'un atelier de mécanique, de carrosserie ou d'électricité. Il n'existait pratiquement pas de palier d'enseignement entre l'école secondaire et l'université. Aussi voyait-on parfois des ingénieurs en aéronautique travailler comme dessinateurs, des ingénieurs électrotechniciens débutants bobinant des prototypes, et ainsi de suite. Les progrès de la technologie sont aujourd'hui hors de portée de la plupart des diplômés d'écoles secondaires, et l'industrie se tourne vers les diplômés de collèges, que leurs connaissances et leur formation ont convenablement préparés. Ils travaillent avec plus de précision, plus économiquement, et peuvent fréquemment utiliser des matériels perfectionnés.

Une enquête effectuée auprès des professeurs du collège Cambrian a montré que de nombreux étudiants inscrits au cours techniques éprouvent des difficultés en arithmétique, en particulier lors des calculs où interviennent des fractions; et, trop souvent, ils sont incapables de transformer des expressions algébriques simples. Les enquêteurs ont remarqué que les titres semblables donnés aux cours secondaires par différentes écoles ne correspondent que de loin au contenu enseigné. En outre, les normes à atteindre varient considérablement selon les

écoles. Ces lacunes présentent des difficultés presque insurmontables aux enseignants des collèges techniques, et leurs étudiants sont fort désappointés.

Au Québec, les CEGEP ne se bornent pas à enseigner les sujets traités par les CAAT en Ontario. Ils offrent des cursus universitaires très complets, dont le niveau mathématique se compare à ceux des première et deuxième années des universités anglophones. Bien entendu, aucun collège ne peut fournir une formation complète dans tout l'éventail des techniques nécessaires à notre société. Certains d'entre eux excellent cependant dans un sujet particulier, tel l'Institut de technologie de la Colombie-Britannique, à Burnaby (C.-B.), pour la foresterie et le collège Algonquin d'Ottawa pour l'électronique.

Un autre de nos correspondants<sup>6</sup> critique le manque d'interactions entre les CAAT et les universités ontariennes. Il estime que:

«Les collèges devraient maintenir des liens avec les universités voisines, lesquelles devraient déléguer des représentants à leurs conseils et établir des programmes coordonnés. En Europe, les collèges techniques existent depuis longtemps, et jouissent d'un grand prestige. Les nôtres hésitent même à engager un titulaire de doctorat parmi leur corps enseignant! C'est tragique, et l'expérience acquise ailleurs ne nous sert guère. Les Étatsuniens nous ont communiqué une confiance irraisonnée dans les diplômes universitaires. Notons pourtant que l'Institut de technologie du Massachusetts et l'École polytechnique Rensselaer sont des établissements vénérables, jouissant d'une grande réputation. L'exaspérante opposition entre enseignement et recherche pourrait se résoudre d'elle-même, si le niveau de nos collèges techniques était assez élevé. Les écoles secondaires manifestant une terreur encore plus grande des titulaires de doctorat, il en sera inévitablement ainsi . . . Les mathématiques constituent une bonne base pour la critique générale de l'enseignement, en raison de leur utilisation dans nombre de disciplines autres que le génie, telles la statistique, les sciences sociales et les sciences en général».

## **Le corps enseignant**

La proposition du professeur Robinson voulant que les collèges techniques et les écoles secondaires emploient un plus grand nombre de titulaires de doctorat sera reçue avec consternation dans certains milieux. La formation traditionnelle des docteurs en mathématiques encourage des attitudes difficilement compatibles avec l'enseignement secondaire ou collégial. Il nous vient cependant, à l'esprit un passage d'un ouvrage remarquable écrit par A. Wittenberg en 1965:

«Combien d'enseignants des diverses disciplines dans les écoles secondaires de l'Ontario détiennent-ils de tels diplômes universitaires: doctorats, maîtrises, baccalauréats spécialisés, etc. . . . Nous l'ignorons . . . Il n'existe à ce sujet aucune statistique . . . D'après tout ce que nous savons, il est possible que certaines écoles secon-

daires n'aient aucun enseignant titulaire d'un diplôme de spécialisation. Dans ce cas, ce serait une iniquité à l'égard de leurs étudiants . . . Les diplômés de nos écoles secondaires auront à rivaliser avec les diplômés étrangers, sinon directement, du moins indirectement, selon les fluctuations économiques et sociales; ils auront, par exemple, à rivaliser avec les diplômés des écoles secondaires suisses ordinaires, où j'ai enseigné il y a dix ans: chacun des professeurs de mathématiques y détenait un doctorat, à l'exception d'un titulaire de maîtrise de première classe»<sup>7</sup>.

Alexander Wittenberg a fait des observations pénétrantes sur l'enseignement en Amérique du Nord. À chaque occasion, il a exprimé avec force sa conviction que la valeur d'un secteur d'enseignement est en fonction directe de la qualité de son corps professoral. Les collèges techniques, ayant été créés du jour au lendemain par une décision des gouvernements provinciaux, n'ont pas disposé des délais nécessaires pour former un corps enseignant bien adapté, ni pour élaborer une doctrine favorisant la cohabitation harmonieuse des enseignements des différentes sections. On peut espérer que leur fonctionnement s'améliorera graduellement.

## **L'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques**

Selon un professeur innovateur et dévoué à sa tâche, il faudra faire des efforts persistants et prolongés pour que les mathématiques jouent le rôle qui leur incombe dans les collèges techniques. Il estime que la plupart de ses collègues du département de mathématiques se tiennent sur la défensive, qu'ils craignent les idées nouvelles, et qu'ils ne sont guère capables de frayer de nouvelles voies. Et cependant, il perçoit de nombreuses possibilités d'adapter l'enseignement des mathématiques aux besoins des étudiants de son établissement.

La plupart des collèges techniques estiment que la fonction des mathématiques est essentiellement pratique. C'est ainsi que les travaux d'atelier exigent une maîtrise parfaite de l'arithmétique, peut-être avec l'aide d'une calculatrice de poche. La compréhension du fonctionnement des circuits électroniques exige la connaissance des fonctions périodiques, en particulier circulaires. La programmation et l'informatique nécessitent la connaissance de la logique des algorithmes.

Les écoles élémentaires et secondaires ne disposent pas des moyens nécessaires pour donner une connaissance précise et certaine des fondements des mathématiques à leurs élèves. Comme cette connaissance est indispensable pour la mise en œuvre des programmes d'enseignement des collèges techniques, ces derniers se sont vus contraints d'imaginer des méthodes de rattrapage. Les professeurs de mathématiques des collèges techniques se montrent plus pratiques que leurs collègues des écoles secondaires ou des universités, et c'est heureux.

Le Collège Fanshawe, de London, Ont., a mis sur pied, en s'appuyant largement sur les efforts de R. Zimmer, un Centre d'étude des

mathématiques qui a frayé une voie nouvelle au Canada. Les étudiants s'y rendent volontairement lorsqu'ils éprouvent des difficultés dans leurs études mathématiques. Le Centre utilise toute une gamme de tests diagnostiques pour mettre au jour les points faibles de l'étudiant. On lui indique ensuite des matériaux autodidactiques variés, sous forme d'ouvrages ou de bandes enregistrées d'enseignement séquentiel. On le guide individuellement, et on l'encourage à surmonter ses difficultés, et à évaluer ses propres progrès. Au cours de la première année de fonctionnement après sa création en 1974, le Centre a aidé quelque mille étudiants.

Il n'existe cependant aucune raison majeure pour l'orientation exclusivement utilitaire des programmes de mathématiques des collèges techniques. Une telle orientation ne se justifie que pour des étudiants s'intéressant à la seule utilisation des mathématiques comme auxiliaires de travaux techniques. Mais les collèges techniques servent de plus en plus à la formation culturelle et intellectuelle de nombreuses personnes désireuses d'élargir leur horizon. Il y a un collège technique, à Vancouver, qui offre un cours d'histoire et d'étude du rôle social des mathématiques. Il a été fort bien accueilli.

Nous n'avons malheureusement pas disposé du temps nécessaire pour une analyse détaillée de l'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques. D'autre part, les mémoires et autres communications n'ont pas fourni de données suffisantes sur la situation des mathématiques dans ces établissements pour que nous puissions présenter des recommandations utiles.

Nous sommes cependant convaincus que les collèges techniques occupent une position stratégique qui leur permet de diffuser la connaissance des mathématiques à l'avantage de la société canadienne. Si la présente Étude aboutissait à la création d'un Conseil des sciences mathématiques, celui-ci devrait effectuer prioritairement une étude complémentaire à la nôtre sur la situation des mathématiques dans les collèges techniques.

## VI. L'enseignement des mathématiques à l'université



«La raison première de l'existence de l'université ne se trouve pas dans la communication de connaissances aux étudiants, ni dans les possibilités de recherche offertes au corps professoral. Elle se justifie par le lien qu'elle établit entre connaissance et joie de vivre. Elle réunit jeunes gens et hommes mûrs dans l'effort imaginaire d'enquête intellectuelle. Si elle transmet de l'information, c'est en l'animant par le don d'imagination. Telle est la fonction qu'elle doit remplir pour le bénéfice de la collectivité. L'université qui échoue dans cette mission n'a plus de raison d'être». – A. N. Whitehead<sup>1</sup>

Nous allons examiner l'enseignement des mathématiques dans les universités du Canada. Le succès de l'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires et les collèges dépend directement des connaissances et des attitudes acquises à l'université par les futurs professeurs de mathématiques. Cependant, parmi les diplômés ayant répondu au Questionnaire, 60 pour cent des bacheliers, 43 pour cent des maîtres et 12 pour cent des docteurs en mathématiques travaillent dans l'industrie ou le secteur public. Il serait donc peu judicieux d'orienter, implicitement ou explicitement, les programmes des départements de mathématiques vers la formation des seuls enseignants<sup>2</sup>.

Pour que les universités ne puissent être accusées des faiblesses relevées par A. N. Whitehead, il leur faudra inculquer à leurs étudiants le désir d'explorer imaginativement l'harmonie, l'utilité pratique et la vaste portée des mathématiques.

## Les programmes de 1<sup>er</sup> cycle

Les données sur les programmes d'enseignement des mathématiques au 1<sup>er</sup> cycle proviennent de trois sources différentes: a) les séminaires, b) le questionnaire, c) les mémoires de personnes très diverses, et surtout de professeurs d'université. Comme il est naturel, les observations ne sont pas unanimes. Cependant, une majorité s'est dégagée parmi les groupes très divers représentés par ces trois sources, et elle a exprimé son opinion de façon si convaincue qu'elle nous a surpris. Nous croyons que 90 pour cent des participants aux séminaires non universitaires, et de 65 à 85 pour cent des diplômés ayant répondu au questionnaire, soutiennent les opinions suivantes:

– Les programmes universitaires ne doivent pas être des programmes de formation technique de spécialistes s'adaptant exactement à un créneau de travail déterminé. L'avantage le plus important de l'étude des mathématiques est l'acquisition d'un nouveau mode de penser, et d'un pouvoir d'analyse que d'autres formations ne donnent guère. La plupart de nos informateurs reconnaissent que les départements de mathématiques des universités canadiennes ont réussi à inculquer ces qualités à un grand nombre de leurs diplômés, et s'en félicitent.

– Cependant, la plupart de ces diplômés hésitent, par crainte ou

par inaptitude, à prendre des décisions en présence de situations peu familières. Ils analyseront et résoudreont avec plaisir tout problème de mathématiques bien défini, se rangeant dans une catégorie qui leur est familière. Par contre, s'il s'agit de problèmes auxquels ils ne sont pas habitués, ou de modélisation de phénomènes réels mal définis, ils se trouvent désemparés. Leur formation a été trop souvent passive, et elle ne leur a pas donné confiance en leurs propres capacités.

– Trop souvent, les diplômés en mathématiques ne sont guère capables de communiquer et de travailler avec d'autres. Cette lacune résulte souvent de leur culture linguistique insuffisante (leur manque d'aisance à s'exprimer verbalement), et de la rareté de leurs contacts avec les sciences autres que les mathématiques. La nature extrêmement individualiste du mode d'enseignement des écoles secondaires et des universités canadiennes en est responsable.

– Les fondements de l'algèbre linéaire, les statistiques et l'informatique, ainsi que les concepts de dérivée et d'intégrale mis à part, on ne peut guère soutenir que les autres parties du programme de spécialisation en mathématiques, que ce soit la théorie des fonctions complexes, la théorie des champs de Galois ou les équations d'Euler, soient nécessaires à l'exercice d'une autre profession exigeant des connaissances mathématiques. Il est cependant souhaitable que les étudiants développent leur aptitude à saisir une théorie mathématique nouvelle pour eux, et à utiliser ses techniques le cas échéant, sans se laisser effaroucher pour autant.

Les départements de mathématiques ne pourront pas aisément modifier leurs programmes de façon à satisfaire à tous les desiderata ci-dessus. Certains obstacles sont solidement ancrés dans le monde universitaire, et ne sont pas particuliers aux mathématiciens. Nous n'exposerons que les plus évidents.

Bien que l'obsession de la publication salvatrice (*Publish or perish syndrome*) soit moins virulente dans les universités canadiennes que dans les établissements étatsuniens, où les facultés d'études supérieures s'efforcent d'obtenir la notoriété, elle caractérise une attitude prédominante des universitaires. Ils sont avant tout fidèles à leur discipline, et cherchent à acquérir de la notoriété et l'estime de leurs collègues en effectuant des recherches dans leur spécialité qui bénéficiera ainsi de l'apport de théories ou de faits nouveaux. Un bon professeur a de l'enthousiasme pour sa discipline. Il changerait s'il ne l'aimait pas, par respect de soi. L'université apparaît ainsi moins comme une collectivité d'hommes d'étude, que comme un ensemble de départements tentant d'acquérir de la notoriété isolément. Dans ces conditions, l'enseignement vise à donner à l'étudiant la formation la plus élevée qu'il soit capable d'atteindre, et qu'on considère ainsi comme la meilleure. C'est seulement par l'application studieuse dans une matière bien circonscrite que l'étudiant se haussera au-dessus du niveau du « bon à tout, propre à rien ».

Bien que cette observation soit très valable, on l'utilise souvent à tort. Trop souvent, la ligne de conduite implicite de nombre de programmes spécialisés est la prolifération du *mathematicus academicus*.

Il en résulte que le département s'intéresse surtout aux étudiants qui semblent avoir la vocation de professeur ou de chercheur en mathématiques. Il n'attache guère d'importance aux autres, qui doivent se contenter des reliefs du banquet auquel les élus ont été conviés.

Cette attitude, que nous caricaturons bien sûr, est particulièrement absurde lorsqu'elle se manifeste parmi les mathématiciens de presque toutes les universités canadiennes! Mais elle prédomine aussi dans presque tous les départements des sciences humaines et naturelles. Elle est en fait largement responsable du malaise qui affecte les universités du monde occidental. Il serait insensé d'espérer la disparition immédiate d'une attitude si généralisée. Mais on peut espérer que les mathématiciens canadiens seront à même de l'envisager de façon plus rationnelle que beaucoup de leurs collègues.

Un autre facteur donne une importance excessive à la mémorisation des faits, plutôt qu'au développement de l'intellect et des aptitudes à la cogitation mathématique: le bon mathématicien adore les mathématiques. Il s'en sustente avec plus de délices que l'amateur de bon vin ne savoure un Corton Clos du Roi de 1961. Il ne réussit pas à comprendre pourquoi d'autres n'en retirent pas autant de satisfaction. Cette attitude est caractéristique des jeunes enseignants qui s'enthousiasment pour leur discipline. Bien des étudiants les admirent pour leur intérêt passionné envers une matière aussi inoffensive que les mathématiques. Ils sont en tout cas plus intéressants à écouter que les cyniques. Même les étudiants réfractaires aux mathématiques parlent en termes chaleureux de leur professeur si enthousiaste. Il se peut qu'ils n'apprennent pas grand-chose, mais au moins se rendent-ils compte que la vie vaut la peine d'être vécue. On aurait tort de s'en moquer.

Il est naturellement plus aisé d'enseigner des faits et des théories mathématiques que de montrer comment travailler et communiquer avec d'autres. Pour éviter cette corvée, certains professeurs de mathématiques en rejettent la charge sur les écoles secondaires, les départements d'anglais, les psychologues, les scouts, la famille et l'Église. Ce n'est pas l'affaire du département de mathématiques! Chacun sait que celui-ci n'est responsable que de sa propre discipline. Sa tâche est d'enseigner ce que sont les groupes, les corps, les nombres réels, les filtres, les statistiques, l'espace de Hilbert, les équations différentielles et, à l'occasion, leurs applications. Il sait d'expérience qu'il est presque impossible d'y réussir. Nul autre n'a la compétence nécessaire pour s'y atteler. Il n'est donc pas raisonnable de demander davantage aux mathématiciens . . . Tels sont les arguments qu'ils avancent lorsqu'ils sont entre eux.

En outre, il est plus facile de faire passer un examen aux étudiants pour savoir s'ils sont capables de résoudre un problème de mathématiques bien posé ou de démontrer le théorème de Heine-Borel, que de déterminer leur aptitude à élaborer le modèle d'un phénomène mal défini, à communiquer leurs idées, ou à travailler avec d'autres. Dans ces domaines inexplorés, les notes perdraient leur limpide objectivité. Il faudrait émettre des jugements subjectifs, vagues

et inacceptables, comme ceux pour lesquels les professeurs des sciences sociales et humaines sont constamment critiqués.

Il existe de bonnes et de mauvaises raisons justifiant les départements de mathématiques qui se contentent de donner une formation technique dans leur discipline. Mais l'opinion générale est claire: «Vous auriez dû faire celà, mais sans négliger le reste».

## **Que pouvons-nous faire?**

Les mémoires présentés et les séminaires ont suggéré de nombreuses actions. Cependant, c'est à chaque département de mathématiques de découvrir celles qui lui conviennent, en se fondant sur la perspicacité et la capacité de son corps enseignant, sur les objectifs et la valeur de ses étudiants, et sur les ressources locales. Rares sont les départements qui ne tireraient pas profit d'un examen critique de leur programme à la lumière des observations découlant de l'Étude, ou des réponses au questionnaire reproduit à l'Annexe A, et résumées ci-dessus, voici quelques propositions:

1° La plupart des professeurs de mathématiques du 1<sup>er</sup> cycle admettent qu'ils visent, non à inculquer des faits, mais plutôt à enseigner un mode de penser. C'est ce que nous entendons par la «cogitation mathématique». En dépit de cela, le corps enseignant consacre la plus grande partie de ses efforts à donner des avis aux étudiants, puis à juger ceux-ci, non sur leurs aptitudes au raisonnement mathématique, mais sur leur mémoire à retenir le contenu du cours. Ces habitudes découlent d'une pratique médiévale de l'Université de Bologne. Au début de l'année scolaire, l'étudiant y concluait avec le professeur un contrat précisant le nombre exact de pages du texte que ce dernier devrait exposer (il était seul à en avoir un exemplaire). S'il n'avait pas rempli son contrat à l'expiration de l'année scolaire, les étudiants ne payaient pas d'honoraires!

Les professeurs de mathématiques devraient consacrer plus de temps et d'efforts à encourager, et même à contraindre les étudiants à raisonner en mathématiciens. Ainsi apprendraient-ils certaines parties des sciences mathématiques. Mais le contenu du cours de mathématiques serait choisi empiriquement, de façon à développer au maximum le pouvoir de raisonnement mathématique. Il existe d'ailleurs une formule adéquate à cet égard: «On peut seulement acquérir de hautes qualités intellectuelles, mais pas les enseigner». L'étudiant moyen éprouve des difficultés à raisonner en mathématicien. Beaucoup d'étudiants voudraient que le professeur écrive tout au tableau, de manière à en prendre copie, et ils croient injuste d'avoir à passer un examen sur un sujet qui n'a pas été traité en détail dans le cours. Ils étudient en vue de resservir presque mot pour mot, lors des examens, ce qu'on leur aura seriné. La méthode de gavage & régurgitation n'exige guère d'effort créateur de la part des enseignants et des étudiants; c'est pourquoi elle est si tentante.

Les mathématiciens sont aussi sensibles à un autre genre d'attrait. Certains thèmes, tels la théorie des fonctions complexes, la théorie des corps de Galois, la programmation convexe, ou les  $C^*$ -algèbres ont une grande élégance intrinsèque, et une beauté analogue à celle d'une fugue de Bach. Le professeur est ravi d'exposer un tel thème, et les étudiants d'en suivre l'exposition. Mais la contemplation esthétique des hautes mathématiques ne constitue pas une activité exigeante de raisonnement mathématique. Elle peut même saper l'énergie qui lui est nécessaire. Un fait semblable a marqué les débuts de la Compagnie de Jésus. Les moines espagnols se délectaient dans la prière. C'est alors qu'Ignace de Loyola leur ordonna de cesser de tant prier, de passer à l'action et de soigner les malades et les pauvres. C'est à l'école secondaire que les élèves, étudiant seulement des théories mathématiques complètes, deviennent erronément convaincus que toutes les mathématiques sont élégantes et brillantes.

L'observation pratique que nous voulons faire ici a déjà été mentionnée fréquemment. Les mathématiciens ne devraient pas tant s'efforcer d'exposer les grandes portions logiques et cohérentes des sciences mathématiques. Ils devraient employer des méthodes pédagogiques contraignant les étudiants à penser par eux-mêmes et, par conséquent, insister sur les aspects suivants:

- a) origine et cadre des problèmes;
- b) méthodes de résolution intuitive, par tâtonnements, (utilisées en fait par tous les mathématiciens), au lieu de l'exposé rapide de solutions élégantes;
- c) résolution de problèmes par des étudiants en groupes, ou sous la conduite de répétiteurs;
- d) programmes d'étude indépendants réalisés par des étudiants isolés ou par des groupes. Bien entendu, cette méthode d'enseignement est plus ardue que la méthode habituelle de «gavage & régurgitation». Certains étudiants mettront des bâtons dans les roues. Quant aux autres, il est possible d'en obtenir une participation fervente, si on leur explique soigneusement les avantages des talents qu'ils peuvent ainsi acquérir, et si les examens sont conduits de façon raisonnable. Tout compte fait, le succès à l'issue d'un réel effort de raisonnement mathématique contente mieux que la contemplation passive. La cogitation mathématique est un plaisir!

2° Les mathématiciens doivent nouer des relations plus étroites avec les spécialistes d'autres disciplines, telles que la physique, la chimie, le génie, l'économique, la psychologie et la biologie. Chaque mathématicien devrait acquérir des connaissances solides dans une autre discipline universitaire au moins. Il serait ainsi capable de discuter les travaux de recherche de ses spécialistes, et de les aider pour l'aspect mathématique. Le département de mathématiques de taille moyenne pourrait ainsi avoir des contacts sérieux avec les utilisateurs universitaires de mathématiques, et convaincre les étudiants de la contribution des mathématiques dans leur discipline.

On peut réfuter de deux façons les protestations du jeune mathématicien déclarant que la rédaction d'études dans sa spécialité ne lui laisse pas le temps d'étudier une autre discipline:

a) Il aurait dû au cours de ses études universitaires acquérir des connaissances dans un autre domaine. Nous reviendrons sur ce point.

b) La familiarisation du mathématicien avec une autre discipline est plus importante pour l'université et la collectivité mathématique que bien des études présentées par les mathématiciens, au Canada ou à l'étranger. En outre, la plupart des mathématiciens tireront plus de satisfaction d'une interaction effective avec d'autres spécialistes que de la publication d'une étude qu'eux seuls liront, avec le jury de publication.

3° Il faudrait que l'étudiant se spécialisant en mathématiques s'inscrive à un cours dans une autre discipline utilisant largement les mathématiques. Son département devrait surveiller cette étude pour s'assurer qu'il comprend le rôle joué par les mathématiques dans cette discipline. On a soutenu qu'il se trouve, de temps à autre, un étudiant ne réussissant qu'en mathématiques, et s'y intéressant exclusivement en vue de devenir un spécialiste des mathématiques pures; il serait donc faux de le contraindre à étudier une autre spécialité. À moins de devenir un Gauss, un Hilbert ou un von Neumann, il est cependant peu probable qu'il puisse obtenir un poste au Canada s'il ne peut communiquer avec des spécialistes d'autres disciplines. Si un nouveau Gauss apparaissait, on reconnaîtrait ses talents, justifiant un traitement spécial. Gauss, Hilbert et von Neumann excellaient d'ailleurs dans des disciplines autres que les mathématiques!

4° La plupart des départements d'anglais et de français ne se chargent pas de la tâche ingrate et difficile d'enseigner l'utilisation de la langue comme instrument de communication. Ce travail pénible ne les intéresse pas, et ils préfèrent analyser l'exposé littéraire des péripéties de l'existence et des valeurs humaines. Ce sont donc les départements de mathématiques qui devront enseigner à leurs étudiants comment communiquer avec le monde extérieur, car les écoles élémentaires et secondaires ont failli à cette tâche au cours de ces dernières années. Les départements pourront utiliser trois méthodes:

a) Notation sévère de la présentation, de la grammaire et de l'orthographe des devoirs écrits.

b) Présentation chaque année, par l'étudiant, d'au moins deux courts essais portant sur l'histoire ou les applications des mathématiques.

c) Présentation de la moitié des devoirs par des groupes de trois à cinq étudiants invités à discuter des solutions, et à se les expliquer réciproquement. Le rédacteur soumettant le devoir serait choisi par permutation.

5° La plupart des départements de mathématiques ont basé la gamme des cours du premier cycle sur un fondement de cursus de spécialisation. Celui-ci comprend, ordinairement, une séquence d'au moins huit cours et souvent, selon les options, jusqu'à vingt. L'Université Queen's offre jusqu'à vingt-quatre cours dans son cursus de spécialisation. Ceci est typique des grands départements de mathématiques tels ceux des universités Dalhousie, Laval, McGill, de Toronto, de Waterloo, du Manitoba, de l'Alberta et de la Colombie-Britannique. L'accent donné au cursus de spécialisation est si répandu que quelques-uns des petits départements de création récente lui consacrent la moitié, ou plus, de leurs efforts pédagogiques, bien qu'ils n'aient que deux ou trois étudiants de troisième et quatrième année se spécialisant en mathématiques, et qu'ils pourraient enseigner des centaines d'utilisateurs des mathématiques.

Comment expliquer cette situation absurde? Très simplement par un phénomène de comportement grégaire. Entre 1930 et 1960, les cours de mathématiques, physique et chimie de l'Université de Toronto constituaient un magnifique programme qui attirait une forte proportion des meilleurs étudiants de l'Ontario (les boursiers d'histoire et d'humanités s'incrinaient fréquemment à ce programme). Ce dernier acquit une grande réputation, d'ailleurs méritée, grâce aux nombreuses récompenses obtenues par ses diplômés au Prix Putnam, et à leurs succès dans les grandes facultés d'études supérieures des É.-U. Les autres départements de mathématiques imitèrent celui de Toronto, et leur corps enseignant comprenait souvent des diplômés de cette université.

En outre, tout jeune titulaire de doctorat désire enseigner les connaissances de pointe dans sa spécialité. Avant 1950, il n'y avait, au Canada, qu'un très petit nombre d'étudiants en mathématiques des cycles supérieurs. Aussi chaque jeune professeur désirait-il donner un cours avancé pour étudiants spécialisés. Comme chaque universitaire «de qualité» est fidèle à sa discipline, nous fûmes convaincus que notre devoir était et est encore d'exposer tous les aspects possibles des mathématiques au petit nombre de ceux qui sont assez perspicaces pour l'écouter. Cela satisfaisait en même temps notre instinct de prolifération (La Bible ne dit-elle pas: «Croissez et multipliez»)!

Dans un tel contexte, le cours de complément apparaît comme une tâche fastidieuse, distrayant le mathématicien de sa vraie vocation, bien que ce soient les inscrits à ces cours qui utilisent effectivement les mathématiques à l'avantage de la société, et qui justifient le traitement du professeur. C'est parmi eux que se recruteront un grand nombre de dirigeants du secteur public, de l'industrie et de la banque. L'attitude future de la société à l'égard de la collectivité mathématique dépend essentiellement de l'expérience acquise par ces étudiants dans leur cours de complément de 1<sup>er</sup> cycle.

En conséquence, la plupart des départements de mathématiques au Canada devraient remanier la liste de leurs cours à l'avantage des utilisateurs des mathématiques. Ceci fait, ils pourraient envisager la

mise en œuvre d'un programme de formation spécialisée des étudiants se destinant aux mathématiques pures et appliquées. Ce dernier attribuerait moins d'importance aux cours magistraux qu'à l'étude indépendante. Il encouragerait les étudiants à lire et à analyser des ouvrages de mathématiques, à en faire la synthèse et à s'attaquer à des problèmes soit seuls, soit en collaboration avec d'autres étudiants.

6° En vue d'abattre les barrières dressées entre les mathématiciens et ceux qui utilisent les mathématiques, il faut établir des passerelles nombreuses entre les mathématiciens des universités et des collèges techniques d'une part, et les utilisateurs des mathématiques des secteurs des affaires, de l'industrie et de l'Administration, d'autre part. Le placement, en stage d'été, des étudiants dans des postes nécessitant l'utilisation des mathématiques constitue un pas dans la bonne direction, tout comme le placement en cours d'année effectué dans le cadre du Programme de cours alternés (*Co-op System*) de l'Université de Waterloo. Cependant, il est nécessaire que les *professeurs* d'université eux-mêmes aient acquis une expérience directe dans ces postes utilisant les mathématiques. C'est à cette condition que les programmes correspondront aux besoins, et que les cours seront enseignés comme il convient. C'est pourquoi il faudrait faciliter les détachements des mathématiciens entre universités, collèges techniques, Administration, affaires et industrie. Les employeurs des secteurs privé et public se montrent inconséquents quand ils dressent des barrières psychologiques et pratiques à toute interaction effective, et accusent ensuite les professeurs de se cantonner dans leur tour d'ivoire. Des contacts réels seraient peu coûteux: En supposant que les frais de voyage et les dépenses courantes d'un détachement de deux à six mois équivalent en moyenne à 15 pour cent du traitement d'un professeur, il suffirait de 3 pour cent de l'enveloppe des traitements, pour que chacun des membres du corps professoral puisse en bénéficier tous les cinq ans. La répartition de ces dépenses entre les universités, l'industrie et l'Administration les rendraient bien minimales, par rapport aux avantages à long terme qu'elles leur procureraient. Il existe un obstacle immédiat: la conviction des jeunes universitaires que leur avancement et leur notoriété ne dépend que du nombre de leurs publications. Il serait donc nécessaire d'envisager un remaniement complet du mécanisme rétributif universitaire si le programme était mis en œuvre. Nous étudierons ces questions plus en détail dans le chapitre VIII.

Pour démarrer, il nous faut un plus grand nombre d'universités et d'industries où les conditions seraient favorables à une telle initiative. Sur le plan de l'Administration fédérale, il devrait être possible au MEST de mettre de côté le formalisme bureaucratique de la Commission de la Fonction publique, et d'arranger des détachements expérimentaux entre départements de mathématiques et ministères fédéraux. On pourrait, au début, mettre sur pied divers programmes-pilotes qui permettraient de dégager des règles d'action favorisant les interactions, tout en satisfaisant aux exigences de la comptabilité publique.



## La crise du doctorat en mathématiques

En 1961, les universités canadiennes avaient décerné onze doctorats en mathématiques. Ce nombre est passé à quatre-vingt-quatorze en 1973. En 1960–1961, le CNRC a alloué 87 500 \$ à la recherche mathématique. Il a porté ce montant à 2 461 500 \$ en 1972–1973. Ces chiffres montrent un développement extrêmement rapide des études supérieures et de la recherche pendant cette période. Une partie considérable des subventions du CNRC a servi à aider les étudiants des cycles supérieurs. En 1961, les universités occupaient environ 250 mathématiciens comme professeur adjoint, ou mieux. Ce nombre atteignit environ 1 300 en 1973.

L'Annexe A montre que, sur les 168 docteurs en mathématiques canadiens ayant répondu au questionnaire, 82 pour cent sont employés par des universités ou des collèges techniques. Cette situation confirme l'impression générale de la collectivité mathématique, selon laquelle la plupart des candidats au doctorat en mathématiques espèrent trouver des postes universitaires. C'est ce que la plupart d'entre eux ont fait dans le passé. La récente diminution de l'enveloppe budgétaire consacrée aux universités a soudainement interrompu la croissance des départements de mathématiques. Le développement rapide du corps enseignant après 1960 s'était produit au niveau le moins élevé, justifiant l'engagement de jeunes professeurs. C'est pourquoi assez peu de membres du corps enseignant prendront leur retraite dans les dix prochaines années.

Ces facteurs se sont conjugués pour engendrer une crise du doctorat, qui secoue la collectivité mathématique universitaire depuis trois ans. D'après l'Annexe C, le nombre de professeurs adjoints, agrégés et en titre enseignant dans les départements des sciences mathématiques a augmenté de plus de 900 entre 1960 et 1970. Pendant la même période, ces départements n'ont conféré qu'environ 360 doctorats. Le déficit, qui excède 500, a été comblé en partie par des Canadiens ayant étudié dans des écoles supérieures des É.-U., mais pour les années 1971, 1972 et 1973, les chiffres correspondants sont les suivants:

	1971	1972	1973
Augmentation du nombre des professeurs	80	38	27
Nombre de doctorats en mathématiques conférés au Canada	86	88	94

Ces chiffres obligent à reconnaître que le problème des délais rend presque impossible l'élaboration d'une stratégie rationnelle et viable de la formation des cadres. Pendant les années 1960, les nationalistes exigeaient que le corps enseignant universitaire fût composé exclusivement de Canadiens. Les besoins du Canada en docteurs en mathématiques pour 1965 ont été finalement satisfaits en 1971, précisément quand il est apparu qu'il n'aurait besoin que de la moitié des nouveaux titulaires de doctorats! On pourrait modifier légèrement l'aphorisme de

Malcolm Muggeridge relatif au doyen et au chapitre de l'abbaye de Westminster et dire: «Ce que les gouvernements provinciaux approuvent aujourd'hui a déjà été aboli hier par l'histoire».

Les mathématiciens universitaires ne sont pas les seuls à avoir adopté intempestivement une échelle de valeurs et des perspectives adaptées à une croissance exponentielle, brusquement interrompue. Les chiffres cités pour 1971, 1972 et 1973 indiquent qu'environ la moitié des Canadiens ayant obtenu un doctorat en mathématiques pendant ces années n'ont pas trouvé de poste universitaire permanent au Canada, et n'ont que peu de chances d'y parvenir<sup>3</sup>. Cette situation leur est psychologiquement fort pénible, car elle représente la faillite de leurs plus chers espoirs. La collectivité mathématique en a également ressenti profondément les effets, et elle doit réexaminer le processus de formation au doctorat. Cette révision s'imposait depuis longtemps, mais la nature humaine étant ce qu'elle est, les mathématiciens n'ont pas voulu voir cette nécessité avant que les faits ne les y contraignent.

Le désastre qui a frappé les mathématiciens canadiens en 1971 ou 1972<sup>4</sup> s'était déjà produit deux ans plus tôt aux É.-U. Le même désastre avait frappé la collectivité nord-américaine de la physique il y a six ou sept ans, lors du ralentissement du programme de l'Office étatsunien d'aérocosmonautique (NASA). À la séance annuelle des *American Mathematical Societies* et *Mathematical Association of America*, les participants ont fait une excellente analyse des conclusions à tirer du tour pris par les événements.

## **La nature du doctorat d'université en mathématiques**

Le processus de formation au doctorat a varié selon les époques, et d'un pays à l'autre. Des différences considérables caractérisent ce qu'on attend des candidats aux doctorats de disciplines différentes. Voyons le cas du doctorat en mathématiques.

En principe le doctorat est attribué au mathématicien créateur, dont la thèse a fait un apport original en mathématiques, et qui, tel un Gauss en puissance, promet d'autres contributions à cette science. D'autre part, le doctorat constitue la carte syndicale pour entrer dans le corps enseignant universitaire. Tels sont les deux aspects traditionnels du doctorat. Tout département de mathématiques respectable exige que la thèse «soit originale et présente une valeur suffisante pour mériter publication». Toute université respectable exige un doctorat des membres permanents de son corps professoral.

Ces deux rôles du doctorat, signe de probité professionnelle et de potentiel créateur, sont de plus en plus mis en doute. Ils étaient peut-être valables au XIX<sup>e</sup> siècle, alors qu'une élite très peu nombreuse fréquentait l'université, et qu'il était possible à un cerveau encyclopédique de connaître toutes les mathématiques, la plupart de la physique et quelques autres disciplines.

Au cours des quarante dernières années, la généralisation de l'instruction publique, et le cloisonnement des mathématiques en étroites

spécialités, ont fait que cette conception du doctorat est complètement périmée. L'algébriste distingué I. N. Herstein, Canadien d'origine, enseignant à Chicago, n'est qu'un des nombreux mathématiciens ayant demandé qu'on reconsidère le processus de formation au doctorat<sup>6</sup>. La crise actuelle de l'emploi des docteurs en mathématiques met en évidence l'une des lacunes aveuglantes de leur formation. La spécialisation de nombre d'entre eux est si étroite qu'elle ne leur laisse aucune possibilité d'adaptation. Ils croient inconsciemment que le seul objectif de leur carrière est la poursuite sans relâche de la sous-spécialité qui était le sujet de leur thèse. On trouve bien peu d'esprits originaux parmi les candidats ordinaires au doctorat, et il semble que la seule voie sûre vers l'«originalité» soit par quelque sentier caché que personne d'autre que le directeur de thèse n'aura jamais foulé, ou désiré pénétrer! Presque inévitablement, le thésard, peut-être à la suggestion de son directeur, découvrira quelque charmante violette que personne n'a jamais remarquée. Cette recherche causera deux à trois années de forte tension émotionnelle, car nombre d'étudiants trouvent que cet exercice ne rime absolument à rien. Ces années auraient pu servir à l'acquisition beaucoup plus fructueuse d'une ample perspective sur les mathématiques et leurs applications.

Si le nouveau docteur en mathématiques devient professeur adjoint, son doyen décidera qu'il n'aura aucun avancement avant qu'il ne publie des textes et n'enseigne des étudiants du 2<sup>e</sup> cycle. Dans quel domaine peut-il diriger les travaux d'un étudiant diplômé? Dans sa propre spécialité, ou dans un volet encore plus abstrus de celle-ci.

Une enquête sur la promotion de 1950 des docteurs en mathématiques d'Amérique du Nord a montré qu'environ 30 pour cent d'entre eux n'avaient rien publié que leur thèse. Selon n'importe lequel des critères habituels, seulement 20 pour cent ont manifesté de la créativité. Quatre-vingt pour cent se trouvent dans une zone grise déprimante. Le processus de formation des docteurs en mathématiques est donc désastreusement inefficace pour conduire aux objectifs fabuleux qui en justifient le rituel. Il y a bien vingt ou trente ans que cette vérité est devenue évidente. Et, cependant, les milieux universitaires ont continué à suivre le mouvement grégaire et à viser des satisfactions égocentriques.

Tout le monde voyait bien que l'inévitable allait se produire. Les chiffres mentionnés au début du présent chapitre sont éloquentes. Le Canada a besoin, au plus, d'un très petit nombre de docteurs en mathématiques du genre formé au cours des vingt dernières années.

Il ne faudrait cependant pas conclure qu'on n'a plus besoin de docteurs en mathématiques; il nous en faut beaucoup plus qu'à présent, mais de formation et d'aspirations différentes. La collectivité mathématique devra s'efforcer de se débarrasser des méthodes périmées, et des modes de pensée traditionnels. Il faudrait de trois à cinq ans pour réaliser des progrès notables, et dix ans pour modifier fondamentalement et salutairement les méthodes des facultés d'enseignement supérieur, à condition d'avoir la volonté de le faire.

L'histoire des deux derniers siècles montre que les mathématiques

ont joué un rôle de plus en plus capital dans le développement de notre société technocentrique. Elles ont permis d'analyser les forces économiques qui régissent notre activité, et les relations complexes entre l'Homme et la Nature, qui déterminent les possibilités de vie satisfaisante. La rapidité de diffusion des mathématiques (de complexité et d'abstraction toujours croissantes) dans presque toutes les autres disciplines intellectuelles est frappante. *Il nous faut un nombre beaucoup plus grand, pas moindre, de mathématiciens de haute compétence et d'esprit créateur, capables d'élaborer et d'utiliser valablement des modèles mathématiques des phénomènes physiques, sociaux, économiques et biomédicaux qui touchent l'Humanité. Il nous faut également un corps enseignant universitaire capable d'assurer la formation complète de ces spécialistes.*

Le Comité Lamontagne<sup>6</sup>, ainsi que de nombreux groupes et Canadiens isolés, ont signalé que l'effort de R & D dans toutes les disciplines scientifiques attachait trop d'importance à la recherche, et pas assez à leur exploitation. Cette répartition est de 99 pour la recherche contre 1 en matière de Recherche & Diffusion mathématiques, si l'on se base sur les vues de l'*American Mathematical Society*, et les critères d'avancement des départements de mathématiques «principaux». Cela signifie que la plupart des spécialistes des mathématiques pures ou appliquées n'ont pas estimé indispensable d'expliquer les résultats qu'ils ont obtenus à d'autres qu'à leurs pairs. Ce dernier mot désigne simplement la chapelle d'initiés avec lesquels ils communiquent verbalement. D'après l'évaluation irrévérencieuse d'un ancien rédacteur de revue critique, les articles qui valent à leurs auteurs avancement et notoriété ne sont lus sérieusement que par un peu moins d'une personne en moyenne, outre l'auteur et le lecteur du jury de publication. Il est rare que le mathématicien-chercheur fournisse une interprétation des résultats qu'il a obtenus aux spécialistes des autres disciplines, et en tout cas, presque jamais à des physiciens ou à des économistes. On note parfois des exceptions: Hermann Weyl et John von Neumann autrefois, et Michael Atiyah de nos jours. Ces exceptions confirment la règle.

Les mathématiciens français poussent le raisonnement logique à l'extrême. Le groupe Bourbaki<sup>7</sup> fournit l'exemple le plus pur de cette attitude que nous critiquons. Il faut, en toute justice, reconnaître qu'il a fait plus qu'aucun autre groupe pour encourager de fructueuses prises de contact entre des branches distinctes des mathématiques. Cependant, ses membres ont paru tirer par le passé de la fierté, pour ne pas dire de la gloire, d'une poursuite aussi exclusive de la perfection mathématique, méprisant toute application possible. Si raisonnables qu'aient pu se montrer quelques Bourbakistes, en privé, leur attitude publique ne l'était guère.

Et pourtant, ce sont deux Français, A. Grothendieck<sup>8</sup> et C. Chevalley<sup>9</sup> qui prétendent que les mathématiciens sont les laquais de la clique militaro-industrielle. Il est possible qu'en privé leurs vieilles habitudes et leur amour des mathématiques prennent secrètement le dessus, mais pas en public. Il y a dix ans, bien des mathématiciens

auraient désigné Grothendieck et Gelfand comme les deux plus grands mathématiciens vivants. Aussi la volte-face de Grothendieck a-t-elle causé un choc à la collectivité mathématique. Comment les mathématiciens de moindre importance oseraient-ils éviter de se demander: «Grothendieck a-t-il raison?»

L'attitude récente de celui-ci n'apparaît pas déraisonnable, si l'on tient compte du contexte irréaliste entourant les études supérieures et la recherche, aux yeux des mathématiciens universitaires de ces dernières décennies.

La plupart des mathématiciens ne sont heureusement pas aussi entichés de logique que les Français, et leurs activités n'ont pas été entièrement dominées par les attitudes critiquées ci-dessus; sinon le char des mathématiques se serait embourbé il y a trente ans. En fait, il a continué à avancer, et c'est seulement de nos jours qu'on entend des craquements menaçants.

## **Une interprétation nouvelle du doctorat**

Si l'argumentation qui précède est fondée, il convient de remanier le processus de formation au doctorat en mathématiques. Voici quelques changements possibles:

1° Il faut interpréter l'«originalité» d'une thèse, de façon plus large. Plutôt que de suivre l'interprétation littérale, et d'exiger que la thèse contienne des résultats mathématiques «nouveaux», il faut demander au candidat la preuve qu'il possède une tournure d'esprit originale et qu'il envisage les mathématiques de façon fortement imaginative. L'obtention de résultats mathématiques «nouveaux» pourrait fournir cette preuve, mais ils ne sont pas indispensables; des idées nouvelles sur l'utilisation des mathématiques ou sur les relations entre différentes branches de cette science le pourraient tout aussi bien.

2° Il faut reconnaître que le praticien d'une branche quelconque des mathématiques est un spécialiste, et que le doctorat est une qualification professionnelle.

3° Il faut remanier la formation de 3<sup>e</sup> cycle à l'avantage des mathématiciens de haute compétence dont notre société a besoin. Il est bon d'ajouter (comme le corroborent les observations d'un mathématicien cubain et d'un mathématicien brésilien rapportées au chapitre III), que les différentes sociétés ont des besoins dissemblables, de sorte qu'il n'existe pas de définition universelle de la formation au doctorat.

4° La formation de 3<sup>e</sup> cycle devrait donner beaucoup plus d'importance à l'activité d'exposition des résultats. Celle-ci exige des capacités de présentation, de communication aisée et, au minimum, une bonne connaissance des concepts et de la terminologie d'un domaine actuel ou éventuel d'application des mathématiques.

5° Le candidat reçu au doctorat devrait avoir une bonne perception de l'histoire et du rôle social des mathématiques.

6° Il faudrait encourager la rédaction de thèses sous les auspices d'un comité de mathématiciens avec des représentants d'une ou de

plusieurs autres disciplines. Cette mesure permettrait de donner une attitude plus ouverte aux candidats au doctorat, et encouragerait les membres du corps enseignant universitaire à mieux comprendre et à travailler ensemble, malgré le cloisonnement entre disciplines.

Le lecteur remarquera que nos suggestions pour la réforme du doctorat ressemblent à ce qui a été proposé pour l'amélioration des études spécialisées du premier cycle. Le candidat au doctorat devra, en outre, acquérir beaucoup plus d'autonomie en matière de formulation et de résolution des problèmes, et une vision plus complète de l'envergure des concepts mathématiques. Il devra être à même d'exposer ce qu'est le raisonnement mathématique aux élèves, aux enseignants, aux cadres de l'industrie, aux fonctionnaires et aux scientifiques d'autres disciplines.

## **La maîtrise**

Il serait peut-être préférable, sur les plans tant économique que psychologique, d'apporter quelques-unes de ces modifications au cours de maîtrise quelques années, ou même dix ou vingt ans avant de le faire pour le cours de doctorat. En raison de sa réputation particulière, les cadres dirigeants de l'industrie et de l'Administration trouvent que le docteur en mathématiques est trop spécialisé. Cette opinion cause de graves troubles psychologiques à ce dernier, surtout s'il la partage.

De nombreux postes des secteurs de l'enseignement, de l'industrie et de l'Administration, accessibles il y a vingt ans à un bachelier en mathématiques, exigent maintenant une maîtrise. Une ou deux années d'études du second cycle permettent à l'étudiant de compléter sa formation en mathématiques, et d'acquérir une large connaissance d'un ou deux sujets complémentaires. Il est possible que certains objectifs précédemment tracés pour le programme du premier cycle puissent être plus sûrement atteints au cours du 2<sup>e</sup> cycle.

Il est certain que les études du 2<sup>e</sup> cycle permettent à l'étudiant (et à ses professeurs) de juger s'il doit viser le doctorat. Par elles-mêmes, cependant, elles jouent un rôle important. On ne doit pas considérer le détenteur d'une maîtrise comme un candidat au doctorat resté en panne, comme le font certaines, particulièrement dans les grandes facultés étatsuniennes d'études supérieures. Les départements qui offrent des programmes de maîtrise devraient en examiner soigneusement les objectifs, la structure et le contenu.

