

COMMISSION DES UNIVERSITÉS SUR LES PROGRAMMES

Avenues de concertation dans la formation universitaire en :

PHYSIQUE

MATHÉMATIQUES

INFORMATIQUE

Rapport n° 5

Août 1998

Numéro de publication : 98-08
Dépôt légal – 3^e trimestre 1998
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque du Canada
ISBN 2-920079-58-1

La Commission ainsi que la sous-commission MIP (mathématiques, informatique et physique) par la voix de ses membres souhaitent remercier monsieur Louis Berlinguet pour sa participation active aux travaux. Monsieur Berlinguet a été d'abord professeur de biochimie, puis, successivement, vice-président Recherches de l'Université du Québec lors de sa fondation, président fondateur de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) et président du Conseil de la science et de la technologie. Il est actuellement président du Conseil d'administration du Centre de recherche en calcul appliqué (CERCA).

La sous-commission souhaite aussi remercier monsieur Jean-Marc Proulx, anciennement président du Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM) et actuel vice-président Recherche et développement du Groupe DMR, qui a participé à une séance et s'est intéressé à l'avancement des travaux de la sous-commission.

Enfin, les directeurs ou responsables des unités concernées par les trois disciplines ont répondu aux préoccupations de la sous-commission par un apport aussi précieux que diligent : qu'ils en soient ici remerciés personnellement. Ils reconnaîtront dans le présent rapport certains des commentaires qu'ils ont exprimés.

CADRE GÉNÉRAL D'EXERCICE DU MANDAT DE LA COMMISSION DES UNIVERSITÉS SUR LES PROGRAMMES

NOTE AU LECTEUR

Le mandat

La Commission des universités sur les programmes a reçu le mandat d'examiner la pertinence et la complémentarité des programmes des universités et de recommander aux établissements des modalités de concertation, pouvant aller jusqu'au partage de domaines ou de programmes, tout en maintenant une offre de la meilleure qualité et aussi diversifiée qu'il est possible. Ces recommandations doivent tenir compte des ressources à la disposition des universités, des besoins sociaux et culturels en général ainsi que des réalités du marché du travail, de même que du voeu de la société québécoise, par l'intermédiaire de ses gouvernements successifs, de maintenir l'accessibilité à l'université pour tous ceux et celles qui en ont les capacités intellectuelles et la motivation, quelle que soit par ailleurs leur situation financière.

C'est dans cette perspective que la Commission a adopté son **Document de référence** qui situe le cadre de ses travaux et, notamment, interprète la portée des impératifs que la ministre de l'Éducation souhaitait voir pris en compte, dans la lettre qu'elle adressait le 6 novembre 1996 au président de la Conférence des recteurs et principaux des universités du Québec (CREPUQ), à l'occasion de son accord à la création de la Commission.

Son secrétariat ayant ouvert ses portes en janvier 1997, la Commission a tenu sa première réunion à la mi-février. Dès le début, elle a prouvé, par les conditions qu'elle a mises en place, qu'elle poursuit ses travaux à livre ouvert, sans réponse toute faite, y associant des professeurs, des étudiants et des personnes de l'extérieur de l'université. Elle donne accès sur son site web à diverses publications et communications.

Le fonctionnement en sous-commissions

La Commission a choisi de confier à des sous-commissions sectorielles le mandat d'effectuer l'analyse de la situation et de formuler des recommandations. En effet, compte tenu du caractère nécessairement spécialisé de l'enseignement universitaire, le redéploiement des forces et le partage des programmes entre les universités ne sont possibles que par la mise à contribution des hommes et des femmes qui enseignent dans les disciplines et champs d'études offerts dans les établissements. À part quelques exceptions récentes, aucune discussion systématique, par secteur disciplinaire ou champ d'étude, n'a été faite jusqu'à maintenant sur une base interuniversitaire en vue d'une offre conjointe de programmes, de l'adoption de créneaux respectifs de programmation ou encore de partage de cours ou de ressources et il était essentiel que l'on prenne le temps nécessaire pour réaliser cet exercice.

Aussi, même si la méthode adoptée, qui fait largement appel à la discussion et à la consultation, entraîne un certain délai, elle présente l'avantage d'associer les acteurs qui seront appelés à implanter les recommandations formulées par les diverses sous-commissions et, par là, le temps requis aujourd'hui par le processus en constitue autant de gagné lors de la mise en oeuvre des recommandations que la Commission fera aux établissements. Compte tenu des fonctions qu'elles occupent ou ont occupées, ces personnes connaissent le secteur, ses forces et ses faiblesses, notamment en matière de recherche et de création qui constituent des éléments clés des programmes d'enseignement aux deuxième et troisième cycles; elles connaissent les collaborations interinstitutionnelles formelles et informelles, de même que celles qu'il faut développer.

Plusieurs facteurs expliquent le fait que les travaux peuvent aboutir rapidement à des perspectives de collaboration de toute nature à l'intérieur des sous-commissions. La réunion autour d'une table, avec un objectif explicite de concertation, des personnes déléguées par les universités qui offrent un programme de baccalauréat, de maîtrise ou de doctorat dans un secteur provoque nécessairement une dynamique de

dialogue. De plus et sans aucun doute, la conscience de l'effet qu'ont sur chacune des institutions les importantes réductions budgétaires actuelles contribue au caractère productif de ce dialogue. En outre, dans la mesure où les effectifs professoraux sont en profonde mutation en raison des nombreux départs à la retraite – 900 professeurs, soit l'équivalent du corps professoral de l'UQAM, partiront sur une période de moins de deux ans dans tout le système universitaire et très peu seront remplacés pour le moment – il est clair que le temps est révolu où tout le monde pouvait penser tout offrir. Des choix institutionnels s'imposent et les conclusions de la Commission pourront, à brève échéance, contribuer à les rendre cohérents dans une perspective systémique.

Dans ce contexte, les sous-commissions sont amenées à s'entendre sur les conditions de la consolidation des programmes actuels, sur l'abandon de certains d'entre eux ainsi que sur les possibilités de développement dans certains secteurs particulièrement cruciaux pour l'avenir de la société québécoise. Les sous-commissions sont le lieu où les unités d'une même discipline dans l'ensemble des universités se concertent sur les spécialités que chacune compte privilégier et où elle envisage combler des postes de professeurs lorsque les conditions le permettront.

Toutes les sous-commissions sont présidées par un ou une membre de la Commission. Les membres provenant de l'enseignement universitaire sont des professeurs mandatés par leur université, occupant ou non une fonction de direction académique. Une représentation étudiante, du premier cycle ou des cycles supérieurs, est également assurée. Les sous-commissions invitent à siéger au moins une personne oeuvrant à l'extérieur du milieu universitaire et reconnue dans le domaine à l'étude. Elles peuvent, en outre, rencontrer tout interlocuteur susceptible d'éclairer leurs travaux.

Les données utilisées

La première démarche des sous-commissions, avec le soutien du secrétariat de la Commission, consiste à réaliser le portrait des enseignements dispensés dans chacun de ces secteurs dans l'ensemble du Québec, avec les données sur les caractéristiques des programmes, les corps professoraux qui y enseignent et les effectifs étudiants. Les tendances de la dernière décennie y sont également observées, incluant l'évolution des nouvelles inscriptions et de la diplomation par secteur.

Les données sont extraites des sources communes que sont les banques d'information constituées conjointement par les universités et le ministère de l'Éducation, notamment le système de recensement des clientèles étudiantes (RECU). Celles de la recherche sont traitées selon les catégories de subvention retenues par le système d'information sur la recherche universitaire (SIRU). On complète le portrait à l'aide des annuaires des établissements ainsi que de leurs données sur le corps professoral. Celles sur la durée des études et sur les taux de diplomation, de même que sur le suivi des diplômés réalisé par le ministère de l'Éducation font également partie du tableau. Toutes ces données font l'objet d'une collecte et d'une validation conjointement avec les institutions.

On s'assure que l'information suivant les spécificités des différents secteurs permet de s'en faire une idée juste : les activités de recherche, le rayonnement scientifique ou artistique et les services aux collectivités locales ou régionales ne s'évaluent pas de la même façon en droit qu'en musique, en génie, en sciences humaines ou en sciences pures.

La CUP a également recours aux résultats des travaux de concertation menés depuis près de trente ans en matière de développement des collections de bibliothèques universitaires et qui ont donné lieu à des acquisitions sélectives selon les spécialisations des établissements, notamment au niveau des études supérieures. Plus récemment, les bibliothèques ont choisi de se partager l'achat de certains périodiques coûteux. Elles se sont engagées à les acquérir pendant une période de trois ans et à transmettre par voie électronique copie de tout article requis aux usagers de tout établissement universitaire du Québec, en moins de 48 heures après réception de la demande.

Élaboration des recommandations

Les sous-commissions procèdent ensuite à la préparation et à l'examen des hypothèses de rationalisation qui paraissent souhaitables ou nécessaires, et faisables. Cela peut se traduire par des propositions de regroupement des forces d'un secteur dans une ou plusieurs universités, de retrait ou encore de réorientation en vue d'occuper un champ jusqu'à maintenant non couvert, ou toute autre solution qui paraît réalisable. Les formes de la concertation interuniversitaire sont multiples, allant de l'offre de plusieurs cours planifiée conjointement entre deux ou plusieurs départements à l'offre conjointe de tout un programme, en passant par la mobilité des étudiants d'une université à l'autre pour certains cours, ou encore par celle de professeurs pour un ou plusieurs cours, selon le cas. Dans les sous-commissions qui sont convenues de recommandations jusqu'à maintenant, presque toutes les formes possibles de concertation sont apparues.

Tous les formats ne conviennent pas également à tous les secteurs – la musique et la physique s'appréhendent de façon différente – et le fait d'avoir recours aux praticiens des diverses disciplines permet de valider les solutions envisagées en cours de travail. En outre, il faut prendre garde d'affaiblir l'offre des cours qui sont dispensés aux étudiants de plusieurs programmes à la fois. La suppression d'un programme constitué de certains cours communs à d'autres pourrait avoir comme conséquence directe de diminuer la viabilité de ces derniers et de compromettre la diversité de l'offre proposée aux étudiants.

Les sous-commissions acheminent leurs propositions à la Commission qui porte la responsabilité ultime des recommandations qu'elle fera aux établissements et qu'elle rendra publiques. La Commission espère avoir terminé les travaux sectoriels à la fin de l'année 1999 et procéder à la vérification des suivis donnés à ses recommandations au cours de l'année suivante.

Une entreprise commune

L'entreprise est complexe et le temps pour y procéder limité. Son succès dépend, pour une large part, de la volonté explicite des différents acteurs qui, à un titre ou l'autre, apportent leur contribution. Cela comprend le personnel que les universités affectent à la préparation de dossiers ou à la participation aux travaux de la Commission et de ses sous-commissions, les étudiants ainsi que des personnes extérieures aux universités, de même que le personnel des Affaires universitaires et scientifiques du ministère de l'Éducation qui rend disponibles les données sur les activités des universités.

Il faut réitérer que les travaux de la Commission ont pour objet d'examiner l'offre de programmes qu'ensemble les universités du Québec proposent à la clientèle étudiante, en s'assurant que la couverture des disciplines et des champs professionnels de niveau universitaires continue d'être aussi exhaustive que possible en dépit de conditions adverses. Le travail de la CUP se déroule parallèlement à d'importantes opérations de planification et de réorganisation dans les établissements universitaires du Québec. Il n'en est pas un qui ne réexamine actuellement ses priorités académiques et son organisation administrative, compte tenu des compressions à intégrer dans les budgets au cours d'une période de quatre ans devant se terminer en juin 1999.

L'exercice doit également prendre en compte le contexte concurrentiel et les défis auxquels, avec la société québécoise et notamment sa main-d'oeuvre hautement qualifiée, les universités doivent pouvoir répondre dans une ère de mondialisation. Il faut en même temps aider à conserver un patrimoine académique de base dans toutes les universités, y compris les plus petites, qui desservent une clientèle de provenances diverses, régionale, nationale et internationale, selon leurs secteurs d'excellence.

Compte tenu des coupures de 370 millions déjà effectuées ou annoncées, il est clair que l'intégrité de l'offre globale des programmes universitaires est au coeur des travaux et la CUP verra à la préserver. La CUP doit s'assurer que les réorganisations à faire dans chacun des secteurs préservent une étendue de programmation que l'on attend des universités dans une société développée.

Août 1998

Table des matières

Note au lecteur	i
Table des matières.....	v
Section I Physique	1
Introduction.....	3
1 Programmes universitaires.....	5
1.1 Offre universitaire de programmes en physique.....	5
1.2 Contingentement.....	7
2 Données quantitatives aux trois cycles	9
2.1 Baccalauréat	9
2.1.1 Taux de diplomation et durée des études	13
2.2 Maîtrise.....	14
2.3 Doctorat	16
2.4 Espaces d'expérimentation	18
2.5 Enseignement de la physique dans l'université	19
2.6 Conclusion de ce chapitre.....	19
3 Perspectives professionnelles pour les diplômés	21
4 Corps professoral	23
5 Activités de recherche et services à la collectivité.....	27
Introduction.....	27
5.1 Axes et groupes de recherche	27
5.2 Soutien à la recherche et production scientifique.....	31
5.3 Infrastructure technique et professionnelle de la recherche	31
5.4 Services à la collectivité	34
6 Standards et critères de la formation en physique	35
Introduction.....	35
6.1 Nécessaire présence de la physique à l'université.....	35
6.2 Nécessité d'un noyau disciplinaire	36
6.3 Les n dimensions de la physique	
<i>Les programmes à prédominance culturelle : majeures et baccalauréats généraux.....</i>	<i>36</i>
6.4 Nécessaire lien avec les activités de recherche départementales	
<i>Baccalauréats spécialisés et Honours, et cycles supérieurs</i>	<i>37</i>
6.5 Domaines exportateurs et importateurs	39
6.5.1 Ententes interinstitutionnelles avec échange d'expertises :	
de type chronologique et géographique	40
7 Concertation actuelle et hypothèses de concertation	43
7.1 Les universités montréalaises	43
☐ Deux programmes spécialisés, francophone et anglophone	43
☐ Une « superfaculté »	44
☐ « Programmes à volets intégrés »	44
7.1.1 L'UQAM.....	47
7.1.2 L'INRS-Énergie et matériaux	48
7.2 L'UQTR, Laval et l'Université de Sherbrooke	49
7.3 L'UQAC	49
7.4 Bishop's	51
7.5 Conclusion de ce chapitre.....	51
8 Recommandations.....	53
9 Conclusion	63
Annexes I	65

Section II Mathématiques 71

Introduction.....	73
1 Programmes universitaires.....	77
1.1 Offre universitaire de programmes en mathématiques.....	77
1.2 Contingentement.....	80
2 Données quantitatives aux trois cycles	83
2.1 Baccalauréat	83
2.1.1 Taux de diplomation, taux d'abandon.....	85
2.2 Maîtrise.....	85
2.3 Doctorat	88
2.4 Mathématiques pures et mathématiques appliquées.....	90
2.5 Conclusion de ce chapitre.....	92
3 Perspectives professionnelles pour les diplômés	93
4 Collaborations en formation	95
4.1 Rôle de l'Institut des sciences mathématiques (ISM).....	95
4.1.1 Hypothèses d'extension de cette concertation	96
4.2 L'enseignement des mathématiques et de la statistique dans l'université	98
5 Corps professoral	101
6 Activités de recherche et services à la collectivité.....	103
6.1 Axes et groupes de recherche	103
6.2 Soutien à la recherche et production scientifique.....	105
6.3 Services à la collectivité	107
7 Recommandations.....	109
8 Conclusion	113
Annexes II.....	115

Section III Informatique.....121

Introduction.....	123
1 Contexte	125
1.1 Contexte mondial.....	125
1.1.1 Recherche identitaire.....	126
1.2 Contexte canadien.....	127
1.3 Contexte québécois.....	127
1.3.1 Crise du recrutement	129
1.3.2 Offre de programmes universitaires.....	130
1.3.3 Contingentement	134
2 Données quantitatives aux trois cycles	137
2.1 Baccalauréat	137
2.1.1 Taux de diplomation et durée des études	139
2.2 Maîtrise.....	142
2.3 Doctorat	144
2.4 Infrastructure technique	144
2.4.1 Ressources professionnelles et techniques.....	146

3	Problématique de l'effectif étudiant.....	147
3.1	La demande du marché.....	147
3.2	L'offre universitaire.....	149
3.2.1	Solutions.....	150
3.3	Recrutement et rétention des étudiants aux cycles supérieurs.....	152
3.4	Liens avec l'industrie en matière de formation	153
3.5	Activités conjointes CRIM - Universités	155
3.6	Contributions gouvernementales	156
4	Perspectives professionnelles pour les diplômés	157
5	Enseignement de l'informatique à l'université et au cégep.....	159
5.1	Enseignement de l'informatique à l'université.....	159
5.2	Arrimage cégep-université	160
6	Corps professoral	161
6.1	État de la situation	161
6.2	Recrutement de l'effectif professoral	161
6.2.1	Solutions.....	161
7	Activités de recherche et services à la collectivité.....	165
7.1	Axes et groupes de recherche	165
7.2	Soutien à la recherche et production scientifique	167
7.3	Services à la collectivité	167
8	Recommandations.....	169
9	Conclusion	173
	Annexes III.....	175
	Annexes IV	181

*« Lorsque Paul Appell dit à Pierre Curie – c'était en 1902, je crois –
qu'il allait demander pour lui la Légion d'honneur,
Curie répondit : "Je n'ai pas le moindre besoin d'être décoré,
mais j'ai le plus grand besoin d'un laboratoire."
À cette époque, il n'avait à sa disposition que le baraquement de la rue Lhomond
et deux petites pièces, rue Cuvier. »*

Science et synthèse, Intervention de G. Holton, Gallimard, 1967, 384 pages (p. 297)

*« Les physiciens durent se résigner à errer avec des figures lugubres,
déplorant que la lumière se comporte comme une onde les lundis, mercredis et vendredis,
et comme un flot de particules les mardis, jeudis et samedis.
Le dimanche il ne leur restait qu'à prier. »*

Banesh Hoffmann, cité dans Ian Stewart, *L'histoire des mathématiques*,
Pour la science, 1989, 266 pages (p. 204)

« La plus belle chose que nous puissions éprouver, c'est le mystère des choses. »

Albert Einstein, *Comment je vois le monde*

*« Mais, papa, Einstein a dit...
« – Fiche moi la paix avec ton Einstein,
je ne veux pas d'histoires avec les voisins. »*

Fernand Raynaud, cité dans Étienne Klein,
Conversations avec le sphinx, Les paradoxes en physique,
Albin Michel, 1994, 192 pages

« Bien au-delà de la conscience que nous en avons, notre conception du monde est influencée par les sciences physiques. Lorsque nous percevons notre univers comme une horloge obéissant à des règles prévisibles et immuables, nous sommes les enfants involontaires de Newton et de sa mécanique. » Et pourtant, nous serions entrés selon certains dans l'ère d'une étrange physique fondée sur la probabilité selon laquelle le monde est événementiel, chaotique et indéterminé. D'aucuns, dont le mathématicien René Thom, pour qui le monde est intelligible, ordonné et en attente d'une explication, rétorqueront que le règne scientifique actuel du chaos n'est qu'une mode passagère. Pour Ilya Prigogine, le temps, qui résulte d'une somme d'incertitudes, est un système dynamique instable et par définition, imprévisible. Rappelons-nous le célèbre « effet papillon » : un battement d'aile de papillon à Pékin peut provoquer un léger souffle qui, de proche en proche, donnera naissance à un ouragan sur la Californie. Mais comme s'en étonnait le savant, le chaos débouche, malgré tout, sur des structures ordonnées; Einstein lui-même songeait que le plus surprenant, dans notre Univers, c'est d'y pouvoir comprendre quelque chose¹.

La physique fut la première, des trois disciplines représentées à la sous-commission, à s'ancrer par la recherche dans une université québécoise. C'était à McGill, en 1891, alors que le premier département autonome s'établissait à la faveur de la bipartition du département de mathématiques et sciences naturelles (*Natural Philosophy*, à l'époque), ce qui en fait aussi l'un des pionniers au Canada. Le programme de maîtrise était créé en 1893 – l'année de l'inauguration du *MacDonald Physics Building*, du nom de l'illustre philanthrope montréalais qui devait aussi contribuer au financement d'une chaire en physique – et le premier doctorat décerné en 1911. L'arrivée en 1898 du futur Nobel de Chimie 1908, Ernest Rutherford, célèbre pour ses recherches sur la radioactivité, allait fonder une tradition d'excellence dans la recherche en physique à McGill et donner une impulsion à la recherche au Québec dans le domaine.

L'objet de la physique « censée être la plus rigoureuse et la plus canonique des sciences dites de la nature² », est l'infiniment petit, grand, fondamental... et lointain. Un chercheur de l'Université de Montréal déclarait dans une entrevue au CRSNG que « l'astronomie est une science culturelle en ce sens que son but n'est pas d'apporter des applications pratiques à court terme. Mais elle étudie ce que tout être humain brûle de connaître sur l'univers³. »

La physique, de laquelle ont émergé au cours des dernières décennies de nouveaux domaines, tels que la biophysique et la physique médicale, a toujours été encline à fureter dans d'autres secteurs où son regard unique permet de révéler les traits universels d'un problème au-delà de ses particularismes. Par exemple, la recherche en matière condensée, comme il s'en fait dans des universités québécoises, a servi de pont entre la physique et les autres sciences, dont la biologie, la chimie et le génie en rapprochant des objets aussi éloignés en apparence que les céramiques semi-conductrices et les membranes cellulaires.

Discipline fondamentale qui étudie les propriétés de la matière et dont les principes régissent tous les phénomènes naturels, la physique est sous-jacente aux autres disciplines des sciences naturelles. Elle est aussi omniprésente dans notre quotidien par les applications et les retombées considérables de ses découvertes : les progrès réalisés en électronique, en télécommunications et en informatique ne sont que quelques-uns des exemples les plus visibles de ses contributions. Située en amont de l'innovation technologique, elle constitue une importante voie d'accès à de nouveaux secteurs de recherche, tant fondamentale qu'appliquée.

¹ Cité dans Guy Sorman, *Les vrais penseurs de notre temps*, Paris, Fayard, 1989, 410 pages (p. 53).

² Étienne Klein, *Conversations avec le sphinx. Les paradoxes en physique*, Paris, Albin Michel, 1994, 192 pages (p. 13).

³ *Nos succès en recherche*, CRSNG, Le secret des étoiles naines blanches, 1995 (<<http://www.nserv.ca/seng/fontfr.htm>>).

Le poids de la recherche en physique est révélée par les données numériques relatives aux étudiants et diplômés aux cycles supérieurs (**chapitre 2**). Le marché leur réserve, ainsi qu'aux bacheliers, des avenues diverses (**chapitre 3**), bien que la carrière académique n'offre plus les mêmes perspectives qu'auparavant (**chapitre 4**). En revanche, la recherche québécoise en physique, très active, fait bonne figure sur la scène internationale où elle a tissé de nombreuses collaborations (**chapitre 5**), un réseau à la base, d'ailleurs, de la recherche et de la formation en physique.

Afin de préserver la vitalité de la recherche actuelle, et donc, de la formation, et donc, de la recherche future en physique, la sous-commission a avancé des critères de qualité en vertu des standards internationaux (**chapitre 6**). Si la collaboration est une donne traditionnelle en recherche, le volet formation a eu plutôt tendance jusqu'à ces dernières années à s'organiser de façon autonome, de là des hypothèses de concertation avancées dans le respect, précisément, de ces critères de qualité (**chapitre 7**).

1.1 Offre universitaire de programmes en physique

Le système universitaire québécois offre au total 26 programmes de premier cycle en physique, dont neuf baccalauréats dispensés par autant d'établissements (**tableau 1.1**). L'UQAC est la seule université en région à offrir un programme à ce cycle, après que l'UQAR ait décerné son dernier diplôme en 1991.

Sont également offerts huit maîtrises – dont l'une faisant l'objet, depuis cinq ans, d'une entente entre l'UQAM et l'UQTR – et sept doctorats, dont le programme en sciences de l'énergie et des matériaux offert en extension par l'INRS à l'UQTR.

Les programmes gradués de l'INRS-Énergie et matériaux ont été considérés comme relevant du champ de la physique. Non seulement leur contenu en physique le justifie-t-il, mais aussi leurs collaborations, actuelles et potentielles, avec des consoeurs dans le domaine.

La biophysique, qui chevauche divers domaines, sera considérée à nouveau dans le cadre de la sous-commission sur la biologie, la biochimie et la chimie (BBC) suivant la perspective qui est celle de la biologie et de la chimie. Seule l'UQTR offre le programme comme tel, en continuité aux trois cycles.

Comme on le notera à nouveau pour les mathématiques, les programmes conjoints sont particulièrement le fait de l'Université McGill. Construits à partir de la banque de cours offerts par les départements dans leurs autres programmes, ils ne nécessitent pas de cours supplémentaires au calendrier, ce que confirme la valeur nulle de cours qui leur sont exclusifs. Ces programmes mixtes incluent les *Joint Honours* qui conjuguent la physique et les sciences atmosphériques, la physiologie, la géophysique, et enfin, les mathématiques (comme c'est le cas aussi à l'Université de Montréal). Ils sont principalement destinés aux étudiants souhaitant entamer une carrière immédiatement après le baccalauréat ou poursuivre des études supérieures dans des domaines connexes à la physique.

Ces programmes, inscrits au tableau synthèse, participent dans les graphiques, les tableaux et l'analyse, aux valeurs globales de l'effectif en physique. Tous les programmes relatifs à la géologie, à la géophysique, aux sciences de l'atmosphère ou à la météorologie ont été confiés pour plus ample examen à la sous-commission sciences de la terre, de l'eau et de l'atmosphère (TEA). Ceux réunissant les mathématiques et la physique réapparaîtront à la section II.

Le contexte de compressions budgétaires et les nombreux départs à la retraite ont, à Concordia, motivé la simplification des programmes et la concentration de tous les cours en un seul programme de spécialisation (63 crédits) auquel s'ajoute le *Honours*. Pour les mêmes raisons, McGill examine actuellement la possibilité de diminuer le nombre de cours spécifiques au programme *Honours* : déjà, en 1997, des cours *Honours* et *Major* avaient été combinés à titre expérimental.

En fait, la formation en physique au Québec est aisément circonscrite. Le problème que connaît la discipline ne réside pas tant dans le nombre absolu de programmes que dans la conjugaison de deux phénomènes : le nombre limité des étudiants actuels et anticipés qui les fréquentent, comme le démontrera le chapitre suivant, et la contraction de l'effectif professoral dont on verra la problématique au chapitre 4.

Tableau 1.1

Offre de programmes en physique dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAM	UQTR	INRS	Total
Physique											
Mineure	•	•			•	•					4
Majeure	•	•		•	•						4
Baccalauréat/Honours	•	• ¹	• ²	•	• ³	• ⁴	•	• ⁵	•		9
Maîtrise		• ⁶	•	•	• ⁷	• ⁸		• ⁹	• ⁹	•	6
Doctorat		•	•	•	• ⁷	•			• ¹⁰	• ¹⁰	6
											29
Biophysique											
Majeure				•							1
Baccalauréat					□	□ ¹¹			•		1
Maîtrise					□				•		1
Doctorat					□				•		1
											4
Physique et mathématiques¹²											
Baccalauréat/Honours				•	•						2
Physique, mathématiques et chimie¹³											
Baccalauréat/Honours				•							1
Physique et physiologie¹⁴											
Baccalauréat/Honours				•							1
Physique et géologie (bac)/et géophysique (maj)/ et sciences de l'atmosphère (maj)¹⁵											
Majeure				•• ¹⁶							2
Baccalauréat		•						□			1
Maîtrise										• ¹⁷	1
Doctorat										• ¹⁷	1
											5

□ = concentration

Total 42

Notes

- * Concordia offre un certificat en *Scientific Measurement* qui conjugue des cours de physique et de mathématiques
- 1 L'Honours et le spécialisé avec une option appliquée et pure
 - 2 L'unité est également responsable du programme en génie physique.
 - 3 Grâce aux cours à option, une certaine spécialisation est obtenue dans les domaines suivants : astronomie-astrophysique, biophysique, matière condensée, particules élémentaires, physique théorique et plasmas. Un baccalauréat spécialisé avec stages (impliquant deux stages en industrie) est en cours d'implantation.
 - 4 Régime régulier ou coopératif (avec ou sans module de microélectronique)
 - 5 Deux concentrations : physique fondamentale et sciences de l'atmosphère
 - 6 Avec thèse ou projet
 - 7 Avec spécialisation dans l'un des six domaines cités à la note 3.
 - 8 Voies fondamentale et appliquée. Cette dernière est axée sur la microélectronique et l'optoélectronique en collaboration avec le Département de génie électrique et génie informatique.
 - 9 Deux volets : fondamental (orientations physique mathématique et atomes et molécules) et appliqué (orientations microélectronique et matériaux). Cette maîtrise fait l'objet d'un protocole de collaboration entre l'UQTR et l'UQAM.
 - 10 En vertu d'une entente, ce programme est offert en extension par l'INRS à l'UQTR. Il prévoit huit cours "relevant de l'UQTR" dans les domaines de la physique et des diélectriques. Les étudiants de l'UQTR ont la possibilité de réaliser leurs études et leur recherche dans les domaines des diélectriques et de l'hydrogène.
 - 11 Option du baccalauréat en physiologie
 - 12 Destiné principalement aux étudiants intéressés à la physique théorique, mais la formation permet aussi la poursuite d'études supérieures en physique expérimentale ou en mathématiques.
 - 13 Procure une formation générale en science.
 - 14 Procure une formation qui permet la poursuite d'études supérieures en physiologie ou d'autres sciences biologiques appliquées
 - 15 Tous les programmes relatifs à la météorologie ou aux sciences atmosphériques ont été confiés à la sous-commission sur les sciences de la terre, de l'eau et de l'atmosphère.
 - 16 Fournit une bonne préparation pour les étudiants qui souhaitent entamer une carrière immédiatement après le baccalauréat, particulièrement dans des domaines reliés à l'environnement, l'hydrologie des mines, etc. pour les premiers, et en météorologie ou environnement, pour le second (sc. atm.). Ces programmes ont été confiés pour plus ample analyse à la sous-commission sciences de la terre, de l'eau et de l'atmosphère.
 - 17 Relève de l'INRS-Géoressources.

1.2 Contingentement

Aucun programme de physique ne pratique un contingentement. On remarquera que, même en son absence, les exigences sont suffisantes pour que la physique soit, des trois disciplines représentées à la sous-commission, celle qui admet le plus faible pourcentage d'étudiants ayant soumis une demande, soit 53 % à tous les cycles (**tableau 1.2**). McGill prévoit pour les candidats des entrevues ou des consultations avec les conseillers du département et pose comme exigence, outre une moyenne globale d'au moins 70 % et une moyenne d'autant en mathématiques et sciences, l'absence au dossier académique de toute note inférieure à 65 % pour des cours suivis dans ces deux derniers domaines. Il faut noter que, dans cette université, les mêmes exigences prévalent aussi pour l'informatique et certains programmes de mathématiques.

Tableau 1.2

Programmes de physique : demandes d'admission, offres et inscriptions (automne 1996)

Établissement et programmes		Demandes (D)	Offre (O)	Inscriptions (I)	
			(% O/D)	(% I/O)	
Bishop's	Tous les programmes de 1 ^{er} cycle	15	13 (86,7)	3 (23,1)	
Concordia	Bacc. en physique ¹	67	54	36	
	Bacc. en science avec <i>Honours</i> ou spécialisation	31	27	19	
	Bacc. en science avec majeure en physique	36	27	17	
	1 ^{er} cycle	67	54 (80,6)	36 (66,7)	
	Maîtrise en physique	30	6	2	
	Doctorat en physique	10	1	1	
	Cycles supérieurs	40	7 (17,5)	3 (42,9)	
Laval	Bacc. en physique	71	66 (93)	29 (43,9)	
	Maîtrise en physique	22	17	9	
	Doctorat en physique	17	11	7	
	Cycles supérieurs	39	28 (71,8)	16 (57,1)	
McGill	<i>Honours</i> , majeure et programme facultaire en physique	130	85	42	
	<i>Honours</i> en mathématiques et physique	48	30	19	
	<i>Joint Major</i> en physique et physiologie	12	8	5	
	<i>Joint Major</i> en physique et géophysique	6	2	1	
	<i>Joint Major</i> en physique et sciences atmosphériques	2	2	2	
	<i>Joint Major</i> en physique, mathématiques et chimie	29	19	10	
	1 ^{er} cycle	227	146 (64,3)	79 (54,1)	
	Maîtrise en physique	55	25	14	
	Doctorat en physique	38	14	9	
	Cycles supérieurs	93	39 (41,9)	23 (59)	
UdeM	Majeure en physique	43	3	0	
	Bacc. spécialisé en physique	184	58	39	
	Bacc. spécialisé en physique avec stages ²				
	Bacc. bidisciplinaire physique-mathématiques	130	24	9	
	1 ^{er} cycle	357	85 (23,8)	48 (56,5)	
	Maîtrise en physique	35	18	9	
	Doctorat en physique	11	4	3	
Cycles supérieurs	46	22 (47,8)	12 (54,6)		
UdeS	Bacc. en physique	98	90 (91,8)	25 (27,8)	
	Maîtrise en physique	*	*	2	
	Doctorat en physique	*	*	1	
UQAC	Bacc. en physique	3	3 (100)	3 (100)	
UQAM	Bacc. en physique	*	*	43	
UQTR	Bacc. en physique	20	20 (100)	9 (45)	
	Maîtrise en physique (UQTR-UQAM)	29	16	7	
	Doctorat en sciences de l'énergie et des matériaux	3	0	0	
	Cycles supérieurs	32	16 (50)	7 (43,8)	
INRS	Maîtrise en sciences de l'énergie et des matériaux	15	8	7	
	Doctorat en sciences de l'énergie et des matériaux	5	4	*	
	Cycles supérieurs	20	12 (60)		
* données non disponibles		TOTAL	1128	601 (53,3)	293 (49,7)
		1 ^{er} cycle	858	477 (55,6)	232 (48,6)
		Cycles supérieurs	270	124 (45,9)	61 (54,5)

1 Total des programmes de baccalauréat

2 En voie d'implantation

3 Inclut les données pour les sessions d'automne 96, d'hiver 97 et d'été 97

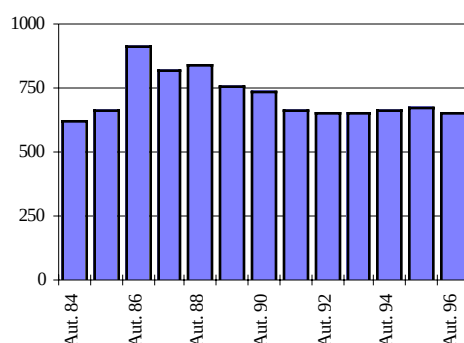
Données quantitatives aux trois cycles

2.1 Baccalauréat⁴

N.B. Les effectifs de biophysique de l'UQTR, où ils relèvent du département de biologie et de chimie, ont été inclus dans les analyses, par souci d'homogénéité vis-à-vis les universités dont le programme de physique même comporte une concentration de biophysique. À l'Université de Sherbrooke, la fusion en 1988 des départements de physiologie et de biophysique signalait la disparition du programme gradué de biophysique.

Depuis le sommet de 1986 avec 920 étudiants, les inscriptions totales ont accusé une baisse importante pour se stabiliser, en 1991, aux niveaux de 1985, et demeurer stationnaires depuis (**figure 2.1**). En 1996, 661 étudiants au total fréquentaient les neuf baccalauréats, soit une moyenne d'environ 73 étudiants par programme⁵.

Figure 2.1 Évolution des inscriptions totales dans l'ensemble du système universitaire



Ce sommet et la diminution subséquente sont, en partie, corrélatifs de l'entrée en scène de Concordia dont l'effectif étudiant a décliné de 48 %, de 1986 à 1991, pour se stabiliser par la suite. En partie seulement, puisque, même en faisant abstraction de cette université, on note, durant cette même période, une diminution moins prononcée, mais tout aussi significative, à l'Université de Sherbrooke (-27 %), à l'Université de Montréal (-25 %) et à McGill (-24,5 %), cette dernière, au contraire des deux autres, ayant progressivement récupéré par la suite.

L'effectif étudiant au baccalauréat départage grossièrement les neuf établissements en trois groupes – de haute, moyenne et basse fréquentation – : 1) l'Université de Montréal, Concordia, McGill; 2) Laval, l'Université de Sherbrooke et l'UQAM; 3) l'UQTR, l'UQAC et Bishop's (**figure 2.2-A**). Toutefois, il faut noter que, depuis 1992, les inscriptions ont augmenté à l'UQTR au moment même où elles diminuaient à l'UQAM, de telle sorte que la distinction à cet égard entre les deux universités est rendue plus ou moins nette.

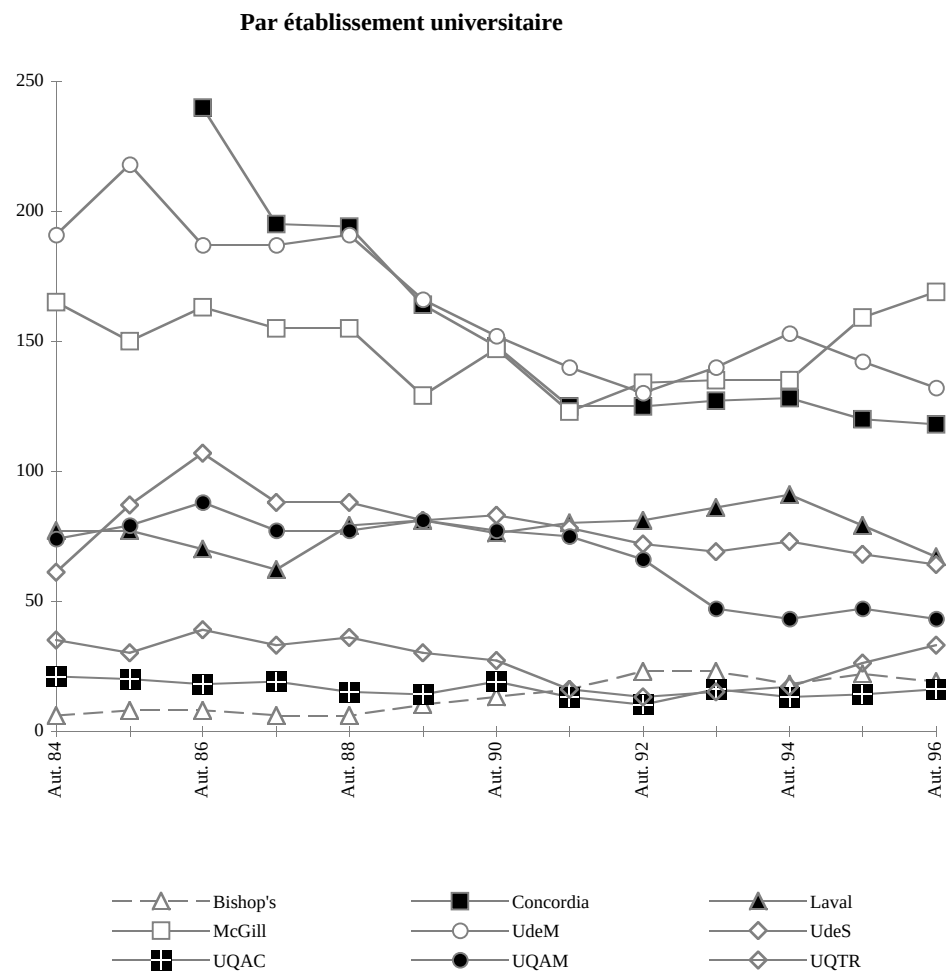
⁴ Toutes les valeurs présentées dans les graphiques et les tableaux comprennent l'effectif des majeures et des programmes mixtes.

⁵ Si l'on soustrait l'effectif étudiant des majeures et des programmes mixtes, on comptait dans les neuf établissements 700 étudiants en 1986 et 522 en 1996, ce qui correspond, dans ce dernier cas, à une moyenne de 58 étudiants par programme.

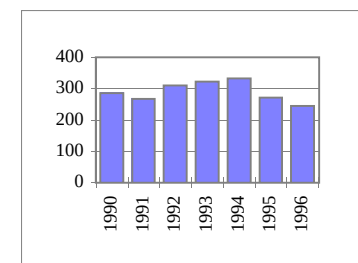
Figure 2.2

Données sur les baccalauréats en physique dans les universités québécoises

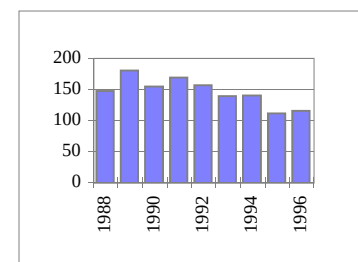
A. Évolution des inscriptions totales (1984-1996)



B. Nouvelles inscriptions dans l'ensemble du système universitaire (1990-1996)



C. Diplômes décernés dans l'ensemble du système universitaire (1988-1996)



En 92 et 93, alors que l'effectif des autres universités se stabilise, l'UQAM voit ses inscriptions baisser brusquement à un niveau maintenu jusqu'en 1996. L'effectif de l'UQTR augmente depuis quelques années pour tendre vers les niveaux atteints entre 1984 et 1989. Le programme de l'UQAC accueille, depuis 1984, un nombre annuel d'étudiants se situant entre 10 et 21.

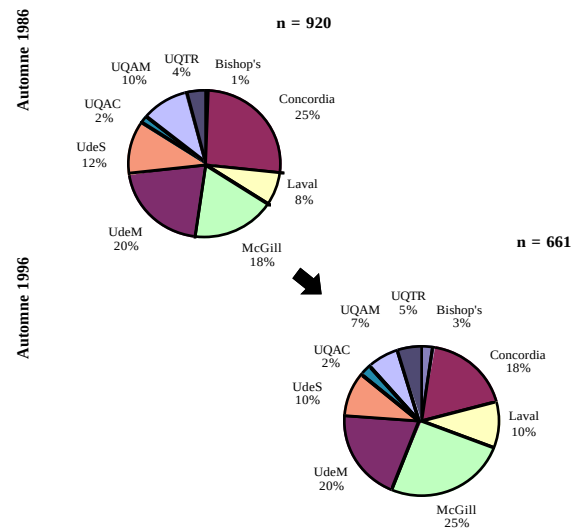
En 1996, les universités montréalaises regroupaient 462 étudiants au premier cycle, soit 70 % de la clientèle à ce niveau.

Globalement, les nouvelles inscriptions ont eu tendance à croître de 1990 à 1994, pour diminuer l'année suivante (de 332 à 271) et poursuivre sur cette pente en 1996, pour une baisse de plus du quart (**figure 2.2-B**). Plusieurs universités se sont ressenties de la baisse de l'affluence enregistrée depuis quelques années, mais particulièrement l'Université de Montréal (-44,6 %), l'Université de Sherbrooke (-43 %) et Laval (-31 %). Si l'on excepte 1991, McGill a accueilli depuis 1990 un nombre constant de nouvelles recrues.

Enfin, le nombre de diplômes décernés a diminué de plus du quart de 1990 à 1996 (**figure 2.2-C**).

La **figure 2.3** présente la répartition des inscriptions totales entre les neuf départements concernés de 1986 à 1996. On remarquera, en premier lieu, le recul de sept points pour Concordia partie en force, il faut le signaler, en 1986 et l'avancée d'autant pour McGill. Cette figure indique également que la baisse des inscriptions de prime abord spectaculaire à l'Université de Montréal sur cette période de dix ans – près de 30 % – n'a eu, somme toute, aucun impact sur la « part » occupée par cette institution. La diminution des inscriptions qu'elle a enregistrée s'inscrit dans la diminution globale à laquelle, par ailleurs, elle a largement contribué. Enfin, Bishop's s'est constitué un effectif étudiant qui, bien que modeste, est constant depuis le début des années 90 et a même grugé sur la part totale.

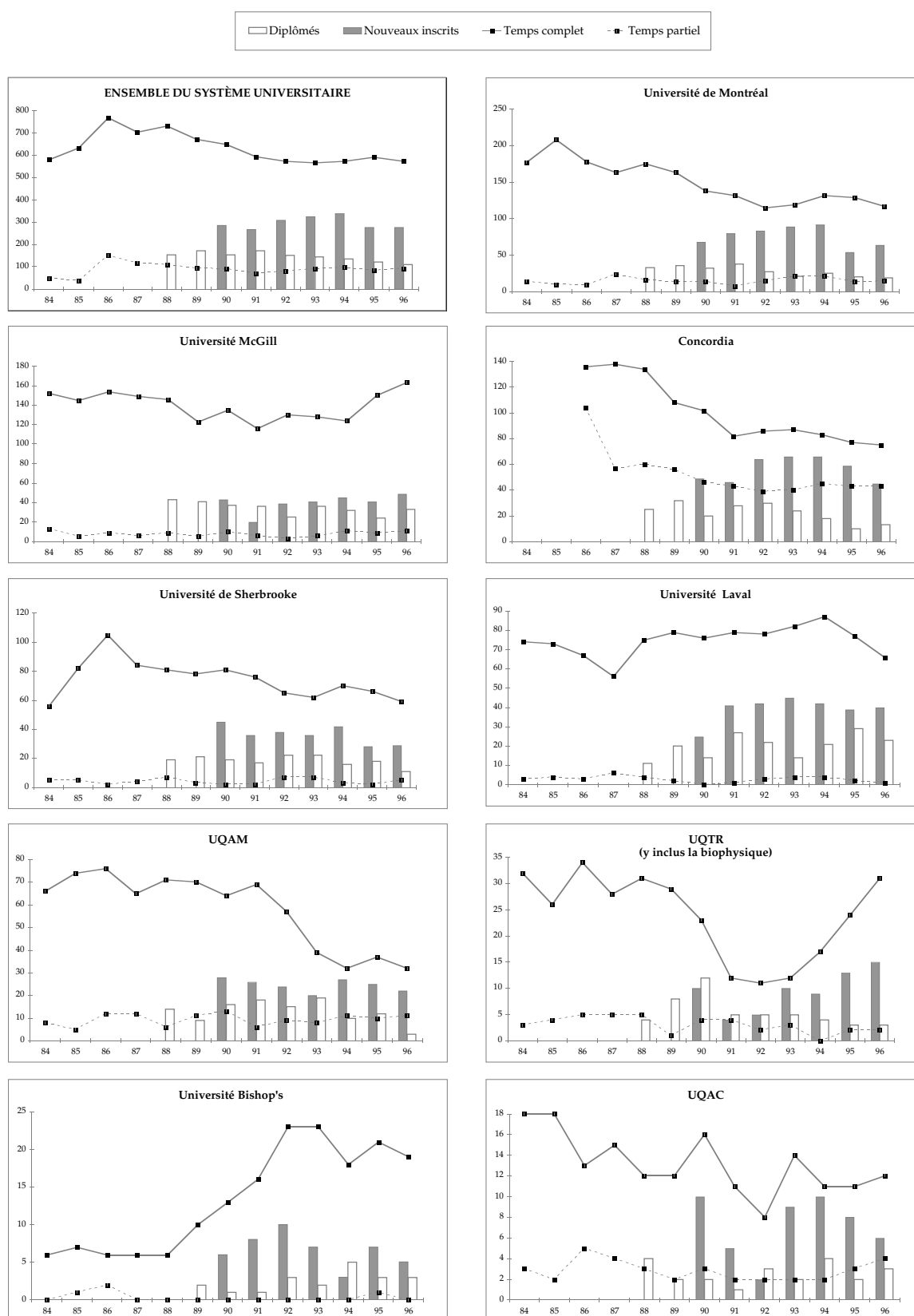
Figure 2.3 Répartition de l'effectif étudiant au baccalauréat en physique (1986/1996)



Enfin, la **figure 2.4** détaille, de surcroît aux nouvelles inscriptions et aux diplômes décernés, les inscriptions à temps plein et à temps partiel. On remarquera la proportion importante occupée par ce dernier type de fréquentation à l'Université Concordia (36,4 % d'étudiants à temps partiel en 1996, comparé, par exemple, avec 25 % à l'UQAM et l'UQAC, et avec 1,5 % à Laval, cette même année), laquelle explique la disparité entre les inscriptions totales et les diplômes décernés.

Figure 2.4

Baccalauréats en physique : inscriptions à temps plein et partiel, nouvelles inscriptions et diplômés (1984-1996)



Source : Système RECU (MEQ)

Ce phénomène, qui réapparaîtra avec les mathématiques et l'informatique, traduit l'objectif affirmé dans la mission de Concordia de répondre aux besoins des adultes conjuguant études et vie professionnelle et familiale, et de tout étudiant souhaitant étudier suivant ce régime. Il demeure que la population à temps partiel est relativement peu nombreuse en physique : de 1987 à 1996, elle a oscillé entre 11 et 14,5 % de l'effectif total, pourcentage qu'on peut mettre en regard de celui observé en mathématiques (en hausse depuis 91 pour atteindre 18 % en 1996) et en informatique (entre 26 et 28 % depuis 1987).

Tous conviennent qu'il n'y a pas lieu d'anticiper une augmentation significative de la fréquentation étudiante en physique : d'ailleurs, le marché du travail n'est pas extensible à l'infini pour ces diplômés qui oeuvreront pour plusieurs dans des milieux qui ne sont pas directement reliés à leur formation, ce que démontrent les données sur le placement présentées au chapitre suivant.

Les clientèles réduites ne sont pas pour inquiéter outre mesure au regard même de la discipline. Le phénomène est loin d'être particulier au Québec où le recrutement est même supérieur à celui observé dans d'autres provinces canadiennes. D'après l'APS (*American Physical Society*), les universités américaines comptent, en moyenne, quelque 60 étudiants par programme de premier cycle, ce qui est loin derrière les programmes européens. On a même évoqué la « pauvreté » de la physique en Amérique du Nord. Cette constatation ne justifie pas l'indifférence devant la situation, mais invite plutôt à trouver les raisons de la faible fréquentation étudiante et au besoin, les moyens de la redresser.

2.1.1 Taux de diplomation et durée des études

Au baccalauréat, les programmes de physique présentent un taux de diplomation global de 64,3 % pour les étudiants à temps plein – pas très loin derrière les mathématiques – et la durée moyenne des études la plus courte, soit 7,27 trimestres⁶ (**annexe IV-B**). Les taux de diplomation les plus élevés se retrouvent à l'Université Laval (83,9 %), McGill (79 %), Bishop's et l'UQAM (environ 75 % pour les deux), et les plus faibles à l'Université de Sherbrooke (65,1 %), Concordia, l'UQTR et l'Université de Montréal (autour de 50 % pour les trois), et l'UQAC (42,9 %).

Le taux d'abandon est important en première année. Une étude réalisée par l'Université de Montréal auprès d'étudiants de premier cycle ayant ou non poursuivi leurs études démontre que l'abandon est lié à plusieurs facteurs : notamment, la perception qu'ont les étudiants de leurs habiletés et de leur connaissance de la physique, et la confiance qu'ils démontrent en leur capacité à mener à terme leurs études⁷. On peut y ajouter l'insuffisance des informations sur les débouchés, les absences en classe, etc.

À l'Université Laval, les étudiants invoquent deux raisons principales pour avoir interrompu leurs études avant l'obtention d'un diplôme : la difficulté des cours et des examens, et le fait que la physique ne correspond pas à l'idée qu'ils s'en étaient formée. Cette dernière université a créé des bourses d'excellence et de persévérance pour les meilleurs étudiants en physique et en génie physique (rattaché au département de physique). Sans être miraculeuse, une telle mesure ne peut qu'avoir une incidence positive.

Le lecteur trouvera aux **annexes IV-C et IV-D** un aperçu de l'évolution des inscrites et des diplômées en physique jusqu'en 1996. À première vue respectable, l'augmentation de 12,2 à 16,5 % des bachelrières depuis 1986, ne concerne en fait... qu'une seule personne. À des fins comparatives, le pourcentage de diplômées en mathématiques atteignait plus de 48 % en 1996. Au Canada, les femmes représentaient, en 1994, environ 14 % des diplômés de premier cycle, comparativement à 11 %, dix ans plus tôt⁸.

⁶ À noter que le taux de diplomation est de 78,4 % pour le génie physique (*Sciences de l'informatique et disciplines connexes par les universités québécoises*, MEQ, 14 janvier 1998).

⁷ Jesús Vásquez-Abad, Laura R. Winer et Jean-Robert Derome, *Why Some Stay: A Study of Factors Contributing to Persistence in Undergraduate Physics*, *Revue des sciences de l'éducation de McGill*, vol. 32, no. 3, automne 1997, p. 209-229.

⁸ *Emploi-avenir*, Édition 1996, Ottawa, Ministère des approvisionnements et services Canada, 1996, vol. 2, Perspectives de carrière pour les diplômés, 326 pages.

Bien que, comme on le verra au prochain chapitre, un étudiant fraîchement muni de son diplôme de baccalauréat trouvera un emploi sans difficulté excessive, un programme contemporain de premier cycle en physique prépare surtout à la poursuite d'études avancées.

2.2 Maîtrise

Comme le montre la **figure 2.5 (médaillon)**, 1989 a été une année record pour les inscriptions totales dans l'ensemble du système universitaire suite à une ascension spectaculaire de Laval. Devait suivre une période de décroissance globale à laquelle ont particulièrement concouru l'Université de Montréal et Laval et, à un moindre degré, McGill (**figure 2.5-A**). Ces trois universités, qui totalisent 52 % des inscriptions totales en 1996 (65,5 % en 1989), marquent ainsi leur influence sur l'ensemble. Selon l'établissement, la situation s'est depuis 1994, légèrement détériorée, stabilisée ou améliorée. En 1996, l'effectif étudiant total, qui s'établissait à 183, avait rejoint les niveaux de 1984-1985.

En parallèle, les nouvelles inscriptions sont stables depuis 1992 (**figure 2.5-B**). Enfin, la baisse des inscriptions totales s'est naturellement répercutée sur les diplômes décernés dont le nombre a décliné de plus du tiers de 1993 à 1996 (**figure 2.5-C**).

Le maîtrise de l'UQTR extensionnée à l'UQAM a connu une progression constante depuis 1992 – année qui marque le début de la participation de la seconde –, des 11 étudiants d'alors aux 34 le fréquentant en 1996. Il faut signaler ici que la majorité relèvent de l'UQAM. Depuis 92-93, 20 des 24 diplômés ont réalisé leur scolarité et leur mémoire dans cette dernière institution et actuellement, une vingtaine d'étudiants sur le total des inscrits y fréquentent de fait le programme.

À McGill, le pourcentage des étudiants inscrits à la maîtrise passait de 40 % des étudiants gradués en 1990 à 30 % en 1996 et se tiendrait aujourd'hui aux environs de 25 %, traduisant le passage direct de plus en plus fréquent au doctorat, une pratique d'ailleurs encouragée. Après la progression constante du nombre d'étudiants gradués depuis les années 80 et sa stabilisation ces dernières années, on s'attend maintenant à sa diminution qui serait « partiellement reliée à la réduction prévisible du corps professoral, à l'augmentation des frais de scolarité et aux difficultés accrues pour fournir le support financier aux étudiants, particulièrement étrangers⁹ ».