Il n'y a pas avantage à proposer ici des programmes détaillés d'études supérieures. L'histoire des universités montre que les changements importants aux programmes d'enseignement ne peuvent être réalisés que peu à peu. Ils sont sans valeur s'ils ne sont compris et approuvés par ceux qui sont chargés de les enseigner.

Il nous semble que de nombreux professeurs attachent aveuglément trop d'importance à la stipulation d'originalité pour la thèse de doctorat, et qu'un sentiment d'incompétence et d'insécurité les envahit s'ils ont à diriger une thèse sortant de leur étroite spécialité. Et pour-

tant, pendant la guerre, des professeurs d'algèbre sont devenus experts en balistique externe; des topologistes ont réalisé de fructueuses recherches opérationnelles. La plupart des mathématiciens universitaires sont fort intelligents: Ils sont capables d'apprendre presque tout ce qu'ils veulent réellement; mais les changements que nous proposons pour les études supérieures exigeront d'eux qu'ils modifient leurs activités et changent d'objectifs.

Bien entendu, ils regimberont, parce que c'est humain, et qu'il est plus aisé de suivre les ornières habituelles. À la longue, cependant, les changements proposés tourneront à l'avantage de la société et de la collectivité mathématique. Leur mise en œuvre apporterait de grandes satisfactions aux nombreux mathématiciens de tous âges qui y contribueraient. Les mathématiciens doivent se libérer de toute entrave aux progrès dans cette voie, avec l'encouragement des ministères de l'Instruction publique, des présidents et doyens d'universités et des politiques fédérale et provinciales de soutien de la recherche et des études supérieures.

## **Recommandation**

Pour encourager les départements de mathématiques à agir à propos des problèmes mentionnés au Chapitre VI, le Comité mixte recommande qu':

– à l'initiative de la Société mathématique du Canada, les six associations de mathématiques commanditant l'Étude créent un groupe de travail chargé d'examiner les programmes de mathématiques des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles, et proposent les structures et les contenus qu'elles estiment convenir au Canada, maintenant et dans le proche avenir.

## VII. La recherche



«J'appartiens à tout ce que j'ai trouvé;  
Mais l'expérience dresse un portique au delà duquel  
Scintille un monde inexploré, dont les limites s'estompent  
Au fur et à mesure que j'y pénètre». – Alfred Tennyson<sup>1</sup>

Dans les deux chapitres précédents, nous avons fait quelques observations défavorables au sujet de la recherche mathématique. Mais il n'y a aucun doute que la recherche ne constitue l'âme de l'activité mathématique. Le département de mathématiques n'effectuant pas de recherche active ne saurait conserver longtemps son dynamisme. La même attraction irrésistible, qui a entraîné Ulysse au-delà du monde connu, pousse les mathématiciens à ériger l'édifice des mathématiques modernes. A. N. Whitehead signale dans son ouvrage: «Science and the Modern World», que les mathématiques modernes surpassent toutes les grandes réalisations de l'esprit humain, à l'exception, peut-être, de la musique. Il est possible que ce mathématicien ait été partial; mais nul ne contestera que les mathématiques constituent un merveilleux trésor culturel.

Elles fournissent aussi des instruments intellectuels maniables. On a reconnu le paradoxe d'une appréhension et d'une maîtrise du monde concret grâce à la poursuite des abstractions mathématiques. En effet, la recherche mathématique a constitué le fondement de nombreux progrès et découvertes:

– La radio, la télévision, les extraordinaires photos envoyées de la Lune et de Mars n'ont été possibles que grâce aux théories mathématiques de l'électricité et du magnétisme dues à Laplace, Kelvin et Maxwell.

– La construction des centraux téléphoniques et des ordinateurs s'est fondée sur des développements algébriques complexes de l'œuvre de George Boole sur la logique et la théorie des ensembles.

– On a pu guider les vaisseaux spatiaux avec une précision fantastique, et les poser sur la Lune grâce à la résolution d'équations différentielles décrivant le modèle newtonien du système solaire.

– Les méthodes modernes de détection des tumeurs du cerveau ou des maladies du cœur se basent sur l'analyse des formes d'ondes au moyen de méthodes élaborées par Fourier pour l'étude des fonctions périodiques.

La plupart des Canadiens n'ont qu'une notion bien vague du rôle subtil, mais souvent crucial, joué par les mathématiques supérieures dans leur propre existence. La quantité et la diversité des mathématiques utilisées ont crû exponentiellement au cours des cent dernières années, et aucun ralentissement ne se manifeste. Les mathématiques s'introduisent chaque jour dans de nouveaux aspects de notre vie.

Cette situation est due, en premier lieu, aux recherches effectuées par les mathématiciens d'autrefois et d'aujourd'hui. Les théories mathématiques ainsi imaginées ont fourni aux physiciens, aux chimistes, aux ingénieurs, aux biologistes, aux économistes, etc., les

instruments intellectuels sans lesquels il leur serait impossible de comprendre ou de maîtriser l'environnement.

## Motifs des mathématiciens effectuant la recherche

Nous en avons traité au chapitre II. Il n'est pas aisé de formuler à ce propos des opinions définitives. La motivation varie de personne à personne. La biographie récente de Hilbert<sup>2</sup> constitue une des meilleures sources d'informations permettant au profane de comprendre le mode de pensée, et la façon de travailler du mathématicien. L'œuvre qu'il a réalisée entre 1890 et 1920 le place parmi les plus grands mathématiciens, peut-être surpassé seulement par Gauss. Il est certainement sur un pied d'égalité avec Weierstrass et Poincaré.

Le déroulement de la vie et de l'œuvre de ces mathématiciens nous suggère la splendeur que peuvent atteindre les mathématiques. Elles fascinent, et retiennent l'attention au point d'exclure toute autre pensée. Les énigmes mathématiques exercent une attirance aussi puissante que celle du mont Everest pour l'alpiniste; et les mathématiques montrent leur utilité en permettant de résoudre les problèmes que pose la nature ou la société, qui piquent notre curiosité, ou exigent une décision pour le bien commun.

Lors de leur scolarité, la plupart des gens acquièrent l'impression que les mathématiques sont peu amènes, d'une rigueur aride, et qu'on se contente de démontrer mécaniquement des théorèmes de géométrie, à moins qu'on n'apprenne par cœur des formules algébriques. Dans l'enseignement traditionnel des mathématiques, les élèves ne prennent que très rarement conscience de l'excitation, des transes et de l'émotion intense qui caractérisent les activités créatrices du mathématicien. Il atteint une véritable allégresse quand il a réussi à démontrer un nouveau théorème et il est profondément démoralisé quand il découvre qu'il était dans l'erreur. Ses recherches peuvent durer des années. Dans le cas du Dernier théorème de Fermat<sup>3</sup>, les mathématiciens n'ont pu déterminer s'il était exact après trois siècles d'études.

Il arrive quelquefois que l'élève du cours secondaire éprouve un avant-goût de ces joies, et de ces émotions, lorsqu'il résout des problèmes mathématiques. C'est peut-être ainsi qu'il s'y intéresse pour la première fois. La résolution d'un problème donne satisfaction, en particulier s'il paraissait difficile; elle se transforme en exultation si la solution trouvée est élégante, c'est-à-dire si elle présente de manière frappante les éléments essentiels de la question:

«J'étais comme un observateur céleste  
Quand une planète nouvelle lui apparaît,  
Ou comme Cortez, qui de ses yeux de faucon,  
Observait le Pacifique, et que ses hommes  
Se regardaient, pleins de questions,  
Silencieux, du haut d'une montagne de Darien»<sup>4</sup>.

Tels sont les sentiments du mathématicien créateur, et dont de nombreux étudiants ont un pressentiment. En effet, les mathématiques sont le sujet le plus en vogue parmi les élèves des écoles secondaires de l'Ontario. Des enquêtes d'opinion menées parmi eux le montrent bien.

Pourtant, le mathématicien a besoin d'un autre mobile encore pour poursuivre ses recherches pendant de nombreuses années. Comme dans la plupart des domaines d'activité humaine, «c'est le désir de célébrité qui éperonne». Bien qu'aux yeux de plusieurs, les mathématiciens paraissent une race bizarre et étrangère, ils sont faits comme tout le monde, et ils désirent être appréciés. Cela se concrétise de deux manières: 1<sup>o</sup> sous forme d'avancement, de hausse de traitement et de généreuses subventions de recherche du CNRC, et 2<sup>o</sup> sous forme de notoriété professionnelle acquise grâce aux articles et ouvrages de mathématiques. On pense généralement que les mathématiques sont l'affaire d'hommes jeunes et que, passé trente ans, la notoriété ne viendra plus. Quelques grands mathématiciens ont assurément fait leurs plus importantes découvertes un peu après vingt ans, et sont devenus professeurs en titre à vingt-cinq ans. On connaît cependant de notables exceptions: Weierstrass a accompli ses travaux les plus importants après quarante ans<sup>6</sup>; R. L. Jeffery a été pêcheur jusqu'à vingt-sept ans, n'obtint son doctorat qu'à trente-cinq ans, et devint un des mathématiciens canadiens les plus distingués<sup>6</sup>. Il semble cependant peu probable que la notoriété professionnelle puisse être acquise après les trente-cinq ans du mathématicien s'il n'a jamais été apprécié parmi les collègues de sa branche auparavant. Mais c'est la renommée si ses travaux intéressent aussi largement les mathématiciens d'autres branches, et presque la gloire, s'il est invité à faire un exposé d'une heure lors d'une conférence mathématique nationale ou internationale. La seule récompense plus glorieuse serait l'attribution de la médaille Fields<sup>7</sup>.

L'université accorde avancement et hausse de traitement au mathématicien, en fonction du degré de renommée qu'il a atteint. Du moins telle a été la situation en Amérique du Nord au cours des dernières décennies, alors que les universités se développaient en même temps que s'accroissait la population des pays occidentaux. Avant cette époque la population universitaire était relativement stable; les traitements des professeurs étaient fixes, et l'avancement ne survenait généralement qu'au décès ou à la retraite du supérieur en exercice. Comme les pensions de retraite étaient rares, la plupart des professeurs restaient au travail jusqu'à leur mort. À ce moment là, chacun pouvait gravir un barreau de l'échelle. Telles étaient alors les conditions pour le corps enseignant. Elles seront sans doute les mêmes au cours des années prochaines. Le contraste entre les espérances que la récente période d'expansion avait instillé dans l'esprit des professeurs, et la nécessité de restrictions probablement sévères au budget universitaire, engendrera certainement des tensions; ceci, même si l'on ne retourne pas aux conditions inflexibles du XIX<sup>e</sup> siècle.

Une des marques les plus claires de notoriété au sein de la collec-

tivité scientifique est l'ampleur des subventions du CNRC. La description, figurant dans l'ouvrage de C. P. Snow: *The Masters*, des espoirs soulevés et des déceptions causées par les élections annuelles à la Société Royale, évoque avec quelque exagération les sentiments qui agitent les chercheurs scientifiques du Canada aux alentours du 30 mars, date de l'annonce des subventions du CNRC pour dépenses courantes. Ceux qui reçoivent les montants les plus élevés sont fort satisfaits, et enviés ou admirés par leurs collègues. Bien peu sont ceux qui admettent, surtout in petto, que le montant de leur subvention atteint celui qu'ils méritent. Les subventions accordées par le CNRC jouent, dans la collectivité scientifique, un rôle similaire à celui des distinctions honorifiques conférées par le gouvernement fédéral pour le Nouvel An.

Cependant, le principal mobile incitant le mathématicien à travailler dur (parfois de cinquante à soixante heures par semaine) pour faire progresser le savoir mathématique, est le plaisir que lui donne cette activité captivante. De nombreux mathématiciens rendent leur femme malheureuse, parce que leurs recherches les absorbent tant qu'ils n'ont plus de temps pour les effusions amoureuses, les repas ou le jeu avec leurs enfants. La création mathématique est une activité intense, exigeante et solitaire. Elle engendre des habitudes et des attitudes qui s'écartent notablement de celles du citoyen canadien moyen, normal et équilibré. On ne peut ni les louer, ni les désapprouver; elles sont simplement inséparables de la découverte de vérités mathématiques profondes.

## **L'encouragement à la recherche**

Il faudrait encourager sérieusement la recherche mathématique au Canada, et s'efforcer d'en diffuser les résultats parmi ceux qui pourraient les utiliser valablement. À l'exception des travaux nécessitant un large emploi d'ordinateurs, la recherche en mathématiques est relativement peu coûteuse. L'un des mémoires présenté à l'Étude signale que la recherche en mathématiques pures ne cause que peu de frais (traitement des chercheurs, mais aucun matériel), et elle donne donc un bon rendement pour l'argent dépensé: «C'est pourquoi une réduction de l'effort de recherche en mathématiques pures ne procurerait que des économies illusoires». Le CNRC semble aussi d'avis que les recherches mathématiques sont peu coûteuses: Comme l'indique l'Annexe E, la subvention moyenne pour dépenses courantes de recherches en mathématiques pendant la période 1970-1974 a équivalu à environ 45 pour cent de la moyenne des subventions à la recherche scientifique, et à 33 pour cent environ des subventions à la recherche en chimie.

De quoi le chercheur mathématicien a-t-il besoin pour travailler dans de bonnes conditions?: a) d'une plume et de papier; b) d'une bibliothèque à laquelle il peut recourir immédiatement lorsqu'une idée lui vient à l'esprit qui doit être vérifiée; c) d'un tableau noir dans une

petite pièce tranquille où l'on peut discuter avec chaleur, et boire du café sans restrictions. (J. J. Sylvester estimait, en 1890, qu'une «carafe de vieux porto sur la table» était le catalyseur idéal. On préfère le café aujourd'hui.); d) d'un ou plusieurs interlocuteurs mathématiciens (le nombre optimal serait de 3, 4 ou 5), s'intéressant assez à la question pour critiquer des idées mal conçues, ou suggérer eux-mêmes des propositions peut-être folles pour frayer d'autres voies vers le but poursuivi; e) actuellement, seuls les objets cités en a) sont commodément et partout à la disposition des mathématiciens canadiens.

En ce qui concerne la condition b), il existe au Canada dix ou douze bibliothèques de mathématiques dont le fonds peut être qualifié de bon ou de très bon. Aucune d'elles n'est cependant de grand ou de très grand cru (pour utiliser la classification des Bourgognes). Les meilleures se trouvent naturellement dans les grandes universités, où peut-être de 75 à 80 pour cent des mathématiciens universitaires travaillent. Trop souvent, malheureusement, la manie centralisatrice des bibliothécaires oblige le mathématicien désireux de vérifier une idée ou une formule à s'adresser à la bibliothèque centrale, entourée d'une sécurité électronique.

Ce que les tubes à essais, les réactifs et les spectromètres sont aux chimistes, les lasers et les radiotélescopes aux physiciens, les ouvrages et les revues spécialisés le sont aux mathématiciens. Les spectromètres se trouvent dans le laboratoire du chimiste. Le physicien vit, mange et dort près de son laser ou de son télescope. Les ouvrages dont le mathématicien a besoin devraient se trouver *immédiatement à sa portée*. Il faut donc que la bibliothèque de mathématiques (ou de mathématiques et de sciences) soit entourée de pièces où les mathématiciens pourront effectuer leurs recherches; parmi ces locaux, comme au Fine Hall de Princeton, il faudra prévoir deux pièces insonorisées, munies d'un tableau noir et d'une grande table où seraient étalés les ouvrages et les revues à consulter, pour les débats sur les points douteux. En effet, il arrive que des mathématiciens se précipitent ensemble à la bibliothèque, pour prouver qu'ils ont raison.

On peut soutenir que les ouvrages fréquemment consultés par les professeurs de départements divers devraient être logés à la bibliothèque centrale. Mais cet argument valable ne s'applique pas à 98 pour cent des ouvrages qu'un mathématicien doit avoir sous la main. Qui, sauf ce dernier, consultera le grand *Traité des Surfaces* de Gaston Darboux ou l'*Homology Theory* de Hilton et Wylie?

En ce qui concerne la condition c), les mathématiciens ayant travaillé à l'Université de Princeton lors de ses beaux jours se souviennent du rôle important, en tous temps, de l'agréable salle commune, et du rituel du thé et des biscuits qui réunissait des étudiants diplômés et les membres du corps enseignant pour une discussion animée. Trop souvent, les architectes et les décideurs budgétaires s'imaginent que les chercheurs vivent comme des moines, en s'abstenant de tout agrément matériel (le café, par exemple), et peuvent être isolés dans de petites cellules, alignées dans de longs couloirs, rendant les communications aussi difficiles que possible. En réalité, le travail si solitaire du cher-

cheur mathématicien doit être facilité par le soutien de ses collègues s'intéressant à ses travaux, ou les critiquant.

Les architectes et les administrateurs concevant les locaux de travail des mathématiciens devraient accorder toute leur attention aux nécessités mentionnées en b) et c).

Les trois conditions précédentes portent sur le milieu extérieur, et ne sont pas absolument indispensables au mathématicien vraiment possédé par l'amour de la science. L'esprit humain est capable de surmonter les obstacles physiques les plus difficiles. Mais la condition mentionnée en d) est impérative, et pourtant elle est difficilement réalisable au Canada. Aucun progrès n'est possible en l'absence d'un mathématicien de premier plan. Les géants du passé, les Newton, Euler, Gauss et Cauchy, ont mis en branle les progrès extraordinaires des mathématiques et de leurs applications au cours des deux cents dernières années. C'étaient fondamentalement des solitaires, mais ils voulaient être confortés par la correspondance avec d'autres mathématiciens. Ils eussent d'ailleurs préféré la discussion directe. Gauss écrivait spirituellement à un mathématicien de ses amis: «C'est pour moi un grand réconfort d'avoir des étudiants avec qui discuter mathématiques. J'en ai trois en ce moment. L'un d'eux est intelligent, mais manque de préparation; un autre, bien préparé, n'est pas très intelligent; le troisième manque à la fois de préparation et d'intelligence». Si de tels géants éprouvaient le besoin de réconfort, à plus forte raison en est-il ainsi des mathématiciens de moindre envergure. Hilbert lui-même dépendait largement de ses échanges avec Minkowski et d'autres.

Ces échanges peuvent avoir lieu: 1° sous forme écrite, 2° par téléphone, ou 3° au cours de rencontres. Étant donné le tourbillon de la vie moderne, les échanges épistolaires paraissent trop lents, et ne jouent plus qu'un rôle très secondaire; par contre la consultation des œuvres dans les bibliothèques est fort active. L'utilisation du téléphone s'accroît, sans doute, mais il est difficile d'obtenir des données précises à son sujet. La découverte par Rudvalis du groupe fini simple d'ordre  $2^{14}.3^3.5^3.7.13.29$  s'est produite presque par hasard, à la suite d'un appel téléphonique<sup>8</sup>.

Les rencontres sont naturellement les plus efficaces sous forme de visites brèves, d'entretiens à l'occasion de conférences importantes, de séminaires spécialisés ou de journées de mathématiques. Il conviendrait que les universités, les gouvernements provinciaux, le CNRC et autres organismes fédéraux reconnaissent dûment la valeur de ces rencontres, et les soutiennent financièrement. Cependant, c'est l'existence d'un groupe d'excellents mathématiciens, œuvrant dans un cadre favorable à des échanges *quotidiens*, qui est le plus favorable à un effort valable de recherche. Ce groupe pourrait inclure un mathématicien expérimenté de valeur, plusieurs collègues plus jeunes, des stagiaires post-doctorat et des étudiants diplômés. Un tel groupe devrait comprendre au minimum deux ou trois personnes, et au maximum dix personnes peut-être, car à partir de ce chiffre la qualité et même la quantité des résultats diminuent, alors que les problèmes administratifs, financiers

et personnels se multiplient. Le Canada dispose de quelques groupes de ce genre, dont bien peu dans la catégorie «remarquable», et aucun dans la catégorie «très remarquable».

Le Canada se trouve encore parmi les pays fort en retard sur le plan de l'activité mathématique. De plus, bien peu de ces groupes s'efforcent de communiquer avec des mathématiciens ou des utilisateurs des mathématiques hors de leur domaine abstrus. Nous avons encore un long chemin à parcourir.

## **Tous les mathématiciens doivent-ils être des chercheurs?**

Le critère principal utilisé par le Comité de sélection des demandes de subventions du CNRC se fonde sur le nombre et la qualité des articles d'importance publiés dans les revues pourvues d'un jury de publication. Comme notre société est basée sur le prestige de l'argent, l'importante subvention pour dépenses courantes de recherche accordée par le CNRC à un professeur rehausse sa réputation, de même que celles de son département et de son université. Ses chances d'avancement rapide et d'augmentation de traitement sont améliorées. La formule «Publier ou couler» ne caractérise pas exactement les pratiques universitaires réelles; celles-ci seraient mieux représentées par le slogan «Publier pour un avancement rapide». La seule raison valable de publier un article est naturellement la découverte de résultats nouveaux ou de méthodes inédites s'appliquant à des résultats connus, et pouvant intéresser un public plus vaste que les seuls étudiants du chercheur-enseignant et ses collègues. C'est le devoir du mathématicien d'exposer ses progrès aussi clairement que possible, et de s'efforcer de les publier pour accroître la masse des connaissances générales. Bien entendu, la chair est faible et le chercheur s'efforcera parfois de conserver l'avantage, en retardant la publication pour disposer, avec ses collaborateurs et ses étudiants, d'une certaine avance sur les autres groupes poursuivant la même idée. Cette pratique, assez fréquente aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, s'observe encore dans des secteurs où les scientifiques rivalisent. Cependant, la plupart d'entre eux la considèrent comme immorale, et comme incompatible avec les principes de la collectivité scientifique, qui sont la découverte et la diffusion de la vérité.

Qu'en est-il des mathématiciens que n'anime pas l'ambition? Doivent-ils effectuer des recherches et publier des articles? La conservation du respect de leurs collègues et de leurs étudiants, et leur amour-propre même les obligent à se tenir au courant des nouveautés en matière de mathématiques. Mais cette activité exigerait plus que tout leur temps. Pour la plupart d'entre nous, la seule voie permettant de maintenir notre vivacité intellectuelle dans le domaine des mathématiques est de choisir nos lectures, et d'organiser nos études de façon à pouvoir publier de nouveaux résultats mathématiques, exposer les progrès d'une branche des mathématiques ou analyser d'importantes applications. Il faut que la collectivité mathématique s'efforce d'encourager la publication d'études sur les relations réciproques entre

diverses branches des mathématiques, et sur les nouvelles applications de celles-ci dans d'autres disciplines. Il n'existe aucune méthode simple pour y parvenir tout en maintenant des normes raisonnables<sup>9</sup>.

Il semble que les mathématiciens de l'URSS aient obtenu en cette matière plus de succès que ceux d'Amérique du Nord. Kolgomorof s'efforce de réformer les programmes d'enseignement secondaire. I. M. Gelfand, considéré par beaucoup comme le plus grand spécialiste actuel des mathématiques pures, à cause de ses travaux sur la théorie des groupes et les fonctions généralisées, anime un séminaire de biomathématiques. Pendant de nombreuses années, Pontrjaguine a animé un séminaire sur la théorie de la commande. Il est presque inconcevable qu'aucun des grands mathématiciens nord-américains ne consente jamais à écrire un manuel scolaire. I. M. Guelfand a dirigé la publication d'une collection de manuels de mathématiques de niveau secondaire; il a, en collaboration, écrit un charmant petit ouvrage sur les fonctions et les graphes destiné aux écoliers de 9<sup>e</sup> année.

Résumons nos principales conclusions: Tout mathématicien universitaire devrait s'efforcer de suivre l'évolution de son domaine propre, et d'explorer ses ramifications dans les autres branches des mathématiques et les autres sciences. Il devrait viser à publier au moins quelques-uns des résultats de ses études, en vue d'organiser son effort et de le concentrer, et d'obtenir l'opinion de ses collègues avertis. Ces activités lui permettraient de garder sa vivacité intellectuelle, et d'aider la collectivité mathématique à remplir son rôle à l'université et dans la société.

## **Lignes de conduite en matière de subventions**

Au moment où nous écrivons ces lignes, le gouvernement canadien réorganise les services chargés de répartir les subventions à la recherche universitaire<sup>10</sup>. L'action subventionnaire du CNRC sera remplacée par celle d'un Conseil subventionnaire pour les sciences de la Nature et l'ingénierie. Nous avons déjà mentionné le rôle capital des subventions pour dépenses courantes du CNRC pour la notoriété des scientifiques canadiens. L'attribution de ces subventions a tant d'influence qu'un Comité d'évaluation de l'activité ontarienne en chimie s'est contenté de calculer le total des subventions du CNRC attribuées aux divers départements de chimie de l'Ontario, et a classé ces derniers en fonction des montants reçus. De nombreux observateurs avisés, connaissant bien cette situation, ont indiqué que certaines des conclusions élaborées ainsi par le Comité étaient absolument idiotes.

Pourtant, de nombreuses indications montrent que les méthodes de financement de la recherche par le CNRC sont tout aussi satisfaisantes et équitables que celles de la plupart des pays occidentaux. L'Administration fédérale calcule chaque année l'enveloppe de la recherche interne des Laboratoires du CNRC, et aussi celle destinée à la recherche universitaire. En se basant sur les suggestions des membres de son Bureau, le comité idoine du CNRC répartit l'enveloppe entre les



seize comités de sélection des demandes de subvention des diverses disciplines (Voir l'Annexe E). Ces Comités (dont les membres ne sont pas rémunérés) étudient les demandes, choisissent les plus méritantes et répartissent les fonds mis à leur disposition. Le montant exact d'une subvention pour dépenses courantes est ainsi fixé par un comité confraternel (*Peer group*). Il est évidemment préférable que ces décisions soient prises par des spécialistes du domaine de recherche considéré, plutôt que par des «bureaucrates à tout faire», mais désemparés par l'évaluation des demandes.

Le présent système souffre cependant de deux défauts qui réduisent son efficacité:

1° Le CNRC a élaboré une série de règles qui s'appliquent à toutes les disciplines, en vue d'assurer l'équité de ses décisions. Mais comme il s'occupe surtout de sciences expérimentales, ces règles ne sont peut-être pas les meilleures pour encourager le développement des sciences mathématiques ou de disciplines telles que la physique théorique et la chimie théorique. Un indice en est la maigre allocation de 50 000 dollars consacrée en 1958-1959 au financement de la recherche en mathématiques. Bien que les responsables du CNRC aient manifesté de la souplesse et de l'intelligence dans l'interprétation de règles, l'existence même de celles-ci engendre un état d'esprit peu favorable à la créativité au sein des comités et parmi les chercheurs.

2° La hiérarchie des valeurs caractéristique des diverses disciplines a encore plus d'importance, car elle oriente les décisions du Comité de sélection des demandes de subvention. En vue de justifier leurs décisions à l'égard de la collectivité scientifique, et vis-à-vis d'eux-mêmes, les membres s'efforcent d'élaborer des critères «objectifs». L'un des plus faciles à définir et à utiliser est le nombre d'articles publiés par le sollicitateur dans des revues pourvues d'un jury de publication. Certains membres du comité des mathématiques du CNRC maintiennent qu'ils n'utilisent pas que ce seul critère, mais ils ont rarement été capables de préciser quels sont les autres critères pouvant jouer un rôle aussi déterminant.

Les répercussions effectives et potentielles de ce processus sont évidents. À cause du prestige de l'argent, le chercheur est satisfait d'obtenir une ample subvention. Son doyen et le président de l'université applaudissent. Dans maintes universités canadiennes, les subventions pour dépenses courantes du CNRC contribuent à financer la recherche et le fonctionnement des facultés d'études supérieures. Ainsi se maintiennent la qualité de l'enseignement et la réputation de l'université. C'est peut-être l'importance de cette subvention qui est l'indice le plus sûr de la notoriété du scientifique qui l'obtient. Elle lui permet de faire travailler des étudiants diplômés, des stagiaires post-doctorat et des attachés de recherche à la récolte des données dans le domaine particulier qu'il défriche. Ce mécanisme fait boule de neige: Plus la subvention est importante, plus il y a de collaborateurs, plus la renommée s'étend, plus les articles sont nombreux et plus la prochaine subvention sera importante.

Ce processus se nomme «financement de l'excellence». On le

justifie en disant qu'il faut surtout financer les chercheurs les plus capables (et les plus productifs), qui doivent avoir les mains libres, et ne pas être importunés par des formalités administratives déplaisantes et ne rimant à rien. Gerhard Herzberg<sup>11</sup> est certainement l'un des soutiens les plus connus et les plus convaincants de cette argumentation. Elle serait inattaquable s'il existait une méthode, même faillible, pour découvrir le lauréat d'un prix Nobel vingt ou trente ans avant qu'on ne le lui décerne! Il n'en existe malheureusement aucune. Nombreuses sont en recherche, les boucles de rétroaction positives qui ne conduisent nulle part. De nombreux stagiaires post-doctorat et étudiants diplômés se trouvent embrigadés pour des années dans un programme de recherche improductif et décevant. Un exemple frappant des résultats d'un tel mécanisme est, selon la plupart des directeurs de départements de mathématiques, l'attribution d'un nombre excessif de doctorats d'université en algèbre dans toute l'Amérique du Nord. Entre le 1<sup>er</sup> octobre et le 31 décembre 1974, un certain département canadien de mathématiques, qui n'aura aucune vacance de personnel enseignant en 1975-1976, a reçu 71 demandes spontanées de titulaires de doctorat (15 Canadiens et 56 étrangers) dont trente étaient des algébristes (6 Canadiens et 24 étrangers). Neuf seulement étaient des statisticiens ou des spécialistes des mathématiques appliquées.

Il est certain que la «crise du doctorat» n'a pas été causée par le seul mécanisme d'évaluation confraternelle utilisé par le CNRC. Il existe de nombreux autres facteurs, mais l'un d'entre eux se manifeste avec évidence, et il est peut-être le seul sur lequel on puisse agir. On soutient fréquemment que la seule alternative concevable au mécanisme d'évaluation confraternelle du CNRC serait la mise en place d'un rigide contrôle bureaucratique, bien pire. Nous sommes d'accord. L'opinion du Comité Lamontagne sur ce point particulier ne semble pas fondée sur une information suffisante<sup>12</sup>: 1° Le comité semble ignorer l'existence et le rôle fondamental des mathématiques dans notre société, car il n'y fait aucune allusion notable. 2° Il ne semble guère percevoir la subtile interaction des nombreux facteurs encourageant une recherche active et fructueuse. Le Comité suppose innocemment qu'une simple décision administrative accompagnée d'une réorganisation suffiraient au développement de la Recherche & Diffusion; or, c'est fort improbable.

C'est la transformation des attitudes des chercheurs canadiens, leur redonnant de l'espoir, qui constituerait l'action la plus importante à prendre. En bref, et pour exprimer de façon un peu simpliste, la collectivité universitaire devrait se charger, non seulement de la recherche, mais aussi de la diffusion. Il faudrait en outre, que le CNRC conçoive ses lignes de conduite en matière de subventions, de façon à encourager ce changement d'attitude.

Au chapitre IV, nous avons indiqué qu'il ne fallait pas qu'on espère obtenir d'un jour à l'autre un changement fondamental de l'attitude des enseignants à l'égard des mathématiques. Un avertissement similaire s'impose ici. Une réorientation de l'état d'esprit domi-

nant la collectivité mathématique ne peut s'effectuer que par un processus graduel d'éducation et de discussion entre innovateurs, enseignants et utilisateurs des mathématiques. Un tel débat a déjà eu lieu, lors de l'élaboration des nombreux mémoires présentés à l'Étude, et il a été particulièrement animé à l'occasion des huit séminaires et séances du Comité mixte. Il a, en fait, débuté il y a trois ou quatre ans, dans les *Notices of the American Mathematical Society* et l'*American Mathematical Monthly*. R. Nisbet a décrit, en termes alarmants et convaincants, le rôle déformateur que peuvent jouer sur le caractère de la collectivité universitaire les subventions de recherche, allouées aux universités par des organismes extérieurs. Son importante analyse porte sur l'histoire des universités étatsuniennes<sup>13</sup>. Elle montre l'influence croissante des «maîtres ès subventions», et l'extension des centres de recherche au sein de l'université, mais sans dépendance à l'égard de celle-ci (ils tirent leurs fonds de subventions extérieures). Ce processus a tragiquement distordu l'échelle des valeurs de la collectivité universitaire étatsunienne, et effectivement détruit la confiance du public à l'égard du corps professoral. Il est heureux que ce processus de dégradation n'agisse qu'encore faiblement au Canada. Il n'est pas nécessaire que les Canadiens commettent toutes les erreurs de leurs collègues étatsuniens.

## Des propositions précises

Les données recueillies au cours de l'Étude, en matière de politique de la recherche, sont bien moins nombreuses que pour les autres sujets. Nous n'avons reçu que quelques vagues réponses à la question portant sur le caractère judicieux de la répartition pour 1973–1974 des subventions du CNRC entre les diverses spécialités des sciences mathématiques mentionnées dans l'Annexe H. Pour répartir les fonds au mieux de l'intérêt national, l'Administration devrait déterminer si les spécialités du calcul différentiel, de l'analyse de la variance statistique, ou de l'intelligence électronique, par exemple, se sont développées trop vite, on exige un redoublement d'efforts. Comme seulement cinq mathématiciens se sont hasardés à présenter des observations assez vagues, il semble que l'«intérêt national» soit difficile à préciser quand il s'agit de situations concrètes. Il n'existe aucun principe bien net permettant à quelques fonctionnaires d'Ottawa de répartir judicieusement l'enveloppe de la recherche. Peut-être le système progressivement mis au point par le CNRC est-il le meilleur possible ou, au moins, une approximation raisonnable de la solution optimale<sup>14</sup>. Il se peut que la liste des spécialités portant les numéros de code 0001 à 0069, dans le tableau H.3 de l'Annexe H, soit trop longue pour qu'un seul comité puisse s'en occuper. On a, par exemple, proposé la création d'un comité pour les branches des Probabilités et des Statistiques, spécialités 0040 à 0056, pour assurer un soutien suffisant aux statistiques appliquées, en particulier. Cette proposition a cependant été combattue: ne faut-il pas résister à l'officialisation de divisions imprécises entre les sciences mathématiques?

Comme l'Étude sur les mathématiques ne nous a pas permis, nous en sommes convaincus, de recueillir un échantillonnage suffisamment représentatif du groupe des chercheurs en mathématiques les plus actifs, il faudra soumettre les propositions qui suivent à une critique approfondie avant de les mettre en œuvre. Certaines pourraient l'être par le CNRC, d'autres pour les associations mathématiques (l'AMC en particulier). Quelques-unes enfin exigeraient la collaboration de l'industrie et de divers organismes de l'État. Il conviendra de les examiner en tenant compte des remarques précédentes à propos des conditions nécessaires pour encourager la recherche mathématique.

### *1° Importance des réunions et de la communication*

Il faudrait que les départements de mathématiques, ou des groupes de départements, ou encore des associations de mathématiciens s'occupent plus souvent que naguère d'organiser des séminaires ou des conférences de courte durée sur des sujets précis. Ces réunions pourraient se conformer à des modèles divers: réunion de l'*Institute for Mathematics and its Applications* au Royaume-Uni, séminaires financés par la *National Science Foundation* des É.-U., ou encore Journées d'étude d'Oberwolfach en Allemagne occidentale. La Société mathématique du Canada, ou le Conseil des sciences mathématiques (s'il était créé), pourrait élaborer un plan triennal d'encouragement successif des spécialités choisies pour le Canada, pour une raison ou pour une autre<sup>15</sup>.

### *2° Accent donné aux subventions de groupe plutôt qu'aux subventions individuelles<sup>16</sup>*

Cette proposition va à l'encontre d'un principe étayant la politique récente du CNRC. Celle-ci convient bien à une science expérimentale exigeant la construction d'appareillage important et son entretien pendant plusieurs années, avant que le chercheur, assisté de divers collaborateurs, ne puisse obtenir des résultats notables. Mais la recherche en mathématiques n'a pas ces besoins. Il serait possible d'accorder une subvention à un groupe œuvrant dans une ou plusieurs universités. Ce groupe présenterait un projet bien mûri visant à accomplir un effort de recherche de qualité: 1° dans une discipline particulière, ou 2° dans un domaine interdisciplinaire (soit entre des spécialités mathématiques, soit entre une discipline mathématique et une autre science). C'est cette dernière catégorie qu'il faudrait préférer. Le programme de subventions concertées d'essor de la recherche (NDG) mis en œuvre par le CNRC il y a quelques années, contenait l'embryon de cette idée. Mais le concept primitif de mise en train par les subventions concertées s'est révélé peu réaliste. Bien rarement une université a-t-elle pu en trois ans hausser le niveau de ses efforts dans un certain domaine de recherche, et leur assurer ensuite un financement autonome. Les subventions concertées auraient peut-être remporté plus de succès si la phase d'expansion des universités avant 1960 s'était poursuivie. La difficulté est le délai indispensable à la mise en train de l'effort. La durée nécessaire à la création d'un centre de spécialisation en une science expé-

mentale dépasse dix ans, si cet effort peut s'appuyer sur un soutien financier continu, suffisant et assuré. Remarquons qu'en cette matière la mise en œuvre des subventions triennales pour frais courants constitue une amélioration par rapport au système précédent, car elle permet une planification plus rationnelle de la recherche.

### *3° Encouragement à donner au volet «diffusion» de l'effort de R&D en mathématiques*

Nous donnons ici un sens inhabituel à l'abréviation «R & D», car «D» signifie diffusion, et non développement technique. Cette diffusion vise à sortir les mathématiciens universitaires de leur tour d'ivoire. Les articles traitant des résultats acquis récemment dans une spécialité mathématique devraient exposer leur intérêt pour d'autres disciplines mathématiques. (S'ils n'en présentent aucun, leur publication n'est guère judicieuse). On pourrait rédiger les conclusions des enquêtes portant sur de vastes secteurs de la recherche sous une forme les rendant accessibles à d'autres spécialités; il faudrait s'efforcer d'appliquer les théorèmes ou les méthodes mathématiques à d'autres sciences et au génie; on devrait organiser des séminaires pour résoudre certains problèmes, tels qu'en tient à Oxford le *Mathematics Institute* entre mathématiciens, spécialistes des affaires et de l'industrie, et fonctionnaires. Le CNRC pourrait solliciter des propositions en ce sens et annoncer qu'il attribuera à l'effort de «diffusion» une certaine proportion (disons la moitié) de ses subventions à la recherche mathématique pendant une période déterminée, de cinq à sept ans par exemple<sup>17</sup>. Il faudrait naturellement ne progresser que graduellement dans cette voie. En effet, celle-ci n'a jamais été frayée, et les possibilités de charlatanisme et de «subventionnite» pourraient y pulluler. Il devrait être possible de mettre au point graduellement, en trois à cinq ans, une série de directives permettant de bloquer les prévarications et d'empêcher les absurdités.

### *4° Séparation entre l'aide aux étudiants des cycles supérieurs et l'aide à la recherche*

L'étudiant des 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> cycles qui reçoit des appointements grâce à une subvention du CNRC pour dépenses courantes doit, en principe, aider le chercheur principal à effectuer ses travaux. Ce principe est cependant plus souvent violé qu'observé, au moins parmi les mathématiciens, car même si un étudiant des cycles supérieurs ne travaille pas directement au programme du chercheur, sa présence accroît d'habitude l'activité mathématique et encourage la recherche. D'autre part, il faut former de nouveaux chercheurs pour que l'effort de recherche conserve son dynamisme. Le prélèvement des fonds sur les subventions du CNRC, en faveur des étudiants des cycles supérieurs, est donc justifié. L'octroi d'une subvention de groupe au département constituerait peut-être le moyen le plus efficace pour aider les étudiants des cycles supérieurs, ou éventuellement la gestion commune des subventions pour dépenses courantes attribuées à tous les chercheurs. Il conviendrait de peser très soigneusement les effets éventuels de telles mesures avant de les mettre

en application. Il ne faudrait pas y procéder brusquement, mais seulement après avertissement, sur une période de deux ou trois ans, tout en tenant compte des engagements antérieurs à l'égard de chaque étudiant. Dans le cas des sciences expérimentales, il se peut que l'association du soutien des étudiants des cycles supérieurs et du financement des dépenses courantes de la recherche soit justifiée. Ces étudiants constituent en effet une main-d'œuvre peu coûteuse pour le bénéficiaire de la subvention et, entre-temps, ils apprennent les techniques de la recherche et sont, en fin de compte, récompensés de leurs efforts par un doctorat. Ce genre d'apprentissage est fort valable.

*5° Traitement spécial des mathématiciens travaillant dans des organismes isolés*

Il conviendrait d'assouplir les règles du CNRC en faveur des mathématiciens des organismes peu importants ou isolés. Il est assez difficile de préciser quels sont ceux-ci, mais on peut se mettre d'accord sur des règles arbitraires. Par exemple, le «petit département» serait celui où cinq mathématiciens au maximum reçoivent des subventions du CNRC; l'«université isolée» serait celle au centre d'un cercle au rayon de 325 km, à l'intérieur duquel dix mathématiciens au maximum bénéficient de subventions du CNRC. Les mathématiciens travaillant dans ces organismes devraient recevoir des subventions pour frais de voyage, pour téléphone interurbain et pour photocopies, doubles de la moyenne accordée aux autres mathématiciens.

*6° Attribution de subventions de base à de nombreux mathématiciens*

Les chercheurs en mathématiques ont besoin d'argent pour payer certaines dépenses: visites à d'autres mathématiciens; invitation d'autres mathématiciens à venir échanger des idées; appels téléphoniques interurbains en vue de vérifier un point douteux; coût des publications à frais d'auteur. Il serait peut-être bon d'accorder une subvention de base pour couvrir ces frais ordinaires. Pour éviter un travail administratif au CNRC, celui-ci pourrait accorder une subvention globale, qui serait gérée par le département ou par l'ensemble des bénéficiaires<sup>18</sup>. (Cette proposition ne concerne que le nombre plutôt élevé de subventions du CNRC inférieures à 1 000 \$, et attribuées aux mathématiciens. Elle ne vise pas les grandes subventions qu'il faudrait attribuer sous une forme remaniée et qui seraient, on l'espère, d'un montant plus élevé et plus conforme aux besoins).

*7° Rôle des stagiaires post-doctorat (PDF)*

Les statistiques suivantes sur le nombre de stagiaires post-doctorat travaillant à l'automne de 1971 et 1972 dans les départements de mathématiques canadiens et étatsuniens sont presque incroyables:

	<u>1971</u>	<u>1972</u>
États-Unis	261	228
Canada	115	153

Les chiffres concernant le Canada ont été communiqués à l'Étude par les départements de mathématiques, et doivent donc être exacts. Ceux concernant les É.-U. sont extraits du rapport: *Graduate Science Education, Student Support and Postdoctorals, Fall 1972* (National Science Foundation 73-315), et sont certainement corrects. Leur existence réfute l'opinion commune selon laquelle les paramètres canadiens sont le dixième de ceux des É.-U. De plus, si le nombre des stagiaires post-doctorat étatsuniens a décliné de 1971 à 1972, il a nettement augmenté au Canada.

Nous ignorons la proportion de stagiaires post-doctorat du Canada qui y ont obtenu leur diplôme. Si l'on se souvient que les universités canadiennes n'ont offert que 38 nouveaux postes de professeurs de mathématiques en 1972, aux 88 nouveaux docteurs, on peut conclure qu'un bon nombre de ceux qui n'ont pas pu en obtenir sont venus grossir la masse des stagiaires (en augmentation de 50). Dans l'affirmative, et en tenant compte des habitudes des étudiants des cycles supérieurs, analysées au chapitre VI, il est probable que ces stagiaires auront consacré leur année de stage à approfondir le sujet de leur thèse de doctorat, dans l'espoir de la publier et d'obtenir ainsi un poste universitaire. Comme le nombre de ces derniers sera certainement très petit au cours des cinq à dix prochaines années, cet espoir apparaît illusoire. Nous avons souligné à maintes reprises, la nécessité d'interactions entre mathématiciens et scientifiques d'autres disciplines. C'est pourquoi on a proposé que les docteurs en mathématiques incapables de trouver un emploi satisfaisant, et qui sollicitent une subvention de recherche, obtiennent une bourse d'études pratiques de deux ans dans un domaine autre que les mathématiques, mais nécessitant l'utilisation de techniques mathématiques assez complexes. La mise en œuvre de cette idée exigerait une modification des lignes de pensée du Conseil national de recherches et du Conseil des recherches médicales.

L'enseignement secondaire et collégial n'est que rarement pris en considération par les docteurs d'université d'Amérique du Nord. Comme nous l'avons déjà indiqué, Alexander Wittenberg a souligné qu'il avait enseigné pendant dix ans dans une école secondaire suisse ordinaire, où tous les professeurs de mathématiques détenaient un doctorat, à l'exception d'un seul titulaire de maîtrise. Weierstrass lui-même a enseigné dans une école secondaire.

### *8° Détachements entre les secteurs universitaire, industriel et commercial*

Nous avons déjà mentionné cette idée au chapitre III; il faut souligner ici que ces détachements permettraient aux mathématiciens d'élargir leurs perspectives en les mettant en contact avec des problèmes importants et stimulants.

### *9° Représentation des mathématiciens au sein du CNRC*

Max Wyman, mathématicien canadien distingué, était membre du conseil du CNRC<sup>19</sup>. Pour autant que nous sachions, c'est le seul mathématicien ayant joué un rôle notable parmi les cadres dirigeants du

CNRC ou du Conseil des Arts du Canada (lequel accorde, de son côté, des subventions à des mathématiciens). Cette situation apparaît désastreuse quant on connaît le rôle de soutien joué par les mathématiques pour les autres sciences, et le difficile problème de l'encouragement à la recherche mathématique. À titre de président du Comité de coordination interconseils, le Sous-ministre d'État aux Sciences et à la Technologie devrait assurer une représentation satisfaisante des mathématiciens au palier décisionnel le plus élevé en matière de politique officielle de financement de la recherche.

Il est évident que ces neuf propositions ne sont pas toutes de la même importance, et que leur mise en œuvre nécessiterait l'intervention d'organismes fort différents. Il faut cependant les prendre en considération sans tarder, tout comme d'autres idées, pour élaborer des décisions suivies d'exécution. *Pour commencer, nous recommandons que le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie conduise une analyse critique des lignes de conduite de l'Administration fédérale en matière de financement de la recherche, de manière à déterminer:*

a) comment la collectivité mathématique pourrait être mieux représentée aux paliers décisionnels les plus élevés de l'aide fédérale à la recherche;

b) comment maintenir, à un niveau satisfaisant, ce financement fédéral à la recherche mathématique;

c) s'il serait préférable pour le développement des sciences mathématiques au Canada que le CNRC modifie graduellement ses lignes de conduite qui consistent à accorder la plupart des subventions à des chercheurs individuels, afin de financer plus largement les programmes de recherche favorisant l'interaction des chercheurs canadiens en mathématiques.



## VIII. Le mécanisme d'incitation

«Il jouait du flageolet: c'est pourquoi nous l'avons engagé»

Le journaliste: «Parce qu'il jouait du flageolet?»

«Mais oui, nous pensions que cela serait amusant!».

«Les véritables tensions que leur cause leur rôle universitaire découlent, pour la plupart des membres du corps enseignant, de ce qu'ils sont payés pour exécuter un certain travail, tandis qu'on évalue la qualité de leurs services en fonction de la qualité d'une autre activité . . . La plupart des professeurs s'engagent par contrat à enseigner dans leur université . . . mais on juge de leur valeur, en se basant sur leur contribution à la recherche dans leur discipline». – T. Caplow et R. J. McGee<sup>1</sup>

La première citation montre bien que, même dans les universités, les décisions humaines ne sont pas aussi rationnelles que pourrait le désirer l'analyse des systèmes, construisant ses modèles d'évolution sociale. La seconde évoque l'obsession de la publication salvatrice qui est celle de nombreux universitaires. La pression dans ce sens est beaucoup plus intense dans les grandes universités étatsuniennes que dans la plupart des universités canadiennes. Cependant de nombreux professeurs s'y sentent soumis à des tensions éprouvantes: exigences des étudiants, prévisions du trésorier provincial, dévouement à leur discipline et désir d'être tenus pour des chercheurs de qualité par leurs collègues. Dans les secteurs industriel et public, la situation du mathématicien est encore plus difficile et plus décevante, particulièrement si son supérieur est réservé à l'égard des mathématiques, mais en attend des solutions-miracles pour des problèmes qui ne peuvent pas en recevoir!

## **Le prestige en mathématiques**

Il n'est pas douteux que les découvertes mathématiques notables ont une importance cruciale pour l'ensemble de l'activité mathématique. Ce sont les hauts sommets qui fascinent tous les mathématiciens. Et ce défi a donné l'ardeur nécessaire à la création de l'édifice mathématique que nous connaissons, et qui sert de fondement à notre société technique. Il est donc normal que les créateurs de théories mathématiques importantes obtiennent honneurs et prestige. Mais tous les alpinistes ne peuvent se consacrer à l'ascension des hauts sommets et, de plus, ils ont besoin des cultivateurs des plaines pour se sustenter. Nous croyons que la collectivité mathématique mondiale, et surtout nord-américaine, a fait une sérieuse erreur en n'accordant honneur et prestige qu'au seul créateur de théories mathématiques. La rédaction de traités et d'articles, l'enseignement des mathématiques, la communication compréhensive avec les utilisateurs des mathématiques, ne confèrent aucune notoriété par comparaison avec la recherche. La prédominance de cette attitude au sein de la collectivité mathématique a eu de nuisibles répercussions. Comme moins d'un mathématicien sur

dix réussit à faire progresser durablement les mathématiques, les neuf autres ressentent, consciemment ou non, un sentiment d'échec. C'est pourquoi le mathématicien quadragénaire n'éprouve guère de satisfaction personnelle.

La prédominance de cette attitude a suscité bien des découragements. Mais ses effets collectifs ont été encore plus graves, car la collectivité mathématique s'est repliée sur elle-même, et les mathématiciens ne peuvent s'extérioriser dans leurs relations avec les utilisateurs des mathématiques.

L'absorption dans leur propre discipline n'est pas particulière aux mathématiciens. T. Caplow et R. J. McGee ont mis ce fait en évidence dans leur ouvrage bien connu, et l'ont illustré par la seconde des citations reproduite en tête du présent chapitre. Ils ont abondamment prouvé que la notoriété est un facteur capital de la vie universitaire. Il est presque impossible de l'atteindre si on a obtenu son diplôme de doctorat dans une université sans prestige. La rédaction de la communication la plus importante des trente dernières années dans la spécialité de l'auteur ne la lui confèrera pas, à moins qu'une autorité renommée dans cette spécialité (ce sera nécessairement un professeur titulaire dans une université prestigieuse telle que celle de Californie, Harvard, Princeton, Moscou ou la Sorbonne) en reconnaisse publiquement l'importance, surmontant ainsi la répugnance générale à l'assimilation d'idées nouvelles et complexes. Même si le mathématicien n'est pas soumis à des pressions internes ou externes le poussant à publier le résultat de ses recherches (cette pression est moindre dans les universités canadiennes que dans les universités étatsuniennes) en vue de conserver son amour-propre et l'estime de ses collègues et de ses étudiants, il doit au moins se tenir au courant des progrès accomplis dans sa propre discipline, ce qui peut nécessiter énormément de temps et d'énergie. Un jeune professeur adjoint de biochimie a estimé qu'il œuvrait de 80 à 90 heures par semaine, onze mois par an, pour maintenir sa réputation de chercheur. Il ne lui reste que très peu de temps pour sa famille. Il ne donne que quarante heures de cours par an, mais cette charge est considérable par rapport à celle d'autres biochimistes œuvrant ailleurs. De nombreux mathématiciens de recherche partagent ces sentiments, et leurs femmes admettraient avec résignation que cette situation ne leur est que trop familière. Mais c'est cette concentration intense qui a permis de créer les sciences modernes. La plupart des membres de la collectivité n'imaginent pas le genre de vie de ces chercheurs, dont la présence est indispensable au sein du corps enseignant de l'université, laquelle sombrerait autrement dans la torpeur intellectuelle et la médiocrité. Le pays dépourvu de scientifiques de cette trempe, s'efforçant avec ardeur d'étendre les connaissances, se trouve bientôt hors de course dans le monde moderne.

Dans le passé, les sciences mathématiques ont été créées par des mathématiciens se consacrant entièrement à la recherche, et leur dynamisme dépend toujours de l'activité de ces derniers. Il faudrait que leur contribution leur vaille la notoriété. Mais c'est parce qu'ils en éprouvent de la satisfaction qu'ils travaillent avec un zèle si extraor-

dinaire<sup>2</sup>. Il n'y a pas de motif logique pour leur accorder des traitements élevés, mais il faut que l'Administration publique et celle des universités fassent tout leur possible pour leur assurer des conditions de travail favorables.

Le prestige d'une université parmi les autres dépend surtout de la qualité de ses chercheurs. Aussi les meilleurs d'entre eux sont-ils très recherchés, ce qui a entraîné une amélioration rapide de leurs conditions d'emploi. Cette situation est reliée à la marée démographique et à la croissance exponentielle généralisée. Les contrats offerts par les universités aux chercheurs de valeur ne leur imposent, à juste titre, que des charges minimales d'enseignement: en général aucun cours de train-train, mais éventuellement des cours d'enseignement supérieur, selon le désir du chercheur. Comme Charles Dickens le remarquait déjà lors de son voyage de 1842, l'égalitarisme est si enraciné aux États-Unis et au Canada, que nul n'y admet l'existence d'esprits supérieurs. La plupart des universitaires estiment mériter le même traitement et les mêmes conditions de travail que les chercheurs les plus capables.

Pour justifier ce point de vue, ils croient qu'il leur faut être «productif». Mis au pied du mur, ils admettent que la seule «preuve objective» de «productivité» est le nombre de pages publiées. Il en est ainsi depuis 1900 en Amérique du Nord. La recherche de prestige par les universités et la course à la notoriété de leurs professeurs ont entraîné une idolâtrie de la «productivité». Les conséquences regrettables de l'idolâtrie, clairement énoncées par les Dix commandements du mont Sinaï, se sont inévitablement produites.

## L'alternative

La voie de la raison est celle du renoncement à l'utilisation du critère unique de la productivité de la recherche, au sein de la discipline concernée. Parmi les diverses disciplines, la productivité représente effectivement le critère principal qui les caractérise. Dans le cas des sciences mathématiques, cependant, trois autres critères sont aussi importants: 1° l'enseignement, 2° l'interprétation, et 3° la communication avec les non-mathématiciens.

Nous avons analysé ces trois activités en détail, tout au long du présent rapport. Il suffira d'en récapituler les points saillants:

*L'enseignement* des mathématiques permet aux étudiants de développer leurs plus hautes capacités, particulières à l'espèce humaine. Le raisonnement mathématique devrait donner joie et satisfaction. La collectivité mathématique doit s'efforcer de le diffuser au maximum, ce qui exigera autant d'effort et d'imagination créatrice que les recherches les plus approfondies.

*L'interprétation* est, au fond, une activité de synthèse. L'œuvre du groupe Bourbaki en constitue un exemple remarquable. Le bon exposé souligne l'importance d'un théorème ou de résultats particuliers, et les rassemble en un tout cohérent. Il donne à l'auditoire des

moyens nouveaux, lui procure une satisfaction intellectuelle, et lui fait entrevoir les nouvelles applications possibles des théories mathématiques. Il met clairement en évidence les interactions entre faits jusque là distincts.

*La communication* avec les utilisateurs des mathématiques exige que les mathématiciens aient quelque connaissance du vocabulaire technique d'autres domaines, une personnalité désintéressée et persuasive, et beaucoup de patience lorsqu'ils aident les économistes ou les biologistes à ordonner logiquement leurs données complexes.

Toutes ces activités sont aussi importantes que la recherche pour la collectivité mathématique. Elles devraient procurer autant de notoriété et d'avantages. Les présidents d'universités, doyens et directeurs de départements de mathématiques devraient les favoriser de tout leur pouvoir.

*Nous recommandons en conséquence qu'en raison du nouveau rôle joué par les mathématiques dans notre société, les dirigeants des universités canadiennes fournissent les incitations nécessaires pour que les professeurs de mathématiques communiquent plus largement, sur une base professionnelle, avec les utilisateurs des mathématiques.* Mais ce changement d'attitude ne concerne pas que les seuls mathématiciens. Il est également indispensable que l'Administration, le secteur des affaires et l'industrie fassent un usage plus efficace des mathématiques. C'est pourquoi il faut modifier les mécanismes d'incitation. Les dirigeants doivent récompenser la prévision et la planification à long terme, rechercher les mathématiciens compétents et leur reconnaître la notoriété et la situation qu'ils méritent.

## IX. Un Institut canadien des mathématiques appliquées

«Être, ou ne pas être – telle est la question  
Est-il plus noble pour l'âme de subir  
Les coups et les outrages de la malchance?  
Est-il préférable d'affronter la multitude des difficultés  
Et ainsi de les réduire?»

Hamlet – (Shakespeare)

La complexité et l'ambiguïté de la situation imaginée par Shakespeare est comparable à celle qui découle de la variété des avis concernant la suggestion de création d'un Institut des mathématiques appliquées, faites au cours de l'Étude. Le tout premier mémoire reçu contenait une argumentation dense et étoffée du professeur F. H. Northover<sup>1</sup>, en faveur de la création d'un Institut établissant une passerelle entre les utilisateurs des mathématiques et les mathématiciens universitaires, concernant toutes spécialités des mathématiques appliquées. Plus récemment, le professeur Israel Halperin<sup>2</sup> a communiqué une proposition de création immédiate d'un Institut de mathématiques offrant au moins dix postes de recherche post-doctorat à de récents diplômés canadiens en mathématiques pures et appliquées. On a proposé des objectifs très divers à un tel institut. Le Japon, la France, le Danemark, l'URSS et les É.-U. en offrent des modèles différents. Il existe aussi des divisions de mathématiques dans les instituts d'études approfondies de Princeton et de Dublin.

La prise de conscience du besoin d'un institut de mathématiques au Canada n'est pas nouvelle. Leopold Infeld<sup>3</sup> présenta une proposition de création d'un Institut de mathématiques appliquées dès avant 1954. En 1962, l'Université Queen's offrit d'héberger un tel institut. Ces premières initiatives ont avorté, surtout à cause de la rivalité entre les divers départements de mathématiques pour obtenir leur part des faibles crédits fédéraux à l'activité mathématique<sup>4</sup>.

## **Nécessité de la création d'un institut des mathématiques appliquées**

Il faut accroître considérablement les fructueuses interactions entre mathématiciens universitaires et utilisateurs des mathématiques dans le secteur des affaires, l'industrie, les sciences et l'Administration. C'est le leitmotiv de douzaines de mémoires, et la conclusion de tous les séminaires. C'est également l'une des principales conclusions de notre enquête. Cependant, un certain nombre d'obstacles difficiles gêneront fortement sa mise en œuvre dans le cadre institutionnel existant. Les problèmes les plus ardues qui apparaissent dans les sciences de la vie, les sciences sociales ou la prise des décisions, ne sont qu'exceptionnellement formulés en langage mathématique. C'est pourquoi le mathématicien doit acquérir bien des connaissances sur l'aspect non mathématique des problèmes, ce qui exige beaucoup de temps, d'efforts et de patience, et également de la confiance et du respect mutuels entre théoricien et utilisateur, afin qu'ils puissent engager un dialogue fruc-

tueux et dégager une solution pratique. Le succès de cette entreprise exige qu'on s'y consacre sans réserve, pendant une longue période.

Les départements de mathématiques devraient s'en charger, mais le changement prendra du temps, en raison de l'inertie qui caractérise le comportement des universités. La nature du mécanisme universitaire rendra la transition doublement difficile, car il renforce les comportements existants aux dépens des attitudes plus hardies. Mais une action décisive déclencherait le processus du changement.

Il nous faut un nouveau foyer d'activité disposant d'un financement indépendant. Sans objectifs contradictoires, il agirait comme régulateur. Un institut concentrant son attention sur les mathématiques appliquées serait un exemple pour toute la collectivité mathématique. Les chercheurs y travaillant pourraient axer leurs efforts sur la découverte des meilleurs moyens d'utiliser les connaissances mathématiques pour la résolution des problèmes réels d'intérêt national: transports, télécommunications, impacts écologiques, répartition des populations et politique énergétique, pour n'en mentionner que quelques-uns. En réunissant des mathématiciens ayant les mêmes préoccupations, mais actuellement disséminés dans les universités et ailleurs au Canada, l'Institut constituerait une réserve d'expérience et de talents diversifiés sans parallèle dans notre pays.

On avait antérieurement proposé la création d'un institut de mathématiques, qui aurait servi d'instrument pour favoriser l'excellence de la recherche mathématique proprement dite. Mais l'Étude sur les mathématiques a introduit un concept nouveau: le rôle direct de cet Institut dans la poursuite des objectifs nationaux.

La plupart des départements de mathématiques canadiens sont dominés par les spécialistes des mathématiques pures. Il est donc indispensable de rétablir l'équilibre en faveur des mathématiques appliquées, grâce au soutien que leur apporterait un tel institut. Il est peu vraisemblable que le secteur universitaire engage de nombreux mathématiciens dans l'avenir immédiat, et ainsi la création d'un institut de mathématiques appliquées constituerait la meilleure voie d'action.

Hamlet s'est décidé à agir! Étant donné la situation politique actuelle, il est peu vraisemblable que le gouvernement s'y décide sans une recommandation expresse du ministère d'État aux Sciences et à la Technologie.

## **Fonctions possibles**

On a proposé de nombreuses fonctions différentes, et même trop, pour cet institut. Aucun organisme ne pourrait s'acquitter efficacement de toutes les tâches envisagées. Les membres du Comité mixte attachent une importance inégale aux diverses fonctions proposées. Ils ne sont pas assez au courant des priorités fédérales pertinentes pour effectuer un choix. Il nous faut donc décrire, aussi clairement que possible, un certain nombre d'options, et demander une action rapide de la part du gouvernement.



Voici quelles pourraient être les fonctions d'un institut de mathématiques appliquées:

1° Exécution de *recherches* dans quelques-unes des *sciences mathématiques pures et appliquées*, ou même dans toutes. C'est la fonction de l'Institut Steklov de l'URSS, et de l'Institut d'études avancées de Princeton. Elle est compatible avec l'un des objectifs du CNRC, soit d'encourager la recherche fondamentale.

2° *Encouragement à l'emploi rationnel et justifié de l'informatique*. Nombreux sont les agriculteurs, les industriels, les fonctionnaires provinciaux ou fédéraux qui ont obtenu des conseils techniques valables des laboratoires du CNRC, nombreux seraient aussi ceux qui profiteraient de conseils autorisés sur l'emploi de l'informatique pour la résolution de problèmes pratiques. On se demande en effet toujours si l'informatique peut réellement servir à la résolution d'un problème particulier. Si tel est le cas, il faut élaborer l'algorithme efficace et économique qui le permettra, ce qui exige souvent la mise en œuvre d'un grand nombre de concepts et de techniques mathématiques. L'industrie, l'Administration et la recherche médicale nord-américaines gaspillent de nombreux millions de dollars en calculs informatiques inutilisables, ou anti-économiques<sup>5</sup>. Paradoxalement, les experts qui pourraient fournir un avis judicieux sont souvent les employés de grandes sociétés vendant des ordinateurs ou assurant des services informatiques, et qui sont donc intéressés à pousser au gaspillage.

3° Étude des *méthodes d'enquête* concernant la population. Il existe des méthodes relativement sûres, celles des enquêtes Gallup, par exemple, qui permettent de sonder l'opinion publique. Cependant, l'étude de l'offre et de la demande d'emplois a montré qu'il n'existe pas de technique permettant d'obtenir des informations précises sur les divers indicateurs économiques et sociaux nécessaires à l'élaboration de la politique générale. On dépense souvent des sommes importantes pour rassembler des données qui ne seront pas analysées, dont la validité est douteuse, ou qui seront analysées trop tard et n'offriront alors qu'un intérêt rétrospectif. Une étude sérieuse des méthodes statistiques et des processus d'exécution des sondages de cette nature devrait être menée avec la collaboration d'autres mathématiciens, afin de susciter des idées nouvelles pour la résolution des problèmes. C'est à Ottawa que ce programme de recherches, d'envergure nationale, serait réalisé dans les meilleures conditions, car les chercheurs y auraient un accès quotidien aux sondages, et des contacts directs avec le personnel de Statistique Canada. Les recherches nécessaires ne peuvent être réalisées efficacement dans le cadre actuel de cet organisme, et il faut qu'un groupe indépendant, possédant ses installations et son personnel propres, s'en occupe; certains chercheurs de Statistique Canada pourraient y être détachés.

4° Coordination et poursuite de *l'étude de l'analyse des systèmes* appliquée aux problèmes canadiens. L'Institut pourrait servir de truchement pour nouer des relations fructueuses avec l'Institut international d'analyse appliquée des systèmes (IIAAS)<sup>6</sup> et avec la Fédération internationale des instituts d'études approfondies (FIIEA)<sup>7</sup>. Mais l'Institut de prospective proposé par le sénateur Lamontagne ne serait d'aucune utilité s'il ne disposait d'un groupe très compétent de modélisation mathématique.

5° Fourniture d'un lieu de rencontre pour les mathématiciens des universités, des collèges techniques, du secteur public et de l'industrie pour des périodes d'échanges intenses durant, par exemple, de deux à vingt mois. Les professeurs retourneraient ensuite à l'université avec une meilleure connaissance des problèmes réels que leurs diplômés auront à résoudre. Les autres mathématiciens y obtiendraient la solution de certains de leurs problèmes, et des moyens nouveaux pour résoudre ceux qui sont en suspens. Ils auraient ainsi pris des contacts pour une fructueuse collaboration ultérieure. Telle a été l'expérience du groupe d'étude d'Oxford<sup>8</sup>. Des «voies surnuméraires de communication» seraient ainsi ouvertes; Stafford Beer considère, avec raison, qu'elles sont indispensables pour assurer la pérennité de notre société, dont la complexité et l'interdépendance croissent constamment.

6° Fourniture de *cours de formation spécialisée* aux fonctionnaires des diverses Administrations, chaque fois qu'un certain nombre d'entre eux auraient besoin d'être instruits d'un sujet particulier. Dans le cas où l'Institut lui-même ne donnerait pas ces cours, ses dirigeants pourraient demander à une université de s'en charger.

7° Fourniture *d'attrayants emplois* à de jeunes docteurs en mathématiques canadiens, faute de quoi les meilleurs d'entre eux, découragés par les restrictions budgétaires imposées aux universités, pourraient s'installer à l'étranger.

8° Action de *centre informateur* sur les problèmes de mathématiques appliquées qui se posent aux Administrations fédérale, provinciale, ou municipale, dans l'industrie, dans le secteur des affaires et dans les sciences. Un tel centre informateur, bien dirigé, tiendrait les chercheurs mathématiciens au courant des grands problèmes non résolus, et aiderait les utilisateurs à trouver des solutions à ceux qui se posent à court et à long termes.

## Structures possibles

Les fonctions ci-dessus exigeront, à long terme, un organisme de grande envergure. Certains ont formulé de graves objections à la création d'un institut mathématique unique, disposant d'un nombreux personnel. On ne connaît aucun moyen d'éviter les conséquences de la

fameuse «Quatrième loi» de Newton: «Toutes les Administrations ont comme principal objectif leur propre conservation». Si on la conjugue avec sa «Première loi», on en déduit, en bonne logique mathématique, qu'une fois créé, l'institut unique poursuivra indéfiniment sa route en ligne droite grâce à sa propre inertie. On reconnaît partout les inconvénients de la centralisation dans un pays dont les régions sont fortement différentes. L'institut mathématique le plus remarquable du monde est, sans nul doute, l'Institut Steklov de l'URSS; mais il possède deux divisions: l'une à Moscou, l'autre à Léninegrad. Toute invitation à l'Administration fédérale pour qu'elle octroie d'importantes subventions à un institut de mathématiques devrait tenir compte du soutien limité déjà accordé au Centre de recherches mathématiques de l'Université de Montréal: tout effort supplémentaire devrait se faire à partir de ce centre<sup>9</sup>.

La structure de l'institut dépendrait largement des fonctions dont on l'aurait chargé. Nous décrivons trois structures possibles. Des organismes canadiens ayant les deux premières ont déjà donné satisfaction, mais on croit que la troisième conviendrait mieux aux conditions canadiennes.

1<sup>o</sup> L'Institut pourrait former une nouvelle division du Conseil national de recherches, semblable aux divisions existantes, telles celles de la physique et du génie mécanique. Cette structure organique est largement acceptée au Canada. L'Institut pourrait entrer en service très rapidement, grâce à l'entourage de scientifiques de valeur, lesquels s'efforcent déjà de satisfaire aux besoins pratiques et à ceux du développement du Canada. Cette structure présenterait un désavantage, car l'Institut pourrait trop aisément tomber dans les ornières administratives traditionnelles. De plus, il rivaliserait avec d'autres divisions bien établies du CNRC pour l'attribution des maigres crédits budgétaires comme ceux que le Conseil a obtenus ces dernières années, et risquerait d'épouser les lignes de pensée de cet organisme où dominent les ingénieurs et les spécialistes des sciences expérimentales, lesquels n'accueilleraient peut-être pas avec intérêt les progrès récents et les applications modernes des mathématiques.

2<sup>o</sup> L'Institut pourrait s'installer au sein d'une université, comme le sont ceux qui s'intéressent aux transports ou à la mise en œuvre des ressources. Cet emplacement assurerait un afflux continu d'idées nouvelles, provenant des universitaires et des enseignants, et la responsabilité financière. Le département de formation des adultes pourrait offrir des cours de recyclage grâce aux mathématiciens de l'Institut, dont l'action étayerait celle du département de mathématiques voisin. Dans ce cas, il serait naturel de renforcer et de développer le Centre des recherches mathématiques de l'Université de Montréal. Mais alors, le Centre ne pourrait pas s'occuper, comme l'a suggéré l'un de nos correspondants, d'améliorer les méthodes de sondage statistique au Canada. En outre, le secteur industriel et l'Administration seraient peut-être peu disposés à financer un institut associé à une université, tout au moins suffisamment pour lui permettre de résoudre les problèmes mentionnés au chapitre précédent.

3° L'Institut pourrait se modeler sur l'Institut Steklov de l'URSS. Il comporterait des services centraux dynamiques, et plusieurs divisions réparties dans tous le pays. Chacune de celles-ci pourrait se spécialiser dans un, ou plusieurs volets de l'objectif général. Sa spécialisation pourrait correspondre à la nature des problèmes régionaux. La division d'Halifax, par exemple, s'occuperait de l'élaboration des modèles océanologiques et des modèles marégraphiques de la baie de Fundy, celle de la Colombie-Britannique s'occuperait d'écologie et des produits forestiers; le génie et la prospection pétrolière conviendraient à celle des Prairies, tandis que celle du Canada central axerait son effort sur l'informatique, les institutions bancaires et les administrations municipales. Situés à Ottawa, les services centraux échangeraient l'information, maintiendraient le contact avec les instituts étrangers et effectueraient, par exemple, une étude critique des méthodes de sondage statistique. Les divisions pourraient être situées au sein des universités ou à proximité de celles-ci, ou encore dans les centres provinciaux de recherche. Une division séparée, au sein du CNRC, pourrait se spécialiser dans les problèmes du génie et dans les algorithmes informatiques complexes.

Quelle que soit son organisation, l'Institut devrait être financé grâce à des engagements à long terme de l'Administration et de l'industrie. Le Conseil du Trésor et le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie pourraient subventionner les activités intéressant l'IIAAS, et la modélisation en matière de politique générale<sup>9</sup>. Comme l'approvisionnement énergétique pose à long terme de graves problèmes, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources s'intéresserait certainement à l'analyse mathématique en matière de politique énergétique. Le ministère des Transports, le secteur des transports et le ministère des Communications subventionneraient les recherches mathématiques sur les transports et les télécommunications. Le CNRC s'intéresserait aux mathématiques de l'ingénierie, de la physique et de la chimie.

Nous croyons qu'il serait malsain pour l'Institut d'être financé par un Conseil subventionnaire central, ce qui le pousserait à l'autisme et à l'abstraction. Il serait préférable que son financement vînt de l'industrie et des ministères fédéraux, qui s'attendent à obtenir des résultats concrets. En général ces organismes disposent d'observateurs, chargés de maintenir la liaison, lesquels auraient de préférence en une certaine formation mathématique. Mais pour que cette méthode soit valable, il faudrait qu'on trouve un moyen flexible pour assurer un financement contractuel supérieur à une année, soit de trois à dix ans.

L'Institut éviterait ouvertement d'engager un personnel nombreux et permanent. Il pourrait consacrer la plupart de son budget à faciliter le détachement de mathématiciens de l'industrie, du secteur public, des universités et des collèges techniques. (Nous supposons que les professeurs en congé septennal et les mathématiciens de l'industrie en détachement continueraient à toucher leur traitement normal de leur employeur, qu'ils rejoindraient ultérieurement).

Il est peu vraisemblable qu'un tel institut surgisse tout formé,

sur l'ordre du ministre. Il lui faudrait une gestation<sup>10</sup> de trois à huit ans, après le feu vert du gouvernement fédéral. Il devrait disposer dès le début d'un personnel de valeur, compétent, et capable d'imaginer de nouvelles structures.

*Nous recommandons en conséquence:* que le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie conseille au gouvernement de créer un Institut canadien des mathématiques appliquées, dont l'un des objectifs primordiaux consisterait à favoriser les interactions entre chercheurs en sciences mathématiques et utilisateurs des mathématiques.

## X. Le Conseil canadien des sciences mathématiques

«L'union fait la force».

Lors de sa réunion de mai 1974, le Comité mixte pour l'Étude sur les mathématiques approuva, à l'unanimité, la résolution suivante:

«Il faudrait que les organismes parrainant l'Étude créent un Conseil permanent chargé d'encourager le développement des sciences mathématiques au Canada, et leur mise en œuvre dans l'intérêt national».

La conjonction des efforts des six associations pour réaliser l'Étude a rendu possible l'interaction des groupes s'intéressant aux mathématiques canadiennes. Elle ouvre d'intéressantes perspectives sur l'avenir. Il ne convient pas d'abandonner à la légère les passerelles ainsi lancées. Il faudra concerter les efforts pendant plusieurs années pour faire prendre sérieusement en considération les recommandations de la présente Étude, et leur faire donner des suites efficaces. Le Conseil proposé aurait pour rôle premier d'orienter l'effort commun et d'en assurer la poursuite.

Le manque de temps et de ressources suffisantes ont empêché l'Étude d'atteindre certains de ses objectifs originels. Les problèmes de main-d'œuvre sont d'importance primordiale, et nous n'avons que commencé leur analyse.

Partout on reconnaît, du bout des lèvres, que le bien-être de notre société dépend d'une main-d'œuvre ayant reçu une formation technique satisfaisante. Cependant, nul ne peut même dire qu'on ait réussi à faire un inventaire valable des diplômés de l'enseignement supérieur. Le nombre de spécialistes d'un domaine particulier dont nous aurons besoin à l'avenir est encore plus aléatoire, et il est bien difficile d'élaborer des lignes de conduite pour leur formation théorique et pratique. Le Conseil pourrait se charger de la tâche importante, mais fort difficile, de l'élaboration d'une méthode de relevé permanent de l'offre et de la demande d'emploi de personnes ayant reçu une formation mathématique, et des besoins en cette matière. Cette action compléterait celle de l'Institut de mathématiques appliquées, dans sa troisième fonction plus générale.

À la fin du chapitre III figurent d'autres objectifs envisagés pour le Conseil. De nombreux participants aux séminaires, organisés par l'Étude en vue de réunir des mathématiciens des universités et des collèges techniques, et les utilisateurs des mathématiques de l'industrie, du secteur des affaires et de l'Administration, ont souligné leur grande utilité. Le Conseil pourrait en organiser de nombreux autres dans tout le pays, avec grand avantage. Il pourrait également se charger d'organiser des séminaires d'un genre différent pour réunir des cadres supérieurs et moyens car, dit-on souvent, leur appréhension ou leur manque d'information à l'égard des mathématiques gêne sérieusement la mise en œuvre des connaissances mathématiques, et l'utilisation des mathématiciens, dans notre société. Le Conseil pourrait communiquer aux autorités universitaires, aux cadres de l'industrie et aux hauts

fonctionnaires, des listes de groupes ou de personnes s'intéressant à des échanges mathématiques, ainsi que des renseignements sur les intérêts et les problèmes de chacun.

Il pourrait proposer aux membres des associations participantes des initiatives à prendre en vue d'améliorer l'enseignement des mathématiques dans les écoles élémentaires et secondaires.

Le Conseil pourrait surveiller les normes d'enseignement des mathématiques à tous les paliers, et encourager leur amélioration. En attendant la création d'un Institut des mathématiques conforme aux propositions du chapitre IX, le Conseil pourrait mettre sur pied un centre d'échange pour mettre les utilisateurs des mathématiques en contact avec des mathématiciens acceptant des travaux de consultants; il s'occuperait également de communiquer aux autorités universitaires le nom de cadres industriels ou de fonctionnaires disposés à donner des conférences.

Le Conseil ne limiterait pas ses membres aux six associations du début. Ses statuts devraient permettre l'adhésion d'autres groupes s'intéressant aux mathématiques. En particulier, il serait indispensable qu'il obtienne la participation de toute association de professeurs de mathématiques des écoles secondaires ou des collèges techniques qui serait créée.

Il faudrait qu'il trouve des ressources financières pour compléter le soutien des six associations ayant parrainé l'Étude, afin de mettre en œuvre, ne serait-ce que modestement au début, certaines des actions proposées. Certaines de ses fonctions pourraient intéresser le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie, le ministère de l'Industrie et du Commerce, celui de la Main-d'œuvre et de l'Immigration, ou Statistique Canada. Son dynamisme serait assuré par des contrats de longue durée accordés par divers ministères fédéraux. Il devrait s'efforcer, en outre, d'obtenir de l'industrie et des Administrations provinciales des contrats qui lui donneraient une envergure nationale.



# XI. Une fin et un commencement

«Amis, venez donc;  
Il n'est pas trop tard pour découvrir un monde.  
En route! Et frappons de nos rames  
L'onde bruissante» – Alfred Tennyson<sup>1</sup>

Au 1<sup>er</sup> chapitre, nous avons décrit les objectifs originels de l'Étude, et indiqué qu'ils n'avaient été atteints que partiellement. Nous nous proposons maintenant d'évaluer rapidement les succès obtenus, de récapituler les recommandations principales et d'indiquer la route à suivre.

## Une récapitulation des objectifs

Examinons les objectifs, tels qu'ils étaient décrits au début du 1<sup>er</sup> chapitre. Les résultats du questionnaire et le compte rendu des séminaires d'Ottawa: *Mathematics in Today's World*<sup>2</sup> concernent particulièrement le premier. Les conséquences pratiques n'en sont pas claires, à l'exception d'une conclusion. Étant donné le rôle très important joué dans notre société par les statistiques appliquées, il apparaît que la plupart des départements de mathématiques ne leur accordent pas une attention suffisante. Le second objectif consistait en une description et une évaluation de la recherche en mathématiques. Il eût été possible d'établir un simple inventaire, mais son intérêt ne justifiait pas l'effort à accomplir. Cependant, l'Annexe H présente des données pertinentes, et d'autres sont aisément disponibles. Il semble raisonnable de considérer le nombre des demandeurs dans des diverses catégories décrites dans le Tableau H.3 comme un indice approximatif de l'activité de recherche dans les différentes branches des mathématiques. La proportion entre le nombre de subventions accordées et le nombre de demandes constitue une évaluation de la qualité de la recherche par le comité confraternel. Bien entendu, on demande souvent que la recherche soit évaluée en fonction de son «intérêt national», ou de son «utilité pratique». Dans l'abstrait, ces propositions paraissent raisonnables, mais jusqu'à présent, nul n'a conçu de mécanisme meilleur que l'évaluation confraternelle. Le chapitre VIII expose quelques-uns des arguments favorables ou défavorables, mais non tous. Nous avons signalé, au 1<sup>er</sup> chapitre, qu'on n'avait guère résolu le problème de l'évaluation des besoins futurs en diplômés de l'enseignement supérieur dans une discipline quelconque. Nous ne prétendons pas avoir atteint le troisième objectif de façon satisfaisante, mais nous avons accumulé des preuves que, dans le passé, on a eu grand besoin de personnes ayant reçu une formation mathématique et que, probablement, ce besoin s'accroîtra dans l'avenir proche. Nous remercions Otto Tomasek et ses collègues de Bell Canada pour la communication de la Prospective de l'emploi mentionnée dans l'Annexe F. L'amélioration de la base de données permettrait d'utiliser avec succès la méthode d'établissement de cette Prospective pour effectuer des prévisions valides sur deux ou trois ans, voire même quatre. Mais leur valeur

serait limitée, car la formation d'un maître ou d'un docteur d'université prend de cinq à huit ans. L'élaboration de méthodes de prévision de l'offre et de la demande d'emploi a des rapports étroits avec l'amélioration des méthodes de sondage mentionnées au chapitre IX. Il s'agit d'un problème crucial pour tout travail rationnel en politique générale. Il faudrait que l'Institut national de mathématiques appliquées, subventionné par l'Administration fédérale, lui accorde la priorité. Le quatrième objectif concernait l'enseignement des sciences mathématiques. C'est lui qui a suscité le plus grand nombre de réponses. Il est traité aux chapitres IV, V et VI.

Le dernier des objectifs originels concerne les méthodes d'identification des domaines où les mathématiques permettent de résoudre les problèmes qui se présentent. Le chapitre III indique que ces domaines sont presque innombrables, et le compte rendu *Mathematics in Today's World* l'illustre concrètement. L'institut proposé de mathématiques appliquées ou le Conseil canadien des sciences mathématiques, pourrait faire connaître les problèmes mathématiques non résolus et d'importance capitale pour l'analyse des questions d'intérêt général.

## **Recommandations expresses**

Le lecteur attentif de la présente Étude de documentation a certainement remarqué le grand nombre d'invitations à l'action dont elle est parsemée. Presque toutes ont été présentées par au moins deux informateurs de l'Étude, mais aucune n'est considérée comme une vérité révélée, et intouchable. Nous espérons qu'elles seront toutes analysées sérieusement, et qu'elles seront souvent suivies par des mesures bénéfiques.

Il existe cependant sept recommandations auxquelles le Comité mixte pour l'Étude sur les mathématiques attache une importance capitale; il insiste pour qu'on leur donne suite sans tarder:

1° Il faut que les divers secteurs de la société (universités, secteur des affaires, industrie, ministères provinciaux et fédéraux et nombre d'organismes professionnels) fassent des efforts particuliers pour favoriser une plus large mise en œuvre des mathématiques, et un meilleur emploi des travailleurs ayant reçu une formation mathématique.

Cette recommandation résume toutes les propositions du chapitre III.

2° Les ministères provinciaux de l'Instruction publique devraient s'efforcer d'améliorer l'enseignement des mathématiques dans les écoles élémentaires et secondaires. Cette recommandation s'adresse en premier lieu aux ministres. Mais sa mise en œuvre nécessiterait un soutien actif de la part des étudiants, des parents, des chercheurs, des professeurs, de ceux qui utilisent les mathématiques et des commissions scolaires, pendant bien des années.

3° La Société mathématique du Canada devrait former un groupe de travail, dont la composition serait concertée par les six associations ayant parrainé l'Étude. Il analyserait les programmes d'enseignement des mathématiques des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles des universités canadiennes, et recommanderait les structures et les contenus des programmes d'enseignement qu'il estimerait valables actuellement, et pour le proche avenir.

4° Le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie devrait passer en revue les lignes de conduite fédérales en matière de subventions à la recherche. Il s'efforcerait de déterminer: a) comment la collectivité mathématique pourrait être mieux représentée aux paliers de décision les plus élevés en matière de financement fédéral de la recherche; b) comment maintenir à un niveau suffisant l'enveloppe des crédits fédéraux à la recherche en mathématiques; et c) si le CNRC contribuerait plus efficacement au développement des sciences mathématiques au Canada en abandonnant graduellement l'attribution de la plupart des subventions à des chercheurs individuels, et en favorisant les programmes communs de recherche où participeraient activement des mathématiciens-chercheurs.

5° Les dirigeants des universités canadiennes devraient fournir aux mathématiciens universitaires des occasions plus nombreuses de communiquer avec les utilisateurs des mathématiques, sur le plan professionnel.

6° Le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie devrait proposer au gouvernement fédéral la création d'un Institut canadien des mathématiques appliquées, dont l'un des objectifs principaux serait d'encourager l'interaction entre chercheurs en mathématiques et utilisateurs de ces dernières.

7° Les associations ayant parrainé l'Étude devraient créer un Conseil permanent chargé d'encourager le développement des sciences mathématiques au Canada et leur utilisation dans l'intérêt national.

## **Un monde nouveau**

En 1975, année de la rédaction de la présente Étude, l'avenir inquiète sérieusement tous ceux qui se préoccupent de l'évolution de la société. Celle-ci est menacée par une pénurie d'énergie, un chômage croissant, une inflation galopante, la dégradation de l'environnement, la multiplication des crimes, une marée démographique mondiale, et l'épuisement imminent de plusieurs ressources non renouvelables, mais vitales. Est-ce une époque où l'on peut gaspiller son temps à se préoccuper du rôle des mathématiques au Canada? Malgré les nombreuses menaces peu réjouissantes qui nous assaillent, il n'y a jamais eu d'époque historique au cours de laquelle les options offertes à la col-

lectivité ont été plus intéressantes, ou plus riches en possibilités favorables. Mais pour saisir ces possibilités d'une vie plus pleine pour tous, il nous faut nous appuyer sur le raisonnement – le raisonnement mathématique – afin de résoudre les problèmes. Bien entendu, il faudra aussi lutter contre notre avidité et notre égoïsme, comprendre avec sympathie les ambitions des autres peuples, utiliser dans un esprit créateur les sciences du monde inanimé, les sciences de la vie, les sciences sociales et le génie, agir avec décision et audace, et bien d'autres choses encore. L'effort de raisonnement mathématique représente peut-être 10 pour cent de l'effort total, peut-être 3 pour cent seulement, peut-être encore moins . . . mais il est indispensable<sup>3</sup>. Notre société technologique s'effondrerait dans le chaos si nous n'avions pas la connaissance et la maîtrise des structures abstraites que les mathématiques nous donnent.

Il est donc urgent que nous nous attaquions aux tâches que *Les sciences mathématiques au Canada* ont cernées, si inadéquatement que ce soit. Au fur et à mesure que nous progresserons, nous déterminerons ce qui est important et ce qui ne l'est pas. Nous espérons acquérir ainsi une vision plus claire et du courage.

Venez, mes amis. Peut-être n'est-il pas trop tard!

# Annexes

## **Annexe A – Résultats de l'enquête sur les mathématiques**

### **Introduction**

Dans le second chapitre, nous avons brièvement parlé de l'Écosystème mathématique, de ses cinq composantes et de quelques-unes de ses interconnexions. Nous avons également examiné les mécanismes permettant de recueillir l'information relative à cet Écosystème. Nous avons sollicité la présentation de mémoires; huit séminaires d'un jour ont été tenus; nous avons visité des universités, des industries et des organismes publics; nous avons enfin largement distribué un questionnaire (reproduit aux pp. 167 à 174).

Les directeurs de l'Étude ont utilisé les données fournies par le questionnaire, de concert avec l'information recueillie par les trois autres moyens. Aucun mécanisme unique n'aurait permis d'étudier les diverses facettes de l'Écosystème mathématique. Nous avons estimé que seule une approche polyvalente pourrait fournir un tableau valable de la situation.

L'enquête était conçue pour mettre au jour la progression des étudiants en mathématiques jusqu'au marché du travail. Nous désirions connaître la nature des travaux confiés aux diplômés en mathématiques, comment ils avaient utilisé leur formation mathématique, et quelle opinion ils ont aujourd'hui de la pertinence de cette formation pour l'entrée dans leur carrière.

Nous décrivons ci-dessous les méthodes et le questionnaire utilisés pour obtenir cette information; on trouvera également une étude des distorsions éventuelles résultant de l'absence de réponse d'une proportion assez forte d'informateurs, et également les inférences statistiques possibles.

### **Méthode de l'enquête**

Au cours de l'automne 1973, les directeurs de l'Étude écrivirent à tous les départements de mathématiques des universités canadiennes, en leur demandant de compiler une liste des adresses de leurs diplômés:

- 1) de baccalauréat ou de maîtrise, des promotions de 1960, 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973;
- 2) de doctorat, des promotions de 1960 à 1973 inclusivement.

La plupart des départements de mathématiques n'avaient jamais pris contact auparavant avec leurs diplômés. La compilation de la liste exigea donc un effort considérable. Le cas des étudiants n'ayant pas suivi de programme spécialisé présenta des difficultés particulières. On décida finalement de demander aux départements d'inclure dans la liste environ dix pour cent de diplômés de programme général ayant suivi au moins cinq cours de mathématiques. Malgré les difficultés, la plupart des départements de mathématiques firent de leur mieux, et acceptèrent d'envoyer à leurs diplômés le questionnaire conçu et contrôlé par le groupe d'étude.

Les questionnaires furent envoyés avec une enveloppe timbrée, adressée pour renvoi au centre de l'Étude, aux soins du Conseil des

sciences du Canada. M. K. Beltzner, assermenté sous l'empire de la loi sur les secrets officiels, fut chargé de coder les questionnaires remplis, en détachant la page contenant les indications d'identité de l'informateur.

Ces indications furent utilisées par la suite pour compiler une liste d'envoi de l'édition préliminaire de l'Étude.

L'exploitation des questionnaires fut tout d'abord réalisée par une firme extérieure, sous la surveillance du Comité mixte; mais le groupe d'étude la prit en mains quand il devint évident, après de longs retards, que cette firme ne pourrait se conformer aux exigences du contrat.

Voici les étapes de l'exploitation des questionnaires, sous l'autorité des directeurs de l'Étude (tous les traitements informatiques ont été exécutés à l'Université Queen's, à Kingston):

*Étape n° 1:* Vérification du questionnaire pour déterminer l'exactitude des réponses et les oublis éventuels. Large codage des établissements d'enseignement de la province ou du pays d'origine de l'intéressé, de celui où il avait acquis sa formation secondaire et de celui où il occupe un emploi.

*Étape n° 2:* Transcription du questionnaire codé sur des feuilles de programmation spéciales, suivie d'une perforation contrôlée.

*Étape n° 3:* Mise en mémoire des données des feuilles de programmation, grâce à un programme de service normalisé. Les données brutes étaient alors soumises à un programme de vérification exhaustive par des centaines de recoupements et d'essais de compatibilité. Toutes les erreurs détectées étaient analysées, corrigées, puis soumises à nouveau au programme de vérification.

*Étape n° 4:* La bande contenant les données vérifiées permettait d'élaborer un fichier ESSS<sup>2</sup>. On élaborait de nombreux fichiers de travail, tels ceux des détenteurs de baccalauréats, de maîtrises et de doctorats d'universités canadiennes<sup>1</sup> pour les années choisies et celui des membres des associations parrainant l'Étude, aux fins de consultation ultérieure des bandes d'ordinateur.

*Étape n° 5:* Utilisation des fichiers de travail pour la tabulation des données et leur analyse.

### **Déviations dues à l'absence de réponses et inférences statistiques**

Un problème se présente invariablement dans tous les relevés de cette nature. Que faire au sujet des destinataires qui n'ont pas répondu? Pourquoi certains d'entre eux remplissent-ils et retournent-ils le questionnaire, tandis que d'autres s'abstiennent? S'ils se répartissaient au hasard, on pourrait considérer que les données recueillies sont valables pour les abstentionnistes. Mais, dans le cas présent, les deux groupes ne sont probablement pas semblables. Il se peut que les informateurs soient précisément ceux qui ont à présenter le plus de plaintes, ou qui le font le plus ouvertement. La liste des abstentionnistes comprend certainement des personnes qui ont souvent changé de domicile, ou parfois de nom du fait d'un mariage, et à qui le questionnaire n'est pas parvenu – principale cause du faible pourcentage de réponses à l'enquête – (voir tableau A.2). Il est possible que certaines personnes ayant reçu le questionnaire n'aient pas voulu y répondre à cause de leur attitude à



l'égard des mathématiques, de l'enseignement, des questionnaires en général, ou du présent questionnaire en particulier.

Il convient donc de se souvenir que les données et les opinions mentionnées ici ne caractérisent pas toute la population des diplômés en mathématiques du Canada, mais seulement ceux qui ont répondu au questionnaire (plus de 1800 personnes). Il n'est pas justifié de faire des inférences statistiques concernant toute la population des diplômés en mathématiques du Canada en se basant sur notre seule enquête, et nous le soulignons.

Cependant il n'était pas indispensable, pour les besoins de l'enquête, d'obtenir un échantillon représentatif à cent pour cent du point de vue statistique, pour les mêmes raisons que dans le cas d'autres mécanismes de recueil d'opinions, tels que la sollicitation de mémoires, la tenue de conférences et celle d'entretiens.

Les opinions recueillies au cours de l'étude par les divers moyens employés se sont montrées compatibles, lorsqu'il a fallu identifier les grands problèmes. La mobilisation de fortes ressources supplémentaires en vue d'obtenir un échantillon statistique entièrement représentatif ne s'imposait donc pas. Les recoupements possibles permettaient de tracer un tableau beaucoup plus précis des mathématiques au Canada qu'il n'aurait été possible par tout autre moyen, aussi bien employé fût-il.

### **Points saillants du questionnaire sur les mathématiques**

Voici ce qu'a déclaré le professeur C. F. A. Beaumont, co-doyen de la faculté de mathématiques de l'Université de Waterloo, lors d'un séminaire à Ottawa:

«L'Étude sur les mathématiques vise surtout à mettre au jour les possibilités de carrière pour les étudiants férus de mathématiques, et à communiquer cette information à leurs professeurs. Nos programmes sont excellents pour la formation d'enseignants d'école secondaire ou d'université. Nous avons cependant besoin de diplômés d'une autre trempe. Quatre-vingt pour cent peut-être de nos futurs diplômés entreront dans les secteurs public et privé. Nos professeurs actuels ne connaissent guère les outils dont ces diplômés auront besoin, ou les problèmes qu'ils auront à affronter».

Les diplômés des départements canadiens de mathématiques travaillent surtout hors du secteur universitaire, mais la fonction la plus en vue est celle de professeur d'université. Quatre-vingt-un pour cent des diplômés titulaires d'un doctorat d'université (*PhD*) y enseignent, mais cette proportion diminuera à cause de la réduction du nombre des postes universitaires au Canada et outre-frontières, au cours des années 1970. Le blocage de l'enveloppe de la recherche, annoncé récemment par le Premier Ministre du Canada, réduira aussi le nombre des emplois universitaires post-doctoraux. Il est ainsi probable qu'il se produira une migration des docteurs en mathématiques vers les secteurs public et privé, aux alentours de 1980.

Les tableaux A.12 à A.22 montrent quelle est l'opinion des informateurs à l'égard de la formation en mathématiques qu'ils ont

reçue. En général, les bacheliers ès sciences spécialisés ont exprimé leur satisfaction de la formation en mathématiques à l'école secondaire, et des cours d'*algèbre* et de *calcul différentiel et intégral* suivis à l'université. Cependant, ces informateurs ont indiqué leur formation en *informatique* et *statistique*, très importante pour leur travail, n'avait pas reçu suffisamment d'attention. Les cours universitaires de géométrie, de topologie et de physique mathématique ont des rapports moins étroits avec leurs occupations.