De façon générale, les trois quarts des titulaires d'un baccalauréat à Laval poursuivent à la maîtrise et la moitié au doctorat. On peut trouver une convergence de ce phénomène, à une autre échelle toutefois, à l'**annexe IV-A**.

La **figure 2.6** indique que, sur la période s'échelonnant de 1986 à 1996, l'Université de Montréal perdait 13 % de sa part de l'effectif étudiant – ce qui est de loin supérieur à la baisse générale – pour se rapprocher du pourcentage occupé par McGill, alors que les maîtrises en physique et en biophysique de l'UQTR enregistraient un gain de 8 et de 5 points, respectivement.

Aux cycles supérieurs, c'est en physique que les femmes ont réalisé, ces dix dernières années, les gains les plus appréciables, comparativement aux deux autres disciplines représentées à la sous-commission (**annexes IV-C/D**). Au Québec, de 1986 à 1996, elles passaient de 15,4 % à 27,3 % des étudiants à la maîtrise pour devancer le pourcentage qu'elles représentaient alors en informatique et se voir décernés près de deux fois plus de diplômes que dans cette discipline. Les diplômées canadiennes à ce cycle représentaient 9 % du total en 1984 et environ 18 %, dix ans plus tard¹⁰.

⁹ Document de présentation du Département de physique de McGill, soumis à la sous-commission.

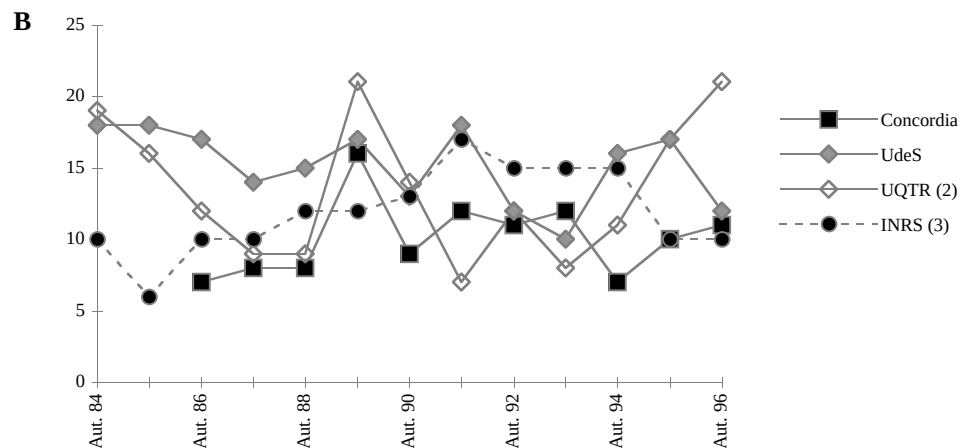
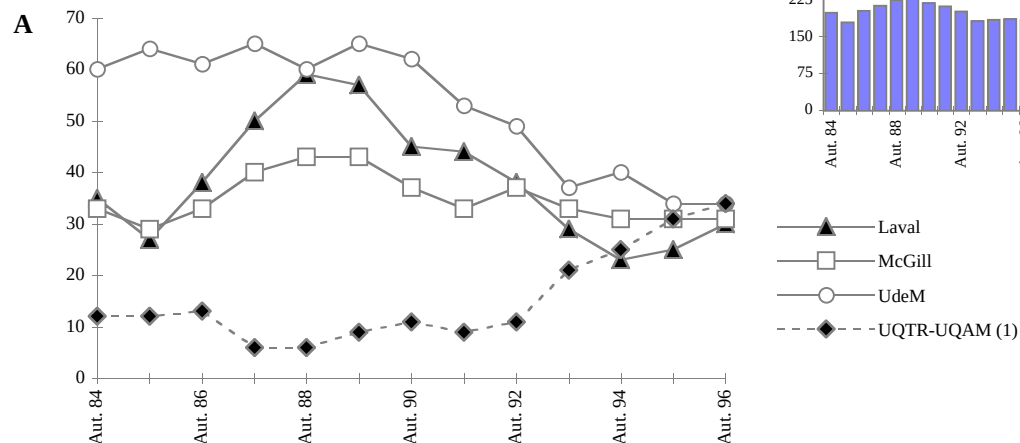
¹⁰ *Op. cit.*, Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1996; vol. 1 : Perspectives professionnelles (469 pages); vol. 2 : Perspectives de carrière pour les diplômés (326 pages).

Figure 2.5

Données sur les maîtrises en physique dans les universités québécoises

A. Évolution des inscriptions totales par établissement (1984-1996)

Les graphiques A et B correspondent à deux échelles différentes.

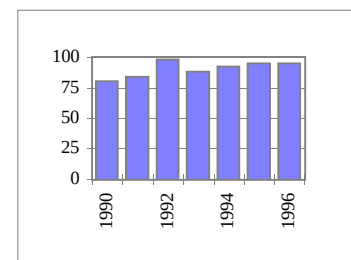


⁽¹⁾ Maîtrise en physique de l'UQTR extensionnée à l'UQAM

⁽²⁾ Maîtrise en biophysique

⁽³⁾ Maîtrise en sciences de l'énergie et des matériaux

B. Nouvelles inscriptions dans l'ensemble du système universitaire (1990-1996)



C. Diplômes décernés dans l'ensemble du système universitaire (1988-1996)

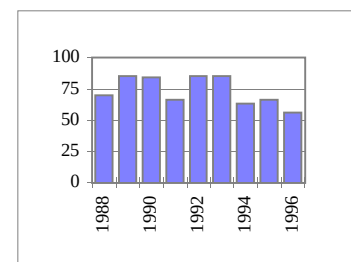
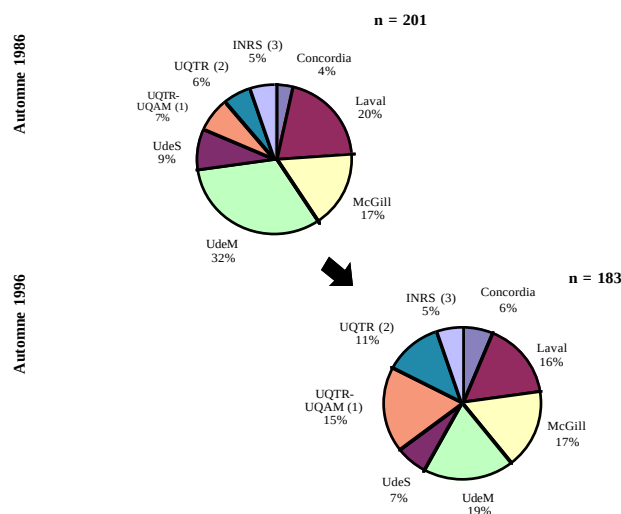


Figure 2.6

Répartition de l'effectif étudiant à la maîtrise en physique (1986/1996)



- (1) Maîtrise de l'UQTR extensionnée à l'UQAM
 (2) Maîtrise en biophysique
 (3) Maîtrise en sciences de l'énergie et des matériaux

2.3 Doctorat

Les inscriptions au doctorat ont été en progression constante depuis 1984 pour se stabiliser aux environs de 300 en 1993; dans l'intervalle, le nombre d'étudiants aura largement doublé (**figure 2.7 - médaillon**). Trois institutions se détachent continûment dans le peloton de tête à ce chapitre : l'Université Laval et deux universités montréalaises, McGill et l'Université de Montréal (**figure 2.7-A**). Il faut ajouter, en revanche, que de 1993 à 1996, les nouvelles inscriptions ont enregistré une baisse de près de 30 % qui a particulièrement affecté McGill et Laval. La distribution des effectifs étudiants entre les établissements est demeurée relativement stable de 1986 à 1996 (**figure 2.7-B**).

Le programme de l'INRS-Énergie et Matériaux, offert en extension à l'UQTR, atteignait une certaine vitesse de croisière au début des années 90. Des 44 étudiants présentement au Centre, 28 (64 %) sont au troisième cycle et 10 chercheurs poursuivent un post-doctorat. En 1996, quatre des étudiants inscrits sur le total venaient de l'UQTR.

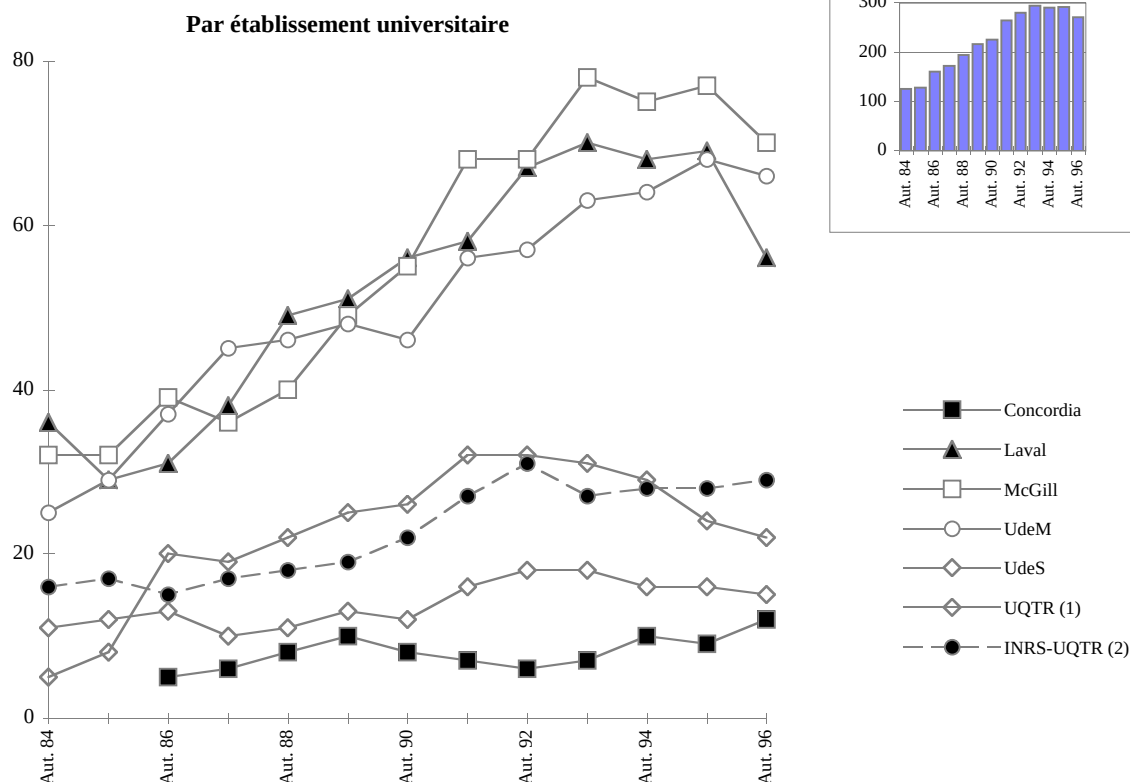
On remarquera, en consultant les **annexes I-B** et **I-C**, que le troisième cycle accueille 50 % fois plus d'étudiants que le deuxième. Certains établissements comptent même le double ou plus du double d'étudiants au doctorat qu'à la maîtrise : c'est le cas de McGill, de l'Université de Montréal, de Laval et de l'INRS. En 1994, les diplômés des études supérieures en physique représentaient 83 % de ceux du baccalauréat : la même année, cette valeur était de 23 % en mathématiques et de 17,5 % en informatique. Pour le seul doctorat, ce pourcentage était de 37,4 % en physique, en comparaison de 5,3 % en mathématiques et de 2,4 % en informatique. Ces valeurs présentées à l'**annexe IV-A** montrent, de façon éclatante, l'importance des études supérieures en physique. Il faut noter qu'en 1996, les pourcentages avaient déjà augmenté en sorte qu'on comptait un nombre égal de diplômés aux cycles supérieurs et au baccalauréat.

L'accroissement de la présence féminine en physique est plus spectaculaire au troisième cycle qu'aux deux cycles précédents : leur proportion est passée de 4,4 % à 17,8 % du total de 1986 à 1996, ce qui, cette dernière année, dépasse même leur proportion au baccalauréat. Ailleurs, leur progression relative est moindre (mathématiques) ou négative (informatique). Cette présence accrue pourrait éventuellement se faire ressentir sur leur diplomation qui, on peut le déplorer, demeure encore modeste en 1996 (6,8 %).

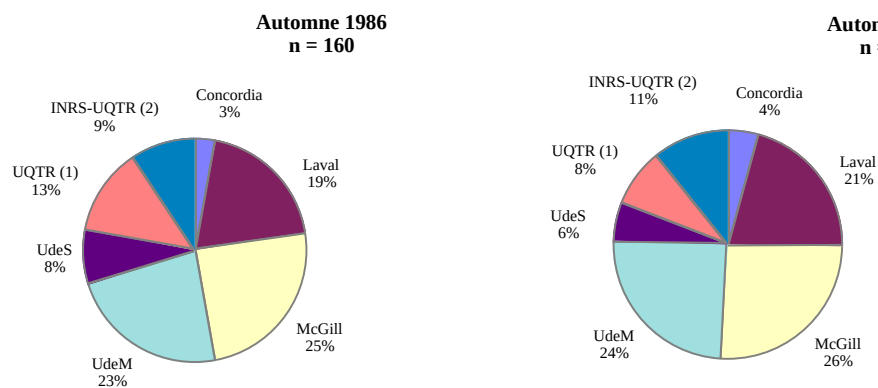
Figure 2.7

Données sur les doctorats en physique dans les universités québécoises

A. Évolution des inscriptions totales (1984-1996)



B. Répartition de l'effectif étudiant entre les établissements (1986/1996)



(1) Doctorat en biophysique

(2) Doctorat en sciences de l'énergie et des matériaux de l'INRS extensionné à l'UQTR

2.4 Espaces d'expérimentation

La physique se réalise dans la conjonction équilibrée de trois dimensions également importantes : théorique, expérimentale et de simulation, ce dernier aspect émergeant aujourd'hui comme un incontournable des activités de recherche. C'est à la condition de cet équilibre que les étudiants recevront une solide formation et que la discipline pourra progresser.

Or, on assiste depuis quelques décennies au Québec à un glissement vers la physique théorique aux dépens de la physique expérimentale, lequel s'esquisse dès le niveau d'enseignement secondaire et s'accroît à l'université, faute des investissements nécessaires dans les laboratoires à l'usage des étudiants de premier cycle. Ce phénomène peut conduire à former des théoriciens et, au moment de l'embauche de professeurs, à favoriser leur candidature, en l'absence du soutien institutionnel nécessaire à l'enseignement et à la recherche.

Une trop forte inclination de la formation et de la recherche vers la théorie comporte le risque majeur de réduire les retombées extérieures de la recherche québécoise et à moyen terme, a-t-on évoqué, d'entraîner la « tiers-mondisation » de la discipline au Québec. Bref, on risque d'oublier que la théorie doit s'appuyer sur l'expérience pour être validée.

L'Université Laval a réalisé un effort particulier pour rééquilibrer les aspects théorique et expérimental de la formation, comme le reflètent à un autre niveau les axes de recherche, l'aspect expérimental préparant particulièrement bien les diplômés à la physique appliquée, au développement de l'instrumentation et à la modélisation, de telle sorte qu'il renferme déjà des objectifs de formation professionnelle valables sur le marché du travail. L'Université de Sherbrooke offre, dès la deuxième session, une solide formation expérimentale et a réalisé l'intégration d'outils informatiques et de technologies de pointe aux travaux pratiques. Concordia dispose pour le niveau débutant de laboratoires de conception originale gérés par un système informatisé, qui se révèlent particulièrement rentables pour de grands groupes d'étudiants. Mais les étudiants n'ont pas, partout, un contact aussi précoce avec l'aspect expérimental de leur discipline.

Par exemple, ce n'est que tout récemment que l'Université de Montréal modifiait son programme pour y réintroduire les laboratoires en première année, lesquels avaient été retirés à la demande même des étudiants. Dans l'étude citée auparavant sur le taux d'abandon, cette lacune figurait au nombre des facteurs pouvant contribuer au manque de motivation des étudiants qui considèrent les laboratoires comme un lieu privilégié de travail en équipe et d'amélioration de leurs relations interpersonnelles. D'un autre point de vue, on estime que « *by having more hands-on experiments in first-year, it is hoped to provide students with a more realistic understanding of the research process*¹¹ ». Pour sa part, Bishop's estime qu'il serait très utile à ses étudiants de pouvoir utiliser les installations d'autres établissements d'enseignement « avec, idéalement, un certain degré de réciprocité¹² ».

L'informatique a profondément modifié la façon de faire, d'aborder et de penser la physique, et appartient dorénavant à son univers culturel aussi bien que technique. Alors que les activités de recherche ont intégré avec bonheur les outils informatiques et la pensée « algorithmique » qu'ils supposent – le processus plutôt que le résultat¹³ –, on peut s'étonner de ce que cette intégration ne se soit pas encore produite partout au premier cycle. Comme il en sera discuté de nouveau à la section III, on peut supposer que la lourdeur et l'obsolescence rapide des équipements nécessaires participent au peu d'intérêt qu'ont certaines institutions à les procurer aux laboratoires de premier cycle. Signalons que l'intégration est chose faite à l'Université de Sherbrooke, à l'Université de Montréal et à l'UQTR et qu'en 1995, McGill introduisait un cours de *Computers in Physics* dans le curriculum de premier cycle.

¹¹ Jesús Vásquez-Abad, Laura R. Winer et Jean-Robert Derome, *op. cit.*

¹² Avis de Lorne Nelson, directeur, Département de physique, Université Bishop's.

¹³ Par opposition avec la pensée mathématique dont les modèles pour représenter la réalité permettent des prévisions de résultats qui seront mises à l'épreuve par l'expérimentation systématique.

2.5 Enseignement de la physique dans l'université

La physique, même si cela, de façon moins spectaculaire que les mathématiques, offre de nombreux cours de service aux étudiants d'autres disciplines : aux étudiants de science d'abord, mais aussi à ceux de disciplines plus apparemment lointaines, telles que les lettres, les sciences sociales et les beaux-arts.

La contribution des départements de physique à des cours exogènes atteint des pourcentages aussi élevés que 83,3 % des crédits-étudiants totaux pour Laval où le département participe aux baccalauréats en enseignement secondaire (chimie-physique et mathématiques-physique), géomatique, géologie et génie électrique. Ce pourcentage se situe au voisinage de 66 % pour Concordia, qui offre sept cours de service, et pour l'UQAM, qui en offre jusqu'à 41, avec une moyenne d'environ 48 % pour l'ensemble des établissements qui y contribuent généralement¹⁴.

L'échange pour l'UQAC prend une autre tournure : il ne reste plus que 20 % de cours exclusifs au programme de physique, ce qui va dans le sens du souhait, dans une perspective de concertation, à « instaurer des collaborations inter-programmes à l'intérieur d'une même institution avant de songer à étendre ces collaborations entre universités¹⁵ ». Depuis quelques années seulement, il n'y a que deux cours de service en physique dans cette université; « en fait, de dire le responsable du programme, si la vocation services aux autres disciplines était accrue significativement, il ne pourrait en résulter que des effets bénéfiques pour la physique à l'UQAC¹⁶. »

À McGill, le département offre des cours d'intérêt général ou des cours de service qui représentent plus de 28 % de l'ensemble des crédits-étudiants qui en émanent. Le Département de physique de l'Université de Sherbrooke contribue de façon importante à la formation des maîtres du secondaire par sa participation à deux programmes de baccalauréat en enseignement secondaire (cheminements mathématiques-physique et sciences expérimentales).

De nombreux cours de physique de l'UQAM et de l'UQTR sont au menu des programmes de premier cycle en mathématiques (pour les deux), en microélectronique, en géographie physique, en environnement, et en science, technologie et société (UQAM), ainsi qu'en génie électrique et en biophysique (UQTR). Les deux baccalauréats alimentent les profils de sciences et de mathématiques (option physique) dans le cadre de la formation des maîtres. À l'UQTR, le département fournit également l'ensemble des cours du profil de physique du programme de certificat de perfectionnement en enseignement secondaire créé, en 1996, à l'intention des maîtres en exercice qui souhaitent se former dans une seconde discipline.

2.6 Conclusion de ce chapitre

Les valeurs présentées dans ce chapitre doivent être lues en continuité. On ne peut mieux saisir la problématique qui est celle de la physique, non seulement au Québec, mais dans l'ensemble des pays industrialisés. C'est-à-dire des contingents finalement modestes au premier cycle (environ 660) prolongés par un nombre relativement imposant d'étudiants aux cycles supérieurs (plus de 450). Dans certaines universités, on compte même plus d'étudiants gradués que de premier cycle : en 1996, 67 étudiants fréquentaient le premier cycle à Laval, alors que 86 poursuivaient des études supérieures. Ensemble, les départements ont décerné en 1996 un nombre égal de diplômes aux cycles supérieurs et au premier cycle (**annexes I-A, B et C**). Ce poids imposant des cycles supérieurs en physique contraste avec de nombreuses autres disciplines où ils font office d'entonnoir et confirme, s'il était besoin, la vocation de recherche et de formation à la recherche des départements de physique qui attirent de nombreux étudiants canadiens et internationaux.

¹⁴ Données fournies par les établissements.

¹⁵ Avis de André Francoeur, directeur, Module des sciences fondamentales, UQAC.

¹⁶ Avis de André Leclerc, responsable du programme de physique, UQAC.

En outre, on n'insistera jamais assez sur le fait que la physique est une discipline fondamentale dont l'importance s'évalue, non pas tant par le nombre absolu de praticiens qu'elle forme directement, que par ses impacts sur les autres sciences et, particulièrement, sur le champ des applications et du développement.

Les universités ont déjà instauré différentes formules pour transiger avec les faibles cohortes, tant au premier cycle et aux cycles supérieurs. À l'Université Laval, un cours de physique de premier cycle n'est dispensé que s'il compte un minimum de 10 étudiants. À Concordia, le seuil est de 25 étudiants en première année, de 15 en deuxième et de huit en troisième. Dans cette même université, un cours aux deuxième et troisième cycles ne sera dispensé que moyennant la participation de cinq étudiants. S'il était généralisé, l'établissement d'un nombre seuil d'étudiants pour la dispensation d'un cours pourrait rendre la collaboration interdépartementale intéressante, particulièrement s'il s'agit de séminaires, en permettant d'optimiser la tâche d'enseignement des professeurs qui, dans certaines universités, s'alourdit et les divertit de leurs activités de recherche.

Perspectives professionnelles pour les diplômés

De l'ensemble des titulaires d'un diplôme de premier cycle en physique disponibles pour l'emploi en janvier 1994, 74,3 % travaillaient effectivement et, de ce nombre, 46,4 % dans un emploi lié au domaine d'études principal et près de 80 % à temps plein¹⁷ (ce qui correspond à un taux de placement à temps plein et lié au domaine d'études de 27,6 %). La situation professionnelle s'améliore substantiellement avec une maîtrise : 90,4 % de ces diplômés travaillent, dont les quatre cinquièmes dans un domaine lié à leurs études.

On admet généralement que ces dernières données doivent être interprétées avec une certaine dose de prudence puisqu'elles s'inscrivent dans le vif d'une récession économique. Les données plus récentes de la Relance 1997 indiquent, toutefois, que, pour les diplômés de 1995, le taux de placement à temps plein et lié au domaine d'études n'a que très légèrement augmenté avec un baccalauréat, soit à 31,9 %, alors que le taux de placement général est de 84,1 %. À la maîtrise, il s'est même détérioré avec une baisse à 29,7 %, quoique le taux de placement général à ce cycle y soit rendu de 100 %.

Une enquête effectuée en 1994 auprès des diplômés du baccalauréat de physique de l'Université Laval révèle qu'il s'agit d'un diplôme terminal pour moins d'un tiers des répondants¹⁸. De ceux-là, 42 % ont, par la suite, complété une maîtrise et 26 % un doctorat. Quatre-vingt-dix-sept pour cent des répondants occupent un emploi qui, pour 60 % d'entre eux, est directement lié à leur formation; c'est par choix personnel qu'une majorité des autres ont répondu positivement à des offres d'emploi. Plusieurs des diplômés de cette université joignent les rangs d'entreprises de haute technologie, lorsqu'ils n'en sont pas eux-mêmes les fondateurs (Dephy, Exfo, Surface Canada, Bomem, LaserInspek, Nortech Fibronics, Fiso..., INO, CNRC, CRDV...)

Un sondage réalisé auprès des diplômés du baccalauréat de l'Université de Sherbrooke tend aux mêmes conclusions en indiquant qu'il y avait tout au plus 3 % de chômage dans leurs rangs en 1992¹⁹. Cette université a mis sur pied de nombreuses activités centrées sur le marché de l'emploi, notamment, un Club de l'emploi et le Midi-physique où sont invités employeurs et physiciens en entreprise.

Au Canada, en 1994, trois diplômés sur quatre ont trouvé un emploi à temps plein et un sur vingt, un emploi à temps partiel²⁰ : le taux de chômage chez les diplômés du premier cycle universitaire en physique était deux fois plus élevé que chez l'ensemble des autres diplômés du même cycle. La situation est similaire avec une maîtrise. Une proportion nettement inférieure à la moyenne de ces diplômés de premier cycle trouvent des emplois qui, selon eux, ont un lien direct avec leur formation, cette proportion augmentant dès l'obtention d'une maîtrise pour rejoindre la moyenne. Les diplômés choisissent souvent les mêmes professions que ceux en génie, en mathématiques et en informatique.

Selon un sondage réalisé par l'Association canadienne des physiciens sur la période s'étendant de 1985 à 1996²¹, les physiciens canadiens connaissent un taux de chômage de 2 à 3 %, et qui tombe sous le seuil de 1 % pour ceux ayant complété des études supérieures. Les quatre cinquièmes des diplômés demeurent et travaillent au Canada. Quarante pour cent des diplômés à la maîtrise et 30 % au doctorat oeuvrent dans des environnements de travail non directement reliés à la physique, mais ils y utilisent leurs connaissances et

¹⁷ Marc Audet, *Qu'advient-il des diplômés ? La promotion de 1992*, Gouvernement du Québec, 1995, 674 pages (p. 571-573).

¹⁸ Données fournies par l'établissement. Le sondage a été complété par 167 des 225 diplômés des dernières années ayant été rejoints (efficacité de près de 75 %).

¹⁹ Données fournies par l'établissement.

²⁰ *Emploi-Avenir, Édition 1996*, Ottawa, Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1996; vol. 1 : Perspectives professionnelles (469 pages); vol. 2 : Perspectives de carrière pour les diplômés (326 pages).

²¹ Bev Robertson et Michael Steinitz, *Review of Canadian Academic Physics. Highly Qualified Personnel Study*, 16 septembre 1997, 18 pages (p. 2).

leur expérience dans le domaine. Dès lors, l'étude conclut qu'une attention accrue devrait être apportée, dans le cadre de la formation en physique, à l'application à d'autres domaines des processus de raisonnement propres à la discipline, ce qui pourrait préparer encore mieux les diplômés à s'intégrer dans ces environnements auxquels ils apportent leurs perspectives originales. « *Four decades ago, a liberal arts education was thought to prepare one well for any professional endeavour... Physics is the liberal arts education for a technological society*²². »

L'*International Association of Physics Students* (IAPS) avance des chiffres de « transfuges disciplinaires » encore plus percutants : à travers le monde, le tiers seulement des diplômés en physique travailleraient directement dans le champ même de la physique²³. Cela vient attester, une fois de plus, de la diffusion d'une telle formation et du large spectre d'occupations réservées à ces diplômés.

L'Université de Sherbrooke et Concordia proposent des programmes coopératifs qui permettent, dès la troisième session, l'alternance de sessions d'études et de stages favorables à une insertion rapide sur le marché du travail. De façon générale, les stages constituent un moyen privilégié d'intégrer la théorie et la pratique et d'acquérir les habiletés et attitudes nécessaires à l'exercice de sa future profession. Cela dit, même s'ils ne portent pas l'appellation « coopératifs », d'autres programmes, tels ceux de McGill, de l'Université de Montréal et de l'UQTR, offrent la possibilité de stages qui, à certains endroits, sont rémunérés par les groupes de recherche. Des départements disent souhaiter augmenter l'arrimage et les liens avec les entreprises de haute technologie de leur région susceptibles d'embaucher les diplômés.

Concordia offre deux types de maîtrise, dont l'une est en voie d'être élargie vers une maîtrise professionnelle – un type de plus en plus commun aux États-Unis – comportant un rapport de stage et préparant directement au marché du travail. Cette formule implique que l'étudiant suive la moitié de ses cours (4) dans d'autres départements – génie, administration des affaires, informatique – et effectue un stage de huit mois dans l'industrie.

Deux volets, fondamental et expérimental, sont proposés par la maîtrise de l'UQTR extensionnée à l'UQAM : le premier, grâce à son orientation physique mathématique, prépare l'étudiant à la recherche, aussi bien théorique qu'expérimentale. Le second, par ses orientations microélectronique et matériaux, le prépare plus spécifiquement à une carrière dans le secteur industriel. En fonction de sa formation antérieure, l'orientation microélectronique peut amener le futur diplômé, qui aura acquis des expériences de recherche tant en matériel qu'en logiciel, à oeuvrer dans les secteurs de haute technologie. L'orientation matériaux axée sur les diélectriques et l'acoustique permettra au diplômé de travailler dans des secteurs de pointe tels l'isolation électrique, les télécommunications, l'avionnerie et la pétrochimie.

²² Joseph M. Pinley, *Physicists in Finance*, *Physics Today*, janvier 1997, page 42, cité dans Robertson et Steinitz, *op. cit.*

²³ <<http://www.nikhef.nl/pub/iaps>>. L'IAPS est le seul organisme international pour les étudiants de physique. Fondé en 1987, il vise, notamment, « *to encourage physics students in their academic and professional work within an international context.* »

Corps professoral

En 1997, le corps professoral en physique dans les universités québécoises s'élève à un peu plus de 160 membres, après avoir subi une diminution de 13,6 % depuis 1995 (**tableau 4.1**).

Les prochaines années accentueront cette tendance : ainsi, de 1995 à 2000, les départements, avec 20 départs pour 7 embauches, auront perdu plus du cinquième de leur effectif professoral, les plus touchés étant ceux de McGill²⁴ et de l'Université de Montréal (environ 23 % pour chacun), de l'UQTR (où l'unité de petite taille se ressent durement de la perte nette de trois professeurs) et de Laval (-17,6 %).

Dans le même intervalle, le corps professoral de Concordia sera passé de 14 à 8 membres et l'université a indiqué l'intention de ne pas procéder à son renouvellement. À l'UQAM, on est à combler un poste laissé vacant pour reconstituer le corps professoral à hauteur de sept membres.

Seulement dans les universités montréalaises (excluant l'INRS), le nombre de professeurs est passé de 100 en 1995 à 85,5 en 1997 et devrait descendre à 74,5 en l'an 2000, ce qui représente une diminution de 25,5 % de 1995 à 2000. Si l'on inclut l'INRS, le corps professoral passera durant le même intervalle de 126 à 97,5 (-22,6 %). Le Département de physique de l'Université de Montréal, le plus grand au Québec avec 47 professeurs et chercheurs en 1995 et 41,5 en 1997, verrait son corps professoral réduit à 31 d'ici cinq ans. Dans les universités hors de Montréal, le nombre des professeurs aura connu une baisse moindre en pourcentage (-16,4 %).

Le Centre Énergie et matériaux de l'INRS compte 21 professeurs répartis à peu près également entre ses deux axes fondamentaux de recherche, lesquels partagent des intersections croissantes. Il s'agit de la seule institution québécoise qui affiche un solde positif prévu pour l'embauche d'ici l'an 2000, bien qu'il faille mentionner que les niveaux de 1995 ne seront pas rejoints.

Depuis 1995, l'âge moyen augmente sensiblement dans toutes les unités, exception faite de l'UQAM et de l'UQTR où le départ de quelques professeurs s'est traduit par un léger rajeunissement. Ce sont McGill et l'Université de Montréal, suivies par Laval, qui comptent le plus grand nombre de professeurs âgés de 60 ans et plus – au-delà du quart du corps professoral à McGill – augurant d'ici les cinq prochaines années des départs au-delà de ceux annoncés par les prévisions pour l'an 2000. Il vaut la peine de signaler que les départements de physique ont misé, depuis le début des années 90, sur le renouvellement de la base professorale, comme en témoigne le pourcentage de 30 % de l'effectif total compris dans la tranche d'âge de 35 à 44 ans. Près de la moitié des professeurs de McGill sont âgés de moins de 45 ans et c'est le cas de 40 % à l'Université de Montréal.

Le pourcentage élevé de détenteurs de doctorat – plus de 97 % – n'est pas pour surprendre dans ce domaine profondément investi en recherche. On pourra mettre ce pourcentage en regard des valeurs correspondantes en informatique et en mathématiques.

Parce que l'enseignement en physique s'arrime traditionnellement à l'expérience de la recherche et parce que les faibles clientèles ne justifient pas d'y faire appel, la contribution des chargés de cours dans l'ensemble est nulle ou très faible, largement inférieure, donc, à la leur en mathématiques et à un moindre degré, en informatique.

²⁴ Il faut préciser que McGill n'a aucune politique de non-remplacement.

Tableau 4.1

Caractéristiques du corps professoral en physique dans les universités québécoises, automnes 1995/1996/1997

Établissement	Professeurs réguliers			Prévisions 2000-2001	Détenteurs de doctorats			Âge moyen (ans)			60 ans et +			Contribution des chargés de cours ¹		
	95	96	97		95	96	97	95	96	97	95	96	97	95	96	97
Bishop's	2	2	2	3	2	2	2	51	36	37	1	0	0	2	2	2
Concordia	14	12	8	8	13	11	*	55,3	56,2	*	2	3	*	2,5	5	*
Laval	34	32	31	28	32	31	30	49,9	*	50,7	5	*	5	0	0	0
McGill	30	29	29	23	30	29	29	48,2	48,7	49,7	5	6	8	2	2,5	1
UdeM	47	*	41,5	36,5	47	*	41,5	49	*	49,6	11	*	8	*	*	0
UdeS	12	*	13	12	11	*	12	46,42	*	47,8	1	*	1	2	2	3
UQAC	5	5	4	3	5	5	4	*	54,6	55,3	0	0	0	*	2	1
UQAM	9	8	7	7	7	6	6	53,2	52,8	51,7	1	1	0	5	4	9
UQTR	8	7	5	5	7	7	5	54,9	54	52	3	2	0	1	4	6
INRS-Énergie et Matériaux	26	25	21	23	26	25	21	38	39	40	2	2	1	*	*	*
Total	187		161,5	148,5												

* données non disponibles

¹ Nombre total de cours donnés par les chargés de cours, excluant les cours en appoint des professeurs

² Selon les données de l'EPE (1995), la Télé-université comptait un professeur régulier dans le secteur de la physique.

Sources : a) Enquête sur le personnel enseignant (EPE), CREPUQ;
b) données fournies par les établissements.

En raison des départs à la retraite passés et à venir, tous les départements québécois seront inévitablement mis au défi de maintenir la masse critique dans chacun de leurs axes de recherche tout en préservant la diversité nécessaire.

Ainsi, plusieurs des professeurs récemment embauchés à Laval l'ont été en astrophysique, de même qu'en optoélectronique, matériaux, lasers et fibres optiques, confirmant la nette orientation du département vers la physique appliquée : on y projette même de rebaptiser le département « de physique pure et appliquée ».

En dernière analyse, ce sont moins les départs à la retraite en physique que la résolution déclarée des institutions de ne pas reconstituer le corps professoral dans les départements touchés qui confère à la situation ses particularités. Quoique bon nombre de départements canadiens hors Québec subissent eux-mêmes une décroissance à ce chapitre, ils demeurent, depuis la fin des années 70, de taille deux fois supérieure à leurs homologues québécois. Rien ne laissant espérer, du moins dans l'immédiat, un revirement de cette tendance, les universités pourraient trouver dans une meilleure intégration de leurs activités d'enseignement et d'encadrement des conditions favorables, dans une perspective d'excellence, à la synergie des forces vives en physique au Québec.

Introduction

« Les savants, les physiciens, les chimistes sont bien des auteurs, au même titre que les écrivains²⁵. »

Au cours des cinquante dernières années, des investissements importants ont été consentis en physique par la société nord-américaine, notamment pour constituer des corps professoraux, donc des équipes de recherche, qui amèneront les retombées spectaculaires que l'on sait. Plutôt que par l'effectif étudiant du premier cycle, ces investissements ont été et sont justifiés par la portée et la renommée découlant de la recherche dans le domaine.

Dix établissements sont engagés, bien qu'à des degrés différents, dans la recherche en physique. Cette dernière est héritière d'une riche tradition de collaboration et l'énumération de l'ensemble des projets en partenariat serait un exercice aussi fastidieux qu'ennuyant pour le lecteur. Qu'il suffise de dire que la physique est profondément « collective », une donnée historique qui s'est vue renforcée, au Québec, par les grandes orientations de l'OSF²⁶ (Opération sciences fondamentales) menée en 1974 et qui, aujourd'hui, est encouragée par les politiques des organismes subventionnaires.

5.1 Axes et groupes de recherche

Les principaux secteurs de recherche à **Concordia** sont la matière condensée, sous ses aspects théorique, expérimental et appliqué, et la théorie des hautes énergies, supportées respectivement par trois et deux chercheurs²⁷. Le premier domaine fait l'objet d'une collaboration très intense avec des chercheurs canadiens et de l'extérieur du pays – d'Irlande, d'Israël, de Belgique, de France, d'Australie, d'Ukraine – et celui de recherches conjointes avec plusieurs chercheurs au sein de l'université même. Le second domaine est le lieu d'une collaboration avec des chercheurs de l'UQAM et avec des laboratoires américains et scandinaves. Enfin, deux professeurs du département se consacrent particulièrement à la recherche en enseignement de la physique.

Les chercheurs de l'**Université McGill** se partagent à égalité entre trois secteurs supportés à la fois par la recherche théorique et appliquée : la matière condensée, la physique des hautes énergies et la physique nucléaire²⁸, tous trois associés à des centres.

Le *Center for Physics of Materials* (CPM), composé de trois équipes FCAR, est consacré à l'étude, la fabrication et la caractérisation de nouveaux matériaux et fait appel à l'expertise de chercheurs en matière condensée, en science appliquée et en chimie. Ses chercheurs bénéficient des installations du laboratoire de caractérisation des matériaux de l'Institut de recherche en électricité du Québec (IREQ) avec lequel il a des collaborations, ainsi qu'avec le CNRC.

Le *Center for High Energy Physics* (CHEP) mène des projets communs avec des laboratoires américains et allemand et a des collaborations avec des chercheurs de l'Université de Montréal et de l'UQAM. Le Centre est également actif dans les champs connexes de la cosmologie et de l'astrophysique. En 1994, les

²⁵ James Lovelock, l'un des fondateurs théoriques de l'écologie, dans une entrevue accordée à Guy Sorman (*Les vrais penseurs de notre temps*, Paris, Éditions Fayard, 1989, 410 pages).

²⁶ Claude Delisle (Université Laval), Dossier de sous-secteur. La physique, 1^{ère} partie : Analyse de la situation actuelle (205 pages); 2^{ème} partie : Étude de prospective (123 pages); 3^{ème} partie : Les besoins du sous-secteur et Conclusions. Voir aussi le *Rapport au Ministère de l'Éducation*, Direction générale de l'enseignement supérieur, avril 1976, 625 pages.

²⁷ <<http://fermi.concordia.ca/physics.html>>

²⁸ <<http://www.physics.mcgill.ca>>

membres de la collaboration CDF (Fermilab, États-Unis) annonçaient la première preuve expérimentale de la masse du top quark.

Enfin, la plupart des expériences en physique nucléaire, autrefois menées dans le *Foster Radiation Laboratory* (FRL), se réalisent en collaboration avec d'importants centres d'accélérateurs en Europe, aux États-Unis et au Canada. La planification expérimentale, ainsi que la conception, la préparation et l'assemblage de l'équipement nécessaire à ces expériences s'effectuent à McGill.

L'**Observatoire du Mont Mégantic (OMM)** est un exemple d'une entente bipartite harmonieuse avec opération et exploitation conjointe des infrastructures²⁹. Réunissant l'Université de Montréal et l'Université Laval, ce centre de recherche, doté d'un télescope de 1,6 mètres, est particulièrement bien équipé pour l'imagerie et la spectroscopie dans un vaste domaine de longueur d'onde.

Plusieurs chercheurs du groupe d'astrophysique de l'**Université de Montréal** sont associés au Centre de recherche en calcul appliqué (CERCA)³⁰, particulièrement dans les domaines d'application astrophysique de la mécanique des fluides. C'est à un membre du groupe d'astrophysique qu'on doit la mise au point d'un photomètre conçu expressément pour l'observation des étoiles pulsantes³¹ et ayant permis d'abréger de cinq fois le temps d'observation requis pour détecter les changements de période de ce type d'étoiles. Une autre équipe de l'Université de Montréal s'est fait connaître mondialement, en 1982, par la découverte d'une nouvelle classe d'étoiles, les naines blanches pulsantes à l'hélium. Fait unique dans les annales de l'astronomie, cette équipe en avait prédit l'existence au moyen de modèles mathématiques, avant même de les avoir observées.

L'astronomie et l'astrophysique ne sont que l'un des six axes de recherche en physique de l'université qui s'incarnent dans autant de groupes de recherche : la biophysique dans le Groupe de recherche en transport membranaire (GRTM) qui associe physique et physiologie en collaboration avec la Faculté de médecine, la matière condensée dans le Groupe de recherche en physique et technologie des couches minces (GCM), lequel compte également des chercheurs de l'École Polytechnique, le Groupe de physique des plasmas qui poursuit depuis plusieurs années une collaboration avec le Département de chimie et deux projets avec l'INRS-Énergie et matériaux, le Groupe de physique expérimentale des particules en collaboration avec McGill et l'UQAM, et enfin, le Groupe de théorie des champs et physique théorique des particules, en collaboration avec le Centre de recherches mathématiques.

La majorité des chercheurs de **Laval** sont subventionnés pour des projets en physique expérimentale³². Cette particularité se répercute sur le programme même de premier cycle où l'accent est mis sur l'appareillage, l'instrumentation et le traitement des données. Laval abrite trois Centres de recherche et plusieurs équipes FCAR, et participe à cinq équipes avec des chercheurs de l'extérieur³³. Une portion très importante des activités de recherche se déploie sous le thème de l'optique (photonique, optoélectronique et lasers) dont l'expertise sert au développement d'instruments pour l'Observatoire du Mont Mégantic. Signalons, au passage, qu'une équipe du Groupe de recherche en astrophysique de l'Université Laval, mis sur pied en 1976 avec la création de l'Observatoire, a découvert l'une des cinq étoiles lumineuses bleues variables de notre galaxie, un phénomène rarissime.

La forte présence de l'optique, qui mobilise la moitié des ressources humaines du département, fait de l'université un centre de calibre mondial et unique au Canada. C'est cette présence dans la région de Québec qui a amené la création de l'Institut national d'optique³⁴ (INO) en 1985 et celle de plusieurs

²⁹ <<http://www.astro.umontreal.ca/Home/omm/omm.html>>

³⁰ Qui sera plus amplement décrit à la section II (mathématiques), chapitre 6.

³¹ Aussi appelées « pulsars ». Découverts en 1967, les pulsars sont des étoiles à neutrons qui émettent des rayonnements radio périodiques en tournant sur elles-mêmes. Comme les trous noirs, les étoiles pulsantes représentent la fin de l'évolution d'une étoile.

³² Le département est partenaire de l'OMM, du CERPIC (Centre de recherche sur les interfaces et la catalyse), d'un groupe de recherche FCAR avec le CRM (Centre de recherches mathématiques) et avec l'Université de Montréal, ainsi que d'une Équipe coopérative internationale (Laval, Stanford, Polytechnique, INO).

³³ <<http://www.phy.ulaval.ca/rech.html>>

³⁴ L'INO, une corporation privée à but non lucratif, emploie à son siège social de Sainte-Foy plus de cent personnes, dont une soixantaine de scientifiques spécialisés. L'INO oriente ses travaux de développement autour de cinq axes : les systèmes optiques et

entreprises de haute technologie oeuvrant dans le domaine. Un professeur du Département de physique de l'Université et chercheur au Centre d'optique, photonique et laser (COPL), auquel participent les départements de physique et de génie électrique, a fabriqué un « moteur » alimenté par le spin des photons, les particules constitutives de la lumière : cette réalisation figure au palmarès des dix grandes découvertes de l'année 1997 du magazine Québec Science³⁵.

Parmi les autres domaines de spécialisation, citons la physique nucléaire, la microgravité, la physique atomique et moléculaire, la physique des surfaces qui, par ses applications en spectroscopie laser, optoélectronique, matériaux enregistreurs, matériaux industriels et microélectronique, est en relation avec la recherche s'effectuant en optique, en matériaux et en astrophysique. Malgré l'accent mis sur l'aspect expérimental, une équipe, regroupée au Laboratoire de physique théorique (LAPHYT), assure l'autre volet.

Oeuvrant dans le domaine de la physique du solide depuis près de 25 ans, l'**Université de Sherbrooke** s'est concentrée délibérément sur un seul domaine de recherche – la matière condensée – un choix tenu alors comme une condition à la vitalité des recherches et à leur rayonnement international³⁶. Cette orientation était consacrée, en 1983, par la fondation du Centre de recherche en physique du solide (CRPS), l'un des groupes d'excellence de l'Université. Ce centre FCAR privilégie plus spécifiquement les matériaux supraconducteurs et ceux utilisés dans le secteur de la microélectronique et de l'optoélectronique³⁷, secteurs de haute technologie considérés stratégiques par le gouvernement canadien³⁸.

Les chercheurs, qui sont regroupés dans trois équipes, viennent des départements de physique et de génie électrique et informatique et les collaborations incluent des chercheurs des départements de chimie et de radiobiologie de la Faculté de médecine. Le Centre accueille une quarantaine d'étudiantes et étudiants aux cycles supérieurs, plusieurs chercheurs postdoctoraux et techniciens. « Le CRPS est reconnu comme l'un des chefs de file mondiaux dans le domaine des conducteurs organiques et il se classe parmi les meilleurs centres de recherche en physique du solide au Canada [...] »³⁹. Il s'agit de la seule équipe canadienne oeuvrant activement dans le domaine des conducteurs organiques – l'un de ses deux autres axes de recherche – et du seul centre québécois dont la majeure partie des travaux dans ce domaine est fondamentale.

Son infrastructure comprend des salles blanches, des salles propres, des liquéfacteurs pour les liquides cryogéniques (azote et hélium) ainsi que des lignes de récupération d'hélium. À plusieurs égards, ces installations sont uniques au Québec, et dans certains cas, au Canada. Présentement, la concertation et la mise en commun d'équipements s'exercent principalement entre les chercheurs du Centre. Celui-ci compte s'adjoindre une nouvelle équipe sur la matière molle⁴⁰, domaine encore peu couvert au Québec, si ce n'est par l'INRS-Énergie et matériaux qui en a récemment abordé l'étude.

Les chercheurs du Centre entretiennent des relations étroites avec le Laboratoire de physique du solide d'Orsay (Université de Paris-Sud), Nortel, le Conseil national de recherches du Canada et l'École Polytechnique. Dans le cadre de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) dont il est membre, le Centre organise depuis plus de vingt ans des écoles d'été fréquentées par des étudiants d'autres universités.

composants; les matériaux et procédés photoniques; la photonique et l'optique guidée; la technologie des systèmes laser; le traitement de l'information.

³⁵ Cette découverte a d'abord été publiée dans *Physical Review Letter* d'avril 1997 et fait l'objet de la manchette du numéro de juin 97 du *OE Report*, le journal de l'International Society for Optical Engineering.

³⁶ <http://www.usherb.ca/#La_recherche>

³⁷ Les découvertes réalisées dans le domaine de la physique du solide (matière condensée) ont profondément transformé notre vie : pensons aux microprocesseurs, aux lasers à l'état solide appliqués aux télécommunications ou à la lecture de disques compacts, aux applications dans le secteur biomédical, etc. L'étude des mécanismes de la supraconductivité, la mise au point de matériaux supraconducteurs à la température de la pièce et les nanostructures promettent de nombreuses applications.

³⁸ *Vision jusqu'en 2001, Science et technologie pour l'avenir du Canada*, Conseil national de recherche du Canada (CNRC), mars 1996 (<http://www.corpserv.nrc.ca/corpserv/2001_f.html>).

³⁹ Document de présentation du département de physique de l'Université de Sherbrooke, soumis à la sous-commission.

⁴⁰ La matière molle désigne une matière dont les propriétés se trouvent aux confins du solide et du liquide et qui peut brusquement passer d'un état à l'autre lors d'un changement de conditions : c'est un groupe auquel appartiennent, notamment, les cristaux liquides.

L'**UQAM**⁴¹ a longtemps compté sur un seul axe de recherche, celui des sciences de l'atmosphère/météorologie – un créneau fort dans l'institution – lequel devait être transféré, il y a huit ans, au département des sciences de la terre de l'établissement. En 1992, un nouvel axe de développement en physique des hautes énergies/particules élémentaires était créé, avec l'embauche, l'année suivante, de deux professeurs dont la recherche est orientée vers la théorie. Des professeurs du département participent à un projet de centre de recherche en hautes énergies avec des collègues de McGill et de l'Université de Montréal.

L'**INRS-Énergie et Matériaux** est, de tous les centres de l'Institut, celui qui met le plus l'accent sur la recherche stratégique⁴². Ses principaux domaines d'investigation sont l'interaction plasmas-matériaux, étudiée dans le contexte du centre d'excellence en micro-électronique MICRONET, la fusion nucléaire, dont les recherches s'effectuent au Centre canadien de fusion magnétique (CCFM)⁴³ en participant à l'exploitation du tokamak de recherche TdeV, à Varennes. L'interaction laser-matière, les matériaux énergétiques et la science des interfaces.

Le Centre collabore avec plusieurs laboratoires et instituts : l'Institut de recherche en électricité du Québec (IREQ), l'Institut des matériaux industriels (IMI) du Conseil National de Recherches du Canada, le Laboratoire de diversification énergétique (LRDE) du ministère des Ressources naturelles du Canada et l'Agence spatiale canadienne. Il est engagé dans des activités de recherche conjointes avec le département de physique de l'Université de Montréal dans le domaine des plasmas et avec celui de l'UQTR dans le champ des nouveaux matériaux énergétiques. Ses activités de recherche dépassent les frontières traditionnelles de la physique pour rejoindre la chimie (électrochimie et polymères).

L'Institut de recherche sur l'hydrogène de l'**UQTR**, centre de gravité de la recherche en physique dans l'Université, a développé une expertise scientifique et technologique dans le domaine du stockage, du transport et de la sécurité de l'hydrogène. Détentrice de plusieurs brevets et dotée d'équipements de pointe, cette structure de recherche unique au Canada oeuvre en étroite collaboration avec le milieu industriel, aussi bien qu'avec des équipes universitaires canadiennes et françaises. D'ailleurs, le volet appliqué de la maîtrise (microélectronique et matériaux) est organisé autour des activités de recherche de l'Institut. Ce volet prépare à la recherche et au développement dans le secteur industriel, y compris dans des secteurs de haute technologie ou de pointe, tels les nouveaux matériaux, les essais non destructifs, la conception de procédés de transfert de masse et de chaleur, et la pétrochimie. D'autres axes de recherche sont à souligner : la biophysique, la physique mathématique et la modélisation de dispositifs micro-ondes.

À l'**UQAC**, la recherche en physique s'effectue dans les départements des sciences appliquées et des sciences fondamentales sous la direction des chercheurs des autres disciplines. Le programme de premier cycle de physique alimente les programmes supérieurs en ingénierie et en ressources renouvelables de l'université. Le domaine de recherche privilégié est la télédétection et l'infrastructure lourde pour mener à bien les expériences (par exemple, aéronef) est disponible en région.

Enfin, **Bishop's** est impliquée dans les domaines de l'astrophysique théorique, de la recherche théorique sur l'état physique (*physical state*) et de la physique théorique des particules.

Les axes forts de chaque département, exposés dans les pages qui précèdent, sont sous-jacents au principe de domaines importateurs et exportateurs sur lequel revient le point 6.5.

⁴¹ <<http://www.unites.uqam.ca/src/pub/departements17.html>>

⁴² Éric Bourneuf, Benoît Godin et Michel Trépanier, *De la formation à la recherche au marché du travail : enquête auprès des diplômés de l'INRS*, Bulletin CIRST/ENVEX, numéro 4, août 1996 (<<http://panoramix.uqss.quebec.ca/bri/envex/cirst>>).

⁴³ Le CCFM est cité comme exemple d'une institution qui réunit les conditions favorables à l'innovation technologique des PME, cela grâce aux mécanismes de transfert de technologie qu'elle met en oeuvre. In Michel Trépanier, Yvon Martineau et Sophie-Hélène Bataïni, *À partir de quoi les PME innover-elles?*, Interface, vol. 18, no. 6, novembre-décembre 1997.

5.2 Soutien à la recherche et production scientifique

« La physique, qui a pour objet la recherche du point de vue le plus simple, de l'explication la plus "économique" de la nature de la matière et des forces...⁴⁴ » « Économique », l'explication l'est-elle sans doute, mais on ne peut en dire autant des moyens pour y parvenir. En effet, la physique reçoit annuellement plus de 14 M\$ au total d'organismes subventionnaires reconnus (**tableau 5.1**). En y additionnant les subventions d'autres sources et les contrats, les montants alloués à la physique s'élèvent à 20,6 M\$ – la somme la plus considérable des trois disciplines représentées à la sous-commission –, les établissements les mieux dotés étant, dans l'ordre, l'Université de Montréal, McGill, l'INRS-Énergie et matériaux, Laval, l'UQTR et l'Université de Sherbrooke.

À la lumière des moyens et infrastructures techniques (accélérateurs/collisionneurs de particules, observatoires, synchrotron, microscopes électroniques à haute résolution....) qui procèdent de la nature même des objets d'étude, cette somme « astronomique » est concevable. « Il n'est en effet pas d'autre méthode, pour sonder la matière de plus en plus finement, que de construire des accélérateurs de particules de plus en plus grands⁴⁵ », lesquels, ajoute l'auteur, coûtent à peine plus cher qu'une navette spatiale et beaucoup moins qu'un sous-marin nucléaire !

On retrouvera à l'**annexe IV-F** le recensement numérique de la production scientifique québécoise en physique sur trois années jusqu'en 1996. Les sept dixièmes de cette production consistent en articles publiés dans des revues avec comités de lecture, un pourcentage de plus de dix points supérieur à celui pour le même type de publications en mathématiques et plus du double qu'en informatique. D'après ces données, les physiciens sont moins investis dans l'écriture de livres ou de chapitres de livres que leurs confrères mathématiciens et informaticiens, mais à l'origine d'un plus grand nombre de brevets.

D'après le *Science Citation Index* qui répertorie les revues scientifiques les plus importantes, c'est la recherche québécoise en physique qui, après celle en sciences de la terre, a connu, de 1990 à 1995, la plus forte croissance des articles publiés (39 %), devant la recherche biomédicale (22 %), les sciences appliquées et le génie (21 %), et les mathématiques (18 %)⁴⁶.