Les tableaux A.13 et A.14 montrent l'uniformité des réponses des diplômés des promotions de 1960 – 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973, ce qui suggère peu d'évolution dans la composition des cours. La persistance d'un dissentiment à ce propos est à remarquer: la plupart des informateurs ont signalé que l'attention accordée à l'enseignement des mathématiques formelles pêchait par insuffisance plutôt que par excès, sauf dans le cas de l'analyse infinitésimale.

Il faut souligner que nous n'avons pas cherché à connaître les raisons de cette insatisfaction. Elles sont, sans aucun doute, nombreuses et diverses. Un de nos informateurs, lors du Congrès international des mathématiques de 1974 à Vancouver, déclara que le manque d'attention accordée à l'informatique au cours de sa formation universitaire résultait de la faible diffusion des ordinateurs à cette époque.

Cependant, quelles que soient les raisons du peu de satisfaction de la plupart des diplômés, elles suggèrent un remaniement du programme d'enseignement des mathématiques, afin d'insister sur les spécialités dont les diplômés ont le plus besoin dans leur emploi.

Les diplômés diffèrent d'opinion au sujet des méthodes d'enseignement des mathématiques, selon le niveau concerné. Beaucoup estiment qu'on attache trop d'importance, au premier cycle, aux devoirs, aux cours, à l'étude personnelle et aux examens, aux dépens des séminaires, des débats et du travail d'équipe. Ce n'est qu'au second cycle que celui-ci reçoit suffisamment d'attention. En outre, plus de la moitié des titulaires de maîtrise ont indiqué que trop d'importance était attachée aux examens.

Nous voulions également savoir comment était enseignée la matière des cours universitaires. Au premier cycle, on n'accorde que peu d'attention à la résolution des problèmes concrets, et on ne s'occupe guère d'intéresser les étudiants par des résultats utilisables. On s'efforce d'exposer théoriquement le développement des mathématiques, et on donne comme exemple des problèmes faits sur mesure. Par contre, les programmes des cycles supérieurs, particulièrement celui de maîtrise, accordent une attention suffisante aux problèmes concrets, aux résultats utiles et au travail original.

Les critiques soulignent les faiblesses de l'école secondaire en matière d'enseignement du calcul; mais la plupart de nos informateurs titulaires d'un baccalauréat estiment que tel n'est pas le cas à l'université. Cependant, ils ne sont guère satisfaits de l'effort d'exposition de l'art de communiquer les concepts mathématiques, des interconnexions entre les différentes spécialités, et même de la façon d'utiliser la littérature technique. On n'y discute guère de l'incidence des mathématiques sur

la société, ou de leurs aspects culturels, ni de leur histoire et de leur philosophie.

### **Mathématiques et travail**

En vue de mettre au jour les relations entre mathématiques et travail, nous n'avons tenu compte que des informateurs travaillant à plein temps au moment de l'enquête. Les étudiants sont donc exclus. Nous n'avons, en outre, tenu compte que des diplômés d'universités canadiennes de certaines promotions.

La question I.G du questionnaire permettait à nos informateurs d'indiquer s'il existait des liens entre leur travail et les mathématiques. La plupart ont répondu affirmativement. La proportion de correspondants dont les postes nécessitent l'emploi des mathématiques augmente avec le niveau de leur diplôme. De 80 pour cent pour les bacheliers, elle atteint 98 pour cent pour les docteurs (tableau A.4). La raison la plus fréquemment donnée pour *ne pas avoir choisi* un travail utilisant les mathématiques a été le *désir de faire autre chose*. Ce ne sont ni l'emplacement, ni une rémunération plus élevée qui ont poussé le diplômé à choisir un travail n'utilisant pas les mathématiques.

La question II.A portait sur la nécessité d'un diplôme en mathématiques pour l'obtention d'un poste, selon le diplômé, et selon l'employeur (tableau A.5). On note avec intérêt que les employeurs des diplômés supérieurs exigent plus souvent le diplôme du candidat à l'emploi. La proportion s'élève de 19,0 pour cent pour les bacheliers à 61,7 pour cent pour les titulaires de maîtrises et à 84,1 pour cent pour les docteurs en mathématiques.

Il est intéressant (sans être statistiquement significatif) de remarquer que ces pourcentages sont encore plus élevés selon l'opinion des informateurs. Il semble donc exister un début de preuve que les employeurs évaluent insuffisamment la nécessité d'un diplôme en mathématiques pour certains emplois. Cependant, cette indication n'est pas aussi convaincante que l'opinion exprimée avec force par certains directeurs d'industrie aux séminaires; selon eux, les mathématiques jouent un rôle très important dans leurs firmes, mais non les mathématiciens. La question II.B du questionnaire permettait aux informateurs d'indiquer approximativement la répartition de leur temps de travail entre différentes fonctions, et d'énumérer leurs trois activités principales dans leur ordre d'importance. Le tableau A.6 indique quelles sont les première, deuxième et troisième activités principales, selon le diplôme.

Ainsi qu'on s'y attendait, le tableau A.3 montre que l'activité principale du groupe des docteurs porte sur *l'enseignement des mathématiques et la recherche mathématique*; pour les détenteurs de maîtrises, ce sont *l'étude de problèmes concrets, l'amélioration des connaissances spécialisées* par la lecture, la participation à des séminaires, etc., ainsi que *l'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques* qui sont le plus souvent mentionnés comme activité principale. Dans le groupe des bacheliers, les principales activités sont *l'application des méthodes mathématiques classiques, l'étude de problèmes concrets*, et autres travaux.

La répartition en pourcentage du temps de travail des informateurs, selon le diplôme, est résumée au tableau A.7.

La question II.F portait sur la satisfaction donnée par un travail basé sur la formation reçue. On demandait de donner une cote à des caractéristiques diverses, selon une échelle allant de «fort peu» (20 – 40) à «amplement» (61 – 80). Le lecteur trouvera les résultats dans les tableaux A.8 à A.11.

Les réponses à la question II.F indiquent que la plupart des diplômés étaient satisfaits de leurs conditions de travail. Mais on observe des écarts à propos de certaines caractéristiques. Le lecteur en prendra mieux conscience en se reportant aux tableaux détaillés, qui classent les réponses en six groupes distincts.

Les planificateurs de l'enseignement considèrent que l'utilisation de la formation reçue constitue un facteur important, méritant des explications séparées. Alors qu'on s'accorde pour dire que les détenteurs de doctorats n'utilisent pas assez leur formation, on n'accorde guère d'attention au cas des titulaires de maîtrises ou de baccalauréats. La raison en est le coût nettement plus faible de la formation des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles. Les tableaux A.8 à A.11 montrent cependant que 33,8 pour cent de nos informateurs titulaires d'un baccalauréat et 31,6 pour cent de ceux titulaires d'une maîtrise estiment que leur formation mathématique est mal utilisée. Parmi les titulaires de doctorat, cette proportion est de 11,5 pour cent.

La présente annexe ne contient que les données principales fournies par l'Enquête. On peut obtenir des détails supplémentaires en consultant les Archives du Canada, à Ottawa.

# LES MATHÉMATIQUES AU CANADA



*étude dirigée par*

La Société mathématique du Canada  
L'Institut canadien des actuaires  
L'Association canadienne de l'informatique  
L'Association canadienne de science statistique  
La Société canadienne de recherche opérationnelle  
L'American Statistical Association (District 11)

a/s  
Conseil des Sciences  
du Canada  
Science Council  
of Canada  
150 Kent Street  
7th Floor  
Ottawa, Ontario  
K1P 5P4

Tel. (613) 995-6853

## LE QUESTIONNAIRE SUR LES MATHÉMATIQUES

1. **NE REMPLIR QU'UN SEUL QUESTIONNAIRE.** Si vous avez déjà rempli et renvoyé le questionnaire, nous vous en remercions; vous pouvez jeter cet exemplaire.
2. **VOS RÉPONSES SERONT TRAITÉES DE FAÇON STRICTEMENT CONFIDENTIELLE.** Chaque université aura accès aux renseignements concernant ses propres diplômés, mais aucune donnée visant des particuliers ou des organismes ne sera publiée.
3. **QUELLES SONT LES SCIENCES MATHÉMATIQUES?** Aux fins du présent questionnaire, les sciences mathématiques comprennent les mathématiques pures, les mathématiques appliquées, la statistique mathématique, la science actuarielle, la recherche opérationnelle et l'informatique. Le mot «mathématique» désigne donc l'une ou l'autre ou l'ensemble de ces branches, et le mot «mathématicien», un spécialiste de l'une ou l'autre de ces disciplines.
4. **POUR VOUS FACILITER LA TÂCHE,** tous les espaces prévus pour l'inscription des réponses sont en blanc, sur fond vert. On peut répondre à presque toutes les questions à l'aide d'une coche ou d'un numéro. Si une question ne s'applique pas dans votre cas, passez-la. La première page contient des observations touchant certaines des questions.
5. **COMMENT RÉPONDRE AUX QUESTIONS OÙ ON DEMANDE VOTRE AVIS:** Dans certaines des questions des parties II et III, on vous demande votre avis sur les points forts et les faiblesses de votre formation mathématique. Ce que nous voulons connaître, c'est une opinion mûrie, fondée sur votre expérience et sur votre façon de voir l'enseignement.
6. **POUR DE MEILLEURS RÉSULTATS:** Nous vous invitons à expliciter vos vues sur le rôle des mathématiques dans la société et sur la façon dont vous les concevez dans le cadre de votre carrière en rédigeant une lettre ou un exposé que vous adresserez ainsi: Étude sur les mathématiques, a/s du Conseil des sciences du Canada, etc. (voir ci-dessus). La date d'envoi ne devrait pas être postérieure au 15 janvier 1974.
7. **RÉSUMÉ DES RÉSULTATS:** Si vous désirez recevoir un résumé des résultats de cette étude, indiquez votre nom et votre adresse ci-dessous. **VOUS ÊTES TOUT À FAIT LIBRE DE LE FAIRE OU PAS. VOTRE NOM NE SERA RELIÉ D'AUCUNE FAÇON AU QUESTIONNAIRE QUE VOUS AUREZ REMPLI. SI VOUS LE PRÉFÉREZ, VOUS POUVEZ ENVOYER CETTE FEUILLE À PART.**

NOM (en lettres moulées) \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### OBSERVATIONS SUR CERTAINES QUESTIONS

#### I. RENSEIGNEMENTS PERSONNELS ET PROFESSIONNELS

- A. Veuillez employer plusieurs numéros de code pour désigner les spécialités mixtes ou les domaines spéciaux, par exemple hydrodynamique: 5 et 6, économétrie: 1 et 8.
- C. Cette question fournira des données sur le mouvement des effectifs.
- D. On compte en demi-cours pour éviter les fractions. Les cours individuels et les séances de problèmes ne sont pas compris dans les trois heures de cours par semaine.
- E. Les organismes qui patronnent l'étude sont mentionnés dans l'en-tête. Les autres associations sont: g) American Mathematical Society, h) Association for Computing Machinery, i) The Institute of Management Sciences, j) The Society for Industrial and Applied Mathematics, k) The Mathematical Association of America. Si vous le voulez, vous pouvez annexer une liste des autres sociétés de mathématiques auxquelles vous appartenez.

#### II. LES MATHÉMATIQUES ET VOTRE POSTE ACTUEL

- B. Écrivez d'abord vos réponses au CRAYON en prévision des changements à apporter. Vérifiez si le total des pourcentages est bien égal à 100.
- C. Votre réponse servira à convertir les pourcentages de la question B en heures-homme, à des fins statistiques.
- G. Vous pouvez laisser en blanc les espaces prévus lorsque les disciplines indiquées n'ont rien à voir avec votre formation ou votre travail. On utilisera alors le code «4».
- H. Dans ce contexte, «articles non publiés» signifie les articles qui ont été rédigés et employés à des fins internes et non pas ceux qui ont été rédigés, mais jamais publiés ni utilisés à une fin quelconque, à l'extérieur.

#### III. VOTRE FORMATION MATHÉMATIQUE

- A. En exprimant votre opinion, considérez les conditions qui existaient au moment où vous avez reçu votre formation de premier cycle.

I. RENSEIGNEMENTS PERSONNELS ET PROFESSIONNELS

A. Veuillez inscrire tous les *diplômes post-secondaires* que vous avez obtenus (indiquer les *diplômes de spécialisation*, le cas échéant). Choisissez une, deux ou trois expressions de la liste figurant plus bas pour décrire votre *domaine de spécialisation*, et inscrivez le *numéro* correspondant dans le tableau suivant.

Diplôme ordinaire ou spécialisé?	Année d'obtention effective ou prévue	N° du domaine de spécialisation	Établissement	Province ou pays	Ne rien inscrire ci-dessous

DOMAINES DE SPÉCIALISATION

- |                                       |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| 1. Statistiques mathématiques         | 6. Physique et sciences de la Terre              | 11. Arts de l'ingénieur                   |
| 2. Science actuarielle                | 7. Biologie et sciences médicales                | 12. Pédagogie                             |
| 3. Recherche opérationnelle           | 8. Sciences sociales et sciences du comportement | 13. Droit                                 |
| 4. Informatique                       | 9. Commerce                                      | 14. Autres spécialisations universitaires |
| 5. Mathématiques (autres spécialités) | 10. Sciences humaines et linguistique            |   |

- B. a) Âge .....  
 b) Sexe .....  
 c) Nationalité .....

C. Dans quelle *PROVINCE* ou dans quel *PAYS* avez-vous reçu votre formation *SECONDAIRE*?

D. Combien de *semi-cours* avez-vous suivis avec succès dans les disciplines suivantes des sciences mathématiques, au *niveau pré-universitaire* et au *premier cycle universitaire* (avant l'obtention de votre diplôme)?

- a) Mathématiques pures .....  
 b) Probabilités et statistiques .....  
 c) Informatique .....  
 d) Mathématiques appliquées .....  
 e) **TOTAL** .....

Il s'agit de *DEMI-COURS* de 3 heures par semaine durant quatre mois, ou l'équivalent.

Les *MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES* comprennent la recherche opérationnelle, la science actuarielle, l'économie, la physique mathématique, etc.

E. Cochez les cases correspondant aux *ASSOCIATIONS MATHÉMATIQUES PROFESSIONNELLES* auxquelles vous appartenez.

Associations ayant commandité l'étude

- a)  S.C.M. (C.M.C.)  
 b)  A.C.I. (C.I.P.S.)  
 c)  S.C.R.O. (C.O.R.S.)  
 d)  A.C.S.S. (S.S.A.C.)  
 e)  A.S.A.  
 f)  I.C.A. (C.I.A.)

Autres associations

- g)  A.M.S.  
 h)  A.C.M.  
 i)  T.J.M.S.  
 j)  S.I.A.M.  
 k)  M.A.A.  
 l)  Autres associations (nombre) .....

F. Quelle est votre *SITUATION PROFESSIONNELLE* actuelle?

- a)  employé(e) à temps complet  
 b)  employé(e) à temps partiel  
 c)  en congé  
 d)  employé(e) à mon compte  
 e)  à la maison  
 f)  étudiant(e)  
 g)  retraité(e)  
 h)  autre situation (précisez) .....

G. Votre poste actuel *TOUJOURS-IL AU DOMAINE DES MATHÉMATIQUES*?

- a)  OUI                      b)  NON

Si non, quelle est la *PRINCIPALE RAISON* qui vous a poussé à choisir un poste à l'extérieur de ce domaine?

- a)  je préférerais travailler hors de ce domaine  
 b)  j'ai été promu à un poste hors du domaine des mathématiques  
 c)  traitement plus avantageux  
 d)  lieu de travail convenant mieux  
 e)  aucun poste disponible en mathématiques  
 f)  autre motif (précisez) .....

H. Avez-vous déjà accepté un *POSTE DE RECHERCHE POST-DOCTORALE* ou un emploi semblable?

- a)  OUI                      b)  NON

Dans l'affirmative, quelle est la *PRINCIPALE RAISON* qui vous a incité à accepter ce poste?

- a)  je voulais acquérir plus d'expérience de la recherche  
 b)  j'espérais obtenir ainsi un poste permanent  
 c)  c'était le seul poste disponible  
 d)  les autres postes n'étaient pas attrayants  
 e)  ce poste me permettait de changer de discipline  
 f)  ce poste m'offrait la possibilité de voyager  
 g)  autre raison (précisez) .....

NE RIEN ÉCRIRE ICI:    B. [ ]    C. [ ]

1. Veuillez fournir des renseignements sur chacun des postes que vous avez occupés depuis l'obtention de votre diplôme du premier cycle. Commencez par votre poste actuel et inscrivez ensuite vos postes antérieurs. Les promotions doivent être considérées comme des **POSTES DISTINCTS** lorsqu'elles entraînent un changement de titre ou de fonctions. **Noter:** 1) Vous pouvez répondre à la plupart des questions à l'aide d'un chiffre. 2) N'inscrivez qu'un poste par ligne. 3) Inscrivez les congés ou maladies prolongés etc. sur une ligne distincte.

NE RIEN ÉCRIRE DESSOUS	PÉRIODE D'EMPLOI	EMPLOYEUR: NOM, CATÉGORIE ET VILLE	TITRE DU POSTE ET NATURE DU TRAVAIL	TRAITEMENT ANNUEL BRUT	PRINCIPALE RAISON QUI VOUS A POUSSÉ À QUITTER CE POSTE
1.		<p>Donnez le nom de chaque employeur et le lieu d'emploi (voici les secteurs les plus communs pour obtenir la liste suivante pour indiquer la catégorie d'emploi).</p> <p><b>CATÉGORIES</b></p> <p>Secteur primaire . . . . . 1            Industrie manufacturière . . . . . 2            Transports, communications . . . . . 3            Services publics . . . . . 4            Commerces (gros &amp; détail) . . . . . 5            Finances et assurances . . . . . 6            Armée . . . . . 7            Affaires et services . . . . . 8            Administration fédérale . . . . . 9            Administration provinciale . . . . . 10            Administration locale . . . . . 11            Université . . . . . 12            École secondaire . . . . . 13            École élémentaire . . . . . 14            Autre (précisez) . . . . . 15</p>	<p>Pour chaque poste, inscrivez votre titre officiel. Ajoutez les milieux de travail pour décrire la nature de votre travail.</p> <p><b>NATURE DU TRAVAIL</b></p> <p>Enseignement et formation . . . . . 1            Recherche fondamentale en mathématiques . . . . . 2            Recherche en mathématiques appliquées . . . . . 3            Modélisation informatique . . . . . 4            Mathématique des affaires et de l'assurance . . . . . 5            Recherche opérationnelle . . . . . 6            Programmation et traitement des données . . . . . 7            Analyse des systèmes . . . . . 8            Simulation et technologie des systèmes . . . . . 9            Autres techniques informatiques . . . . . 10            Échantillons et sondages . . . . . 11            Planification d'expériences . . . . . 12            Autres méthodes statistiques . . . . . 13            Consultation (mathématique) . . . . . 14            Surveillance (dans le domaine mathématique) . . . . . 15            Administration . . . . . 16            Autre (précisez) . . . . . 17</p>	<p>Choisissez un <b>SEUL</b> nombre qui correspond à votre réponse.</p> <p>J'ai été promu(e) . . . . . 1            on m'a offert un poste exceptionnel . . . . . 2            retour aux études . . . . . 3            je cherchais un autre type de travail . . . . . 4            climat, ville . . . . . 5            santé physique ou psychique . . . . . 6            traitement insuffisant . . . . . 7            peu de chances d'avancement . . . . . 8            mauvaises conditions de travail . . . . . 9            peu d'appréciation du mathématicien . . . . . 10            trop grande entreprise (j'étais perdu au sein du groupe) . . . . . 11            trop petite entreprise . . . . . 12            [pas assez d'envergure] . . . . . 13            mise à pied, licenciement, pas de renouvellement de contrat . . . . . 14            responsabilités familiales . . . . . 15            autre raison (précisez) . . . . . 16</p>	
Exemple	<p>Juin 1972</p> <p>Sept. 1973</p>	<p>Université d'Ottawa Ottawa, Ontario</p>	<p>12</p> <p>Professeur adjoint</p>	<p>1 2</p> <p>7 9</p>	<p>1</p>
Exemple	<p>Avril 1966</p> <p>1968</p>	<p>Statistique Canada Ottawa, Canada</p>	<p>9</p> <p>Statisticien</p>	<p>10 11 15</p> <p>9 9</p>	<p>2</p>
1.	Poste actuel				
2.	Poste antérieur				
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					



II. LES MATHÉMATIQUES ET VOTRE POSTE ACTUEL

A. Quelle **FORMATION UNIVERSITAIRE** est exigée pour votre poste actuel? Veuillez cocher une case dans chaque colonne.

	Selon votre employeur	Selon vous
<b>AUCUN DIPLÔME NÉCESSAIRE</b>		
a) une formation technique suffirait .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>DIPLÔME DE PREMIER CYCLE NÉCESSAIRE</b>		
b) dans le domaine des sciences mathématiques .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) pas obligatoirement en mathématiques .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>DIPLÔME DE DEUXIÈME OU DE TROISIÈME CYCLE NÉCESSAIRE</b>		
d) dans le domaine des sciences mathématiques .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) pas obligatoirement en mathématiques .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. Veuillez indiquer le temps que vous avez consacré aux **DIFFÉRENTES TÂCHES** suivantes, en vous fondant sur votre expérience des trois dernières années, y compris le travail à domicile (à 5 ou 10% près).

a) application de méthodes mathématiques courantes .....	_____ %
b) direction ou évaluation de travaux mathématiques .....	_____ %
c) consultation (auprès de non-mathématiciens au sujet de problèmes relevant des mathématiques) .....	_____ %
d) analyse de problèmes non explicités .....	_____ %
e) recherche en mathématiques fondamentales ou appliquées .....	_____ %
f) rédaction d'études, de rapports ou d'ouvrages mathématiques .....	_____ %
g) amélioration des connaissances spécialisées (lecture, séminaires, etc.) .....	_____ %
h) enseignement des mathématiques aux cycles supérieurs .....	_____ %
i) enseignement des mathématiques au niveau pré-universitaire ou du premier cycle .....	_____ %
j) autre type d'enseignement .....	_____ %
k) enseignement dans d'autres disciplines .....	_____ %
l) administration .....	_____ %
m) autres tâches .....	_____ %
	<b>100 %</b>

Lesquelles des tâches susmentionnées constituent vos **trois principales activités** (par ordre d'importance)

Première: \_\_\_\_\_ ; Deuxième: \_\_\_\_\_ ; Troisième: \_\_\_\_\_

C. Combien de **TEMPS** consacrez-vous à votre **TRAVAIL ACTUEL** (y compris la préparation et le travail à domicile)

- a) \_\_\_\_\_ heures par semaine pendant  
b) \_\_\_\_\_ semaines par année

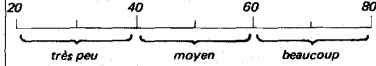
D. Outre votre travail à temps complet, enseignez-vous pendant l'année scolaire ou durant l'été?

- a)  OUI: \_\_\_\_\_ heures de cours par année  
b)  NON:

E. Veuillez indiquer le nombre de **REVUES MATHÉMATIQUES** que vous lisez régulièrement, ainsi que le nombre de **CONFÉRENCES** et de **COURS LIBRES** portant sur les mathématiques auxquels vous avez assisté au cours des deux dernières années.

- a) revues .....
- b) conférences .....
- c) cours .....

F. Grâce à l'échelle suivante, choisissez un nombre entre 20 et 80 pour qualifier les circonstances particulières de votre emploi:



- a) collègues sympathiques .....
- b) milieu de travail agréable .....
- c) traitement avantageux .....
- d) sécurité de l'emploi .....
- e) chances d'avancement .....
- f) tâches nouvelles et variées .....
- g) utilité de la formation .....
- i) initiative individuelle .....
- j) stimulation intellectuelle .....
- k) prestige auprès de confrères .....
- l) prestige hors du groupe de confrères .....
- m) utilité sociale .....

G. Voici une liste des disciplines mathématiques. Face à chaque discipline, inscrivez deux NUMÉROS DE CODE pour répondre aux deux questions suivantes:

(a) Au cours de votre **FORMATION MATHÉMATIQUE**, quelle importance a-t-on accordé à cette discipline, selon vous?

(b) Quelle importance prend cette discipline **LORSQUE VOUS FAITES USAGE DES MATHÉMATIQUES AU TRAVAIL**?

		CODE				CODE					
		1. Trop		2. Suffisamment		1. Beaucoup					
		2. Trop peu		4. Aucune opinion		3. Peu					
		(a)	(b)			(a)	(b)				
1. <b>MATHÉMATIQUES ÉLÉMENTAIRES</b>	algèbre (niveau secondaire)	_____	_____	5. <b>ANALYSE ALGÈBRIQUE</b>	calcul infinitésimal élémentaire*	_____	_____	9. <b>PROBABILITÉS, STATISTIQUES</b>	statistiques élémentaires**	_____	_____
	géométrie (niveau secondaire)	_____	_____		calcul infinitésimal avancé	_____	_____		autres statistiques	_____	_____
	trigonométrie	_____	_____		équations différentielles	_____	_____		processus stochastiques	_____	_____
	théorie élémentaire des ensembles	_____	_____		autre	_____	_____		théorie des files d'attente	_____	_____
										théorie des probabilités	_____
2. <b>MATHÉMATIQUES FINIES</b>	analyse numérique	_____	_____	6. <b>TOPOLOGIE</b>	théorie des ensembles de points	_____	_____	10. <b>MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES</b>	science actuarielle	_____	_____
	analyse combinatoire	_____	_____		topologie algébrique	_____	_____		recherche opérationnelle	_____	_____
	graphiques et réseaux	_____	_____		théorie des variétés	_____	_____		physique mathématique	_____	_____
	autre	_____	_____		autre	_____	_____		autres mathématiques appliquées	_____	_____
3. <b>ALGÈBRE (NIVEAU UNIVERSITAIRE)</b>	théorie des nombres	_____	_____	7. <b>OPTIMISATION</b>	programmation linéaire et dynamique	_____	_____	11. <b>AUTRES SPÉCIALITÉS MATHÉMATIQUES (précisez)</b>	_____	_____	_____
	algèbre linéaire	_____	_____		principes des variations	_____	_____		_____	_____	_____
	algèbre de Boole	_____	_____		théorie de la commande	_____	_____		_____	_____	_____
	autre	_____	_____		autres méthodes d'optimisation	_____	_____		_____	_____	_____
4. <b>GÉOMÉTRIE (NIVEAU UNIVERSITAIRE)</b>	géométrie dans l'espace	_____	_____	8. <b>INFORMATIQUE</b>	programmation	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	géométrie différentielle	_____	_____		techniques de simulation	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	géométrie projective	_____	_____		analyse des systèmes	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	autre	_____	_____		autres	_____	_____	_____	_____	_____	_____

\* Le calcul infinitésimal élémentaire comprend les notions fondamentales et les applications courantes, les dérivés ordinaires et partielles, la méthode d'intégration de Riemann, les suites et les séries et le développement en série de Taylor.

\*\* La statistique élémentaire comprend les notions fondamentales et les méthodes courantes comme la méthode de régression, le criterium  $\chi^2$ , et l'analyse de la variance.

H. Inscrivez le **NOMBRE** d'articles, de rapports ou d'ouvrages techniques (dans le domaine des mathématiques) que vous avez rédigés depuis 1966. Indiquez les **DISCIPLINES** a) en consultant la liste qui figure à la question 6, et b) en inscrivant les chiffres correspondants dans les espaces réservés à cette fin.

Année	Articles		Livres	Spécialités	Année	Articles		Livres	Spécialités
	non publiés	publiés				non publiés	publiés		
1966	_____	_____	_____	_____	1970	_____	_____	_____	_____
1967	_____	_____	_____	_____	1971	_____	_____	_____	_____
1968	_____	_____	_____	_____	1972	_____	_____	_____	_____
1969	_____	_____	_____	_____	1973	_____	_____	_____	_____



**Tableau A.1 – Emploi des diplômés en mathématiques dans l'enseignement, selon leur diplôme**

	Enquête sur les mathématiques		Enquête post-censitaire*
	Travaillant dans les établissements d'enseignement	Enseignement surtout	Profession: Enseignement
Diplôme	%	%	%
Baccalauréat	29	22	27
Maîtrise	45	37	78
Doctorat d'université	82	78	85
<i>Total</i>	37	30	34

\*Enquête post-censitaire (1973) sur la main-d'œuvre hautement qualifiée.

*Remarques:* 1. L'Enquête de base séparait les catégories d'employeurs et d'occupations.

2. Les deux enquêtes incluaient les étudiants préparant une thèse.

*Source:* Enquête des auteurs (tableau 1.I), Enquête post-censitaire.

**Tableau A.2 – Pourcentage de réponses au Questionnaire sur les mathématiques, selon les diplômés de diverses promotions des facultés de mathématiques des universités canadiennes\***

Promotions	1960†	1965‡	1970	1971	1972	1973	Total pour ces années
<i>Baccalauréat</i>							
Diplômes conférés	138	263	699	911	1181	1138	4330
Nombre de réponses	25	84	229	253	333	352	1276
Pourcentage de réponse	18,1%	31,9%	32,8%	27,8%	28,2%	30,9%	29,5%
<i>Maîtrise</i>							
Diplômes conférés	25	95	304	340	318	250	1332
Nombre de réponses	6	40	67	96	85	93	387
Pourcentage de réponse	24,0%	42,1%	22,0%	28,2%	26,7%	37,2%	29,1%
<i>Doctorat d'université (PhD)</i>							
Diplômes conférés	45	182	47	77	90	75	516
Nombre de réponses	10	59	20	27	24	28	168
Pourcentage de réponse	22,2%	32,4%	42,6%	35,1%	26,7%	37,3%	32,6%
<i>Ensemble des diplômés</i>							
Diplômes conférés	208	540	1050	1328	1589	1463	6178
Nombre de réponses	41	183	316	376	442	473	1831
Pourcentage de réponse	19,7%	33,9%	30,1%	28,3%	27,8%	32,3%	29,6%

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

† Le chiffre mentionné pour les doctorats d'université de 1960 concerne la période 1960–1964 inclusivement.

‡ Le chiffre mentionné pour les doctorats d'université de 1965 concerne la période 1965–1969 inclusivement.

*Source:* Enquête des auteurs

**Tableau A.3 — Répartition des diplômés en mathématiques des universités canadiennes, selon leur fonction actuelle\* et les divers secteurs**

	Diplôme le plus élevé		
	baccalauréat	maîtrise	doctorat
	N <sup>bre</sup> : 1 276 %	N <sup>bre</sup> : 386 %	N <sup>bre</sup> : 168 %
<b>Fonction principale†</b>			
Enseignement et formation	22	37	78
Recherche math. appliquée	3	4	2
Recherche math. fondamentale	1	2	5
Actuariat et math. des affaires	9	2	—
Recherche opérationnelle	3	6	2
Conception d'expériences	1	2	1
Échantillonnages, relevés, autres travaux statistiques	5	5	2
Analyse systémique, modélisation et technique des systèmes, etc.	21	19	2
Administration	4	2	1
Programmation informatique	5	3	1
Surveillance de travaux math.	—	1	—
Modélisation et consultation en math.	—	1	—
Autres fonctions	9	2	—
Pas de réponse, sans objet‡	17	14	6
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<b>Secteurs</b>			
Industrie primaire	4	3	1
Industrie secondaire	5	4	1
Transports et télécommunications	2	3	1
Services publics	2	2	1
Commerce de gros et de détail	2	—	1
Banques et assurances	11	4	—
Affaires et secteur tertiaire	10	7	1
Administration fédérale	10	10	6
Administrations provinciales	5	4	—
Autres paliers d'administration	1	2	—
Universités	16	35	81
Collèges techniques	2	5	1
Écoles secondaires	10	5	—
Écoles primaires	1	—	—
Autres secteurs d'activité	3	1	1
Pas de réponse, sans objet	17	15	5
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

† Les informateurs pouvaient cocher trois phrases décrivant la nature de leurs fonctions et leur donner une cote de pertinence, dont la plus élevée a été choisie. La cote la plus élevée pour les enseignants portait sur «enseignement et formation», et la plus basse sur «autres fonctions». Ailleurs, la cote la plus élevée était donnée à la «recherche mathématique appliquée», et la plus faible à «enseignement et formation».

‡ Y compris les diplômés préparant une thèse.

Source: Enquête des auteurs (voir la question I.I du questionnaire).

**Tableau A.4 – Travail actuel\* des diplômés en mathématiques des universités canadiennes†, selon leur diplôme**

	Diplôme le plus élevé		
	baccalauréat	maîtrise	doctorat
	%	%	%
1. Travail utilisant les mathématiques	80,2	89,7	97,5
2. Raisons du choix d'un emploi n'utilisant pas les mathématiques:			
a) l'informateur préférait un emploi hors de ce domaine	7,1	3,7	1,9
b) il a reçu de l'avancement à un emploi hors de ce domaine	0,9	1,5	0,6
c) le salaire était meilleur	1,4	0,0	0,0
d) l'emplacement était préférable	0,6	0,4	0,0
e) un emploi dans le domaine mathématique n'était pas disponible	5,2	2,9	0,0
f) autres raisons	3,7	1,8	0,0
3. Pas de réponse	0,9	0,0	0,0
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre de réponses	938	272	157

\* Cette statistique ne porte que sur ceux qui travaillaient à plein temps en novembre 1973.

† Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question I.G du questionnaire).

**Tableau A.5 – Titres universitaires nécessaires pour l'emploi actuel des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\***

Titres exigés:	(I) d'après l'employeur			(II) d'après l'informateur		
	Diplôme le plus élevé			Diplôme le plus élevé		
	bacc.	maîtr.	doct.	bacc.	maîtr.	doct.
	%	%	%	%	%	%
1. Aucun diplôme nécessaire (formation technique suffisante)	20,9	9,6	1,3	24,6	9,2	2,5
2. Baccalauréat nécessaire						
a) en mathématiques	31,9	21,7	1,9	33,8	25,7	1,3
b) pas obligatoirement en mathématiques	33,5	18,0	1,3	27,2	15,1	1,3
3. Diplôme nécessaire						
a) en mathématiques	7,1	40,0	82,2	8,0	39,7	84,1
b) pas obligatoirement en mathématiques	3,4	10,3	12,1	2,7	8,8	10,2
4. Pas de réponse	3,2	0,4	1,3	3,7	1,5	0,6
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	938	272	157	938	272	157

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.A du questionnaire).

**Tableau A.6 – Première, deuxième et troisième activités principales\* des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes†**

Activité	Première activité principale			Deuxième activité principale			Troisième activité principale		
	Diplôme le plus élevé			Diplôme le plus élevé			Diplôme le plus élevé		
	bacc.	maîtr.	doct.	bacc.	maîtr.	doct.	bacc.	maîtr.	doct.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
a) Utilisation des méthodes mathématiques classiques	15,7	8,8	3,8	12,3	10,7	0,0	7,2	4,0	0,0
b) Surveillance ou évaluation de travaux mathématiques	3,2	3,7	0,6	9,8	6,3	2,5	5,0	3,7	1,9
c) Conseils à des non-mathématiciens sur des questions mathématiques	4,4	3,7	2,5	6,1	8,5	1,3	6,6	9,2	6,4
d) Étude de problèmes concrets	13,9	19,9	2,5	9,5	5,1	2,5	4,8	3,3	0,0
e) Recherches en math. fondamentales ou appliquées	3,2	8,8	23,6	4,5	6,6	29,9	2,7	5,1	16,6
f) Rédaction d'articles, d'ouvrages ou de rapports sur les mathématiques	1,1	2,6	3,2	2,6	9,2	6,4	2,6	5,5	7,6
g) Amélioration des connaissances spécialisées: lectures, séminaires, etc.	3,5	2,9	2,5	9,8	12,9	10,8	8,0	11,8	14,6
h) Enseignement des math. aux 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> cycles	0,2	1,1	8,3	0,9	1,8	14,0	0,3	2,6	8,3
i) Enseignement des math. dans les collèges techniques et au 1 <sup>er</sup> cycle universitaire	6,8	18,4	40,8	1,4	5,1	16,6	1,1	1,5	8,9
j) Enseignement des mathématiques ailleurs	10,1	3,7	1,3	1,8	2,2	1,3	1,1	0,7	0,6
k) Enseignement non mathématique	2,5	2,6	1,3	3,5	2,2	0,0	2,7	1,5	0,6
l) Administration	5,4	2,9	1,9	7,1	7,7	5,1	5,7	8,1	7,0
m) Autres fonctions	17,2	10,7	1,9	6,9	6,3	1,3	5,4	4,0	0,6
Pas de réponse	12,9	10,3	5,7	23,9	15,4	8,3	47,2	39,0	26,8
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	938	272	157	938	272	157	938	272	157

\* Quelques informateurs n'ont mentionné qu'une seule activité principale.

† Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la Question II.B du questionnaire).

**Tableau A.7 — Répartition du temps de travail selon les diverses activités des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\***

Activité	Au moins 5% du temps			Médiane† du temps		
	Diplôme le plus élevé			bacc.	maîtr.	doct.
	bacc.	maîtr.	doct.			
	%	%	%	%	%	%
a) Utilisation des méthodes mathématiques classiques	55,7	47,1	13,4	22,0	18,0	11,3
b) Surveillance ou évaluation de travaux mathématiques	33,3	34,6	37,6	10,2	10,4	9,0
c) Conseils à des non-mathématiciens sur des questions mathématiques	35,2	41,5	29,3	8,6	8,5	7,7
d) Étude de problèmes concrets	38,9	40,1	12,7	19,0	19,5	10,3
e) Recherches en math. fondamentales ou appliquées	17,1	31,3	79,0	11,4	15,3	19,9
f) Rédaction d'articles, d'ouvrages ou de rapports sur les math.	16,1	34,2	66,2	10,3	10,9	9,9
g) Amélioration des connaissances spécialisées: lectures, séminaires, etc.	45,1	58,5	67,5	9,6	10,0	11,8
h) Enseignement des math. aux 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> cycles	2,1	9,9	45,2	15,0	16,7	17,8
i) Enseignement des math. dans les collèges techniques et au 1 <sup>er</sup> cycle universitaire	8,0	29,0	73,2	44,0	41,4	34,1
j) Enseignement des math. ailleurs	18,0	15,4	7,6	57,8	37,5	32,0
k) Enseignement non mathématique	14,1	9,9	8,9	15,8	9,0	10,1
l) Administration	40,3	48,9	56,1	10,3	10,4	9,7
m) Autres fonctions	51,3	43,0	17,8	39,2	24,1	8,3
<b>Nombre d'informateurs</b>	<b>938</b>	<b>272</b>	<b>157</b>	—	—	—

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

† Médiane calculée pour ceux qui consacrent plus de 5% de leur temps de travail à l'activité concernée.

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.B du questionnaire).



**Tableau A.8 – Satisfaction des diplômés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard de leur milieu de travail**

	Diplôme le plus élevé					
	baccalauréat		maîtrise		doctorat	
	(N <sup>bre</sup> =938) moy- enne†	domi- nante†	(N <sup>bre</sup> =272) moy- enne†	domi- nante†	(N <sup>bre</sup> =157) moy- enne†	domi- nante†
Aspects du travail:						
a) Collègues sympathiques	64,9	70	63,4	70	59,6	70
b) Bonnes conditions de travail	60,6	60	60,4	70	61,4	70
c) Bon salaire	56,6	60	57,3	60	58,2	50
d) Sécurité d'emploi	62,1	70	60,1	70	56,4	70
e) Perspectives d'avancement	52,6	60	50,5	60	50,2	60
f) Nouveauté et variété de l'emploi	55,6	60	56,1	60	52,6	50
g) Utilisation de la formation	51,3	60	52,1	50	61,5	70
h) Satisfaction personnelle	59,9	60	60,8	60	53,7	70
i) Possibilités d'initiatives individuelles	60,2	60	62,0	70	63,9	60
j) Stimulation intellectuelle	53,1	60	55,3	60	58,6	60
k) Prestige parmi les collègues	52,5	50	54,2	60	55,0	60
l) Prestige à l'extérieur du groupe	53,5	60	54,8	60	53,4	60
m) Utilité sociale	53,2	50	53,1	60	51,2	50

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

† La moyenne et la dominante sont calculées en fonction de cotes variant entre 20 et 80. Les cotes de 20 à 40 équivalent à «fort peu», celles de 40 à 60 à «moyennement» et celles de 60 à 80 à «amplement».

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.F du questionnaire).

**Tableau A.9 – Répartition détaillée des cotes de satisfaction des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes (N<sup>bre</sup> = 938)\*, à l'égard de leur milieu de travail**

Satisfaction ressentie	fort peu	moyen- nement	ablement	pas de réponse	sur
Cote	20 – 40	41 – 60	61 – 80		
	%	%	%	%	%
Aspects du travail:					
a) Collègues sympathiques	5,2	35,1	58,1	1,5	100
b) Bonnes conditions de travail	12,5	42,3	44,1	1,0	100
c) Bon salaire	18,1	48,4	32,4	1,1	100
d) Sécurité d'emploi	14,7	31,8	52,3	1,2	100
e) Perspectives d'avancement	30,1	39,3	29,3	1,2	100
f) Nouveauté et variété de l'emploi	24,4	40,7	33,5	1,4	100
g) Utilisation de la formation	33,8	39,8	24,3	1,2	100
h) Satisfaction personnelle	14,0	38,7	39,4	8,0	100
i) Possibilités d'initiatives individuelles	14,0	40,5	44,1	1,1	100
j) Stimulation intellectuelle	26,6	46,7	25,7	1,2	100
k) Prestige parmi les collègues	24,2	50,1	21,2	4,5	100
l) Prestige à l'extérieur du groupe	22,4	49,5	23,2	4,8	100
m) Utilité sociale	28,7	38,4	29,2	3,7	100

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.F du questionnaire).

**Tableau A.10 – Répartition détaillée des cotes de satisfaction des titulaires de maîtrises en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes (N<sup>bre</sup> = 272)\*, à l'égard de leur milieu de travail**

Satisfaction ressentie	fort peu	moyen- nement	ablement	pas de réponse	sur
Cote	20 – 40	41 – 60	61 – 80		
	%	%	%	%	%
Aspects du travail:					
a) Collègues sympathiques	8,6	35,0	54,7	1,8	100
b) Bonnes conditions de travail	13,6	39,0	45,9	1,5	100
c) Bon salaire	14,7	50,4	34,1	1,1	100
d) Sécurité d'emploi	16,9	33,5	48,6	1,1	100
e) Perspectives d'avancement	35,2	34,9	27,3	2,6	100
f) Nouveauté et variété de l'emploi	22,3	42,3	32,7	2,6	100
g) Utilisation de la formation	31,6	40,4	26,9	1,1	100
h) Satisfaction personnelle	11,4	40,7	39,6	8,1	100
i) Possibilités d'initiatives individuelles	12,6	33,2	52,6	1,8	100
j) Stimulation intellectuelle	22,1	46,8	28,6	2,6	100
k) Prestige parmi les collègues	25,4	44,1	25,7	4,8	100
l) Prestige à l'extérieur du groupe	19,9	49,6	25,0	5,5	100
m) Utilité sociale	27,3	42,8	26,1	4,0	100

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.F du questionnaire).

**Tableau A.11 – Répartition détaillée des cotes de satisfaction des docteurs en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes (N<sup>br</sup> = 157)\*, à l'égard de leur milieu de travail**

Satisfaction ressentie	fort peu	moyen- nement	amplement	pas de réponse	sur
Cote	20 – 40	41 – 60	61 – 80		
	%	%	%	%	%
<b>Aspects du travail:</b>					
a) Collègues sympathiques	10,9	44,6	41,4	3,2	100
b) Bonnes conditions de travail	11,4	36,8	49,6	1,9	100
c) Bon salaire	11,5	51,6	35,0	1,9	100
d) Sécurité d'emploi	26,1	29,3	41,9	2,5	100
e) Perspectives d'avancement	32,9	44,0	20,4	3,8	100
f) Nouveauté et variété de l'emploi	24,8	47,8	24,2	3,2	100
g) Utilisation de la formation	11,5	35,6	49,6	2,5	100
h) Satisfaction personnelle	8,2	31,2	50,3	10,2	100
i) Possibilités d'initiatives individuelles	7,6	37,6	41,5	3,2	100
j) Stimulation intellectuelle	19,1	40,8	37,5	2,5	100
k) Prestige parmi les collègues	27,7	44,5	24,9	8,9	100
l) Prestige à l'extérieur du groupe	24,8	48,4	19,1	7,6	100
m) Utilité sociale	27,4	44,7	19,2	8,9	100

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.F du questionnaire).

**Tableau A.12 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\* à l'égard de l'enseignement de la branche concernée à l'école secondaire dans diverses provinces†**

Algèbre de niveau secondaire							
	Provinces:						
	Mari- times	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.
	%	%	%	%	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:							
satisfaisante	75,2	80,9	82,6	82,1	85,9	80,3	81,5
exagérée	5,1	5,1	2,2	1,5	0,0	5,3	6,2
insuffisante	17,9	13,4	13,2	14,9	12,7	13,2	10,8
sans opinion	1,7	0,6	2,0	1,5	1,4	1,3	1,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	117	157	598	67	71	76	65
Géométrie de niveau secondaire							
	Provinces:						
	Mari- times	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.
	%	%	%	%	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:							
satisfaisante	71,8	74,5	73,3	70,3	81,9	68,4	63,0
exagérée	13,7	11,5	11,6	14,9	6,9	11,4	18,5
insuffisante	12,8	12,7	12,7	12,2	9,7	20,3	14,8
sans opinion	1,7	1,3	2,5	2,7	1,4	0,0	3,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	117	157	606	74	72	79	54

---

Trigonométrie

---

Provinces:  
 Mari- Qué. Ont. Man. Sask. Alb. C.-B.  
 times

---

% % % % % % %

Attention accordée  
 à ce sujet:

satisfaisante	65,8	73,1	76,4	71,6	77,5	72,4	67,7
exagérée	6,0	8,3	7,4	4,5	2,8	1,3	9,2
insuffisante	25,6	16,0	13,5	20,9	15,5	23,7	18,5
sans opinion	2,6	2,6	2,7	3,0	4,2	2,6	4,6
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100	100

---

Nombre d'informateurs 117 156 598 67 71 76 65

---

Théorie élémentaire des ensembles

---

Provinces:  
 Mari- Qué. Ont. Man. Sask. Alb. C.-B.  
 times

---

% % % % % % %

Attention accordée  
 à ce sujet:

satisfaisante	28,2	38,6	48,8	39,7	47,1	47,3	43,3
exagérée	3,4	5,2	8,2	5,9	2,9	2,7	4,5
insuffisante	63,2	50,3	35,9	44,1	48,6	47,3	47,8
sans opinion	5,1	5,9	7,0	10,3	1,4	2,7	4,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100	100

---

Nombre d'informateurs 117 153 596 68 70 74 67

---

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

† On a groupé les provinces maritimes à cause du nombre insuffisant d'informateurs dans chacune d'entre elles.

Source: Enquête des auteurs (Tableau 1, question II.G).

---

**Tableau A.13 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard: 1° de l'enseignement de la branche concernée dans les universités, 2° de l'importance de cette formation pour le travail**

1. Mathématiques finies			
	Analyse numérique	Analyse combinatoire	Graphiques et réseaux
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	46,6	39,2	42,8
exagérée	6,0	2,3	3,5
insuffisante	36,7	31,5	37,1
sans opinion	10,7	26,9	16,7
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	1 147	1 117	1 128
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	14,5	6,9	13,4
importance moyenne	29,8	25,1	30,5
peu d'importance	24,9	23,5	23,0
sans importance	30,7	44,5	33,0
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	999	956	982

## 2. Algèbre de niveau universitaire

	Programmation linéaire et dynamique	Principes des variations	Théorie de la commande
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	53,7	68,9	47,3
exagérée	10,7	11,9	7,1
insuffisante	22,4	16,1	27,8
sans opinion	13,2	3,1	17,8
<i>sur</i>	100	100	100
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 155	1 177	1 128
<hr/>			
	%	%	%
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	5,1	14,7	10,0
importance moyenne	18,6	27,0	22,0
peu d'importance	28,7	24,8	23,2
sans importance	47,5	33,5	44,8
<i>sur</i>	100	100	100
<hr/>			
Nombre d'informateurs	999	1 018	980

## 3. Géométrie de niveau universitaire

	Géométrie dans l'espace	Géométrie différentielle	Géométrie projective
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	37,2	32,0	30,7
exagérée	5,6	5,8	5,6
insuffisante	24,7	25,4	24,6
sans opinion	32,5	36,8	39,2
<i>sur</i>	100	100	100
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 065	1 053	1 057
<hr/>			
	%	%	%
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	4,4	2,9	2,0
importance moyenne	11,2	6,2	6,6
peu d'importance	21,1	20,4	20,4
sans importance	63,3	70,5	70,9
<i>sur</i>	100	100	100
<hr/>			
Nombre d'informateurs	916	906	911

#### 4. Analyse algébrique

	Calcul infinitésimal élémentaire	Calcul infinitésimal avancé	Équations différentielles
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	83,9	72,4	60,0
exagérée	5,5	11,7	6,7
insuffisante	9,1	11,0	27,2
sans opinion	1,5	4,9	6,1
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 193	1 171	1 156
<hr/>			
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	19,5	10,4	7,0
importance moyenne	26,6	19,2	18,0
peu d'importance	22,6	24,5	24,9
sans importance	31,3	45,9	50,1
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 036	1 010	999

#### 5. Topologie

	Topologie des ensembles de points	Topologie algébrique	Théorie des variétés
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	31,9	24,5	16,0
exagérée	6,4	6,3	4,1
insuffisante	17,3	20,0	19,6
sans opinion	44,5	49,2	60,3
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 019	997	979
<hr/>			
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	4,0	2,5	2,6
importance moyenne	7,7	5,2	2,9
peu d'importance	12,2	12,1	11,4
sans importance	76,1	80,2	83,1
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	870	850	834



## 6. Optimisation

	Programmation linéaire et dynamique	Principes des variations	Théorie de la commande
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	31,3	17,2	15,0
exagérée	1,3	1,0	0,9
insuffisante	39,4	32,0	35,4
sans opinion	27,9	49,7	48,7
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 045	977	983
<hr/>			
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	11,2	6,0	5,7
importance moyenne	24,7	14,2	16,7
peu d'importance	20,5	15,3	15,6
sans importance	43,6	64,4	62,0
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	908	829	839

## 7. Informatique

	Programmation	Techniques de simulation	Analyse des systèmes
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	54,7	24,9	18,2
exagérée	5,8	1,9	1,9
insuffisante	33,7	53,0	60,8
sans opinion	5,7	20,2	19,1
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 166	1 099	1 100
<hr/>			
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	50,0	24,6	39,0
importance moyenne	22,7	26,9	21,5
peu d'importance	10,5	17,0	11,2
sans importance	16,8	31,5	28,2
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<hr/>			
Nombre d'informateurs	1 025	955	961

## 8. Probabilité et statistiques

	Statistique élémentaire	Autres statistiques	Processus stochastiques	Théorie des files d'attente	Théorie des probabilités
	%	%	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:					
satisfaisante	64,2	46,1	30,3	30,2	59,2
exagérée	2,5	1,9	2,5	2,2	4,0
insuffisante	23,9	28,8	30,2	33,2	25,6
sans opinion	4,4	23,1	37,0	34,5	11,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	1 171	1 034	1 012	1 021	1 104
Importance de ce sujet pour le travail:					
grande importance	25,4	17,1	8,3	8,0	16,2
importance moyenne	36,3	26,1	19,6	20,1	31,8
peu d'importance	20,3	19,4	18,6	19,9	20,5
sans importance	18,0	37,4	53,5	52,0	31,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	1 030	896	866	879	949

## 9. Mathématiques appliquées

	Science de l'actuaire	Recherche opérationnelle	Physique mathématique
	%	%	%
Attention accordée à ce sujet:			
satisfaisante	24,8	28,5	35,3
exagérée	2,5	1,3	5,8
insuffisante	26,4	39,9	19,3
sans opinion	46,3	30,2	39,6
<i>sur</i>	100	100	100
Nombre d'informateurs	953	979	958
Importance de ce sujet pour le travail:			
grande importance	14,0	12,9	5,6
importance moyenne	11,0	24,4	11,6
peu d'importance	12,6	17,9	14,4
sans importance	62,3	44,8	68,5
<i>sur</i>	100	100	100
Nombre d'informateurs	815	853	822

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.G du questionnaire).

**Tableau A.14 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions de 1960 – 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973 des universités canadiennes\* à l'égard: 1° de l'enseignement de la branche concernée dans les universités, 2° de l'importance de cette formation pour le travail.**

1. Mathématiques finies – a) Analyse numérique						
Promotions:	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°) Attention accordée à ce sujet:						
satisfaisante	44,7	43,4	46,9	43,6	51,7	46,6
exagérée	4,9	5,7	5,3	6,5	6,7	6,0
insuffisante	41,7	36,3	36,7	38,8	33,3	36,7
sans opinion	8,7	14,6	11,1	11,0	8,3	10,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	103	212	226	291	315	1 147
(2°) Importance de ce sujet pour le travail:						
grande importance	18,9	15,4	13,7	12,2	15,1	14,5
importance moyenne	31,6	28,7	26,8	31,7	30,6	29,8
peu d'importance	23,0	20,5	31,2	23,6	24,8	24,9
sans importance	24,0	35,4	28,3	32,5	29,5	30,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	95	195	205	246	258	999
1. Mathématiques finies – b) Analyse combinatoire						
	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	31,7	41,5	38,9	41,4	38,4	39,2
exagérée	5,9	2,9	1,9	1,8	1,6	2,3
insuffisante	36,6	29,8	29,6	33,0	31,0	31,5
sans opinion	25,7	25,9	29,6	23,9	29,0	26,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	101	205	216	285	310	1 117
(2°)						
grande importance	9,8	5,4	7,3	8,8	4,8	6,9
importance moyenne	30,4	23,8	25,5	22,7	26,1	25,1
peu d'importance	21,7	22,2	22,9	23,9	25,3	23,5
sans importance	38,1	48,6	44,3	44,5	43,8	44,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	92	185	192	238	249	956

1. Mathématiques finies – c) Graphiques et réseaux

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	34,0	43,1	41,2	43,9	45,5	42,8
exagérée	6,0	2,9	5,0	2,4	2,9	3,5
insuffisante	42,0	36,3	35,3	39,8	34,7	37,1
sans opinion	18,0	17,6	18,6	13,8	16,9	16,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	100	204	221	289	314	1 128
(2°)						
grande importance	16,0	15,5	13,9	13,7	10,3	13,4
importance moyenne	29,8	25,1	31,8	31,0	33,3	30,5
peu d'importance	28,7	22,5	20,4	22,6	23,8	23,0
sans importance	25,5	36,9	33,8	32,7	32,5	33,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	94	187	201	248	252	982

2. Algèbre de niveau universitaire – a) Théorie des nombres

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	57,0	55,5	58,1	52,5	49,7	53,7
exagérée	7,0	10,5	11,5	9,4	12,8	10,7
insuffisante	29,0	16,3	17,2	27,4	23,4	22,4
sans opinion	7,0	17,7	13,2	11,0	14,1	13,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	100	209	227	299	320	1 155
(2°)						
grande importance	6,3	6,3	4,4	5,9	3,5	5,1
importance moyenne	27,4	21,1	17,2	19,3	14,0	18,6
peu d'importance	30,5	26,3	30,0	25,2	32,3	28,7
sans importance	35,8	46,3	48,3	49,6	50,2	47,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	95	190	203	254	257	999

2. Algèbre de niveau universitaire – b) Algèbre linéaire

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	77,5	65,9	70,8	70,3	65,5	68,9
exagérée	4,9	12,3	9,4	12,2	15,2	11,9
insuffisante	16,7	16,6	14,6	15,8	16,8	16,1
sans opinion	1,0	5,2	5,2	1,7	2,4	3,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100

Nombre d'informateurs 102 211 233 303 328 1 177

(2°)						
grande importance	28,7	15,1	14,8	9,3	14,7	14,7
importance moyenne	38,3	26,0	26,8	26,7	24,2	27,0
peu d'importance	16,0	24,0	26,8	26,7	24,9	24,8
sans importance	17,0	34,9	31,6	37,2	36,2	33,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100

Nombre d'informateurs 94 192 209 258 265 1 018

2. Algèbre de niveau universitaire – c) Algèbre booléenne

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	46,4	50,5	44,1	49,0	46,0	47,3
exagérée	4,1	7,9	9,0	6,5	6,7	7,1
insuffisante	30,9	22,3	26,6	28,4	30,8	27,8
sans opinion	18,6	19,3	20,3	16,1	16,5	17,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100

Nombre d'informateurs 97 202 222 292 315 1 128

(2°)						
grande importance	10,9	6,6	9,1	11,2	11,6	10,0
importance moyenne	26,1	25,7	16,7	18,5	25,6	22,0
peu d'importance	25,1	21,9	28,3	20,1	21,7	23,2
sans importance	35,9	45,9	46,0	50,2	41,1	44,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100

Nombre d'informateurs 92 183 198 249 258 980

3. Géométrie de niveau universitaire — a) Géométrie dans l'espace

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	40,4	46,4	35,0	38,6	30,2	37,2
exagérée	15,2	2,1	7,9	4,9	3,8	5,6
insuffisante	25,3	19,1	24,3	25,8	27,5	24,7
sans opinion	19,2	32,5	32,7	30,7	38,5	32,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	194	214	267	291	1 065
(2°)						
grande importance	9,8	5,6	2,6	3,5	3,4	4,4
importance moyenne	15,2	10,2	14,3	10,6	8,6	11,2
peu d'importance	30,4	19,8	22,2	19,5	19,0	21,1
sans importance	44,6	64,4	60,8	66,4	69,0	63,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	92	177	189	226	232	916

3. Géométrie de niveau universitaire — b) Géométrie différentielle

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	35,1	38,5	25,4	35,1	28,6	32,0
exagérée	9,3	2,1	8,6	6,0	4,8	5,8
insuffisante	27,8	21,9	27,3	24,9	25,9	25,4
sans opinion	27,8	37,5	38,8	34,0	40,7	36,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	97	192	209	265	290	1 053
(2°)						
grande importance	2,2	2,9	2,2	3,1	3,5	2,9
importance moyenne	6,5	7,5	5,4	5,8	6,1	6,2
peu d'importance	33,7	19,0	24,9	17,4	15,6	20,4
sans importance	57,6	70,7	67,6	73,7	74,9	70,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	92	174	185	224	231	906

3. Géométrie de niveau universitaire – c) Géométrie projective

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	38,8	32,3	25,0	32,8	28,9	30,7
exagérée	10,2	3,6	8,0	5,6	3,5	5,6
insuffisante	24,5	26,0	23,6	24,6	24,4	24,6
sans opinion	26,5	38,0	43,4	36,9	43,2	39,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	98	192	212	268	287	1 057
(2°)						
grande importance	3,2	2,3	1,6	1,8	1,7	2,0
importance moyenne	10,8	8,6	5,3	5,8	5,2	6,6
peu d'importance	30,1	18,4	22,8	17,3	19,2	20,4
sans importance	55,9	70,7	70,4	75,2	73,8	70,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	93	174	189	226	229	911

4. Analyse algébrique – a) Calcul infinitésimal élémentaire

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	91,4	86,6	83,4	80,9	82,9	83,9
exagérée	3,8	3,7	5,5	6,5	6,4	5,5
insuffisante	3,8	7,9	10,6	10,7	8,8	9,1
sans opinion	1,0	1,9	0,4	1,9	1,8	1,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	105	216	235	309	328	1 193
(2°)						
grande importance	34,4	19,7	15,6	18,0	18,6	19,5
importance moyenne	28,1	26,8	30,2	23,7	26,1	26,6
peu d'importance	26,0	24,2	23,6	20,3	21,6	22,6
sans importance	11,5	29,3	30,7	38,0	33,7	31,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	96	198	212	266	264	1 036

4. Analyse algébrique – b) Calcul infinitésimal avancé

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	82,7	76,0	69,4	74,6	67,6	72,4
exagérée	6,7	11,1	12,9	8,9	15,4	11,7
insuffisante	9,6	9,1	12,9	9,6	12,7	11,0
sans opinion	2,9	3,8	4,7	6,9	4,3	4,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	104	208	232	303	324	1 171
(2°)						
grande importance	18,1	11,5	7,7	7,4	12,0	10,4
importance moyenne	29,8	16,8	22,5	15,6	18,1	19,2
peu d'importance	28,7	27,7	25,4	20,6	23,6	24,5
sans importance	23,4	44,0	44,5	56,4	46,3	45,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	94	191	209	257	259	1 010

4. Analyse algébrique – c) Équations différentielles

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	71,4	62,7	62,8	59,7	52,8	60,0
exagérée	3,8	6,7	8,8	6,0	6,6	6,7
insuffisante	22,9	27,3	22,6	27,2	32,1	27,2
sans opinion	1,9	3,3	5,8	7,0	8,5	6,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	105	209	226	298	318	1 156
(2°)						
grande importance	9,6	8,9	5,4	5,8	7,1	7,0
importance moyenne	27,7	16,8	20,2	14,0	17,7	18,0
peu d'importance	31,9	26,2	24,6	23,3	23,2	24,9
sans importance	30,9	48,2	49,8	56,8	52,0	50,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	94	191	203	257	254	999



## 5. Topologie — a) Topologie des ensembles de points

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	35,5	38,7	33,3	30,6	26,2	31,9
exagérée	9,7	7,3	5,1	6,6	6,1	6,4
insuffisante	29,0	14,7	14,1	17,8	16,8	17,3
sans opinion	28,0	39,3	47,5	45,0	50,9	44,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	93	191	198	258	279	1 019
(2°)						
grande importance	6,9	3,6	3,9	4,6	2,7	4,0
importance moyenne	17,2	9,5	5,0	5,6	6,8	7,7
peu d'importance	18,4	12,5	14,0	11,1	9,1	12,2
sans importance	57,5	74,4	77,1	78,7	81,4	76,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	87	168	179	216	220	870

## 5. Topologie — b) Topologie algébrique

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	25,0	29,3	24,2	25,3	20,4	24,5
exagéré	8,7	7,4	4,1	5,6	6,9	6,3
insuffisante	31,5	19,1	16,5	18,5	20,4	20,0
sans opinion	34,8	44,1	55,2	50,6	52,2	49,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	92	188	194	249	274	997
(2°)						
grande importance	1,2	1,2	2,9	3,8	2,3	2,5
importance moyenne	9,4	6,6	2,9	4,8	4,7	5,2
peu d'importance	23,5	12,7	13,1	11,0	7,5	12,1
sans importance	65,9	79,5	81,1	80,5	85,5	80,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	85	166	175	210	214	850

5. Topologie – c) Théorie des variétés

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	12,5	20,2	13,7	16,3	15,8	16,0
exagérée	4,5	3,8	4,2	4,1	4,0	4,1
insuffisante	35,2	18,0	15,8	19,6	18,3	19,6
sans opinion	47,7	57,9	66,3	60,0	61,9	60,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	88	183	190	245	273	979
(2°)						
grande importance	1,2	1,8	1,8	3,9	3,3	2,6
importance moyenne	2,5	6,1	1,8	1,0	3,3	2,9
peu d'importance	22,2	11,0	12,9	10,2	7,5	11,4
sans importance	74,1	81,0	83,5	85,0	86,0	83,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	81	163	170	206	214	834

6. Optimisation – a) Programmation linéaire et dynamique

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	12,8	30,1	31,2	33,7	35,9	31,3
exagérée	1,1	1,1	1,5	1,9	1,0	1,3
insuffisante	57,4	35,5	38,5	39,6	36,6	39,4
sans opinion	28,7	33,3	28,8	24,8	26,6	27,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	94	186	205	270	290	1 045
(2°)						
grande importance	15,7	8,7	9,7	11,5	12,3	11,2
importance moyenne	27,0	23,8	25,9	23,5	24,6	24,7
peu d'importance	21,3	15,1	23,8	20,5	21,5	20,5
sans importance	36,0	52,3	40,5	44,4	41,7	43,6
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	89	172	185	234	228	908

6. Optimisation – b) Principes des variations

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	11,4	20,0	14,7	19,0	17,4	17,2
exagérée	2,3	1,1	1,0	0,3	0,7	1,0
insuffisante	45,5	32,6	29,8	29,1	31,5	32,0
sans opinion	40,9	46,3	54,5	51,0	50,4	49,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	88	175	191	247	276	977
(2°)						
grande importance	10,7	4,4	5,9	4,8	6,7	6,0
importance moyenne	17,9	14,6	12,4	13,4	14,8	14,2
peu d'importance	17,9	11,4	16,6	16,3	15,3	15,3
sans importance	53,6	69,6	65,1	65,6	63,2	64,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	84	158	169	209	209	829

6. Optimisation – c) Théorie de la commande

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	11,4	16,5	10,5	17,9	15,5	15,0
exagérée	1,1	1,1	1,0	0,4	1,1	0,9
insuffisante	48,9	36,4	33,5	32,7	34,3	35,4
sans opinion	38,6	46,0	55,0	49,0	49,1	48,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	88	176	191	251	277	983
(2°)						
grande importance	8,2	3,8	4,8	5,6	7,1	5,7
importance moyenne	18,8	13,1	13,1	17,2	20,9	16,7
peu d'importance	21,2	15,0	17,3	15,3	12,8	15,6
sans importance	51,8	68,1	64,9	61,9	59,2	62,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	85	160	168	215	211	839

## 7. Informatique – a) Programmation

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	23,8	50,5	50,2	61,3	64,2	54,7
exagérée	3,0	5,6	5,3	5,7	7,4	5,8
insuffisante	65,3	35,5	38,3	28,3	24,4	33,7
sans opinion	7,9	8,4	6,2	4,7	4,0	5,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	101	214	227	300	324	1 166
(2°)						
grande importance	37,9	47,3	48,1	49,2	58,6	50,0
importance moyenne	32,6	24,9	25,2	17,9	20,3	22,7
peu d'importance	15,8	11,9	8,7	13,7	5,7	10,5
sans importance	13,7	15,9	18,0	19,1	15,3	16,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	95	201	206	262	261	1 025

## 7. Informatique – b) Techniques de simulation

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	14,1	23,7	21,7	28,9	27,8	24,9
exagérée	0,0	2,1	1,8	1,7	2,6	1,9
insuffisante	66,0	51,0	55,3	53,7	47,4	53,0
sans opinion	19,2	23,2	21,2	15,7	22,2	20,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	194	217	287	302	1 099
(2°)						
grande importance	32,3	23,6	22,4	23,0	25,8	24,6
importance moyenne	25,8	27,5	28,1	24,6	28,4	26,9
peu d'importance	14,0	12,6	19,8	18,3	17,8	17,0
sans importance	28,0	36,3	29,7	34,1	28,0	31,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	93	182	192	252	236	955

## 7. Informatique – c) Analyse des systèmes

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	10,0	14,0	15,8	18,7	24,7	18,2
exagérée	0,0	2,6	0,9	1,4	3,2	1,9
insuffisante	71,0	59,6	62,8	65,1	52,9	60,8
sans opinion	19,0	23,8	20,5	14,8	19,2	19,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	100	193	215	284	308	1 100
(2°)						
grande importance	39,4	40,1	38,7	36,5	40,8	39,0
importance moyenne	22,3	21,4	18,8	20,5	24,5	21,5
peu d'importance	14,9	6,0	12,6	11,2	12,7	11,2
sans importance	23,4	32,4	29,8	31,7	22,0	28,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	94	182	191	249	245	961

## 8. Probabilité et statistiques – a) Statistique élémentaire

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	58,7	67,8	63,5	60,6	67,6	64,2
exagérée	1,0	1,9	2,1	2,0	4,0	2,5
insuffisante	35,6	26,0	30,0	33,4	23,8	28,9
sans opinion	4,8	4,3	4,3	4,0	4,6	4,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	104	208	233	302	324	1 171
(2°)						
grande importance	32,0	24,0	28,0	25,1	22,4	25,4
importance moyenne	39,2	37,2	34,1	36,5	36,1	36,3
peu d'importance	16,5	22,4	19,0	19,0	22,4	20,3
sans importance	12,4	16,3	19,0	19,4	19,0	18,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	97	196	211	263	263	1 030

## 8. Probabilité et statistiques – b) Autres statistiques

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	46,2	47,0	48,0	41,1	49,0	46,1
exagérée	1,1	1,1	2,5	1,5	2,8	1,9
insuffisante	35,5	28,6	26,0	33,7	24,1	28,8
sans opinion	17,2	23,2	23,5	23,7	24,1	23,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	93	185	200	270	286	1 034
(2°)						
grande importance	23,0	16,2	18,0	17,7	14,2	17,1
importance moyenne	27,6	24,3	26,4	25,4	27,4	26,1
peu d'importance	21,8	19,1	16,3	20,3	20,4	19,4
sans importance	27,6	40,5	39,3	36,6	38,1	37,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	87	173	178	232	226	896

## 8. Probabilité et statistiques – c) Processus stochastiques

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	32,3	27,5	29,8	34,2	28,2	30,3
exagérée	2,2	2,2	3,5	0,4	4,0	2,5
insuffisante	43,0	29,8	26,3	30,1	29,2	30,2
sans opinion	22,6	40,4	40,4	35,3	38,6	37,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	93	178	198	266	277	1 012
(2°)						
grande importance	10,3	11,6	6,3	6,2	8,8	8,3
importance moyenne	29,9	14,0	19,0	18,6	21,4	19,6
peu d'importance	19,5	12,8	19,5	19,0	21,4	18,6
sans importance	40,2	61,6	55,2	56,2	48,4	53,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	87	164	174	226	215	866

8. Probabilité et statistiques – d) Théorie des files d'attente

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
1(°)						
satisfaisante	25,0	30,6	28,9	34,1	28,7	30,2
exagérée	2,2	2,2	3,0	1,1	2,5	2,2
insuffisante	47,8	27,2	31,0	32,6	34,4	33,2
sans opinion	25,0	40,0	37,1	32,2	34,4	34,5
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	92	180	197	270	282	1 021
(2°)						
grande importance	9,3	6,5	9,1	7,0	8,6	8,0
importance moyenne	25,6	18,5	18,3	17,5	23,4	20,1
peu d'importance	25,6	13,1	20,0	19,7	23,0	19,9
sans importance	39,5	61,9	52,6	55,7	45,0	52,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	86	168	175	228	222	879

8. Probabilité et statistiques – e) Théorie des probabilités

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	53,2	59,6	55,3	61,5	61,4	59,2
exagérée	3,2	3,6	4,2	3,8	4,5	4,0
insuffisante	37,2	25,4	27,0	25,8	21,2	25,6
sans opinion	6,4	11,4	13,5	8,9	12,9	11,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	94	193	215	291	311	1 104
(2°)						
grande importance	29,5	14,5	16,0	14,9	14,2	16,2
importance moyenne	29,5	34,6	28,4	33,1	32,1	31,8
peu d'importance	21,6	17,3	23,7	18,1	22,5	20,5
sans importance	19,3	33,5	32,0	33,9	31,3	31,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	88	179	194	248	240	949

## 9. Mathématiques appliquées — a) Science de l'actuaire

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	33,0	20,0	22,9	23,1	27,7	24,8
exagérée	6,8	4,0	3,9	0,8	0,7	2,5
insuffisante	26,1	26,3	30,7	26,0	24,0	26,4
sans opinion	31,8	49,7	42,5	50,0	47,6	46,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	86	175	179	242	271	953
(2°)						
grande importance	17,3	10,7	16,6	12,0	15,2	14,0
importance moyenne	8,6	11,3	8,6	9,6	15,2	11,0
peu d'importance	17,3	10,7	14,1	13,9	9,8	12,6
sans importance	56,8	67,3	60,7	64,4	59,8	62,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	81	159	163	208	204	815

## 9. Mathématiques appliquées — b) Recherche opérationnelle

	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	15,9	28,2	28,6	29,3	31,8	28,5
exagérée	2,3	1,1	1,1	1,6	1,1	1,3
insuffisante	58,0	41,2	38,9	38,6	35,4	39,9
sans opinion	23,9	29,4	31,4	30,5	31,8	30,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	88	177	185	249	280	979
(2°)						
grande importance	19,0	11,1	13,9	10,4	13,6	12,9
importance moyenne	28,6	24,1	22,9	22,6	25,9	24,4
peu d'importance	19,0	14,2	18,1	18,1	20,0	17,9
sans importance	33,4	50,6	45,2	48,9	40,5	44,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	84	162	166	221	220	853



9. Mathématiques appliquées – c) Physique  
mathématique

	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
(1°)						
satisfaisante	48,9	35,1	36,8	33,3	31,7	35,3
exagérée	14,8	5,2	5,4	4,6	4,8	5,8
insuffisante	15,9	14,9	18,9	24,6	18,8	19,3
sans opinion	20,5	44,8	38,9	37,5	44,6	39,6
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	88	174	185	240	271	958
(2°)						
grande importance	7,2	7,7	6,0	2,4	6,3	5,6
importance moyenne	10,8	11,6	11,3	13,0	10,6	11,6
peu d'importance	31,3	10,3	13,1	14,4	11,5	14,4
sans importance	50,6	70,3	69,6	25,8	71,6	68,5
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	83	155	168	208	208	822

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question II.G du questionnaire).

**Tableau A.15 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard du contenu des programmes de mathématiques et des méthodes d'enseignement**

Contenu et méthodes	Attention accordée					N <sup>bre</sup> d'infor- mateurs	sur
	satis- faisante	exagé- rée	insuf- fisante	sans opinion			
	%	%	%	%	%		
1. Développement théorique	52,5	35,6	9,0	2,9	1 215	100	
2. Résultats utiles	31,7	1,2	60,8	6,4	1 200	100	
3. Problèmes faits sur mesure	58,9	6,2	27,1	7,7	1 190	100	
4. Problèmes concrets	30,0	5,6	41,0	23,4	1 165	100	
5. Modèles mathématiques	24,1	1,5	52,2	22,3	1 167	100	
6. Applications en d'autres domaines	24,3	0,8	66,2	8,6	1 197	100	
7. Histoire et philosophie des mathématiques	29,9	4,5	47,0	18,6	1 182	100	
8. Incidences sociales des mathématiques	13,0	1,6	61,4	24,0	1 169	100	
9. Cours	61,9	29,1	4,0	5,0	1 201	100	
10. Séminaires, débats	29,5	2,0	58,2	10,3	1 185	100	
11. Orientation individuelle	42,4	0,8	49,5	7,4	1 193	100	
12. Cours privés, séances d'étude des problèmes	52,5	4,3	36,3	6,9	1 194	100	
13. Étude indépendante	59,6	6,6	25,6	8,2	1 181	100	
14. Travail original	30,6	0,6	50,2	18,6	1 181	100	
15. Développement de l'aptitude à enseigner	19,8	0,8	52,7	26,7	1 167	100	
16. Devoirs	73,0	10,1	12,1	4,8	1 202	100	
17. Examens	64,3	29,5	3,2	3,1	1 206	100	
18. Travail d'équipe	24,6	2,4	56,3	16,7	1 171	100	

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question III.C du questionnaire).

**Tableau A.16 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions de 1960–1965, 1970, 1971, 1972 et 1973 des universités canadiennes\*, à l'égard du contenu du programme de mathématiques et des méthodes d'enseignement.**

1. Développement théorique						
Promotions	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	58,0	51,0	51,0	54,3	51,3	52,5
exagérée	34,0	37,1	37,1	33,1	36,4	35,6
insuffisante	8,0	10,5	8,2	8,2	9,6	9,0
sans opinion	0,0	1,4	3,7	4,4	2,6	2,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	100	210	245	317	343	1 215
2. Résultats utiles						
Promotions	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	27,3	32,1	32,4	33,7	30,4	31,7
exagérée	1,0	1,4	1,7	1,0	0,9	1,2
insuffisante	66,7	61,2	58,0	58,4	62,8	60,8
sans opinion	5,0	5,3	8,0	7,0	5,9	6,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	209	238	315	339	1 200
3. Problèmes faits sur mesure						
Promotions	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	54,5	55,8	61,1	61,7	57,9	58,9
exagérée	6,1	8,3	8,1	5,1	4,7	6,2
insuffisante	26,3	26,2	25,2	23,8	32,4	27,1
sans opinion	13,1	9,7	5,6	9,3	5,0	7,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	206	234	317	340	1 190

#### 4. Problèmes concrets

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	23,7	26,7	28,7	34,4	30,6	30,0
exagérée	4,1	6,8	3,9	4,3	7,6	5,6
insuffisante	49,5	39,8	47,0	39,7	36,4	41,0
sans opinion	22,7	26,7	20,4	21,5	25,5	23,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	97	206	230	302	330	1 165

#### 5. Modèles mathématiques

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	13,4	20,6	25,4	26,2	26,5	24,1
exagérée	0,1	2,0	1,7	1,0	1,5	1,5
insuffisante	71,1	54,4	51,3	51,7	46,4	52,2
sans opinion	14,4	23,0	21,6	21,2	25,6	22,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	97	204	232	302	332	1 167

#### 6. Applications en d'autres domaines

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	22,8	22,5	23,3	25,2	25,7	24,3
exagérée	0,0	0,5	0,4	1,3	1,2	0,8
insuffisante	72,3	65,2	65,4	65,4	66,5	66,2
sans opinion	0,5	11,8	10,8	8,1	6,7	8,6
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	101	204	240	309	343	1 197

## 7. Histoire et philosophie des mathématiques

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	31,3	31,6	29,7	29,2	29,4	29,9
exagérée	0,4	2,4	4,6	6,2	4,2	4,5
insuffisante	50,5	49,0	46,4	45,8	46,1	47,0
sans opinion	14,1	17,0	19,2	18,8	20,3	18,6
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	206	239	308	330	1 182

## 8. Incidences sociales des mathématiques

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	13,7	11,7	12,8	11,2	15,5	13,0
exagérée	1,1	1,0	2,6	2,0	1,2	1,6
insuffisante	56,8	65,5	59,6	62,5	60,5	61,4
sans opinion	28,4	21,8	25,1	24,3	22,8	24,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	95	206	235	304	343	1 169

## 9. Cours

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	68,9	59,3	59,1	57,9	66,9	61,9
exagérée	28,2	32,1	29,3	33,0	24,0	29,1
insuffisante	1,9	3,8	4,5	3,6	4,7	4,0
sans opinion	1,0	4,8	7,0	5,5	4,4	5,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	103	209	242	309	338	1 201

## 10. Séminaires, débats

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	26,7	30,4	31,6	28,5	29,0	29,5
exagérée	2,0	2,0	2,5	1,6	2,1	2,0
insuffisante	65,0	59,8	53,6	60,5	56,6	58,2
sans opinion	6,9	7,8	12,2	9,4	12,3	10,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	101	204	237	309	334	1 185

## 11. Orientation individuelle

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	37,6	40,8	41,4	43,8	44,3	42,4
exagérée	2,0	0,0	0,8	0,6	0,9	0,8
insuffisante	57,4	52,4	51,1	46,6	46,7	49,5
sans opinion	3,0	6,8	6,8	8,9	8,0	7,4
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	101	206	237	313	336	1 193

## 12. Cours privés, séances d'étude des problèmes

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	44,4	51,5	52,5	56,4	51,9	52,5
exagérée	6,1	2,4	4,6	3,2	5,6	4,3
insuffisante	46,5	41,3	36,7	32,7	33,5	36,3
sans opinion	3,0	4,9	6,3	7,7	8,9	6,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	206	240	312	337	1 194

### 13. Étude indépendante

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	57,1	58,2	60,8	58,4	61,4	59,6
exagérée	13,3	4,5	7,2	5,8	6,2	6,6
insuffisante	23,5	28,9	23,6	26,6	24,6	25,6
sans opinion	6,1	8,5	8,4	9,1	7,7	8,2
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	98	201	237	308	337	1 181

### 14. Travail original

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	38,8	32,2	31,6	26,2	30,4	30,6
exagérée	0,0	0,0	0,9	1,3	0,3	0,6
insuffisante	45,9	48,3	47,4	51,3	53,6	50,2
sans opinion	15,3	19,5	20,1	21,2	15,7	18,6
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	98	205	234	302	332	1 171

### 15. Développement de l'aptitude à enseigner

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	18,8	22,8	19,0	19,5	19,1	19,8
exagérée	3,1	1,0	1,3	0,3	0,0	0,8
insuffisante	53,1	52,4	56,5	51,8	50,9	52,7
sans opinion	25,1	23,8	23,3	28,4	30,0	26,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	96	206	232	303	330	1 167

## 16. Devoirs

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	74,0	76,3	70,0	74,8	71,4	73,0
exagérée	9,0	7,2	10,7	9,3	12,4	10,1
insuffisante	14,0	10,6	14,8	11,2	11,2	12,1
sans opinion	3,0	5,8	4,5	4,8	5,0	4,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	100	207	243	313	339	1 202

## 17. Examens

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	68,0	66,3	58,5	63,0	67,6	64,3
exagérée	29,4	29,3	34,4	30,1	25,7	29,5
insuffisante	2,9	2,9	2,5	3,8	3,2	3,2
sans opinion	1,0	1,4	4,6	3,2	3,5	3,1
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	102	208	241	316	339	1 206

## 18. Travail d'équipe

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Opinions sur l'attention accordée						
satisfaisante	14,7	27,0	24,8	26,1	24,5	24,6
exagérée	6,3	2,0	2,1	1,7	2,4	2,4
insuffisante	56,8	56,4	54,3	55,8	57,9	56,3
sans opinion	22,1	14,7	18,8	16,5	15,2	16,7
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	95	204	234	303	335	1 171

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (question III.C du questionnaire).



**Tableau A.17 – Opinions des titulaires de maîtrise en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard du contenu du programme de mathématiques des cycles supérieurs et des méthodes d'enseignement**

	Attention accordée				nombre d'infor- mateurs
	satis- faisante	exagé- rée	insuf- fisante	sans opinion	
	%	%	%	%	
Contenu et méthodes					
1. Développement théorique	71,7	19,0	6,8	2,5	353
2. Résultats utiles	51,6	0,6	38,9	8,9	347
3. Problèmes faits sur mesure	60,3	4,7	22,7	12,2	343
4. Problèmes concrets	44,2	5,3	27,0	23,4	337
5. Modèles mathématiques	35,4	1,2	41,7	21,7	336
6. Applications en d'autres domaines	32,7	0,3	51,8	15,2	342
7. Histoire et philosophie des mathématiques	27,3	1,2	47,5	24,0	336
8. Incidences sociales des mathématiques	19,2	0,3	53,3	27,2	338
9. Cours	69,3	19,3	6,9	4,6	348
10. Séminaires, débats	61,7	3,7	30,3	1,4	350
11. Orientation individuelle	61,8	0,0	32,5	5,7	348
12. Cours privés, séances d'étude des problèmes	57,5	1,5	27,1	13,9	339
13. Étude indépendante	76,1	6,6	10,9	6,3	348
14. Travail original	70,3	3,5	20,2	6,1	347
15. Développement de l'aptitude à enseigner	39,5	1,5	44,8	14,2	344
16. Devoirs	73,0	10,3	12,4	4,3	348
17. Examens	73,0	17,8	4,0	5,2	348
18. Travail d'équipe	36,8	1,8	45,9	15,6	340

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question III.C du questionnaire).

**Tableau A.18 – Opinions des titulaires de doctorat en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard du contenu des programmes de mathématiques des cycles supérieurs et des méthodes d'enseignement**

Contenu et méthodes	Attention accordée				nombre d'informateurs
	satis-faisante	exagé-rée	insuf-fisante	sans opinion	
	%	%	%	%	
1. Développement théorique	75,6	15,6	6,9	1,9	160
2. Résultats utiles	51,9	0,6	41,6	5,8	154
3. Problèmes faits sur mesure	62,7	6,0	18,7	12,7	150
4. Problèmes concrets	33,6	0,7	40,9	24,8	149
5. Modèles mathématiques	23,5	0,0	53,7	22,8	149
6. Applications en d'autres domaines	30,9	0,0	57,9	11,2	152
7. Histoire et philosophie des mathématiques	26,8	0,0	56,4	16,8	149
8. Incidences sociales des mathématiques	17,6	0,7	50,7	31,1	148
9. Cours	75,3	16,9	5,2	2,6	154
10. Séminaires, débats	68,8	0,6	25,3	5,3	154
11. Orientation individuelle	69,9	0,6	25,3	3,2	154
12. Cours privés, séances d'étude des problèmes	57,0	0,0	22,8	20,2	149
13. Étude indépendante	81,6	3,2	12,0	3,2	158
14. Travail original	81,4	1,9	14,8	1,9	155
15. Développement de l'aptitude à enseigner	43,8	1,3	48,4	6,5	153
16. Devoirs	76,8	3,2	16,1	3,9	155
17. Examens	76,3	13,5	5,1	5,1	156
18. Travail d'équipe	32,5	0,7	38,4	28,5	151

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question III.C du questionnaire).

**Tableau A.19 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement universitaire des mathématiques**

	Attention accordée				nombre d'infor- mateurs
	satis- faisante	exagé- rée	insuf- fisante	sans opinion	
	%	%	%	%	
1. Origine des concepts et théories mathématiques	45,0	4,2	43,9	6,9	1 187
2. Interconnexions entre les branches diverses des mathématiques	38,2	0,6	57,6	3,6	1 196
3. Limitations et emploi abusif des méthodes mathématiques	33,6	1,0	47,4	18,0	1 173
4. Communication de concepts mathématiques à d'autres	34,5	0,9	53,3	11,3	1 167
5. Formation en informatique	64,4	4,2	25,8	5,6	1 185
6. Utilisation de la littérature mathématique	30,1	0,4	60,7	8,8	1 187
7. Contacts avec les utilisateurs des mathématiques (conférencier invité, etc.)	31,5	0,3	60,5	7,8	1 186
8. Possibilités de carrières en mathématiques	35,7	0,7	55,7	7,9	1 175
9. Incidence des mathématiques sur la société moderne	22,1	1,0	61,6	15,3	1 165
10. Aspects culturels des mathématiques	15,6	1,0	56,6	26,9	1 154
11. Progrès actuels des mathématiques	37,2	0,8	51,4	10,7	1 181

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question III.D du questionnaire).

**Tableau A.20 – Opinions des bacheliers ès sciences spécialisés en mathématiques des promotions 1960 – 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973 des universités canadiennes\*, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement universitaire des mathématiques**

1. Origine des concepts et des théories mathématiques						
Promotions	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	41,4	45,8	37,3	47,4	48,9	45,0
exagérée	3,0	3,8	5,8	4,3	3,6	4,2
insuffisante	41,7	43,4	48,5	41,4	41,7	43,9
sans opinion	7,1	7,1	8,3	6,9	5,7	6,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	212	241	304	331	1 187
2. Interconnexions entre les branches diverses des mathématiques						
Promotions	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	27,0	36,9	33,6	43,4	41,0	38,2
exagérée	0,0	0,9	0,8	0,7	0,3	0,6
insuffisante	68,0	58,5	58,1	53,9	56,9	57,6
sans opinion	5,0	3,7	7,5	2,0	1,8	3,6
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	100	217	241	304	334	1 196
3. Limitations et emploi abusif des méthodes mathématiques						
Promotions	1960–65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	18,8	38,0	29,8	35,5	36,1	33,6
exagérée	1,0	0,5	1,3	0,7	1,5	1,0
insuffisante	53,1	45,2	51,7	48,5	43,0	47,4
sans opinion	27,1	16,3	17,2	15,3	19,4	18,0
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	96	208	238	301	330	1 173

4. Communication de concepts mathématiques à d'autres

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	25,5	34,9	27,3	35,1	41,7	34,5
exagérée	1,0	0,5	1,3	1,7	0,0	0,9
insuffisante	54,1	53,6	60,1	53,0	48,2	53,3
sans opinion	19,4	11,0	11,3	10,1	10,1	11,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	98	209	238	296	326	1 167

5. Formation en informatique

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	61,6	60,2	61,7	69,4	65,3	64,4
exagérée	2,0	4,3	4,2	3,6	5,4	4,2
insuffisante	31,3	28,9	27,5	22,0	24,5	25,8
sans opinion	5,1	6,6	6,7	4,9	4,8	5,6
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	211	240	304	331	1 185

6. Utilisation de la littérature mathématique

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	28,6	31,0	30,2	31,5	28,6	30,1
exagérée	0,0	0,5	0,8	0,7	0,0	0,4
insuffisante	61,2	60,5	59,9	60,7	61,1	60,7
sans opinion	10,2	8,1	9,1	7,2	10,2	8,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	98	210	242	305	332	1 187

7. Contacts avec les utilisateurs des mathématiques  
(conférencier invité, etc.)

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	25,3	26,8	29,8	32,3	36,6	31,5
exagérée	0,0	0,0	0,4	0,0	0,6	0,3
insuffisante	66,7	65,1	62,8	62,0	53,0	60,5
sans opinion	8,0	8,1	7,0	5,7	9,8	7,8
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	99	209	242	300	336	1 186

8. Possibilités de carrières en mathématiques

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	23,7	36,1	31,5	38,5	39,3	35,7
exagérée	0,0	0,5	0,8	1,3	0,3	0,7
insuffisante	60,8	55,3	59,7	53,5	53,8	55,7
sans opinion	15,5	8,2	8,0	6,6	6,6	7,9
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	97	208	238	301	331	1 175

9. Incidence des mathématiques sur la société moderne

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	18,9	20,1	17,4	23,9	25,9	22,1
exagérée	1,1	0,5	1,3	1,7	0,6	1,0
insuffisante	63,2	62,2	64,4	61,4	59,0	61,6
sans opinion	16,8	17,2	16,9	13,0	14,5	15,3
<i>sur</i>	100	100	100	100	100	100
Nombre d'informateurs	95	209	236	2 930	332	1 165

10. Aspects culturels des mathématiques

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	21,1	15,0	14,8	14,8	15,6	15,6
exagérée	1,1	1,0	0,8	1,0	0,9	1,0
insuffisante	49,5	57,8	54,2	58,1	58,3	56,6
sans opinion	28,3	26,2	30,1	26,1	25,2	26,9
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	95	206	236	291	326	1 154

11. Progrès actuels des mathématiques

Promotions	1960-65	1970	1971	1972	1973	pour l'ensemble
	%	%	%	%	%	%
Attention accordée:						
satisfaisante	24,0	38,0	32,9	39,9	41,3	37,2
exagérée	1,0	0,5	0,4	1,0	0,9	0,8
insuffisante	61,0	51,9	52,9	50,5	47,9	51,4
sans opinion	14,0	9,6	13,8	8,6	9,9	10,7
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	100	208	240	301	332	1 181

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question III.D du questionnaire).

**Tableau A.21 – Opinions des titulaires de maîtrise en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement des mathématiques aux cycles supérieurs.**

	Attention accordée:				nombre d'infor- mateurs
	satis- faisante	exagé- rée	insuf- fisante	sans opinion	
	%	%	%	%	
1. Origine des concepts et théories mathématiques	52,2	2,0	40,1	5,8	347
2. Interconnexions entre les branches diverses des mathématiques	47,9	0,3	45,0	6,9	349
3. Limitations et emploi abusif des méthodes mathématiques	46,3	1,2	36,4	16,1	341
4. Communication de concepts mathématiques à d'autres	46,9	1,2	42,0	9,9	343
5. Formation en informatique	66,7	2,0	21,9	9,4	342
6. Utilisation de la littérature mathématique	63,6	0,9	30,6	4,9	346
7. Contacts avec les utilisateurs des mathématiques (conférencier invité, etc.)	62,2	0,9	32,8	4,1	344
8. Possibilités de carrières en mathématiques	40,8	1,5	47,8	9,9	343
9. Incidence des mathématiques sur la société moderne	30,3	2,4	54,1	13,2	340
10. Aspects culturels des mathématiques	20,1	1,5	53,8	24,6	333
11. Progrès actuels des mathématiques	66,5	2,0	24,8	6,7	343

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question III.D du questionnaire).



**Tableau A.22 – Opinions des titulaires de doctorat en mathématiques des promotions étudiées des universités canadiennes\*, à l'égard de l'attention accordée aux divers aspects de l'enseignement des mathématiques aux cycles supérieurs.**

	Attention accordée:				nombre d'infor- mateurs
	satis- faisante	exagé- rée	insuf- fisante	sans opinion	
	%	%	%	%	
1. Origine des concepts et théories mathématiques	46,2	0,6	51,3	1,9	156
2. Interconnexions entre les branches diverses des mathématiques	44,8	1,3	49,4	4,5	154
3. Limitations et emploi abusif des méthodes mathématiques	46,1	0,0	36,2	17,8	152
4. Communication de concepts mathématiques à d'autres	52,3	0,0	39,7	7,9	151
5. Formation en informatique	66,7	1,3	24,2	7,8	153
6. Utilisation de la littérature mathématique	69,9	0,0	26,1	3,9	153
7. Contacts avec les utilisateurs des mathématiques (conférencier invité, etc.)	67,5	0,6	26,2	5,7	157
8. Possibilités de carrières en mathématiques	46,7	0,0	45,4	7,9	152
9. Incidence des mathématiques sur la société moderne	26,0	0,0	58,0	16,0	150
10. Aspects culturels des mathématiques	25,8	0,0	50,3	23,8	151
11. Progrès actuels des mathématiques	72,1	1,3	23,4	3,2	154

\* Voir les remarques à la fin de l'Annexe A.

Source: Enquête des auteurs (voir la question III.D du questionnaire).

## **Remarques concernant l'Annexe A**

1. Les questionnaires ont été envoyés par les départements universitaires suivants:

Université d'Acadie – Informatique

Université de l'Alberta – Mathématiques

Althouse College of Education (Université Western Ontario) – Enseignement des mathématiques

Université Bishop's – Mathématiques

Université de la Colombie-Britannique – Informatique

Université Brock – Mathématiques

Université de Calgary – Mathématiques

Université Dalhousie – Mathématiques

Université de Guelph – Mathématiques et statistique

Université Lakehead – Mathématiques

Université Laval – Mathématiques, informatique

Université de Lethbridge – Mathématiques

Collège Loyola – Informatique

Université du Manitoba – Mathématiques, statistique

Université McGill – Mathématiques

Université Mémorial de Terre-Neuve – Mathématiques

Université de Moncton – Mathématiques

Université Mount Allison – Mathématiques

Université du Nouveau-Brunswick – Mathématiques

Université d'Ottawa – Mathématiques

Université de l'Île du Prince-Édouard – Mathématiques

Université du Québec, complexe de Chicoutimi – Mathématiques; complexe de

Montréal – Mathématiques; complexe de Trois-Rivières – Mathématiques

Université Queen's – Mathématiques, informatique et science de l'information

Collège militaire Royal du Canada – Mathématiques

Université de la Saskatchewan, complexe de Régina – Mathématiques; complexe de Saskatoon – Mathématiques, informatique

Université de Sherbrooke – Mathématiques

Université Simon Fraser – Mathématiques

Université Sir George Williams – Mathématiques

Université de Toronto – Mathématiques, informatique

Université de Victoria – Mathématiques

Université de Waterloo – Faculté de mathématiques

Université Western Ontario – Mathématiques, mathématiques appliquées et informatique

Université de Windsor – Mathématiques et informatique

Université de Winnipeg – Mathématiques et statistique

Université d'York – Mathématiques

2. ESS (SPSS) ou Ensemble statistique pour les sciences sociales, est un ensemble de logiciels (ou ensemble de programmes d'ordinateurs) dont disposent la plupart des ordinateurs universitaires.