5.3 Infrastructure technique et professionnelle de la recherche

Depuis déjà une vingtaine d'années, la lourdeur des infrastructures nécessaires à la recherche en physique a réclamé des groupes de recherche les utilisant qu'ils en concertent l'achat et l'utilisation, comme le relate le passage suivant : « Dans l'ensemble des disciplines scientifiques, la période s'étendant du milieu des années 1950 au milieu des années 1970 en est une de croissance exponentielle. Dans l'euphorie du moment, le développement se fait sans trop de planification, comme l'illustre la construction simultanée d'accélérateurs de particules à Québec et à Montréal. En fait, les notions de "planification nationale" et de "coordination interuniversitaire" n'apparaissent dans le vocabulaire des doyens et des recteurs qu'au cours de la seconde moitié des années 1970. Les coupures budgétaires, qui coïncident avec le renouvellement d'importants équipements de recherche, font alors prendre conscience de l'impossibilité de construire ou d'acheter les mêmes appareils coûteux pour chacune des universités québécoises⁴⁷. »

Le laboratoire des faisceaux d'ions de l'**Université de Montréal** possède deux accélérateurs qui fournissent des faisceaux d'ions à haute énergie utilisés pour la transformation et l'analyse des matériaux. « Une portion du temps de faisceaux est pris par le GCM (*Groupe de recherche en physique et technologie des couches minces*), mais il reste une fraction importante qui reste disponible pour des chercheurs de

⁴⁴ *État des sciences et des techniques*, sous la direction de Nicolas Witkowski, Paris, Boréal-La Découverte, 1991, 495 pages (p. 319).

⁴⁵ *Ibid.*, p. 321 (*Physique des hautes énergies : une course effrénée*).

⁴⁶ *Pour une politique québécoise de l'innovation, Rapport de conjoncture 1998*, Conseil de la science et de la technologie, 1997, 73 pages (p. 41) (<<http://www.cst.gouv.qc.ca>>).

⁴⁷ Luc Chartrand, Raymond Duchesne et Yves Gingras, *Histoire des sciences au Québec*, Montréal, Les Éditions du Boréal, 1987, 481 pages (p. 429).

Tableau 5.1

Données sur la recherche en physique dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAM *	UQTR	INRS	
											(Énergie et matériaux)
◇ Nombre de professeurs réguliers (1995)	2	14	34	30	47	12	5	9	8	26	
◇ SUBVENTIONS et CONTRATS											Total (M\$)
(moyenne des années académiques 94, 95 et 96)											
Total des subventions d'organismes reconnus (SIRU)	25 000	195 804	2 232 126	3 147 675	5 595 955	837 800		290 551	35 000	1 698 000	14,1
• subventions de recherche de tout organisme		155 170	1 655 602	2 525 000	4 227 308	629 000		261 915		880 000	
• subventions d'appareillage du FCAR et du CRSNG		40 634	519 358	400 675	922 298	73 000				316 000	
• subventions pour des projets université-entreprise			26 666	222 000	91 042	135 800				502 000	
• subventions salariales			30 500		355 307						
Montant total des subventions d'autres sources ¹	2 000	9 000 ²	621 579		569 294	171 200 ³	46 873	6 574	597 574	28 000	2,1
Montant total des contrats			321 510	921 000	271 971	41 300	12 600	23 706	566 122	2 250 000	4,4
Total des subventions et contrats	27 000	252 104	3 175 215	4 068 675	6 437 220	1 050 300	59 473	320 831	1 198 696	3 976 000	20,6
◇ PUBLICATIONS	(du 1 ^{er} juin 93 au 31 mai 96)										
• articles publiés dans RAC	7	66	374	459	447	112	2	52	27	314	1860
• articles publiés hors RAC	5		20	Autres : 207	67	3				n/d	
• chapitres de livres	1	16	11		15	6	1		1	11	
• livres			4			1		2		1	
• comptes rendus de conférences arbitrées		44	107		78	15	23		22	59	
• productions			51		n/d	4		3		n/d	
• brevets					5				3 acceptés, 2 soumis	1	
◇ SOUTIEN AUX ÉTUDIANTS											
• Charges de cours (nombre)						4		24		100 000 ⁴	
• Auxiliaires d'enseignement (en \$)			153 237	260 000	72 395	34 600		58 389			
Valeur stagiaires postdoctoraux-année	5			29	25	3,7	2			7	

1 Bureaux de liaison avec les entreprises, bureaux de la recherche ou l'équivalent, fondations de l'université

2 Autres subventions extérieures : 47 300 \$

3 Dont un montant de 21 900 \$ en équipements

4 Contribution de la direction scientifique aux bourses étudiantes

* Les valeurs de 1994-1995 qui participent à la moyenne comprennent les sciences de l'atmosphère qui, jusqu'à cette année-là inclusivement, logeaient dans le département de physique, avant d'être transférées dans celui des sciences de la terre.

1 Bureaux de liaison avec les entreprises, bureaux de la recherche ou l'équivalent, fondations de l'université
2 Autres subventions extérieures : 47 300 \$
3 Dont un montant de 21 900 \$ en équipements
4 Contribution de la direction scientifique aux bourses étudiantes

* Les valeurs de 1994-1995 qui participent à la moyenne comprennent les sciences de l'atmosphère qui, jusqu'à cette année-là inclusivement, logeaient dans le département de physique, avant d'être transférées dans celui des sciences de la terre.

l'extérieur. L'ensemble des techniques d'analyse par faisceaux d'ions est l'un des plus complets au Canada⁴⁸. » Pour la caractérisation et la modélisation de certains types de plasmas et des ondes qui les produisent, le Groupe de physique des plasmas de cette université s'est doté d'équipements modernes et performants : on y trouve, entre autres, de nombreux dispositifs micro-ondes et optiques, dont une chaîne de lasers destinée à la spectroscopie des décharges.

L'**Université Laval** possède un inventaire d'appareils de recherche (incluant divers systèmes lasers, holographiques...), des laboratoires de plusieurs millions de dollars, ainsi qu'un réseau informatique de cinquante stations UNIX et d'une centaine d'ordinateurs. Son groupe de recherche en physique des ions lourds dispose d'un accélérateur.

Et tel que mentionné plus tôt, **Laval** et l'**Université de Montréal** opèrent et exploitent conjointement le plus important observatoire astronomique du Québec, celui du Mont Mégantic.

Le CRPS de l'**Université de Sherbrooke** est reconnu pour son infrastructure de cryogénie (salles blanches) unique au Québec qui permet un ensemble d'activités de recherche de pointe dans le domaine des matériaux soumis aux basses températures et dont la mise à jour constante est précisément l'un des défis majeurs du Centre.

Enfin, l'IRH de l'**UQTR** possède une structure de recherche aussi unique au Québec que ses intérêts d'étude, composée d'équipements de pointe (magnétomètre, analyseur de réseaux, chromatographes en phase gazeuse, compresseur à haute pression...).

Tous les centres ne pouvant posséder toutes les infrastructures, même à l'intérieur du Québec, certains groupes de recherche font appel à des installations dans les autres provinces canadiennes : des membres du groupe de physique expérimentale des particules de l'Université de Montréal travaillent à TRIUMF (*Tri-university Meson Facility*) (Vancouver), l'unique usine à mésons du Canada, sur certains aspects fondamentaux de la physique des muons. D'autres participent actuellement à l'expérience OPAL réalisée auprès de l'accélérateur LEP (*Large Electron Positron Collider*) au CERN (Laboratoire européen de physique des particules, Genève), ainsi qu'au même endroit, à la préparation d'expériences au futur collisionneur hadronique LHC (*Large Hadron Collider*)⁴⁹.

Une autre partie du groupe, comme c'est le cas aussi de chercheurs du CHEP de McGill, est impliquée dans l'usine-B au Stanford Linear Accelerator (SLAC) (Stanford, États-Unis), où l'étude des mésons B est à l'honneur. Cela, lorsque les chercheurs en astronomie et astrophysique des universités québécoises ne réservent pas des heures d'observation dans divers observatoires terrestres⁵⁰ ou spatiaux⁵¹. Des chercheurs de l'Université Laval réalisent des expériences auprès des accélérateurs de grands centres nationaux, tels GANIL (système multidétecteur) ou, bientôt, au cyclotron du Texas A & M University.

Des membres du CHEP et des chercheurs en physique nucléaire de McGill participent au projet expérimental PHENIX au Brookhaven National Laboratory (États-Unis) où l'on construit actuellement le *Relativistic Heavy-Ion Collider* (RHIC) dont la conception d'une composante centrale relève de McGill; d'autres travaillent aux États-Unis ou au DESY en Allemagne. Des projets sont menés par le groupe au CERN sur le *On-line isotope separator facility* (ISOLDE).

⁴⁸ Document de présentation du Département de physique de l'Université de Montréal, soumis à la sous-commission.

⁴⁹ Pour donner une idée de l'ordre de grandeur de ces appareils, la circonférence du LEP est de 27 kilomètres, comme celle du futur LHC, dont on prévoit l'installation dans le même tunnel, d'ici la fin du siècle.

⁵⁰ Par exemple, le télescope Canada-France-Hawaï, à Mauna Kea, point culminant d'Hawaï : il s'agit du plus grand télescope du monde à l'heure actuelle.

⁵¹ Ce type d'observatoires, des satellites, permettent de recueillir les émissions des rayonnements électromagnétiques (gamma, X, ultra-violet, infrarouge lointain) dont l'atmosphère terrestre interdit ou contrarie fortement la réception au sol. L'Université Laval a obtenu 2 % du temps d'observation alloué pour la période allant de juin 95 à mai 96 sur le télescope spatial Hubble qui, rappelons-le, fut mis en orbite par la navette spatiale Discovery en avril 90.

Non seulement les instruments sont-ils coûteux et sophistiqués, mais leur opération et leur entretien nécessitent de plus en plus du personnel qualifié. Le support professionnel en physique (moins celui, administratif) repose sur plus d'une centaine de professionnels de recherche, techniciens, informaticiens et ingénieurs, en comparaison avec une quarantaine en informatique et une quinzaine en mathématiques⁵².

5.4 Services à la collectivité

La physique se prête moins que d'autres disciplines aux services à la collectivité puisque, par nature, son objet trouve moins d'applications directement « utiles » dans la vie quotidienne, du moins à court terme. Cependant, les départements peuvent contribuer à faire connaître davantage la discipline au public, une entreprise finalement profitable à toutes les institutions. La mise en valeur de la physique, orchestrée de préférence, est un souhait exprimé par la sous-commission.

Bishop's accueille un atelier éducationnel subventionné par le MEQ pour les professeurs de physique de secondaire 5. L'**UQAC** fait de la consultation en météorologie et en astrophysique.

L'**ASTROLab** de l'Observatoire du Mont Mégantic (**Université de Montréal** et **Laval**), centre d'activités et d'interprétation en astronomie, ouvre ses portes au grand public.

L'**Université de Sherbrooke**, sans doute l'université qui s'adonne au plus grand nombre d'activités de vulgarisation, est impliquée dans la Quinzaine des sciences, des ateliers scientifiques annuels à l'adresse du grand public. Dans le cadre du programme *Étalez votre science* du MCCQ, le département a élaboré un « Musée de la physique » sur internet. Il collabore avec le Conseil du loisir de l'Estrie pour les programmes Innovateurs à l'école, le Club des débrouillards et l'Expo-sciences régionale; d'autres collaborations sont actuellement négociées avec le Palais de la découverte en France.

⁵² Données fournies par les établissements.

Introduction

Consciente qu'une action de restructuration radicale – une « révolution » – risque de produire des solutions qui se révéleraient bancales à l'usage et même, éventuellement néfastes pour des institutions, la sous-commission a opté pour l'« évolution », le statu quo n'étant pas, à ce point, porteur d'avenir. Il fallait, à ce moment-ci, déterminer la meilleure structure pour la dispensation de l'enseignement de la physique, ainsi que la nature de sa présence et le degré auquel, dans l'avenir, cette présence devait être assurée dans les différentes universités au premier cycle. L'avenir de la discipline, qui passe par la qualité de la formation reçue par les étudiants, représente un enjeu majeur de cette redéfinition.

La formation en physique doit obéir à des standards, dont une certaine masse critique, parce que, avant tout, elle s'inscrit dans un contexte international exigeant. Ce n'est surtout pas un groupe isolé qui dicte les standards de cette formation, mais la communauté scientifique toute entière pour laquelle la recherche, liée à la formation d'une manière indissociable, constitue la référence à laquelle doivent se mesurer les unités.

Il est apparu évident qu'on ne saurait statuer sur une nouvelle configuration de la carte québécoise de la physique et les collaborations à tisser sans avoir établi au préalable certaines balises. Les critères fixés ne devaient être ni trop précis au risque de s'avérer inefficaces par trop de restrictions, ni maillés trop lâchement de sorte à laisser trop d'espace à l'interprétation. D'ailleurs, la sous-commission ne peut prétendre avoir clos définitivement ce dossier. Malgré ses difficultés... et ses dangers, l'exercice aura du moins démontré que la physique est à la recherche de ces critères de qualité que supposerait toute offre de formation.

Ces questions ne se posent pas *in abstracto*, mais dans un contexte tout à fait contraignant. Au premier chef, la décroissance du corps professoral (20,6 % au total, de 1995 à 2000) qui affecte plus particulièrement des départements fortement investis en recherche : il en résulte une situation qui affaiblit les assises de la recherche en physique au Québec et démontre plus que jamais les aléas de la dispersion des ressources. Si la concertation en recherche repose sur une approche élective, on ne peut espérer que, d'un mouvement spontané, le volet formation s'organise en regroupant les forces respectives des établissements. Seul un examen objectif de la situation actuelle pourra suggérer des mesures effectives qui feraient en sorte que la physique, dans sa mission de formation autant que de recherche, émerge plus vigoureuse et en condition d'affronter l'âpre climat qui est celui de la concurrence internationale.

6.1 Nécessaire présence de la physique à l'université

La physique appartient à ces disciplines fondamentales propices au développement d'une pensée claire et originale, et à l'éclosion des idées. Sa présence est essentielle dans *toutes* les universités, comme l'est celle d'autres disciplines fondamentales de la connaissance, dont la philosophie, l'histoire, la littérature, les mathématiques. Si nécessaire que la viabilité d'autres unités en dépend : ainsi, à l'UQAR, l'océanographie qui compte, entre autres, sur la formation en physique, et ce, même en l'absence de programme correspondant.

Par conséquent, une université qui possède un secteur des sciences ou de génie doit nécessairement abriter la physique, bien que les critères devant déterminer la nature et l'intensité de cette présence n'aient jamais été fixés. Pour certains, « le critère minimal devrait être la présence d'un programme complet de premier cycle en physique⁵³. » Comme il ressort des discussions en sous-commission, ces critères sont, sans appel possible, assujettis aux standards internationaux.

⁵³ Avis de André Leclerc, responsable du programme de physique, UQAC.

6.2 Nécessité d'un noyau disciplinaire

La formation au premier cycle doit reposer sur un noyau disciplinaire (*core*) cohérent et solide. Une certaine harmonisation des programmes qui transcende les traits distinctifs de chacun constitue un préalable à tout projet de collaboration interuniversitaire, un préalable justifié par la discipline elle-même.

En outre, il faut s'assurer que le curriculum de premier cycle représente bien l'essentiel d'une formation spécialisée en physique dans chacun des départements. Alors que, de façon générale, les deux premières années sont semblables partout, la troisième se trouve teintée par les activités et les thèmes des groupes de recherche. Peut-être trop... « Le programme a-t-il été trop “coloré” par la ou les spécialités du département ? Par exemple, fait-on trop d'optique à Laval, trop d'astrophysique à Montréal ou de matière condensée à Sherbrooke ?⁵⁴ » Sans doute non, dans la mesure où le baccalauréat prépare à la maîtrise, laquelle est orientée selon les domaines de recherche d'une université.

6.3 Les n dimensions de la physique

Les programmes à prédominance culturelle : majeures et baccalauréats généraux

Outre sa dimension professionnelle et même *professionnalisante*, la formation en physique comporte aussi une importante dimension culturelle dont sont empreints les programmes généraux ou de type majeure. On n'espère pas *forcément* de ces étudiants (pas plus que ceux-ci ne l'espèrent *forcément* pour eux-mêmes) qu'ils oeuvrent comme physiciens, mais il n'y a pas de doute que le contact avec la physique les aura introduits à l'environnement de formation unique qu'elle instaure, en même temps qu'au caractère fondamental, à la rigueur essentielle de la démarche scientifique et à l'attitude expérimentale dont ils sauront utiliser les acquisitions intangibles, les concepts et les outils, dans une multitude d'environnements, scientifiques ou non.

Tous les étudiants en histoire ne deviennent pas historiens. Ceux en biologie n'embrassent pas une carrière de biologistes à tout coup. Les diplômés en urbanisme ont bien des chances d'oeuvrer dans un environnement qui n'ait qu'une lointaine parenté avec l'habitat urbain ! Ces programmes généraux de physique, poursuivant des finalités autres que les programmes spécialisés, ne forment donc pas obligatoirement des physiciens. On peut toutefois affirmer que les étudiants les ayant fréquentés auront pénétré le domaine culturel propre de la discipline, dans ce que la culture scientifique (la *scientific literacy* anglophone) peut avoir de suffisamment général pour comprendre son époque et l'évolution de celle-ci, une culture dont la déficience a été notée au Québec. Si les *résultats* de la recherche sont enseignés partout et que les références à la science submergent les médias, la *formation* à la science, à la méthode et au regard critique qu'elle suppose est profondément lacunaire. Les programmes généraux ou ceux où s'enchaînent une majeure ou une mineure en physique permettent le développement de cette méthode et de ce regard, peu importent les innombrables fins auxquelles ils serviront.

L'Université a toujours abrité ces deux dimensions de l'enseignement de la physique et les programmes correspondants. En premier lieu, ceux qui se nourrissent aux sources culturelles de la discipline. En second lieu, ceux qu'on dit spécialisés, visant nettement la formation de physiciens, incluant les *Honours* des universités anglophones, des programmes essentiellement monodisciplinaires (de 60 à 72 crédits dans la discipline). On admet, dans ce cas, que la pratique de recherche est essentielle et caractéristique : sinon la recherche fondamentale ou de pointe, du moins ce qu'on appelle le *scholarship*⁵⁵.

Aussi, une université « annonçant » de tels programmes doit absolument, d'abord, respecter la concentration disciplinaire prescrite, et ensuite, valoriser les activités de recherche ou « savantes » en encourageant par tous les moyens ses professeurs à leur poursuite, en degré et en qualité.

⁵⁴ Avis de Mario Poirier, directeur, Département de physique, Université de Sherbrooke.

⁵⁵ Le *scholarship* a été approximativement traduit par « érudition ». Mais sa signification dépasse largement cette acception. Une définition plus juste serait celle-ci : de façon générale, toute activité menant à l'augmentation des connaissances, au développement et à la diffusion des idées et des résultats de la recherche, et contribuant à la compréhension. Cette activité peut prendre, certes, la forme mieux connue des publications, mais aussi celle de recherches en pédagogie, de développement de matériel pédagogique ou de synthèse de connaissances existantes.

Il s'agit de courants complémentaires, ne niant ni la diversité des missions universitaires, ni celle des clientèles à desservir. Si, dans certaines institutions, ces deux courants peuvent coexister pour des fins distinctes, dans d'autres, l'« infrastructure » humaine, technique et scientifique ne permet d'en supporter qu'un seul, sous la forme d'une majeure ou autrement inclus dans un programme multidisciplinaire général.

La physique illustre éloquemment le lien essentiel entre l'enseignement et la recherche : la continuité y est naturellement assurée par la réciprocité fondamentale, voire la symbiose des deux aspects. Dans l'avenir, ce « lien organique » se verrait préservé par l'existence de standards qui, sans être *promulgués*, seront *compris* de toute la communauté universitaire québécoise. Plusieurs ordres de facteurs appellent à une renonciation en toute conscience de certains programmes de physique.

6.4 Nécessaire lien avec les activités de recherche départementales ***Baccalauréats spécialisés et Honours, et cycles supérieurs***

Avec le noyau disciplinaire, l'activité de recherche est un important élément structurant de la formation en physique. Les professeurs doivent puiser dans leur expérience en recherche pour offrir une formation de qualité aux étudiants du baccalauréat et des cycles supérieurs. Ainsi, les programmes spécialisés, incluant les *Honours*, résolument orientés par leur degré et leur contenu disciplinaire vers les études supérieures, la carrière académique et la recherche, sans exclure une carrière de professionnel dans différents milieux, ne sont sérieusement concevables que dans une université où cette recherche est solidement implantée et de stature internationale, et où le soutien institutionnel est explicite.

Cela implique que les départements récoltent des fonds de recherche substantiels : pour un secteur qui bénéficie annuellement de plus de 20,5 M\$ pour la poursuite d'une recherche de haut niveau, le seuil de 1 M\$ a été avancé, encore que cet énoncé recèle sa propre contre-indication, à savoir les spécialisations et la nature des programmes de recherche (par exemple, recherches théoriques *versus* recherches expérimentales) qui impliquent différentes échelles de subventions. Hormis l'argent, cette activité de recherche doit reposer sur une masse critique de professeurs⁵⁶ propre à générer un centre de gravité doté d'un pouvoir d'attraction suffisamment fort.

L'enracinement de la formation disciplinaire dans la recherche, le lien étroit entre la formation et la recherche, l'obligation pour cette dernière d'être en relation avec les réseaux internationaux ainsi que la capacité compétitive des départements sont rapidement apparus comme un leitmotiv. En physique, plus qu'ailleurs, il n'est de travaux savants ou de recherche qui se fassent dans l'isolement. L'enseignement de premier cycle doit forcément être incarné et sous-tendu par les activités de recherche. Selon l'expérience de membres de la sous-commission, les étudiants qui n'auront pas bénéficié, dès le baccalauréat, d'une ambiance de recherche et goûté à son caractère d'internationalisation se trouvent en « rattrapage » lorsqu'ils joignent pour la maîtrise les rangs d'un département performant en recherche. En outre, le label « spécialisé » annonce une formation qui inclut souvent, bien que non exclusivement, la physique expérimentale. C'est ainsi que l'entendent les grandes entreprises qui embauchent des diplômés en physique.

Les programmes spécialisés et *Honours* forment ce qu'on peut appeler des *physiciens professionnels*. Une industrie qui recherche spécifiquement un physicien requerra le plus souvent du candidat qu'il détienne une maîtrise. Plus loin, un physicien qui se maintient dans cette carrière – un physicien professionnel – en est un qui aura acquis une base expérimentale poussée, ce qui suppose qu'il ait eu accès, dans un milieu où la dimension expérimentale est forte et manifeste, à des laboratoires (eux-mêmes utilisés aux cycles supérieurs) et à des professeurs à la fine pointe des connaissances dans le domaine. « Le physicien professionnel est formé par l'expérimental », aura-t-on entendu en sous-commission.

⁵⁶ Une masse critique estimée à 8 ou 10 en fonction de la charge d'enseignement, mais cette valeur n'a rien d'absolue. La sous-commission en était venue à proposer des seuils progressifs sur la base du nombre de professeurs qui détermineraient, dans un premier temps, la présence ou non d'un programme spécialisé, puis celle d'un programme général. Au-dessous d'un certain point, la présence de la physique serait assurée, par exemple, par son intégration à un programme multidisciplinaire, sous forme de majeure ou de mineure. Or, non seulement, cette façon de voir a été jugée par trop tranchée, mais au surplus insatisfaisante et n'ouvrant sur rien de tangible.

D'emblée, il est clair que toutes les universités ne peuvent s'investir également dans cet enseignement, d'abord et avant tout parce qu'elles ne sont pas prêtes à consentir les montants nécessaires à la constitution d'une masse critique de professeurs que le faible nombre d'étudiants ne justifie pas toujours par ailleurs. De cette masse critique dépend un support financier assez important qui permette la perpétuation du travail de recherche – auquel participent de façon importante les étudiants aux cycles supérieurs – et par conséquent, l'enrichissement continu de la formation. C'est par la création de nouvelles connaissances que l'enseignement offert par les professeurs aux générations successives d'étudiants peut se mettre à jour.

Un bon pourcentage des étudiants de premier cycle – de 10 à 15 % dans certains établissements – profitent régulièrement d'ententes existantes avec d'autres universités à travers le monde pour effectuer une année de formation à l'étranger, ou encore un ou des séjours dans les meilleurs et les plus prestigieux laboratoires de recherche dont les portes leur sont ouvertes par les professeurs de leur université d'attache.

Aux cycles supérieurs, les standards sont clairement édictés par la communauté internationale. Les réseaux mondiaux constituent les références où se confrontent et se discutent les idées et les résultats de la recherche. Si bien qu'un étudiant qui aspire à une carrière en physique doit être en rapport avec cette société de recherche par l'intermédiaire de ses professeurs, comme c'est d'ailleurs le cas en chimie ou en biochimie, d'ailleurs.

C'est ainsi que, principalement par l'entremise des contacts déjà établis par leur directeur de recherche, les étudiants aux deuxième et troisième cycles apprivoiseront la scène internationale et ce qu'elle implique : d'abord, les collaborations qu'ils devront eux-mêmes développer et entretenir, puis l'« esprit » de ces réseaux de relations où ils rencontreront aussi bien l'opposition que la communion d'idées. À ces niveaux, la physique est par essence internationale et les étudiants doivent y être sensibilisés. C'est dans ce milieu dynamique que les étudiants pourront trouver le climat propice à leur propre maturation comme futurs physiciens et à la diversification de leur éventail scientifique et humain. Les étudiants doivent donc pouvoir acquérir, sans tarder, un profil international.

La synergie entre l'enseignement (le *teaching effectiveness*) et la recherche est confirmée dans une enquête menée auprès de 945 étudiants canadiens ayant obtenu leur diplôme entre 1985 et 1996⁵⁷. À cette nuance près que la perception du lien entre la qualité de l'enseignement et l'intensité de la recherche départementale croît systématiquement avec l'avancement de la formation. Alors que la relation perçue entre les deux dimensions est indécise en première année du baccalauréat, elle commence à se dessiner véritablement en deuxième, s'affirme en troisième et devient indiscutable aux cycles supérieurs. Il est notoire que « dans les secteurs de pointe et à développement rapide [...], une formation de premier cycle adéquate est étroitement liée aux activités de recherche des professeurs, activités qui, seules, peuvent permettre une mise à jour rapide des cours, des programmes et des équipements⁵⁸. »

Tel qu'on l'a vu au chapitre 5, certaines universités, aux postes avancés de la recherche en physique, se détachent de leurs consoeurs. Les classes étant déjà réduites en physique, ces universités seraient en mesure d'accueillir un nombre accru d'étudiants sans que ne soit compromis l'encadrement pédagogique, ni accrue de manière excessive la charge professorale, et sans, non plus, que ne soient requises des ressources supplémentaires : on peut en espérer de même pour ce qui est des laboratoires. Certaines autres ont concentré leur recherche dans des domaines précis, une expertise qu'elles seraient à même de partager. Cela ne doit pas écarter les chercheurs isolés des universités dont la recherche se fait plus discrète, comme il est suggéré ci-après : « *We note that quality undergraduate education seems to exist in universities in Canada where research is not strong and in many four-year undergraduate colleges in the U.S. Nevertheless, instructors in these institutions often have access to research environments in nearby institutions*⁵⁹. » Par conséquent, le séjour de ces professeurs dans d'autres universités québécoises à des fins de recherche devrait être reconnu par l'université d'attache.

⁵⁷ Bev Robertson et Michael Steinitz, *Review of Canadian Academic Physics. Highly Qualified Personnel Study*, 16 septembre 1997, 18 pages (p. 14).

⁵⁸ Yves Gingras et Benoît Godin, « L'université est au coeur du système national d'innovation », *Le Devoir*, 9 février 98, page A7.

⁵⁹ Bev Robertson et Michael Steinitz, *op. cit.*, p. 14.

Il y a ici un circuit complet – formation *dans* et à la recherche, recherche assurant sa propre relève – dont aucun élément ne doit faire défaut sous peine d’en briser la synergie et l’efficacité. Si, selon ce postulat, on ne peut considérer de niveau universitaire un professeur qui ne se livre pas à des activités de recherche ou à ce qu’on appelle le *scholarship*, on doit aussi supposer une collaboration sur ce plan.

De façon générale, une formation véritable en physique ne prendra toute son envergure que dans un contexte stimulant qui expose à un minimum de confrontation intellectuelle. En outre, « dans chaque campus (*canadien*), on estime qu’il est bon que des étudiants de diverses régions du monde étudient ici et se mêlent aux étudiants canadiens. En fait, les étudiants étrangers sont un élément essentiel dans nombre de départements d’études de deuxième cycle⁶⁰. » Ainsi, vingt-cinq pour cent des étudiants au baccalauréat et à la maîtrise de l’UQAM viennent de l’extérieur du Québec. À Laval, c’est le cas de 30 % des étudiants au doctorat, et celui de plus de 40 % des étudiants à la maîtrise et au doctorat de Concordia. Enfin, la maîtrise de l’Université de Sherbrooke accueille 40 % d’étudiants étrangers, en grande majorité des Européens; au troisième cycle, ce pourcentage grimpe à 50 %. Les cotutelles avec l’étranger pour les maîtrises et doctorats ne sont pas rares dans les universités fortement investies en recherche. De façon générale, plus du cinquième des étudiants inscrits à un doctorat en physique à l’automne 1996 venaient de l’extérieur de la province⁶¹. C’est sur cette trame, nationale et internationale, que doit s’organiser la formation québécoise en physique.

6.5 Domaines exportateurs et importateurs

La population du Québec, autant que les ressources financières, étant par avance peu nombreuses, les axes de recherche des départements de physique québécois se sont différenciés avec le temps. Cette spécialisation relative va de pair avec une complémentarité qui permet d’identifier pour chaque université des domaines *exportateurs* et *importateurs*. Dans les faits, l’identification et la reconnaissance de ces domaines sont une condition préalable au partage d’enseignements à tous les cycles.

On désigne comme *exportateurs* les secteurs où les différentes universités québécoises ont acquis des expertises uniques et les infrastructures (laboratoires et équipements) en conséquence, dont certaines, particulièrement lourdes : le principe même, qui repose sur les axes de recherche respectifs (**chapitre 5**), sous-tend le partage géographique et chronologique des compétences et des ressources entre les divers départements de physique, comme il en sera discuté au point 6.5.1. À l’inverse, les domaines *importateurs* représentent ceux pour lesquels une université, faute des expertises et équipements in situ, gagnerait à les emprunter à ses consoeurs⁶².

Le module appliqué orienté vers la microélectronique et l’optoélectronique, en troisième année du baccalauréat de l’**Université de Sherbrooke**, profite d’installations uniques dans le réseau universitaire québécois qui permettent, entre autres, aux étudiants de fabriquer eux-mêmes des circuits intégrés et de tester leur fonctionnement. En outre, tel que déjà mentionné, l’Université a effectué des investissements considérables en infrastructure (salles blanches) et en ressources humaines; ces moyens sont utilisés pour l’enseignement à tous les cycles et pour la recherche. Au premier cycle, des outils informatiques et d’instrumentation de pointe ont été intégrés aux travaux pratiques. Aux cycles supérieurs, « notre spécialisation en physique nous permet d’offrir des compétences (des cours) en mécanique quantique, transitions de phases et problèmes à N corps, de même qu’un cours de physique des microstructures offert à la maîtrise appliquée⁶³. »

⁶⁰ Rapport. Commission d’enquête sur le système universitaire au Canada, AUCC, 1991, 199 pages (p. 82).

⁶¹ Effectif étudiant étranger inscrit dans les universités québécoises par domaine et discipline d’études, automne 1996, Ministère de l’Éducation, juin 1998.

⁶² Il faut noter qu’en réponse à l’invitation faite dans une lettre adressée aux directeurs, le département de physique de l’Université de Sherbrooke s’est déjà livrée à l’exercice visant à identifier ses domaines potentiellement importateurs et exportateurs pour le premier cycle. Selon le département, les domaines importateurs sont les suivants : particules élémentaires, physique nucléaire, plasmas, physique atomique et moléculaire, astrophysique. Les domaines exportateurs sont les suivants : hydrodynamique et phénomènes non linéaires, physique du solide, module de microélectronique et astrophysique. Dans ce dernier cas, le département a adapté la méthode APP (apprentissage par problèmes) avec un certain succès qu’il pourrait partager.

⁶³ Avis de Mario Poirier, directeur, Département de physique, Université de Sherbrooke.

Le programme de physique de l'**UQTR**, créé en 1969, intègre les domaines recommandés par l'*American Association of Physics Teachers*, c'est-à-dire la mécanique classique, l'électricité et le magnétisme, la thermodynamique, la physique statistique, l'optique, la mécanique quantique et la physique expérimentale. S'il se distingue, c'est par les moyens mis en oeuvre pour atteindre ses objectifs, soit « l'utilisation systématique de l'ordinateur et l'apprentissage d'un langage symbolique⁶⁴», avec un accent sur la modélisation des systèmes physiques, comme à Laval d'ailleurs – et son environnement intellectuel et scientifique, lequel est forcément teinté par les activités de recherche sur l'hydrogène menées à l'IRH.

L'**INRS-Énergie et matériaux** s'est acquis une expertise particulière dans les domaines de la physique des plasmas, de l'interaction laser-matière et de la caractérisation de matériaux.

L'expertise en optique de **Laval**, dont on a signalé la nette orientation expérimentale, est unique au Québec, comme l'est aussi l'**Observatoire du Mont Mégantic**.

Au Québec, les départements possèdent des personnalités d'ores et déjà différentes et complémentaires qui sont autant de vitrines pour les étudiants québécois et étrangers. L'essentiel du travail consisterait à affirmer et à officialiser ces différentes personnalités, ainsi qu'à mettre en place un dispositif d'articulation pour amener un enrichissement humain et scientifique mutuel.

Les circonstances historiques ayant fait en sorte que la couverture de la physique au Québec se soit nucléée à un certain point (c'est-à-dire, que la recherche s'y est graduellement spécialisée en créant des îlots/pôles de recherche), il faut veiller à ce que la différenciation formelle des établissements et les mouvements multiples et parallèles de rationalisation à différentes échelles ne viennent accentuer le phénomène. C'est pourquoi la reconnaissance des secteurs-forces institutionnels n'exclut pas, loin de là, le maintien d'autres champs qui trouveront dans une collaboration intensifiée les conditions de leur renforcement.

6.5.1 Ententes interinstitutionnelles avec échange d'expertises : de type chronologique et géographique

Dès lors définis et reconnus les domaines exportateurs et importateurs de chaque établissement, différents types de collaboration deviennent envisageables qui passent toutes, à un niveau ou à l'autre, par le partage d'expertises professorales selon les axes d'excellence des départements.

Les contraintes géographiques qui, à une époque peu lointaine, auraient pu décourager pareille initiative, n'exercent plus la même dissuasion aujourd'hui, alors que la vidéoconférence est un moyen qui, s'il demeure encore expérimental, recèle des promesses considérables. Déjà, la taille de son effectif étudiant et la limitation de ses ressources incitent l'UQTR à développer des moyens pour maximiser les interactions avec les autres secteurs à l'interne et à instituer des modes de collaboration avec d'autres établissements, notamment par l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication⁶⁵. Les potentialités et les limites de ces dernières, dans l'état actuel de leur développement, ont été discutées brièvement dans le cours des travaux de la sous-commission.

Nouvelles technologies ou pas, les spécialistes reconnus dans un domaine de pointe seraient invités à préparer, à l'échelle panquébécoise, des cours ou des séminaires qui permettraient d'introduire les étudiants de toutes les universités, d'abord aux cycles supérieurs, puis au niveau plus spécialisé du baccalauréat, à des domaines de pointe et à des dimensions auxquels leur département d'attache n'est pas en mesure de les exposer. Cela suppose qu'un comité académique conjoint identifie les cours correspondant aux axes d'excellence de chaque établissement, en élabore un menu qu'il inscrirait dans un curriculum variable pour la troisième année ou davantage.

Le principe du partage des expertises professorales étant admis, deux types de collaboration deviennent possibles, celles de nature chronologique ou géographique.

⁶⁴ Document de présentation du Département de physique de l'UQTR, soumis à la sous-commission.

⁶⁵ *Ibid.*, UQTR.

Le premier type implique l'instauration d'un programme d'échanges qui permettraient à des étudiants d'une université de parfaire, dès le premier cycle, leur formation dans un domaine qu'une université est plus à même qu'une autre de leur faire découvrir en vertu de ses domaines d'excellence. Il suppose qu'une université ne disposant pas de toutes les ressources expertes et matérielles devant supporter, selon les critères, un programme de physique, convienne d'ententes avec un ou plusieurs partenaires enseignant aux trois cycles. Ces ententes, le cas échéant réciproques, assureraient que l'étudiant puisse migrer sans formalité excessive dans l'une ou l'autre des institutions partenaires, suite à sa première ou à sa deuxième année de baccalauréat. Cet échange s'étendrait sur au moins une session ou une année. Rien n'interdit, cependant, que le séjour soit plus court (semaines) dans la mesure où le facteur géographique intervient dans une moindre mesure. Il revient aux universités de déterminer lesquelles modalités s'appliquent le mieux à chaque cas.

Bien entendu, en les mettant à la disposition d'une clientèle élargie, l'entente permettra une utilisation optimale des laboratoires, dispendieux par nature. Les étudiants intéressés par la **microélectronique** pourraient effectuer des stages à l'Université de Sherbrooke. Ceux souhaitant approfondir les domaines de l'**astrophysique** et de l'**optique** seraient accueillis à l'Observatoire du Mont Mégantic (**Université de Montréal** et **Laval**) ou à l'Institut National d'Optique ou au Centre d'optique, photonique et laser (**Laval**). Aux cycles supérieurs, dans la région montréalaise, les laboratoires de l'INRS pourrait s'ouvrir aux étudiants désireux de s'instruire en **lasers, plasmas** et **énergie**.

L'ensemble universitaire montréalais constitue un exemple parfait des potentialités d'une collaboration géographique. Celle-ci permettrait, sur une même session ou sur des sessions différentes, la fréquentation par les étudiants de différentes universités d'une même région ou d'une même ville selon un menu de cours qu'ils seraient invités à se composer à même une banque commune. Cette entente suppose que l'offre de cours soit soigneusement planifiée par les départements concernés. La proximité géographique permettrait même d'offrir un certain cours en rassemblant en un lieu unique les étudiants de l'ensemble de ces départements.

Le cas type d'une entente de nature géochronologique, une combinaison des deux précédentes, est la collaboration entre chercheurs. Celle-ci s'établit spontanément en fonction d'affinités mutuelles, scientifiques et personnelles et a été favorisée au cours des derniers vingt ans par les politiques des organismes subventionnaires.

Si ces échanges, chronologique, géographique ou les deux, devaient se concrétiser, il faudrait veiller à en assurer la réciprocité et la simplicité opérationnelle. Il faudra que l'étudiant demeure inscrit à son université d'origine et que l'échange de services relève de la stricte coopération interdépartementale, court-circuitant ainsi les structures administratives qui tendent à compliquer et trop souvent, à décourager ces initiatives, à moins qu'on ne soit capable d'en simplifier les mécanismes. De plus, un professeur responsable d'un cours donné à des étudiants de plusieurs universités doit pouvoir compter sur un appui local à l'enseignement : par exemple, un(e) chargé(e) d'exercice qui verrait sur place à l'encadrement des devoirs et des examens, et à répondre aux questions des étudiants.

Cette collaboration pourrait bien se heurter à une ultime résistance : le cloisonnement départemental. L'ouverture nécessaire à une concertation effective repose sur la reconnaissance préalable et réciproque des compétences locales. Pourtant, il n'est pas de département de physique investi en recherche qui ne puisse à la fois contribuer à ces échanges et en bénéficier.

Ces ententes, qui intègrent et prolongent la reconnaissance des domaines importateurs et exportateurs, seraient un instrument supplémentaire de la collaboration souhaitée en vue d'un enrichissement humain et scientifique mutuel. Encore faut-il, répétons-le, que les domaines d'expertise soient réciproquement et formellement reconnus par toutes les institutions universitaires.

Au premier cycle, la barrière linguistique, bien que franchissable, demeure un sujet délicat. Le bilinguisme des experts pourrait, jusqu'à un certain point, permettre de surmonter cet obstacle, si l'on s'assure en même temps de leurs qualités pédagogiques.

7.1 Les universités montréalaises

Les quatre départements de physique de la région montréalaise présentent un programme de base propre dont les axes forts, par leur spécificité, participent à la définition d'une intéressante complémentarité dans la métropole. L'important bassin de population, la proximité géographique des universités et la facilité du transport confèrent à la métropole des possibilités de collaboration interuniversitaire indéniables. Ainsi, pour des motifs aussi bien historiques que géographiques, leur concertation s'en trouve naturellement simplifiée et d'autant plus praticable, et les chances d'accord et d'agencement optimal augmentés (par exemple, la météorologie à l'UQAM et McGill).

Si les universités montréalaises, y incluant l'INRS-Énergie et matériaux, sont les premières interpellées, c'est que ces cinq établissements constituent en soi une masse critique de professeurs et d'étudiants et peuvent être considérés dans une globalité. En 1996, ils concentraient 65 % de la clientèle étudiante au total – dont 70 % au premier cycle et près de 60 % aux cycles supérieurs –, et comptaient sur un corps professoral représentant environ 65 % de l'ensemble des professeurs universitaires en physique.

Comme il a été dit au chapitre 4, c'est dans cet ensemble que les pertes professorales seront les plus sévères de 1995 à 2000 (-22,6 % en comparaison avec 16,4 % pour les universités hors Montréal), alors qu'en parallèle, l'effectif étudiant montréalais est constant⁶⁶. Dans les circonstances, il est facile de présumer que l'augmentation des charges d'enseignement et d'encadrement qui en découle s'y fait aux dépens de l'investissement en recherche. La diminution du nombre de professeurs, « couplée au remplacement souhaité et planifié d'un certain nombre d'entre eux faiblement impliqués en recherche par d'autres qui y consacreront un effort accru⁶⁷ », pourrait mener à reconsidérer la survie de l'éventail de programmes offerts actuellement par les universités montréalaises, s'il n'est remédié aux circonstances qui prévalent.

En outre, par un effet d'entraînement, le mouvement propre de structuration de ces institutions permettrait d'orienter et d'aligner, avec plus de pertinence et de rationalité, les décisions et démarches subséquentes, particulièrement celles des partenaires hors Montréal dont on connaît le leadership dans des domaines précis de la recherche et de la formation et qui pourraient participer à des échanges fructueux suivant les expertises et ressources qui leur sont propres. Les différentes hypothèses (□) surgies au fil des discussions sont exposées ci-après.

□ Deux programmes spécialisés, francophone et anglophone

La coexistence de deux programmes spécialisés, francophone et anglophone, a été évoquée comme une hypothèse à considérer pour peu que ces deux programmes fonctionnent en étroite collaboration. Cette hypothèse suppose que, en vertu des critères énoncés au chapitre 6, on assigne un rôle asymétrique aux universités : programmes généraux à Concordia et à l'UQAM et programmes spécialisés à l'Université de Montréal et à McGill. Majeures et mineures resteraient intouchées : ainsi, un étudiant d'une majeure des deux premières universités pourrait suivre des cours dans les secondes.

À première vue, cette solution apparaît profitable aux départements de plus petite taille, tel celui de Concordia dont le corps professoral a décliné de façon importante ces dernières années⁶⁸, qui font de la recherche de qualité⁶⁹ et seraient capables d'assumer une partie de l'enseignement.

⁶⁶ Au premier cycle, 454 étudiants en 92, 457 en 94 et 459 en 96. Aux cycles supérieurs, 279 en 92, 291 en 94 et 285 en 96.

⁶⁷ Deuxième avis (9 mars 1998) de Jean Barrette (McGill), Elie Boridy (UQAM), David Cheeke (Concordia) et Raynald Laprade (UdeM), directeurs des départements de physique montréalais, et de Pierre Lavigne, directeur de l'INRS-Énergie et Matériaux.

⁶⁸ De 1995 à 1997, le nombre de professeurs est passé de 14 à 8, une diminution frôlant 43 % sur cette courte période.

En seconde analyse, la seule présence de programmes généraux à Concordia et à l'UQAM provoquerait, à court ou à moyen terme, le désintérêt des professeurs qui, on l'a souvent dit, doivent pratiquer la recherche pour être de bons enseignants au premier cycle, puisque l'offre qu'on leur fait à l'embauche suppose que ceux-ci serviront la double fin de l'enseignement et de la recherche. Dans ces conditions, on voit difficilement l'intérêt que trouveraient les deux institutions à supporter la physique. À moins, bien sûr, qu'une entente ne donne aux professeurs de l'UQAM et de Concordia accès à la direction aux cycles supérieurs dans les deux autres universités.

Quoiqu'il en soit, la sous-commission en est venue à conclure que toute université montréalaise devra conserver des possibilités de développement et prend acte des efforts investis, depuis 1992, par le département de physique de l'UQAM dans sa reconstruction et la revitalisation de sa recherche.

❑ Une « superfaculté »

Cette deuxième hypothèse suppose un programme unique et une situation où tout développement futur, quoi qu'il advienne, y compris une croissance, se ferait en concertation entre les partenaires montréalais : cela inclurait l'embauche des professeurs, la reconnaissance mutuelle des cours, l'inscription des étudiants, les axes de recherche... Par exemple, dans ce dernier cas, la physique des particules desservie par les quatre départements universitaires, dont aucun ne procure véritablement la masse critique de chercheurs, bénéficierait d'une certaine planification. Éventuellement, un registre unique des inscriptions accessible à toutes les universités partenaires du « superprogramme » en faciliterait l'administration.

Toutefois, d'aucuns craignent que cette « superfaculté » ne vienne gommer les spécificités des établissements, par exemple, le programme coopératif et l'accent mis sur la physique appliquée à Concordia, ainsi que la présence de la météorologie/sciences de l'atmosphère à l'UQAM et à McGill qui, inévitablement, y colorent l'enseignement de premier cycle. La nature unique du programme nierait, au surplus, les affinités naturelles et culturelles des étudiants pour l'une ou l'autre université quoique, déjà aujourd'hui, ces derniers se prévalent volontiers de la liberté de choix qui est celle de l'« acheteur ».

❑ « Programmes à volets intégrés »

S'il est prématuré, à l'heure présente, d'envisager un ou deux programmes franchement conjoints, les efforts peuvent d'ores et déjà être coordonnés afin d'optimiser et de mettre en complémentarité les ressources propres à chaque département. C'est ce que suggère la notion de « programmes à volets intégrés », c'est-à-dire une structure dont les composantes mobiles seraient constituées de cours et de ressources partagés, d'abord aux cycles supérieurs, puis en troisième année du premier cycle. Cette structure permettrait l'arrimage de l'UQAM et de Concordia à une banque de cours, car « il est impératif de favoriser le maintien et le développement de programmes d'enseignement et de recherche de haut niveau dans chacun des départements de physique de l'Île de Montréal⁷⁰. »

Aux cycles supérieurs

Les cours gradués, dont les plus spécialisés affichent souvent une inscription faible, seraient les premiers à bénéficier d'une coordination interuniversitaire plus poussée. En outre, les tâches d'enseignement au premier cycle s'alourdissant au fur et à mesure que se contracte le corps professoral, il devient progressivement plus difficile pour les départements de maintenir une offre de cours hautement spécialisés telle qu'il serait souhaitable. Aussi les universités montréalaises souscrivent-elles à la création d'une banque centralisée de cours de cycles supérieurs qui serait gérée par un comité associant des représentants des unités concernées, y compris l'INRS⁷¹. Cette banque, qui enrichirait la formation des étudiants sans

⁶⁹ Pour Concordia, quoique dans moins de domaines que ses consœurs : matière condensée, physique appliquée et particules élémentaires.

⁷⁰ Deuxième avis (9 mars 1998) de Jean Barrette (McGill), Elie Boridy (UQAM), David Cheeke (Concordia) et Raynald Laprade (UdeM), directeurs des départements de physique montréalais, et de Pierre Lavigne, directeur de l'INRS-Énergie et Matériaux.

⁷¹ Premier avis (12 novembre 1997) de Jean Barrette (McGill), Elie Boridy (UQAM), David Cheeke (Concordia) et Raynald Laprade (UdeM), directeurs des départements de physique montréalais.

accroître par ailleurs la tâche des professeurs, consacrerait un échange plus ou moins formel existant déjà aux niveaux gradué et sous-gradué, mais qui, à l'heure actuelle, est laissé à l'initiative de l'étudiant seul.

Au premier cycle

Au premier cycle, la concertation s'étendrait à un certain nombre de cours spécialisés dans la catégorie des cours à option. Ces cours, particulièrement ceux pour lesquels l'université ne dispose pas des ressources professorales/expertes, ont été les premiers sacrifiés par la gestion de la diminution des ressources. Constituant en quelque sorte la « couronne » du programme, ils prolongent les acquis contenus dans le cœur disciplinaire (le tronc commun) vers les développements qu'ils ont rendu possibles et, en ce sens, ils s'avèrent essentiels à un moment où la physique rayonne de plus en plus vers les autres disciplines et où le spectre des orientations possibles se diversifie.

L'invitation faite à l'étudiant d'aller suivre un cours particulier dans l'université la plus indiquée pour le dispenser en vertu de ses spécificités ou des sous-disciplines qu'elle a particulièrement développées, présente plusieurs avantages. Pour la discipline, d'abord, qui y gagne en visibilité auprès des candidats intéressés à telle ou telle autre spécialité, et qui peut ainsi profiter des programmes originaux de toutes les universités et d'une certaine harmonisation des contenus pédagogiques. Pour l'étudiant, ensuite, la transparence et, grâce à la banque d'experts, un éventail de cours plus large qui évite de multiplier ceux-ci à l'interne pour satisfaire l'ensemble des besoins exprimés, à la fois par les étudiants et par la société. Pour les professeurs, enfin, l'allègement de leur tâche d'enseignement qui pourra profiter à leurs activités de recherche et d'encadrement. On en espère également, par ricochet, le renforcement de la collaboration interinstitutionnelle aux cycles supérieurs. Cette banque de cours n'exclut pas la cohabitation heureuse des deux langues. Lorsque les cours ne seraient pas dédoublés, la différence linguistique pourrait être résorbée grâce au bilinguisme des professeurs-experts.

En fait, la formule proposée ici du point de vue de la formation de premier cycle présente des analogies avec le magistère interuniversitaire en physique (le MIP !) dans la région parisienne (hormis la question de la langue), impliquant la mobilité et le partage des expertises⁷². Les magistères sont des formations originales et de haut niveau, créées en 1985 par l'Université française sous l'impulsion du Ministère de l'Éducation Nationale. Ces programmes sont gérés conjointement par les universités parisiennes dans sept secteurs, à savoir mathématiques-informatique, physique, chimie, biologie, géologie, économie et sciences de l'antiquité. Ils regroupent, en trois ans, licence, maîtrise et DEA (diplôme d'études approfondies), ainsi qu'une expérience de recherche. Ils offrent de nombreux cours optionnels et donnent l'occasion à chacun de se composer un menu varié parmi la carte proposée par l'ensemble des universités. Les magistères sont conçus pour valoriser « la compétence des universités dans leurs spécialités » et « cette étroite association de plusieurs établissements vise à assurer un niveau de compétence élevé et une pluridisciplinarité ». C'est dire que l'équipe pédagogique de chaque magistère est constituée d'enseignants provenant des universités contractantes, d'autres établissements d'enseignement supérieur... et de l'industrie (dans le cas, par exemple, du Magistère d'informatique appliquée de l'Île de France).

Par ailleurs, le tronc commun allant jusqu'à 60 crédits serait maintenu à l'intérieur de chaque département : la fréquentation de ces cours de première et de deuxième année est, de façon générale, amplement suffisante pour limiter le bénéfice qu'il y aurait à regrouper les étudiants de plusieurs établissements. Par contre, ce maintien suppose une certaine uniformisation qui permettrait aux étudiants de s'inscrire à l'un ou l'autre des départements montréalais « si, exceptionnellement, un cours ne peut être donné, à cause d'une clientèle réduite ou pour toute autre raison⁷³ ». En outre, par une planification appropriée, l'emprunt mutuel de certains cours du tronc commun en éviterait la répétition à l'intérieur d'une année et pourrait permettre la synchronisation des étudiants s'inscrivant à la session d'hiver.

⁷² <<http://www.education.gouv.fr/sup/bo199.htm>>

⁷³ Deuxième avis (9 mars 1998) de Jean Barrette (McGill), Elie Boridy (UQAM), David Cheeke (Concordia) et Raynald Laprade (UdeM), directeurs des départements de physique montréalais, et de Pierre Lavigne, directeur de l'INRS-Énergie et Matériaux.

Afin de coordonner ces efforts à plusieurs niveaux, celui de l'enseignement, des programmes et de la planification du développement, des comités de coordination et de suivi, regroupant, par exemple, les directeurs et les présidents des comités des études (au premier cycle et aux cycles supérieurs), devront être constitués. Un autre comité, ne réunissant probablement que les directeurs, structurera les contacts informels qui existent déjà entre les différents départements et agira en tant que table de concertation. C'est dans ce dernier comité que seront discutées les planifications respectives pour la recherche et les embauches afin de « prévoir à long terme un certain régime de croisière harmonieusement orchestré entre les quatre départements⁷⁴ », en tenant compte de leurs spécificités et de leurs axes forts. Cela pourrait ouvrir sur une certaine spécialisation planifiée des départements qui permettrait le regroupement des chercheurs que le temps, estime-t-on, va induire de toute manière. Dans cette foulée, les quatre départements envisagent aussi la possibilité de partager du matériel de travaux pratiques⁷⁵, bien qu'il n'en ait pas été discuté plus amplement. La sous-commission estime, toutefois, que des espaces d'expérimentation, des montages et des expériences pourraient être partagés. Par exemple, on a fait précédemment état des laboratoires de Concordia (voir le [chapitre 2](#)).

Lors même que tous les départements de la métropole ont des apports à faire, on ne peut ignorer l'asymétrie de leurs forces deux par deux; en conséquence, aussi réciproques soient-ils, les échanges ne pourront se concrétiser au même degré. Cette asymétrie départementale pose, en outre, la question du « contrôle de qualité » de la formation partagée. Le système mis en place devra ainsi s'assortir d'un mode de coordination qui passe par les équipes ou regroupements de recherche dans les différents domaines recouverts à même d'assurer, plus qu'une mise en commun des cours, une véritable mise en commun des standards. La part d'autonomie ici cédée le serait aux groupes de recherche, suivant le modèle de l'Institut des sciences mathématiques (ISM) dont il sera question à la section II.

Ce même comité serait chargé de proposer aux institutions détentrices de programmes aux cycles supérieurs les professeurs habilités à diriger des thèses : il n'y aurait donc pas de droit implicite à ce chapitre. Si le cadre actuel favorise déjà ces ententes, le mécanisme doit être formalisé « afin de reconnaître les différentes composantes de la tâche des professeurs qui oeuvreront ainsi dans un cadre multi-établissements ». Une université pourra développer son volet recherche par l'encadrement aux cycles supérieurs d'autres établissements, un volet essentiel de la formation en physique si l'on considère que la moitié des étudiants en physique au Québec sont aux cycles supérieurs.