## **Annexe B – Points saillants de l'Enquête post-censitaire sur la main-d'œuvre hautement qualifiée (1973)**

En 1973, Statistique Canada, en collaboration avec le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie, a effectué un relevé sur 138 000 personnes ayant déclaré posséder un diplôme universitaire au recensement de 1971. Les résultats de cette enquête ont été communiqués aux Administrations fédérale et provinciales.

### **Quelques points saillants**

Les tableaux B.1, B.2 et B.3 montrent la répartition des diplômés en mathématiques selon leur sexe, leur spécialisation et le niveau de leur diplôme. On remarque la forte proportion (82%) de titulaires de doctorats enseignant dans les universités. On pense que cette situation va changer, en raison de la diminution du nombre d'étudiants inscrits dans les universités, y réduisant le besoin d'enseignants. Il faut aussi remarquer la proportion de diplômés ayant trouvé de l'emploi dans le groupe CCDO (tableau B.4). Il faut interpréter ces statistiques avec prudence, en raison de la délimitation imprécise des emplois de mathématiciens hors du secteur universitaire, et il faut les comparer aux résultats de l'Enquête sur les mathématiques.

Le tableau B.5 indique le nombre total des diplômés, et permet ainsi d'évaluer la répartition des diplômés en mathématiques (tableaux B.6, B.7, B.8). On remarque par exemple que ceux-ci sont au nombre de 17 230, ou 3 pour cent de tous les diplômés canadiens. Parmi ces mathématiciens, 75 pour cent ont un baccalauréat, 18 pour cent une maîtrise et 7 pour cent un doctorat d'université. C'est l'Ontario qui occupe le plus grand nombre de mathématiciens, et l'Île du Prince-Édouard qui en contient le moins.

La répartition par âges des diplômés en mathématiques (tableau B.9) montre que 39 pour cent d'entre eux avaient moins de 31 ans, et 75 pour cent moins de 41 ans.

Le tableau B.11 montre la répartition des écoles secondaires fréquentées par les diplômés en mathématiques. C'est l'Ontario qui a fourni l'éducation secondaire au plus grand nombre de diplômés d'origine canadienne ou étrangère. On remarque que 890 des titulaires de doctorat d'université en mathématiques sont nés à l'étranger, contre 470 nés au Canada; 87 pour cent des premiers ont reçu leur formation secondaire à l'étranger.

L'enquête d'après recensement donne des renseignements valables sur l'emploi des spécialistes en mathématiques, en dépit des difficultés causées par les classifications du CCDO.

### **Taux d'échantillonnage de l'Enquête sur la main-d'œuvre hautement qualifiée**

Grâce aux questionnaires détaillés remplis en 1971 par le tiers des ménages canadiens, Statistique Canada a disposé d'un échantillonnage probabiliste du tiers, environ, des diplômés universitaires habitant au Canada au 1<sup>er</sup> juin 1971. Le questionnaire de l'Enquête a été distribué

en 1973 à un sous-échantillon stratifié selon: a) le diplôme mentionné en 1971 b) la province c) la présence dans la population active et d) l'emploi ou le chômage en 1970 et 1971.

**Remarques sur les tableaux qui suivent:**

1° tous les chiffres sont arrondis, de sorte qu'ils se terminent par 0 ou 5. On a utilisé cette méthode pour préserver la confidentialité des données;

2° celles-ci concernent toutes les personnes qui avaient obtenu au moins un diplôme universitaire en 1971;

3° les données portant sur la formation concernent le diplôme le plus élevé acquis jusqu'à l'automne de 1973;

4° les données entre parenthèses concernent les sous-groupes.

**Tableau B.1 – Nature de l'emploi de plus longue durée du diplômé en mathématiques au cours des douze derniers mois (y compris la recherche opérationnelle et les sciences de l'actuaire), selon son sexe**

	baccalauréat		maîtrise		doctorat	
	hommes	femmes	hommes	femmes	hommes	femmes
Nature de l'emploi						
Ensemble	8 120	3 000	1 605	295	830	65
Direction et gestion	800	40	120	10	40	—
Secteur de la gestion	850	125	70	15	—	—
Sciences de la Nature	140	—	15	5	10	—
Architecture et ingénierie	195	—	45	—	5	—
Autres emplois en sciences						
Ingénierie, mathématiques (total)	1 795	545	320	25	10	—
–Math. statistique et actuariat	(455)	(70)	(130)	(10)	(5)	—
–Analyse des systèmes et informatique	(1 255)	(435)	(185)	(15)	(10)	—
Sciences sociales, aides sociales, bibliothécaires	130	80	30	5	5	—
Juristes et juges	30	—	5	—	—	—
Autres emplois en sciences sociales	20	—	20	—	—	—
Religion	5	—	5	5	—	—
Enseignement universitaire	85	55	350	40	705	35
Autres emplois dans l'enseignement	2 490	760	335	115	30	15
Médecins et dentistes	—	—	5	—	—	—
Autres emplois dans le secteur sanitaire	—	—	—	—	—	—
Artistes, écrivains et loisirs	45	15	—	—	—	—
Emplois de bureau	300	225	30	10	—	—
Représentants techniques et de services	210	50	—	—	—	—
Autres emplois dans la vente	100	—	10	—	—	—
Forces armées et gendarmerie	255	—	35	—	—	—
Autres emplois dans les services	85	—	10	—	—	—
Emploi du secteur primaire	25	25	—	—	—	—
Transformation, machines, usinage, assemblage	50	—	—	—	—	—
Construction, transports et autres	200	60	75	—	5	5
Non précisé	25	15	50	—	10	5
Pas d'emploi	270	1 020	85	75	10	10

Source: Enquête post-censitaire (1973) sur la main-d'œuvre hautement qualifiée, tableau 17.

**Tableau B.2 – Nature de l'emploi de plus longue durée du diplômé en mathématiques (statistiques) au cours des douze derniers mois, selon son diplôme le plus élevé et son sexe**

	baccalauréat		maîtrise		doctorat	
	hommes	femmes	hommes	femmes	hommes	femmes
Nature de l'emploi						
Ensemble	760	175	410	65	185	5
Direction et gestion	135	—	55	—	15	—
Secteur de la gestion	80	45	40	—	—	—
Sciences de la Nature	5	5	—	—	15	—
Architecture et ingénierie	15	—	10	5	—	—
Autres emplois en sciences						
Ingénierie, mathématiques (total)	130	30	100	5	5	—
—Math. statistique et actuariat	(50)	(15)	(60)	(5)	(5)	—
—Analyse des systèmes et informatique	(95)	(15)	(40)	—	—	—
Sciences sociales, aides sociales, bibliothécaires	15	—	10	—	5	—
Juristes et juges	—	—	—	—	—	—
Autres emplois en sciences sociales	5	5	5	—	—	—
Religion	—	—	—	—	—	—
Enseignement universitaire	15	—	60	20	135	5
Autres emplois dans l'enseignement	10	10	75	10	5	—
Médecins et dentistes	—	—	5	—	—	—
Autres emplois dans le secteur sanitaire	5	15	—	—	—	—
Artistes, écrivains et loisirs	10	—	—	—	—	—
Emplois de bureau	130	20	15	—	—	—
Représentants techniques et de services	5	—	20	—	—	—
Autres emplois dans la vente	40	—	—	—	—	—
Forces armées et gendarmerie	30	—	5	—	—	—
Autres emplois dans les services	—	—	—	—	—	—
Emploi du secteur primaire	—	—	—	—	—	—
Transformation, machines, usinage assemblage	10	—	—	—	—	—
Construction, transports et autres	5	—	—	—	—	—
Non précisé	—	—	—	—	—	—
Pas d'emploi	20	50	20	25	—	—

Source: Enquête post-censitaire (1973) sur la main-d'œuvre hautement qualifiée, tableau 17.

**Tableau B.3 – Nature de l'emploi de plus longue durée du diplômé en mathématiques (Informatique) au cours des douze derniers mois, selon son diplôme le plus élevé et son sexe**

Nature de l'emploi	baccalauréat		maîtrise		doctorat	
	hommes	femmes	hommes	femmes	hommes	femmes
Ensemble	800	95	660	75	85	5
Direction et gestion	20	—	25	—	—	—
Secteur de la gestion	90	10	25	5	—	—
Sciences de la Nature	5	—	—	—	5	—
Architecture et ingénierie	5	—	15	—	5	—
Autres emplois en sciences						
Ingénierie, mathématiques (total)	415	70	300	40	5	—
—Math. statistique et actuariat	(10)	—	(5)	—	(—)	—
—Analyse des systèmes et informatique	(410)	(70)	(295)	(40)	(5)	—
Sciences sociales, aides sociales, bibliothécaires	—	—	—	—	—	—
Juristes et juges	—	—	—	—	—	—
Autres emplois en sciences sociales	—	—	—	—	—	—
Religion	—	—	—	—	—	—
Enseignement universitaire	—	—	115	—	65	5
Autres emplois dans l'enseignement	60	—	115	15	—	—
Médecins et dentistes	—	—	—	—	—	—
Autres emplois dans le secteur sanitaire	—	—	—	—	—	—
Artistes, écrivains et loisirs	100	—	—	—	—	—
Emplois de bureau	5	5	—	—	—	—
Représentants techniques et de services	—	—	—	—	—	—
Autres emplois dans la vente	—	—	—	—	—	—
Forces armées et gendarmerie	—	—	15	—	—	—
Autres emplois dans les services	—	—	—	—	—	—
Emploi du secteur primaire	—	—	—	—	—	—
Transformation, machines, usinage, assemblage	70	—	—	—	—	—
Construction, transports et autres	—	—	5	—	5	—
Non précisé	—	—	5	—	—	—
Pas d'emploi	5	10	45	10	—	—

Source: Enquête post-censitaire (1973) sur la main-d'œuvre hautement qualifiée, tableau 17.

**Tableau B.4 – Pourcentage d'emploi des diplômés en mathématiques dans des occupations utilisant ou non les mathématiques, selon le diplôme et le sexe**

	baccalauréat		maîtrise		doctorat	
	hommes	femmes	hommes	femmes	hommes	femmes
<b>Emploi</b>						
Math., statistique, actuariat	5,3	2,6	7,3	3,4	0,9	—
Analyse des systèmes et inform.	18,2	15,9	19,4	12,6	1,4	—
Enseignement universitaire	1,0	1,7	19,6	13,8	82,3	60,0
Autres genres d'enseignement	26,4	23,5	19,6	32,3	3,2	20,0
Autres emplois	45,8	22,8	26,4	12,7	10,4	—
Non précisé	0,3	0,5	2,1	—	0,9	6,7
Non employé	3,0	33,0	5,6	25,3	0,9	13,3
<i>sur</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Nombre d'informateurs	9 680	3 270	2 675	435	1 100	75

*Remarque:* Parmi les emplois de mathématiciens, on comprend ceux de statisticiens, d'actuaire, d'analyste des systèmes et d'informaticiens.

*Source:* Enquête post-censitaire (1973) sur la main-d'œuvre hautement qualifiée, tableau 17.



Tableau B.5 – Répartition des diplômés selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada

Nature du diplôme le plus élevé pour chaque sexe		Canada	T.-N	Î.P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Y. et T.N.-O.
général	H.	90 700	780	350	2 800	1 680	18 590	41 090	4 030	2 430	7 075	11 750	120
	F.	62 545	265	190	1 885	1 270	10 385	31 835	3 615	1 940	4 240	6 850	70
	<i>total</i>	<i>153 250</i>	<i>1 045</i>	<i>535</i>	<i>4 685</i>	<i>2 950</i>	<i>28 975</i>	<i>72 930</i>	<i>7 645</i>	<i>4 375</i>	<i>11 310</i>	<i>18 605</i>	<i>190</i>
spécialisé	H.	199 615	2 430	710	5 775	4 550	57 140	75 260	8 925	7 420	17 000	20 105	305
	F.	98 970	1 050	380	3 830	2 025	20 925	32 365	3 910	3 070	10 365	11 905	150
	<i>total</i>	<i>289 580</i>	<i>3 480</i>	<i>1 090</i>	<i>9 610</i>	<i>6 570</i>	<i>78 065</i>	<i>107 620</i>	<i>12 835</i>	<i>10 495</i>	<i>27 360</i>	<i>32 005</i>	<i>455</i>
dipl. post. bacc.	H.	10 975	55	35	260	170	2 755	4 435	645	340	880	1 395	25
	F.	11 155	50	10	220	50	2 385	4 365	1 170	325	780	1 780	10
	<i>total</i>	<i>22 135</i>	<i>105</i>	<i>45</i>	<i>480</i>	<i>220</i>	<i>5 145</i>	<i>8 800</i>	<i>1 810</i>	<i>665</i>	<i>1 660</i>	<i>3 180</i>	<i>30</i>
1 <sup>er</sup> dipl. méd.	H.	33 475	375	140	1 140	795	9 120	13 165	1 420	1 120	2 480	3 690	30
	F.	3 730	55	10	135	30	770	1 750	195	145	285	355	10
	<i>total</i>	<i>37 205</i>	<i>425</i>	<i>150</i>	<i>1 275</i>	<i>825</i>	<i>9 880</i>	<i>14 910</i>	<i>1 620</i>	<i>1 265</i>	<i>2 770</i>	<i>4 040</i>	<i>40</i>
dipl. 2 <sup>e</sup> cycle	H.	5 845	120	20	220	95	2 045	1 550	210	270	905	425	10
	F.	1 420	15	0	40	10	405	420	115	15	230	150	10
	<i>total</i>	<i>7 265</i>	<i>135</i>	<i>20</i>	<i>260</i>	<i>105</i>	<i>2 445</i>	<i>1 970</i>	<i>325</i>	<i>285</i>	<i>1 135</i>	<i>575</i>	<i>20</i>
maîtrise	H.	70 145	655	205	2 275	1 455	17 395	31 340	2 930	1 775	5 395	6 660	65
	F.	23 580	205	100	1 005	440	5 735	10 775	865	505	1 460	2 465	15
	<i>total</i>	<i>93 720</i>	<i>860</i>	<i>305</i>	<i>3 280</i>	<i>1 890</i>	<i>23 130</i>	<i>42 110</i>	<i>3 795</i>	<i>2 285</i>	<i>6 855</i>	<i>9 125</i>	<i>80</i>
doct. d'université	H.	24 930	265	65	735	375	5 175	11 435	1 155	890	2 335	2 495	15
	F.	2 480	30	5	75	50	595	1 110	115	75	195	230	0
	<i>total</i>	<i>27 410</i>	<i>295</i>	<i>70</i>	<i>805</i>	<i>425</i>	<i>5 770</i>	<i>12 540</i>	<i>1 265</i>	<i>965</i>	<i>2 525</i>	<i>2 725</i>	<i>15</i>
totaux	H.	435 690	4 670	1 515	13 205	9 115	112 215	178 260	19 315	14 255	36 065	46 515	565
	F.	194 880	1 675	690	7 200	3 870	41 200	82 620	9 990	6 080	17 550	23 740	260
	<i>total</i>	<i>630 565</i>	<i>6 345</i>	<i>2 200</i>	<i>20 400</i>	<i>12 990</i>	<i>153 400</i>	<i>260 885</i>	<i>29 305</i>	<i>20 330</i>	<i>53 615</i>	<i>70 260</i>	<i>825</i>

**Tableau B.6 – Répartition des diplômés en mathématiques (y compris recherche opérationnelle et sciences de l'actuaire) selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada**

Nature du diplôme le plus élevé pour chaque sexe		Canada	T.-N	Î.P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Y. et T.N.-O.
général	H.	4 580	10	40	185	25	795	1 930	245	85	275	980	5
	F.	2 160	—	—	30	80	230	1 095	175	90	160	305	5
	<i>total</i>	6 745	15	40	215	105	1 025	3 025	415	175	440	1 290	5
spécialisé U.G.	H.	3 450	15	5	30	10	780	1 800	110	135	325	235	—
	F.	835	—	—	5	5	345	360	15	—	30	75	—
	<i>total</i>	4 285	15	5	35	15	1 130	2 155	125	140	355	320	—
dipl. post. bacc.	H.	85	—	—	—	—	25	40	5	5	—	5	—
	F.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>total</i>	85	—	—	5	—	25	40	5	5	—	5	—
maîtrise	H.	1 605	15	10	45	35	355	845	65	40	50	150	—
	F.	295	5	—	20	5	65	145	15	15	—	35	—
	<i>total</i>	1 905	20	10	60	40	420	985	80	55	55	180	—
doct. d'université	H.	830	—	—	30	10	130	395	45	15	85	120	—
	F.	65	—	—	15	5	15	15	—	—	—	15	—
	<i>total</i>	890	—	—	40	20	145	410	45	15	85	130	—
totaux	H.	10 555	40	55	300	80	2 090	5 005	470	280	735	1 490	5
	F.	3 355	—	—	60	95	660	1 610	195	105	195	430	5
	<i>total</i>	13 910	45	50	360	175	2 745	6 615	665	385	935	1 925	5

Tableau B.7 – Répartition des diplômés en mathématiques (statistiques) selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada

Nature du diplôme le plus élevé pour chaque sexe		Canada	T.-N	Î.P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.
général	H.	555	45	20	10	5	80	235	65	15	10	65
	F.	155	—	—	5	—	35	70	10	—	—	40
	<i>total</i>	<i>715</i>	<i>45</i>	<i>20</i>	<i>15</i>	<i>5</i>	<i>115</i>	<i>305</i>	<i>75</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>105</i>
spécialisé U.G.	H.	185	—	—	—	—	70	95	5	5	10	—
	F.	20	—	—	5	—	5	5	—	—	—	5
	<i>total</i>	<i>200</i>	—	—	<i>5</i>	—	<i>75</i>	<i>100</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>5</i>
dipl. post. bacc.	H.	25	—	—	—	—	10	5	—	—	—	—
	F.	5	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—
	<i>total</i>	<i>25</i>	—	—	—	—	<i>15</i>	<i>5</i>	—	—	—	—
maîtrise	H.	410	—	—	—	5	120	235	15	—	40	5
	F.	65	—	—	—	5	10	35	5	—	—	10
	<i>total</i>	<i>475</i>	—	—	—	<i>10</i>	<i>130</i>	<i>270</i>	<i>20</i>	—	<i>40</i>	<i>15</i>
doct. d'université	H.	180	5	—	5	—	45	100	5	5	5	10
	F.	5	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—
	<i>total</i>	<i>185</i>	<i>5</i>	—	<i>5</i>	—	<i>45</i>	<i>100</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>5</i>	<i>10</i>
totaux	H.	1 355	45	20	15	15	330	670	95	20	65	80
	F.	245	—	—	10	5	50	115	10	5	5	50
	<i>total</i>	<i>1 600</i>	<i>45</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>20</i>	<i>380</i>	<i>785</i>	<i>105</i>	<i>25</i>	<i>70</i>	<i>130</i>

**Tableau B.8 – Répartition des diplômés en informatique selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et les provinces du Canada**

Nature du diplôme le plus élevé pour chaque sexe		Canada	T.-N	Î.P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.
général	H.	450	—	—	10	—	50	315	—	5	45	35
	F.	40	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—
	<i>total</i>	490	—	—	10	—	50	355	—	5	45	35
spécialisé U.G.	H.	320	—	—	—	—	90	175	5	15	30	30
	F.	45	—	—	—	—	5	20	—	5	10	10
	<i>total</i>	365	—	—	—	—	95	195	5	20	40	40
dipl. post. bacc.	H.	30	—	—	—	—	5	25	—	—	—	—
	F.	5	—	—	—	—	5	5	—	—	—	—
	<i>total</i>	35	—	—	—	—	10	30	—	—	—	—
maîtrise	H.	660	—	10	—	10	175	315	70	—	50	35
	F.	75	—	—	—	—	5	65	—	—	10	—
	<i>total</i>	735	—	10	—	10	180	380	70	—	40	35
doct. d'université	H.	85	—	—	—	—	5	55	5	15	—	5
	F.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>total</i>	85	—	—	—	—	5	55	5	15	—	5
totaux	H.	1 550	—	5	10	10	320	890	75	35	125	75
	F.	175	5	—	—	—	15	130	—	5	15	10
	<i>total</i>	1 725	5	5	10	10	335	1 010	80	40	140	80

**Tableau B.9 – Répartition des diplômés en mathématiques\* du Canada selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et leur année de naissance**

Diplôme selon chaque sexe	1950	1945–49	1940–44	1935–39	1930–34	1920–29	<1920	totaux
baccalauréat								
hommes	150	3 595	2 530	985	825	680	930	9 695
femmes	135	1 205	710	290	140	300	475	3 255
<i>total</i>	<i>285</i>	<i>4 800</i>	<i>2 240</i>	<i>1 275</i>	<i>965</i>	<i>980</i>	<i>1 405</i>	<i>12 950</i>
maîtrise								
hommes	80	1 110	680	335	165	190	120	2 680
femmes	5	155	90	85	5	40	55	435
<i>total</i>	<i>85</i>	<i>1 265</i>	<i>770</i>	<i>420</i>	<i>170</i>	<i>230</i>	<i>175</i>	<i>3 115</i>
doct. d'université								
hommes	—	105	340	260	160	170	55	1 090
femmes	—	5	40	5	15	—	10	75
<i>total</i>	<i>—</i>	<i>110</i>	<i>380</i>	<i>265</i>	<i>175</i>	<i>170</i>	<i>65</i>	<i>1 165</i>
totaux								
hommes	230	4 810	3 550	1 580	1 150	1 040	1 105	13 465
femmes	140	1 365	840	380	160	340	540	3 765
<i>total</i>	<i>370</i>	<i>6 275</i>	<i>4 390</i>	<i>1 960</i>	<i>1 310</i>	<i>1 380</i>	<i>1 645</i>	<i>17 230</i>

\* Informatique (code 90); statistiques mathématiques (code 92); autres spécialités mathématiques (code 93), y compris actuariat et recherche opérationnelle.

Source: Enquête post-censitaire (1973) sur la main-d'œuvre hautement qualifiée, tableau 8.

**Tableau B.10 – Répartition des diplômés en mathématiques\* du Canada, selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé et l'année d'obtention de celui-ci**

Diplôme selon chaque sexe	< 1945	1945–49	1950–54	1955–59	1960–64	1965–69	1970	totaux
baccalauréat								
hommes	720	400	495	450	1 265	4 040	2 325	9 625
femmes	520	170	125	125	660	1 035	620	3 255
total	1 240	570	620	575	1 925	5 075	2 945	12 950
maîtrise								
hommes	65	35	80	75	200	800	1 425	2 680
femmes	35	15	10	10	45	125	195	435
total	100	50	90	85	245	925	1 620	3 115
doct. d'université								
hommes	30	20	40	105	150	410	335	1 090
femmes	5	—	—	—	—	20	50	75
total	35	20	40	105	150	430	385	1 165
totaux								
hommes	815	455	615	630	1 615	5 250	4 085	13 465
femmes	560	185	135	135	705	1 180	865	3 765
total	1 375	640	750	765	2 320	6 430	4 950	17 230

\* Informatique (code 90); statistiques mathématiques (code 92); autres spécialités mathématiques (code 93), y compris actuariat et recherche opérationnelle.

Source: Enquête post-censitaire (1973) sur la main-d'œuvre hautement qualifiée, tableau 9.

**Tableau B.11 – Répartition des diplômés en mathématiques du Canada, selon leur sexe, leur diplôme le plus élevé, le lieu d'achèvement de leurs études secondaires, et leur origine canadienne ou étrangère**

Diplômes selon chaque sexe et l'origine canadienne ou étrangère		Diplômes selon chaque sexe et l'origine canadienne ou étrangère										Yukon et		Total	
		T.N.	Î.P.-É	N.-É.	N.B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	T.N.-O.	Étranger		
<i>Origine canadienne</i>															
baccalauréat	hommes	45	45	210	65	1 355	3 110	650	510	400	1 105	0	30	7 525	
	femmes	40	0	85	50	415	1 055	230	190	145	205	0	0	2 415	
	<i>total</i>	<i>85</i>	<i>45</i>	<i>295</i>	<i>115</i>	<i>1 770</i>	<i>4 165</i>	<i>880</i>	<i>700</i>	<i>545</i>	<i>1 310</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>9 940</i>	
maîtrise	hommes	10	15	60	45	390	815	120	60	85	95	0	65	1 760	
	femmes	5	0	15	5	40	120	35	10	15	25	0	0	270	
	<i>total</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>75</i>	<i>50</i>	<i>430</i>	<i>935</i>	<i>155</i>	<i>70</i>	<i>100</i>	<i>120</i>	<i>0</i>	<i>65</i>	<i>2 030</i>	
doct. d'université	hommes	5	0	20	5	70	220	30	30	20	25	0	20	445	
	femmes	0	0	0	0	5	5	6	5	0	5	0	0	26	
	<i>total</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>20</i>	<i>5</i>	<i>75</i>	<i>225</i>	<i>36</i>	<i>35</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>0</i>	<i>20</i>	<i>471</i>	
<i>Origine étrangère</i>															
baccalauréat	hommes	0	0	40	0	235	470	5	25	20	95	5	905	1 800	
	femmes	0	0	0	0	40	75	0	40	0	55	0	630	845	
	<i>total</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>0</i>	<i>275</i>	<i>545</i>	<i>5</i>	<i>65</i>	<i>20</i>	<i>150</i>	<i>5</i>	<i>1 535</i>	<i>2 645</i>	
maîtrise	hommes	0	5	0	0	85	220	20	0	5	40	0	370	745	
	femmes	0	0	0	0	10	15	10	0	0	0	0	130	165	
	<i>total</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>95</i>	<i>235</i>	<i>30</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>40</i>	<i>0</i>	<i>500</i>	<i>910</i>	
doct. d'université	hommes	0	0	5	0	25	40	5	0	5	35	0	725	840	
	femmes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	
	<i>total</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>25</i>	<i>40</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>35</i>	<i>0</i>	<i>775</i>	<i>890</i>	
<i>Toutes origines</i>															
baccalauréat	hommes	45	45	250	65	1 590	3,580	655	535	420	1 200	5	935	9 325	
	femmes	40	0	85	55	455	1 130	230	230	145	260	0	630	3 260	
	<i>total</i>	<i>85</i>	<i>45</i>	<i>335</i>	<i>120</i>	<i>2 045</i>	<i>4 710</i>	<i>885</i>	<i>765</i>	<i>565</i>	<i>1 460</i>	<i>5</i>	<i>1 565</i>	<i>12 585</i>	
maîtrise	hommes	10	20	60	45	475	1 035	140	60	90	135	0	435	2 505	
	femmes	5	0	15	5	50	135	45	10	15	25	0	130	435	
	<i>total</i>	<i>15</i>	<i>20</i>	<i>75</i>	<i>50</i>	<i>525</i>	<i>1 170</i>	<i>185</i>	<i>70</i>	<i>105</i>	<i>160</i>	<i>0</i>	<i>565</i>	<i>2 940</i>	
doct. d'université	hommes	5	0	25	5	95	260	35	30	25	60	0	745	1 285	
	femmes	0	0	0	0	5	5	6	5	0	5	0	50	76	
	<i>total</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>25</i>	<i>5</i>	<i>100</i>	<i>265</i>	<i>41</i>	<i>35</i>	<i>25</i>	<i>65</i>	<i>0</i>	<i>795</i>	<i>1 361</i>	

**Tableau B.12 — Populations\* de diplômés de l'Enquête et de l'échantillonnage†, selon leur diplôme et la province du Canada**

Diplôme	Terre-Neuve			Île du Prince-Édouard			Nouvelle-Écosse			Nouveau-Brunswick			Québec			Ontario			Manitoba		
	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰
bacc. < 4 ans	225	16	7	100	4	4	2 040	124	6	555	43	8	19 515	708	4	49 100	1 308	3	4 795	183	4
bacc. ≥ 4 ans	3 690	1 100	30	1 210	269	22	8 565	1 879	22	7 535	1 622	22	66 480	7 411	11	112 380	10 361	9	12 580	1 822	14
1 <sup>er</sup> dipl. prof.	1 570	650	41	595	171	29	6 315	1 699	27	3 405	951	28	53 715	12 706	24	59 545	14 620	25	8 295	2 230	27
maîtrise ou plus élevé	1 450	611	42	445	171	38	5 110	1 845	36	2 755	973	35	50 890	19 001	37	59 480	20 578	35	5 770	2 086	36
<i>totaux</i>	<i>6 935</i>	<i>2 377</i>	<i>34</i>	<i>2 350</i>	<i>615</i>	<i>26</i>	<i>22 030</i>	<i>5 547</i>	<i>25</i>	<i>14 250</i>	<i>3 589</i>	<i>25</i>	<i>190 600</i>	<i>39 826</i>	<i>21</i>	<i>280 505</i>	<i>46 867</i>	<i>17</i>	<i>31 440</i>	<i>6 321</i>	<i>20</i>

Diplôme	Saskatchewan			Alberta			Colombie-Britannique			Yukon			Territoires du Nord-Ouest			Total		
	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰	Pop. de diplômés	Échant. %‡	‰
bacc. < 4 ans	2 565	102	4	6 000	207	3	3 760	222	6	45	24	53	90	42	47	88 790	2 983	3
bacc. ≥ 4 ans	9 520	1 348	14	29 620	4 236	14	38 340	5 518	14	270	140	52	400	210	53	290 590	35 916	12
1 <sup>er</sup> dipl. prof.	6 270	1 605	26	12 330	3 330	27	18 790	5 189	28	95	91	96	135	131	97	171 060	43 373	25
maîtrise ou plus élevé	3 870	1 347	35	11 480	3 907	34	14 585	5 013	34	65	65†	100	100	100†	100	156 000	55 697	36
<i>totaux</i>	<i>22 225</i>	<i>4 402</i>	<i>20</i>	<i>59 430</i>	<i>11 680</i>	<i>20</i>	<i>75 475</i>	<i>15 942</i>	<i>21</i>	<i>475</i>	<i>320</i>	<i>67</i>	<i>725</i>	<i>483</i>	<i>67</i>	<i>706 440</i>	<i>137 969</i>	<i>20</i>

\* Les chiffres de population de diplômés sont pondérés.

‡ Ce pourcentage est celui de l'échantillon par rapport à la population totale pondérée de diplômés recensée au 1<sup>er</sup> juin 1971.

† On a arrondi ces chiffres, tout comme ceux de la population totale.



## **Annexe C – Répartition des diplômes, et corps enseignant universitaire**

Les tableaux ci-dessous fournissent quelques données sur la répartition des diplômes de bachelier, maître et docteur en mathématiques, et sur le corps enseignant universitaire. Nous avons convenu d'englober, pour les besoins du rapport, les mathématiques pures, la statistique, les sciences de l'actuaire, et l'information dans les sciences mathématiques. Ces données ont été établies à l'aide de renseignements fournis par les départements universitaires suivants:

Université d'Acadie – Informatique  
Université de l'Alberta – Mathématiques  
Althouse College of Education (Université Western Ontario)  
– Enseignement des mathématiques  
Université Bishop's – Mathématiques  
Université de la Colombie-Britannique – Informatique  
Université Brock – Mathématiques  
Université de Calgary – Mathématiques  
Université Dalhousie – Mathématiques  
Université de Guelph – Mathématiques et statistique  
Université Lakehead – Mathématiques  
Université Laval – Mathématiques, informatique  
Université de Lethbridge – Mathématiques  
Collège Loyola – Informatique  
Université du Manitoba – Mathématiques, statistique  
Université McGill – Mathématiques  
Université Mémorial de Terre-Neuve – Mathématiques  
Université de Moncton – Mathématiques  
Université Mount Allison – Mathématiques  
Université du Nouveau-Brunswick – Mathématiques  
Université d'Ottawa – Mathématiques  
Université de l'Île du Prince-Édouard – Mathématiques  
Université du Québec, complexe de Chicoutimi – Mathématiques; complexe de  
Montréal – Mathématiques; complexe de Trois-Rivières – Mathématiques  
Université Queen's – Mathématiques, informatique et science de l'information  
Collège militaire Royal du Canada – Mathématiques  
Université de la Saskatchewan, complexe de Régina – Mathématiques; complexe  
de Saskatoon – Mathématiques, informatique  
Université de Sherbrooke – Mathématiques  
Université Simon Fraser – Mathématiques  
Université Sir George Williams – Mathématiques  
Université de Toronto – Mathématiques, informatique  
Université de Victoria – Mathématiques  
Université de Waterloo – Faculté de mathématiques  
Université Western Ontario – Mathématiques, mathématiques appliquées  
et informatique  
Université de Windsor – Mathématiques et informatique  
Université de Winnipeg – Mathématiques et statistique  
Université d'York – Mathématiques

**Tableau C.1 – Prospective des diplômes à conférer**

Année	Spécialité	baccalauréats*		maîtrises		doctorats d'université	
1974	Mathématiques pures	426		92		54	
	Mathématiques appliquées	255		71		23	
	Statistique	85	2 235	73	376	13	118
	Informatique	741		127		24	
	Autre ou générale	728		13		4	
1975	Mathématiques pures	459		94		50	
	Mathématiques appliquées	268		79		29	
	Statistique	108	2 369	86	418	16	126
	Informatique	834		135		26	
	Autre ou générale	700		24		5	
1976	Mathématiques pures	492		88		53	
	Mathématiques appliquées	288		88		33	
	Statistique	130	2 524	98	465	21	143
	Informatique	893		170		30	
	Autre ou générale	721		21		6	
1977	Mathématiques pures	371		85		47	
	Mathématiques appliquées	289		96		34	
	Statistique	159	2 324	103	498	27	146
	Informatique	785		190		32	
	Autre ou générale	720		24		6	

\* Les baccalauréats décernés par l'Université d'Ottawa ne sont pas inclus dans ces chiffres

*Remarque:* Ce tableau dresse la prospective des diplômes à conférer, en se basant sur les inscriptions actuelles et les tendances observées. Nous avons convenu d'inclure la recherche opérationnelle et les sciences de l'actuaire dans les mathématiques appliquées.

Tableau C.2 – Diplômes conférés et corps enseignant les mathématiques, depuis 1960

Diplômés						Enseignants							
Année	Bacc. 8 cours*	Baccalauréat 5 à 7 cours*		Maîtrise	Doctorat d'université	Année	Profes- seurs	Profes- seurs agrégés	Profes- seurs adjoints	Maîtres de con- férences	Professeurs associés (invités)	Chargés de cours	Autres†
		min.	max.										
1960	138	110	110	25	4	60-61	58	63	88	54		38	8
1961	167	121	121	29	6	61-62	64	68	94	60		32	2
1962	195	150	155	33	7	62-63	68	78	112	55		60	6
1963	203	157	157	52	10	63-64	78	91	130	54	7	64	7
1964	242	161	167	78	18	64-65	89	118	160	61	6	84	15
1965	263	195	205	95	31	65-66	112	138	203	75	9	103	24
1966	358	312	326	125	29	66-67	125	165	256	86	25	127	25
1967	371	342	358	149	31	67-68	152	209	285	87	30	111	31
1968	439	504	619	190	42	68-69	201	247	362	112	42	105	47
1969	551	667	713	242	49	69-70	208	293	439	115	57	157	107
1970	699	754	804	304	47	70-71	244	345	485	134	61	171	106
1971	911	985	1 055	340	77	71-72	255	387	510,5	124	77	171,5	131
1972	1 181	1 159	1 239	318	90	72-73	272	434	480,5	139	86	174	133
1973	1 138	892	967	250	75	73-74	275	477	459,5	133	76	186,5	124

\* Ces chiffres ne comprennent pas les baccalauréats conférés par l'Université d'Ottawa.

† Cette catégorie comprend les stagiaires post-doctorat, les adjoints de recherche et tout le corps enseignant de l'Université du Québec, qui n'utilise pas le système de classification normal.

Remarques: Le baccalauréat 8 cours est celui qui est conféré à l'étudiant ayant achevé avec succès 8 cours de 1<sup>er</sup> cycle en mathématiques. Le baccalauréat 5 à 7 cours est celui qui est conféré à l'étudiant ayant achevé avec succès 5, 6 ou 7 cours de 1<sup>er</sup> cycle en mathématiques.

## Annexe D – Données complémentaires sur les diplômes décernés et le corps enseignant

On peut, dans une certaine mesure, comparer les résultats de notre enquête sur les diplômes décernés et le corps enseignant aux statistiques compilées par Statistique Canada, au Rapport statistique annuel de l'Association canadienne des écoles supérieures et au travail exécuté par K. D. Hunt, de l'Université de Waterloo. Les tableaux D.1 et D.2 donnent le nombre de doctorats ès sciences mathématiques décernés. Le tableau D.1 les répartit selon l'année civile, tandis que le tableau D.2 les répartit selon l'année scolaire, telle que Statistique Canada la définit. Le tableau D.3 donne le nombre des professeurs de mathématiques et le pourcentage de titulaires d'un doctorat enseignant dans les universités canadiennes entre 1956 et 1973.

---

**Tableau D.1 – Nombre de doctorats d'université en mathématiques conférés par les universités canadiennes, de 1961 à 1973**

---

Année	Nombre de doctorats conférés
1961	11
1962	9
1963	15
1964	19
1965	42
1966	39
1967	52
1968	49
1969	60
1970	63
1971	86
1972	88
1973	94

---

*Remarque:* Pour les années 1961 à 1968, les chiffres sont basés sur une liste compilée par K. D. Hunt, de l'Université de Waterloo, lequel donne les noms et titres de thèses des docteurs en mathématiques pour 1961–1972. Pour les années 1969–1973, les chiffres donnés proviennent des Rapports statistiques annuels de l'Association canadienne des écoles supérieures.

---

**Tableau D.2 – Nombre de diplômes supérieurs en mathématiques conférés par les universités canadiennes de 1960–1961 à 1971–1972**

Année	Maîtrises		Doctorats	
	Nombre	Indice de progression	Nombre	Indice de progression
1960–1961	55	100	8	100
1961–1962	46	84	10	125
1962–1963	82	149	6	75
1963–1964	106	193	21	263
1964–1965	83	151	28	350
1965–1966	171	311	34	425
1966–1967	175	318	43	538
1967–1968	213	387	49	613
1968–1969	247	449	53	663
1969–1970	392	713	61	763
1970–1971	357	649	85	1 063
1971–1972	428	778	97	1 213

*Source:* tiré des données de Statistique Canada.

**Tableau D.3 – Nombre de professeurs enseignant les mathématiques dans les universités canadiennes, et pourcentage de doctorats de 1956–1957 à 1973–1974**

Année	Nombre	Pourcentage de titulaires d'un doctorat
1956–1957	237	49,8
1958–1959	311	48,9
1960–1961	388	49,2
1962–1963	458	50,3
1963–1964	545	47,3
1965–1966	731	51,2
1967–1968	962	54,1
1968–1969	1 038	60,5
1969–1970	1 200	62,3
1970–1971	1 269	67,5
1971–1972	1 295	69,5
1972–1973	1 122*	76,6
1973–1974	1 085*	78,2

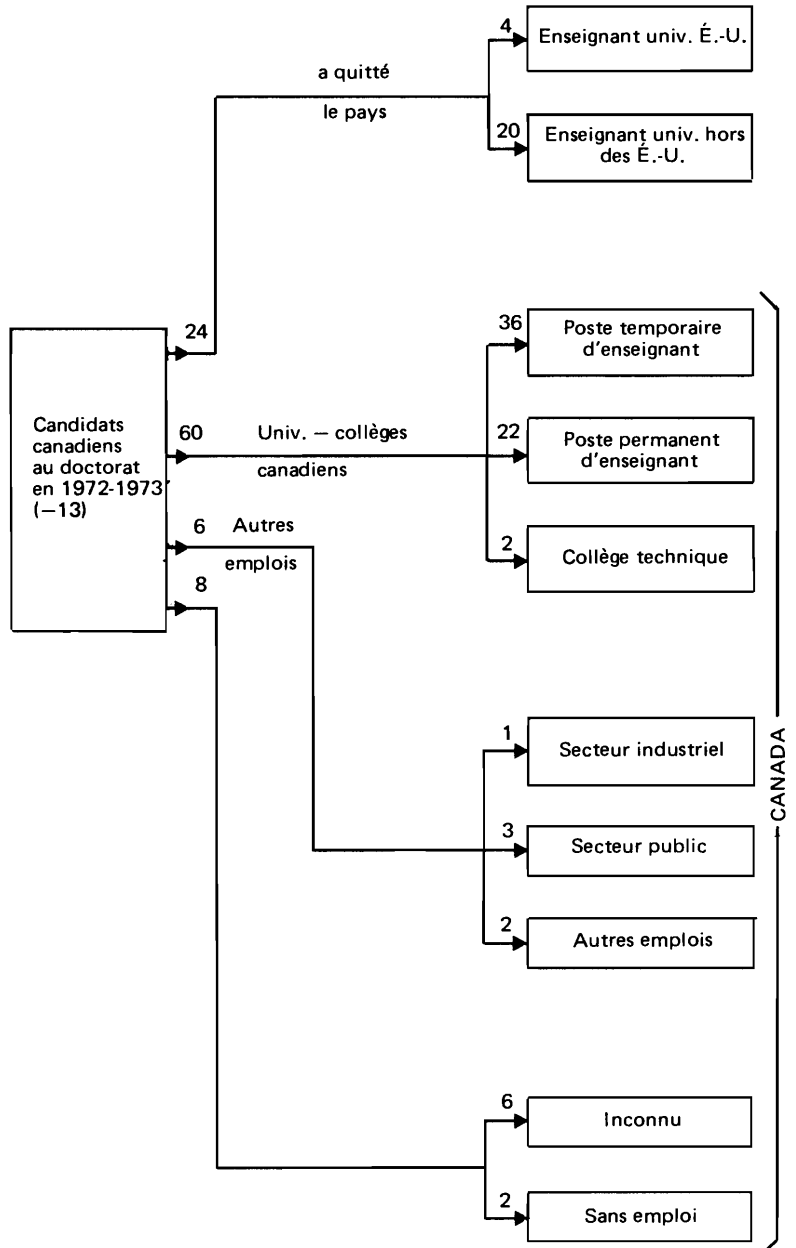
\* chiffre non pondéré

*Source:* tiré des données de Statistique Canada.

## Annexe E – Emploi des docteurs en mathématiques au Canada

Environ 60 pour cent de la promotion de 1972–1973 ont obtenu des postes d'enseignants (universités ou collèges), et 25 pour cent ont obtenu des emplois à l'étranger.

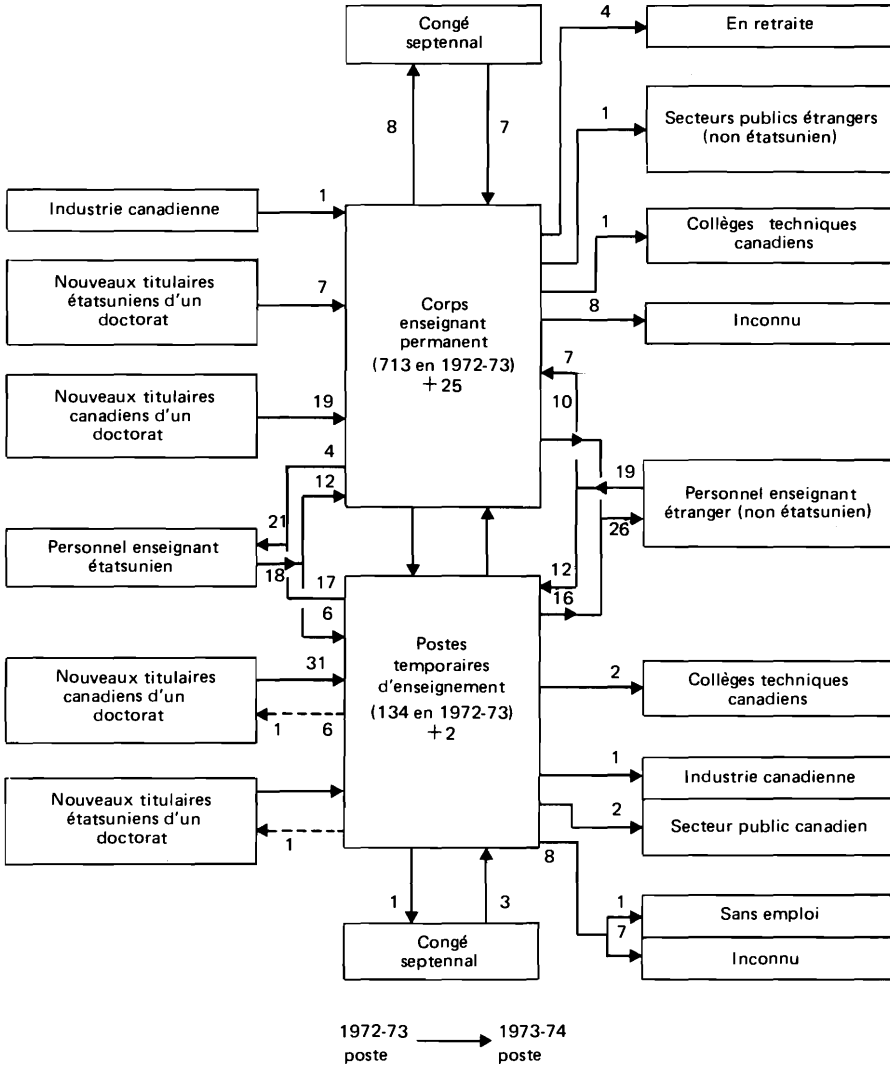
Figure E.1 – Nouveaux docteurs canadiens en mathématiques (1972–1973)



La population de candidats au doctorat a quelque peu diminué: 84 étudiants se sont inscrits au programme en 1972-1973, alors que 98 avaient obtenu leur diplôme. Le nombre de postes d'enseignant en mathématiques est passé de 847 à 874 dans les universités canadiennes.

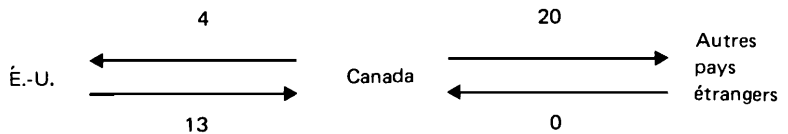
Les universités canadiennes ont engagé 50 nouveaux professeurs canadiens titulaires d'un doctorat. Comme le nombre de nouveaux postes n'était que de 27, et que les diplômés étrangers se présentaient

**Figure E.2 – Corps enseignant des départements canadiens de mathématiques**



également, il est évident qu'une émigration s'est produite, ou un déplacement vers des postes hors de l'enseignement. La figure E.2 matérialise les divers flux.

Les changements dans le corps enseignant ont entraîné une migration nette des diplômés du 3<sup>e</sup> cycle hors du Canada, tant vers les É.-U. que vers d'autres pays. Sur les 63 nouveaux titulaires de doctorats engagés, 50 étaient des Canadiens (79%). Vingt-quatre titulaires canadiens de doctorats en mathématiques ont obtenu des postes hors du Canada, mais quatre seulement aux É.-U. Inversement, 13 diplômés étatsuniens ont obtenu des postes au Canada, mais aucun diplômé non-étatsunien n'y a obtenu de poste.



Le tableau E.1 indique la répartition du corps enseignant selon les origines.

**Tableau E.1 – Répartition des différentes catégories de professeurs de mathématiques selon leurs origines, en 1973–1974**

Poste	Origine			N <sup>bre</sup>
	canadienne	étatsunienne	autre	
	%	%	%	%
Professeur	25,0	35,6	39,4	180
Professeur et président	36,4	54,5	9,1	11
Professeur agrégé	33,1	37,6	29,3	242
Professeur adjoint	43,7	44,9	11,4	252
Stagiaire post-doctorat	54,8	21,4	23,8	42

En 1972–1973, 40,7 pour cent des professeurs adjoints et 22,2 pour cent des stagiaires post-doctorat avaient obtenu leur diplôme au Canada. En 1972, quatre professeurs associés (invités) sur dix-huit avaient fait de même, alors qu'en 1973, 11 sur 23 étaient des diplômés canadiens.

Une proportion légèrement plus élevée du corps enseignant avait obtenu son doctorat aux É.-U. au lieu du Canada, mais il n'en est pas ainsi des nouveaux titulaires. Parmi les membres du corps enseignant ayant obtenu leur doctorat entre 1970 et 1973, 165 l'ont fait au Canada, 99 aux États-Unis, et 25 dans d'autres pays. La plupart des diplômés d'après 1969 occupant des postes de professeur, professeur agrégé, professeur adjoint, chargé de cours, stagiaire post-doctorat, professeur associé (invité) en 1973–1974 avaient obtenu leur diplôme dans des établissements canadiens.

Si on suppose que la vie professionnelle du professeur dure de vingt-cinq à trente ans, on voit qu'un faible pourcentage d'entre eux prendra sa retraite dans un proche avenir; les quatre retraites qui ont été prises



**Tableau E.2 – Année d'obtention du diplôme par les professeurs de mathématiques des universités canadiennes**

Année du diplôme	Nombre	Pourcentage
1970–1973	301	32,8
1965–1969	316	34,4
1960–1964	137	14,9
1955–1959	67	7,3
1950–1954	46	4,9
1945–1949	20	2,2
1940–1944	10	1,1
1935–1939	10	1,1
1930–1934	9	0,9
1925–1929	3	0,3

en 1973 donnent l'ordre de grandeur des départs qui se produiront dans les années qui viennent.

Les statistiques qui précèdent ont été compilées par Douglas Baer et par les professeurs Sydney Bulman-Fleming, Henry Crapo et Edward Wang, de l'Université de Waterloo et de l'Université Wilfrid Laurier. On a envoyé un exemplaire complet de cinq pages de leur rapport, contenant les avertissements habituels à propos des données incomplètes, au président de chacun des départements participant à l'enquête. Les intéressés peuvent demander d'autres exemplaires au Département de mathématiques pures, Université de Waterloo.

## **Annexe F – Prévision de l'emploi des diplômés canadiens en mathématiques pour 1974 – 1976**

Établie par Otto Tomasek, à l'aide des réponses au questionnaire de l'Étude sur les mathématiques.

### **Objectif**

Il s'agissait de calculer le nombre de diplômés canadiens en mathématiques (bacheliers, maîtres et docteurs d'université) qui seraient employés dans les diverses branches et secteurs en 1974 – 1976.

### **Données**

L'auteur disposait:

1° des dossiers d'emploi des diplômés canadiens en mathématiques, tels qu'ils découlaient des réponses au questionnaire pour les années 1960, 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973. Les données concernant les titulaires de doctorats furent additionnées en deux périodes: 1960 – 1964 et 1965 – 1969;

2° de l'évaluation du nombre des diplômés canadiens en mathématiques des promotions 1960, 1965, 1970, 1971, 1972 et 1973.

### **Hypothèses**

L'auteur a pris pour acquis que:

1° les résultats des enquêtes sont représentatifs pour la population étudiée;

2° l'évaluation numérique des diplômés canadiens en mathématiques est exacte;

3° seul le premier emploi du diplômé serait prévu. Ainsi le nombre des diplômés entrant chaque année dans la population active était égal au nombre prévu des diplômés de l'année.

### **Techniques de prévision**

1° L'auteur a employé la méthode de régression linéaire simple pour évaluer le nombre de mathématiciens obtenant un baccalauréat, une maîtrise ou un doctorat en 1974 – 1976. Il considère le temps comme une variable indépendante et le nombre de diplômés comme une variable dépendante. Il a calculé le nombre moyen de doctorats décernés pour les périodes 1960–1964 et 1965–1969.

2° Il a utilisé la méthode de régression linéaire simple pour calculer la répartition en pourcentage des diplômés en mathématiques, selon le genre d'emploi et le secteur. Il a utilisé le temps comme variable indépendante, et les pourcentages résultant des réponses au questionnaire comme variables dépendantes. Il a pondéré les pourcentages de façon que leur somme atteigne 100 pour chaque année de prévision.

3° Il a utilisé les pourcentages calculés en 2° pour calculer les corrélations avec le nombre de diplômés prévu en 1°.

## Résultats

L'auteur a trouvé que:

1° les nombres *totaux* des diplômés en mathématiques pour les années 1974 – 1976 dépassaient le seuil de signification de 95 pour cent;

2° dans *chaque branche* les nombres de diplômés prévus n'atteignaient *pas* le seuil de signification de 90 pour cent ou celui de 95 pour cent;

3° ses prévisions d'emploi figurent dans les tableaux ci-joints; les chiffres entre parenthèses y sont les pourcentages bruts, arrondis au plus proche entier. La première rangée intitulée «Seuil de signification» indique si les nombres prévus atteignent les seuils de signification de 90 pour cent, de 95 pour cent ou sont improbables.

**Tableau F.1 – Prévisions d'emploi des diplômés canadiens en mathématiques, selon les secteurs**

Année	Secteur primaire	Industr. de fabric.	Trans-ports et télécom.	Services publics	Com-merce	Banques et as-surances	Affaires et secteur tertiaire	Forces armées	Secteur public fédéral	Secteur public provinc.	Autres secteurs publics	Secteur univ.	Collèges techn.	Écoles second.	Écoles primaires	Autres secteurs	Totaux
<i>Bacheliers – Seuil de signification</i>																	
	95%	95%	imp.*	imp.	imp.	90%	imp.	imp.	imp.	imp.	90%	90%	90%	imp.	90%	90%	95%
1974	56 (4)	56 (4)	28 (2)	28 (2)	28 (2)	225 (16)	155 (11)	28 (2)	197 (14)	85 (6)	42 (3)	225 (16)	28 (2)	141 (10)	28 (2)	56 (4)	1 406
1975	60 (9)	45 (3)	30 (2)	30 (2)	45 (3)	241 (16)	165 (11)	30 (2)	211 (14)	90 (6)	45 (3)	225 (15)	30 (2)	150 (10)	45 (3)	60 (4)	1 502
1976	48 (3)	32 (2)	32 (2)	32 (2)	48 (3)	272 (17)	192 (12)	32 (2)	240 (15)	96 (6)	48 (3)	224 (14)	32 (2)	160 (10)	48 (3)	64 (4)	1 600
<i>Maître – Seuil de signification</i>																	
	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	95%	imp.	imp.	imp.	95%	90%	90%	imp.	imp.	imp.	imp.	95%
1974	16 (4)	36 (9)	8 (2)	16 (4)	8 (2)	28 (7)	20 (5)	8 (2)	45 (11)	20 (5)	12 (3)	122 (30)	20 (5)	37 (9)	0 (0)	8 (2)	404
1975	22 (5)	39 (9)	4 (1)	17 (4)	9 (2)	30 (7)	26 (6)	9 (2)	47 (11)	22 (5)	13 (3)	121 (28)	22 (5)	39 (9)	4 (1)	9 (2)	433
1976	23 (5)	46 (10)	0 (0)	18 (4)	9 (2)	37 (8)	28 (6)	9 (2)	50 (11)	23 (5)	14 (3)	119 (26)	23 (5)	41 (9)	5 (1)	14 (3)	459
<i>Docteur d'université – Seuil de signification</i>																	
	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	95%	imp.	imp.		95%
1974	5 (4)	8 (7)	1 (1)			2 (2)	8 (7)	1 (1)	9 (8)	3 (3)		69 (61)	1 (1)	5 (4)	1 (1)		113
1975	5 (4)	10 (7)	1 (1)			3 (2)	10 (8)	2 (2)	9 (7)	4 (3)		73 (60)	0 (0)	5 (4)	1 (1)		123
1976	5 (4)	10 (8)	1 (1)			3 (2)	10 (8)	3 (2)	9 (7)	4 (3)		79 (60)	0 (0)	5 (4)	1 (1)		130

\* improbable

**Tableau F.2 – Prévisions d'emploi des diplômés canadiens en mathématiques, selon la nature de l'emploi**

Année	Enseign. et formation	Recherche math. fondamentale	Recherche math. appliquée	Actuar. & math. des aff.	Recherche opérat.	Programmation et informatique	Autres activités inform.	Recherche en sc. sociales	Autres activ. en statistiques	Consult. en math.	Surveillance travaux math.	Administration	Autres activités	Totaux
<b>Bachelier – Seuil de signification</b>														
	imp.*	imp.	90%	90%	imp.	imp.	imp.	imp.	95%	imp.	imp.	imp.	imp.	95%
1974	295 (21)	14 (1)	42 (3)	141 (10)	42 (3)	141 (10)	366 (26)	28 (2)	112 (8)	14 (1)	0 (0)	56 (4)	155 (11)	1 406
1975	286 (19)	15 (1)	45 (3)	135 (9)	45 (3)	165 (11)	406 (27)	30 (2)	135 (9)	15 (1)	0 (0)	60 (4)	165 (11)	1 502
1976	288 (18)	16 (1)	64 (4)	144 (9)	32 (2)	176 (11)	448 (28)	32 (2)	144 (9)	16 (1)	0 (0)	64 (4)	176 (11)	1 600
<b>Maître – Seuil de signification</b>														
	95%	imp.	95%	imp.	imp.	imp.	95%	imp.	95%	imp.		imp.	95%	95%
1974	118 (29)	4 (1)	28 (7)	12 (3)	12 (3)	24 (6)	93 (23)	28 (7)	32 (8)	0 (0)		12 (3)	41 (10)	404
1975	112 (26)	4 (1)	35 (8)	13 (3)	9 (2)	26 (6)	108 (25)	35 (8)	35 (8)	0 (0)		13 (3)	43 (10)	433
1976	110 (24)	4 (1)	37 (8)	14 (3)	5 (1)	23 (5)	124 (27)	37 (8)	41 (9)	0 (0)		14 (3)	50 (11)	459
<b>Docteur d'université – Seuil de signification</b>														
	imp.	imp.	95%	imp.	imp.	imp.	imp.	imp.	95%	imp.		imp.	imp.	95%
1974	64 (56)	9 (8)	9 (8)	1 (1)	3 (3)	5 (4)	10 (9)	3 (3)	0 (0)	3 (3)		1 (1)	5 (4)	113
1975	67 (55)	10 (8)	10 (8)	1 (1)	4 (3)	5 (4)	12 (10)	4 (3)	0 (0)	4 (3)		1 (1)	5 (4)	123
1976	71 (91)	10 (8)	12 (9)	1 (1)	4 (3)	5 (4)	13 (10)	4 (3)	0 (0)	4 (3)		1 (1)	5 (4)	130

\* improbable

## **Annexe G – Stagiaires de recherche post-doctorat (PDF) et attachés de recherche en mathématiques**

On a compilé le tableau suivant des stagiaires de recherche post-doctorat et attachés de recherche, grâce aux réponses à un questionnaire envoyé aux départements canadiens de mathématiques. Il semble que les informateurs aient interprété diversement les questions posées, amoindrisant ainsi la validité de la statistique établie. Les renseignements péculaires donnés montrent que les rémunérations étaient d'environ 6 000 \$ annuellement (dans quelques cas, pour neuf ou dix mois).

### **Répartition des stagiaires de recherche post-doctorat et attachés de recherche en mathématiques**

Année	Math. pures	Math. appliquées	Statistique	Informatique	Totaux
1969 – 1970	67	34	12	3	116
1970 – 1971	70	36	7	9	122
1971 – 1972	64	35	14	2	115
1972 – 1973	90	30	23	10	153
1973 – 1974	80	38	16	7	141

## Annexe H – Subventions de fonctionnement accordées par le CNRC aux travaux de recherche

Tableau H.1 – Subventions de fonctionnement du CNRC pour 1970 – 1974

Année	Ensemble		Biologie		Chimie		Physique		Informatique		Mathématiques	
	M\$*	moyenne par bénéf. en k\$†	M\$	moyenne par bénéf. en k\$	M\$	moyenne par bénéf. en k\$	M\$	moyenne par bénéf. en k\$	M\$	moyenne par bénéf. en k\$	M\$	moyenne par bénéf. en k\$
1970	34,4	8,2	8,0	8,3	6,2	10,4	3,3	8,5	0,8	6,9	2,1	4,1
1971	36,2	8,0	8,5	8,1	6,0	10,4	3,6	8,7	0,9	6,6	2,2	3,8
1972	37,6	7,8	9,0	8,2	6,0	10,4	3,7	8,4	1,0	6,0	2,2	3,5
1973	40,1	8,2	9,4	8,4	6,4	11,8	3,6	8,9	1,2	6,9	2,4	3,6
1974	42,2	8,4	10,1	8,6	6,5	12,1	3,8	9,0	1,3	6,7	2,4	3,5

*Remarques:*

\* en millions de dollars (le montant indiqué ne comprend pas l'achat d'équipement)

† milliers de dollars

La première colonne (Ensemble) donne le total des subventions accordées par le CNRC sur l'avis de ses 16 comités d'évaluation des demandes de subvention. Entre 1970 et 1974, le nombre des subventions de fonctionnement du CNRC est passé de 4 261 à 5 067; en mathématiques les subventions sont passées de 505 à 707, et de 113 à 196 en informatique.

Le total des subventions accordées par les comités d'évaluation des demandes de subventions pour des recherches en informatique et en mathématiques a été inférieur au montant accordé par *chacun* des 14 autres comités. Le montant moyen de la subvention pour recherches en mathématiques a été inférieur à la moitié de la subvention moyenne pour les disciplines concernées. Ce montant moyen accordé au chercheur en mathématiques ne s'est pas notablement accru au cours des cinq années considérées, de sorte qu'en dollars constants il a décliné de plus de 25 pour cent.

**Tableau H.2 – Subventions de fonctionnement du CNRC aux recherches en mathématiques et en informatique (depuis la première en 1958, jusqu'en 1974)**

Année	Mathématiques	Informatique
	k\$*	k\$
1958	50,0	
1959	81,0	
1960	87,5	
1961	120,0	
1962	158,5	
1963	181,0	
1964	306,0	
1965	446,0	
1966	724,0	268
1967	1 353,0	302
1968	1 788,0	462
1969	2 115,0	599
1970	2 076,0	796
1971	2 244,0	874
1972	2 217,0	968
1973	2 403,0	1 236
1974	2 446,0	1 304

**Remarques:**

\* en milliers de dollars.

On a accordé un certain montant en subventions à la recherche en informatique en 1963, et même plus tôt; il n'a pas été mentionné séparément.

On n'a pas inclus dans ces montants les bourses de voyage, qui s'élevaient en 1971 à 19 000 \$, et les subventions spéciales d'informatique, soit 118 000 \$. Ces dernières ont été supprimées progressivement.

Le rapport entre subventions de fonctionnement du CNRC aux chercheurs individuels et ses subventions de groupe (y compris les subventions concertées d'essor de la recherche) était d'environ dix pour un.



**Tableau H.3 – Répartition des subventions de fonctionnement du CNRC aux sciences mathématiques en 1973 – 1974**

La liste qui suit répartit les subventions de fonctionnement du CNRC en fonction du numéro de code du domaine pour lequel chacune était sollicitée. La plupart de ces demandes ont été examinées par les Comités d'évaluation 107 ou 116. Quelques-unes ont cependant été étudiées par d'autres comités: 104 (génie chimique ou métallurgique); 106 (génie civil); 107 (informatique, science de l'information); 110 (sciences de la Terre); 111 (électrotechnique); 112 (psychologie); 113 (génie mécanique); 115 (physique); 116 (mathématiques pures ou appliquées); 120 (organisation industrielle); 121 (interdisciplines).

Code de domaine	Explication	Nombre de		Montant		Total
		demandes	subventions accordées	demandé	accordé	
				\$	\$	\$
0001	Logique et fondements	26	22	144 274	74 023	74 023
0003	Théorie des ensembles	4	4	52 970	27 300	27 300
	Comité 116	3	3	42 550	23 300	
	Comité 107	1	1	10 420	4 000	
0004	Combinatoire, théorie des graphes	38	37	465 315	182 212	182 212
	Comité 116	37	36	446 735	174 712	
	Comité 107	1	1	18 580	7 500	
0005	Ordres, treillis, structures algébriques ordonnées	9	8	158 760	60 700	60 700
0006	Systèmes mathématiques généraux	12	11	138 237	60 604	60 604
0007	Théorie des nombres	28	26	187 410	79 539	79 539
0008	Corps et polynômes	2	2	35 620	23 600	23 600
0009	Anneaux et algèbres commutatifs associatifs	7	7	33 740	12 400	12 400
0010	Algèbre linéaire et multilinéaire, théorie des matrices	11	11	86 215	39 500	39 500
0011	Anneaux et algèbres associatifs	19	18	142 660	60 262	60 262
0012	Anneaux et algèbres non associatifs	7	7	59 140	21 900	21 900
0013	Théorie des catégories	13	13	94 480	18 000	18 000
0014	Algèbre homologique	5	5	35 100	6 900	6 900
0015	Théorie des groupes et généralisations	25	20	212 855	86 769	86 769

Code de domaine	Explication	Nombre de subventions		Montant		Total
		demandes	accordées	demandé	accordé	
				\$	\$	\$
0016	Groupes topologiques et théorie de Lie	4	3	10 660	2 500	2 500
0017	Fonctions de variables réelles	3	3	23 300	9 166	9 166
0018	Mesure et intégration	14	14	146 750	73 189	73 189
0019	Fonctions d'une variable complexe	10	10	95 077	42 050	42 050
0020	Théorie du potentiel	5	5	46 045	19 000	19 000
0021	Variables complexes multiples	3	3	6 800	4 700	4 700
0022	Fonctions spéciales	8	8	84 507	33 967	33 967
	Comité 116	6	6	63 537	27 467	
	Comité 107	2	2	20 970	6 500	
0023	Équations différentielles ordinaires	26	25	225 105	75 321	75 321
	Comité 116	25	24	213 435	72 321	
	Comité 107	1	1	11 670	3 000	
0024	Équations différentielles partielles	26	22	186 290	95 904	95 904
0025	Différences finies et équations fonctionnelles	6	6	68 968	34 470	34 470
0026	Séquences, séries, sommabilité	5	5	51 150	31 700	31 700
0027	Approximations et développements	12	10	90 780	47 658	47 658
0028	Analyse de Fourier	10	9	75 041	36 338	36 338
0029	Transformées d'intégrales, calcul opérationnel	4	4	30 636	14 500	14 500
0030	Équations intégrales	4	4	34 300	14 000	14 000
0031	Analyse fonctionnelle	46	39	331 750	111 434	111 434
	Comité 116	44	37	316 050	104 434	
	Comité 111	2	2	15 700	7 000	
0032	Théorie des opérateurs	17	16	149 600	53 640	53 640
0033	Calcul des variations, commande optimale	5	4	52 100	13 653	13 653
0034	Géométrie	21	19	164 875	84 680	84 680
0035	Ensembles convexes et inégalités géométriques	3	3	17 400	9 500	9 500
0036	Géométrie différentielle	15	14	98 550	27 952	27 952

Code de domaine	Explication	Nombre de subventions accordées		Montant		Total
		demandes		demandé	accordé	
				\$	\$	\$
0037	Topologie générale	23	22	129 797	47 209	47 209
0038	Topologie algébrique	19	17	120 540	44 952	44 952
0039	Topologie et géométrie des variétés	19	18	116 560	36 288	36 288
0040	Théorie des probabilités	17	15	180 960	69 329	69 329
	Comité 116	16	14	168 610	65 829	
	Comité 107	1	1	12 350	3 500	
0041	Processus stochastiques	8	7	63 525	29 045	29 045
0042	Processus généraux de Markof	5	5	31 840	15 704	15 704
0043	Probabilité appliquée	3	3	25 540	2 500	2 500
0044	Statistique mathématique	16	14	145 167	41 170	41 170
0045	Théorie de la décision	6	6	58 295	27 758	27 758
0046	Répartition – méthodes libres et non paramétriques	8	7	66 690	21 270	21 270
0047	Théorie de la répartition	4	4	46 400	12 606	12 606
0048	Fondations de l'inférence statistique	5	5	82 399	43 021	43 021
0049	Analyse multidimensionnelle	9	8	99 260	30 386	30 386
0050	Techniques d'inférence statistique; Test d'estimation, processus séquentiels	20	17	182 216	64 771	64 771
	Comité 116	19	17	174 362	64 771	
	Comité 107	1	0	7 854	—	
0051	Méthodes de Monte-Carlo	3	3	24 910	8 537	8 537
0052	Analyse des données	4	4	50 800	15 551	15 551
	Comité 116	2	2	12 820	1 551	
	Comités 106, 112	2	2	37 980	14 000	
0053	Conception et analyse des expériences	9	9	93 944	19 655	19 655
0054	Échantillonnage	3	2	13 250	2 601	2 601
0055	Analyse des séries chronologiques	8	6	28 770	7 301	7 301

Code de domaine	Explication	Nombre de subventions		Montant		Total
		demandes	accordées	demandé	accordé	
				\$	\$	\$
0056	Applications (biométrie, psychométrie, économétrie, sociométrie, statistiques techniques, etc.)	14	10	137 242	52 809	52 809
	Comité 116	10	9	102 662	47 609	
	Comités 104, 107	4	3	34 580	5 200	
0057	Analyse numérique	14	12	81 431	36 104	36 104
	Comité 116	12	10	69 021	27 604	
	Comité 107	2	2	12 410	8 500	
0058	Mécanique des particules et systèmes					
	Comité 115	1	1	6 880	3 500	3 500
0059	Élasticité, plasticité	7	6	36 380	12 804	12 804
0060	Mécanique des fluides, acoustique	12	10	153 580	55 552	55 552
	Comité 116	9	8	120 720	44 052	
	Comités 104, 113	3	2	32 860	11 500	
0061	Optique, théorie de l'électromagnétique	3	3	19 440	2 850	2 850
	Comité 116	2	2	15 320	2 100	
	Comité 115	1	1	4 120	750	
0063	Mécanique quantique	4	4	59 429	18 700	18 700
0064	Physique statistique, structure de la matière	2	2	9 870	2 200	2 200
0065	Relativité	15	14	107 880	37 558	37 558
	Comité 116	14	13	98 880	35 558	
	Comité 115	1	1	9 000	2 000	
0067	Commande des systèmes	13	13	87 643	38 968	38 968
	Comité 116	10	10	59 143	17 002	
	Comités 701, 111	3	3	28 500	21 966	
0068	Information et télécommunications, circuits	5	3	43 290	15 100	15 100
	Comité 116	3	2	28 500	10 900	
	Comités 107, 111	2	1	14 790	4 200	

Code de domaine	Explication	Nombre de subventions		Montant		Total
		demandes	accordées	demandé	accordé	
				\$	\$	\$
0069	Divers (non précisés)	14	13	197 218	79 569	79 569
	Comité 116	12	11	155 008	58 569	
	Comités 107, 113	2	2	42 210	21 000	
0200	Théorie de l'informatique	12	10	130 303	73 600	73 600
	Comité 107	11	9	124 153	57 600	
	Comité 116	1	1	6 150	1 600	
0201	Théorie des automates	6	5	82 510	57 250	57 250
	Comité 107	5	4	70 090	44 250	
	Comité 111	1	1	12 420	13 000	
0202	Raisonnement électronique	11	9	192 954	69 000	69 000
	Comité 107	10	8	155 454	41 000	
	Comité 111	1	1	37 500	28 000	
0203	Reconnaissance des formes	12	8	175 918	52 500	52 500
	Comité 107	8	5	137 078	34 000	
	Comités 110, 115, 121	4	3	38 840	18 500	
0204	Analyse des algorithmes	2	2	23 138	16 500	16 500
0205	Mathématiques numériques	34	34	433 619	225 603	225 603
	Comité 107	31	31	411 169	220 500	
	Comité 116	3	3	22 450	5 103	
0206	Math. discrètes et informatique	5	5	131 450	50 503	50 503
	Comité 107	3	3	102 270	48 000	
	Comité 116	2	2	29 180	2 503	
0207	Combinatoire et informatique	7	4	107 247	24 500	24 500
0208	Linguistique informatique	2	2	14 080	5 500	5 500
0220	Langage de programmation	5	5	104 520	23 000	23 000
0221	Compilateurs de programmation	14	13	251 553	73 000	73 000
0222	Structures des données	3	2	56 919	36 000	36 000

Code de domaine	Explication	Nombre de		Montant		Total
		demandes	subventions accordées	demandé	accordé	
				\$	\$	\$
0223	Équipement d'exploitation	6	6	163 273	29 000	29 000
0224	Équipement de logiciel à accès direct	3	2	58 716	9 000	9 000
0225	Technique du logiciel	7	7	208 601	64 500	64 500
0230	Organigrammes d'ordinateurs	5	5	66 515	20 000	20 000
0231	Étude des équipements informatiques	11	11	166 118	72 500	72 500
0232	Communications entre ordinateurs	1	1	14 600	11 000	11 000
0233	Graphique informatique	6	4	201 932	22 500	22 500
	Comité 107	5	3	199 542	22 000	
	Comité 116	1	1	2 390	500	
0235	Conception informatique	4	2	30 133	9 000	9 000
	Comité 107	3	2	23 733	9 000	
	Comité 113	1	0	6 400	—	
0236	Enseignement par ordinateur	2	0	10 600	—	—
0238	Autres sciences informatiques (non précisées)	4	4	134 835	19 000	19 000
	Comité 107	3	3	85 035	15 500	
	Comité 111	1	1	49 800	3 500	
0250	Traitement des données	3	1	31 660	3 500	3 500
	Comité 107	2	1	21 740	3 500	
	Comité 113	1	0	9 920	—	
0251	Classement des dossiers et gestion	1	1	42 178	20 000	20 000
0252	Stockage et saisie des données	6	5	86 349	40 500	40 500
	Comité 107	4	3	58 204	33 000	
	Comités 111, 116	2	2	28 145	7 500	
0253	Analyse de l'information automatique et indexation	1	1	8 400	6 000	6 000
0254	Traitement du langage naturel	1	0	51 030	—	—
0255	Systèmes d'information	3	2	42 320	9 000	9 000

Code de domaine	Explication	Nombre de subventions		Montant		Total
		demandes	accordées	demandé	accordé	
				\$	\$	\$
0270	Programmation mathématique	22	17	263 565	106 003	106 003
	Comité 107	16	12	154 460	57 250	
	Comités 116, 120	6	5	109 105	48 753	
0271	Analyse des réseaux et des flux	2	2	17 100	7 000	7 000
	Comité 107	1	1	9 000	2 500	
	Comité 113	1	1	8 100	4 500	
0272	Analyse des inventaires	1	1	15 440	8 000	8 000
0273	Théorie des files d'attente	5	5	58 760	24 704	24 704
	Comité 107	2	2	26 100	9 500	
	Comités 116, 120	3	3	32 660	15 204	
0274	Modélisation et simulation	7	4	100 212	40 500	40 500
	Comité 107	5	4	89 192	40 500	
	Comités 111, 120	2	0	11 020	—	
0275	Théorie de l'ordonnancement	2	2	32 430	10 500	10 500
0276	Théorie des jeux	3	2	44 100	7 600	7 600
	Comité 107	2	1	36 190	6 000	
	Comité 116	1	1	7 910	1 600	
0277	Méthodes statistiques et recherche opérationnelle	3	3	54 580	36 000	36 000
0279	Autres travaux de recherche opérationnelle (non précisés)	4	3	45 813	26 500	26 500
	Comité 107	2	2	15 800	14 500	
	Comités 110, 120	2	1	30 013	12 000	
<b>Totaux</b>				<b>9 991 071</b>	<b>3 793 662</b>	<b>3 793 662</b>

## Annexe I – Contributions à l'Étude

Voici la liste des personnes qui ont collaboré à l'Étude sur les mathématiques en nous adressant des lettres ou des mémoires traitant de certains aspects de l'activité mathématique au Canada. Le directeur et le directeur adjoint de l'Étude les ont examinés avec le plus grand soin. Nous en avons tiré de nombreuses propositions précises, insérées dans le corps de l'Étude. L'opportunité de celle-ci apparaît à la lecture de si nombreuses communications, et nous espérons que les recommandations présentées seront prises en considération, et qu'on leur donnera suite.

### Mémoires de particuliers:

Adams, R. A.  
Département de mathématiques  
Université de la Colombie-Britannique

Allan, G. F.  
Actuaire  
*Standard Life Assurance Co.*

Altmann, A.  
Département de langues modernes  
Université Simon Fraser

Anthony, E. H.  
Département de zoologie  
Université de Guelph

Antonelli, P.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta

Armstrong, K. W.  
Bachelier du programme pédagogique  
Université de Winnipeg

Baggs, I.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta

Banachewski, B.  
Département de mathématiques  
Université McMaster

Barr, M.  
Département de mathématiques  
Université McGill

Bartlett, W.  
Division de recherche opérationnelle  
Air Canada

Beaumont, C. F. A.  
Faculté de mathématiques  
Université de Waterloo

Beck, J. S.  
Faculté de mathématiques  
Université de Calgary

Blackwell, J.  
Département de mathématiques  
appliquées  
Université Western Ontario

Bliss, L. C.  
Département de biologie  
Université de l'Alberta

Boeckner, R. G.  
Actuaire  
*Crown Life Insurance Company*

Bromley, D. A.  
Département de physique  
Université Yale

Brown, J. D.  
Faculté d'ingénierie  
Université Western Ontario

Browne, P.  
Alcan  
Afrique

Bulman-Fleming, S.  
Faculté de mathématiques  
Université de Waterloo

Butz, E.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta

Campbell, L. L.  
Département de mathématiques  
Université Queen's

Chaudry, M. D.  
Département de sciences politiques  
et économiques  
Collège militaire royal

Chess, G. F.  
Faculté d'ingénierie  
Université Western Ontario

Colgan, P.  
Département de biologie  
Université Queen's



- Crapo, H.  
Faculté de mathématiques  
Université de Waterloo
- Cross, G.  
Département de mathématiques  
Université de Calgary
- Davis, C.  
Département de mathématiques  
Université de Toronto
- Davis, J.  
Département de mathématiques  
Université Queen's
- Demirdache, A. R.  
Directeur  
Ministère d'État aux Sciences et à  
la Technologie
- Derome, J. R.  
Département de physique  
Université de Montréal
- Dobell, A. R.  
Cours d'analyse quantitative  
Secrétariat du Conseil du Trésor
- Eames, W.  
Département de mathématiques  
Université de Lakehead
- Elrick, D. E.  
Département de sciences des  
richesses naturelles  
Université de Guelph
- Ewen, B.  
Ancien président  
Association des enseignants de la  
Colombie-Britannique
- Fahidy, T. Z.  
Département de génie chimique  
Université de Waterloo
- Ferguson, G. A.  
Département de psychologie  
Université McGill
- Friars, G. A.  
Département de zootechnie et  
d'aviculture  
Université de Guelph
- Graham, G. A. C.  
Département de mathématiques  
Université Simon Fraser
- Gold, A. C.  
Département de mathématiques  
Université de Windsor
- Gratwick, J.  
Vice-président  
Canadien National
- Harrop, R.  
Département de mathématiques  
Université Simon Fraser
- Hellinell, J.  
Département d'économique  
Université de la Colombie-Britannique
- Hermance, C. E.  
Département de génie mécanique  
Université de Waterloo
- Heuser, M.  
Département de mathématiques  
Collège Vanier
- Hochsman, K.  
Département de mathématiques  
Université de la Colombie-Britannique
- Hunka, S.  
Faculté d'enseignement  
Université de l'Alberta
- Husain, T.  
Département de mathématiques  
Université McMaster
- Kaluzniacky, E.  
Faculté de sciences de l'administration  
Université du Manitoba
- Karvellas, P. H.  
Département d'électrotechnique  
Université de l'Alberta
- Kennedy, D. E.  
Département de mathématiques  
Université de Victoria
- Kretzschmann, M. H.  
Chef à l'ordinateur  
*Falconbridge Nickel Mines Ltd.*
- Laird, P. G.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta
- Lamperti, J.  
Département de mathématiques  
Collège de Dartmouth
- Lewis, T.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta
- Macki, J. et Muldowney, J.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta
- Manohar, R.  
Département de mathématiques  
Université de la Saskatchewan
- Marzec, L.  
Département de mathématiques  
Collège Mohawk

- Mathieu, L.  
Actuaire  
Alliance, compagnie mutuelle  
d'assurance-vie
- McCartney, J. R.  
Institut d'études aérospatiales  
Université de Toronto
- McLaren, K.  
Département de mathématiques  
Collège Pickering
- McQueen, C.  
Département de mathématiques  
Université Laval
- McTaggart-Cowan, P. D.  
Ancien directeur général  
Conseil des sciences du Canada
- Méthot, J. C.  
Département de génie chimique  
Université Laval
- Mewhort, D. J. K.  
Département de psychologie  
Université Queen's
- Miller, D. R.  
Département de biomathématiques  
Laboratoires du CNRC
- Milner, E. C.  
Département de statistique,  
mathématiques et informatique  
Université de Calgary
- Moore, E.  
Faculté de génie et  
de sciences appliquées  
Université Mémorial
- Moore, J. C. G.  
Département de géologie,  
Université Mount Allison
- Morrison, F. E.  
Attaché de recherches  
Commission scolaire d'Ottawa
- Northover, F.  
Département de mathématiques  
Université Carleton
- Nuttal, J.  
Département de physique  
Université Western Ontario
- Ogilvie, J. C.  
Directeur  
Institut de statistique appliquée  
Université de Toronto
- Park, E. C.  
Département de mathématiques,  
statistique et informatique  
Université de Calgary
- Pielou, E. C.  
Département de biologie  
Université Dalhousie
- Probert, R. L.  
Faculté de commerce  
Université de la Saskatchewan
- Richardson, I. W.  
Faculté de médecine  
Université Dalhousie
- Ridge, H. L.  
Faculté d'enseignement  
Université de Toronto
- Roach, M. R.  
Département de biophysique  
Université Western Ontario
- Robinson, G. de B.  
Département de mathématiques  
Université de Toronto
- Robinson, P.  
Ministère des Communications  
Gouvernement du Canada
- Rollerson, L. G.  
Actuaire  
*Crown Life Insurance Co.*
- Routledge, L.  
Professeur de mathématiques de  
l'enseignement secondaire  
Dartmouth
- Routledge, R.  
Département de biologie  
Université Dalhousie
- Royce, J. R.  
Centre d'études approfondies en  
psychologie théorique  
Université de l'Alberta
- Rutherford, J. R.  
*Dupont (Canada) Limited*  
Kingston
- Scharff, A. R.  
Président  
Club des actuaire de Montréal
- Schneider, W. G.  
Président  
Conseil national de recherches
- Scroggie, G. A.  
Agent d'enseignement  
Ministère de l'Instruction publique  
de l'Ontario

- Selby, K. A.  
Département de génie civil  
Université de Toronto
- Servranckx, R.  
Département de mathématiques  
Université de la Saskatchewan
- Smith, J. T.  
Département de mathématiques  
Université Queen's
- Smith, W. R.  
Département de mathématiques  
Université Dalhousie
- Sprott, D. A.  
Faculté de mathématiques  
Université Queen's
- Stauffer, A. D.  
Faculté des sciences  
Université d'York
- Sterling, T. D.  
Directeur  
Programme d'informatique  
Université Simon Fraser
- Tan, P.  
Département de mathématiques  
Université Carleton
- Taylor, J.  
Département de mathématiques  
Université McGill
- Taylor, P. D.  
Département de mathématiques  
Université Queen's
- Tonks, R. S.  
Directeur  
École de pharmacie  
Université Dalhousie
- Turner, R.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta
- Ursell, J.  
Département de mathématiques  
Université Queen's
- Van Brummelen, H.  
Directeur  
École secondaire chrétienne  
d'Edmonton
- Vogt, E.  
Département de sciences de  
l'actuaire et des affaires  
Université du Manitoba
- Voohees, B. H.  
Département de mathématiques  
Université de l'Alberta
- Wehlau, W. H.  
Département d'astronomie  
Université Western Ontario
- Wheeler, D.  
*Education Solutions Inc.*  
New York
- Williams, W. H.  
Département de mathématiques  
Université Simon Fraser
- Wilson, P.  
Canadien National
- Wilton, R. C.  
Actuaire  
*Dominion Life Assurance Co.*
- Woods, R. G.  
Département de mathématiques  
et d'astronomie  
Université du Manitoba
- Woodside, W.  
Département de mathématiques  
Université Queen's
- Worthington, A. G.  
Département de psychologie  
Université Trent
- Wright, G. P.  
Département de mathématiques  
Université d'Ottawa
- Youngman, A.  
*Oakwood Collegiate Institute*  
Toronto

#### **Communications d'organismes et d'associations**

*Les organismes suivants ont présenté des communications au séminaire d'Hamilton:*

Centre canadien des eaux intérieures  
Burlington, Ont.  
(communication présentée par Paul F. Hamblin, de la section de limnologie physique)

*Dominion Foundries and Steel Limited*  
Hamilton, Ont.  
(communication présentée par Kazmer Kasperski, chef à la recherche opérationnelle)

*Firestone Tire and Rubber Co. of Canada Limited*  
Hamilton, Ont.  
(communication présentée par J. J. Goudie, directeur technique)

*International Harvester Co.  
of Canada Limited*  
Hamilton, Ont.  
(communication présentée par  
M. Sansone, chef des services  
informatiques)

*National Steel Car  
Corporation Limited*  
Hamilton, Ont.  
(communication présentée par  
R. S. Butcher, ingénieur en chef  
du design)

*Proctor & Gamble Co.  
of Canada Limited*  
Toronto, Ont.  
(communication présentée par  
R. J. Clark, chef à la conception  
des systèmes)

*Steel Company of Canada Limited*  
Hamilton, Ont.  
(communication présentée par  
J. W. Farlam, chef à la recherche  
sur les systèmes)

*Westinghouse Canada Limited*  
Hamilton, Ont.  
(communication présentée par  
G. J. Hoolboom, directeur  
à l'ingénierie)

Université Brock  
Département de mathématiques  
St. Catharines, Ont.

Université de Guelph  
Département de mathématiques  
et statistiques  
Guelph, Ont.

Université McMaster  
Département de mathématiques  
appliquées  
Hamilton, Ont.

Université McMaster  
Centre médical,  
Département d'épidémiologie clinique  
et de biostatistiques  
Hamilton, Ont.

Université McMaster  
Département de mathématiques  
Hamilton, Ont.

Collège Mohawk d'art et de  
technologie appliquée  
Division de la technologie  
Hamilton, Ont.

Université de Waterloo  
Faculté de mathématiques  
Waterloo, Ont.

Université Western Ontario  
Département de mathématiques  
appliquées  
London, Ont.

Université Western Ontario  
Département d'informatique  
London, Ont.

Université Western Ontario  
Département de mathématiques  
London, Ont.

*Les organismes suivants ont présenté  
des communications au séminaire  
de London:*

*Advanced Automated Equipment  
Limited*  
London, Ont.  
(communication présentée par  
D. J. Baljet, président et ingénieur  
en chef)

*Bach Simpson Limited*  
London, Ont.  
(communication présentée par  
G. R. Hosker, chef à la recherche)

Bell Canada  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par  
O. Tomasek, chef à la prospective  
du personnel)

*Canada Trust*  
London, Ont.  
(communication présentée par  
Peter C. Maurice, directeur à la  
planification générale)

*London Life Insurance Co.*  
London, Ont.  
(communication présentée par  
J. A. Mereu, directeur du département  
des sciences de la gestion)

*Sperry-Rand Canada Limited*  
Division Univac  
Mississauga, Ont.  
(communication présentée par  
Z. Konrad, analyste des systèmes  
en chef)

Collège Fanshawe  
Division des mathématiques et  
sciences  
London, Ont.

Université de Windsor  
Département de mathématiques  
Windsor, Ont.

Les universités McMaster, Waterloo et Western Ontario ont présenté des communications semblables à celles qu'elles avaient présentées à Hamilton.

*Les organismes suivants ont présenté des communications au séminaire de Montréal:*

Air Canada  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par P. Jeannot, vice-président aux services informatiques)

*Alcan Shipping Services Limited*  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par E. Lind)

Canadien National  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par J. Gratwick, vice-président à la R & D)

Canadien Pacifique  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par H. M. Romoff, directeur à la recherche)

Comité des transports de la région de Montréal  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par D. Burden)

Commission des transports de la communauté urbaine de Montréal  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par H. Bessette, ingénieur-directeur)

Université McGill  
Département de mathématiques  
Montréal, Qué.

*Transportation Development Agency*  
Montréal, Qué.  
(communication présentée par M. D. Armstrong)

Université Laval  
Département de mathématiques  
Québec, Qué.

*Les organismes suivants ont présenté des communications au séminaire d'Ottawa*

Agriculture Canada  
Ottawa, Ont.  
(communication présentée par K. Price, du service de recherche statistique)

Énergie atomique du Canada limitée  
Laboratoires nucléaires de Chalk River,  
Chalk River, Ont.  
(deux communications présentées par H. Ing, de la Direction de la biologie et de la radioprotection, et M. F. Duret, chef de la Direction des mathématiques appliquées)

Banque du Canada  
Ottawa, Ont.  
(communication présentée par T. Maxwell, des Études spéciales du Département de la recherche)

*The Conan Institute*  
Ottawa, Ont.  
(communication présentée par N. Howard, directeur)

Établissement d'analyse de la recherche pour la défense  
Quartier général de la défense nationale  
Ottawa, Ont.  
(communication présentée par G. R. Lindsay, chef de l'Établissement)

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources  
Ottawa, Ont.  
(communication présentée par D. H. Weichert)

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources  
Direction des levés et de la cartographie  
Ottawa, Ont.  
(communication présentée par T. Wray)

Environnement Canada  
Service de l'environnement atmosphérique  
Agincourt, Ont.  
(communication présentée par R. Asselin)

Environnement Canada  
Hull, Qué.  
(communication présentée par A. W. Douglas, de la Direction de l'informatique et de la statistique appliquée)

Conseil économique du Canada  
Ottawa, Ont.  
(deux communications présentées par R. A. Stewart, directeur aux ordinateurs, et R. G. Bodkin)

- Santé et Bien-être social Canada  
 Direction de la protection de la santé  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 D. F. Bray, directeur à la planification  
 et à l'évaluation)
- Ministère de la Main-d'œuvre et de  
 l'Immigration  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 P. B. Fay, directeur général du groupe  
 de planification statistique et  
 d'évaluation)
- Approvisionnement et Services  
 Canada  
 Bureau de consultation en gestion  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 D. P. Déziel, directeur à la recherche  
 opérationnelle)
- Conseil national de recherches du  
 Canada  
 Établissement national aéronautique  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 G. R. Cowper)
- Conseil national de recherches du  
 Canada  
 Division de physique  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 T. F. W. Embleton)
- Conseil national de recherches du  
 Canada  
 Division de radiotechnique et  
 d'électrotechnique  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 R. A. Hurd)
- Ministère des Postes  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 W. E. Krause)
- Statistique Canada  
 Ottawa, Ont.  
 (communication présentée par  
 R. Platek, directeur aux enquêtes  
 sur les ménages)
- Université McMaster  
 Centre médical McMaster  
 Département d'épidémiologie clinique  
 et de biostatistique  
 Hamilton, Ont.  
 (communication présentée par  
 C. Goldsmith)
- Université de Montréal  
 Centre des recherches mathématiques  
 Montréal, Qué.  
 (communication présentée par  
 A. Joffe, directeur du Centre)
- Université Western Ontario  
 Département de mathématiques  
 London, Ont.
- Les organismes suivants ont présenté  
 des communications au séminaire de  
 Sault-Sainte-Marie:*
- Abitibi Paper Company Limited*  
 Toronto, Ont.  
 (communication présentée par  
 T. F. Fitkowski, analyste en  
 développement à la planification  
 générale et à l'expansion)
- Algoma Steel Corporation Limited*  
 Sault-Sainte-Marie, Ont.  
 (deux communications présentées par  
 D. J. Dickson, chef à l'organisation  
 industrielle de la Division Algoma  
 Ore, et R. A. Burns, chef à  
 l'organisation industrielle de la  
 Division Steelworks)
- Falconbridge Nickel Mines Limited*  
 Division du Nickel,  
 groupe de Sudbury, Ont.  
 (deux communications présentées par  
 M. H. Kretzschmann, directeur à  
 l'informatique, et Y. L. Su,  
 ingénieur des mines à la recherche  
 opérationnelle)
- International Nickel Co. of Canada  
 Limited*  
 Division de l'Ontario  
 Copper Cliff, Ont.  
 (communication présentée par  
 I. S. Jaswal, analyste des systèmes)
- Kimberley-Clark of Canada Limited*  
 Kapuskasing, Ont.  
 (communication présentée par  
 D. L. Riefstahl, chef d'atelier)
- Collège Cambrian d'arts industriels  
 et de technologie  
 Sudbury, Ont.
- Collège Confédération d'arts  
 industriels et de technologie  
 Thunder Bay, Ont.
- Université de Lakehead  
 Département des sciences  
 mathématiques  
 Thunder Bay, Ont.

Collège Algoma  
Université Laurentienne  
Faculté des sciences humaines  
et naturelles  
Sault-Sainte-Marie, Ont.

Collège Sault d'arts industriels  
et de technologie  
Sault-Sainte-Marie, Ont.

*Les organismes suivants ont présenté  
des communications au séminaire de  
Toronto:*

Banque de Nouvelle-Écosse  
Toronto, Ont.  
(communication présentée par  
G. Gewurtz, conseiller en soutien  
technique)

*Dunwoody and Company*  
Comptables agréés  
Toronto, Ont.  
(communication présentée par  
M. I. Jackson, associé)

*Kates, Peak, Marwick and Company*  
Consultants en gestion  
Toronto, Ont.  
(communication présentée par  
H. S. White, premier consultant)

Ministère des Transports et des  
Communications de l'Ontario  
Downsview, Ont.  
(communication présentée par  
K. Y. Shen, directeur intérimaire,  
Direction de l'informatique)

La Prudentielle d'Amérique  
Toronto, Ont.  
(communication présentée par  
R. H. Meredith, actuaire associé)

*Stevenson & Kellogg Limited*  
Consultants en gestion,  
Toronto, Ont.  
(communication présentée par  
R. Denham, directeur)

*Wood Gundy Limited*  
Toronto, Ont.  
(communication présentée pour le  
compte de J. G. Grant, vice-président  
et économiste en chef)

Université Queen's  
Département de mathématiques  
Kingston, Ont.  
(communication présentée par  
B. J. Kirby et M. T. Wasan)

Institut polytechnique Ryerson  
Département d'administration des  
affaires  
Toronto, Ont.  
(communication présentée par  
R. J. Phillips)

Université de Toronto  
Département de mathématiques  
Toronto, Ont.

Université d'York  
Département de mathématiques  
Downsview, Ont.

*Les organismes suivants ont présenté  
des exposés au sujet de l'utilisation  
des mathématiques et du nombre et  
de la formation des mathématiciens  
employés:*

Bell Canada  
*Bell Northern Research*  
Ottawa, Ont.

Canadien National  
Montréal, Qué.

Ministère de l'Énergie, des Mines  
et des Ressources  
Exposés des directions suivantes:  
Levés et cartographie  
Mines  
Physique de la Terre, et du Centre  
canadien de télédétection

Environnement-Canada  
Exposés des directions suivantes:  
Sciences de la mer  
Eaux intérieures  
Statistiques appliquées et  
information scientifique, et du  
Service de l'Environnement  
atmosphérique

*Groupes divers:*

le personnel d'actuaire de  
*London Life Insurance Company  
Limited*  
London, Ont.

le personnel d'actuaire de  
*Manufacturer's Life Insurance  
Company Limited*

le personnel d'actuaire de  
*Maritime Life Assurance Company  
Limited*  
Toronto, Ont.