Enfin, un étudiant inscrit aux cycles supérieurs dans une université doit pouvoir bénéficier de l'environnement de recherche d'une consoeur ou être supervisé par un professeur d'une autre institution, avec reconnaissance de cette tâche dans son université.

Les informations devront être mises en commun (par exemple, sur un site web) de telle sorte que tout candidat puisse prendre connaissance de la variété des cours à sa disposition, des séminaires offerts et des spécificités de chacun des partenaires, et que son choix s'en trouve facilité.

Déjà, l'Université McGill et l'Université de Montréal partagent des cours de maîtrise et de doctorat en physique des particules. La seconde collabore déjà avec Polytechnique pour le génie physique, avec Laval pour l'astronomie et l'astrophysique et enfin, avec l'UQAM par une entente de collaboration au premier cycle pour la météorologie.

L'UQAM et l'Université de Montréal avaient déjà fait part de leur intention d'établir une collaboration formelle, tant matérielle qu'intellectuelle, dans leurs différentes activités à tous les cycles⁷⁶, cela, en maintenant une présence essentielle de la physique à l'UQAM. Une collaboration active en recherche existe déjà entre les deux départements dans le domaine de la physique des particules. « Nous voulons l'intensifier, en particulier dans le but de préparer des demandes de subvention. Il sera ainsi possible d'augmenter les masses critiques des chercheurs, critère important dans les demandes de subvention auprès

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ Premier avis (12 novembre 1997) de Jean Barrette (McGill), Elie Boridy (UQAM), David Cheeke (Concordia) et Raynald Laprade (UdeM), directeurs des départements de physique montréalais.

⁷⁶ Document de présentation du département de physique de l'UQAM, soumis à la sous-commission.

des organismes externes⁷⁷. » C'est ainsi que l'UQAM a participé à une demande FCAR-Centres conjointement avec l'Université de Montréal et McGill.

Quelle que soit la direction empruntée, il faudra s'y engager dans la perspective « gagnant-gagnant » adoptée à ce jour par les directeurs des départements montréalais dans leurs échanges et envisager la structure de collaboration qui, à long terme, pourra assurer à la physique les meilleures conditions de croissance et à la formation, le respect des standards internationaux. Les difficultés qu'impliquent la mise en oeuvre et le fonctionnement d'une telle structure ne sont pas des moindres : le partage des ressources et des subventions gouvernementales, la résistance institutionnelle aux modifications de curriculum... Une synthèse s'impose, non seulement sur le plan des idées, mais encore sur le plan de l'organisation pratique. C'est sur ce dernier plan que les décisions de caractère administratif prennent toute leur valeur.

L'objectif de ces programmes « à volets intégrés » est d'optimiser l'utilisation des expertises, des connaissances de pointe et des ressources qui existent à Montréal pour créer un meilleur environnement et pourvoir une formation plus large. Cette organisation créerait, à sa manière, un « consortium » dont la taille rivaliserait avec des départements tels que celui de l'Université de Toronto qui, à lui seul, compte presque autant de professeurs que l'ensemble des départements montréalais. Répétons-le, sa formulation devra laisser les portes ouvertes à un développement futur de la recherche dans les établissements partenaires.

7.1.1 L'UQAM

Berceau des programmes de technologie de l'École de technologie supérieure (ETS) et de nombreux baccalauréats et certificats, le département de physique de l'UQAM a connu une évolution singulière depuis sa création, contemporaine de celle de l'Université. Sa généreuse contribution à la formation en sciences appliquées, en technologie et à la formation des maîtres, les nombreux cours de service qu'il a de tout temps dispensés, sans compter la préparation de dossiers pour divers génies (aérospatial, informatique, environnement, microélectronique) l'ont quelque peu éloigné de ses objectifs et de sa mission de recherche. Jusqu'en 1993, le baccalauréat en physique était exclusivement orienté vers un domaine connexe, la météorologie, suite à une offre d'Environnement Canada, au milieu des années 70, de constituer à l'UQAM le lieu de formation de ses météorologues francophones; la maîtrise en était une en sciences de l'atmosphère.

Durant les années 80, le département abrite l'électrotechnique et la microélectronique, des champs qui, tout en se fondant sur les lois et principes de la physique, s'en distancient par l'esprit. En 1990, les professeurs de sciences techniques seront relogés en informatique et ceux oeuvrant dans le secteur des sciences de l'atmosphère/météorologie, au nombre de six, au département des sciences de la terre. Trois ans plus tard, intervient une refonte du programme qui le rendra plus conforme aux standards universels d'une formation générale en physique. Aujourd'hui, le département compte sept professeurs, un peu plus de 40 étudiants au premier cycle et le programme, deux concentrations, soit physique fondamentale et sciences de l'atmosphère. L'ouverture, il y a cinq ans, d'un nouvel axe de recherche en physique des hautes énergies/particules élémentaires, a insufflé au département un élan qui a eu pour effet d'augmenter sa visibilité et son rayonnement à l'international.

L'UQAM concluait, en juin 1992, une entente de collaboration avec l'UQTR permettant à ses étudiants – une quarantaine à ce jour – de suivre la maîtrise en physique de la seconde. Deux ans plus tard, le département produisait ses premiers diplômés dans ce programme qui attire non seulement les finissants de physique de l'Université même, mais aussi ceux d'autres institutions québécoises et étrangères. Plus précisément, des étudiants de Montréal, inscrits à la maîtrise en physique de l'UQTR, effectuent leur travail de recherche sous la supervision de professeurs de l'UQAM. Il arrive que les étudiants montréalais aient à suivre des cours à Trois-Rivières, lorsque ceux-ci ne sont pas dédoublés.

Toutefois, en raison de contraintes administratives, les étudiants montréalais ne pouvaient s'inscrire concurrentement à des cours offerts par d'autres universités de la ville et n'avaient pas accès à tous les

⁷⁷ Ibid.

bénéfices (ex. carte étudiante) que l'UQAM, comme toute autre, offre généralement à ses étudiants, précisément en l'absence de reconnaissance officielle de l'extension du programme de l'UQTR à l'UQAM. Entre-temps, les deux partenaires entendent poursuivre, intensifier et élargir cette entente de collaboration qui, dans les circonstances, leur est également profitable⁷⁸. Cela dit, on apprenait en mars 1998 que l'extension du programme était officiellement conclue.

Au premier cycle, le programme participe à plusieurs autres (notamment, à ceux de biologie, chimie et environnement) et sa disparition entraînerait la perte des infrastructures pour les cours de service, ce qui serait contraire à l'objectif d'un meilleur service aux étudiants. En contrepartie, un corps professoral, trop entier occupé aux cours de service et d'autant qu'il est restreint, ne peut se consacrer efficacement à la recherche et à l'exploration de nouvelles idées.

Au vu de sa situation, l'UQAM pourrait gagner à se concentrer sur un ou quelques domaines précis de recherche et son corps professoral à être consolidé par des embauches sélectives dans un ou des domaines convergents avec ceux de l'Université de Montréal, laquelle pourrait alors assurer les infrastructures nécessaires à l'aspect expérimental, ce qui est déjà le cas en physique des hautes énergies. Aux cycles supérieurs, ses professeurs pourraient s'associer aux programmes d'enseignement existants à McGill et à l'Université de Montréal et participer à l'encadrement des étudiants. Au baccalauréat, une offre conjointe de cours avancés serait envisageable avec ces dernières universités.

Pour examiner la place de la physique à l'UQAM et faire le point sur le développement du département de physique dans ses murs, la Commission des études de l'établissement constituait à l'automne 1997 un groupe de travail réunissant trois professeurs de l'institution et deux professeurs émérites externes. Ce comité déposait son rapport devant la Commission des études en janvier 1998.

7.1.2 L'INRS-Énergie et matériaux

L'offre curriculaire de l'INRS qui, outre la recherche, a un mandat d'encadrement et de formation aux cycles supérieurs, fait appel de façon *ad hoc* à l'expertise d'autres établissements, principalement McGill, Polytechnique et l'Université de Montréal : à l'occasion, des étudiants de cette dernière institution suivent des cours de l'Institut. Par la réciproque, ce dernier peut inciter ses étudiants à suivre certains cours offerts dans d'autres universités afin d'élargir leur formation de base. Il faut noter, cependant, que si le Centre est favorable à des échanges avec ses consoeurs montréalaises, les cours n'y sont pas systématiquement offerts à toutes les sessions : ceux obligatoires le sont une fois par année, et les autres, le plus souvent sur une base bisannuelle.

L'Institut pourrait participer à un programme de stages entre établissements d'enseignement, tel qu'il en a été question au point 6.5.1. Pour cet établissement exclusivement voué aux deuxième et troisième cycles, ainsi qu'à la recherche, on voit là une occasion d'identifier des recrues potentielles dont la source réside dans les universités.

Mentionnons que la couverture en recherche de certains domaines propres à la chimie est reflétée par des cours en électrochimie et sur les polymères. Ces cours pourraient faire partie « d'un nouveau programme conjoint en chimie mis en place dans le cadre d'une entente entre l'INRS, l'UQAM et l'UQTR⁷⁹ ». De plus, l'INRS-Énergie et Matériaux est déjà engagé dans des activités de recherche conjointes avec le département de physique de l'Université de Montréal dans le domaine des plasmas, avec le département de l'UQTR dans celui des nouveaux matériaux énergétiques.

L'expertise de l'INRS lui permet de faire un apport complémentaire à celui des autres institutions universitaires de la région montréalaise. Dédié à l'enseignement aux cycles supérieurs, l'INRS-Énergie et matériaux pourrait contribuer à la formation de premier cycle dans les domaines de l'optique, lasers, énergie et plasmas par le biais de cours spécialisés.

⁷⁸ Documents de présentation des départements de physique de l'UQAM et de l'UQTR, soumis à la sous-commission.

⁷⁹ Document de présentation de l'INRS-Énergie et Matériaux, soumis à la sous-commission.

Le doctorat en sciences de l'énergie et des matériaux est offert en extension de l'INRS à l'UQTR depuis 1975. Depuis une dizaine d'années, l'INRS-Énergie et matériaux a intégré à sa programmation de 3^e cycle un volet « matériaux diélectriques » (incluant des études de stockage d'hydrogène) réalisé à l'UQTR. La formation théorique et l'encadrement de ses étudiants dans le domaine se font en étroite collaboration avec ce dernier département de physique. Les activités relatives à la scolarité sont peu nombreuses et plusieurs des cours offerts à l'UQTR recoupent ceux de sa maîtrise en physique. Occasionnellement, les doctorants de l'UQTR suivent un ou deux cours sur le total à Varennes : « il y aurait sans doute place à une mise en commun plus serrée des ressources d'enseignement⁸⁰. » Au fil des ans, cette collaboration en formation s'est naturellement étendue à la recherche. Des discussions sont amorcées entre les deux institutions pour inscrire la maîtrise dans ce principe d'extension.

7.2 L'UQTR, Laval et l'Université de Sherbrooke

On ne doute pas que les autres universités, entre autres, l'UQTR, Laval et l'Université de Sherbrooke, ces deux dernières ayant déjà des collaborations importantes avec les universités montréalaises, s'inscrivent dans la démarche de leurs consoeurs montréalaises grâce à des échanges d'expertises. Il est convenu qu'une entente, quelle qu'en soit la nature, ne saurait être exclusive et interdire toute collaboration parallèle. Ainsi, une entente de l'INRS avec les universités montréalaises, d'une part, ne saurait empêcher, d'autre part, la consolidation de ses liens avec l'UQTR. Vu leur proximité et le souhait exprimé à cet effet par Bishop's, ne pourrait-on envisager des partages de laboratoires entre cette université et l'Université de Sherbrooke.

Néanmoins, la donne géographique ne devrait pas empêcher le développement de liens interuniversitaires en matière de formation. Fortement intéressée par les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), l'UQTR pourrait explorer l'utilisation du multimédia pour avoir accès à des cours de Montréal et pour optimiser l'offre de cours à la maîtrise. L'université compte expérimenter cet outil dès l'automne 1998, car « la mise en commun de ressources dans le programme de maîtrise aura comme conséquence de créer chez les étudiants de chaque institution (*l'UQTR et l'UQAM*) un plus fort sentiment d'appartenance à l'ensemble du groupe. Le succès de cette expérience nous encouragera à l'étendre à certaines activités de troisième année du baccalauréat en physique⁸¹. »

7.3 L'UQAC

Les discussions entourant le programme de physique de l'UQAC remontent à la création de celui-ci, il y a 25 ans. Au regard de la faible fréquentation étudiante qui fut toujours la sienne – à l'automne 96, le total des inscriptions était de 16 –, l'hypothèse de sa fermeture a resurgi à différentes reprises.

Lors de sa fondation en 1968, l'Université du Québec avait conclu à la nécessaire présence des disciplines fondamentales, dont la physique, dans tout établissement de toute région où l'université est souvent perçue comme le noyau principal du développement économique, social et culturel : cette présence serait assurée sans égard à l'effectif étudiant.

Le programme de physique de l'UQAC a été récemment modifié dans le cadre d'une révision des programmes. La rationalisation de la banque de cours est menée couramment par l'université afin de réduire le nombre de ceux qui apparaissent exclusivement dans un programme et la collaboration inter-programmes est solidement établie. « Nous croyons que cette façon de faire améliore la qualité du programme en permettant à nos étudiants de prendre conscience des points de vue de différentes disciplines sur un sujet donné. Cette approche élargit la formation intellectuelle de nos étudiants et les prépare déjà à une intégration pluridisciplinaire⁸². » À ce point-ci, cinq cours demeurent exclusifs au programme de physique, alors qu'entre 77 % et 87 % de ses crédits-étudiants, donc des ressources professorales, sont

⁸⁰ Avis de Louis Marchildon, directeur, Département de physique, UQTR.

⁸¹ *Ibid.*

⁸² Avis de André Francoeur, directeur, Module des sciences fondamentales, UQAC.

partagés avec d'autres programmes, ceux de chimie, géologie, mathématiques-informatique, enseignement secondaire, génie unifié, génie informatique, pour ne nommer que ceux-là. En sorte que sa disparition pure et simple n'apporterait au mieux que des économies marginales.

Une des trois options de ce programme, les ressources renouvelables, est unique au Québec. Grâce à l'association de cours de spectroradiométrie et de télédétection, de physiologie végétale et de sciences de l'atmosphère, cette option, orientée vers la dimension physique de l'étude des ressources renouvelables, vise donc à favoriser l'intégration des étudiants de physique dans le programme d'études supérieures offert dans ce domaine au Département des sciences fondamentales. De plus, le programme s'y distingue par la formule adoptée – des mini-projets de recherche – pour dispenser les travaux pratiques.

Néanmoins, les cohortes modestes de l'UQAC n'inspirent pas que des considérations d'ordre monétaire ou relatives à l'économie de moyens à l'interne. Tel qu'il a été dit précédemment, la formation spécialisée en physique doit répondre à des impératifs qui, s'ils réclament aujourd'hui des ajustements douloureux, le rendent en vision d'avenir. Au premier chef, la masse critique de professeurs engagés dans des activités de recherche. En 1997, quatre professeurs supportent directement le programme de physique et leur âge moyen, soit 55,3, est le plus élevé de tous les départements québécois. Alors qu'un départ est prévu d'ici l'an 2000, l'université a clairement indiqué qu'elle ne procéderait à aucune embauche dans ce domaine.

Les subventions et les publications ne témoignent pas d'un très fort volume de recherche – le département reçoit 60 000 \$ annuellement, soit environ 0,3 % de l'ensemble des subventions aux départements de physique québécois – : en 1995, la moyenne du financement par professeur arrive au dernier rang, légèrement derrière Bishop's ([tableau 5.1](#)).

Le rayonnement international paraît faible ou moins fort que pour d'autres départements de physique au Québec. La formation de physiciens spécialistes peut ne pas répondre aux standards édictés plus haut. En revanche, l'accueil des diplômés aux cycles supérieurs dans les autres universités peut être interprété comme une sanction du niveau et de la qualité de la formation qu'ils ont reçue. De plus, la masse critique nécessaire à la confrontation intellectuelle est atteinte par l'implication des départements des sciences appliquées et de mathématiques-informatique⁸³.

De prime abord, ces deux arguments pourraient éventuellement concilier le programme de l'UQAC avec les standards énoncés pour un programme spécialisé en physique dans la mesure où il serait possible d'examiner les trajectoires individuelles des quelque vingt diplômés de cette institution depuis 1989 (à égalité, à peu de choses près, avec Bishop's) et qu'on puisse concevoir que la participation de plusieurs départements à un enseignement parvienne à créer un authentique noyau « disciplinaire ».

On ne peut, certes pas, reprocher à une formation de puiser à plusieurs sources disciplinaires. Néanmoins, sans autre enquête, on peut se demander ici si les étudiants de l'UQAC, qui bénéficient à l'évidence d'un encadrement privilégié et d'une formation dont la qualité ne peut être questionnée a priori, évoluent dans un contexte disciplinaire optimal leur procurant toutes les chances de s'intégrer avec bonheur et utilité dans les réseaux internationaux de physiciens, à moins que leurs quatre professeurs puissent les y aider.

L'absence du programme spécialisé en physique priverait infailliblement un certain nombre d'étudiants (dix nouvelles inscriptions en 1994, huit en 1995 et six en 1996), mais la physique n'en disparaîtrait pas pour autant. Si le contexte actuel de formation ne satisfaisait pas les critères de formation de « physiciens » – il appartient à l'université d'en juger d'après les standards entendus ici –, la physique pourrait être intégrée à un baccalauréat général en science, type majeure-mineure, ou à tout programme multidisciplinaire où sa dimension « culturelle » survivrait. Déjà, le programme de physique de l'UQAC a l'expérience d'une telle intégration pluridisciplinaire qui, dans les circonstances, favoriserait une alliance scientifique des professeurs-chercheurs et des étudiants, plus intéressante pour les uns et les autres.

⁸³ Avis de André Leclerc, responsable du programme de physique, UQAC.

7.4 Bishop's

Fondée en 1843 sur le modèle des collèges américains, Bishop's est une université particulière de par ses énoncés de mission qui la dédient particulièrement à l'enseignement de premier cycle et l'environnement de « *sound and liberal education* » où ses étudiants évoluent. Il s'agit du seul *Liberal Arts College* au Québec.

Il n'y a nul doute que la relation entre les professeurs et la vingtaine d'étudiants en physique est privilégiée et l'encadrement particulièrement étroit, ce qui participe aux attraits d'une telle formation. Néanmoins, on reconnaît ici, dans une institution à la base très différente, une problématique analogue à différents égards à celle de l'UQAC.

Le programme de *Major* et celui, plus récent, de *Honours* puisent aux mêmes ressources, ne laissant escompter nulle économie à la suppression de ce dernier. Puisque la totalité des étudiants du *Honours*, soit la moitié des étudiants en physique de l'institution, se destine aux cycles supérieurs, on a dit craindre que ces étudiants ne soient sacrifiés par l'absence du programme. De surcroît, l'obligation qui leur serait faite de compléter leur troisième année dans une autre université, serait fatale à la filière de la physique dans cette université, pouvant dissuader les candidats, dont un bon pourcentage en provenance de l'extérieur de la province, d'y entreprendre même leur formation.

Pour Bishop's qui privilégie une éducation large et multidisciplinaire, un programme de 70 crédits et plus dans la même discipline ne constitue pas le moyen unique pour former convenablement une personne. Récemment, le rapport d'experts mandatés par le *Senate Programme Academic Review Committee* (SPARC) de l'institution suggérait que « le nombre de cours requis pour le programme de majeure et de *Honours* en physique pourrait être réduit !⁸⁴ ».

Cependant, on peut faire une lecture différente de la situation : ne serait-il pas, précisément, avantageux pour les étudiants du *Honours*, dont la destination est toute tracée, de joindre rapidement les rangs d'une université où ils trouveraient réunies toutes les conditions pour une éventuelle poursuite aux cycles supérieurs.

Un programme *Honours*, du fait de sa définition, de ses exigences intrinsèques et du caractère plus approfondi de la formation qu'il procure, ne peut être « honnêtement » desservi par une poignée de professeurs. L'appellation peut être ici trompeuse : un étudiant, apte à poursuivre une telle formation avancée, serait sans doute mieux servi dans une université dispensant des programmes plus spécialisés. Une procédure doit fournir aux candidats les informations propres à rendre leur décision plus rationnelle, moins aléatoire, et à la hauteur, autant de leurs aspirations professionnelles que de leurs capacités personnelles.

7.5 Conclusion de ce chapitre

En définitive, les universités soucieuses d'offrir à la discipline les meilleures conditions pour s'épanouir et prospérer, et aux étudiants une formation de la plus haute qualité, doivent être conscientes de leur responsabilité au regard des exigences intrinsèques de la discipline : masse critique de professeurs et d'étudiants, recherche de portée internationale de par son impact et ses collaborations, appuyée par des réseaux étendus de relations. Ce sont ces exigences et les injonctions faites par l'internationalité de la recherche en physique qui dictent certains engagements de la part des établissements. Une université comprendra qu'elle ne peut prétendre offrir aujourd'hui des programmes spécialisés ou *Honours* dans un secteur, et à plus forte raison en physique, sauf à ces conditions, quitte à s'en dessaisir lorsqu'ils ne satisfont pas les standards de formation, cela à la fois pour le bien de l'étudiant et de la discipline. La physique resterait alors à même de participer à une formation scientifique polyvalente à l'université.

Une appellation qui enfreint ces critères ne saurait plus être autorisée, au premier chef parce qu'elle est artificielle et peut donner fausement à croire, à l'étudiant d'abord, qu'elle est à même d'armer

⁸⁴ Avis de Lorne Nelson, directeur, Département de physique, Université Bishop's.

convenablement pour des activités professionnelles s'exerçant dans un contexte international. De là, l'importance que toutes les universités adhèrent à une même définition claire et simple de la nature des différents programmes.

Si la redéfinition de la carte de la physique au Québec s'impose avec autant d'urgence, c'est qu'elle s'inscrit dans un « atlas » mondial. On ne peut tirer le rideau longtemps sur ce tableau, et l'ignorance de la question, ou pire, l'indifférence à son égard, pourrait entraîner de durables conséquences, alors que le corps professoral menace de passer sous une barre critique et que la population étudiante en physique ne promet pas de s'accroître.

Les intentions de collaboration manifestées par les départements de physique viennent s'achopper à d'autres difficultés : les gênes nombreuses, financières et académiques, qui déterminent des conditions propres à refréner tout changement, même souhaitable, décourager les meilleures intentions et, ainsi, exposer consciemment l'avenir d'une discipline, telle que la physique, à un péril très réel.

Collectivement, les universités québécoises font face à une lourde échéance et c'est dans cette perspective que s'inscrivent les recommandations avancées par la sous-commission et que la Commission fait siennes.

Recommandations

Si l'on ne se fie qu'aux clientèles inscrites en physique au Québec, une importante rationalisation s'impose dans l'offre de programmes. À y regarder de plus près, force est de constater que la physique, comme les mathématiques, constitue un savoir fondamental, et que la connaissance de ses principes est essentielle dans la plupart des sciences naturelles. Cela jette une lumière différente sur le sort que l'on doit réserver à son enseignement. Il faut signaler d'emblée qu'un enseignement de physique dans toute université ayant un secteur des sciences ne signifie pas nécessairement pour celle-ci l'obligation d'offrir un programme spécialisé. Une université peut offrir des cours de physique de base ou avancés dans des programmes qui en ont besoin, comme le génie, l'océanographie ou les sciences de la terre, sans pour autant dispenser un baccalauréat spécialisé.

Cela étant posé, il reste que les programmes de baccalauréat en physique sont relativement nombreux au Québec. Neuf universités en dispensaient à 660 personnes en 1996, soit une moyenne d'un peu plus de 70 étudiants par unité. À la maîtrise, on compte près de 200 étudiants dans sept programmes et, au doctorat, près de 300 étudiants dans six programmes. Il faut souligner que le total des inscrits aux cycles supérieurs représente 70 % de la clientèle du premier cycle. Il est peu de secteurs étudiés par la CUP jusqu'à maintenant où l'on ait observé ce comportement et, à l'exception des programmes conduisant à l'acceptation dans un ordre ou une corporation professionnelle et où la maîtrise est exigée, il en est peu où cela se reproduira. Cela dénote à la fois l'importance de la recherche en physique dans les universités du Québec et celle qu'accordent les étudiants aux perspectives d'obtention de postes intéressants dans l'industrie ou la recherche.

De l'avis des physiciens siégeant à la sous-commission, on ne peut prétendre au statut de physicien non plus qu'à un poste à ce titre sans un diplôme de second cycle. Comme c'est le cas habituellement dans le secteur des sciences, il est également connu que les étudiants aux cycles supérieurs doivent être soutenus financièrement par les subventions des professeurs. D'où l'importance qu'il faut accorder à la capacité de ces derniers d'affronter la concurrence sur la scène subventionnaire et contractuelle, laquelle s'évalue entre autres par leur rayonnement dans le monde de la physique à l'échelle internationale. On aura constaté, à l'examen des données sur la recherche, que les 20 M\$ et plus de subventions et contrats des professeurs de physique des universités québécoises signifient à cet égard une grande vitalité du milieu. On souligne également que l'obtention de subventions d'équipement de la part des professeurs est cruciale, car cet équipement est couramment « recyclé » ou réutilisé pour l'enseignement, les activités de laboratoires en physique expérimentale constituant une composante incontournable de la formation dans le domaine.

Standards convenus

Deux types de baccalauréats sont offerts dans les universités québécoises, les programmes généraux et les programmes spécialisés. Le premier type est obtenu par la combinaison d'une majeure en physique et d'une mineure dans une discipline complémentaire. Le second type est celui qui conduit à une maîtrise sans obligation de propédeutique.

La sous-commission a réfléchi sur les standards et conditions que devrait respecter un baccalauréat qui s'affiche comme spécialisé ou *Honours* en physique. Après avoir avancé des nombres de professeurs et des montants de subvention considérés comme essentiels, elle a plutôt conclu ce qui suit. Un tel programme devrait comporter au moins les deux tiers des crédits en physique. L'obligation pour les étudiants d'activités expérimentales dans le cours du baccalauréat est jugée essentielle, le tout se situant dans un environnement de recherche ayant une composante expérimentale suffisante. On soumet que les cours de physique devraient être dispensés par des professeurs actifs en recherche, l'obtention de subventions ou le rayonnement et l'impact des publications dans le domaine de spécialisation faisant foi de cette activité. Il a

été souligné à maintes reprises que, compte tenu de la nature de cette science, le forum de reconnaissance des professeurs est la communauté internationale des physiciens.

PRÉMISSE 1

Pour être qualifié de spécialisé, un baccalauréat en physique doit contenir au moins les deux tiers des crédits en physique. Il doit assurer un volume raisonnable d'activités expérimentales. Les professeurs de physique dispensant des cours dans ce programme doivent être actifs en recherche. Cette activité est attestée par les subventions ou le rayonnement international des publications dans le domaine de spécialisation.

Ce rappel avait pour but de situer les attentes formulées à l'égard de l'enseignement de la physique. Somme toute, il apparaît que, pour former des physiciens qui seront à même d'exercer comme tels dans un contexte industriel ou de recherche dont les références sont établies au plan mondial, il faut fournir aux étudiants, dès le premier cycle, la participation aux réseaux scientifiques reconnus où doivent oeuvrer leurs professeurs. Il faut également, dès le début du premier cycle, les introduire à l'univers de la recherche.

Est-il nécessaire d'ajouter ici que l'achèvement d'un curriculum de physique jusqu'à l'obtention du doctorat est loin de constituer la seule voie permettant de se réaliser comme scientifique et que le monde du travail est aussi à la recherche de diplômés ayant une bonne formation de base en sciences, capables d'appliquer les façons de penser propres aux physiciens, en particulier leur capacité à résoudre des problèmes de toute nature. Si un baccalauréat en physique donne peu de chances d'occuper un emploi comme physicien chercheur et que ce type de poste est réservé aux détenteurs d'un doctorat, l'industrie de la haute technologie et les firmes d'ingénierie, quant à elles, réservent à tout diplômé des perspectives de carrière très intéressantes.

Leur formation fondamentale les dispose ainsi à oeuvrer dans des milieux de travail où l'outil informatique est essentiel : ils peuvent assurer l'interface avec des ingénieurs, des informaticiens, des concepteurs de systèmes de diverse nature, ou encore la modélisation dans une foule de secteurs où leurs compétences en physique et en mathématiques sont requises. Grâce à leurs connaissances à un haut niveau des techniques et outils informatiques, les diplômés en physique sont des intervenants de choix lorsqu'il s'agit de conjuguer calculs informatiques et notions de base en physique pour résoudre des problèmes concrets.

Une amélioration à la formation : l'intégration de l'informatique

Tout programme de baccalauréat en physique doit obligatoirement mettre les étudiants en contact avec les trois approches essentielles à la discipline : l'approche théorique, l'approche expérimentale et l'approche de la simulation. Le développement de l'informatique, et plus particulièrement de sa puissance de modélisation, modifie la conception même de la physique. La possibilité qu'ont les ordinateurs d'effectuer les calculs nécessaires à la modélisation de phénomènes naturels à grande variabilité, comme les courants de l'air ou de l'eau par exemple, pour ensuite vérifier expérimentalement les comportements réels de ces phénomènes et les comparer avec les résultats obtenus par simulation, constitue une avenue qui transforme les modalités de la recherche et pourrait modifier la discipline elle-même. C'est pourquoi les étudiants de physique doivent être initiés à cette nouvelle façon de faire de la physique dès le premier cycle.

PRÉMISSE 2

Que les instances responsables des programmes de physique au premier cycle intègrent l'informatique non seulement comme outil, mais également comme partie indissociable de l'environnement de formation en physique.

En relation avec la prémisses 1 et étant donné les caractéristiques, décrites dans le rapport, des établissements qui dispensent des programmes de grade en physique, la sous-commission soumet les recommandations qui suivent.

Questions sur certains programmes de baccalauréats existants

Les standards essentiels à la dispensation d'un baccalauréat spécialisé en physique mentionnés plus haut obligent à poser quelques questions sur certains programmes de baccalauréats existants. Les universités qui n'ont qu'un premier cycle, l'UQAM, l'UQAC et Bishop's, sont dans ce cas. La première vient de confirmer sa participation à la maîtrise de l'UQTR, donnant suite à une pratique de plusieurs années. En septembre 1997, l'UQAM a également formé un comité consultatif sur l'avenir de la physique et s'appête à prendre les décisions qui découlent du rapport soumis à ses instances.

L'UQAC a choisi une voie originale. L'organisation de son secteur des sciences manifeste depuis longtemps une volonté d'intégrer l'ensemble de ses activités dans ce domaine. Les professeurs y sont regroupés dans trois départements : informatique et mathématique, sciences fondamentales et sciences appliquées, les deux premiers avec une vingtaine de professeurs, le dernier avec une quarantaine. Les professeurs de ces trois départements enseignent aux apprentis physiciens, ceux des deux premiers étant les plus souvent mis à contribution. Il faut signaler que les trois départements offrent également des cours au baccalauréat en génie et dans les autres programmes de sciences. Une voie assez fréquentée de la part des diplômés en physique est celle de la maîtrise en ressources renouvelables ou encore en ingénierie et nul doute que ces étudiants sont bien formés pour un programme de deuxième cycle multidisciplinaire. Plusieurs autres étudiants sont allés continuer des études de maîtrise dans d'autres universités et ont très bien réussi.

Si les enseignements sont ici principalement donnés dans le cadre d'une banque de cours de physique et de mathématiques, il est raisonnable de poser la question de la participation des professeurs aux circuits internationaux de recherche dont il est fait mention plus haut. En effet, les fonds de recherche proviennent uniquement de l'intérieur de l'Université et en 1997, on compte sur un total de quatre physiciens pour dispenser les dix-sept cours de physique obligatoires du programme. C'est pourquoi la sous-commission estime qu'il est justifié d'inviter l'UQAC à évaluer son programme en regard des standards mentionnés plus haut et elle se demande s'il ne serait pas plus juste d'appeler ce programme *baccalauréat en sciences* plutôt que *baccalauréat en physique*, quitte à y offrir une majeure en physique. Cela aurait l'avantage de bien informer les aspirants physiciens quant à la formation qui les attend et celle qu'ils doivent suivre selon qu'ils envisagent de poursuivre un deuxième cycle en physique proprement dite ou bien qu'ils se dirigent vers une pratique ou une profession à caractère plus multidisciplinaire, avec une bonne base de connaissances en physique.

Quant à Bishop's, elle offre un B.Sc. *Honours in Physics* dans des conditions qui s'apparentent à celles de l'UQAC. Il faut cependant rappeler le modèle *Liberal Arts* de Bishop's et le recrutement hautement compétitif des étudiants qui choisissent la physique et sont par la suite admis au *Honours*. On fait valoir, comme à l'UQAC d'ailleurs, la satisfaction que procure au corps professoral le choix des diplômés de se diriger aux études supérieures en physique. Deux professeurs de physique seulement composent le corps enseignant.

Ces deux institutions se trouvent donc dans des conditions analogues. Ce n'est pas un mal d'être différent, ont soutenu les représentants de ces deux universités à la sous-commission. Il est clair que la formule *Honours* des universités de type *Liberal Arts* est trop peu prisée et recherchée au Québec. La sous-commission se demande cependant s'il est judicieux d'en faire la promotion par la physique étant donné les standards reconnus et mentionnés plus haut.

C'est du reste pour cette raison que la sous-commission a choisi d'interpeller ces deux établissements, leur demandant d'évaluer eux-mêmes leur programme spécialisé de physique à la lumière de ces standards.

RECOMMANDATION 1

La Commission demande à l'Université Bishop's et à l'Université du Québec à Chicoutimi d'évaluer leur capacité respective à continuer à dispenser un baccalauréat spécialisé en physique à la lumière des standards indiqués à la prémisses 1 et les invite à faire rapport à la Commission à la fin du trimestre d'automne 1998.

La collaboration pour l'enseignement aux cycles supérieurs

Dans une consultation menée auprès des directeurs de département de physique pendant les travaux de la MIP, il est apparu une hypothèse intéressante de collaboration aux cycles supérieurs, baptisée « import-export ». Dans ce schéma, les universités partageraient une banque de cours de niveau avancé, à la maîtrise surtout, mais éventuellement à la fin du premier cycle. On sait que les étudiants sont prêts à se déplacer pour certains cours, s'ils ont la conviction que le professeur crack de tel domaine est celui qui va leur donner le cours et l'occasion d'une expérience mémorable.

Certains départements pourront être exportateurs de cours ou de séminaires dans un domaine où ils sont très forts, mais importateurs dans un domaine où leurs ressources ont toujours fait défaut ou sont désormais déficientes ou inexistantes. Cette collaboration devrait permettre d'offrir simultanément aux étudiants de plusieurs universités des activités que chacune d'elles est incapable de donner seule, soit pour cause de petites clientèles, soit par défaut des ressources qualifiées pour le faire. Il existe évidemment des axes privilégiés de cette collaboration. Par exemple, l'Université de Sherbrooke, qui a très tôt spécialisé son intervention, souhaite donner à ses étudiants accès à tel secteur pour lequel elle ne possède aucune expertise. Elle offre, en revanche, tel autre domaine aux étudiants des autres universités du Québec.

En mathématiques, l'Institut des sciences mathématiques (ISM) a mis au point une formule analogue, confiant aux groupes de recherche le soin de désigner les professeurs en charge des cours qu'il met à l'horaire à une session donnée. Comme l'ISM vient d'accueillir en son sein les universités Laval et de Sherbrooke, on peut penser que la formule de participation à un tel consortium pour la physique peut s'appliquer, quelle que soit la distance géographique entre les universités participantes.

RECOMMANDATION 2

Que les universités conviennent d'un scénario de collaboration aux cycles supérieurs pour la formation en physique dans la perspective de faciliter l'accès pour les étudiants au savoir disponible dans l'ensemble des départements actifs aux cycles supérieurs.

Que les universités, selon le cas, fassent rapport à la Commission au début du trimestre d'hiver 1999.

Possibilités d'encadrement aux cycles supérieurs pour tout professeur habilité

On a signalé combien il est nécessaire que les professeurs enseignant dans un baccalauréat spécialisé aient la possibilité de diriger des étudiants aux cycles supérieurs, élément intimement relié au maintien de la performance en recherche. En effet, les activités de recherche des professeurs et le développement de problématiques nouvelles sont alimentées ou stimulées par les questions traitées par leurs étudiants au doctorat et à la maîtrise, ainsi que par les solutions qu'ils doivent être en mesure de les aider à trouver dans ce cadre. Or, tous les établissements n'en sont pas au même point en termes d'études avancées.

Ainsi, à Montréal, l'Université McGill et l'Université de Montréal ont des départements dotés de programmes aux trois cycles et de subventions importantes. En fait, si l'on inclut l'INRS-Énergie et matériaux, on constate qu'une forte proportion de la recherche subventionnée au Québec s'effectue dans la région de Montréal. En revanche, l'Université Concordia offre une maîtrise et est active en physique théorique, un domaine qui, pour requérir peu d'équipements de laboratoire, exige tout de même l'accès à des ordinateurs de grande puissance capable d'effectuer les simulations nécessaires. L'UQAM, quant à elle, vient de confirmer par une entente officielle l'extension chez elle du programme de maîtrise de l'UQTR.

Sous réserve de satisfaire aux critères d'habilitation des professeurs en vigueur à l'Université McGill et à l'Université de Montréal, il est nécessaire que les professeurs puissent diriger des étudiants inscrits dans les programmes de maîtrise et de doctorat, en l'occurrence ceux de McGill et de Montréal, et que cela fasse partie intégrante de leur tâche dans leur institution d'attache.

De plus, un cinquième et un sixième partenaires pourraient se joindre à ce réseau. En effet, l'INRS-Énergie et matériaux, actif uniquement à la maîtrise et au doctorat, effectue de la recherche thématique dans son domaine de spécialisation avec un fort contenu en physique. Ce centre, qui a manifesté un très vif intérêt à habilitier des professeurs d'autres universités qui oeuvrent dans ces thématiques, a extensionné son programme à l'UQTR dans les domaines de l'hydrogène et des diélectriques. Ce type de collaboration devrait être possible pour les professeurs de toutes les universités, à la condition que les modalités d'habilitation pour l'encadrement aux cycles supérieurs des établissements soient dûment respectées.

En fait, chaque département de physique des universités québécoises offrant un doctorat a développé des axes privilégiés de spécialisation aux cycles supérieurs. Nonobstant cette spécialisation, il se trouve dans l'un ou l'autre établissement des professeurs en mesure de diriger un candidat à la maîtrise ou au doctorat dans un axe retenu par une autre université que la leur. Le fait est avéré et les collaborations sont courantes.

Actuellement, il est possible à des professeurs d'une université de participer à la direction d'un étudiant dans une autre université. Sauf exception, il s'agit habituellement de codirection. Il est évident que cette formule est moins intéressante pour un professeur qui possède les compétences requises pour une direction à part entière – fonds de recherche et publications reconnues – et doit néanmoins se soumettre à la codirection parce que son établissement ne dispose pas de programme de doctorat.

Tous les membres de la sous-commission se sont dits en accord avec l'extension proposée ici, sous réserve que les professeurs satisfassent aux critères de l'habilitation dans l'institution d'accueil. Il est également important que cette partie (aspect) de sa tâche, même effectuée partiellement dans un autre établissement, soit reconnue au professeur dans sa propre université.

C'est pourquoi la Commission estime qu'il faut officialiser cette pratique pour l'ensemble du réseau.

RECOMMANDATION 3

Que les départements de physique des universités du Québec qui offrent des programmes de maîtrise ou de doctorat explicitent les conditions d'habilitation des professeurs d'autres institutions à diriger les travaux d'une thèse dans leurs programmes.

Que les universités conviennent de toutes modalités et d'ententes financières interinstitutionnelles qui reconnaissent la contribution de ces professeurs.

Qu'elles rendent ces dispositions opérantes dans un délai raisonnable.

Planification à l'échelle du Québec

Les importants progrès réalisés au Québec dans les sciences en général et en physique en particulier, sont le fruit des choix de planification de décideurs clairvoyants, effectués il y a plusieurs années et portés par les efforts des professeurs qui ont maintenu leur capacité de financement extérieur. Il faut toujours garder à l'esprit que la compétitivité technologique des sociétés tient largement de nos jours à leur investissement dans la recherche fondamentale, dont la physique constitue la pierre angulaire. Il faut ajouter que les travaux conjoints dans le domaine de la recherche sont devenus monnaie courante, ce qui ne signifie pas toutefois que l'on ait nécessairement atteint l'optimum de cette collaboration entre tous les établissements du Québec.

Or, le développement des sciences dans le système universitaire risque d'être compromis par les difficultés financières actuelles, à moins qu'on ne puisse fonder le futur sur des choix éclairés de complémentarité entre les établissements. Il ne s'agit pas d'applaudir aux choix budgétaires du gouvernement. Mais pour faire face à la difficulté présente et éviter des dommages irréparables, les forces vives doivent se mobiliser.

Les programmes de sciences exigent des ressources considérables dont aucune université ne peut disposer seule dans le contexte actuel. Les établissements sont donc fortement invités à explorer ou à approfondir toute avenue de complémentarité. Le présent rapport fait état des domaines de spécialisation observés jusqu'à maintenant entre les départements. Compte tenu de la diminution des ressources, il faut aller plus loin. Aussi, les établissements devraient-ils faire état chacun des domaines de spécialisation qu'ils entendent conserver ou adopter à l'avenir.

Tous les départements de physique, de sciences ou de sciences fondamentales dans les universités plus petites, ont vu réduire le nombre autorisé de leurs postes de professeurs de physique. La plus importante réduction touche l'Université de Montréal, où le plus gros département de physique du Québec sera passé des 47 postes de 1995 aux 31 prévus par la planification institutionnelle pour après l'an 2000.

Les faibles clientèles observées en physique, comparables à celles des programmes semblables au Canada et aux États-Unis, le coût élevé de son enseignement et l'évolution même de la discipline nécessitent une planification plus poussée. En effet, si l'on veut que la physique au Québec maintienne l'élan qui fut le sien depuis les années 1980 et ce, en dépit des problèmes de budget de fonctionnement des universités, il est essentiel d'inviter à un développement mieux concerté, tout en reconnaissant que c'est déjà le cas en recherche, étant donné que les politiques des organismes subventionnaires au cours des deux dernières décennies ont favorisé les travaux conjoints.

On voit donc que les départements de physique sont à une croisée des chemins qui va affecter profondément leur avenir. Dans cette discipline, le maintien des professeurs en recherche exige, dans la très grande majorité des cas, qu'ils disposent de laboratoires dotés d'équipements sophistiqués et dispendieux

qui leur permettent la production de nouveaux résultats et leur publication fréquente dans des revues internationales. En retour, ces preuves de contribution au progrès des connaissances assurent la continuité du succès aux concours subventionnaires, succès qui fournit aux professeurs les conditions pour maintenir leur rayonnement scientifique. Et c'est à cet univers culturel que les étudiants qui veulent réussir comme physiciens doivent être introduits dès le premier cycle.

Une utilisation optimale des ressources disponibles en physique dans l'ensemble des établissements universitaires suppose des décisions claires et concertées : tout d'abord, des décisions de partage de cours au premier cycle pour ceux de Montréal, à quoi réfère la recommandation 5. Ensuite, des décisions de partage de programmes aux études supérieures avec des aménagements de nature financière qui rendent le tout avantageux pour chacune des parties.

Il est vrai, comme le mentionne le rapport, que la concertation pour l'offre d'un baccalauréat en physique qui interpellera les quatre universités montréalaises constituera une optimisation de l'utilisation des ressources en place dans la métropole. De même, la demande faite à la recommandation 3 aux universités qui offrent des programmes d'études supérieures d'ouvrir leurs portes à des professeurs d'autres universités pour la direction de mémoire ou de thèse, moyennant qu'ils satisfassent aux critères d'habilitation en vigueur dans les premières, permettra d'élargir le bassin de direction accessible aux étudiants et d'aider à l'établissement d'une meilleure base en recherche pour les professeurs.

Les partages devront reposer sur des décisions quant au choix des secteurs que les départements de physique des universités peuvent couvrir ensemble, par des combinaisons qui pourraient regrouper des professeurs actifs dans un même domaine et provenant de deux, trois ou quatre départements. De telles associations sont déjà en cours entre des professeurs de sciences de l'atmosphère de McGill et de l'UQAM ainsi qu'entre des physiciens qui travaillent sur les hautes énergies à l'Université de Montréal, à McGill et à l'UQAM, des professeurs des trois établissements s'étant joints récemment pour une demande de subvention dans le cadre du programme FCAR-Centres. De leur côté, l'Université Laval, avec l'optique et laser, ainsi que l'astronomie, l'Université de Sherbrooke, avec la matière condensée, l'INRS-Énergie et matériaux, avec l'interaction laser-matière, les procédés plasmas et les matériaux énergétiques et l'UQTR, avec l'hydrogène, ont déjà relativement resserré leurs choix de présence aux cycles supérieurs.

De tels choix de développement sont nécessaires, au premier chef pour les universités montréalaises, et devraient être porteurs d'avenir et ce, en dépit des conditions difficiles décrites plus haut quant au nombre de ressources professorales. Ils pourraient l'être parce qu'ils assureraient une masse critique plus forte, même alors que celle-ci serait basée sur des départements plus petits.

La sous-commission est d'avis que les quatre départements de physique de Montréal devraient chacun, après concertation entre eux, proposer aux instances académiques de leur institution les domaines de spécialisation dont ils auront convenu, en tenant compte de l'INRS-Énergie et matériaux et en lui ménageant une juste place. Cette concertation devra s'étendre à la planification conjointe des domaines dans lesquels chaque département entend concentrer désormais son recrutement de professeurs.

La Commission estime essentiel de convier ces départements à élargir le travail de planification et de choix des domaines de spécialité pour chacun d'eux dans un cadre établi à l'échelle du Québec. Il faut rappeler que tous ont connu récemment des départs à la retraite qui se poursuivront encore pendant quatre ou cinq ans. C'est dès à présent que ces unités doivent réfléchir chacune à son propre avenir et à ses domaines de spécialisation du futur, mais elles doivent le faire conjointement, en tenant compte de la totalité de la matière qu'elles couvrent ensemble actuellement et du paysage anticipé de la physique dans l'ensemble des universités du Québec pour la ou les décennies qui viennent.

RECOMMANDATION 4

Que les directeurs des départements de physique du Québec planifient ensemble les limites et le contenu des domaines à couvrir en physique aux trois cycles et conviennent de la part de chaque département dans cette offre de programmes. Ce faisant, qu'ils tiennent compte des caractéristiques actuelles des unités et des ressources qui leur sont attribuées par les établissements, maintenant et pour l'avenir prévisible. Qu'à cette fin, un comité des directeurs soit formé auquel se joindraient quelques personnes d'expérience reconnues par les physiciens et retirées de l'activité quotidienne des universités. Que ce comité fasse rapport à la CUP au cours du printemps 1999.

Que, dans leur planification d'offre conjointe de cours et de séminaires au baccalauréat ou aux études supérieures, les départements examinent les possibilités de diffusion de cours que permettent les technologies de l'information et de la communication.

Offre conjointe des programmes de 1^{er} cycle à Montréal

Les membres de la sous-commission ont soumis que, pour que les professeurs puissent soutenir les exigences de recherche et de rayonnement mentionnées aux prémisses, incluant la direction des étudiants à la maîtrise et au doctorat, la tâche d'enseignement peut difficilement dépasser en moyenne trois à quatre cours par an. Si cela peut se produire à l'occasion, un régime de croisière supérieur comporte un risque élevé de détruire la performance en recherche d'un professeur.

Ces conditions, qu'il fut possible de maintenir jusqu'à récemment, expliquent en partie le succès en recherche des physiciens du Québec. Bien entendu, elles tendent à disparaître et il faut appréhender que l'ampleur de la réduction du nombre de professeurs illustrée au chapitre 4 aura des effets négatifs sur le positionnement des physiciens québécois au pays et sur la scène internationale. Accepter cette hypothèse constituerait un renoncement coûteux au bénéfice qu'ont apporté à la recherche et à l'enseignement les investissements importants consentis par les établissements au cours des dernières décennies. Ce n'est pas principalement pour les établissements universitaires et pour leur rayonnement que cette perspective est inquiétante. C'est plutôt pour la capacité du Québec et de ses entreprises de haute technologie à soutenir la concurrence internationale qu'il y a lieu de se préoccuper et pour laquelle il faut pouvoir agir collectivement.

Les conditions changeant dans toutes les universités, il est clair qu'il en va de l'intérêt des physiciens de conjuguer leurs forces pour l'offre de leurs programmes au premier cycle. La sous-commission a examiné quelques hypothèses de collaboration. Comme pour chaque sous-commission, la proximité géographique des quatre universités montréalaises paraît le plus susceptible de favoriser rapidement les rapprochements pour des fins d'enseignement au premier cycle. Pour ce qui est des études supérieures, on a déjà vu d'autres hypothèses aux recommandations 3 et 4. Dans ce cas-ci, la faiblesse relative des clientèles dans chaque programme – encore qu'à elles quatre, elles regroupent 70 % des étudiants de premier cycle du Québec – pourrait être parée par un regroupement des étudiants des quatre universités montréalaises, pour un certain nombre de cours au premier cycle d'abord.

Un examen rapide de la couverture des programmes de baccalauréat dans chacune des universités au cours des deux premières années du baccalauréat montre que, sans que les cours soient en tous points pareils, la formation de ces étudiants est semblable. Si l'offre des cours de la troisième année était planifiée conjointement entre les quatre départements et si les étudiants pouvaient circuler de l'un à l'autre à la suite d'une entente à cette fin, chaque département pourrait réduire le nombre de cours à donner sans que les étudiants ne souffrent de cette rationalisation. Les départements concernés devraient d'abord faire l'essai de cette formule pour la troisième année et, après évaluation, pourraient envisager de l'étendre aux deux

premières années. La rentabilité des cours s'accroîtrait pour chaque département et les coûts de l'enseignement en seraient diminués. Cela pourrait permettre de réduire, ou maintenir selon les cas, la charge d'enseignement de chaque professeur et de lui assurer les conditions de poursuite de la recherche avec l'intensité connue jusqu'à maintenant.

RECOMMANDATION 5

Que les départements de physique des universités de Montréal procèdent à l'intégration de leurs programmes de premier cycle et assurent les conditions pour offrir une troisième année qui soit commune à tous les étudiants et incluse dans un bassin commun de cours, en français et en anglais.

Que la planification de cette offre de cours conjointe se réalise pour le trimestre d'automne 1999.

Que l'on fasse connaître aux étudiants intéressés par les domaines de recherche de l'INRS-Énergie et matériaux la possibilité d'y effectuer un stage en fin de premier cycle.

Un programme intégré bilingue de baccalauréat en physique verrait ainsi le jour à Montréal. Il est clair qu'il ne saurait être question d'imposer aux étudiants de fréquenter l'université dans une langue qu'ils ne maîtrisent pas, du moins au premier cycle. Le Document de référence de la Commission est clair à cet égard. Néanmoins, l'expérience du programme de baccalauréat en génie minier Poly-McGill, où les étudiants suivent en alternance une session dans l'une puis l'autre institution, paraît se dérouler sans problème pour ceux qui le fréquentent.

Certaines conditions s'imposent pour assurer le succès de cette formule. Tout d'abord, il faut que tous les professeurs engagés dans cette expérience soient des personnes actives en recherche. C'est une condition *sine qua non*. L'objectif visé est en effet une consolidation de l'enseignement de la physique et l'on a vu plus haut que la qualité de l'enseignement d'un baccalauréat en physique ne peut se maintenir sans des professeurs branchés sur les réseaux internationaux de recherche.

Pour ceux et celles qui ne poursuivent pas en physique

Lors d'une séance de travail avec un membre externe, vice-président du Groupe DMR et ancien président du CRIM, la sous-commission a été sensibilisée à l'importance des besoins de main-d'oeuvre en informatique dans l'industrie et les services. On verra à la section III, consacrée à l'informatique, des recommandations visant à offrir une formation complémentaire qui permette aux diplômés de sciences d'obtenir un diplôme de deuxième cycle qui ajoute une plus-value à leur formation de base et facilite leur entrée sur le marché du travail.

Conclusion

En 1996, les classes de physique au premier cycle accueilleraient 660 étudiants, soit environ 73 étudiants par programme : il s'agit d'une fréquentation qui est demeurée stationnaire depuis 1991. En excluant l'effectif des majeures et des programmes mixtes, le rapport descend à 58 étudiants par programme. Cette seule donnée suggérerait une rationalisation vigoureuse, mais ce serait ignorer le poids imposant des cycles supérieurs dans cette discipline. Dans l'ensemble, le total des inscrits aux cycles supérieurs représente 70 % de la clientèle du premier cycle et dans certaines universités, leur nombre excède même celui des étudiants au premier cycle. En 1996, un nombre égal de diplômes aura été décerné aux cycles supérieurs et au baccalauréat. Cela témoigne de l'importance de la recherche en physique dans les universités du Québec autant que de l'intérêt des étudiants pour les perspectives de carrière dans l'industrie ou la recherche qu'ouvre la poursuite d'études supérieures.

Le nombre somme toute modeste d'étudiants au premier cycle – et dont, du moins dans un proche avenir, on ne peut espérer l'augmentation – ainsi que la contraction du corps professoral – les départements auront perdu, de 1995 à 2000, plus du cinquième de leurs membres et pour certaines unités sans promesse de renouvellement – ont conduit aux hypothèses de concertation exposées dans le présent rapport. Les universités, la Commission le croit-elle, pourraient trouver dans une meilleure intégration de leurs activités d'enseignement et d'encadrement des conditions favorables à la synergie des forces vives en physique au Québec.

En premier lieu, la sous-commission s'est interrogée sur les standards d'une formation spécialisée en physique et la prémisses 1 situe les attentes formulées à l'égard d'une telle formation : au moins les deux-tiers des crédits en physique, un volume raisonnable d'activités expérimentales, l'implication intense des professeurs en recherche. Il apparaît que, pour former des physiciens qui seront à même d'exercer comme tels dans un contexte industriel ou de recherche dont les références sont établies au plan mondial, il faut fournir aux étudiants, dès le premier cycle, la participation aux réseaux scientifiques reconnus où doivent oeuvrer leurs professeurs. Dès le début de leur baccalauréat, les étudiants doivent être introduits à l'univers de la recherche. Un enseignement de physique dans toute université ayant un secteur des sciences ne signifie pas nécessairement pour celle-ci l'obligation d'offrir un programme spécialisé. L'UQAC et Bishop's sont particulièrement interpellées par la recommandation 1 qui les invite à examiner les conditions qu'elles offrent à la discipline dans leurs murs et à évaluer, à la lumière des standards indiqués à la prémisses 1, leur capacité à continuer à dispenser un baccalauréat spécialisé.

La Commission reconnaît, par ailleurs, la particularité de cette discipline fondamentale dont le succès ne s'évalue pas tant par le nombre absolu de praticiens qu'elle forme, que par ses impacts sur les autres sciences, et particulièrement sur le champ des applications et du développement. Par exemple, les avancées dans la physique de l'électronique, en particulier, l'invention du transistor et des circuits intégrés, la découverte et le développement de l'enregistrement magnétique, la supraconductivité, ainsi que les communications par les micro-ondes et les fibres optiques ont défini l'environnement technique contemporain. Ce sont les retombées de la recherche en physique qui ont motivé, ces cinquante dernières années, et motivent toujours les investissements qui lui sont consentis par la société nord-américaine. En 1996, la recherche dans le domaine au Québec récolte près de 21 M\$ annuellement, dont 14 M\$ provenant d'organismes subventionnaires reconnus.

La diversité des thèmes de recherche couverts conjointement par l'ensemble des départements vient témoigner de la richesse de leurs activités : matière condensée, optique incluant la photonique, l'optoélectronique et les lasers, les plasmas et leur interaction avec la matière, l'astronomie et l'astrophysique, les interfaces, le stockage, transport et sécurité de l'hydrogène, la biophysique, la physique nucléaire et des hautes énergies, pour ne nommer que ceux-là. La différenciation des axes de recherche des différents départements amenée avec le temps s'accompagne d'une complémentarité permettant d'identifier pour chaque université des domaines *exportateurs* et *importateurs*, suivant une hypothèse de partage

d'expertises soulevée au cours des travaux. La reconnaissance explicite de ces domaines sous-tend la recommandation 2 qui invite les universités à examiner un scénario de collaboration afin « de faciliter l'accès pour les étudiants au savoir disponible dans l'ensemble des départements actifs aux cycles supérieurs ». Cette collaboration pourrait prendre la forme de partage de séminaires en vertu des secteurs forces de chaque université. Un rapport de cet examen est attendu au début du trimestre d'hiver 1999.

La Commission a confié à un Comité des directeurs, à être constitué dès l'automne 1998 et devant lui faire rapport au cours du printemps prochain, la tâche de déterminer « les limites et le contenu des domaines à couvrir en physique aux trois cycles » et « la part de chaque département dans cette offre de programmes », en tenant compte de leurs caractéristiques actuelles et des ressources, actuelles et prévisibles, qui leur sont attribuées par leur institution. Les possibilités qu'offrent les technologies de l'information et de la communication pour faciliter la diffusion des cours et mener à bien cette planification doivent être envisagées.

Ce sont les départements de physique des universités montréalaises, qui, de 1995 à l'an 2000, auront subi la plus lourde perte professorale : leur effectif aura en effet diminué du quart et plus, alors que l'effectif étudiant qu'ils desservent se maintient au premier cycle comme aux cycles supérieurs. Cette situation remet en question la capacité des professeurs de soutenir les exigences de recherche et de rayonnement qui sont les leurs, incluant la direction des étudiants à la maîtrise et au doctorat, ainsi que le positionnement chèrement acquis des physiciens québécois au pays même et sur la scène internationale. La perspective est également inquiétante en ce qui a trait à la capacité du Québec et de ses entreprises de haute technologie à soutenir la concurrence internationale.

Alors que les échanges entre les quatre universités sont naturellement favorisés par leur proximité géographique, la concertation devrait s'y concrétiser par des programmes dits « à volets intégrés » qui permettent aux étudiants de troisième année du baccalauréat de se composer un menu de cours à partir d'une banque commune aux quatre établissements, en tenant compte des deux axes linguistiques. Ce programme devra se réaliser pour septembre 1999. L'INRS-Énergie et matériaux, qui n'est active qu'aux cycles supérieurs et dont les champs de recherche sont uniques au Québec, pourra accueillir des stagiaires en fin de premier cycle.

Sans que les étudiants n'en souffrent, chaque département pourra ainsi réduire les coûts de l'enseignement et alléger, ou maintenir selon les cas, la charge d'enseignement de chaque professeur, lui assurant ainsi les conditions de poursuite de la recherche avec l'intensité connue jusqu'à maintenant. Après en avoir fait l'essai pour la troisième année, les départements concernés pourront, après évaluation, envisager de l'étendre aux deux premières années.

Pour la première fois dans le cadre d'une sous-commission, les universités offrant des programmes de maîtrise ou de doctorat sont-elles invitées à expliciter les conditions d'habilitation des professeurs d'autres institutions à diriger des étudiants dans leurs programmes, et à convenir de toutes modalités, y compris financières, qui reconnaissent cette contribution. Cette explicitation s'impose alors que les professeurs, dans ce domaine comme dans les autres, auront de plus en plus l'occasion d'oeuvrer dans plus d'un établissement.

Ces mouvements transversaux de planification, aux trois cycles, dans l'ensemble du Québec aussi bien que plus spécifiquement dans la région montréalaise, en incluant l'INRS-Énergie et matériaux, constituent un pas décisif vers une intégration globale, concertée et durable de l'enseignement et de la recherche en physique au Québec.

- Annexe I-A** Données sur les baccalauréats en physique
dans les universités québécoises (1984-1996)
- Annexe I-B** Données sur les maîtrises en physique
dans les universités québécoises (1984-1996)
- Annexe I-C** Données sur les doctorats en physique
dans les universités québécoises (1984-1996)

Données sur les baccalauréats en physique dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAM	UQTR	Total
Aut. 84	6		77	165	191	61	21	74	35	630
Aut. 85	8		77	150	218	87	20	79	30	669
Aut. 86	8	240	70	163	187	107	18	88	39	920
Aut. 87	6	195	62	155	187	88	19	77	33	822
Aut. 88	6	194	79	155	191	88	15	77	36	841
Aut. 89	10	164	81	129	166	81	14	81	30	756
Aut. 90	13	148	76	147	152	83	19	77	27	742
Aut. 91	16	125	80	123	140	78	13	75	16	666
Aut. 92	23	125	81	134	130	72	10	66	13	654
Aut. 93	23	127	86	135	140	69	16	47	15	658
Aut. 94	18	128	91	135	153	73	13	43	17	671
Aut. 95	22	120	79	159	142	68	14	47	26	677
Aut. 96	19	118	67	169	132	64	16	43	33	661

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAM	UQTR	Total
1988		25	11	43	33	19	4	8	4	147
1989	2	32	20	41	36	21	2	17	8	179
1990	1	20	14	37	32	19	2	17	12	154
1991	1	28	27	36	38	17	1	15	5	168
1992	3	30	22	25	27	22	3	19	5	156
1993	2	24	14	36	22	22	2	11	5	138
1994	5	18	21	33	28	16	4	10	4	139
1995	3	10	29	23	20	18	2	3	3	111
1996	3	13	23	34	20	11	3	5	3	115

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAM	UQTR	Total
1990	6	48	25	43	68	45	10	30	10	285
1991	8	46	41	20	80	36	5	26	4	266
1992	10	64	42	39	83	38	2	26	5	309
1993	7	66	45	40	89	36	9	21	10	323
1994	3	66	42	45	92	42	10	22	10	332
1995	7	55	39	41	54	28	8	26	13	271
1996	5	45	29	47	51	24	6	22	15	244

ANNEXE I-B

Données sur les maîtrises en physique dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQTR-UQAM ⁽¹⁾	UQTR ⁽²⁾	INRS ⁽³⁾	Total
Aut. 84		35	33	60	18	12	19	10	197
Aut. 85		27	29	64	18	12	16	6	178
Aut. 86	7	38	33	61	17	13	12	10	201
Aut. 87	8	50	40	65	14	6	9	10	212
Aut. 88	8	59	43	60	15	6	9	12	224
Aut. 89	16	57	43	65	17	9	21	12	252
Aut. 90	9	45	37	62	13	11	14	13	217
Aut. 91	12	44	33	53	18	9	7	17	210
Aut. 92	11	38	37	49	12	11	12	15	200
Aut. 93	12	29	33	37	10	21	8	15	180
Aut. 94	7	23	31	40	16	25	11	15	183
Aut. 95	10	25	31	34	17	31	17	10	185
Aut. 96	11	30	31	34	12	34	21	10	183

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQTR-UQAM ⁽¹⁾	UQTR ⁽²⁾	INRS ⁽³⁾	Total
1988	1	18	14	16	7	8		3	70
1989	5	30	19	13	4	3	3	4	85
1990	2	27	10	17	8		4	8	84
1991	0	22	15	13	5	3	6	1	66
1992	4	16	14	19	11	3	4	7	85
1993	3	21	10	24	7	5	3	6	85
1994	4	16	17	12	4	3	3	2	63
1995	2	15	11	14	3	6	3	6	66
1996	0	8	12	15	7	5	5	4	56

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQTR-UQAM ⁽¹⁾	UQTR ⁽²⁾	INRS ⁽³⁾	Total
1990	1	19	15	22	4	4	3	6	80
1991	3	21	18	13	12	1	2	7	84
1992	4	17	19	23	5	8	8	7	98
1993	6	12	15	16	9	14	2	7	88
1994	2	14	12	22	11	12	7	6	92
1995	8	16	17	19	7	13	7	4	95
1996	4	13	16	19	4	10	15	7	95

⁽¹⁾ Maîtrise en physique de l'UQTR extensionnée à l'UQAM

⁽²⁾ Maîtrise en biophysique

⁽³⁾ Maîtrise en sciences de l'énergie et des matériaux

Données sur les doctorats en physique dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQTR ⁽¹⁾	INRS-UQTR ⁽²⁾	Total
Aut. 84		36	32	25	11	5	16	125
Aut. 85		29	32	29	12	8	17	127
Aut. 86	5	31	39	37	13	20	15	160
Aut. 87	6	38	36	45	10	19	17	171
Aut. 88	8	49	40	46	11	22	18	194
Aut. 89	10	51	49	48	13	25	19	215
Aut. 90	8	56	55	46	12	26	22	225
Aut. 91	7	58	68	56	16	32	27	264
Aut. 92	6	67	68	57	18	32	31	279
Aut. 93	7	70	78	63	18	31	27	294
Aut. 94	10	68	75	64	16	29	28	290
Aut. 95	9	69	77	68	16	24	28	291
Aut. 96	12	56	70	66	15	22	29	270

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQTR ⁽¹⁾	INRS-UQTR ⁽²⁾	Total
1988		2	9	3	1	3	4	22
1989	1	7	7	5		4	3	27
1990	2	11	9	12	4	5	4	47
1991	2	5	5	7		3	1	23
1992	2	10	11	9	2	5	7	46
1993	1	9	14	6	1	2	6	39
1994		14	8	14	4	6	6	52
1995		9	10	8	2	3	4	36
1996		14	17	10	5	6	7	59

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQTR ⁽¹⁾	INRS-UQTR ⁽²⁾	Total
1990		15	17	15	4	5	9	65
1991	1	14	21	15	5	11	6	73
1992	2	17	19	13	4	4	13	72
1993	2	17	24	16	4	5	7	75
1994	4	13	12	19	2	3	8	61
1995	2	12	20	21	5	2	5	67
1996	1	8	12	14	6	3	10	54

⁽¹⁾ Doctorat en biophysique⁽²⁾ Doctorat en sciences de l'énergie et des matériaux de l'INRS extensionné à l'UQTR

*« On ne peut plus parler de l'atome en employant le langage ordinaire.
C'est si vrai que, lorsqu'on suit les efforts des pères fondateurs
de la mécanique quantique pour comprendre l'atome,
on en vient à se demander si le rôle fondamental de l'atome
ne serait pas d'obliger les hommes... à faire des mathématiques ! »*

Étienne Klein, *Conversations avec le sphinx, Les paradoxes en physique*,
Albin Michel, 1992, 192 pages (p. 55)

*« Pour la science moderne, il n'y a plus d'objet matériel à la base,
mais des structures mathématiques, des symétries,
autrement dit de pures créations intellectuelles qui seules
semblent capables de refléter la solidarité du réel. »*

Ibid., p. 55

*« Les nuages ne sont pas des sphères, les montagnes ne sont pas des cônes,
les rivages ne sont pas des arcs de cercle, l'écorce d'un arbre n'est pas lisse
et l'éclair ne trace pas une ligne droite. »*

Benoît Mandelbrot
(mathématicien au Centre de recherches Watson d'IBM, État de New York,
promoteur du concept mathématique des fractals)

*Un fermier, mécontent de la production insuffisante de ses vaches laitières,
demanda conseil à l'université la plus proche.
Celle-ci constitua une équipe pluridisciplinaire dirigée par un mathématicien appliqué.
Au bout d'un mois, l'équipe avait rédigé un rapport de 100 pages.
Le fermier, impatient de savoir ce qu'il avait acheté avec des deniers durement gagnés,
s'assit donc et entreprit la lecture du rapport.
Celui-ci commençait par « Considérons une vache sphérique... »*

Cité dans Ian Stewart, *Les mathématiques*, Pour la Science, 1989, 266 pages (p. 241)

La première citation en exergue (« si le rôle de l'atome ne serait pas d'obliger les hommes à faire des mathématiques ») montre éloquemment le lien entre les mathématiques et la physique⁸⁵, la première ayant « le pouvoir de la prolonger (*la seconde*) au-delà de son champ d'expérience, d'enrichir la panoplie de ses concepts et d'étendre le nombre de ses objets ». Depuis Galilée et Newton, les mathématiques sont au coeur de la physique. Il serait plus juste de dire qu'elles sont au coeur de *toutes* les sciences... Pour Einstein, c'est dans les mathématiques, forme grecque de l'intelligence antique et dont l'esthétique inspire un grand respect, que réside « le principe vraiment créateur ».

« Les chiffres sont pétris d'humanité », dit Georges Ifrah dans l'Histoire universelle des chiffres⁸⁶ puisque, à l'instar des lettres, ils ont contribué à développer chez l'humain l'intelligence et le raisonnement. Les nombres, l'un des concepts les plus complexes et abstraits que l'espèce humaine aura découverts à la suite d'une lente évolution des outils et symboles comptables, permettront le développement des mathématiques.

Le relativisme culturel n'existe pas en mathématiques : les nombres et le triangle, une structure de l'esprit humain selon certains, sont des concepts universels⁸⁷. Autre trait universel : de tout temps et en tout lieu, les mathématiques ont toujours présenté cette particularité étrange de n'être comprises que de ceux-là seuls qui les pratiquent. Et, de confier René Thom dans une entrevue à Guy Sorman⁸⁸, « les mathématiciens sont tristes de ne pouvoir faire partager la joie de leurs découvertes aux non-mathématiciens... » Il faut dire que l'irrationalité du nombre π et la transcendance du nombre e n'ont rien de familier. Que dire des *attracteurs étranges*...

La discipline des mathématiques serait aujourd'hui rentrée dans un âge d'or, puisque « depuis cinquante ans, on a inventé plus de mathématiques qu'au cours de toutes les époques précédentes⁸⁹. » Mille cinq cents revues leur sont consacrées et 250 000 articles en cent langues différentes sont publiés annuellement, alors qu'il n'y en avait que 8000, en 1958. Bon an, mal an, au moins deux cent mille nouvelles démonstrations de théorèmes, connus ou inédits, paraissent dans les publications mondiales.

S'il est une discipline à laquelle tous et chacun ont goûté dès les premières années d'école – qu'on pense aux bouliers ou aux réglettes – et qui a accompagné l'apprentissage de la langue maternelle, ce sont bien les mathématiques : qu'on en garde ou non un bon souvenir est une autre histoire. Comme le remarquait avec justesse le ministère de l'Éducation dans le document fondateur de la réforme du curriculum, il s'agit d'un langage de base à maîtriser aux côtés du français et de l'informatique. Ce qui a conduit le Ministère à préconiser une augmentation des heures allouées à leur enseignement au secondaire. La hantise qu'elles exercent parfois chez ces étudiants se transmue en fascination pour le grand public, s'il faut en croire les succès de librairie et médiatiques de nombreux livres portant sur les chiffres.

Discipline fondamentale par excellence, les succès ou les échecs enregistrés dans l'enseignement des mathématiques à tous les niveaux de formation, mais particulièrement à partir du secondaire, ne sont pas sans retentissements sur le choix de carrière. Ce sont souvent les cours de mathématiques qui dissuadent d'entreprendre toute formation scientifique; ce sont eux, aussi, qui discriminent les étudiants en informatique, déterminent leur abandon ou leur échec comme on le verra à la section suivante. Il faut signaler, toutefois, que différentes études « *do not consistently support the popular belief that academic performance, more specifically past performance in mathematics and science, is a significant factor in*

⁸⁵ Le lecteur pourra prendre connaissance de plusieurs exemples de cette relation entre les mathématiques et la physique au chapitre VII (« L'amas thématique des mathématiques ») dans Étienne Klein, *Conversations avec le sphinx. Les paradoxes en physique*, Paris, Albin Michel, 1994, 192 pages.

⁸⁶ Georges Ifrah, *Histoire universelle des chiffres*, Paris, Robert Laffont, coll. Bouquins, 1994.

⁸⁷ C'est ce que suggère ce dialogue de bande dessinée : «— *Skyler!! Quick!! What's 9 times 7? – Oh... high fifties, low sixties, maybe. Somewhere in there... – NO! – That's what I hate about math... no grey areas.* »

⁸⁸ Guy Sorman, *Les vrais penseurs de notre temps*, Paris, Fayard, 1989, 410 pages (p. 60).

⁸⁹ *Potentiel humain et Mathématiques : une essentielle conjugaison aux temps futurs*. Mémoire présenté par l'Association mathématique du Québec au Conseil des collèges dans le cadre de la consultation « Vers l'an 2000 », janvier 1991.

*student dropout from science programs*⁹⁰». Toutefois, les étudiants rejoints par cette même enquête s'entendent pour dire qu'ils n'ont pas reçu une préparation préuniversitaire adéquate, notamment en mathématiques. Des études récentes à l'Université Laval montrent que les cours de mathématiques du niveau collégial sont souvent les meilleurs indicateurs de réussite d'un étudiant de premier cycle en sciences de l'administration⁹¹. Selon un rapport américain produit par le National Research Council, *Everybody Counts*, « l'état de l'enseignement des mathématiques est un élément de prédiction de la future force nationale en sciences et en technologie⁹² » et par conséquent, dans un autre ordre d'idées, de la future compétitivité économique.

Certaines branches des mathématiques sont de création plus récente. « Ce n'est que depuis 200 à 300 ans que l'on a compris que le hasard pouvait avoir sa régularité et ses lois propres, c'est seulement depuis 50 ans que cette affirmation s'appuie sur des bases précises; le calcul des probabilités et la statistique en sont les fruits évidents⁹³. » Devait suivre le calcul des primes d'assurance ou du montant des rentes, des pensions, des assurances, etc., qui définit le territoire de l'actuariat.

Les mathématiques présentent des singularités culturelles, d'abord, de par leur vocation générale, puis par leur vaste corpus qui implique une formation diversifiée reposant sur une offre variée de cours qui réponde aux multiples directions dans lesquelles peuvent s'engager les quelque 1900 étudiants au premier cycle (**chapitre 2**). En effet, les mathématiques, où les perspectives d'emploi sont souriantes, donnent accès à une grande variété d'occupations professionnelles (**chapitre 3**). Le fait que leur apprentissage joue davantage sur le plan des attitudes que sur celui des connaissances confère toute son importance à l'interaction entre le professeur et l'étudiant et rend encore plus cruciales les compétences pédagogiques. La nature même de l'enseignement dicte un environnement de formation qui, idéalement, puisse répondre aux plus talentueux, notamment par des cours à leur niveau, ce qui suppose d'offrir des cours plus pointus à des groupes plus restreints.

La recherche en mathématiques ne requiert pas des chercheurs un contact aussi assidu avec leurs collègues. Les professeurs y sont plus enclins qu'ailleurs à enseigner au premier cycle, un enseignement qui appartient d'ailleurs à la culture même des mathématiques. La vocation universelle de celles-ci – « les mathématiques pour tous » – se traduit par leur vaste contribution au sein de l'université qui, a-t-on souligné, pourrait gagner à être mieux coordonnée afin d'éviter les dédoublements et d'assurer les bases disciplinaires convenues. Aux cycles supérieurs, la collaboration est structurée grâce, notamment, à l'intervention de l'Institut des sciences mathématiques (**chapitre 4**). Le corps professoral, le plus important en nombre des trois disciplines représentées à la sous-commission, a néanmoins subi des pertes dont la poursuite compromettrait la diversité propre au domaine (**chapitre 5**).

Grâce à leur puissance d'abstraction, les mathématiques constituent l'outil idéal de la modélisation et par cette porte, elles sont ouvertes au monde des applications. Les liens entre la communauté mathématique et le monde industriel, à peu près inexistant jusqu'aux années cinquante, se sont multipliés. On le doit à de nouveaux moyens de calcul à l'origine de nouveaux thèmes de recherche ou au renouvellement de thèmes plus anciens (recherche opérationnelle, traitement du signal, automatique, analyse numérique, optimisation...). Demain, de nouveaux domaines – par exemple, la théorie de l'apprentissage ou la modélisation du cerveau – vont s'ouvrir à la mathématisation. Aujourd'hui, plus de la moitié des revues de biologie sont de nature statistique.

Ce mouvement est parti des grands organismes de l'État, en France comme aux États-Unis. Une révolution y est désormais à l'oeuvre, grâce à deux éléments déterminants principaux : « d'une part, (le) coût décroissant du temps de calcul associé au développement de systèmes d'exploitation plus faciles d'emploi

⁹⁰ Études citées dans Jesús Vásquez-Abad, Laura R. Winer et Jean-Robert Derome, *Why Some Stay: A Study of Factors Contributing to Persistence in Undergraduate Physics*, Revue des sciences de l'éducation de McGill, vol. 32, no. 3, automne 1997, p. 209-229.

⁹¹ Bernard Courteau, *Éditorial*, Bulletin AMQ, mai 1997.

⁹² National Research Council. *Everybody Counts – A Report to the Nation on the Future of Mathematics Education*, 1988, cité dans *Potentiel humain et Mathématiques : une essentielle conjugaison aux temps futurs*, Mémoire présenté par l'Association mathématique du Québec au Conseil des collèges dans le cadre de la consultation « Vers l'an 2000 », janvier 1991.

⁹³ Ian Stewart, *Les mathématiques*, Paris, Pour la Science, 1989, 266 pages (p. 8-9).

(superordinateurs et stations de travail individuelles); d'autre part, (les) progrès des outils mathématiques et des méthodes de simulation⁹⁴. » On peut maintenant calculer a priori l'évolution d'un grand nombre de phénomènes complexes dès lors qu'ils sont bien modélisés. Ce qui concurrence, et même se substitue, dans certains cas, à l'expérimentation.

En France, les mathématiciens ont déjà envahi les industries, à tel point qu'on enregistre aujourd'hui dans ce pays une pénurie de mathématiciens appliqués. On ne peut en dire autant au Québec où, comme on le lira au **chapitre 3**, ce type de mathématiciens présentent un faible taux de placement à temps plein et lié au domaine d'études principal, un taux qui, lorsque élevé, est révélateur du besoin en main-d'oeuvre spécifique hautement qualifiée.

Il faut dire que les mathématiques ne jouissent pas au Québec du statut fétiche qui leur est conféré, par exemple, en France (considérée comme la troisième puissance mathématique au monde, la première étant les États-Unis) comme dans tout pays européen en général, un statut qu'elles doivent là-bas à un riche héritage : n'y a-t-il pas eu Fourier et Galois ayant connu leur notoriété, qui par ses séries trigonométriques essentielles en physique, qui par la formulation de la théorie des groupes, précurseur de l'algèbre moderne et avant eux, Pascal et Fermat. Plusieurs des savants de l'époque cumulaient d'ailleurs les titres de mathématiciens et d'astronomes ou de physiciens quand ils n'étaient pas, de surcroît, philosophes. Sur une période s'étendant du XVII^e au XIX^e siècle, ils devaient être à l'origine des énoncés et des découvertes qui allaient fonder les mathématiques modernes.

Si les mathématiques ne reposent pas au Québec sur une pareille tradition que seul amène, consolide et structure le temps, assurément, elles peuvent compter sur de nombreux chercheurs dont les travaux se projettent sur la scène internationale (**chapitre 6**). La discipline s'est constituée une crédibilité et des réseaux tels que la tradition s'enracinera forcément. L'utilité immédiate et précieuse des mathématiques et des statistiques pour tout secteur d'activité se traduit par des services à la collectivité plus manifestes.

Pivot des autres disciplines scientifiques, au premier chef, de la physique et de l'informatique, et outil essentiel au développement des sciences humaines, les mathématiques occupent avec une légitimité indiscutable l'espace central qui leur est réservé dans ce rapport.

⁹⁴ *État des sciences et des techniques*, sous la direction de Nicolas Witkowski, Boréal-La Découverte, 1991, 495 pages (p. 342).

1.1 Offre universitaire de programmes en mathématiques

Quarante-trois programmes sont offerts au premier cycle, dont 14 baccalauréats en mathématiques, mathématiques appliquées, statistique ou actuariat et 12 conjuguant une autre discipline. On en dénombre dix-neuf aux cycles supérieurs, dont 10 maîtrises, 8 doctorats et un programme court en actuariat (**tableau 1.1**).

Suite à la refonte de ses programmes, Concordia a grandement simplifié son offre en 1997-1998 : les mineures en mathématiques, en mathématiques pour les programmes de BA et en statistique ont laissé place à une mineure unique en mathématiques et statistique. Les trois majeures (mathématiques, mathématiques appliquées et statistique) sont désormais regroupées en une seule majeure en mathématiques et statistique. Enfin, les programmes spécialisés et *Honours* en mathématiques et en mathématiques appliquées sont fusionnés en un programme spécialisé et un *Honours* en mathématiques pures et appliquées.

Des programmes doubles en mathématiques et informatique sont offerts à l'UQAC et l'UQAR, ainsi qu'à l'Université de Montréal et McGill. Dans ces deux derniers établissements, ils viennent s'ajouter à un baccalauréat en mathématiques et s'adressent à une clientèle souhaitant aborder à la fois les mathématiques et l'informatique sous un angle nettement bidisciplinaire et plus théorique. Ces programmes doubles permettent de former des analystes capables de *mathématiser* (c'est-à-dire, de trouver et d'utiliser des modèles mathématiques) et d'*informatiser* (c'est-à-dire, de développer et d'utiliser des logiciels) des situations. On considère que ces programmes préparent mieux à la poursuite d'études supérieures : à l'Université de Montréal, sans qu'il s'agisse d'une destination exclusive, le programme est vivement recommandé aux étudiants souhaitant poursuivre des études supérieures, en particulier en informatique théorique, calcul scientifique et recherche opérationnelle. Dans d'autres cas, ils « couvreraient » un baccalauréat en informatique, ce que l'évolution actuelle tend à confirmer comme on le verra à la section réservée à l'informatique. Cette dernière discipline n'est-elle pas née et ne s'est-elle pas développée dans les départements de mathématiques.

Comme c'est le cas pour l'informatique, les programmes conjuguant les deux disciplines en un même cheminement ont été recensés. Cette combinaison tient aussi pour les données sur le corps professoral et la recherche dans les cas où les départements en sont de mathématiques et d'informatique.

À Laval, une École est consacrée à l'actuariat depuis 1988 : la formation y est éminemment professionnelle et conçue en fonction des examens permettant d'accéder au titre de Fellow de l'Institut canadien des actuaires, soit ceux de la CAS (*Casualty Actuarial Society*) et de la SOA (*Society of Actuaries*). Jusqu'à la mise sur pied en 1997 d'un programme homologue à l'UQAM, le programme de baccalauréat spécialisé en actuariat de Laval, créé en 1968, était unique au Québec. Il se distingue des concentrations de certains programmes de mathématiques, d'abord par ses composantes propres (soit des cours portant sur toutes les facettes d'application), puis par les ressources professorales qui lui sont spécifiquement dédiées.

Le seul doctorat en statistique offert au Québec est celui de l'Université de Montréal : ce domaine se retrouve également sous la forme d'une concentration dans le doctorat offert à l'UQAM et à McGill. Le programme de Laval possède une composante statistique, mais les mathématiciens sont très majoritaires.

Tableau 1.1

Offre de programmes en mathématiques, statistique et actuariat dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	Poly	UdeS	UQAC	UQAM	UQAR	UQTR	Total
Mathématiques □ = concentration ou option												
Mineure	•	• ¹		•	•		•		•			6
Majeure	•	• ²		•	•				•			5
Baccalauréat/ <i>Honours</i>	•	• ³	•	•	•		• ⁴		• ⁵		•	8
Maîtrise		•	•	• ⁶	• ⁷		•		• ⁸			6
Doctorat		•	•	•	• ⁹	• ¹⁰	• ¹¹		• ¹²			7
												32
Mathématiques appliquées												
Baccalauréat/ <i>Honours</i>				•	□							1
Maîtrise		□				•						1
Doctorat				□	□							2
Statistique												
Mineure ou certificat			•	•								2
Baccalauréat/ <i>Honours</i>		• ¹³	•	•	□		□		□			3
Maîtrise		□	•		• ¹⁴				□			2
Doctorat				□	•				□			1
												8
Actuariat / Actuarial Mathematics												
Baccalauréat/ <i>Honours</i>		□ ¹³	•		□				• ¹⁵			2
Prog. court de 2 ^e cycle (15 cr.)									•			1
Maîtrise		□	□		□							3
Méthodes quantitatives												
Certificat									•			1
Majeure		• ¹⁶										1
												2
COMBINAISONS												
Mathématiques et physique												
Baccalauréat/ <i>Honours</i>				•	•							2
Mathématiques et informatique												
Majeure				•				•				1
Baccalauréat/ <i>Honours</i>				• ¹⁷	• ¹⁸			•		• ¹⁹		4
Maîtrise									□ ²⁰		• ²¹	1
Doctorat									□			6
Mathématiques et biologie/chimie²²												
Mathématiques, chimie et physique²²												
Baccalauréat				• •								3

Source : *Annuaire des établissements*

Tableau 1.1 (suite)

Offre de programmes en mathématiques, statistique et actuariat dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	Poly	Ude S	UQAC	UQAM	UQAR	UQTR	Total
Mathématiques et physiologie (majeure)												
Mathématiques, statistique et informatique ¹⁶												
Majeure				•								1
Baccalauréat				•								1
												2
Mathématiques et économie												
Mathématiques et philosophie												
Baccalauréat					• •							2
Total												62
Enseignement (didactique) des mathématiques												
Baccalauréat									•			1
Maîtrise		•							□			1
												2
Total												64

Notes

- 1 Mineure en mathématiques et statistique
- 2 Majeure en mathématiques et statistique
- 3 Baccalauréat spécialisé/*Honours* en mathématiques pures et appliquées
- 4 Deux options : statistique et recherche opérationnelle
- 5 Trois options : informatique, mathématique et statistique
- 6 Ce programme a été récemment réorganisé pour comprendre une option thèse et une option projet. Par un choix judicieux de cours, la maîtrise peut fournir la préparation nécessaire au doctorat en mathématiques pures, en mathématiques appliquées ou en statistique. Elle peut aussi être orientée vers un entraînement professionnel en statistique ou mathématiques appliquées.
- 7 Une option mathématiques industrielles est en voie d'élaboration.
- 8 Quatre options : mathématiques fondamentales, statistique, informatique mathématique et didactique des mathématiques
- 9 Deux options : mathématiques et mathématiques appliquées, et mathématiques de l'ingénieur offerte conjointement avec l'École Polytechnique
- 10 Comporte une option Mathématiques de l'ingénieur
- 11 Deux orientations : informatique et mathématiques
- 12 Quatre orientations : mathématiques combinatoires, géométrie différentielle et topologie, informatique mathématique et statistique
- 13 B.Sc. et B.A.
- 14 Avec mémoire ou travail dirigé suivi de la rédaction d'un essai ou avec stage
- 15 Programme ayant démarré à l'automne 1997; autrefois une option du bac en mathématiques.
- 16 Classé dans les sciences de l'administration
- 17 Programme facultaire aux facultés des sciences et des arts
- 18 Ce programme assure une formation solide en mathématiques, mais permet néanmoins l'accès à un bon nombre de cours d'informatique offerts par le DIRO. Sans être une destination exclusive, ce programme est vivement recommandé à ceux qui désirent poursuivre des études supérieures, en particulier en informatique théorique, calcul scientifique et recherche opérationnelle.
- 19 Deux orientations : informatique et mathématiques
- 20 Deux options : informatique mathématique et informatique de système
- 21 Maîtrise en mathématiques et informatique appliquées qui a démarré à l'automne 1997.
- 22 Programme facultaire à la Faculté des sciences

Deux départements de mathématiques sont responsables directement d'une partie de l'enseignement des maîtres : Concordia, par sa maîtrise en *Mathematics Teaching* (M.T.M.) et l'UQAM, par son baccalauréat en didactique des mathématiques. Cela n'empêche pas d'autres départements de participer activement à la formation des futurs enseignants (voir **chapitre 4**). Ces programmes sont confiés à la sous-commission sur les sciences de l'éducation, bien qu'il faille mentionner que la présente sous-commission n'a pas caché ses préoccupations quant aux résultats de la réforme de l'éducation, particulièrement en ce qui concerne la baisse importante de la formation disciplinaire dans les actuels baccalauréats d'enseignement secondaire et le peu d'intérêt des étudiants pour les baccalauréats à spécialités scientifiques, avec les répercussions que cela ne manquerait pas d'avoir sur l'intérêt même des jeunes du secondaire pour des carrières scientifiques.

1.2 Contingentement

En 1996, environ 2600 personnes ont présenté une demande d'admission en mathématiques au premier cycle. Le pourcentage d'admis sur ces demandes varie d'autant peu que 52 % à McGill ou 54 % à l'Université de Montréal, à aussi élevé que 93 % à l'UQTR, 99 % à l'Université de Sherbrooke et même 100 % à l'UQAR (**tableau 1.2**). Cette demande, qui est environ trois fois plus élevée qu'en physique au premier cycle, ne l'est plus que de 1,5 fois aux cycles supérieurs. Des trois disciplines « MIP », ce sont les mathématiques qui admettent le plus fort pourcentage de candidats ayant soumis une demande au premier cycle (environ les trois-quarts) et aux cycles supérieurs (un peu plus de 60 %).

Seuls sont contingentés le programme de mathématiques-informatique de l'Université de Montréal et l'option actuariat de Concordia.

Tableau 1.2

Programmes de mathématiques, de statistique et d'actuariat : demandes d'admission, offres, inscriptions (automne 1996) et contingentement

Établissement et programmes		Demandes (D)	Offre (O)	Inscriptions (I)	Contingentement
			(% O/D)	(% I/O)	
Bishop's	Tous les programmes de 1 ^{er} cycle	22	17 (77)	7 (41)	
Concordia	Bacc. en science avec majeure ¹	159	127	96	45
	Bacc. en science avec <i>Honours</i> ou spécialisation ²	26	23	11	
	B.A./B.Sc. avec Honours ou spéc. en actuariat	67	59	32	
	B.A./B.Sc. en mathématiques (tout)	252	209	139	
	1^{er} cycle	252	209 (82,9)	139 (66,5)	
	Maîtrise en mathématiques	42	27	16	
	Doctorat en mathématiques	8	1	1	
	Cycles supérieurs	50	28 (56)	17 (60,7)	
Laval	Bacc. en mathématiques	127	106	102	
	Bacc. en informatique mathématique	67	52	16	
	Bacc. en statistique	51	44	37	
	Bacc. en actuariat	160	146	77	
	1^{er} cycle	405	348 (85,9)	232 (66,7)	
	Maîtrise en mathématiques	26	16	7	
	Maîtrise en statistique	19	12	6	
	Doctorat en mathématiques	9	5	2	
	Cycles supérieurs	54	33 (61,1)	15 (45,5)	
McGill ³	Mathématiques	134	67	28	
	Mathématiques et informatique	103	44	27	
	Mathématiques, statistique et informatique	36	15	6	
	Mathématiques et chimie	20	13	3	
	Mathématiques, chimie et physique	29	19	10	
	Mathématiques et biologie	46	29	14	
	<i>Honours</i> en mathématiques et physique	48	30	19	
	<i>Joint Major</i> en mathématiques et physiologie	8	4	2	
	1^{er} cycle	424	221 (52,1)	109 (49,3)	
	Maîtrise en mathématiques	62	29	12	
	Doctorat en mathématiques	33	20	9	
	Cycles supérieurs	95	49 (51,6)	21 (42,9)	
UdeM	Majeure en mathématiques	89	44	11	135 ⁴
	Bacc. spécialisé en mathématiques	559	329	112	
	Bacc. spécialisé mathématiques-informatique	143	57	19	
	1^{er} cycle	791	430 (54,4)	142 (33)	
	Maîtrise en mathématiques	27	22	14	
	Maîtrise en statistique	18	17	11	
	Doctorat en mathématiques	11	9	6	
	Doctorat en statistique	1	0	0	
	Cycles supérieurs	57	48 (84,2)	31 (64,6)	
UdeS	Bacc. en mathématiques	157	155 (98,7)	28 (18,1)	
	Maîtrise en mathématiques	32	17	11	
	Doctorat en mathématiques	17	10	6	
	Cycles supérieurs	49	27 (55,1)	17 (63)	
UQAC	Bacc. en mathématiques-informatique	*	*	32	
UQAM	Bacc. en actuariat ⁵	*	*	*	
	Bacc. en mathématiques	435	407 (93,6)	65 (16)	
	Programme court (15 cr.) de 2 ^e cycle en actuariat	28	21	21	
	Maîtrise en mathématiques	51	29	22	
	Doctorat en mathématiques	8	5	4	
	Cycles supérieurs	87	55 (63,2)	47 (85,5)	
UQAR	Bacc. en mathématiques-informatique	44	44 (100)	16 (36,4)	
UQTR	Bacc. en mathématiques	44	41 (93,2)	7 (17,1)	
	Maîtrise en mathématiques et informatique appliquées ⁵				
* données non disponibles					
TOTAL		2 966	2 112 (71,2)	893 (42,3)	
1^{er} cycle		2 574	1 872 (72,7)	745 (39,8)	
Cycles supérieurs		392	240 (61,2)	148 (61,7)	

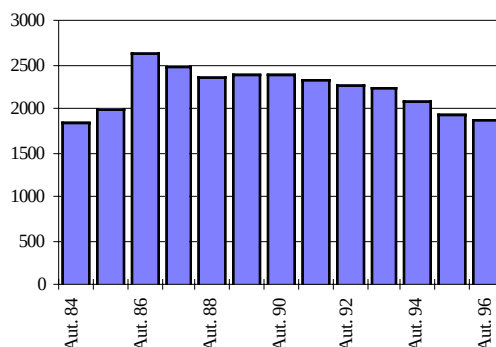
¹ Inclut les majeures en mathématiques, en mathématiques appliquées et en statistique² Inclut les inscriptions des programmes Honours en mathématiques, mathématiques appliquées, statistique, qui se font dans la majeure³ Les valeurs présentées incluent les inscriptions (B.A. et B.Sc.) aux programmes *Honours*, facultaires et majeures.⁴ Capacité globale des baccalauréats, majeure et mineure⁵ Début des activités à l'automne 97

2.1 Baccalauréat⁹⁵

N.B. Le programme d'actuariat de l'UQAM a accueilli ses premiers étudiants à l'automne 1997; l'actuariat constituait auparavant une option du baccalauréat en mathématiques.

Suite à un bond de 33 % de 1985 à 1986, coïncidant avec l'amorce par Concordia de ses quatre programmes, et un plateau subséquent autour de 2400, l'effectif étudiant total a diminué lentement de 1991 à 1996, pour une baisse de 22 % depuis 1990 et de 29,5 % depuis le sommet de 1986 (**figure 2.1**). L'effectif total revient ainsi, en 1996, aux niveaux de 1984.

Figure 2.1 Évolution des inscriptions totales dans l'ensemble du système universitaire



Dès après 1986, année de leur création, les programmes de mathématiques appliquées (-53,6 %) et de mathématiques (-32,7 %) de Concordia ont amorcé une descente qui fut stoppée après 1991 pour le second programme. Passé 1990, l'état global des inscriptions s'est particulièrement ressenti des pertes subies par certaines universités, soit l'Université de Montréal (-54,3 %) et Laval (actuariat) (-60,4 %) (**figure 2.2**). Dans le même intervalle, l'UQAM doublait presque son effectif pour rejoindre les niveaux atteints en 1986.

L'université Laval semble éprouver depuis quelques années une certaine difficulté à maintenir son effectif en statistique. Toutefois, « les statisticiens développent une discipline jeune et en pleine expansion. Leur défi est de renforcer leurs programmes, trop peu connus alors qu'ils sont originaux et bien ciblés sur l'emploi, et de renforcer la recherche disciplinaire⁹⁶. »

Après avoir maintenu un cap d'environ 1060 personnes annuellement de 1990 à 1993, les nouvelles inscriptions ont diminué de façon constante jusqu'en 1996, dans une proportion de 23,4 % (**annexe II-A**).

Le nombre de diplômes décernés a été relativement constant depuis 1988, soit environ 470 annuellement. Ce n'est qu'en 1996 que la décroissance des cohortes commence à se refléter, avec une baisse de 19 points de pourcentage par rapport à l'année précédente.

⁹⁵ Toutes les valeurs présentées dans les graphiques et les tableaux comprennent l'effectif des majeures et des programmes mixtes.

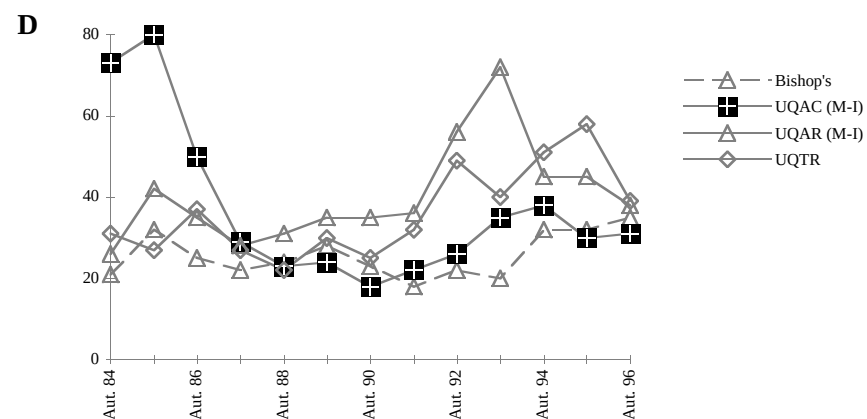
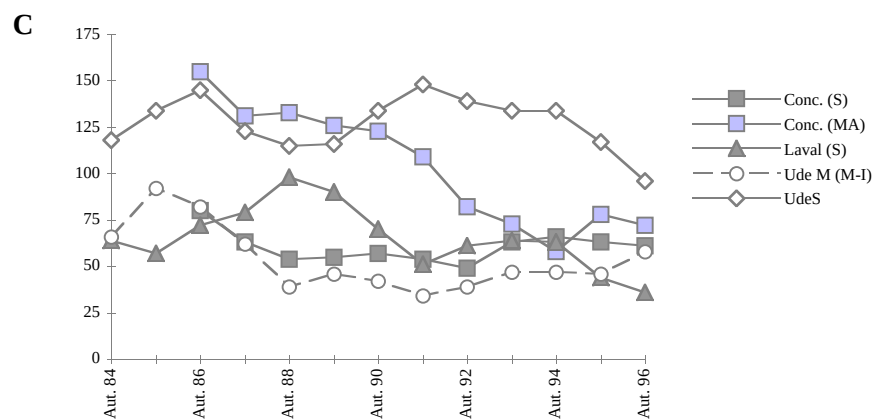
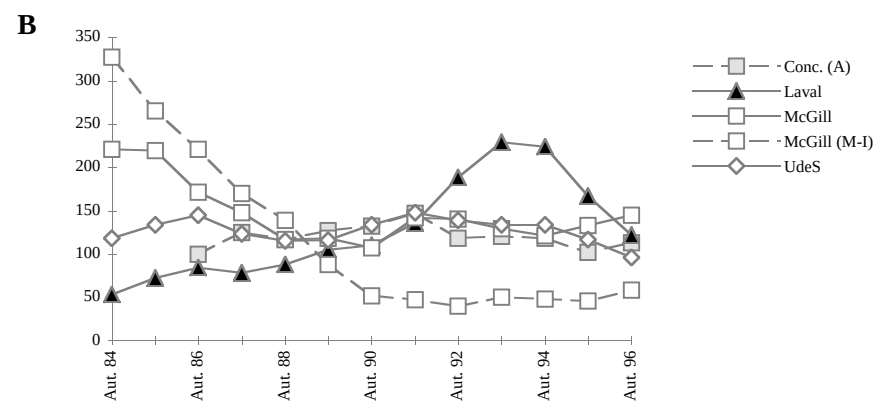
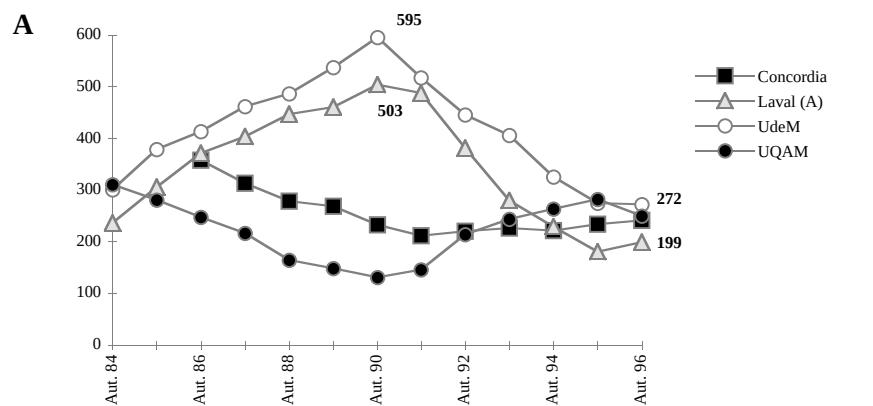
⁹⁶ Document de présentation du département de mathématiques et de statistique de l'Université Laval, soumis à la sous-commission.

Figure 2.2

Évolution des inscriptions totales au baccalauréat en mathématiques, statistique et actuariat dans les universités québécoises

Les graphiques A, B, C et D correspondent à des échelles différentes.

S = statistique
MA = mathématiques appliquées
A = actuariat
M-I = mathématiques-informatique



La **figure 2.3** détaille les caractéristiques de fréquentation et de diplomation pour l'ensemble des programmes. Elle révèle aussi une tendance pour l'ensemble du système universitaire : de 1991 à 1996, la population à temps partiel en mathématiques a empiété progressivement sur celle à temps plein pour passer de 11,6 % des inscriptions totales en 1991 à 18 % en 1996, ce qui représente le double de la portion qu'elle occupait en 1984 et 1985. On peut comparer la situation des mathématiques en 1996 à celle prévalant en physique et en informatique où les étudiants inscrits à temps partiel représentaient, respectivement, 14 % et 26 % du total. Comme pour la physique, c'est Concordia qui en accueille la plus forte proportion (en 1996, 39 % – avec l'actuariat, 34 % –) : l'Université Laval occupe l'autre extrême, avec 3 %.

Les femmes sont particulièrement présentes en mathématiques, comparativement à la physique ou à l'informatique : en 1996, elles représentaient 40 % de l'effectif étudiant au baccalauréat (**annexe IV-C**).

2.1.1 Taux de diplomation, taux d'abandon

Les données colligées à l'**annexe IV-B** révèlent que le taux de diplomation en mathématiques est comparable à celui en physique. Les trois valeurs les plus faibles reviennent à l'UQAM (40,4 %), à l'Université de Montréal (54,8 %) et à Concordia (57,3 %) : ces trois universités présentent aussi la durée des études la plus longue. Les taux de diplomation les plus élevés – autour de 80 % et au-dessus – sont enregistrés par Bishop's, Laval et l'UQTR, cette dernière affichant un taux très enviable de 84,2 % bien qu'il faille souligner, dans ce cas, que près de 37 % des diplômés le sont dans un domaine autre que les mathématiques.

D'ailleurs, par rapport à la physique et à l'informatique, c'est en mathématiques qu'on retrouve la diplomation la plus faible dans la discipline de départ, soit 44,7 %, comparativement à 49,7 % pour la physique et à 54,3 % pour l'informatique.

2.2 Maîtrise

N.B. L'UQTR offre, depuis l'automne 1997, une maîtrise en mathématiques et informatique appliquées, un programme unique au Québec. À l'École d'actuariat de l'Université Laval, un programme de maîtrise est en préparation depuis quelques années.

Les inscriptions totales ont connu une croissance de 78 % de 1984 à 1995 (**figure 2.4 – médaillon**). L'UQAM représentant le quart des inscrits dans l'ensemble des programmes cette dernière année-là, la chute de son propre effectif dès l'année suivante (-34 %) n'est pas étrangère à la contraction soudaine de l'effectif total (**figure 2.4**). Cette baisse ponctuelle en 1996 s'exprime par une perte de cinq points pour l'institution (**figure 2.5**).

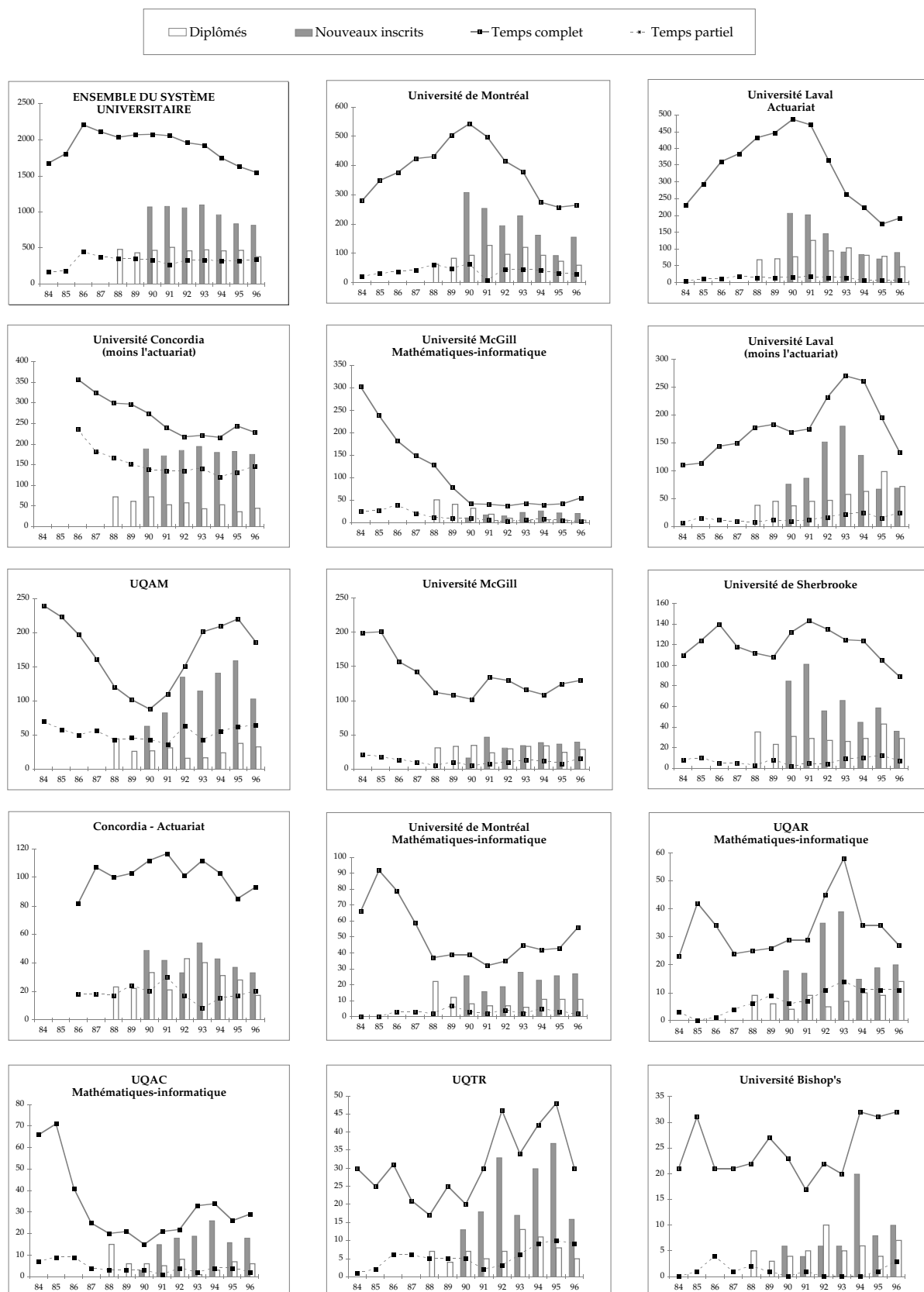
À l'Université de Sherbrooke, la clientèle aujourd'hui à la maîtrise en mathématiques est issue de celle qui, jusqu'à tout récemment, était inscrite dans l'option mathématiques de la maîtrise antérieure⁹⁷. La croissance marquée de cette clientèle – elle a presque doublé de 1986 à 1996 – s'est surtout faite sentir dans les domaines de la statistique et de la recherche opérationnelle.

À l'Université de Montréal, l'ouverture du programme de statistique en 1990 allait se traduire par la redistribution de l'effectif autrefois dans la seule maîtrise en mathématiques, comme permet de le constater la **figure 2.5** où la part initiale de 23 % s'est scindée en deux parts (9 et 12 %). Depuis 1992, la clientèle de Laval se partage entre les mathématiques et la statistique, lequel nouveau programme y a entraîné une augmentation d'environ 30 % de l'effectif étudiant et de 4 % de la part sur le total. L'évolution de la maîtrise en statistique de Laval devrait suivre celle du baccalauréat en statistique de la même institution. Il faut noter que plusieurs étudiants y viennent d'autres universités, notamment de l'UQTR (vu les associations étroites entre les chercheurs des deux établissements) et de l'Université de Moncton.

⁹⁷ Il faut signaler que deux nouvelles maîtrises, l'une en génie logiciel et l'autre en informatique, sont issues, depuis l'automne 96, de la maîtrise en mathématiques qui comportait deux options, mathématiques et informatique.