Société canadienne de la recherche  
opérationnelle Groupe Dalhousie  
pour les biomathématiques  
Halifax, N.-É

Département de mathématiques,  
statistique et informatique  
Université de Calgary  
Calgary, Alb.

Département de mathématiques  
Université Laval  
Québec, Qué.

Département de mathématiques  
Université de Toronto  
Toronto, Ont.

Département de mathématiques,  
Université Western Ontario  
London, Ont.

Fondation de recherches de la  
Nouvelle-Écosse

Association ontarienne pour la  
formation en mathématiques

Association canadienne des  
sciences statistiques



## Remarques

### I<sup>er</sup> chapitre — Processus de l'étude

1. Communiqué de presse, Conseil des sciences du Canada, août 1973.
2. Le Comité comprenait R. Adams (Université de la Colombie-Britannique), C. F. A. Beaumont (Université de Waterloo), A. J. Coleman (président, Université Queen's, à Kingston), G. Sabidussi (Université de Montréal).
3. M. Fred Miller représentait le Conseil des sciences et, en collaboration avec M. Pierre Charbonnier, il élabora en juin 1972 un rapport de faisabilité d'une étude sur les sciences mathématiques. M. Miller, qui travaillait pour Cominco (l'un des grands producteurs mondiaux de plomb, de zinc, d'argent, d'engrais chimiques, etc. et aussi des métaux usinés), et M. Charbonnier, du ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources, avaient été détachés auprès du Conseil des sciences en vue d'élaborer des études de documentation.
4. Le Rapport n° 17 du Conseil des sciences: *In vivo* — Quelques lignes directrices pour la biologie fondamentale au Canada (1972); l'Étude de documentation n° 2, *Physics in Canada: Survey and Outlook*, rédigée par un groupe d'études de l'Association canadienne des physiciens, sous la direction de D. C. Rose (1967); l'Étude de documentation n° 9: *La chimie et le génie chimique au Canada: Étude sur la recherche et le développement techniques*, rédigée par un groupe d'études de l'Institut de chimie du Canada (1969); l'Étude de documentation n° 13: *Les sciences de la Terre au service du pays* (1971); et l'Étude de documentation n° 18: *Du formol au Fortran — La biologie au Canada*, rédigée par P. A. Larkin et W. J. D. Stephen (1971).
5. Le professeur W. S. Kruskal, le statisticien bien connu qui travaille à l'Université de Chicago, a fait l'observation suivante, après lecture de l'édition préliminaire: «Il semble que vous ayez raison au sujet de l'analyse de régression courante: elle représente un simple travail mécanique, aussi peu exigeant que de tourner la manivelle. Il n'y a guère de doute que ces analyses de régression machinales sont répandues partout mais, à ma connaissance, chaque cas présente des difficultés particulières que seul un statisticien ou un mathématicien sait résoudre: choix des échelles, transformation possible des variables, choix de la famille de régression, aplatissement de la surface de régression, écart aberrant, arrondissement des coefficients évalués par intuition, anormalité, erreur systématique, etc.»
6. Les auteurs de l'Étude sur les mathématiques remercient M. Douglas Pearce, de la Commission de la Fonction publique, qui leur a communiqué cette information.
7. La classification des professions, Recensement du Canada, 1971, vol. I, laquelle est tirée de la Classification et Dictionnaire canadiens des professions, Information Canada, Ottawa.
8. Toutes ces données sont conservées par le Conseil des sciences du Canada, et les spécialistes intéressés peuvent les consulter. Elles constituent une masse de données considérables pour les recherches d'un étudiant préparant sa maîtrise ou son doctorat en sociologie, ou en pédagogie. Les résultats du questionnaire sont codés, afin d'être utilisables par le programme d'ensembles statistiques pour les sciences sociales.

### Chapitre II — L'Écosystème mathématique

1. Le professeur Beaumont est co-doyen de la Faculté de mathématiques de l'Université de Waterloo. Cette citation est tirée d'une allocution qu'il fit à l'Université du Colorado en 1973. C'est le professeur Beaumont qui a suggéré l'idée des séminaires réunissant mathématiciens et délégués de l'industrie. Il a été chargé d'organiser cinq d'entre eux, et d'en présider quatre.
2. Ces disciplines sont décrites dans une brochure exposant les lignes de pensée des groupes de gestion industrielle et de mathématiques appliquées de l'Université catholique de Louvain. Cette brochure, publiée en février 1975, porte le titre: «Les mathématiques appliquées: Une carrière pour l'ingénieur?»

3. A. N. Whitehead, *Science and the Modern World*, Cambridge University Press, Édition de poche, 1933, p. 41. Première édition 1926.

4. Il est à noter que de nombreux spécialistes travaillant dans les domaines de la statistique, des sciences de l'actuaire, de la recherche opérationnelle ou de l'informatique estiment ne pas être des mathématiciens, et ne croient pas que leur travail soit de nature mathématique. Ces spécialistes se considèrent comme des scientifiques, des techniciens, ou des hommes d'affaires, pour qui les mathématiques constituent simplement un outil.

Dans bien des cas, on n'utilise pas les mathématiques comme un outil sauf à un niveau très élémentaire. Nombre de statisticiens ne travaillent qu'à l'élaboration de statistiques descriptives et ont rarement recours à l'analyse mathématique. Certains spécialistes de la recherche opérationnelle sont des consultants en gestion, qui ne se servent nullement de l'appareil mathématique. Bien des actuaires sont en fait des administrateurs à plein temps, et la plupart des informaticiens ne s'intéressent qu'à l'ordinateur ou au traitement des données où les mathématiques n'interviennent que de façon épisodique.

Cependant, il est également vrai qu'un grand nombre de spécialistes de ces domaines utilisent largement le raisonnement mathématique au cours de leur travail. Et sans cette ossature mathématique, aucun de ces domaines n'aurait pris l'ampleur qu'ils connaissent aujourd'hui. C'est pourquoi on les englobe dans les sciences mathématiques, non pas pour décrire leurs aspects non mathématiques, qui sont très apparents, mais plutôt pour souligner leurs liens fondamentaux avec les mathématiques.

5. A. Zadeh est un ingénieur étatsunien dont l'opinion a été citée dans les *C.M.C. Notes*, de novembre 1972, pp. 2-5.

6. A. J. Skalfuris, chef du Centre de recherches mathématiques du Laboratoire de recherches navales de Washington, D.C., dans une lettre adressée à *Physics Today* (mars 1975, p. 15) se plaint du petit nombre de physiciens ayant acquis une large formation mathématique. Trop souvent, déclare-t-il, l'insuffisance des techniques mathématiques dont on dispose impose le choix du problème à résoudre.

G. B. Kolata, dans son article publié dans *Science* (1975, vol. 187, p. 732) sous le titre «Communicating Mathematics: Is it Possible?» déclare que deux tiers des mathématiciens interrogés par Lynn Steen lors du Congrès international des mathématiciens de Vancouver, en août 1974, ne s'intéressaient guère à expliquer les mathématiques aux profanes.

7. Selon un rapport publié à Edmonton, et décrit dans le numéro du *Globe and Mail* de Toronto, le 12 avril 1975, on déclarait que 1 500 élèves des écoles secondaires avaient placé les mathématiques au premier rang parmi vingt-cinq sujets, et l'anglais au second. (Les autres disciplines étaient dans l'ordre: les études sociales, l'éducation sexuelle, l'éducation du consommateur, la biologie, les problèmes contemporains et l'histoire du Canada).

8. À notre connaissance, seulement aux universités du Manitoba et de Waterloo.

9. L'*American Statistical Association* annonçait la réalisation d'un programme dynamique d'élaboration d'une méthode modulaire pour l'enseignement des mathématiques au cours préparatoire. Un groupe de l'Université Queen's a proposé une entreprise similaire. L'Association des sciences statistiques du Canada a pris ces questions en considération soigneuse, lors de sa Conférence annuelle.

### Chapitre III — Mathématiques dans les affaires, l'industrie et le secteur public

1. M. C. M. Drury était l'un des ministres les plus influents du Cabinet. Cette citation est tirée de son allocution d'ouverture d'une série de trois séminaires se déroulant à Ottawa, et portant sur le rôle des mathématiques dans le secteur fédéral. Il était alors président du Conseil du Trésor, mais devint ultérieurement ministre d'État aux Sciences et à la Technologie, et aussi ministre des Travaux publics.

2. Cette remarque concerne une théorie récente de René Thom décrite plus loin dans le chapitre.

3. Un chapitre ultérieur est consacré à cette proposition.

#### Chapitre IV – Enseignement des mathématiques

1. Cette citation est un ordre impérial, promulgué le 5 mars 1887, qui fit démarrer l'enseignement des mathématiques modernes en Chine. Elle est citée en frontispice de l'ouvrage décrit dans la note suivante.

2. Extraits des pages 306–307 concluant l'ouvrage *Mathematics Education in China: Its Growth and Development*, par Frank Swetz, MIT Press, 1974. Cet ouvrage attachant est malheureusement parvenu trop tard entre nos mains pour que nous en tenions compte lors de la rédaction de la présente Étude. Comme toute étude synoptique d'une culture étrangère, elle permet de comparer notre société avec une autre toute différente.

3. Torsten Husen, *International Study of Achievement in Mathematics*, Almqvist et Wiksell (Stockholm) et John Wiley, (New York, 1967).

4. Morris Kline s'est distingué dans les mathématiques appliquées lors de recherches sur le comportement mathématique des ondes électromagnétiques, réalisées à l'Université de New York. Entre 1942 et 1945, il a conçu le matériel de radio-météorologie utilisé par le service de transmissions de l'armée américaine, et il est titulaire du brevet de base de l'équipement utilisé par celle-ci. Il est l'auteur d'un ouvrage vivant et intéressant: *Mathematics in Western Culture*, Oxford University Press, 1953. C'est un maître polémiste qui s'est attaqué aux «maths modernes». Malheureusement, il semble se laisser emporter parfois par sa propre rhétorique. Cependant, on doit prendre ses ouvrages au sérieux en raison de ses connaissances étendues sur les mathématiques classiques et de son intérêt passionné pour l'enseignement, et pour son style spirituel.

5. David Wheeler est un enseignant en mathématiques d'origine britannique, qui vit maintenant aux États-Unis. La citation est tirée d'un article qu'il a dirigé pour publication dans *Notes of the Canadian Mathematical Congress*, octobre 1974.

6. George Boole (1815–1864) était un mathématicien autodidacte de grande profondeur. Bertrand Russel a déclaré à son propos: «C'est Boole qui a exploré les mathématiques pures dans son ouvrage *The Laws of Thought*, publié en 1854.» L'algèbre booléenne est une algèbre des ensembles qu'on utilise actuellement pour la conception des réseaux de circuits complexes.

7. On a critiqué la première version de ce paragraphe à cause de son optique très dix-neuvième siècle. Cependant, il ne fait que reprendre les conclusions d'études récentes sur l'évolution du cerveau, montrant que celui de l'Homme est constitué d'éléments, au point de vue chimique et histologique. L'élément qui régit les processus physiologiques fondamentaux est commun avec celui des reptiles. L'élément superposé des lobes limbiques joue un rôle crucial dans nos réactions sexuelles et psychiques; quant aux grands lobes frontaux qui permettent à l'Homme de raisonner, ils sont apparus tard dans son évolution biologique. Au cours d'une visite à l'Institut Bedford de recherches océanographiques, nous avons appris que le cerveau de la baleine est beaucoup plus gros que celui de l'Homme. Certains théoriciens soutiennent que ce céacé a besoin d'un ordinateur très complexe pour analyser les signaux de sonar qu'il émet pour explorer son milieu ambiant.

8. Observation communiquée aux auteurs de l'Étude sur les mathématiques par le président du département de mathématiques de l'Université de Winnipeg.

9. Cette citation est tirée d'un chapitre rédigé par Beeby, et portant le titre: «Educational Aims and Content of Instruction», dans *Essays on World Education*, publié sous la direction de G. Z. Bereday, Oxford University Press, 1969.

10. Dans le cadre d'un programme ontarien de rattrapage en mathématiques, financé par le programme propédeutique des universités ontariennes. Un rapport intérimaire à ce sujet a été rédigé par le professeur, A. J. Gold, du département de mathématiques, Université de Windsor, Windsor, Ont.

11. H. B. Griffiths et A. G. Howson, *Mathematics Society and Curricula*, p. 62, Cambridge University Press, Londres, 1974.

12. Un tel programme de télévision éducative a été mis sur pied par l'Université du Québec sous le nom de Permama, à l'intention des instituteurs. Un exposé très intéressant de ce programme, et des progrès en enseignement des mathématiques réalisés au Québec, a été publié dans le Fascicule II: Sections 1 et 2, Apprentissage de la mathématique et éducation, rédigé par le professeur Claude Gaulin, de l'Université Laval, de même que par Permama XVII, publié par Télé-université, de l'Université du Québec.

13. Pour plus de détails, consultez le professeur Ian MacNeill, du département de mathématiques de l'Université Western Ontario, London, Ont.

### **Chapitre V – L'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques**

1. Citation d'une lettre du général James Wolfe à son père, tirée de *Wolfe of Quebec*, White Lion Publishers, Londres et New York, 1973, p. 95.

2. Le Premier Congrès national des départements de mathématiques des collèges techniques des États-Unis s'est déroulé en avril 1974, à New York; 289 délégués de 120 collèges de 28 États y ont participé. La revue *MATYC Journal*, organe de l'Association mathématique des collèges techniques, en est à son neuvième volume. Son objectif est de «faciliter l'échange des idées concernant l'enseignement des mathématiques dans les collèges techniques».

3. Collège d'enseignement général et professionnel.

4. College of Applied Arts and Technology.

5. G. C. Field, ing. agréé, président du département des instruments électroniques au Collège Cambrian des Arts industriels et de Technologie, à Sudbury.

6. Gilbert de Beauregard Robinson, professeur honoraire à l'Université de Toronto. Il est connu pour ses travaux sur le groupe symétrique et ses représentations. Il a achevé une carrière distinguée à l'Université de Toronto, au poste de vice-président à la gestion de la recherche.

7. *The Prime Imperatives: Priorities in Education*, (Clarke, Irwin and Company Limited, Toronto, Vancouver, 1968, p. 34). Cet ouvrage d'Alexander I. Wittenberg, autorité mondiale sur la philosophie des sciences et de l'enseignement, qui a étudié et enseigné en Suisse, constitue une analyse en profondeur de l'enseignement canadien. Il était entré dans le corps enseignant de l'Université Laval en 1955 et a passé plus tard à l'Université d'York, et il s'est occupé activement d'améliorer l'enseignement des mathématiques au Canada, jusqu'à sa mort prématurée en 1965.

### **Chapitre VI – L'enseignement des mathématiques à l'université**

1. Tiré du Chapitre VII de l'ouvrage d'Alfred North Whitehead: *The Aims of Education and Other Essays*, Williams and Norgate, Londres, 1932. Cet auteur a accompli trois carrières différentes: il a enseigné à Cambridge, et Bertrand Russell était l'un de ses élèves: avec sa collaboration, il a écrit les trois volumes remarquables des *Principia Mathematica*, sur la fondation logique des mathématiques; plus tard, au Collège Impérial de Londres, il élabora une théorie physique et philosophique de la relativité différente de celle d'Einstein; et pendant vingt ans, à l'Université Harvard, après sa 63<sup>e</sup> année, il s'efforça de mettre sur pied un système métaphysique parmi les plus subtils imaginés au cours de ce siècle, qu'il décrit dans son ouvrage *Process and Reality*, de lecture difficile. Dans *The Aims of Education*, il s'élève contre le désintérêt à l'égard des connaissances acquises et la stagnation des concepts et il souligne que les étudiants sont des hommes en puissance, dont il faut stimuler et guider l'effort personnel de développement intellectuel. L'ouvrage est constitué en grande partie par le texte de conférences prononcées en 1912 et 1928. Il constitue encore l'analyse la plus approfondie et la plus intéressante de l'enseignement des mathématiques dont nous disposons.

2. Après l'achèvement de notre étude, l'Administration du Québec publia le rapport de la section des mathématiques de l'Opération Sciences Fonda-

mentales. Ce rapport, dû à la plume du professeur Hyman Kaufman de l'Université McGill, a été publié en trois parties, dont les titres suivent: 1° Analyse de la situation actuelle: 2° Étude de prospective: 3° Les besoins du sous-secteur [les mathématiques] – Conclusions. Des rapports semblables sont en cours d'élaboration au sujet de la chimie, de la physique, de la biologie et des sciences de la Terre, afin de servir de documentation pour la planification de l'enseignement supérieur au Québec. Le rapport du professeur Kaufman est très riche de faits et d'observations qui intéresseront de nombreux lecteurs de la présente étude. Les intéressés pourront s'en procurer un exemplaire en s'adressant à la Direction générale de l'enseignement supérieur, ministère de l'Éducation, Québec, Qué.

3. L'Annexe E offre plus de détails au sujet de la promotion canadienne des docteurs en mathématiques de 1973, et aussi de l'organisation du corps enseignant les mathématiques. Celui-ci n'est insuffisamment nombreux qu'en apparence (voir l'Annexe C). Cependant, les données concernant les déplacements des professeurs entre les départements qui ont répondu au questionnaire de l'Université de Waterloo sont fort intéressants. Il serait même utile de recueillir de telles données de façon régulière, car ce sont les modifications aux flux des personnes plutôt que les nombres de professeurs dans chacune des catégories fondamentales qui ont le plus d'importance pour l'élaboration des politiques de l'emploi.

4. L'excès de titulaires de doctorats ne s'est pas manifesté de façon uniforme dans toutes les branches des sciences mathématiques. Il semble qu'il n'y en a pas suffisamment en informatique et en statistique appliquée. Bien entendu, il ne faut pas s'affoler. Nous venons juste de connaître une période de surproduction apparente d'ingénieurs, mais maintenant certains spécialistes prédisent qu'il se produira une pénurie dans certaines branches des arts de l'ingénieur.

5. I. N. Merstein, «On the Ph.D. in Mathematics», *American Mathematics Monthly*, 76, 1969, pp. 818–824.

6. M. Maurice Lamontagne était président du Comité sénatorial qui a rédigé un rapport en trois volumes sur la politique scientifique canadienne; on peut se procurer ce rapport auprès d'Approvisionnement et Services Canada.

7. Voir le paragraphe sur les sciences mathématiques au Chapitre II.

8. On décerna la Médaille Fields à Alexandre Grothendieck en 1966, en reconnaissance de sa large contribution à la géométrie algébrique. Il y a quelques années, il a fondé l'Association *Survival* qui s'occupe des grands problèmes de l'Humanité, telles la surpopulation, la pollution et la guerre. Il a ensuite estimé que les mathématiques constituaient un outil au service des gens en place et, au cours des trois dernières années, il s'est même efforcé de dissuader les étudiants de s'intéresser aux mathématiques en raison de l'usage «immoral» que certains font inévitablement des connaissances acquises.

9. Claude Chevalley est un algébriste distingué, que son ouvrage en trois volumes sur les groupes de Lie et sur les algèbres de Lie ont fait largement connaître. C'était l'un des membres fondateurs du groupe Bourbaki.

## Chapitre VII – La recherche

1. Citation tirée du célèbre poème d'Alfred Tennyson, *Ulysses*.

2. Constance Reid, qui n'est pas mathématicienne, a écrit une biographie agréable et sensible de David Hilbert, qui était l'un des chefs de file des mathématiques aux alentours de 1900. Dans sa conférence au Congrès international des mathématiques à Paris cette année-là, Hilbert avait posé une série de problèmes non résolus qui ont joué un rôle capital dans l'orientation de la recherche mathématique au cours de la première moitié du vingtième siècle. La biographie de Constance Reid s'intitule simplement *Hilbert*.

Elle a été publiée à Berlin et à New-York par Springer-Verlag, en 1970.

3. Sur la marge d'un livre qu'il lisait, Pierre de Fermat (1601–1665) a noté qu'il avait trouvé une démonstration merveilleuse, malheureusement trop longue pour la noter en marge, de l'assertion selon laquelle si  $n$  est un entier positif supérieur à deux, il n'existe pas de ternes d'entiers  $x$ ,  $y$ ,  $z$  satisfaisant

l'équation  $x^n + y^n = z^n$ . Bien qu'on ait pu démontrer ce postulat pour de nombreuses valeurs de  $n$ , aucune démonstration générale n'est encore disponible. C'est là le problème non résolu le plus fameux des mathématiques. Les problèmes classiques de la quadrature du cercle, et de la trisection de l'angle grâce à une règle et à un compas, pour lesquels de nombreuses solutions illusoirement présentées chaque année, se sont avérés insolubles au cours du XIX<sup>e</sup> siècle.

4. Citation tirée du poème de Keat, «On First Looking Into Chapman's Homer».

5. Karl Weierstrass (1815–1897) était un mathématicien à l'esprit pénétrant dont les travaux ont eu une grande influence sur la théorie des fonctions complexes. Il enseigna à l'école secondaire pendant de nombreuses années, non seulement les mathématiques, mais aussi la gymnastique, les sciences et la rédaction. On raconte qu'un matin il ne se présente pas à 8h pour sa classe. La circonstance était si inhabituelle que le directeur de l'école alla dans sa chambre pour voir s'il était malade. Il trouva Weierstrass en train de travailler fiévreusement à des recherches sur les fonctions abéliennes, qu'il avait entreprises douze heures auparavant: il y avait passé la nuit et ne s'était pas rendu compte que le jour était arrivé. Weierstrass devint professeur d'université à l'âge de 49 ans, et continua ses recherches pendant sa vieillesse.

6. Ralph Lent Jeffrey étudia et enseigna à l'Université Acadia de la Nouvelle-Écosse. Il fut directeur du département de mathématiques à l'Université Queen's de 1943 à 1960. À l'âge de 85 ans, il s'occupait encore de réviser son traité de la théorie des fonctions et de multiples conférences sur les mathématiques!

7. Depuis 1936 on décerne la médaille Fields, tous les quatre ans, à des jeunes chercheurs en mathématiques. Cette médaille est frappée par la Monnaie canadienne. Ce prix a été fondé par un testament de J. C. Fields, qui était un maître algébriste à l'Université de Toronto. C'est l'équivalent du prix Nobel pour les mathématiques. On raconte que Nobel était jaloux des invitations fréquentes reçues par un mathématicien de son temps, Mittag-Leffler, de la part du roi de Suède, et que c'est pour cette raison qu'il ne prévit aucun prix Nobel de mathématiques.

8. Arunas Rudvalis, «A New Simple Group of Order  $2^{14}3^{53}7^{13}13.29$ »; *Notices of American Mathematical Society*, janvier 1973, Abrégé n° 143.

9. Le problème universel des normes d'enseignement est clairement décrit dans le surprenant passage ci-dessous, tiré de la préface d'une édition révisée de 1960 de l'ouvrage de P. Morton Shand, *A Book of French Wines* (révision de Cyril Ray), Penguin Books, 1964: «On ne devrait pas croire que l'art du critique soit restreint aux arts appliqués et à la grande littérature. La fabrication du vin s'appuie aussi sur un effort de perfectionnement. Car leur précellence, qui distingue tous les grands vins, ne constitue qu'un autre aspect de la forme et, comme la poésie, la sculpture, la musique ou l'architecture peut parfois atteindre jusqu'au sublime. Toute critique valable est l'expression de la même intelligence interprétative, d'un type assez rare et par conséquent unique».

10. Il semble improbable que la nouvelle loi soit présentée au Parlement en 1975, bien qu'on ait parlé de présentation imminente dès le début de 1974. Malheureusement ces retards et l'indécision du gouvernement, et l'incertitude qui en a résulté au sein des sphères scientifiques, n'étaient que trop conformes à la méthode canadienne d'élaboration de la politique scientifique au cours des deux dernières décennies.

11. G. Herzberg est membre du personnel de recherche permanent du Conseil national de recherches. On lui a décerné le prix Nobel pour ses travaux éminents dans le domaine de la spectroscopie moléculaire, en 1971.

12. Voir la note 5, chapitre VI.

13. *The Degradation of the Academic Dogma: University in America, 1945–70*; Robert A. Nisbet, New York, Basic Books (1971); Conférence de la Société John Dewey, numéro 12.

14. Un spécialiste fort connu des mathématiques appliquées, qui a participé aux travaux du Comité de sélection des demandes de subventions en mathéma-

tiques du CNRC, exprimait l'opinion suivante au sujet de l'étude sur les mathématiques:

«J'estime que la méthode actuelle de financement de la recherche en sciences fondamentales, par le canal des subventions individuelles de fonctionnement accordées par le CNRC, est une bonne méthode. Le seul perfectionnement important que je voudrais proposer est la séparation beaucoup plus nette des bourses aux étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles et des subventions à la recherche.

Dans les sciences mathématiques, tout au moins, je crois qu'il faudrait affecter une partie notable des fonds consacrés aux subventions de fonctionnement à celui des bourses pour les étudiants diplômés. Contrairement à ce qui se passe dans les sciences expérimentales, l'étudiant des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en mathématiques n'obtient que rarement un poste de recherche auprès d'un professeur. Il est donc parfaitement possible de séparer le financement de la formation supérieure en mathématiques et celui de la recherche accomplie par un professeur de mathématiques. Cette séparation procurerait certains avantages, y compris les suivants:

1<sup>o</sup>) il serait plus facile de régler le nombre des étudiants qui préparent une thèse des mathématiques au Canada;

2<sup>o</sup>) il serait plus facile de modifier les programmes d'enseignement des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles qui ne comprennent que peu de recherches, ou pas du tout;

3<sup>o</sup>) il faudrait que les comités de sélections des demandes de subventions, et les bénéficiaires de ces dernières soient mis au courant des critères d'allocation des subventions, et des utilisations légitimes de ces fonds. J'espère qu'on pourra réserver des fonds suffisants pour les déplacements, la reprographie, la publication et les travaux d'informatique de ceux qui accomplissent des recherches. Ce montant d'argent ne serait guère élevé et on pourrait le modifier en fonction des autres ponctions effectuées sur les deniers publics. En outre, je voudrais qu'on consacre des sommes plus considérables aux chercheurs de classe qui sont capables d'utiliser judicieusement ces fonds. Ceci leur permettrait de payer des stagiaires de recherche post-doctorat, des scientifiques invités, etc. Je crois qu'il est encore plus important de financer les chercheurs de grande classe que toute une masse de chercheurs moyens; cependant, les deux genres de financement sont valables et il faudrait les maintenir».

15. En décembre 1975, le Conseil de la Conférence canadienne des mathématiques se réunit à Montréal et approuva un plan à long terme proposé par le professeur V. Dlab, de l'Université Carleton, pour le compte du Comité des recherches.

16. L'expression *block grant* (subvention de groupe) a suscité de nombreuses critiques lors de la publication préliminaire du présent Rapport. Avant 1975, des subventions de groupe étaient allouées par le CNRC à différents départements de mathématiques ayant présenté des projets plutôt vagues. On a soutenu qu'une partie de ces subventions servait à payer des activités générales du département de mathématiques sans rapport direct avec la recherche. Nous ne proposons pas qu'on reprenne l'attribution de ce genre de subvention.

17. Un correspondant, très désireux d'encourager les relations plus étroites entre les mathématiciens universitaires et les utilisateurs, n'est pas convaincu que le CNRC soit le meilleur organe à cet effet. Il écrit ce qui suit:

«Je ne crois pas que les subventions du CNRC constituent le meilleur outil pour encourager la recherche en mathématiques appliquées. Je pense que les ministères désireux de faire accomplir de la recherche dans leur domaine particulier devraient étendre leur programme de subventions de recherche et de contrats de recherche. J'ai à l'esprit des subventions et des contrats qui seraient beaucoup plus utilitaires que les subventions du CNRC. Il est probable que ce genre de subventions laisserait beaucoup moins de latitude au chercheur pour s'orienter selon ses propres désirs. Il faudrait peut-être que le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie soit chargé de décider de la répartition appropriée des deniers publics entre la recherche fonda-

mentale, préférée par le CNRC, et la recherche thématique [*mission-oriented*] choisie par les ministères. Enfin, il faut que nous prenions garde de ne pas engager les universités dans des programmes de recherche pour lesquels elles n'ont pas de potentiel technique. Les universités ne peuvent trouver toutes les solutions aux problèmes de la société. Les autorités politiques doivent chercher conseil auprès de leurs propres fonctionnaires et de commissions spéciales qui peuvent consacrer tout leur temps à ce travail. Les travaux de développement technique sont généralement mieux réalisés par des laboratoires industriels que par des laboratoires universitaires».

18. Un de nos correspondants écrit ce qui suit: «Je préférerais que toutes les subventions soient accordées à des individus. Sinon certains d'entre eux n'obtiendront pas leur dû à cause des manigances à l'intérieur des ministères».

19. Max Wyman a été professeur de mathématiques, et, ultérieurement président de l'Université de l'Alberta. Il est un ancien président de la Société mathématique du Canada.

### **Chapitre VIII — Le mécanisme d'incitation**

1. Ces deux citations sont extraites de *The Academic Marketplace* de Theodore Caplow et Reece J. McGee — il s'agit d'une étude interne de la profession universitaire; Anchor Books, Doubleday and Company, New York, 1965 (première édition, 1958).

2. Un de nos correspondants déclare ce qui suit: «J'estime que l'expression tirer plaisir n'est pas la bonne. Pour certains, la science est plus un enivrement qu'un plaisir».

### **Chapitre IX — Un Institut canadien des mathématiques appliquées**

1. Le professeur Frank H. Northover, qui enseigne à l'Université Carleton, est un spécialiste canadien des mathématiques appliquées, bien connu pour son travail sur la théorie de la diffraction.

2. I. Halperin, professeur à l'Université de Toronto, est mondialement connu pour son travail sur les algèbres des transformations.

3. Leopold Infeld, un collaborateur d'Einstein, devint professeur de physique mathématique à l'Université de Toronto. Il démissionna en 1950, après une attaque de George Drew au Parlement, et retourna en Pologne, son pays natal, où il devint directeur de l'Institut de physique théorique de Varsovie.

4. Voir l'Annexe F. (Au moment de mettre sous presse, le professeur Paulo Ribenboim revient d'un séjour de six mois en France, et il estime que le gouvernement français s'est montré plus généreux et énergique que le gouvernement canadien en matière de soutien des mathématiques pures et appliquées).

5. On raconte l'histoire de l'ingénieur d'un laboratoire de l'État qui se réserva 100 heures d'usage de l'ordinateur pour trouver les racines de certaines expressions contenant des fonctions de Bessel. Et un mathématicien capable, connaissant bien l'ouvrage de G. N. Watson *Theory of Bessel Functions*, a pu rédiger en quelques minutes un programme qui a permis de résoudre le problème en utilisant seulement une demi-heure d'ordinateur. Le traitement des questionnaires sur les mathématiques constitue un autre exemple. Comme les auteurs étaient, l'un un statisticien, et deux autres des mathématiciens, il a été possible de réduire considérablement le coût de l'étude par rapport à ce que réclamait une firme commerciale, ou au coût des questionnaires similaires de Statistique Canada. L'un des dirigeants de l'une des banques à charte nous a déclaré confidentiellement que sa banque avait gaspillé des millions de dollars aux travaux d'informatique, simplement parce qu'elle n'avait pu trouver de personnel compétent.

6. *L'IIASA* est un Institut implanté près de Vienne, en Autriche, et il est financé par 12 nations, y compris l'URSS et les É.-U.A. Il axe ses efforts sur le perfectionnement de l'analyse des systèmes, utilisée à des fins pacifiques.

7. Un de nos correspondants a déclaré ce qui suit:

«L'Institut canadien des mathématiques éventuel pourrait collaborer avec la Fédération internationale des instituts d'études approfondies. Cette orga-



nisation non officielle, à but non lucratif, a été fondée en 1972; elle dispose d'un secrétariat établi à Stockholm, et vingt instituts y participent. Elle entreprend des recherches transnationales et transdisciplinaires, et des analyses de grande valeur pour la résolution des problèmes mondiaux. Des études en mathématiques appliquées pourraient entrer dans le cadre de cette activité. C'est pourquoi l'adhésion d'un institut canadien serait bienvenu, et il pourrait collaborer à l'effort de cette organisation internationale».

8. À la page 354 de *Mathematics in Today's World* (rapport du séminaire d'Ottawa), le professeur J. H. Blackwell, du département de mathématiques appliquées de l'Université Western Ontario, a décrit les conférences qui se sont déroulées sans formalité à l'Université d'Oxford, et avec beaucoup de succès, pendant plusieurs années. Elle réunissait des mathématiciens de l'Université d'Oxford, et des ingénieurs de l'industrie en vue d'étudier des problèmes techniques particuliers.

9. Cette opinion a été exprimée par plusieurs personnes, y compris le professeur F. M. Arscott, directeur du département de mathématiques appliquées de l'Université du Manitoba, lorsqu'il a commenté la proposition du professeur Halperin mentionnée plus haut.

10. Il serait possible d'envisager les crédits nécessaires, en dollars de 1975, de façon très approximative: une subvention globale du Conseil du Trésor atteignant deux millions de dollars par an et passant à cinq millions au bout de huit années. Dès que l'Institut aurait plusieurs divisions, il pourrait solliciter d'autres financements sous la forme de contrats d'une durée de trois à dix années auprès des firmes industrielles, des administrations provinciales et des divers ministères fédéraux.

#### **Chapitre XI – Une conclusion et un début**

1. Tiré de la fin du poème de Tennyson, *Ulysses*.
2. Décrit dans la section du chapitre I traitant des huit séminaires.
3. Il faut se souvenir de l'observation de W. E. Krause, citée dans la section du chapitre III traitant de la prise de conscience.

## Publications du Conseil des sciences du Canada

### Rapports annuels

- Premier rapport annuel, 1966-1967 (SS1-1967F)**
- Deuxième rapport annuel, 1967-1968 (SS1-1968F)**
- Troisième rapport annuel, 1968-1969 (SS1-1969F)**
- Quatrième rapport annuel, 1969-1970 (SS1-1970F)**
- Cinquième rapport annuel, 1970-1971 (SS1-1971F)**
- Sixième rapport annuel, 1971-1972 (SS1-1972F)**
- Septième rapport annuel, 1972-1973 (SS1-1973F)**
- Huitième rapport annuel, 1973-1974 (SS1-1974F)**
- Neuvième rapport annuel, 1974-1975 (SS1-1975F)**
- Dixième rapport annuel, 1975-1976 (SS1-1976F)**

### Rapports

- Rapport n° 1, Un programme spatial pour le Canada, juillet 1967 (SS22-1967/1F, \$0.75)*
- Rapport n° 2, La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses – Première évaluation et recommandations, décembre 1967 (SS22-1967/2F, \$0.25)*
- Rapport n° 3, Un programme majeur de recherches sur les ressources en eau du Canada, septembre 1968 (SS22-1968/3F, \$0.75)*
- Rapport n° 4, Vers une politique nationale des sciences au Canada, octobre 1968 (SS22-1968/4F, \$0.75)*
- Rapport n° 5, Le soutien de la recherche universitaire par le gouvernement fédéral, septembre 1969 (SS22-1969/5F, \$0.75)*
- Rapport n° 6, Une politique pour la diffusion de l'information scientifique et technique, septembre 1969 (SS22-1969/6F, \$0.75)*
- Rapport n° 7, Les sciences de la Terre au service du pays – Recommandations, avril 1970 (SS22-1970/7F, \$0.75)*
- Rapport n° 8, Les arbres . . . et surtout la forêt, 1970 (SS22-1970/8F, \$0.75)*
- Rapport n° 9, Le Canada . . . leur pays, 1970 (SS22-1970/9F, \$0.75)*
- Rapport n° 10, Le Canada, la science et la mer, 1970 (SS22-1970/10F, \$0.75)*
- Rapport n° 11, Le transport par ADAC: Un programme majeur pour le Canada, décembre 1970 (SS22-1970/11F, \$0.75)*
- Rapport n° 12, Les deux épis, ou l'avenir de l'agriculture, mars 1971 (SS22-1970/12F, \$0.75)*
- Rapport n° 13, Un réseau transcanadien de téléinformatique: I<sup>ère</sup> phase d'un programme majeur en informatique, août 1971 (SS22-1971/13F, \$0.75)*
- Rapport n° 14, Les villes de l'avenir – Les sciences et les techniques au service de l'aménagement urbain, septembre 1971 (SS22-1971/14F, \$0.75)*

- Rapport n° 15*, **L'innovation en difficulté: Le dilemme de l'industrie manufacturière au Canada**, octobre 1971 (SS22-1971/15F, \$0.75)
- Rapport n° 16*, «. . . mais tous étaient frappés» – **Analyse de certaines inquiétudes pour l'environnement et dangers de pollution de la nature canadienne**, juin 1972 (SS22-1972/16F, \$1.00)
- Rapport n° 17*, **In vivo – Quelques lignes directrices pour la biologie fondamentale au Canada**, août 1972 (SS22-1972/17F, \$1.00)
- Rapport n° 18*, **Objectifs d'une politique canadienne de la recherche fondamentale**, septembre 1972 (SS22-1972/18F, \$1.00)
- Rapport n° 19*, **Problèmes d'une politique des richesses naturelles au Canada**, janvier 1973 (SS22-1973/19F, \$1.25)
- Rapport n° 20*, **Le Canada, les sciences et la politique internationale**, avril 1973 (SS22-1973/20F, \$1.25)
- Rapport n° 21*, **Stratégies pour le développement de l'industrie canadienne de l'informatique**, septembre 1973 (SS22-1973/21F, \$1.50)
- Rapport n° 22*, **Les services de santé et la science**, octobre 1974 (SS22-1974/22F, \$2.00)
- Rapport n° 23*, **Les options énergétiques du Canada**, mars 1975 (SS22-1975/23F, Canada: \$2.75; autres pays: \$3.30)
- Rapport n° 24*, **La diffusion des progrès techniques des laboratoires de l'État dans le secteur secondaire**, décembre 1975 (SS22-1975/24F, Canada: \$1.00; autres pays: \$1.20)
- Rapport n° 25*, **Démographie, technologie et richesses naturelles**, juillet 1976, (SS22-1976/25F, Canada: \$2.00; autres pays: \$2.40)

## Études de documentation

Les cinq premières études de la série ont été publiées sous les auspices du Secrétariat des sciences.

- Special Study No. 1*, **Upper Atmosphere and Space Programs in Canada**, by J. H. Chapman, P. A. Forsyth, P. A. Lapp, G. N. Patterson, February 1967 (SS21-1/1, \$2.50)
- Special Study No. 2*, **Physics in Canada: Survey and Outlook**, by a Study Group of the Canadian Association of Physicists headed by D. C. Rose, May 1967 (SS21-1/2, \$2.50)
- Étude n° 3*, **La psychologie au Canada**, par M. H. Appley et Jean Rickwood, Association canadienne des psychologues, septembre 1967 (SS21-1/3F, \$2.50)
- Étude n° 4*, **La proposition d'un générateur de flux neutrons intenses – Évaluation scientifique et économique**, par un Comité du Conseil des sciences du Canada, décembre 1967 (SS21-1/4F, \$2.00)
- Étude n° 5*, **La recherche dans le domaine de l'eau au Canada**,

- par J. P. Bruce et D. E. L. Maasland, juillet 1968 (SS21-1/5F, \$2.50)
- Étude n° 6,* **Études de base relatives à la politique scientifique – Projections des effectifs et des dépenses R & D,** par R. W. Jackson, D. W. Henderson et B. Leung, 1969 (SS21-1/6F, \$1.25)
- Étude n° 7,* **Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes,** par John B. Macdonald, L. P. Dugal, J. S. Dupré, J. B. Marshall, J. G. Parr, E. Sirluck, E. Vogt, 1969 (SS21-1/7F, \$3.00)
- Étude n° 8,* **L'information scientifique et technique au Canada, Première partie,** par J. P. I. Tyas, 1969 (SS21-1/8F, \$1.00)  
*II<sup>e</sup> partie, Premier chapitre:* Les ministères et organismes publics (SS21-1/8-2-1F, \$1.75)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 2:* L'industrie (SS21-1/8-2-2F, \$1.25)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 3:* Les universités (SS21-1/8-2-3F, \$1.75)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 4:* Organismes internationaux et étrangers (SS21-1/8-2-4F, \$1.00)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 5:* Les techniques et les sources (SS21-1/8-2-5F, \$1.25)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 6:* Les bibliothèques (SS21-1/8-2-6F, \$1.00)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 7:* Questions économiques (SS21-1/8-2-7F, \$1.00)
- Étude n° 9,* **La chimie et le génie chimique au Canada: Étude sur la recherche et le développement technique,** par un groupe d'étude de l'Institut de Chimie du Canada, 1969 (SS21-1/9F, \$2.50)
- Étude n° 10,* **Les sciences agricoles au Canada,** par B. N. Smallman, D. A. Chant, D. M. Connor, J. C. Gilson, A. E. Hannah, D. N. Huntley, E. Mercier, M. Shaw, 1970 (SS21-1/10F, \$2.00)
- Étude n° 11,* **L'invention dans le contexte actuel,** par Andrew H. Wilson, 1970 (SS21-1/11F, \$1.50)
- Étude n° 12,* **L'aéronautique débouche sur l'avenir,** par J. J. Green, 1970 (SS21-1/12F, \$2.50)
- Étude n° 13,* **Les sciences de la Terre au service du pays,** par Roger A. Blais, Charles H. Smith, J. E. Blanchard, J. T. Cawley, D. R. Derry, Y. O. Fortier, G. G. L. Henderson, J. R. Mackay, J. S. Scott, H. O. Seigel, R. B. Toombs, H. D. B. Wilson, 1971 (SS21-1/13F, \$4.50)
- Étude n° 14,* **La recherche forestière au Canada,** par J. Harry G. Smith et Gilles Lessard, mai 1971 (SS21-1/14F, \$3.50)

- Étude n° 15,* **La recherche piscicole et faunique**, par D. H. Pimlott, C. J. Kerswill et J. R. Bider, juin 1971 (SS21-1/15F, \$3.50)
- Étude n° 16,* **Le Canada se tourne vers l'océan – Étude sur les sciences et la technologie de la mer**, par R. W. Stewart et L. M. Dickie, septembre 1971 (SS21-1/16F, \$2.50)
- Étude n° 17,* **Étude sur les travaux canadiens de R & D en matière de transports**, par C. B. Lewis, mai 1971 (SS21-1/17F, \$0.75)
- Étude n° 18,* **Du formol au Fortran – La biologie au Canada**, par P. A. Larkin et W. J. D. Stephen, août 1971 (SS21-1/18F, \$2.50)
- Étude n° 19,* **Les conseils de recherches dans les provinces, au service du Canada**, par Andrew H. Wilson, juin 1971 (SS21-1/19F, \$1.50)
- Étude n° 20,* **Perspectives d'emploi pour les scientifiques et les ingénieurs au Canada**, par Frank Kelly, mars 1971 (SS21-1/20F, \$1.00)
- Étude n° 21,* **La recherche fondamentale**, par P. Kruus, décembre 1971 (SS21-1/21F, \$1.50)
- Étude n° 22,* **Sociétés multinationales, investissement direct de l'étranger et politique des sciences du Canada**, par Arthur J. Cordell, décembre 1971 (SS21-1/22F, \$1.50)
- Étude n° 23,* **L'innovation et la structure de l'industrie canadienne**, par Pierre L. Bourgault, mai 1973 (SS21-1/23F, \$2.50)
- Étude n° 24,* **Aspects locaux, régionaux et mondiaux des problèmes de qualité de l'air**, par R. E. Munn, janvier 1973 (SS21-1/24F, \$0.75)
- Étude n° 25,* **Les associations nationales d'ingénieurs, de scientifiques et de technologues du Canada**, par le Comité de direction de SCITEC et le Professeur Allen S. West, juin 1973 (SS21-1/25F, \$2.50)
- Étude n° 26,* **Les pouvoirs publics et l'innovation industrielle**, par Andrew H. Wilson, décembre 1973 (SS21-1/26F, \$3.75)
- Étude n° 27,* **Études sur certains aspects de la politique des richesses naturelles**, par W. D. Bennett, A. D. Chambers, A. R. Thompson, H. R. Eddy et A. J. Cordell, septembre 1973 (SS21-1/27F, \$2.50)
- Étude n° 28,* **Formation et emploi des scientifiques – Caractéristiques des carrières de certains diplômés canadiens et étrangers**, par A. D. Boyd et A. C. Gross, février 1974 (SS21-1/28F, \$2.25)
- Étude n° 29,* **Considérations sur les soins de santé au Canada**, par H. Rocke Robertson, décembre 1973 (SS21-1/29F, \$2.75)

- Étude n° 30,* **Un mécanisme de prospective technologique – Le cas de la recherche du pétrole sous-marin sur le littoral atlantique,** par M. Gibbons et R. Voyer, mars 1974 (SS21-1/30F, \$2.00)
- Étude n° 31,* **Savoir, Pouvoir et Politique générale,** par Peter Aucoin et Richard French, novembre 1974 (SS21-1/31F, \$2.00)
- Étude n° 32,* **La diffusion des nouvelles techniques dans le secteur de la construction,** par A. D. Boyd et A. H. Wilson, janvier 1975 (SS21-1/32F, \$3.50)
- Étude n° 33,* **L'économie d'énergie,** par F. H. Knelman, juillet 1975 (SS21-1/33F, Canada: \$1.75; autres pays: \$2.10)
- Étude n° 34,* **Développement économique du Nord canadien et mécanismes de prospective technologique: Étude de la mise en valeur des hydrocarbures dans le delta du Mackenzie et la mer de Beaufort, et dans l'Archipel arctique,** par Robert F. Keith, David W. Fischer, Colin E. De'Ath, Edward J. Farkas, George R. Francis et Sally C. Lerner, mai 1976 (SS21-1/34F, Canada: \$3.75; autres pays: \$4.50)
- Étude n° 35,* **Rôles et fonctions des laboratoires de l'État en matière de diffusion des nouvelles techniques vers le secteur secondaire,** par A. J. Cordell et J. M. Gilmour, 1977 (SS21-1/35F, Canada: \$6.50; autres pays: \$7.80)
- Étude n° 36,* **Économie politique de l'essor du Nord,** par K.J. Rea, novembre 1976 (SS21-1/36F, Canada: \$4.00; autres pays: \$4.80)
- Étude n° 37,* **Les sciences mathématiques au Canada,** par Klaus P. Beltzner, A. John Coleman et Gordon D. Edwards, mars 1977 (SS21-1/37F, Canada: \$6.50; autres pays: \$7.80)

## Aspects de la politique scientifique du Canada

**Aspects 1,** septembre 1974 (SS21-2/1F, \$1.00)

**Aspects 2,** février 1976 (SS21-2/2F, \$1.00)

**Aspects 3,** juin 1976 (SS21-2/3F, Canada: \$1.00; autres pays: \$1.20)

## Perceptions

**N° 1, Croissance démographique et problèmes urbains,** par Frank Kelly, novembre 1975 (SS21-3/1F-1975, Canada: \$1.25; autres pays: \$1.50)

**N° 2, Répercussions de l'évolution de la pyramide des âges au Canada,** par Lewis Auerbach et Andrea Gerber, novembre 1976 (SS21-3/2F-1976, Canada: \$3.25; autres pays: \$3.90)

*N° 3, La production vivrière dans l'environnement canadien*, par Barbara J. Geno et Larry M. Geno, mars 1977 (SS21-3/3F-1977, Canada: \$3.25; autres pays: \$3.90)

### Publications hors-série

**Manifeste national des écoles de foresterie des universités canadiennes**, octobre 1973

**Manifeste commun des facultés d'agriculture et de médecine vétérinaire des universités canadiennes**, 1975

**La biologie de demain? Manifeste national sur la recherche universitaire en biologie fondamentale au Canada**, 1976