Figure 2.3

Données sur les baccalauréats en mathématiques, statistiques et actuariat dans les universités québécoises (1984-1996)



Source : Système RECU (MEQ)

Figure 2.4

Évolution des inscriptions totales à la maîtrise en mathématiques et en statistique dans les universités québécoises (1984-1996)

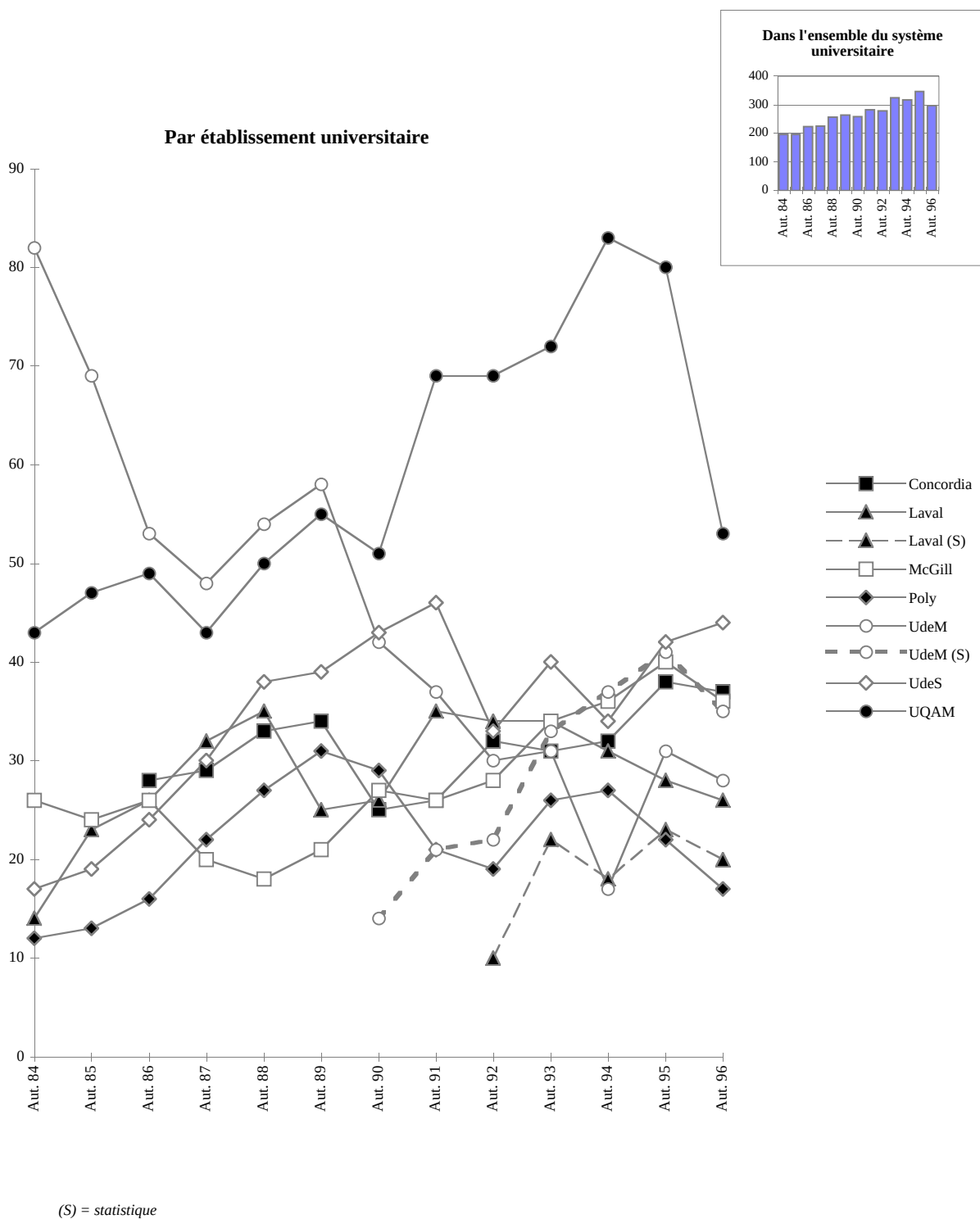
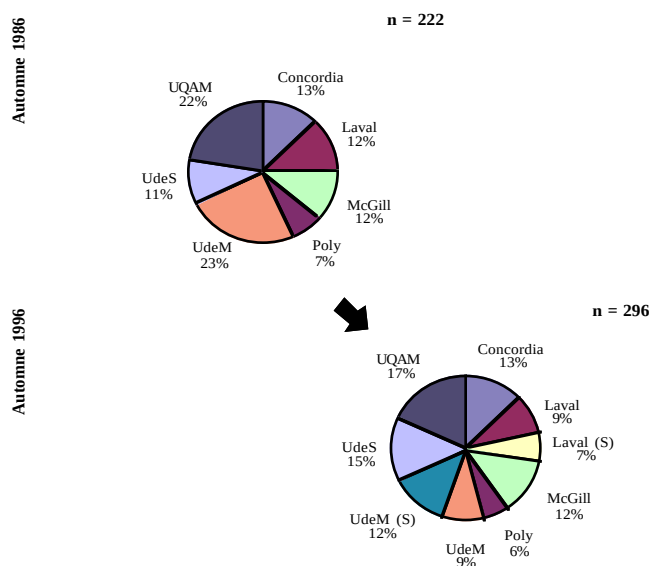


Figure 2.5 Répartition de l'effectif étudiant à la maîtrise en mathématiques et en statistique (1986/1996)



(S) = statistique

À la maîtrise, les femmes représentaient, en 1994, 30 % des diplômés canadiens contre 25 %, dix ans plus tôt. Au Québec, leur présence s'accroît à tous les cycles, mais particulièrement à la maîtrise où elles se sont vues décerner plus du tiers des diplômes en 1996, en comparaison de 20,5 % en 1988 (**annexes IV-C/D**). Il faut dire qu'en 1996, les femmes constituent plus de la moitié de l'effectif étudiant à ce cycle, en comparaison du quart en physique et en informatique.

2.3 Doctorat

Dans l'ensemble du système universitaire, les inscriptions totales au troisième cycle n'ont cessé de croître depuis 1987, pour se hisser de 107 à 191 en 1996, soit une augmentation de 78,5 % (**figure 2.6 - médaillon**). Il faut dire qu'aux quatre programmes initialement offerts se sont ajoutés successivement ceux de l'UQAM (1988), de l'Université de Montréal (statistique) (1990) et de Concordia (1994). D'ailleurs, les inscriptions au doctorat dans le système québécois sont dans la borne supérieure à l'échelle du Canada et certaines universités américaines pratiquent une inscription encore plus restreinte : l'Université Harvard n'aura admis, en 1997, que six étudiants au troisième cycle en mathématiques.

De 1984 à 1988, l'Université de Montréal accueillait au-delà de 50 % de l'effectif total au doctorat (en 86 et 87, ce pourcentage aura même frôlé 60 %). Depuis, la part de cette université n'a cessé de s'amenuiser de telle sorte qu'en 1996, elle ne représente plus que le quart de l'effectif total (**figure 2.6-B**). En valeurs absolues, son effectif étudiant, en mathématiques et statistique, a diminué de 28 % durant la dernière décennie, alors qu'il augmentait dans presque toutes les autres institutions.

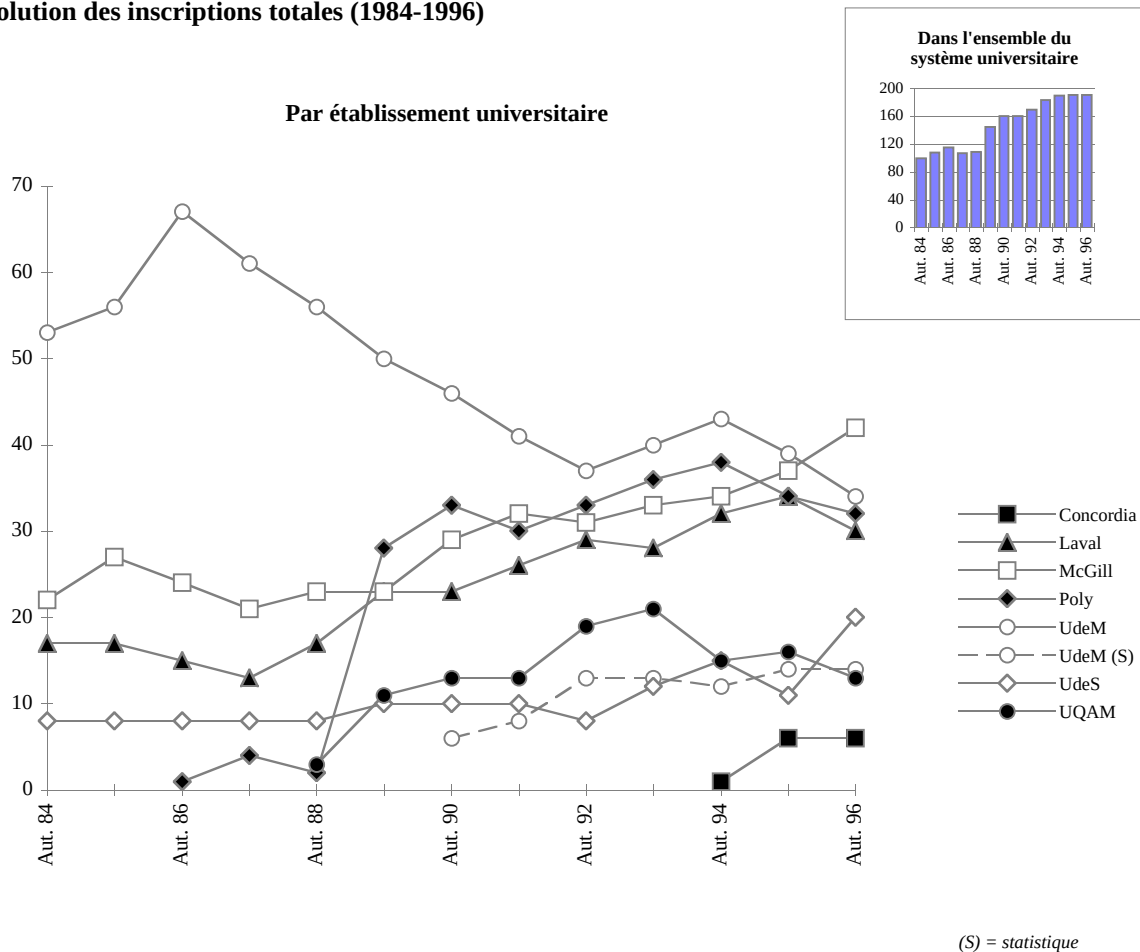
On remarquera, enfin, que Polytechnique compte plus d'étudiants au doctorat qu'à la maîtrise et que les deux populations sont d'égale importance à McGill.

À l'automne 96, le tiers des étudiants inscrits dans un doctorat en mathématiques au Québec viennent de l'extérieur de la province; ce pourcentage est de 30 % en informatique et de 21 % en physique. La même année, les femmes représentent 24 % des diplômés à ce cycle, un pourcentage loin devant l'informatique (8,3 %) et la physique (6,8 %) (**annexe IV-D**).

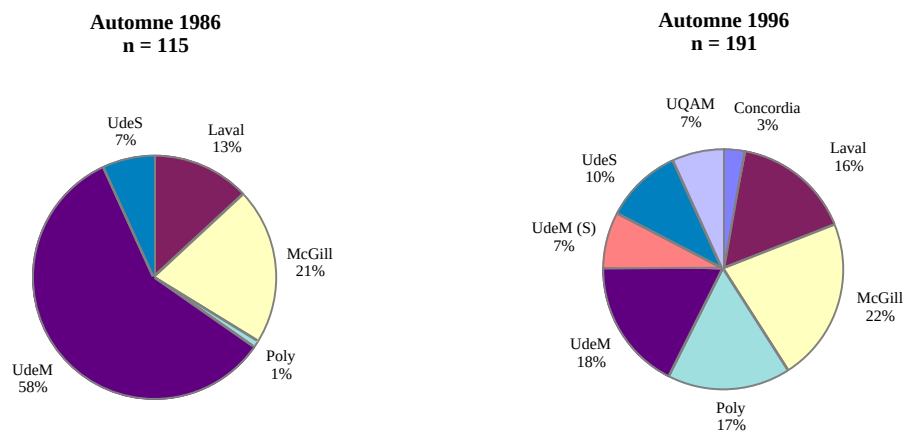
Figure 2.6

Données sur les doctorats en mathématiques et en statistique dans les universités québécoises

A. Évolution des inscriptions totales (1984-1996)



B. Répartition de l'effectif étudiant entre les établissements (1986/1996)



2.4 Mathématiques pures et mathématiques appliquées

« Si nous parcourons une série de sujets allant de l'architecture navale à la dynamique des fluides, en passant par les équations aux dérivées partielles et les espaces vectoriels topologiques, la distinction entre "pur" et "appliqué" est souvent claire dans les cas extrêmes mais indécise dans les cas intermédiaires⁹⁸. »

Alors qu'au siècle dernier, la plupart des mathématiciens pouvaient être qualifiés de purs et d'appliqués à la fois, le XX^e siècle devait voir le fossé se creuser entre les deux communautés, bien qu'il n'y ait personne qui ne reconnaisse que l'une et l'autre mathématiques soient les versants d'une même recherche.

Aujourd'hui, les mathématiques sont de plus en plus sollicitées par le développement de leurs axes appliqués : mathématiques industrielles, actuariat, statistique... Aux études supérieures, la vogue est aux mathématiques appliquées et aux liens universités-entreprises. Ainsi la nouvelle maîtrise de l'UQTR, ainsi l'option de mathématiques industrielles à la maîtrise en mathématiques appliquées qui est en voie de réalisation à l'Université de Montréal, ainsi les nouvelles options offertes dans les écoles affiliées (mécanique numérique à Polytechnique, ingénierie financière à l'École des Hautes Commerciales). Pour les étudiants, cela présente l'avantage d'une intégration accélérée au marché du travail.

Cette tendance, qui s'opère au détriment des mathématiques fondamentales (les « pures »), se manifeste concrètement par la désaffection des étudiants à leur égard, avec la prévisible érosion des axes de recherche correspondants.

À l'Université de Sherbrooke, les concentrations statistique et recherche opérationnelle, ouvertes en 1990, accueillent à l'heure actuelle la majorité de la clientèle. À l'Université de Montréal, la proportion des étudiants choisissant l'orientation actuariat, offerte depuis 1959 dans cette institution, s'est accrue considérablement dans les années 80 pour atteindre un sommet de 70 % : aujourd'hui, ce pourcentage oscille entre 50 et 60 %, alors que seuls 10 % des étudiants s'engagent dans l'option mathématiques. L'UQAM et Concordia, qui offrent également une formation en actuariat dans le cadre du baccalauréat en mathématiques, font état de pourcentages comparables. Le déséquilibre qui en résulte dans la clientèle rendrait ces départements vulnérables dans la perspective d'une diminution de la demande en actuariat, comme cela est advenu à la fin des années 80.

On peut expliquer en partie l'abandon progressif des mathématiques fondamentales par le fait que les futurs enseignants au secondaire n'ont plus, en vertu de la réforme de l'éducation, à compléter un baccalauréat spécialisé, ni même une majeure en mathématiques. Que cette carrière ait représenté, par le passé, un choix valable pour les étudiants orientés vers les sciences n'est vrai dorénavant que pour ceux qui abandonnent la formation scientifique en faveur d'un programme en sciences de l'éducation ou se paient le « luxe » de deux à trois années de formation supplémentaire. Ajoutons à cela que les postes de professeurs dans les cégeps et les universités sont devenus exceptionnels. Or, « les finissants en mathématiques fondamentales se destinaient traditionnellement à l'enseignement et, en l'absence de débouchés dans ce secteur, leur nombre a diminué jusqu'à atteindre un seuil critique dans certains établissements⁹⁹. » La diminution des exigences disciplinaires pour ces futurs enseignants est particulièrement préoccupante. « Sans nier l'importance d'une formation en pédagogie, il est inquiétant de constater que les plus passionnés des mathématiques sont en pratique exclus de l'enseignement au secondaire. Tout au moins, une concertation intra-universitaire et une participation de nos départements à la formation des maîtres s'imposent¹⁰⁰. »

On s'inquiète de l'appauvrissement du patrimoine scientifique des mathématiques que cette tendance rend inévitable à terme.

⁹⁸ Paul Halmos, cité dans Ian Stewart, *Les mathématiques*, Pour la Science, 1989, 266 pages (p. 237).

⁹⁹ Avis de Sabin Lessard, directeur, Département de mathématiques et statistique, Université de Montréal.

¹⁰⁰ Avis conjoint de Robert V. Anderson (UQAM), Joel Hillel (Concordia), Sabin Lessard (Université de Montréal) et Georg Schmidt (McGill), directeurs des départements de mathématiques montréalais, de François Lalonde, directeur de l'ISM et de Jacques Hurtubise, membre de la sous-commission.

La présence de cours de mathématiques appliquées propres aux diverses disciplines, à la fois préjudiciables à la formation et coûteux pour l'établissement, ne ferait qu'accentuer cette tendance (voir aussi le **point 4.2**). On assisterait, en effet, dans toutes les universités à une « prolifération anarchique des cours de mathématiques appliquées à..., de statistique appliquées à..., traitement des données en..., analyse quantitative en..., analyse numérique dans les sciences...¹⁰¹ ». Les mathématiciens, privés dans certaines institutions de la responsabilité des contenus, craignent que la formation de base ne soit sapée. « Plus que jamais, notre société exige une solide connaissance de base afin que nos diplômés puissent évoluer sur un marché du travail extrêmement dynamique et changeant. Dans toutes les disciplines, l'étudiant doit ainsi acquérir la capacité d'abstraction, de modélisation et d'adaptation à des environnements de travail variés. Les mathématiques constituent cette connaissance de base, commune, incontournable¹⁰². »

L'Association mathématique du Québec (AMQ) explique que « à la fin des années 70 [...], l'enseignement des mathématiques est réorienté vers la résolution de problèmes. La mathématisation de situations réelles était le vocable à la mode; aujourd'hui, on dirait approche programme. Les mathématiques quittent le champ de la formation générale et passent dans celui de la formation spécifique. À titre d'illustration de ce changement, qu'il suffise de mentionner le nombre de volumes édités qui ont comme titre "mathématiques appliquées à la bureautique, à l'électronique, à l'informatique, aux techniques administratives", etc.¹⁰³ »

Cependant, le pessimisme n'est pas unanime : par exemple, si les cours aux ingénieurs, à d'autres scientifiques, aux économistes, etc. diffèrent des cours des baccalauréats spécialisés, c'est davantage par leur esprit et leur niveau que par le nombre d'applications qui y sont étudiées¹⁰⁴. En outre, l'enseignement des mathématiques et statistique appliquées à l'intérieur des programmes mêmes de mathématiques est développé sur une solide base de mathématiques essentiellement pures et de cours théoriques de probabilités et de statistique.

Si les craintes d'une détérioration des mathématiques fondamentales sont légitimes vu l'importance que revêtent la recherche fondamentale et la compréhension du fondamental dans la poursuite des applications, « il faut peut-être introduire la notion de contexte d'application [...] La recherche doit pouvoir, même si elle est fondamentale et théorique, être vigilante aux applications éventuelles¹⁰⁵ » puisqu'elle navigue sans cesse entre les deux sphères et s'inspire de leurs problématiques respectives. Encore faut-il que ces deux sphères soient bien représentées...

Cela dit, il faut noter qu'en dépit des distinctions possibles entre les différents types de mathématiques – mathématiques fondamentales et appliquées, statistique, actuariat –, ceux-ci présentent un important tronc commun. À l'Université de Sherbrooke, par exemple, les trois cheminements du baccalauréat (statistique, recherche opérationnelle et l'un, sans concentration) partageaient, il y a 10 ans, les deux premières sessions. Depuis cinq ans, les trois premières sessions sont comprises dans un tronc commun (1 1/2 an) et on projette de l'étendre aux deux premières années.

Pour le président de l'Union internationale des mathématiques, David Mumford, l'un des grands défis des mathématiques du XXI^e siècle sera de « restaurer la libre circulation des idées entre les mathématiciens purs et les mathématiciens appliqués¹⁰⁶ ». Il dit espérer que l'accent mis actuellement sur l'utilité de la science en général incitera à considérer cette utilité comme une « intention commune » où les chercheurs fondamentaux pourront trouver une inspiration et mettre à profit les idées théoriques qu'ils développent pour aborder de façon plus efficace les problèmes appliqués. « La présence dans l'industrie de mathématiciens chevronnés conduit à aborder et à formuler des modèles de plus en plus complexes dont la

¹⁰¹ Avis de Nguyen Ky Toan, directeur, Département de mathématiques et d'informatique, UQTR.

¹⁰² *Ibid.*

¹⁰³ *Le rôle et la place des mathématiques dans les programmes professionnels et techniques de l'ordre collégial*, Mémoire de l'AMQ, adopté le 16 mai 1996 (<<http://www.Mlink.NET/~amq/AMQ>>).

¹⁰⁴ Avis de Claude Lemaire, directeur, Département de mathématiques et de statistique, Université Laval.

¹⁰⁵ Éric Bourneuf, Benoît Godin et Michel Trépanier, *De la formation à la recherche au marché du travail : enquête auprès des diplômés de l'INRS*, Bulletin CIRST/ENVEX, numéro 4, août 1996 (<<http://www.panoramix.uqss.quebec.ca/bri/envex/cirst>>).

¹⁰⁶ Cité dans Bernard Courteau, *Les mathématiques à la confluence des sciences et des techniques* (Éditorial), Bulletin de l'AMQ, octobre 1996.

résolution fait appel à des notions de plus en plus abstraites. Et c'est, entre autres, la raison pour laquelle il est dangereux d'opposer mathématiques pures et mathématiques appliquées. Les deux communautés sont étroitement liées. Un éventuel déclin de la première entraînerait à terme celui de la seconde, tandis qu'à l'inverse, certains problèmes répertoriés dans l'industrie deviennent, dans les laboratoires de mathématiques, des thèmes d'étude abstraits¹⁰⁷. »

2.5 Conclusion de ce chapitre

La situation quantitative des mathématiques au premier cycle n'est pas sans rappeler, à une autre échelle, celle observée en physique, ce que permet de constater la superposition de la courbe globale de la figure 2.3 et 2.4, respectivement, des sections qui leur sont consacrées. La formation aux cycles supérieurs ne laisse pas craindre, pour l'instant, un tarissement de la filière académique, laquelle demeure un débouché intéressant pour les diplômés.

Le travail isolé est plus fréquent en mathématiques qu'en physique ou dans les autres disciplines scientifiques. Et quoiqu'un grand nombre de spécialités soient requises pour « environner » la formation, les équipes de recherche peuvent être plus restreintes, toute spécialité ne réclamant pas un spécialiste attiré.

Les prémisses appliquées à la formation en physique se rapportent à un degré moindre aux mathématiques. Ainsi en est-il de la masse critique de professeurs et de l'investissement en recherche des professeurs pour l'enseignement au premier cycle. Toutefois, s'il est vrai, comme on l'a dit auparavant, que les mathématiques interpellent l'attitude plus que les connaissances – d'où l'importance des talents pédagogiques –, là, comme ailleurs, la qualité passe par une curiosité continue dont la recherche est une source incomparable.

¹⁰⁷ *État des sciences et des techniques*, sous la direction de Nicolas Witkowski, Paris, Boréal-La Découverte, 1991, 495 pages (p. 343).

Perspectives professionnelles pour les diplômés

Les activités professionnelles des mathématiciens sont méconnues, mais chose certaine, les perspectives d'emploi pour les diplômés sont très enviables. Des titulaires d'un diplôme de premier cycle en **mathématiques** disponibles pour l'emploi en janvier 1994, 93,5 % occupaient un emploi, les neuf dixièmes à temps plein et les quatre cinquièmes dans un domaine lié à leur domaine d'études principal¹⁰⁸. Le placement obtient un score parfait pour les détenteurs de maîtrise, dont la totalité à temps plein et dans un domaine lié.

Quelques années plus tard, la situation paraît s'être détériorée¹⁰⁹ : si un pourcentage identique de bacheliers obtiennent un emploi, 51,2 % seulement de ces emplois sont à temps plein et liés au domaine d'études. Quatre-vingt-quatorze pour cent (94 %) de ceux qui détiennent une maîtrise occupent un emploi, dont 73,1 % seulement à temps plein et lié au domaine d'études.

Pour les **mathématiques appliquées**, 88,9 % des bacheliers sont en emploi¹¹⁰, dont près de 95 % à temps plein, mais 37,5 % seulement dans un domaine lié au domaine d'études principal. Selon des données plus récentes¹¹¹, le taux de placement en janvier 1997 des diplômés universitaires de 1995 dans ce domaine, était absolu : cependant, la moitié seulement, au premier cycle, occupait un emploi à temps plein lié à leur domaine d'études et à la maîtrise, ce pourcentage était de 66,7 %.

Le placement est intégral pour les diplômés en **statistique**¹¹² – supérieur, donc, pour la période d'enquête au placement des diplômés d'informatique – autant que l'est le travail à temps plein et la relation au domaine d'études. Il faut remarquer, toutefois, que c'est cette dernière catégorie de diplômés qui déclare le plus fort pourcentage de travail temporaire, soit 80,2 % comparativement à 51,2 % pour les mathématiques, par exemple.

Enfin, en janvier 94, 95,3 % des diplômés d'**actuariat** travaillaient, dont 85,3 % à temps plein et 73 % dans un emploi lié à leur domaine d'études. Ce secteur a le vent dans les voiles, puisque trois ans plus tard, 86 % des diplômés de 1995 travaillaient à temps plein dans un emploi lié à leur domaine d'études. Les deux secteurs en importance pour les actuaires sont les compagnies d'assurance-vie – leur bastion, à vrai dire – et les bureaux de consultants où ils travaillent à la mise sur pied des régimes d'avantages sociaux, en particulier les régimes collectifs d'assurance et de retraite, ainsi qu'à la rémunération¹¹³.

Au Canada, les diplômés de 1994 en mathématiques ont en grande majorité trouvé emploi dans leur domaine : ils oeuvrent le plus souvent dans le secteur des institutions financières, de l'immobilier et de l'enseignement.

Comme c'est le cas pour la physique et l'informatique, Concordia et l'Université de Sherbrooke proposent des programmes coopératifs. À l'Université de Montréal, des stages peuvent être intégrés au programme d'études, au premier cycle et aux cycles supérieurs : il s'agit, dans cette université, d'un aspect en développement.

¹⁰⁸ Marc Audet, *Qu'advient-il des diplômés des universités ? La promotion de 1992*, Gouvernement du Québec, 1995, 674 pages (p. 507-510).

¹⁰⁹ *Relance 1997*, Ministère de l'Éducation du Québec.

¹¹⁰ *Op. cit.*, Gouvernement du Québec, p. 511-514.

¹¹¹ *Op. cit.*, Ministère de l'Éducation du Québec.

¹¹² *Op. cit.*, Gouvernement du Québec, p. 659-662.

¹¹³ <<http://www.act.ulaval.ca>>

En mathématiques, la concertation porte un nom, celui de l'ISM, l'Institut des sciences mathématiques dont le succès quant à la coordination des cours, au financement et à la publicité conjoints, pourrait, le croit-on, inspirer d'autres disciplines qui souhaitent conjuguer concertation et qualité.

4.1 Rôle de l'Institut des sciences mathématiques (ISM)

L'Institut des sciences mathématiques a été créé en 1991 par les universités montréalaises « pour établir une coopération vraiment efficace entre les programmes d'études supérieures en mathématiques (*et en statistique*) offerts par ces quatre institutions¹¹⁴ », pour constituer un pôle majeur de formation et de recherche en sciences mathématiques en mesure de concurrencer les grands centres nord-américains, ainsi que pour rationaliser de façon durable les ressources humaines et matérielles. L'Institut a pour modèle ce qu'il décrit lui-même comme une « École supérieure unifiée en mathématiques ».

Les premières années de l'ISM ont été vouées à la consolidation de ses dix programmes de recherche, la coordination des cours et la création d'un programme de bourse d'excellence. De concert avec le Centre de recherches mathématiques (CRM), dont il sera plus amplement question au chapitre 6, il a également mis sur pied un colloque hebdomadaire portant sur des sujets d'intérêt général et accueillant des sommités mondiales.

En 1996, cet organisme interuniversitaire a démarré plusieurs nouveaux projets, dont la création d'un colloque étudiant panquébécois, la mise sur pied d'un comité des bibliothèques auquel participent toutes les universités membres, de même que l'UQTR qui vient d'implanter une maîtrise en mathématiques et informatique appliquées, ainsi que l'intégration de Laval et de l'Université de Sherbrooke.

L'entremise de l'ISM est décrite comme d'autant efficace qu'elle demeure informelle et libre de toute contrainte. On a même parlé d'une « belle aventure » dont on doit préserver l'esprit en laissant aux professeurs et aux équipes de recherche l'initiative des échanges de ressources et de services. En effet, la concertation de l'offre de cours s'y réalise par l'intermédiaire des programmes de recherche – l'une des deux structures avec les départements –, dont l'intervention garantit un contrôle de qualité aussi spontané que systématique. Les programmes, qui regroupent tous les chercheurs travaillant dans un même domaine sans égard à l'université d'attache, se réunissent annuellement pour identifier des « cours ISM », à savoir ces cours spécialisés qui feront l'objet d'une concertation entre les établissements membres afin qu'ils ne s'y offrent pas simultanément. Les cours proposés par les programmes sont ensuite présentés aux directeurs de département bien que souvent, dans les faits, ceux-ci aient été consultés au préalable par les coordonnateurs de programme. Plusieurs cours de base sont également désignés pour être offerts en concertation, souvent suite à une entente entre les membres du programme et les directeurs qui peuvent convenir, par exemple, de l'offre de cours en alternance.

Chacune des institutions partenaires demeure autonome pour l'admission, l'inscription et l'octroi des diplômes. Puisque des institutions anglophones et francophones se côtoient, on pose comme exigence que tout étudiant participant ait, au départ, une connaissance approfondie de l'anglais ou du français et sitôt sa première année complétée, une connaissance générale de l'autre langue. Une exigence, admettons-le, qui apparaît peu sévère dans le contexte scientifique international.

¹¹⁴ <<http://www.math.uqam.ca/ISM>>. À noter que l'École Polytechnique, membre affilié de l'ISM jusqu'en 1995-1996, participa aussi à sa création.

Tel que mentionné plus tôt, la variété de la programmation constitue l'un des traits culturels des mathématiques. En concertant l'offre de cours aux cycles supérieurs, l'ISM contribue à en assurer, non seulement la cohérence, mais aussi l'abondance et la diversité et cela, en garantissant une clientèle étudiante dont le transfert entre les établissements est facilité. Les étudiants ne peuvent généralement suivre qu'un nombre limité de cours dans les universités autres que celle d'attache : c'est tout le contraire des « cours ISM ». L'Institut facilite également la direction d'étudiants par des chercheurs extérieurs à l'université où les premiers sont inscrits. Son directeur confiait que les étudiants appréciaient particulièrement l'accès, sur les babillards et la page web, à toute l'information concernant les cours donnés à Montréal.

Cette réunion des départements montréalais avec plus de 200 professeurs qui participent à ses dix programmes actuels, permet à Montréal de rivaliser avec les meilleures institutions au Canada et à l'étranger. L'ISM est en plein essor puisque, tel qu'évoqué plus haut, l'Université Laval et l'Université de Sherbrooke s'y joignaient officiellement en 1998 suite à une entente conclue vers la fin de l'année 97.

Jusque-là, le réseautage des institutions était facilité par leur concentration géographique : voilà un nouveau défi pour l'Institut. À première vue, l'éloignement des deux nouveaux membres vient contrarier le partage d'activités, mais l'expérimentation des nouvelles technologies de communication peut lever cet obstacle. Cette année même, l'ISM organisait deux vidéoconférences avec ses récentes partenaires. Les cours de deuxième et troisième cycles s'y prêtent mieux et on devra faire appel à des équipements plus performants pour les cours de la dernière année du baccalauréat afin de permettre, entre autres, des échanges entre le professeur et les étudiants.

La position de carrefour de l'ISM pourrait s'avérer favorable au développement concerté de ces technologies. La dernière demande de subvention triennale faite au ministère de l'Éducation comprend une demande de fonds spécifique pour l'achat d'équipements de télécommunications (téléconférences, vidéoconférences, etc.)¹¹⁵ à cette fin, précisément, de favoriser la mise en réseau des universités membres. Entre-temps, l'ISM compte utiliser l'équipement existant à McGill, Laval et l'Université de Sherbrooke pour organiser des vidéoconférences lors du passage de mathématiciens de renommée internationale dans le cadre de colloques.

L'ISM a été créé sous des cieux plus cléments grâce à une subvention appréciable venant du Fonds général des universités et son modèle serait difficilement réalisable dans le contexte actuel : toutefois, le principe de coordination qui le sous-tend et les structures qu'il a mises en place peuvent inspirer d'autres disciplines.

4.1.1 Hypothèses d'extension de cette concertation

Rien n'interdit de tirer parti des structures et des circuits en place pour prolonger la concertation existante, d'une part, aux cycles supérieurs à l'ensemble des universités québécoises, de l'autre, aux cours avancés du baccalauréat à Montréal.

L'ISM pourrait constituer une adresse pour les professeurs désireux de diriger des étudiants d'autres universités que la leur, par exemple, pour ceux de l'UQTR, et jouer un rôle d'« arbitre » à ce chapitre étant admis, par ailleurs, que l'encadrement d'étudiants suppose un réel accès aux étudiants et aux cours des cycles supérieurs. Cela posé, les divers établissements ont déjà établi des mécanismes d'habilitation, quoique différents les modalités et le degré de direction qu'ils autorisent : par exemple, à Laval, les professeurs associés n'ont accès qu'à la codirection. S'il faut laisser opérer ces mécanismes, du moins leur formalisation permettrait de les faire connaître.

Déjà, le département de l'UQTR a permis occasionnellement des prêts de service de professeurs à l'Institut. L'UQAC n'offre pas de programmes de deuxième et troisième cycles en mathématiques. Néanmoins, des professeurs de cette université pourraient, dans le cadre de l'ISM, faire des contributions très importantes et intervenir pour l'enseignement de quelques cours.

¹¹⁵ Avis de François Lalonde, directeur, Institut des sciences mathématiques (ISM).

Certaines inquiétudes ont été soulevées par des universités hors Montréal qui ne sont pas officiellement reliées au réseau. « Il existe, en effet, des expertises précieuses et des capacités de recherche importantes en dehors de Montréal. Celles-ci devraient pouvoir s'exprimer fortement et bénéficier pour leur développement d'un support des universités montréalaises dans ce domaine. Car ce qu'il importe d'éviter surtout dans cette coordination nationale des programmes universitaires, c'est l'uniformisation, l'unicité de pensées, d'approches et de points de vue¹¹⁶. » Or, les activités et réalisations de l'ISM à ce jour auront démontré qu'il poursuit bel et bien un objectif d'enrichissement.

L'hypothèse d'un mandat de coordination élargi aux cours avancés du baccalauréat pose en pratique certaines difficultés. D'abord, les bourses, qui mobilisent la majeure part du budget de l'Institut, sont destinées aux doctorants ou, en partenariat avec le CRIM, aux stagiaires postdoctoraux. En outre, la plupart des cours en commun, s'adressant en premier lieu à ces étudiants, sont hautement spécialisés. Une extension de la coordination actuelle représenterait, de ce seul fait, un changement majeur dans la mission de l'ISM. D'autant que, il faut en être conscient, les étudiants au baccalauréat bifurquent majoritairement avant les études supérieures et que la plupart de ceux à la maîtrise vont, sitôt leur diplôme en main, sur le marché du travail. « Dans ces circonstances, le volet coordination de l'ISM devrait se développer indépendamment de son volet recherche, ce qui aurait comme conséquence de promouvoir la prépondérance des départements sur les programmes. Voilà tout un défi d'adaptation et de transformation pour l'ISM¹¹⁷. » Un tel élargissement impliquerait aussi obligatoirement deux axes linguistiques, les ententes entre universités qui utilisent la même langue étant sans doute plus faciles à réaliser.

À l'automne 97, un projet pilote au premier cycle était lancé entre l'Université de Montréal et l'UQAM. En dépit des difficultés rencontrées lors de cette première tentative, lesquelles découlaient particulièrement d'une distance entre les deux campus incompatible avec l'horaire chargé des étudiants, l'Institut dit espérer que la coordination des cours de baccalauréat devienne aussi courante que celle des cours aux cycles supérieurs¹¹⁸, notamment grâce à une meilleure conciliation des horaires. Si cette initiative devait n'être pas opérationnelle avec le même bonheur qu'aux cycles supérieurs, « il serait intéressant toutefois de collaborer sur la description des cours et d'établir des règles de base de l'équivalence entre cours d'institutions différentes¹¹⁹. »

Pour Polytechnique qui offre une maîtrise et un doctorat en mathématiques appliquées, l'extension aux cours avancés du baccalauréat ne permettrait pas de profiter d'une réelle économie de moyens au regard des besoins particuliers de la formation à dispenser dans les divers programmes de génie et le nombre élevé d'étudiants par groupe¹²⁰.

Subsiste un dernier obstacle, et de taille : l'incertitude entourant le financement à long terme. Puisque les activités de l'Institut reposent sur des contributions institutionnelles et des subventions gouvernementales ponctuelles, la continuité n'est pas assurée... pas plus que la stabilité. En effet, depuis la création de l'ISM, son directeur est nommé à tous les deux ans et à tour de rôle dans les établissements membres, et le secrétariat est aménagé dans l'université d'attache du directeur. « On peut s'interroger là-dessus au moment d'inviter des institutions en dehors de Montréal à se joindre à l'ISM¹²¹. » Chose certaine, l'Institut ne pourra répondre à de nouvelles sollicitations et s'établir dans une certaine pérennité que pourvu de ressources proportionnelles. Actuellement, son budget s'élève à 225 000 \$, dont 125 000 \$ proviennent du MEQ et 100 000 \$ contribués à part égale par les quatre universités participantes. Il revient aux établissements de convenir d'un plan de financement à long terme sur le modèle actuel.

L'ISM joue donc au Québec un rôle crucial d'animation et de coordination pour les mathématiques et la statistique et on ne peut que souhaiter que l'actuariat en vienne à bénéficier de l'esprit de concertation qui

¹¹⁶ Avis de Nguyen Ky Toan, directeur, Département de mathématiques et d'informatique, UQTR.

¹¹⁷ Avis de Sabin Lessard, directeur, Département de mathématiques et statistique, Université de Montréal.

¹¹⁸ Avis de François Lalonde, directeur, Institut des sciences mathématiques (ISM).

¹¹⁹ Avis de Stephen Whitney, directeur, Module de mathématiques-informatique, UQAC.

¹²⁰ Avis de Louis Lefebvre, directeur, Département de mathématiques appliquées et de génie industriel, École Polytechnique.

¹²¹ Avis de Sabin Lessard, directeur, Département de mathématiques et statistique, Université de Montréal.

anime la communauté mathématique. L'École d'actuariat de l'Université Laval a déjà participé à des efforts de concertation au deuxième cycle avec des universités montréalaises. Le programme de l'École étant le seul à offrir des cours avancés par son baccalauréat spécialisé en actuariat, la possibilité de rendre ceux-ci accessibles aux étudiantes et étudiants empruntant la concentration actuariat des programmes de mathématiques de la région montréalaise a été évoquée par son directeur¹²².

Enfin, quel que soit le degré d'extension du mandat de l'ISM, la nature volontaire de la concertation, laissant libre cours à l'initiative individuelle et à la réponse institutionnelle, est une donnée incontournable.

4.2 L'enseignement des mathématiques et de la statistique dans l'université

Contrairement à la physique, le problème du « seuil » de clientèle est étranger aux mathématiques en raison du nombre élevé de cours de service, plus élevé en fait que pour tout autre département universitaire. Pour le moment du moins, car, « à court terme, il faut aborder le problème de la baisse de la commande des cours de service¹²³. » Il est significatif qu'à partir d'un certain seuil, la taille des départements de mathématiques dépend de l'utilisation qu'en font les autres secteurs. D'aucuns ont même estimé que la suppression de l'ensemble des programmes de mathématiques comme tels n'y entraînerait la diminution que de 20 % du corps professoral.

La contribution des départements de mathématiques à l'enseignement exogène est aussi élevée que 75 à 80 % environ à l'UQTR, l'UQAC, l'Université de Sherbrooke, Laval et l'UQAM, avec une moyenne, en 1996, d'un peu plus de 72 % pour les départements qui y contribuent généralement¹²⁴. C'est la moyenne la plus élevée, et de loin, des trois disciplines représentées à la sous-commission.

Le département de mathématiques et d'informatique de l'UQTR participe activement à la formation des maîtres puisque les cours mêmes du baccalauréat accueillent, notamment, les étudiants des profils de mathématiques et sciences pures, de mathématiques et informatique ou sciences sociales du nouveau baccalauréat en enseignement secondaire. Un comité sur le rattachement départemental des cours veille, dans cette université, à maintenir l'enseignement par les disciplinaires. Ce comité est décrit comme une bonne initiative « quoique, dans certains cas, encore insuffisante pour empêcher la création des cours de mathématiques déguisés [...] »¹²⁵.

À l'UQAC, c'est le département d'informatique et de mathématique qui a l'entière responsabilité des cours de mathématique et de statistique, y compris en génie et en formation des maîtres. Cela suppose que les professeurs sachent faire « un mélange optimal de son aspect le plus fondamental (pur) et de son aspect appliqué, en consultation avec les intervenants dans les applications¹²⁶ ».

À Laval, « la politique constante du Département de mathématiques et de statistique est de réclamer de donner tous les cours de base en mathématiques et en statistique, à toutes les clientèles. Ceci, avec des succès divers, il faut l'avouer¹²⁷. » Le département consacre une importante partie de ses activités d'enseignement à des cours en sciences et génie, en agriculture et alimentation, et en économie, entre autres secteurs; il participe également à la formation des maîtres du primaire et du secondaire. Une commission récemment créée par l'institution doit y examiner les duplications des activités d'enseignement.

Le département de l'UQAM dessert 18 programmes différents : plus de 50 % des cours qu'il dispense consistent en cours de service en science, en administration et en sciences humaines. Le département, qui contribue aux programmes d'enseignement des mathématiques au primaire et au secondaire, est également un partenaire du doctorat en éducation.

¹²² Avis de André Prémont, directeur, École d'actuariat, Université Laval.

¹²³ Avis de Robert V. Anderson, directeur, Département de mathématiques, UQAM.

¹²⁴ Données fournies par les établissements.

¹²⁵ Avis de Nguyen Ky Toan, directeur, Département de mathématiques et d'informatique, UQTR.

¹²⁶ Avis de Stephen Whitney, directeur, Département de mathématiques appliquées et de génie industriel, École Polytechnique.

¹²⁷ Avis de Claude Lemaire, directeur, Département de mathématiques et de statistique, Université Laval.

La vocation de service des mathématiques est remplie à **McGill**, non seulement pas des cours désignés « de service » et adaptés pour une clientèle particulière, mais aussi par les cours généraux offerts par le département : presque la totalité de l'enseignement de service dans la faculté des sciences pour les deux premières années du baccalauréat est de ce dernier type. Le département offre aussi des cours en arts, en éducation, en génie et en administration.

Le département de **Concordia** participe à l'enseignement dans les facultés de génie et d'informatique (bien qu'une bonne partie des cours en génie y soient confiés à des ingénieurs), et de commerce, ainsi que dans le secteur de l'éducation permanente. Il a aussi la responsabilité du programme de didactique des mathématiques.

À l'**Université de Sherbrooke**, le département n'offre pas de cours distincts de celui de son curriculum : il partage ainsi 24 crédits avec le B.E.S. et 18 crédits avec les baccalauréats en informatique et en informatique de gestion. « Des regroupements additionnels seraient très certainement possibles et avantageux : cela suppose cependant que notre département soit invité par les instances où se donnent ces cours à participer pleinement à l'élaboration des programmes de cours et à la prestation de ceux-ci¹²⁸. » Récemment, l'unité se voyait retirer l'enseignement des mathématiques et de la statistique aux futurs administrateurs et ingénieurs.

Non seulement la responsabilité de l'enseignement des mathématiques à l'**Université de Montréal** est distribuée dans d'autres facultés ou départements de la Faculté des arts et des sciences, mais encore, les écoles affiliées que sont Polytechnique et le H.E.C. comportent elles-mêmes des unités chargées de cet enseignement (Département de mathématiques et de génie industriel dans la première, Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion dans la seconde). Il faut signaler qu'un Comité des cours de mathématiques à Polytechnique est chargé d'établir des contacts avec les comités de programme de l'établissement afin de connaître leurs besoins et d'assurer la pertinence et la qualité des cours de mathématiques offerts à leurs étudiants. Les professeurs de mathématiques ont droit de regard sur le contenu des cours dans tous les programmes d'ingénierie et de sciences appliquées de l'École.

Le postulat que nul ne peut mieux enseigner les mathématiques ou la statistique en finance qu'un comptable ou un administrateur, ou en biologie qu'un biologiste, a donné lieu, au sein de certains établissements, à la multiplication des foyers de dispensation de cet enseignement et quelquefois, à un dédoublement coûteux, tel que déjà mentionné au point 2.4. La situation plaide en faveur d'une utilisation plus rationnelle des ressources existantes, de même qu'au contrôle, ou du moins, au droit de regard essentiel des départements de mathématiques sur le contenu et la qualité des cours de mathématiques à la grandeur de l'université.

Un environnement multidisciplinaire mieux intégré permet, certes, d'optimiser les ressources, mais il amène aussi un enrichissement mutuel des programmes parce qu'il « met l'étudiant en présence d'un large spectre d'opinions, de méthodologies et de grilles analytiques. C'est la formation dans l'hétérogénéité plutôt que dans la consanguinité¹²⁹. » De plus, compte tenu de l'évolution rapide des méthodes mathématiques et statistiques, on estime que les autres disciplines ne peuvent que profiter d'un enseignement à jour grâce à « des spécialistes au coeur même de la discipline¹³⁰ ».

Même son de cloche émanant de l'Association mathématique du Québec (AMQ) qui ajoute que « il est fréquent de penser [...] qu'en laissant enseigner les notions mathématiques par des utilisateurs, on rend la chose plus digeste et plus facile. Cette attitude relève de la pensée magique où tout peut être appris et réussi sans effort. Il ne faut pas confondre mimétisme momentané et une compréhension efficace des concepts mathématiques¹³¹. » Toutefois, cela réclame des professeurs qui interviennent dans les divers programmes

¹²⁸ Avis de Kacem Zéroual, directeur, Département de mathématiques et d'informatique, Université de Sherbrooke.

¹²⁹ Avis de Nguyen Ky Toan, directeur, Département de mathématiques et d'informatique, UQTR.

¹³⁰ Avis de Sabin Lessard, directeur, Département de mathématiques et statistique, Université de Montréal.

¹³¹ *Le rôle et la place des mathématiques dans les programmes professionnels et techniques de l'ordre collégial*, Mémoire de l'AMQ, 16 mai 1996. (<<http://www.Mlink.NET/~amq/AMQ>>)

« une adaptation et une volonté de tenir compte des intérêts, de la formation et des besoins véritables des étudiants auxquels ils s'adressent¹³²».

On a fait état du modèle de la *Mathematical Sciences Task Force* de l'Université de Toronto qui veille à la coordination de l'enseignement des mathématiques dans l'institution et à un certain degré, à celle des activités de recherche¹³³. Le groupe réunit des représentants de diverses facultés (médecine, arts et science, études supérieures) et de divers départements (génie mécanique et industriel, génie électrique et informatique, sciences économiques, physique, statistique...) avec un input essentiel du département même de mathématiques. La *Task Force* compte également un coordonnateur des Clubs de mathématiques pré-universitaires (*Math Club Coordinator*), venant du département et agissant à titre d'agent de liaison avec les clubs de mathématiques des écoles secondaires.

¹³² Avis de Nguyen Ky Toan, directeur, Département de mathématiques et d'informatique, UQTR.

¹³³ <<http://www.utstat.toronto.edu/mevans/home.html>>

Corps professoral

Dans les onze établissements ayant un département de mathématiques ou de mathématiques-informatique, ou une École d'actuariat, on comptait près de 310 professeurs en 1997 (**tableau 5.1**). Quoique la situation soit moins critique qu'en physique, l'attrition d'environ 8 % qu'a connue ces quelques dernières années le corps professoral dans ces unités pourrait, avec le déficit prévu allant jusqu'à 13 professeurs, s'accroître d'un pourcentage supplémentaire de 3,6 %. On peut donc anticiper une diminution totale de 1995 à 2000 pouvant atteindre 11,5 %.

Trois unités seulement sont épargnées : celles de Bishop's et de l'UQTR, et l'École d'actuariat de l'Université Laval dont le corps professoral, à travers la restriction ambiante, connaît une progression constante depuis 1995 et affiche une moyenne d'âge inférieure à 40 ans. En effet, les trois professeurs qui y ont été embauchés en 1996, fraîchement de retour de leurs études postdoctorales, étaient âgés de 25, 27 et 29 ans.

En revanche, le plus grand département de mathématiques au Québec, celui de l'Université de Montréal, compte le plus fort pourcentage de professeurs de 60 ans et plus – 33 % –, ce qui présage une seconde vague de départs après l'an 2000.

Le département le plus sévèrement touché est certainement celui de Concordia qui a perdu 14 de ses 40 membres à temps plein depuis 1993 – le tiers de son effectif – et dont le corps professoral est parmi les plus âgés, sinon le plus âgé. Des mesures y ont été prises pour parer à la situation, telles que l'augmentation de la taille des classes, la conception d'un curriculum plus compact, et le partage de cours et de chercheurs avec d'autres universités dans le cadre de l'ISM. Le département prévoit jusqu'à cinq embauches d'ici les prochaines années, ce qui viendrait compléter les mesures déjà mises en place.

À McGill, les quelques remplacements pour les cinq retraites annoncées d'ici les prochaines années, le seront en statistique, en mathématiques appliquées et en analyse.

La contribution des chargés de cours en mathématiques, jusqu'à une trentaine de cours de trois crédits pour l'Université de Sherbrooke et l'UQAM, est plus élevée qu'en physique et en informatique, quoique légèrement dans ce dernier cas.

Tableau 5.1

Caractéristiques du corps professoral en mathématiques, statistique et actuariat dans les universités québécoises, automnes 1995/1996/1997

Établissement	Professeurs réguliers			Prévisions 2000-2001	Détenteurs de doctorats			Âge moyen (ans)			60 ans et +			Contribution des chargés de cours ¹		
	95	96	97		95	96	97	95	96	97	95	96	97	95	96	97
Bishop's	4	4	4	5	3	3	3	55	43	43	1	0	0	2	2	0
Concordia	35,5	31	24,5	22,5-27,5	44	27	*	50,6	54	*	10	8	*	39	36	*
Laval	35	33	32	29	33	31	30	46,7	48,6	49	5	5	4	3	6	5
Laval (actuariat)	8	11	12	13	5	8	9	39	37	37	0	0	0	17	14	10
McGill	43	*	39	36-37	43	*	39	51,9	*	52,7	9	*	7	11	12	*
Polytechnique	23	23	23	21	19	19	19	48	49	50	1	1	2	0	0	0
UdeM	52	52	48,5	46,5	52	52	48,5	50,6	51,8	52,3	12	14	16	9	4	4
UdeS	35	38	33	31	29	29	27	46,5	46	43,4	5	3	1	33	23	30
UQAC	19	18	18	18	14	14	15	46,1	47,9	44,8	2	2	0	11,33	15,5	15
UQAM	48	45	43	42-43	38	38	36	48,62	*	50	3	4	3	38	33	*
UQAR	8	7	6	6	5	*	*	47,6	47	46,7	0	0	0	2	2	2
UQTR	25	26	26	27	18	20	*	44,3	45	*	0	1	1	*	18	*
Total	335,5		309	297-304												

* données non disponibles

 Départements de mathématiques et informatique
(et de génie pour l'UQAR)

¹ Nombre total de cours donnés par les chargés de cours, excluant les cours en appoint des professeurs

² Selon les données de l'EPE (1995), la Télé-université et l'É.T.S. comptaient, respectivement, un et deux professeurs réguliers dans le secteur des mathématiques.

Sources : a) Enquête sur le personnel enseignant (EPE), CREPUQ;
b) données fournies par les établissements.

6.1 Axes et groupes de recherche

Fondé à l'Université de Montréal en 1968, le **Centre de recherches mathématiques** (CRM) a pour objectif de « servir de centre national pour la recherche fondamentale en mathématiques et leurs applications¹³⁴ », un statut que lui a conféré le CRSNG en 1984. Le Centre regroupe plus de vingt membres réguliers, de nombreux membres associés appartenant à d'autres institutions universitaires – **Concordia, UQTR, McGill, UQAM** –, des chercheurs de collèges (Rosemont, Édouard-Montpetit, Dawson), des membres visiteurs dont Polytechnique et des boursiers postdoctoraux – une vingtaine chaque année ! Si le Centre n'offre pas de cours comme tels, il constitue néanmoins un environnement propice à la formation de jeunes chercheurs. Le CRM ne mène pas que les projets de recherche démarrés par ses équipes : ses chercheurs interviennent, avec des collègues d'autres universités, dans des activités thématiques organisées à l'échelle nationale et internationale. En 1989, le Centre lançait un programme d'édition suivi, deux ans plus tard, de la création d'une vidéothèque, afin d'assurer une meilleure diffusion des résultats de recherches de ses collaborateurs.

Le CRM est lié à l'**Institut des sciences mathématiques** (ISM) par les colloques qu'ils organisent conjointement et le programme conjoint de bourses postdoctorales qui doit débiter en automne 1998 (voir **chapitre 4**).

Le **Réseau de calcul et de modélisation mathématique** (RCM₂)¹³⁵, inauguré en novembre 1997, a vu le jour grâce à une subvention du CRSNG (600 000 \$ pour cinq ans) et à un apport annuel (1 M\$) provenant des partenaires. Il réunit cinq centres de recherche montréalais¹³⁶, sept institutions de haut savoir¹³⁷ et dix-huit partenaires privés – entreprises et organismes¹³⁸ – et prévoit des stages industriels pour les étudiants.

Pour Luc Vinet, directeur du CRM et également président du RCM₂, la popularité des mathématiques démontrée ici tient au fait que « la modélisation mathématique et la simulation mathématique et la simulation numérique remplacent de plus en plus l'expérimentation sur prototype dans l'élaboration de produits ou services et la gestion de systèmes à grande échelle¹³⁹. »

Cette mise en commun du savoir-faire aura « un effet d'accélération et d'innovation dans la R & D, en favorisant le transfert de méthodes sophistiquées entre différents domaines de pointe tels la finance, les études environnementales, le transport... » Voilà un exemple de concertation en recherche puisque « les travaux menés en collaboration par des secteurs qui ne se parlent pas de façon naturelle, signale M. Vinet. La rencontre des différents centres a déjà provoqué des étincelles et des projets de recherche en sont nés. »

¹³⁴ <<http://www.CRM.UMontreal.CA/DescriptionFrn.html>>

¹³⁵ <<http://www.CRM.UMontreal.CA/rcm2>>

¹³⁶ Comprend, outre le CRM, le Centre de recherche en calcul appliqué (CERCA), le Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO), le Centre de recherche sur les transports (CRT) et le Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD). Au total, le partenariat regroupe plus de quarante chercheurs.

¹³⁷ Ces institutions sont l'Université de Montréal, les Hautes Études Commerciales, Polytechnique, l'UQAM, McGill, Laval et Concordia.

¹³⁸ Dont la Banque Nationale, Bell Mobilité, la Caisse de dépôt et placement, le Canadien Pacifique, la Défense nationale, Hydro-Québec, la Société de l'assurance-automobile, etc. Pour la liste complète des partenaires et d'autres informations, consulter <www.CRM.UMontreal.CA/rcm2>

¹³⁹ Jacques Benoît, « RCM₂ : un outil précieux pour les entreprises », *La Presse*, 25 novembre 97, p. C1-C2.

Le **CERCA** (Centre de Recherche en Calcul Appliqué), qui célébrait à l'automne 97 son cinquième anniversaire, est un centre de transfert des connaissances créé à l'initiative de l'**École Polytechnique**, de **Concordia**, de **McGill** et de l'**Université de Montréal** avec l'appui du ministère de l'Enseignement supérieure et de la Science. Actuellement sous la responsabilité du ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, le Centre vise, notamment, à « intensifier le transfert technologique des universités vers l'industrie en regroupant des chercheurs dans le domaine du calcul appliqué au Québec, qu'ils appartiennent à l'industrie ou au milieu universitaire, afin qu'ils soient davantage conscients des problèmes à résoudre et des compétences disponibles [...] »¹⁴⁰.

Le CERCA a instauré un environnement scientifique de haut niveau permettant d'améliorer les performances des universités québécoises et de former du personnel hautement qualifié en calcul appliqué. Les professeurs universitaires – qui en font bénéficier leurs étudiants des cycles supérieurs et les stagiaires postdoctoraux – en sont membres à titre individuel et demeurent à l'emploi de leur université.

Les efforts de recherche du Centre portent principalement sur la mécanique des fluides¹⁴¹ et la chimie pharmaceutique. Les partenaires industriels réguliers¹⁴² ont l'occasion d'entreprendre des projets dans le cadre de ses activités, ont accès aux logiciels génériques qu'il a développés, participent à des projets conjoints et ont la possibilité d'utiliser le programme de visiteurs pour des stages réalisés au Centre. Trois partenaires industriels associés sur les quatre relèvent du deuxième axe de recherche, soit Astra, Bio-Méga/Boehringer Ingelheim Recherche et Merck Frosst. Tous les quatre ont accès aux services des chercheurs du CERCA sur une base contractuelle de consultation à des taux privilégiés. Enfin, d'autres collaborateurs industriels ont une interaction avec le Centre par l'intermédiaire de contrats¹⁴³.

On retrouve également au sein du Département de mathématiques et de génie industriel de **Polytechnique** une activité de recherche en mathématiques appliquées¹⁴⁴, notamment dans les domaines de l'analyse numérique, de la recherche opérationnelle et des statistiques.

La recherche se concentre à l'**Université Laval** autour des thèmes de quatre équipes de recherche¹⁴⁵ : analyse, probabilités et statistique¹⁴⁶ et mathématiques appliquées, cette dernière équipe étant étroitement associée au Groupe interdisciplinaire de recherches en éléments finis qui réunit, outre d'autres départements de l'institution, l'**INRS-Eau**, **Concordia**, l'**ETS** et l'**UQAC**. Le département compte également une équipe en algèbre et théorie des nombres, une branche du Centre interuniversitaire en calcul mathématique algébrique (CICMA), établi en 1990 en coopération avec **Concordia** et **McGill**. C'est l'un des rares centres à combiner l'informatique et les mathématiques pures : on y mène des recherches en calcul algébrique, en combinatoire et en théorie computationnelle¹⁴⁷.

L'**UQAM** s'est taillé une réputation internationale dans le domaine de la combinatoire grâce aux travaux menés par les chercheurs du LACIM¹⁴⁸ (Laboratoire de combinatoire et d'informatique mathématique) auquel participent des chercheurs de l'UQTR. L'Université compte également, en collaboration avec

¹⁴⁰ <<http://www.cerca.umontreal.ca/general/objectifs.html>>

¹⁴¹ À titre d'information, la mécanique des fluides trouve des applications dans les domaines suivants : aérodynamique, hydraulique, turbulence, environnement, thermophysique des procédés, combustion et astrophysique.

¹⁴² Les partenaires industriels réguliers sont : Alcan International, Bombardier-Canadair, CANMET – Ressources naturelles Canada, GE Canada, Hydro-Québec et Service de l'environnement atmosphérique (Environnement Canada).

¹⁴³ Ces collaborateurs industriels sont : GEC-Alsthom T & D, France; Institut for Energiteknikk (IFE-Norvège); MAYA Heat Transfer Technologies Limited; Olorell (Suisse); Pêches et Océans Canada; Silicon Graphics et Softkit Technologies.

¹⁴⁴ <[www://polymtl.ca/7600home.htm](http://www.polymtl.ca/7600home.htm)>

¹⁴⁵ <<http://www.mat.ulaval.ca>>

¹⁴⁶ Exemple d'une recherche multidisciplinaire : une chercheuse en probabilités et statistique de Laval poursuit des recherches dans les domaines d'application rejoignant la biostatistique, la reconnaissance des formes, l'imagerie numérique et médicale, ainsi que l'astrophysique. D'ailleurs, cette chercheuse partage avec douze astronomes canadiens une subvention de recherche concertée du CRSNG.

¹⁴⁷ Les domaines d'intérêt y sont l'algèbre et la théorie des nombres sous ses aspects calculatoires (*Computational Algebra* et *Computational Number Theory*), domaines qui comprennent la théorie analytique, algébrique et élémentaire des nombres, les courbes elliptiques, les formes modulaires, la géométrie algébrique et arithmétique, la théorie du codage, la cryptographie, la combinatoire, les géométries finies, etc.

¹⁴⁸ <<http://www.lacim.uqam.ca>>

McGill et Concordia, un Groupe de recherche en géométrie et topologie qui regroupe l'une des plus fortes concentrations d'experts en ce domaine au Canada. Enfin, des chercheurs participent au CRM, au GERAD (Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions), au Fields Institute et au CIRADE (Centre interdisciplinaire de recherche sur l'apprentissage et le développement en éducation).

La jeune équipe de l'**UQTR** occupe un créneau particulier¹⁴⁹. Outre les nombreux projets individuels, deux infrastructures de recherche contribuent à l'environnement scientifique¹⁵⁰ : le Laboratoire de recherche en probabilités et statistique¹⁵¹, fondé en 1993, et le Laboratoire interdisciplinaire de recherche en imagerie et en calculs scientifiques (LIRICS)¹⁵², mis sur pied en mars 1997. Plusieurs professeurs de l'UQTR, laquelle offre une maîtrise en mathématiques et informatique appliquées depuis 1997, participent à la codirection d'étudiants aux cycles supérieurs de l'Université Laval et de l'Université de Sherbrooke et ont tissé des liens de recherche avec des professeurs de ces deux universités.

Quatre axes se distinguent à l'**Université de Sherbrooke**, soit l'algèbre, l'analyse, la recherche opérationnelle et les statistiques, ces deux derniers étant greffés à l'informatique par le biais d'équipes conjointes¹⁵³. Les chercheurs continuent de développer leurs collaborations avec les centres de recherche nationaux et internationaux (CRM, Fields Institute, LRSP et d'autres laboratoires subventionnés). La collaboration entre l'Université de Sherbrooke et Bishop's (un chercheur en algèbre) pourrait s'intensifier encore par l'arrivée dans cette dernière de jeunes professeurs actifs en recherche.

Les domaines de recherche à l'**UQAC**¹⁵⁴ comprennent l'analyse numérique, la théorie analytique des nombres, les dérivées fractionnelles et l'utilisation des sommes et des polynômes appropriés, l'analyse de la variance par les carrés latins, la géométrie computationnelle, c'est-à-dire l'utilisation de l'informatique pour prouver des théorèmes et étudier les différents types de géométries.

Enfin, la recherche en mathématiques à l'**UQAR**¹⁵⁵ s'articule principalement autour de ses axes de développement : l'océanographie et le développement régional. En mathématiques appliquées, les thèmes abordés sont la dynamique des fluides, le calcul scientifique et l'analyse des données. À cela s'ajoutent des travaux en didactique des mathématiques ainsi qu'en biologie végétale. Des collaborations ont été établies avec des organismes tels que le CERCA et le CIRADE. Enfin, l'introduction d'un programme d'ingénierie y fournira d'amples possibilités d'intervention des mathématiques.

6.2 Soutien à la recherche et production scientifique

Les mathématiques reçoivent quelque 6 M\$ annuellement en subventions et en contrats (**tableau 6.1**) : c'est moins de la moitié du soutien à l'informatique et du tiers de celui à la physique. Cela n'a rien pour étonner à la lumière des techniques, outils et moyens de recherche de cette discipline pour laquelle les dépenses les plus importantes consistent en équipements informatiques.

Les mathématiques se distinguent de la physique et de l'informatique par la source de leur financement, à près de 81 % des organismes subventionnaires reconnus, alors que 12 % provient de contrats, comparativement à environ 22 % pour les deux autres disciplines (**annexe IV-E**). Sauf pour les livres (+) et les brevets (-), les mathématiques se situent toujours à mi-chemin entre la physique et l'informatique quant à la nature de la production scientifique (**annexe IV-F**).

¹⁴⁹ Pour mathématiques-informatique : processus de diffusion, simulation, statistiques multivariées, télédétection, analyse numérique, vision artificielle, intelligence artificielle appliquée à la compréhension du langage naturel, etc.

¹⁵⁰ <<http://www.helios.uqtr.quebec.ca/labo/labs.html>>

¹⁵¹ Les applications des processus stochastiques et de la statistique considérées sont la gestion des stocks, le contrôle de la qualité, le traitement statistique d'images, l'estimation fonctionnelle, l'estimation de la dimension fractale et les problèmes de prévisions.

¹⁵² Les principaux thèmes de recherche de l'équipe sont la reconnaissance de formes, le traitement d'images, l'algorithmique, la géométrie computationnelle, la visualisation et le calcul scientifique.

¹⁵³ <<http://www.dmi.usherb.ca>>

¹⁵⁴ <<http://www.dim.uqac.quebec.ca>>

¹⁵⁵ <<http://www.uqar.quebec.ca/uqar/pub/maths-info.htm>>

Tableau 6.1

Données sur la recherche en mathématiques, statistique et actuariat dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	Laval	McGill	Poly	UdeM	UdeS	UQAC	UQAM	UQAR	UQTR	
	Actuariat							Départements de mathématiques et informatique (et de génie pour l'UQAR)					
◇ Nombre de professeurs réguliers (1995)	4	35,5	35	8	43	23	52	35	19	48	8	25	
◇ SUBVENTIONS et CONTRATS													Total (M\$)
(moyenne des années académiques 94, 95 et 96)													
Total des subventions d'organismes reconnus (SIRU)		350 257	464 290		1 002 927	726 263	1 047 140	344 240	109 883	239 302	411 894 ¹	170 080	4,87
• subventions de fonctionnement de tout organisme		240 410	287 100		933 627	182 866	1 002 812	286 473		228 967	72 934		
• subventions d'appareillage de tout organisme			177 190			34 183	36 323			9 035 ^(1 an)	338 960 ²		
• subventions pour des projets université-entreprise					69 300	285 941		57 767		1 300 ^(1 an)			
Montant total des subventions d'autres sources ³		35 226		15 500	21 300		75 565	29 750	86 144	136 622	26 576	36 838	0,46
Montant total des contrats			58 000	45 000		261 856	33 297		21 666	16 885	174 150	86 800	0,7
Total des subventions et contrats		385 483	522 290	60 500	1 024 227	988 119	1 156 002	373 990	217 693	392 809	612 620	293 718	6,03
◇ PUBLICATIONS	(du 1 ^{er} juin 93 au 31 mai 96)												
	n.d.												
• articles publiés dans RAC	8	96	101		209	74	266	104	35	195	8	41	1137
• articles publiés hors RAC		14	5		85		22	17	7	54	3		
• chapitres de livres		6	11		9	1	10	1	9	39	12		
• livres		8	8		11	8	24	1	5	21	6	3	
• comptes rendus de conférences arbitrées		29	9			40	62	68	26	90	24	28	
• productions								5		28	23 ⁵		
• brevets										1	1		
◇ SOUTIEN AUX ÉTUDIANTS													
• Charges de cours (nombre)			3	1	12,5 ⁴		4	26	2	5-6		s.o.	
• Auxiliaires d'enseignement (en \$)			109 836	26 880	325 000 \$		160 000	122 023		115 666	15 000	s.o.	
Valeur stagiaires postdoctoraux-année					13,3		21			9,58		2	

1 Les subventions incluent la partie allouée aux professeurs de mathématiques et d'informatique de l'UQAR obtenues en équipe.
2 Subvention concernant l'achat de stations de travail informatique. L'utilisation de ces stations de travail est partagée entre les bachelauréats en génie et en mathématiques-informatique.
3 Bureaux de liaison avec les entreprises, bureaux de la recherche ou l'équivalent, fondations des universités
4 Dont 10 étudiants postdoctoraux
5 Inclut un logiciel

6.3 Services à la collectivité

L'**Université de Montréal** offre un Service de consultation en méthodes quantitatives (SCMEQ). Depuis 1984, un service de consultation statistique à l'**Université Laval**, autofinancé, met à la disposition du public l'expertise du Département de mathématiques et statistique de l'Université. Le service s'adresse en premier lieu aux membres de la communauté universitaire dans le cadre de leurs travaux de recherche, mais répond également aux demandes d'organismes privés et publics de la région de Québec.

Un Centre de consultation statistique (CCS) opéré par des professeurs en probabilité et statistique de l'**UQTR** répond à des demandes de consultations et de formation faites par les professeurs et étudiants des 2^e et 3^e cycles des autres départements, ainsi que par le milieu local. Dans ce dernier cas, son intervention consiste en sondages et en planification d'expériences statistiques pour le réseau de la santé et de l'éducation ou des entreprises privées.

Bishop's a organisé le *Québec Mathematics Colloquium*. Un représentant du département de **Concordia** oeuvre à l'Association québécoise des professeurs de mathématiques.

McGill est le promoteur de la *Mathematics Enrichment Programme* du PSGBM et de la Conférence annuelle des étudiants de premier cycle en mathématiques (*Canadian Undergraduate Mathematics Conference*).

L'**UQAC** fait de la consultation dans certains organismes et participe à des camps mathématiques et l'**UQAR** réalise actuellement une enquête sur le terrain dans l'Est du Québec et procède à l'analyse comparative des dynamiques sociales dans les communautés villageoises.

Dans le cadre de l'Association mathématique du Québec, l'**UQAM** participe au Camp mathématique, au concours de mathématiques du Québec, niveaux secondaire et collégial, ainsi qu'aux prix Dieter-Lunkenbein et Abel-Gauthier. L'Université offre également un Service de consultation en analyse des données.

Recommandations

Possibilités d'encadrement aux cycles supérieurs pour tout professeur

Comme c'est le cas pour la physique, la sous-commission a insisté sur l'importance pour les professeurs des universités n'offrant pas de programmes aux cycles supérieurs de participer à l'encadrement d'étudiants, moyennant le respect des conditions d'habilitation en vigueur dans les établissements offrant de tels programmes. Le préambule de la recommandation 3 sur la physique s'applique de la même façon en mathématiques et la Commission formule ici la même recommandation.

RECOMMANDATION 1

Que les départements de mathématiques des universités du Québec qui offrent des programmes de maîtrise ou de doctorat explicitent les conditions d'habilitation des professeurs d'autres institutions à diriger les travaux d'une thèse dans leurs programmes.

Que les universités conviennent de modalités et d'ententes interinstitutionnelles qui reconnaissent la contribution de ces professeurs.

Qu'elles rendent ces dispositions opérantes dans un délai raisonnable.

Créé en 1991 grâce à une subvention du ministère de l'Éducation, l'Institut des sciences mathématiques (ISM) constitue une formidable structure de concertation aux cycles supérieurs. Au fil des ans, l'ISM a établi dix programmes de recherche, coordonné des cours aux cycles supérieurs et créé un programme de bourses d'excellence. De concert avec le CRM, il a institué un colloque hebdomadaire accueillant des conférenciers éminents. Plus récemment, il mettait sur pied un comité des bibliothèques visant à rationaliser l'acquisition des publications et auquel participent, outre les institutions membres, l'UQTR, qui fut associée à quelques reprises à ses autres activités, ainsi qu'un colloque panquébécois organisé pour et par les étudiants.

L'ISM a désormais atteint une vitesse de croisière en matière d'offre de séminaires aux cycles supérieurs. Il a récemment élargi ses cadres en concluant des ententes avec l'Université Laval et l'Université de Sherbrooke. L'Institut envisage maintenant d'étendre ses offres aux cours de la fin du premier cycle; un projet pilote entre l'UQAM et l'Université de Montréal, déjà tenté en 1997, va dans ce sens. La CUP ne peut que soutenir cette forme de collaboration, car elle signifie pour les étudiants un accès pour les étudiants, planifié par les professeurs, aux ressources professorales de plusieurs universités. Ce modèle mériterait d'être connu des divers départements ou facultés.

RECOMMANDATION 2

La Commission appuie le projet de l'ISM d'étendre son offre conjointe aux cours spécialisés de la fin du premier cycle.

Dans toutes les universités, il s'offre des cours de mathématiques et de statistique appliquées à nombre de disciplines. Dans plusieurs cas, ces cours ont graduellement été décentralisés vers les départements de ces disciplines, où des spécialistes des statistiques appliquées à l'une ou l'autre ont été embauchés pour en assurer les enseignements.

On peut certes avoir déploré dans le passé un certain désintérêt des mathématiciens pour les applications dont ont besoin les spécialistes de la plupart des disciplines. C'est d'ailleurs en partie ce qui a permis aux tenants de cette décentralisation d'avoir gain de cause dans les universités. Cela dit, les mathématiciens estiment que l'enseignement des mathématiques et de la statistique devrait leur être confié, quel que soit le programme auquel il est destiné. Un modèle intéressant à cet égard est celui développé, il y a près de trente ans, à l'Université de Montréal par la Direction de l'enseignement de service en informatique (DESI) qui permet d'y concentrer les demandes d'enseignements en informatique.

Par ailleurs, il est certain que les nouvelles technologies d'enseignement permettraient d'offrir un cours théorique général et de fournir exemples et modules d'exercices applicables à chacune des disciplines où les connaissances mathématiques ou statistiques sont nécessaires.

On observe dans les établissements un mouvement de partage des enseignements de base qui signifiera à terme le retour aux unités disciplinaires de base des enseignements offerts dans divers programmes. Il en est ainsi des cours des disciplines fondamentales des sciences de la santé pour les programmes professionnels de ce secteur, tout comme des sciences fondamentales de l'ingénieur : mathématiques, physique, etc. Le renforcement des études fondamentales par la contribution de professeurs spécialisés présente un atout majeur pour le développement des sciences et pour l'éveil aux activités de recherche. Malgré certaines barrières départementales à lever, cette approche présente également des avantages financiers.

RECOMMANDATION 3

En conséquence, la Commission, tout en respectant les décisions des universités sur l'organisation de leur enseignement, invite les universités à examiner l'hypothèse d'une meilleure utilisation des compétences spécialisées du corps professoral.

La formation des maîtres en sciences

Les modifications introduites, il y a quatre ans, dans les programmes de la formation des maîtres au secondaire ont eu comme avantage d'amener les étudiants qui s'y engagent à choisir, d'entrée de jeu, de devenir enseignants. La reconnaissance du caractère professionnel de cette formation et l'importance accordée dans ces nouveaux programmes à la formation pratique constituent une importante amélioration par rapport à la situation antérieure. On a fait état de la hausse de la qualité des étudiants qui sont admis dans ces programmes désormais contingentés, ce qui, compte tenu de la sélection des candidats à laquelle les universités doivent procéder, a haussé le niveau de la cote R requis pour y entrer.

Cela dit, on craint les impacts de l'importante baisse de la formation disciplinaire qui résulte de ces nouveaux formats de programme. La sous-commission estime que l'enseignement des mathématiques et de la physique et, en conséquence la préparation donnée aux élèves en vue du cégep, pourrait être affaiblie. On connaît l'influence qu'exercent les professeurs du secondaire sur les choix futurs des jeunes. D'où l'importance de pouvoir compter sur des professeurs en pleine possession de leur matière et capables d'en transmettre la passion aux élèves.

Tout au long des travaux des sous-commissions couvrant les disciplines de sciences, la Commission a vu dans la baisse constante du nombre des étudiants qui choisissent des programmes de sciences et de génie au cégep et à l'université, un effet du peu d'intérêt que l'école paraît développer chez les jeunes à l'égard de

ces matières. Une société qui veut appuyer son développement économique sur une main-d'oeuvre hautement qualifiée ne peut pas se désintéresser du recrutement des clientèles suffisantes pour les programmes de sciences à l'université. Sans doute, l'expérimentation du nouveau DEC en lettres, arts et sciences permet-elle de donner une formation plus large aux futurs candidats à l'université et de ne pas réserver aux seuls diplômés des concentrations de sciences du cégep l'accès à des programmes de sciences à l'université.

La « nouvelle » formation des maîtres devrait inciter des élèves du secondaire à envisager une carrière scientifique. En effet, ces futurs maîtres choisissent désormais la carrière de l'enseignement dès leur entrée à l'université et, bien sûr, leur spécialité, scientifique dans ce cas. Nombre d'interlocuteurs estiment qu'il s'agit là d'un progrès. D'autres font valoir que ceux qui aiment la discipline, qu'il s'agisse des mathématiques, de la physique ou de toute autre discipline qui fait l'objet d'enseignement scientifique au secondaire, ne sont plus incités, comme autrefois, à se diriger vers l'enseignement en fin de parcours et avancent que cela éloigne de l'enseignement les plus forts dans ces matières.

Quelles que soient les divergences de vue à cet égard, les observateurs s'entendent sur deux points. Le premier concerne la nécessité d'augmenter la formation de ces nouveaux maîtres dans leurs première et seconde matière d'enseignement. La maîtrise et la transmission efficace d'une matière exigent de dépasser de loin le contenu du programme à enseigner. En ce sens, les professeurs de mathématiques et de physique membres de la sous-commission insistent pour que les cours de didactique de ces matières soient une responsabilité conjointe des facultés d'éducation et des départements disciplinaires. En d'autres termes, il est essentiel de renforcer la formation dans la discipline à enseigner dans les actuels baccalauréats d'enseignement secondaire. Le second point concerne la nécessité d'aménager des passerelles qui permettraient à ceux qui ont d'abord choisi un programme de baccalauréat dans une discipline de prendre « en chemin » un baccalauréat de formation des maîtres dans cette discipline, plus une seconde matière, sans avoir à recommencer la totalité du programme. Ce n'est qu'exceptionnellement que les contingents sont atteints dans les BES à spécialités scientifiques dans les universités offrant actuellement ces programmes et cette situation est très préoccupante. À défaut d'une solution à ce problème, le manque de professeurs de l'enseignement secondaire dans les domaines scientifiques risque de s'accroître gravement.

Il existe dans les baccalauréats spécialisés un bassin de recrues qui pourraient s'intéresser à l'enseignement secondaire, moyennant qu'on leur facilite le passage d'un programme à l'autre. À ce sujet, il faut signaler la formule proposée par l'UQTR, à savoir la possibilité pour un candidat à l'enseignement d'obtenir en cinq ans un double baccalauréat, en enseignement des sciences et en sciences. Sachant que les baccalauréats d'enseignement sont désormais de quatre ans, cette possibilité peut intéresser plusieurs futurs maîtres. D'autres formules sont sans doute possibles. Il s'agit de les imaginer. Et de les faire connaître.

RECOMMANDATION 4

Que les universités examinent les conditions selon lesquelles les candidats à des baccalauréats disciplinaires en mathématiques ou en sciences pourraient se joindre en cours de programme aux candidats à un baccalauréat d'enseignement secondaire et qu'elles proposent des formules appropriées à cet égard au Comité d'orientation des programmes de formation des maîtres.

Que les universités proposent toute voie qu'elles auront examinée pour accroître le contenu disciplinaire de ces derniers programmes.

Enfin, la Commission invite les universités à soutenir la recherche en didactique des sciences au secondaire en associant les départements responsables de l'enseignement des disciplines concernées.

Conclusion

Les mathématiques sont un langage fondamental dont l'apprentissage accompagne celui de la langue maternelle; d'aucuns la considèrent même comme une ressource stratégique à l'égard de cette dernière. Chose certaine, elles sont largement mises à profit dans toutes les disciplines, aussi bien scientifiques que de sciences humaines.

Quoique les inscriptions totales au baccalauréat soient passées en 1995 sous la barre des 2000 après une diminution progressive sur une dizaine d'années, la question du seuil d'étudiants à partir duquel peut être remise en cause la viabilité des unités, ne se pose pas en mathématiques avec la même acuité qu'en d'autres disciplines, en raison, précisément, de sa vaste contribution à l'enseignement à l'échelle de l'université.

Néanmoins, même si elle est moins aiguë qu'ailleurs, en physique par exemple, la diminution de 11,5 % du corps professoral pourrait compromettre à terme la diversité de la formation en mathématiques, qui participe à sa singularité culturelle, et la poursuite des nombreuses activités de recherche en cours dans les universités québécoises.

Les mathématiques sont déjà acquises à la concertation. Créé au début de la décennie par les universités montréalaises, l'Institut des sciences mathématiques (ISM) est un outil de coordination de l'enseignement aux cycles supérieurs qui accueille depuis peu l'Université de Sherbrooke et l'Université Laval. Au fil des ans, il a consolidé dix programmes de recherche, créé un programme de bourses d'excellence, institué un colloque hebdomadaire accueillant des conférenciers de renommée internationale et un colloque étudiant panquébécois, ainsi que mis sur pied un comité des bibliothèques. En 1997, l'Institut lançait un projet pilote pour le partage de cours avancés du baccalauréat entre l'UQAM et l'Université de Montréal : la Commission ne peut qu'encourager la poursuite de cette initiative et a tenu à la souligner dans une recommandation. Le modèle de structure mise en place pour les mathématiques serait à même d'intéresser d'autres départements et facultés.

L'ISM pourrait constituer une adresse pour les professeurs désireux d'encadrer des étudiants aux cycles supérieurs. Tel que la Commission l'a préconisé pour la physique, les institutions sont invitées à expliciter les conditions d'habilitation de professeurs pouvant diriger des étudiants dans d'autres universités que la leur et à établir toutes modalités, y compris financières, qui reconnaissent cette contribution.

Les principaux problèmes qui se sont présentés à l'étude du secteur des mathématiques réfèrent à son enseignement : à l'université et par ricochet, au secondaire.

À l'université d'abord, où l'on a déploré l'érosion présentement à l'oeuvre de ses axes fondamentaux et certains dédoublements coûteux pour les établissements. En effet, l'enseignement des mathématiques a été progressivement décentralisé vers les départements des disciplines où elles sont appliquées. Consciente de la contribution précieuse des professeurs « au coeur même de la discipline » pour le renforcement de la formation fondamentale et l'éveil à la recherche, la Commission soumet le modèle intéressant à cet égard développé à l'Université de Montréal, il y a près de trente ans, par la Direction de l'enseignement de service en informatique (DESI) qui centralise les demandes d'enseignements en informatique. Ce modèle en est un, parmi d'autres qu'il est possible d'imaginer, pour une meilleure utilisation des compétences spécialisées du corps professoral du place.

Au secondaire, ensuite. Les membres de la Commission s'intéressent de près aux résultats et aux impacts des nouveaux programmes de formation des maîtres au secondaire. L'examen du secteur des mathématiques a été l'occasion de questionner la capacité des actuels baccalauréats d'enseignement secondaire dans les disciplines scientifiques à susciter l'intérêt des jeunes pour des carrières dans ces domaines. Tout en saluant la hausse de la qualité des étudiants qui y sont admis et les atouts de la nouvelle

formule à divers égards, la Commission ne cache pas son inquiétude en regard de l'importante baisse de la formation disciplinaire de ces nouveaux formats de programmes.

Vu l'influence décisive des professeurs sur les choix futurs des jeunes, la sous-commission estime que l'enseignement des mathématiques et de la physique et, en conséquence la préparation donnée aux élèves en vue du cégep, pourrait s'en trouver affaiblie. On doit constater aussi l'intérêt relativement faible pour les baccalauréats d'enseignement secondaire dans les disciplines scientifiques dont les contingents ne sont que rarement atteints, ce qui laisse craindre que le manque de professeurs de l'enseignement secondaire dans les domaines scientifiques ne s'accroisse gravement. Ces éléments se conjuguent pour remettre en question la capacité de l'école à inculquer aux jeunes l'intérêt pour les sciences et partant, celle des universités québécoises à recruter un nombre suffisant de personnes pour former la main-d'œuvre qualifiée qui viendrait appuyer le développement des entreprises de haute technologie. Le Conseil de la science et de la technologie s'en inquiétait fortement dans son plus récent Rapport de conjoncture.

Attentive à la formation de la relève dans les disciplines scientifiques, la Commission invite les établissements à examiner, non seulement les moyens d'accroître la formation disciplinaire dans les actuels baccalauréats d'enseignement secondaire, mais aussi les conditions de passerelles entre les baccalauréats disciplinaires en mathématiques ou en sciences et les baccalauréats d'enseignement secondaire. Cela ouvrirait un bassin de recrues potentielles en permettant d'exonérer les scientifiques souhaitant oeuvrer en enseignement de l'obligation de cumuler deux baccalauréats, avec le doublement de la durée de formation universitaire que cela implique et l'effet dissuasif que cette formule exerce sur les vocations à l'enseignement des étudiants en science. À ce sujet, il vaut la peine de signaler la formule proposée par l'UQTR, à savoir la possibilité pour un candidat à l'enseignement d'obtenir en cinq ans un double baccalauréat, en enseignement des sciences et en sciences.

Enfin, la Commission invite les universités à poursuivre leurs efforts de recherche en didactique des sciences au secondaire, en associant les départements responsables de l'enseignement des disciplines concernées.

Considérant leurs apports inestimables à toutes les disciplines du savoir, nul ne peut mettre en doute que « l'état de l'enseignement des mathématiques est un élément de prédiction de la future force nationale en sciences et technologie » comme le cite le présent rapport, et que les universités doivent leur réserver un sort en conséquence.

- Annexe II-A** Données sur les baccalauréats en mathématiques, statistique et actuariat dans les universités québécoises (1984-1996)
- Annexe II-B** Données sur les maîtrises en mathématiques et en statistique dans les universités québécoises (1984-1996)
- Annexe II-C** Données sur les doctorats en mathématiques et en statistique dans les universités québécoises (1984-1996)

ANNEXE II-A

Données sur les baccalauréats en mathématiques, statistique et actuariat dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Bishop's	Concordia	Conc. (S)	Conc. (MA)	Conc. (A)	Laval	Laval (S)	Laval (A)	McGill	McGill (M-I)	UdeM	Ude M (M-I)	UdeS	UQAC (M-I)	UQAM	UQAR (M-I)	UQTR	Total
Aut. 84	21					53	64	236	221	327	301	66	118	73	310	26	31	1847
Aut. 85	32					72	57	305	219	265	379	92	134	80	281	42	27	1985
Aut. 86	25	358	80	155	100	84	72	371	171	221	413	82	145	50	247	35	37	2646
Aut. 87	22	313	63	131	125	78	79	403	148	170	462	62	123	29	217	28	27	2480
Aut. 88	24	278	54	133	117	88	98	447	117	139	486	39	115	23	164	31	22	2375
Aut. 89	28	268	55	126	127	105	90	460	118	88	537	46	116	24	148	35	30	2401
Aut. 90	23	232	57	123	132	110	70	503	107	52	595	42	134	18	131	35	25	2389
Aut. 91	18	211	54	109	147	136	51	488	142	47	517	34	148	22	146	36	32	2338
Aut. 92	22	220	49	82	118	188	61	381	140	40	445	39	139	26	214	56	49	2269
Aut. 93	20	226	63	73	120	229	64	279	129	50	406	47	134	35	244	72	40	2231
Aut. 94	32	222	66	58	118	224	63	229	121	48	325	47	134	38	264	45	51	2085
Aut. 95	32	234	63	78	102	167	44	181	133	46	275	46	117	30	282	45	58	1933
Aut. 96	35	241	61	72	113	122	36	199	145	58	272	58	96	31	250	38	39	1866

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Bishop's	Concordia	Conc. (S)	Conc. (MA)	Conc. (A)	Laval	Laval (S)	Laval (A)	McGill	McGill (M-I)	UdeM	Ude M (M-I)	UdeS	UQAC (M-I)	UQAM	UQAR (M-I)	UQTR	Total
1988	5	20	14	38	23	20	18	68	31	51	62	22	35	15	44	9	7	482
1989	3	24	10	27	22	26	19	71	33	41	83	12	23	6	26	6	4	436
1990	4	19	21	32	33	21	16	77	35	32	94	8	31	6	27	4	7	467
1991	5	12	11	30	21	22	23	126	24	19	126	7	29	5	31	9	5	505
1992	10	13	11	34	43	34	13	95	30	10	94	7	27	8	16	5	7	457
1993	5	16	9	18	40	41	17	103	33	4	118	6	26	1	17	7	13	474
1994	6	14	19	20	31	51	12	82	34	7	91	11	29	3	24	10	11	455
1995	4	10	18	8	28	77	22	78	25	6	73	11	43	7	38	9	8	465
1996	7	23	9	12	17	57	15	47	29	6	55	11	29	6	33	14	5	375

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Bishop's	Concordia	Conc. (S)	Conc. (MA)	Conc. (A)	Laval	Laval (S)	Laval (A)	McGill	McGill (M-I)	UdeM	Ude M (M-I)	UdeS	UQAC (M-I)	UQAM	UQAR (M-I)	UQTR	Total
1990	6	128	22	39	49	56	21	207	25	11	293	26	85	3	63	18	13	1065
1991	4	121	16	35	42	70	17	202	50	18	243	16	101	15	83	17	18	1068
1992	6	133	12	40	33	121	31	146	36	15	183	19	56	18	135	35	33	1052
1993	6	131	25	39	54	150	31	91	35	23	182	28	66	19	115	39	17	1051
1994	20	119	31	30	43	109	19	85	41	26	156	23	45	26	141	15	30	959
1995	8	122	22	39	37	60	8	71	37	22	92	26	59	16	159	19	37	834
1996	10	128	22	25	33	51	18	90	43	21	144	27	36	18	103	20	16	805

S = statistique
MA = mathématiques appliquées
A = actuariat
M-I = mathématiques-informatique

Source : Système RECU (MEQ)

ANNEXE II-B

Données sur les maîtrises en mathématiques et en statistique dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Concordia	Laval	Laval (S)	McGill	Poly	UdeM	UdeM (S)	UdeS	UQAM	Total
Aut. 84		14		26	12	82		17	43	194
Aut. 85		23		24	13	69		19	47	195
Aut. 86	28	26		26	16	53		24	49	222
Aut. 87	29	32		20	22	48		30	43	224
Aut. 88	33	35		18	27	54		38	50	255
Aut. 89	34	25		21	31	58		39	55	263
Aut. 90	25	26		27	29	42	14	43	51	257
Aut. 91	26	35		26	21	37	21	46	69	281
Aut. 92	32	34	10	28	19	30	22	33	69	277
Aut. 93	31	34	22	34	26	31	33	40	72	323
Aut. 94	32	31	18	36	27	17	37	34	83	315
Aut. 95	38	28	23	40	22	31	41	42	80	345
Aut. 96	37	26	20	36	17	28	35	44	53	296

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Concordia	Laval	Laval (S)	McGill	Poly	UdeM	UdeM (S)	UdeS	UQAM	Total
1988	7	8		10	4	10		4	5	48
1989	9	18		6	9	3		1	11	57
1990	9	9		5	9	15	1	11	19	78
1991	8	9		6	12	13	3	7	10	68
1992	8	11		11	8	8	8	18	15	87
1993	6	6	6	11	6	9	4	11	9	68
1994	9	11	9	8	9	12	7	11	12	88
1995	4	15	7	10	8	6	11	9	17	87
1996	10	4	12	10		11	10	9	22	88

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Concordia	Laval	Laval (S)	McGill	Poly	UdeM	UdeM (S)	UdeS	UQAM	Total
1990	7	13		12	12	13	14	21	21	113
1991	10	26		12	3	17	10	13	36	127
1992	17	23	10	10	6	7	9	11	29	122
1993	13	19	19	21	14	14	19	21	31	171
1994	12	15	12	14	8	5	15	11	37	129
1995	14	17	16	20	4	9	12	22	35	149
1996	16	12	12	11	9	11	10	18	25	124

(S) = statistique

Données sur les doctorats en mathématiques et en statistique dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Concordia	Laval	McGill	Poly	UdeM	UdeM (S)	UdeS	UQAM	Total
Aut. 84		17	22		53		8		100
Aut. 85		17	27		56		8		108
Aut. 86		15	24	1	67		8		115
Aut. 87		13	21	4	61		8		107
Aut. 88		17	23	2	56		8	3	109
Aut. 89		23	23	28	50		10	11	145
Aut. 90		23	29	33	46	6	10	13	160
Aut. 91		26	32	30	41	8	10	13	160
Aut. 92		29	31	33	37	13	8	19	170
Aut. 93		28	33	36	40	13	12	21	183
Aut. 94	1	32	34	38	43	12	15	15	190
Aut. 95	6	34	37	34	39	14	11	16	191
Aut. 96	6	30	42	32	34	14	20	13	191

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Concordia	Laval	McGill	Poly	UdeM	UdeM (S)	UdeS	UQAM	Total
1988		2	4		9		2		17
1989		5	5	4	8				22
1990		1	5	1	8		1		16
1991		4	3	4	7			3	21
1992		4	3	5	7		4	2	25
1993		3	6	3	5		1		18
1994		4	6	3	8	2	1	3	27
1995		4	2	9	4	2	1	1	23
1996		7	4	3	6	1	1	2	24

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Concordia	Laval	McGill	Poly	UdeM	UdeM (S)	UdeS	UQAM	Total
1990		3	12	6	12	6	2	3	44
1991		11	11	0	9	2	2	5	40
1992		8	7	10	4	6	5	9	49
1993		5	11	6	10	3	5	10	50
1994	1	12	7	8	18	2	7	2	57
1995	8	7	7	11	14	4	3	8	62
1996		8	10	4	6	1	11	4	44

(S) = statistique

*« Un automate (le Joueur d'échecs), ça ne pense pas,
donc ils ont tous triché : Kempelen, Authon, Maelzel... tous...
C'est pas la peine de lui regarder les entrailles, ils ont triché.
Un automate ne pense pas... Pas encore. »*

Elsa Triolet, *L'âme*, 1963, 382 pages (p. 58)

*« Science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques,
de l'information considérée comme le support des connaissances humaines
et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux. »*

Première définition de l'informatique par l'Académie française (1966)

*« À l'époque de la Renaissance, on trouvait normal
que les artistes soient géomètres ou les ingénieurs, humanistes.
Hélas, depuis ce temps, la spécialisation disciplinaire a ravagé le paysage intellectuel.
Alors que le métier des informaticiens est d'agencer des architectures et des signes,
de composer l'environnement de communication et de pensée de groupes humains,
on se refuse bizarrement à considérer que leur activité relève
d'une compétence artistique et culturelle. »*

Pierre Lévy, *De la programmation considérée comme un des beaux-arts*,
Éditions La Découverte, 1992, p. 7

Depuis les trente dernières années, l'informatique connaît dans l'ensemble des pays industrialisés une croissance presque ininterrompue. Recouvrant un domaine aux dimensions multiples – industrielles, sociales, culturelles –, elle est à l'origine d'une innovation qui secoue tous les secteurs : communication, enseignement, médecine, loisirs... Nouvel espéranto, l'informatique concerne directement de très larges publics.

Les ordinateurs ont traversé des étapes d'évolution – les générations – à une vitesse vertigineuse depuis la naissance de l'ordinateur moderne en 1945, la réalisation en 1971 du premier microprocesseur, Intel 4004, par la société Fairchild, l'apparition de la micro-informatique en 1975 sous l'avatar d'ALTAIR 8800 puis de Apple II, enfin le lancement du premier microordinateur, le *Personal Computer* d'IBM en 1981, pour en arriver à des machines de plus en plus conviviales et puissantes.

« Pourquoi ne pourrions-nous pas transcrire les 24 volumes de l'encyclopédie Britannica sur la tête d'une épingle ? » demandait Richard Feynman, Nobel de physique en 1965, dans un discours prononcé à la fin des années 50 à l'Institut de technologie de Californie¹⁵⁶. Cette hypothèse pouvait apparaître comme une lubie à cette époque alors que, rappelons-nous, le premier ordinateur d'IBM était aussi volumineux qu'un autobus et que les premiers transistors, conçus en 1948, mesuraient à la même époque plusieurs centimètres carrés. Aujourd'hui, on peut en stocker 5,5 millions sur une surface de 306 mm², une prouesse de miniaturisation qui, impensable il n'y a que trente ans, est réalisée aujourd'hui par un ordinateur Pentium. Certains experts assurent que d'ici quinze ans, avec dix fois plus de transistors sur quelques millimètres carrés, un ordinateur aura à lui seul la puissance de tous les ordinateurs actuels de la Silicon Valley ! Étrangement, l'« anticipation » de Feynman se concrétise, d'une manière tout à fait inattendue en 1996, alors qu'un professeur d'informatique à l'UQAC et chercheur au Laboratoire d'innovation multimédia de cette université, est mandaté par nul autre que le Grand Lama pour la sauvegarde informatique des exemplaires originaux de 48 livres sacrés de moines tibétains¹⁵⁷!

L'informatique, dont la naissance et le développement se sont nourris aux connaissances de la physique et des mathématiques, a rendu à ces deux mêmes disciplines de brillants services¹⁵⁸.

Au Québec, la demande pour une formation universitaire dans le domaine est élevée et se heurte à un contingentement qu'impose le maintien de la qualité compte tenu des ressources disponibles, bien que dans certaines institutions, les seuils d'admission ne sont pas atteints (**chapitres 1 et 2**). Les cohortes étudiantes, bien qu'importantes, demeurent insuffisantes dans un contexte où le milieu du travail crie « pénurie » pour une main-d'œuvre dont le niveau de qualification est, par ailleurs, insuffisamment ou mal défini (**chapitre 3**). Le placement des diplômés se hisse parmi les plus enviables (**chapitre 4**), un palmarès dont aimeraient pouvoir s'enorgueillir bon nombre d'autres disciplines universitaires. Or, ce tableau en apparence idyllique recèle son lot de problèmes.

Voilà un secteur qui, plus que d'autres, oppose deux logiques, celles de l'université et de l'entreprise privée, à première vue irréconciliables. Deux logiques, mais aussi deux niveaux de formation, lesquels coexistent dans les murs mêmes de l'université, mais aussi se succèdent dans ces deux mondes trop souvent étrangers que sont le cégep et l'université (**chapitre 5**). Le fort appétit du privé pour les diplômés en informatique risque aussi d'appauvrir la filière académique (**chapitre 6**). Enfin, la recherche universitaire est, bien sûr, distincte de la recherche effectuée en industrie bien que toutes deux entretiennent des relations soutenues (**chapitre 7**).

¹⁵⁶ Relaté dans Laurent Fontaine, *Supersmall is beautiful*, Québec Science, mai 1997 (<<http://www.cybersciences.com/cyber/4.0/mai97>>)

¹⁵⁷ Laurent Fontaine, *Travail de moine*, Québec Science, février 1998, p. 10.

¹⁵⁸ Rappelons-nous qu'Internet avait, à l'origine, une vocation scientifique et que le web a vu le jour dans un laboratoire de physique du CERN. Pour les relations entre l'informatique et la physique, voir Peter Loly, *Computers and Physics* (Editorial), La Physique au Canada, vol. 53, no. 2, mars/avril 1997.

De prime abord, il apparaît souhaitable que l'université intensifie la formation d'informaticiens. L'absence d'une réponse vigoureuse de sa part ouvrirait toute béante la porte à des industries de formation parallèles qui, dans leur empressement à répondre aux besoins industriels, seraient naturellement tentées d'édulcorer le contenu scientifique de cette formation. Bien que l'université n'ait pas pour mission première de répondre ponctuellement aux desideratas de l'entreprise privée, son omission dans ce dossier serait impardonnable aux yeux de la *science* informatique.

1.1 Contexte mondial

Le milieu du XX^e siècle est témoin de l'explosion de l'informatique et des techniques de traitement de l'information. Un développement industriel phénoménal s'ensuivra, prélude à une mutation culturelle sans précédent.

Dans la période inaugurée par la crise de 1973, non seulement l'informatique est-elle l'une des seules industries à maintenir un fort taux de croissance, mais de plus, elle devait devenir, avec les télécommunications, le pivot central d'une relance. En 1974, il y avait 100 000 mini-ordinateurs en service dans le monde; un an plus tard, ce nombre avait grimpé à 190 000 dont les deux tiers aux États-Unis. De 1980 à 1985, on passa aux États-Unis de 200 000 à 10 millions de micro-ordinateurs vendus, alors qu'au Japon, le nombre bondit de moins de 10 000 en 1976 à 2,5 millions huit ans plus tard. À partir de 1988, le Net explose : le nombre d'ordinateurs hôtes double chaque année pour en relater, en 1997, au delà de 20 millions¹⁵⁹. Le secteur de l'informatique s'est ressenti de la dernière récession à un moindre degré que les autres secteurs de l'activité économique. Ayant parcouru ce bref historique, on ne peut douter qu'une révolution de l'information soit aujourd'hui à l'oeuvre.

S'il y a dès 1945 des ordinateurs (appelés alors machines à calcul ou *calculateurs*), l'informatique est encore, à cette époque, en gestation. Ce sont des spécialistes issus de plusieurs communautés scientifiques qui se chargent de concevoir et de faire fonctionner ces machines, alors monstrueuses : des mathématiciens, des ingénieurs électroniciens, mais aussi des neurophysiologistes et des logiciens (c'était la belle époque de la cybernétique). Ces spécialistes travaillent alors principalement au sein d'institutions militaires, à partir de laboratoires installés dans quelques grandes universités (des formes d'annexes de l'armée) : les premiers programmeurs sont d'ailleurs formés par l'armée américaine.

Une séparation entre le matériel (*hardware*), confié aux ingénieurs qui conçoivent et construisent les machines, et le logiciel (*software*) qui fait intervenir les informaticiens, s'opère progressivement. Apparaissent alors les premiers informaticiens formés comme tels, et non plus issus d'autres domaines : l'informatique deviendra une spécialité à part entière dès le début des années cinquante. « L'informaticien des années cinquante ne ressemblera pas beaucoup à son confrère des années soixante, pas plus que celui-ci à l'informaticien d'aujourd'hui. Des changements profonds sont intervenus dans l'identité professionnelle des informaticiens depuis la naissance de ce domaine¹⁶⁰. »

Alors que l'influence du financement militaire décroît et que le marché civil augmente, ce sont surtout les grandes compagnies d'informatique qui formeront les informaticiens, avant que les systèmes publics de formation ne prennent finalement le relais. Nous sommes alors dans les années 60.

La professionnalisation des informaticiens dans le monde se produit de 1965 jusqu'à la fin des années 70. Succède à l'informaticien des années quarante, soucieux de créer un « modèle réduit du cerveau », l'expert-informaticien, metteur en scène souverain empiétant parfois sur le rôle des décideurs. Alors que le premier travaille principalement, comme on l'a dit, pour les militaires dans des universités, le second s'installe progressivement dans les bureaux des grandes compagnies et s'intéresse plus particulièrement à certains traitements spécialisés de l'information, notamment dans le domaine de la gestion. Le mathématicien-programmeur cède progressivement la place à l'informaticien-gestionnaire. Depuis le milieu des années soixante-dix, l'informaticien doit de plus en plus acquérir une double compétence et se former au domaine

¹⁵⁹ André Bélanger et Jean-Hugues Roy, *Internet. Le guide 1998*, Québec Science, numéro hors série, 3^e édition, 1997, 102 pages (p. 32).

¹⁶⁰ Philippe Breton, *Une histoire de l'informatique*, Paris, Éditions du Seuil, 1990, 261 pages (p. 140).

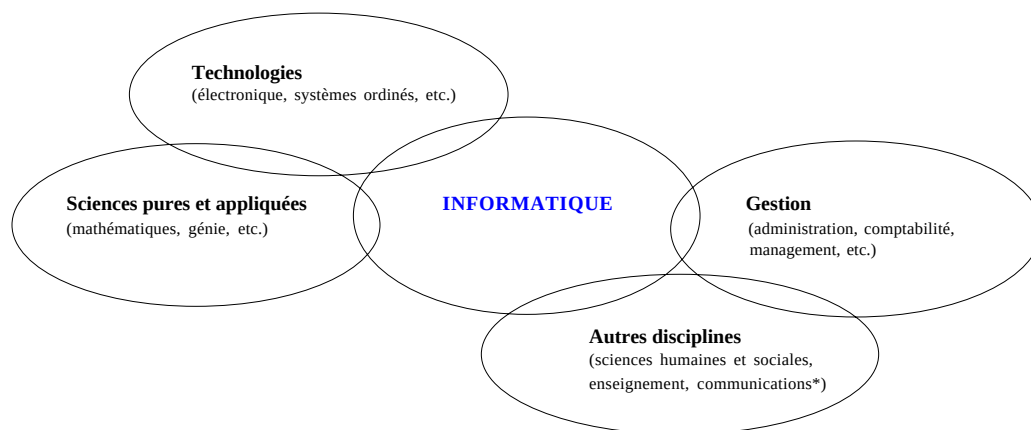
dans lequel il intervient. Souvent, à l'inverse, ce sont les professionnels d'un domaine (dans l'administration, la médecine ou l'enseignement, par exemple) qui se forment eux-mêmes à l'informatique.

1.1.1 Recherche identitaire

Qui ne compte dans son entourage un navigateur coutumier de l'internet ou un mordu de l'informatique. Un voisin, une soeur, un cousin, une collègue qui, par intérêt gratuit, ont développé une compétence, soit dans l'utilisation de logiciels toujours plus divers et dotés de potentialités toujours plus nombreuses, soit dans le diagnostic du dysfonctionnement de l'ordinateur. Bien entendu, leurs connaissances à ce sujet s'arrêtent où débute leur ignorance. Mais il demeure que l'informaticien contemporain doit partager avec de nombreuses autres personnes ou groupes son champ de compétence à la lumière de cette nouvelle culture de l'appropriation individuelle de la technologie qui signifie que, désormais, chacun peut apprendre à *conduire* l'informatique, c'est-à-dire tous les dispositifs digitaux ambiants, sans avoir pour autant à les programmer.

La standardisation de la pratique pose certains problèmes pour une discipline aussi jeune. Son champ d'activités n'est pas bien délimité, les rôles des différents intervenants sont encore mal définis et les responsabilités à tel point disséminées que la responsabilité professionnelle est difficile à établir. On trouve écho, bien avant aujourd'hui, des questionnements que la définition du champ de l'informatique devait susciter. Il y a une trentaine d'années, « puisque le domaine semblait devenir une “discipline” qui avait sa place au Panthéon du savoir, il était nécessaire d'en connaître mieux les *limites*. Or, l'informatique des années soixante se présentait comme une “science des sciences”, une sorte de discipline universelle – puisque “tout est information”. De ce fait, l'informatique éprouvait beaucoup de difficultés à se définir elle-même avec rigueur; était-elle une science, une technique, un nouveau paradigme, s'occupait-elle d'ordinateur, d'information ou de système, ou bien encore était-elle tout cela à la fois ?¹⁶¹ » Encore aujourd'hui, le domaine spécifique de l'informatique et le champ d'intervention de l'informaticien, qui jouxtent celui de nombreux autres groupes professionnels (**figure 1.1**), ne sont pas circonscrits précisément, pas plus, comme nous le verrons ultérieurement, que ne sont définies avec clarté les compétences propres à l'informaticien et au technicien en informatique au regard des besoins du marché.

Figure 1.1 Les zones frontalières de l'informatique



* Le rapport sur le secteur des Communications, paru en décembre 1997, a consacré une section aux nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) en enseignement. (Schéma reproduit de Guy Fréchet, *La spécificité de la discipline informatique. Essai de reconnaissance du champ professionnel*, juin 1995, <<http://www.crim.ca/APIIQ/rapports/specinf.html>>)

¹⁶¹ Philippe Breton, *ibid.*, p. 227.

Si tous conviennent, aujourd'hui, que l'informatique est une science, la discipline n'est pas exempte de malentendus. Le terme *computer science* peut prêter à confusion en suggérant que l'informatique se limite à l'étude de l'ordinateur, ce qui n'est pourtant qu'une de ses spécialités parmi des douzaines. « Comme la physique ou la biologie, notre discipline est assise sur des concepts théoriques solides, elle se vérifie souvent par l'expérimentation, les questions structurelles ou de classification y jouent un rôle primordial¹⁶². » Des constructions mentales intangibles, les algorithmes (c'est-à-dire, des séries de règles et d'instructions – étape par étape – clairement définies pour la résolution d'un problème particulier), en sont l'objet d'étude, ce qui en fait une proche parente des mathématiques. « L'informatique englobe un ensemble de connaissances, de processus fondamentaux et de concepts allant bien au-delà, par exemple, de la maîtrise des langages de programmation ou de l'habileté à interpréter le jargon des publications spécialisées. C'est une science qui se situe aux confins des mathématiques, des sciences exactes, du génie et, par le biais de ses multiples applications, d'autres domaines comme les sciences économiques, la psychologie ou les sciences sociales¹⁶³. »

1.2 Contexte canadien

L'Intranet, qui permet un meilleur partage des informations dans l'organisation, facilite la communication avec les succursales de l'entreprise disséminées dans le monde et déleste la facture reliée aux dépenses informatiques, représente un secteur très prometteur pour les fournisseurs de matériel informatique, de logiciels et de services. On a estimé à 107 milliards de dollars, d'ici l'an 2000, les ventes de biens et services pour la mise sur pied de tels réseaux internes et le branchement à Internet¹⁶⁴.

Rien d'étonnant, donc, à la hausse des budgets informatiques au sein des organisations. Une enquête réalisée par la firme Deloitte & Touche auprès des chefs de l'information d'entreprises nord-américaines de toute taille et de tout secteur, révèle qu'elles ont investi, en 1996, 2,6 % de leurs revenus en technologies de l'information (TI), comparativement à 1,4 % un an plus tôt¹⁶⁵. Selon la même enquête, ces entreprises ont dépensé en 1996 en moyenne 5 800 \$US par employé en TI, soit 2 200 \$US de plus qu'en 1995.

Tout pronostic en matière d'emploi est hasardeux. Dans ce cas, toutefois, la pénurie criante – et en aggravation chaque année – de main-d'oeuvre qualifiée en TI a été confirmée et validée par plusieurs sources. Une étude du Conseil des ressources humaines du logiciel¹⁶⁶ indique que le Canada aura besoin de 375 000 travailleurs dans ce domaine d'ici l'an 2000 et en 1996, l'organisme estimait qu'il manquerait, d'ici les trois prochaines années, 20 000 spécialistes de l'informatique au Canada¹⁶⁷. Entre 1981 et 1991, la croissance de l'emploi pour les informaticiens a été de 103 % au Québec et de 121 % en Ontario : c'est le taux le plus élevé après les techniciens formés en sciences naturelles et génie¹⁶⁸.

1.3 Contexte québécois

« Le secteur des nouvelles technologies de l'information et des communications a été le fer de lance de la progression de la R-D des entreprises au Canada et au Québec au cours des dernières années...¹⁶⁹ » Les secteurs industriels reliés à ces technologies, notamment les ordinateurs, les produits électroniques et de télécommunication, les services de communication et les services aux entreprises, ont accru leurs dépenses de 625 % entre 1977 et 1995 en comparaison de 185 % pour les autres secteurs.

¹⁶² Document de présentation de l'École d'informatique de McGill, soumis à la sous-commission.

¹⁶³ Document de présentation du département d'informatique et de recherche opérationnelle (DIRO), Université de Montréal, soumis à la sous-commission.

¹⁶⁴ La Presse, 31 janvier 1998, cité dans Sistech (<<http://www.sistech.qc.ca/archive.html>>). Le site web de Sistech tient à jour une revue de presse sur les nouvelles stratégies en technologies de l'information.

¹⁶⁵ Direction informatique, novembre 1997, cité dans Sistech.

¹⁶⁶ <<http://www.shrc.ca>>

¹⁶⁷ *Le Soleil*, 4 novembre 1996, p. B3.

¹⁶⁸ *Pour une politique québécoise de l'innovation. Rapport de conjoncture 1998*, Conseil de la science et de la technologie, 1997, 73 pages (p. 26) (<<http://www.cst.gouv.qc.ca>>).

¹⁶⁹ *Ibid.*, p. 20.

En 1993, l'industrie québécoise de l'informatique comptait 3 230 entreprises employant plus de 24 000 personnes et générant des revenus de 2,8 milliards de dollars. Le Conseil de la science et de la technologie prévoyait alors que le marché mondial pour les produits de l'industrie du génie logiciel dépasserait en 1995 les 12 milliards de dollars américains¹⁷⁰. Des prévisions laissent entrevoir que l'industrie informatique représentera 15 % du produit intérieur brut (PIB) en l'an 2005. C'est ce boom technologique et la présence de nombreuses entreprises oeuvrant dans le domaine, notamment dans la « technopole » montréalaise, qui réclament avec urgence une main-d'oeuvre qualifiée.

Au Québec, la discipline de l'informatique connaît une forte institutionnalisation dès le début des années 1970. Elle se forme alors, pour ainsi dire, comme une sous-spécialité de disciplines telles que les mathématiques, la chimie, la physique ou le génie électrique, et les premiers professeurs universitaires seront issus de ces domaines. En particulier depuis 1972, année où elle génère ses premiers diplômés, la croissance rapide de leur nombre finira par conférer à l'informatique, en tant que discipline spécifique, un degré élevé d'autonomie. Du fait même de ses origines, elle partage avec les autres sciences de nombreuses zones communes (revoir **figure 1.1**). Même, « diverses branches du génie sont susceptibles d'un partage des sphères de compétence, dont le génie informatique. S'il est question toutefois d'ouvrages de génie au sens traditionnel, il s'agit d'un domaine parmi d'autres où les outils informatiques peuvent être mis à contribution et pourraient bénéficier d'une collaboration avec les informaticiens¹⁷¹. » Cette possible et souhaitable convergence a été évoquée par la sous-commission sur le génie qui l'a traduite dans une recommandation, reprise au présent rapport.

Deux organismes nord-américains très influents dans le domaine, l'*Association for Computing Machinery* et l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* publiaient en 1991 une étude conjointe formulant des recommandations sur la conception d'un programme de baccalauréat en informatique ou en génie informatique¹⁷². C'est sur la base des neuf domaines de l'informatique identifiés dans cette étude¹⁷³ que le DIRO (Université de Montréal) procédait, en 1994, à une refonte majeure de ses programmes de premier cycle.

La création d'une corporation professionnelle a de quoi soulever des passions. Alors que tous et chacun ont accès à l'informatique et que ses outils sont devenus si franchement conviviaux, cette requête laisse soupçonner à d'aucuns des intérêts corporatistes qui refuseraient à des groupes partageant des intersections avec l'informatique le privilège d'actes professionnels.

Comme en témoignent les débats relatés dans *L'Interface*, le journal de l'Association professionnelle des informaticiens et informaticiennes du Québec (APIIQ), créée en 1986 et regroupant 1 200 membres, la profession éprouve toutes les peines à se voir reconnaître officiellement. La mission de l'APIIQ est ainsi définie :

« Intervenir dans son champ de compétence pour que l'informatique contribue, de façon efficace et sécuritaire, au développement social, économique et culturel de la société québécoise.

¹⁷⁰ L'interface, volume 7, numéro 6, juillet 1996.

¹⁷¹ Guy Fréchet, *La spécificité de la discipline informatique. Essai de reconnaissance du champ professionnel*, allocution présentée en juin 1995 (<<http://www.crim.ca/APIIQ/rapports/specinf.html>>). Cet article fait le point sur la définition disciplinaire de l'informatique écrit par un sociologue, professeur associé au département de sociologie de l'Université Laval. Monsieur Fréchet est décrit comme un observateur de l'évolution de la scène informatique au Québec depuis plus de quinze ans. L'article explicite les frontières de l'informatique, sources tantôt de collaboration, tantôt de conflits, avec les secteurs des sciences pures et appliquées, de la technologie, de la gestion et d'autres. À noter que la possible concertation entre l'informatique et le génie informatique est discutée un peu plus loin.

¹⁷² *Computing Curricula 1991*, Report of the ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force, IEEE Computer Society Press, 1991, 160 pages.

¹⁷³ Ces neuf champs de connaissance qui définissent les compétences requises des informaticiens sont : algorithme et structures de données, langages de programmation, architecture de système, calcul numérique et symbolique, système d'exploitation, génie logiciel, base de données et systèmes d'information, intelligence artificielle et robotique, communication personne-machine.

Veiller à la formation d'informaticien(ne)s professionnel(le)s compétent(e)s et responsables, et promouvoir une pratique selon des règles d'éthique professionnelle reconnues.

Réaliser dans cet esprit une Corporation professionnelle des informaticiens et informaticiennes du Québec¹⁷⁴. »

Sans succès jusqu'à présent. En effet, à l'issue d'une consultation publique tenue en octobre 1996, l'Office des professions du Québec, invoquant une demi-douzaine de motifs, « ne recommande pas au gouvernement de constituer en corporation professionnelle les informaticiens du Québec, comme le réclamaient ces derniers¹⁷⁵ ». Parmi ces raisons, on cite « la nature et le manque de spécificité des activités de l'informaticien [...] (le) peu de préjudices et d'inconvénients... recensés jusqu'à maintenant et attribués à l'absence de contrôle de la compétence ou de l'intégrité des informaticiens [...] ». Aux dernières nouvelles, le ministre Paul Bégin, responsable du Code des professions, n'avait pas annoncé sa décision finale dans le dossier. Si sa requête est accueillie favorablement, l'association québécoise créerait presque un précédent, la profession d'informaticien n'étant réglementée en aucun endroit au Canada ou aux États-Unis, sinon tout récemment en Alberta.

L'APIIQ et l'Ordre des ingénieurs du Québec ont parfois eu des relations tendues : d'après son projet de refonte de la Loi sur les ingénieurs en 1995, l'Ordre souhaitait se réserver de façon exclusive l'« informatique technologique » et l'« informatique méthodologique » et inclure dans le champ de pratique des ingénieurs les logiciels comme moyen d'exploitation de systèmes d'information. Or, « avec l'algorithmique, les langages de programmation, l'architecture de système, les systèmes d'exploitation et le génie logiciel, on retrouve directement ce qui constitue l'essence même de la formation fondamentale de l'informaticien¹⁷⁶. »

On peut supposer que l'informatique a vécu et vit les affres de toute discipline en émergence et qu'elle n'est pas à l'abri de la réapparition d'une semblable crise dans le futur. À plus forte raison pour cette discipline elle-même en révolution constante et à l'origine d'une mutation sociale et culturelle dont on ne peut entrevoir d'ici le point de chute.

1.3.1 Crise du recrutement

Au delà du tracé de ses frontières professionnelles et de sa définition interne, l'informatique connaît à l'université et dans l'industrie des difficultés qui tiennent en un seul mot : le recrutement.

En premier lieu, le recrutement aux cycles supérieurs. Pour les raisons mentionnées plus haut, le marché de l'emploi est prompt à récupérer les étudiants sitôt leur baccalauréat conclu, voire durant leur formation même, lorsque ce n'est pas au sortir de leurs études collégiales. En comparaison avec la physique, un faible nombre d'étudiants poursuivent aux cycles supérieurs : d'abord à la maîtrise – le ratio des diplômés de maîtrise et de baccalauréat est de 15,1 % (**annexe IV-A**) –, pour se raréfier davantage lors du passage au doctorat (2,4 %), ce qui contraste avec la physique qui présente des ratios correspondants de 45,3 % et de 37,4 %, respectivement.

Plus loin, rien ne garantit que les étudiants ayant complété un doctorat n'arrêtent leur choix sur une carrière académique : de nombreux témoignages attestent d'ailleurs qu'il ne s'agit pas de leur prédilection et que les plus talentueux répondront à la convoitise pressante et « payante » de l'entreprise privée. D'où, en second lieu, le recrutement rendu difficile de professeurs d'un certain calibre (**chapitre 5**). Dans ce cas, le marché est nettement favorable aux « vendeurs de services ».

¹⁷⁴ Une mission réitérée dans toutes les éditions de la revue *L'Interface* (<<http://www.crim.ca/APIIQ/mission.html>>).

¹⁷⁵ Presse canadienne, « L'Office des professions dit non aux informaticiens », *Le Devoir*, mercredi 4 juin 1997, page A2.

¹⁷⁶ Guy Fréchet, *op. cit.*

La reprise de la demande de formation enregistrée, depuis quelques années, dans les universités québécoises coïncide avec différents phénomènes : une croissance de l'industrie informatique même, un virage radical vers l'informatisation amorcé par les entreprises et la conversion à l'an 2000 – le fameux *big bug* – qui a déclenché une véritable fièvre sur le marché du travail. En effet, les entreprises pour lesquelles le renouvellement des logiciels en vue de cet horizon serait trop dispendieux, doivent forcément procéder à la conversion de leurs systèmes : ce dernier phénomène joue un rôle important, mais non exclusif dans la problématique de la pénurie. « Au Québec, cette année, environ 750 finissants et finissantes recevront un diplôme universitaire en informatique. Le drame, c'est que ce chiffre est sensiblement le même depuis une dizaine d'années alors que la demande devrait s'accroître de 20 % par année d'ici l'an 2000...¹⁷⁷ »

Aussi, l'excédent de la demande de services en informatique par rapport à l'offre a attiré une main-d'œuvre aux qualifications diverses provenant de plusieurs autres disciplines, bien qu'aujourd'hui, les entreprises d'informatique embauchent très majoritairement des informaticiens.

En raison de la problématique singulière de l'informatique dans les universités et de sa résonance directe avec le milieu du travail – l'importante demande de main-d'œuvre, l'insuffisance de sa « production » –, on ne s'étonnera pas de ce que la situation appelle des formules de concertation fort différentes de celles qui pourraient s'appliquer à la physique ou aux mathématiques. De fait, la très grande majorité des solutions avancées au cours des travaux de la sous-commission, tant par les membres que par les directeurs de département, consistent en mesures financières : pour les professeurs, prime salariale, voire redressement du salaire; pour les étudiants, majoration des bourses d'études; pour les départements, enveloppe budgétaire ciblée... Ces mesures combinées, croit-on, pourraient permettre, dans un premier temps, d'accroître l'accès à la formation, et dans un deuxième temps, de maintenir une masse critique de candidats dans la filière académique, et cela, dès la maîtrise.

1.3.2 Offre de programmes universitaires

Les universités québécoises offrent au total 66 programmes en informatique (**tableau 1.1**) dont 17 baccalauréats : huit en science informatique, un en microélectronique, quatre en informatique de gestion et autant qui combinent informatique et mathématiques offerts par McGill, l'Université de Montréal, l'UQAC et l'UQAR.

L'UQAC et particulièrement l'UQAM sont, pour leur part, nettement orientées « de gestion », bien que dans la seconde, une maîtrise en informatique accueillait ses premiers étudiants à l'automne 1996.

Aux cycles supérieurs, on retrouvera 17 programmes, dont trois diplômes de 2^e cycle, 10 maîtrises et quatre doctorats dont le seul, hors de Montréal, est offert à Laval.

Dans les universités qui n'offrent pas déjà concurremment un baccalauréat autonome en informatique (l'UQAC et l'UQAR), ces programmes hybrides ont été décrits comme des formes transitoires, dans l'attente d'une différenciation qui conduirait à la création d'un « véritable » baccalauréat en informatique. Aux cycles supérieurs, c'était le cas jusqu'à tout récemment (1997) à l'Université de Sherbrooke où la clientèle intéressée à une telle formation s'inscrivait au cheminement informatique de la maîtrise en mathématiques. L'UQTR, qui n'offre de maîtrise ni en mathématiques ni en informatique, propose, depuis l'automne 1997, une maîtrise en mathématiques et informatique appliquées. Notons que, dans les quatre universités mentionnées, le département en est un de mathématiques et informatique.

Comme le suggérait le bref historique présentée au chapitre 1, les départements de mathématiques ont été le berceau des programmes d'informatique. À titre d'exemple, le département de l'UQAM, créé en 1969, embauchait son premier professeur d'informatique en 1970. En 1983, l'unité, qui comptait désormais 16 professeurs dans le domaine, était rebaptisé de « mathématiques et informatique ». En 1993, le nombre de professeurs d'informatique avait grimpé à 36. Entre-temps, s'était clôturé le cycle d'intégration de la

¹⁷⁷ Isabelle Alix, *Pénurie de relève en informatique. Un premier outil s'attaque de front à la question*, L'Info Québec (1997), volume 22, numéro 1, p. 8-9.

Tableau 1.1

Offre de programmes en informatique dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAH	UQAM	UQAR	UQAT	UQTR	Télé-un.	INRS	ETS	Total
□ = concentration ou option																
Science informatique/Computer Science																
Certificat	•		•		•		•	•	•	•		•				8
Mineure	•	•	•	•	•											5
Majeure	•			•	•											3
Baccalauréat/Honours	•	• ¹	• ²	•	•	•		• ³				•				8
Diplôme (2 ^e cycle)		•						• ⁴								2
Maîtrise		• ⁵	•	• ⁶	• ⁷	• ⁸			• ⁹							6
Doctorat		•	•	•	•											4
																36
Génie logiciel																
Baccalauréat/Honours																
Maîtrise			□			• ⁸			• ¹⁰					• ¹⁰	• ¹⁰	2
Microélectronique																
Baccalauréat									•							1
Microprocesseurs																
Certificat									•							1
Développement de logiciels																
Certificat									•							1
Informatique de gestion																
Certificat			•				•	•	•	•	• ¹¹	•	•			7
Baccalauréat			•			•	•	□ ³	•							4
Maîtrise									• ¹²							1
																12
Informatique appliquée																
Diplôme de 2 ^e cycle							• ¹³									1
Informatique et mathématiques																
Baccalauréat/Honours	□	□	□	• ¹⁴	• ¹⁵	□ ¹⁶	•			• ¹⁷						4
Maîtrise												• ¹⁸				1
																5

Source : *Annuaire des établissements*

Tableau 1.1 (suite)

Offre de programmes en informatique dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAH	UQAM	UQAR	UQAT	UQTR	Télé-un.	INRS	ETS	Total
Application de l'informatique																
Certificat ou microprogramme (micro-info appl)			•		• ¹⁹		•						•• ²⁰			5
Certificat (applications pédagogiques)										•		•				2
																7
Total																66

Notes

- 1 Avec les options suivantes : Information Systems, Software Systems, Systems Architecture, Digital Systems, Electronics Systems, Theoretical Computer Science, General Science, Pre-computer Science et General Business
- 2 Baccalauréat en informatique mathématique, informatique de génie et informatique de gestion
- 3 Cheminement en gestion en suspension d'admission
- 4 D.E.S.S. en informatique des télécommunications : programme en voie d'implantation
- 5 Avec un cheminement en génie logiciel (avec stage)
- 6 Maîtrise avec mémoire ou projet
- 7 Maîtrise avec mémoire ou stage
- 8 Programmes ayant vu le jour aux sessions d'hiver 1997 et automne 96, respectivement. Auparavant, leur clientèle s'inscrivait au cheminement informatique de la maîtrise en mathématiques.
- 9 Concentrations suivantes : génie logiciel, informatique système, informatique théorique, ingénierie de la connaissance. Programme ayant démarré à l'automne 96.
- 10 Maîtrise interuniversitaire
- 11 Ce programme n'a enregistré aucune inscription depuis l'hiver 95.
- 12 Maîtrise avec ou sans mémoire
- 13 Programme offert depuis janvier 1996
- 14 Programme facultaire aux facultés des sciences et des arts
- 15 Ce programme assure une formation solide en mathématiques, mais permet néanmoins l'accès à bon nombre de cours d'informatique offerts par le DIRO. Sans que ce soit une destination exclusive, il est vivement recommandé à ceux qui désirent poursuivre des études supérieures, en particulier en informatique théorique, calcul scientifique et recherche opérationnelle.
- 16 Option en recherche opérationnelle du baccalauréat en mathématiques
- 17 Deux orientations : informatique et mathématiques
- 18 Maîtrise en mathématiques et informatique appliquées, ayant démarré à l'automne 1997
- 19 Programme de 15 crédits destiné aux adultes et offert presque exclusivement le soir. De structure assez libre, il comporte essentiellement des cours d'informatique, mais aussi quelques cours optionnels en recherche opérationnelle. Sa gestion est confiée à la Faculté de l'éducation permanente.
- 20 Un certificat en informatique appliquée à l'organisation et un certificat en intégration des technologies informatiques en éducation

micro-électronique avec la création successive de trois programmes : certificat en microprocesseurs (1982), certificat en télécommunications¹⁷⁸ (1985) et enfin, baccalauréat en microélectronique (1988). Cette expansion rapide devait conduire, en 1994, à la bipartition du département originel en deux départements autonomes : en 1997, on retrouve 38 professeurs réguliers au département d'informatique de cette institution.

Une maîtrise en génie logiciel est offerte depuis l'automne 97 par l'UQAM, l'INRS-Télécommunications et l'ETS. Les trois institutions se partagent les axes de formation, soit système d'information (UQAM), architecture des grands systèmes (INRS), et systèmes temps réel et informatique industrielle (ETS). Dans les faits, il s'agit de la mise en évidence du profil en génie logiciel préexistant dans leur maîtrise respective en informatique. Il y a lieu de préciser ici que l'Université du Québec a reçu pour ce programme une approbation temporaire du MEQ, d'une durée de deux ans. D'ici là, l'UQ s'est engagée à déposer un dossier de présentation de programme en collaboration avec Laval, Concordia et Polytechnique à la Commission d'évaluation de projets de programmes (CÉPP) de la CREPUQ. Première maîtrise professionnelle en génie logiciel au Québec, elle s'adresse aux personnes déjà actives dans le domaine du développement ou de la maintenance de logiciels ou de systèmes informatiques : d'ailleurs, une expérience de travail de deux années figure au nombre des critères d'admission.

Le département de l'UQAM, le seul à Montréal qui n'offre pas de doctorat dans le domaine pour l'instant, prépare actuellement un tel programme en informatique cognitive¹⁷⁹, conçu comme pluridisciplinaire et interuniversitaire. Plus de vingt professeurs sont associés au projet, dont neuf du département d'informatique même de l'université.

Notons, enfin, que le DIRO (Université de Montréal) est l'unique département au Canada, voire en Amérique, où la recherche opérationnelle est pleinement intégrée à l'informatique.

Le tableau 1.1 résulte d'un élagage pour retirer tous les programmes en télécommunications, en gestion informatisée ou concernant les systèmes informatiques organisationnels, à moins qu'ils ne relèvent du département d'informatique. Il faudra, toutefois, se rappeler que les univers de la gestion et de l'informatique partagent des zones qui, avec celles communes à l'informatique et aux sciences, « sont celles où les situations de collaboration et de conflit sont le plus susceptibles de se présenter, pas tant sur la structure des systèmes que sur les contenus¹⁸⁰ ». On y revient au **chapitre 5**.

Outre les programmes en informatique comme telle, d'autres aux appellations aussi variées que possiblement porteuses de confusion se donnent dans des contextes disciplinaires divers tout en recourant abondamment à l'informatique. Afin d'éclairer le choix des candidats étudiants, il y a lieu d'explicitier (par exemple, sur un site web) la teneur de ces différentes désignations.

Des trois secteurs recouverts par la présente sous-commission, c'est en informatique qu'on recense la totalité des programmes récemment créés (Université de Sherbrooke et UQTR), ou dont la création est projetée (par exemple, à l'UQAH ou à l'UQAM) ou souhaitée (par exemple, à l'UQAC). Comme nous le verrons dans la présente section, pénurie et recrutement sont la tonique et la dominante de la problématique de ce secteur, à la fois pour l'université et l'industrie. C'est dire, d'entrée de jeu, qu'il ne doit pas être inutilement entravé dans ses perspectives de développement, à l'université d'abord, sous réserve que les départements puissent garantir la qualité de la formation qu'ils dispensent.

¹⁷⁸ Rappelons que les programmes de télécommunications, qui jouxtent le génie et l'informatique, ont été confiés à la sous-commission sur le génie. Outre le certificat de l'UQAM, une maîtrise et un doctorat en télécommunications sont offerts par l'INRS-Télécommunications; l'UQAH implante actuellement un D.E.S.S. en informatique des télécommunications.

¹⁷⁹ Tel que projeté, le programme comporte trois axes de recherche : 1) modélisation des connaissances et des stratégies de résolution de problèmes; 2) extraction et acquisition des connaissances et 3) communication des connaissances.

¹⁸⁰ Guy Fréchet, *op. cit.*

1.3.3 Contingentement

Quatre universités appliquent un contingentement au premier cycle : Concordia, l'Université de Montréal, l'Université de Sherbrooke et l'UQAM. Les universités montréalaises récoltent à elles seules près de 70 % de la demande québécoise au premier cycle qui s'est élevée, à l'automne 1996, aux environs de 4500. Rappelons que la demande est de l'ordre de 2600 pour les mathématiques et de 900 pour la physique. Ce sont McGill, l'Université de Montréal et Concordia qui admettent le plus faible pourcentage de candidats ayant soumis une demande au premier cycle (34 % pour la première, environ 48 % pour les deux autres), en comparaison de 70 % à Laval et de plus de 90 % à l'UQTR et à l'Université de Sherbrooke.

Le profil d'admission en informatique est systématiquement plus sévère qu'en mathématiques : au premier cycle (59,3 % vs 72,7 %) et aux cycles supérieurs (41,7 % vs 61,2 %) (**tableau 1.2**). En physique, le ratio demandes/admissions est d'environ 55 % et 45 % pour le premier cycle et les cycles supérieurs, respectivement.

Le **chapitre 3** fera une large place à la dichotomie demande/offre, mais quelques données permettront dès maintenant de saisir la nature de la problématique. Comme on l'a vu plus haut, moins de 50 % des demandes faites à Concordia pour le baccalauréat sont accueillies favorablement : leur nombre augmente annuellement depuis trois à quatre ans, au même rythme qu'en génie informatique, l'un des concurrents présumés de l'informatique. Dans cette même université, de 50 à 100 places sont offertes par an aux cycles supérieurs, alors que la demande s'y élève à 400, dont 60 à 75 pour le doctorat.

Le diplôme de 2^e cycle de l'institution est l'objet d'une faveur étudiante particulière s'étant traduite par une affluence si élevée qu'elle a conduit à relever les critères d'admission pour exiger désormais une année d'expérience de travail. À Bishop's, la demande a presque triplé depuis les dernières années.

Pareillement, on observe, depuis deux ans, une hausse de 5 à 10 % des demandes d'admission et des inscriptions à l'Université de Sherbrooke. L'Université de Montréal enregistre elle-même, depuis quelques années, une croissance des demandes qui, tous cycles confondus, dépassent largement, en 1996, le millier, dont plus de la moitié est refusée. Elles y demeurent, néanmoins, toujours inférieures à celles enregistrées il y a dix ans, alors qu'elles dépassaient largement les deux milliers.

Tableau 1.2

Programmes d'informatique : demandes d'admission, offres, inscriptions (automne 1996) et contingentement

Établissement et programmes		Demandes (D)	Offres (O)	Inscriptions (I)	Contingentement
			(% O/D)	(% I/O)	
Bishop's	Tous les programmes de 1 ^{er} cycle	44	33 (75)	18 (55)	
Concordia	Bacc. en science informatique	669	327 (48,9)	209 (63,9)	120 ¹
	Diplôme de 2 ^e cycle en science informatique	*	71	52	100
	Maîtrise en science informatique	*	51	35	
	Doctorat en science informatique	*	6	1	
	Cycles supérieurs	400	128 (32)	88 (68,8)	
Laval	Bacc. en informatique mathématique	67	52	16	
	Bacc. en informatique de génie	149	120	46	
	Bacc. en informatique de gestion	248	154	48	
	1^{er} cycle	464	326 (70,3)	110 (33,7)	
	Maîtrise (cheminement informatique)	76	52	19	
	Doctorat en informatique	14	6	2	
	Cycles supérieurs	90	58 (64,4)	21 (36,2)	
McGill ²	Informatique	620	201	91	
	Informatique et mathématiques	103	44	27	
	Informatique, mathématiques et statistique	36	15	6	
	1^{er} cycle	759	260 (34,3)	124 (47,7)	
	Maîtrise en informatique	233	86	35	
	Doctorat en informatique	55	11	6	
	Cycles supérieurs	288	97 (33,7)	41 (42,3)	
UdeM	Mineure en informatique	811 ³	397 ³	34	135 ⁴
	Majeure en informatique	811 ³	397 ³	16	135 ⁴
	Bacc. spécialisé en informatique	811 ³	397 ³	141	135 ⁴
	Bacc. bidisciplinaire mathématiques-informatique	143	57	19	25
	1^{er} cycle	954	454 (47,6)	210 (46,3)	
	Maîtrise en informatique	84	60	43	
	Doctorat en informatique	25	17	11	
	Cycles supérieurs	109	77 (70,6)	54 (70,1)	
UdeS	Bacc. en informatique	433	398	146	160
	Bacc. en informatique de gestion	264	248	110	160
	1^{er} cycle	697	646 (92,7)	256 (39,6)	
	Maîtrise en informatique ⁵				
	Maîtrise en génie logiciel	6	6 (100)	5 (83,3)	
UQAC	Bacc. en informatique de gestion	*	*	30	
	Bacc. en mathématiques-informatique	*	*	12	
	Diplôme de 2 ^e cycle en informatique appliquée			14	
UQAH	Bacc. en informatique	(183)	*	(76)	
UQAM	Bacc. en microélectronique	*	*	*	
	Bacc. en informatique de gestion	529	335 (63,3)	134 (40)	aut. 175 / hiv. 125
	Maîtrise en informatique	52	27 (51,9)	30 (?)	
	Maîtrise en informatique de gestion	71	31 (43,7)	21 (67,7)	45
	Maîtrise en génie logiciel ⁶	*	*	*	25
	Cycles supérieurs	123	58 (47,1)	51 (87,9)	
UQAR	Bacc. mathématiques-informatique	44 (1 ^{er} et 2 ^e choix)	44 (100)	16 (36,4)	
UQTR	Bacc. en informatique	122	116 (95,1)	39 (33,6)	
	Maîtrise en mathématiques et informatique appliquées ⁶				

* données non disponibles

TOTAL	5 298	2 965 (56)	1 376 (46,4)
1^{er} cycle	4 282 (4 465)	2 541 (59,3)	1 116 (43,9)
Cycles supérieurs	1 016	424 (41,7)	260 (61,3)

1 Temps plein

2 Les valeurs incluent les inscriptions (B.A. et B.Sc.) dans les programmes *Honours*, facultaires et de majeures.

3 Valeur pour la mineure, la majeure et le bac spécialisé

4 Capacité globale des baccalauréats, majeure et mineure

5 Programme qui a démarré à l'automne 1997. Au 9 juin 1997, le nombre d'inscrits était de 27, tous en provenance de la Maîtrise en mathématiques, cheminement informatique.

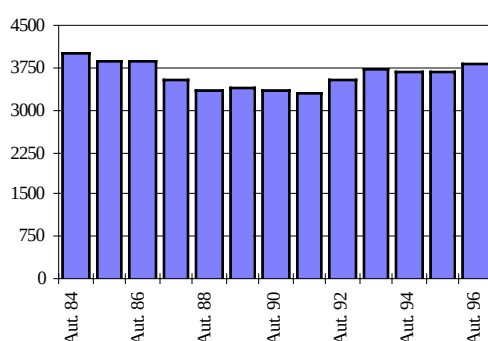
6 Programme qui a démarré à l'automne 1997

Source : Données fournies par les établissements

2.1 Baccalauréat¹⁸¹

Après une baisse de 17 % de 1984 à 1988 et un plateau subséquent aux environs de 3350, les inscriptions totales remontent progressivement dès 1992 pour atteindre plus de 3800 en 1996 et rejoindre ainsi les niveaux de 1986 (**figure 2.1**).

Figure 2.1 Évolution des inscriptions totales dans l'ensemble du système universitaire



À travers la stabilité de ce portrait d'ensemble, on déduit des évolutions individuelles des établissements d'autres constats. Tous les programmes en informatique de gestion ont souffert d'une déperdition, celui de l'UQAC depuis ses débuts pour se fixer aux environs de 110 il y a quelques années, celui de l'UQAM depuis au moins 1984 pour se stabiliser au niveau de 650-700 dès 1992 et celui de l'Université de Sherbrooke¹⁸² qui aura perdu, à travers les fluctuations, 24 % de son effectif depuis 1986 (**figure 2.2**). L'effectif de Laval est en baisse régulière depuis 1992. En 1996, Bishop's est en voie d'émerger d'un creux qui persiste depuis la fin des années 80.

On remarquera le croisement en 1990 des courbes de mathématiques-informatique et d'informatique à McGill, la première pour se stabiliser à la baisse, la seconde pour amorcer, sitôt après, une remontée ininterrompue qui l'amène aux niveaux cumulés des deux programmes en 1984 (**figure 2.2-B**). Leur comportement de vases communicants s'explique par le fait que les étudiants de mathématiques-informatique ont transféré en informatique où les mathématiques sont devenues une option. Les deux programmes de l'Université de Sherbrooke se comportent d'une façon similaire, bien que moins marquée.

Les nouvelles inscriptions ont connu, en 1993, un sommet vers lequel elles tendent à nouveau en 1996 : de 1990 à cette dernière année, les programmes ont accueilli près de 10 810 nouveaux étudiants au total (**annexe III-A**).

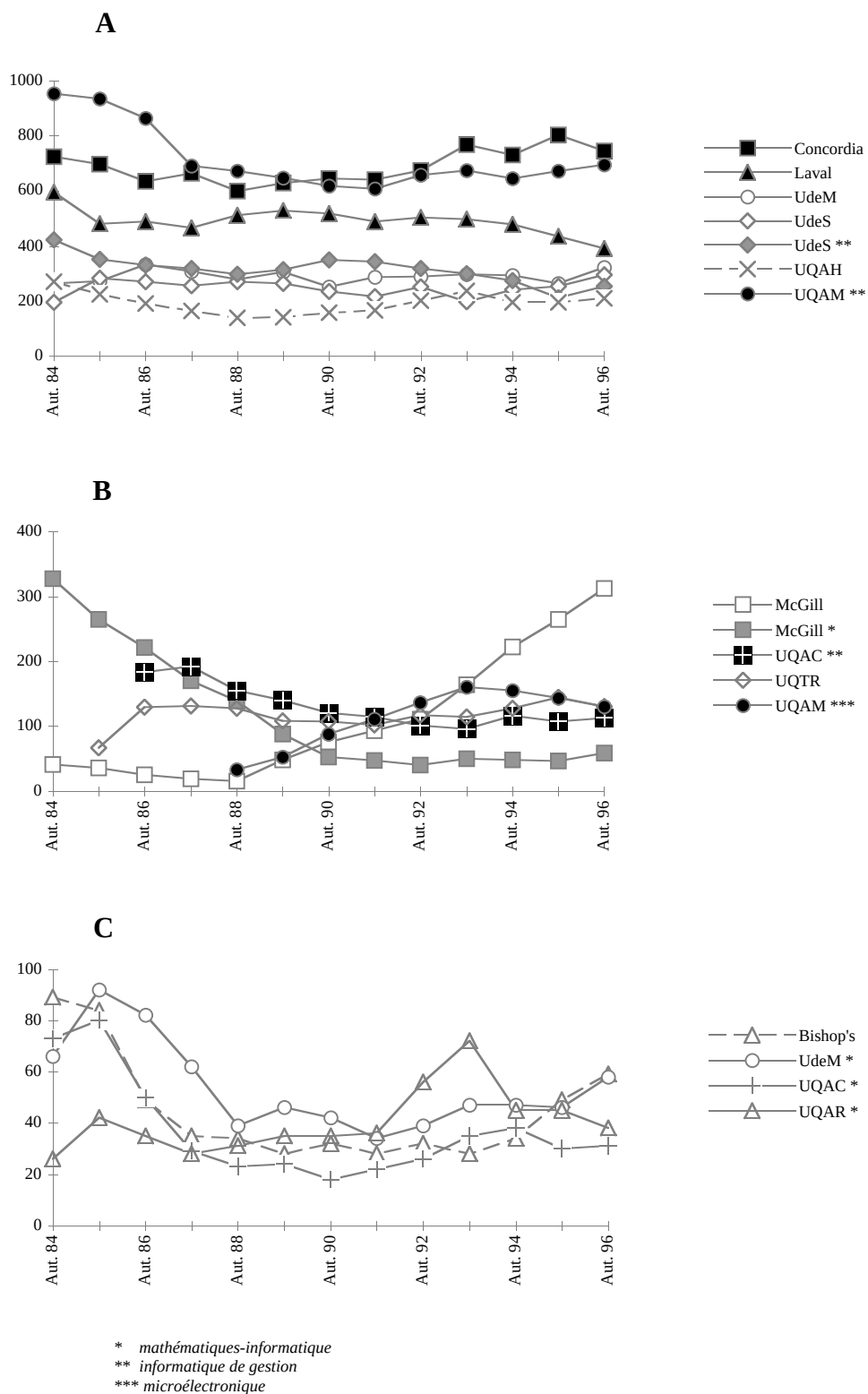
¹⁸¹ Toutes les données présentées dans les graphiques et les tableaux comprennent l'effectif des majeures et des programmes mixtes.

¹⁸² Le baccalauréat en informatique de gestion de l'Université de Sherbrooke comprend trois composantes principales : une administrative, une informatique et une troisième mathématique; cette dernière composante est plus considérable à Sherbrooke que dans les programmes de ses consoeurs.

Figure 2.2

Évolution des inscriptions totales au baccalauréat en informatique et en mathématiques-informatique dans les universités québécoises (1984-1996)

Les graphiques A, B et C correspondent à des échelles différentes.



Le nombre de diplômés est stable depuis une dizaine d'années, avec une moyenne de 710 annuellement : cette stabilité a été décrite par d'aucuns comme un « plafonnement ».

On retrouvera à la **figure 2.3** les caractéristiques de fréquentation à temps partiel de Concordia, déjà mentionnées pour la physique et les mathématiques, mais qui se manifestent ici avec une ampleur inégalée puisque, de façon systématique, les inscriptions à temps partiel sont du même ordre que celles à temps plein. Conformément à la mission de l'institution, tous les programmes sont accessibles suivant un horaire à temps partiel, sauf pour les doctorants en rédaction de thèse. Des cours d'initiation sont offerts selon des groupes horaires variés, y compris le soir; les cours avancés ont lieu en fin d'après-midi ou le soir afin de permettre aux étudiants qui travaillent d'y assister.

Mais cette université n'est pas seule dans son cas : plus du tiers de l'effectif de l'UQAM (36 %) étudie à temps partiel, une proportion en régression toutefois depuis 1989 où les deux populations sont venues littéralement proches de se « toucher ». Une situation similaire est observée à l'UQAH. Depuis 1987, la population à temps partiel constitue invariablement, dans l'ensemble des programmes de baccalauréat en informatique, de 26 à 28 % de la population étudiante totale, le pourcentage le plus élevé des disciplines « MIP ».

Mentionnons, en terminant, que certains baccalauréats reçoivent une accréditation : c'est le cas, depuis 1990, à Laval de la part du CSAC (*Computer Science Accreditation Council*) ou à l'Université de Sherbrooke de celle de l'Association canadienne des informaticiens (pour les baccalauréats en informatique et en informatique de gestion).

2.1.1 Taux de diplomation et durée des études

La durée des études en informatique au premier cycle (7,55 trimestres) est légèrement supérieure à celle observée en physique et comparable à celle en mathématiques (**annexe IV-B**).

Le taux de diplomation global (61,1 %) y est le plus faible des disciplines « MIP », bien que de peu : ce pourcentage est également inférieur à celui observé pour les sciences appliquées. En revanche, c'est l'informatique qui affiche le taux de diplomation dans la discipline de départ le plus élevé des MIP, soit 54,3 % comparativement à 49,7 % pour la physique et à 44,7 % pour les mathématiques, de telle sorte qu'il n'y plus que 6,8 % des étudiants qui, s'étant engagés dans une formation de premier cycle en informatique, obtiennent leur diplôme dans une autre discipline : c'est deux fois moins qu'en physique et trois fois moins qu'en mathématiques.

Selon une étude du MEQ¹⁸³, le taux de délivrance, après six ans, du baccalauréat en science informatique de la cohorte de l'automne 1988 est légèrement plus faible encore, soit 52,1 %¹⁸⁴. On y observe un taux d'abandon très fort, soit 42,1 % contre 32 % pour l'ensemble des baccalauréats : selon cette étude, 34,6 % des étudiants ont quitté l'établissement – dont un certain nombre poursuivant dans une université québécoise ou étrangère – et 7,5 % ont abandonné le baccalauréat et opté pour un programme court.

Une seule université, McGill, présente un taux de diplomation dépassant 70 % (avec 81,4 %), alors que c'est le cas de quatre universités pour la physique et les mathématiques. Les taux de diplomation dans les autres institutions oscillent entre 55 et 70 %, sauf à l'Université de Montréal qui se détache à la baisse avec 42,4 %.

L'attrition pourrait s'expliquer par l'exigence intrinsèque d'une formation en informatique, une exigence loin de lui être particulière, tant s'en faut, mais qui, semble-t-il, est la plus inattendue pour les étudiants. Ajoutée à cela la méconnaissance de la discipline démontrée par ceux qui, espérant faire de la programmation, sont confrontés – à leur grand désappointement – à un contenu mathématique. On a

¹⁸³ *Sciences de l'informatique et disciplines connexes par les universités québécoises*, Ministère de l'Éducation du Québec, 14 janvier 1998.

¹⁸⁴ Incluant les étudiants à temps partiel. En comparaison, le taux de délivrance du baccalauréat en génie informatique est de 66,3 %.

Figure 2.3

Baccalauréats en informatique et en mathématiques-informatique : inscriptions à temps plein et partiel, nouvelles inscriptions et diplômés (1984-1996)

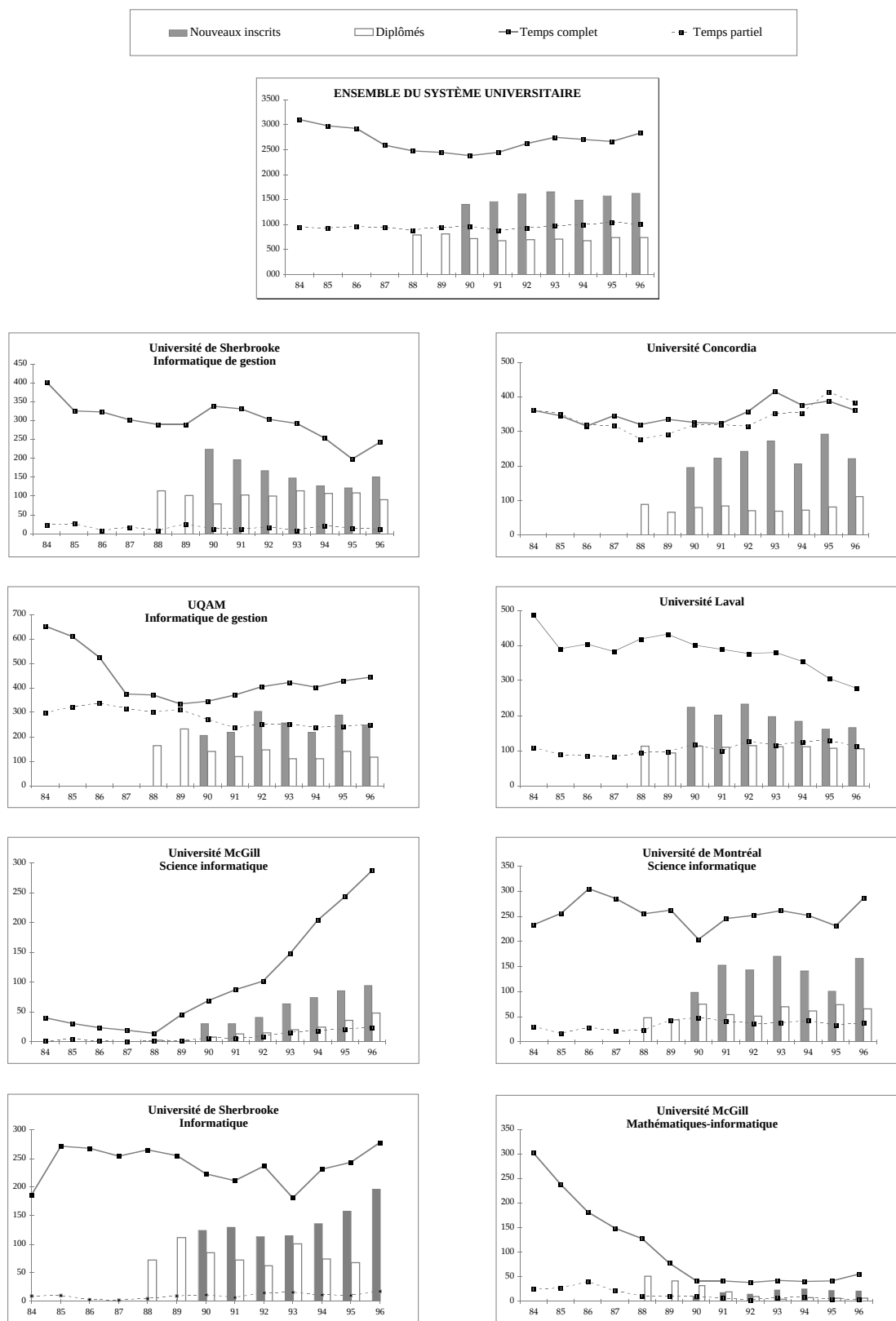
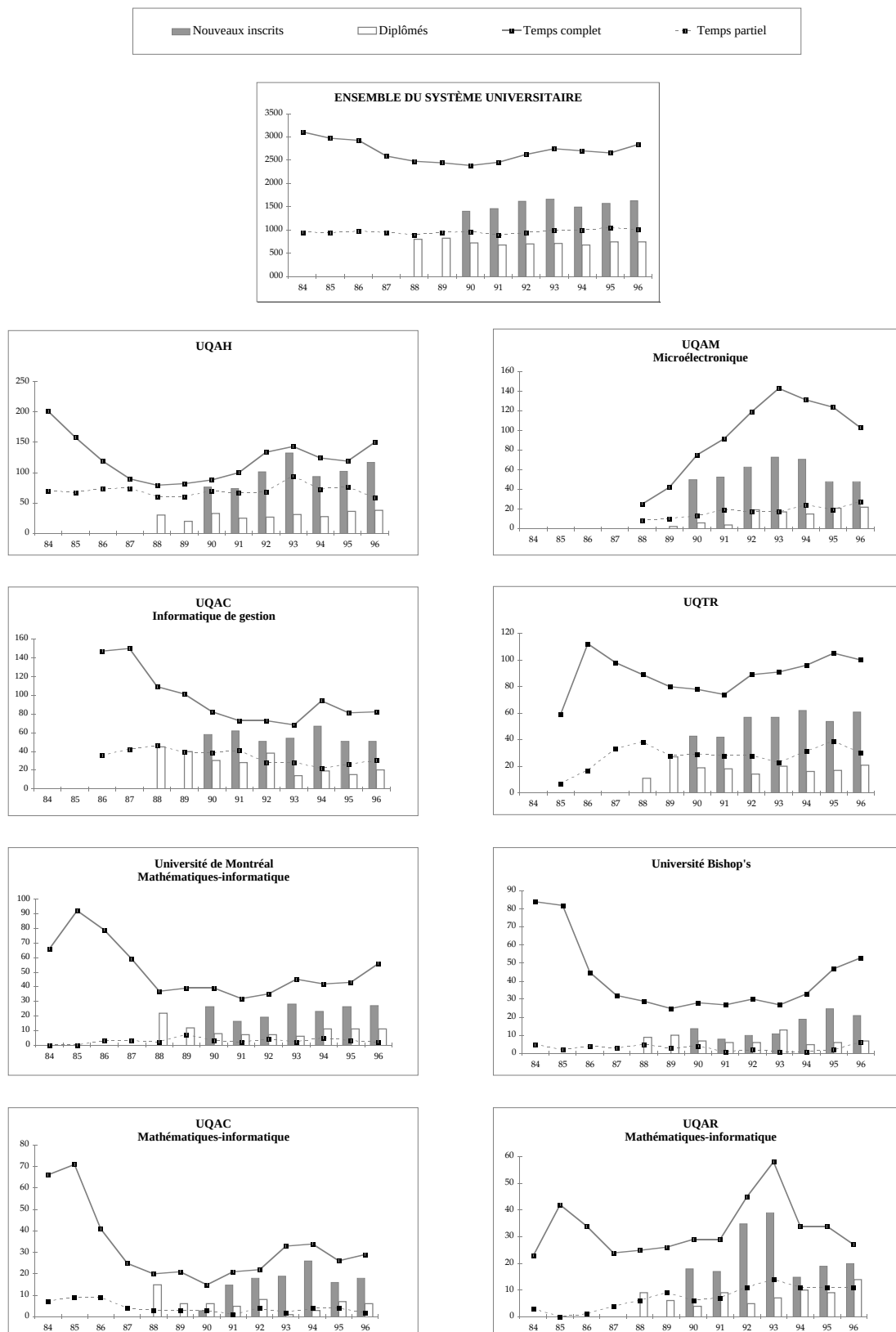


Figure 2.3 (suite)

Baccalauréats en informatique et en mathématiques-informatique : inscriptions à temps plein et partiel, nouvelles inscriptions et diplômés (1984-1996)



Source : Système RECU (MEQ)

également signalé le bond « quantique » de la complexité entre la formation de premier cycle et celle des cycles ultérieurs. Enfin, il n'est pas rare que les étudiants se voient offrir un emploi en cours de formation.

Cette situation questionne la qualité des recrues, l'adaptation des cours et la présentation des programmes, trois points dont l'amélioration pourrait, déjà, majorer la diplomation. On sait que pour l'informatique, le curriculum doit être adapté au développement rapide des nouvelles technologies (parallélisme, architecture des réseaux, etc.), ce qui commanderait une évaluation continue des programmes, plutôt que les cycles actuels dont la période est beaucoup trop longue si l'on considère le « taux de désuétude (*des connaissances en informatique*) vraisemblablement parmi les plus élevés des professions contemporaines¹⁸⁵».

L'arrimage de l'offre et de la demande fait actuellement l'objet de discussions dans le cadre du suivi du Sommet sur l'économie et l'emploi qui s'est tenu en novembre 1996. On se préoccupe notamment de ce que « les délais dans la création ou même la modification d'un programme de formation soient trop longs lorsqu'il s'agit de répondre à de nouveaux besoins¹⁸⁶».

« Rien qu'en amenant le taux de délivrance (*de diplômes de baccalauréat en informatique*) à la moyenne du domaine du génie, nos universités décerneraient, au moins, une centaine de baccalauréats supplémentaires en sciences informatiques¹⁸⁷», quoique, comme certains le faisaient remarquer, une augmentation du taux de diplomation pour abolir à tout prix le décalage avec les besoins du marché s'accompagnerait inévitablement d'une diminution de la qualité, en ce qu'elle supposerait le maintien dans le programme d'étudiants qui n'y sont pas à leur place. En contrepartie, on peut présumer qu'un meilleur encadrement, permis par des ressources plus nombreuses, serait propice à la rétention et à la diplomation d'étudiants adéquatement formés.

L'informatique est la seule des trois disciplines représentées à la sous-commission où le nombre des femmes inscrites aux trois cycles n'a pas augmenté depuis 1986, une performance dont se ressent directement leur diplomation, la seule qui ait décru en dix ans (**annexe IV-C/D**). Au premier cycle seulement, le pourcentage des diplômées est d'environ 27 % en 1996, alors qu'il dépassait 33 %, dix ans plus tôt. Les femmes représentent le quart de l'effectif étudiant à la maîtrise et moins du sixième au doctorat.

2.2 Maîtrise

N.B. L'Université de Sherbrooke offre, depuis septembre 1996, une maîtrise en informatique et une maîtrise en génie logiciel suite à la croissance soutenue de la fréquentation dans le programme de maîtrise en mathématiques dont cette clientèle est issue. Un programme de maîtrise en informatique a démarré à l'UQAM à l'automne 96. L'UQTR offre, à compter de l'automne 97, une maîtrise en mathématiques et informatique appliquée.

Une maîtrise interuniversitaire en génie logiciel, dont il a été question au point 1.3.2, est récemment offerte par l'UQAM, l'INRS et l'ETS.

Suite à un plateau de 400 étudiants environ qui s'est maintenu de 1986 à 1990, les inscriptions totales ont connu une hausse, progressive mais constante, de 23,7 % jusqu'en 1996 (490) (**figure 2.4 - médaillon**); durant cette dernière période de six ans, les nouvelles inscriptions augmentaient dans un pourcentage d'environ 60 % (**annexe III-B**).

¹⁸⁵ Guy Fréchet, *La spécificité de la discipline informatique. Essai de reconnaissance du champ professionnel*, allocution présentée en juin 1995 (<<http://www.crim.ca/APIIQ/rapports/specinf.html>>).

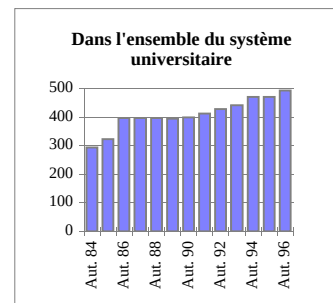
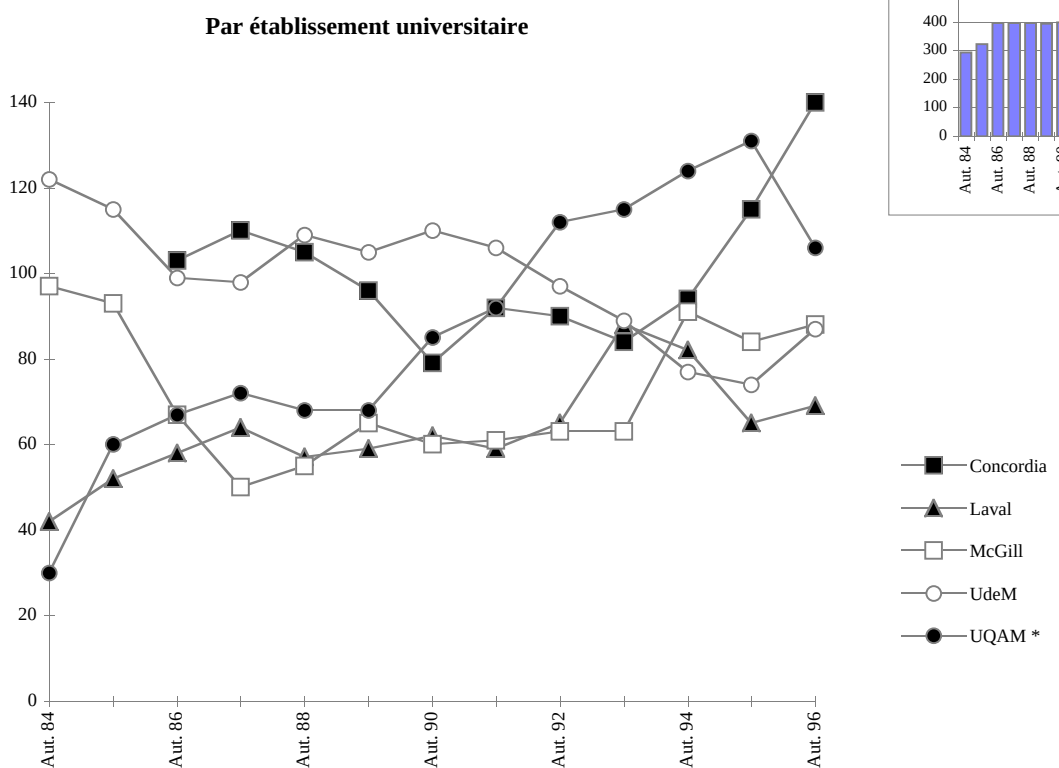
¹⁸⁶ *Pour une politique québécoise de l'innovation. Rapport de conjoncture 1998*, Conseil de la science et de la technologie, 1997, 73 pages (p. 46) (<<http://www.cst.gouv.qc.ca>>).

¹⁸⁷ *Op. cit.*, Ministère de l'Éducation du Québec, 1998.

Figure 2.4

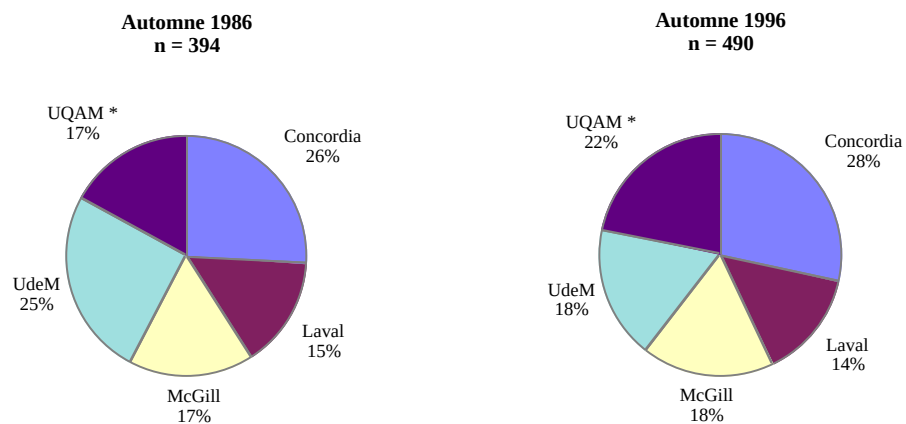
Données sur les maîtrises en informatique dans les universités québécoises

A. Évolution des inscriptions totales (1984-1996)



* informatique de gestion

B. Répartition de l'effectif étudiant entre les établissements (1986/1996)



Les faits les plus saillants de l'évolution des inscriptions sont sans doute leur diminution soutenue, de 1990 à 1995, à l'Université de Montréal et, dans le même intervalle, leur croissance rapide à l'UQAM (**figure 2.4-A**). Leur répartition, de 1986 à 1996, n'a subi, pour sa part, que des changements minimes qui ont touché principalement l'Université de Montréal, à la baisse, et l'UQAM, à la hausse (**figure 2.4-B**).

Les nouvelles maîtrises de l'Université de Sherbrooke et de l'UQTR viennent s'ajouter à celle de Laval qui était, jusque là, la seule à l'est de Montréal. Comme on l'a signalé au point 1.3.2, la clientèle de l'actuel programme de l'Université de Sherbrooke, qui a vu le jour à l'hiver 97, s'inscrivait auparavant au cheminement informatique de la maîtrise en mathématiques. En juin 1997, le nombre d'inscrits était de 27 dont la totalité provenant de ce transfert.

2.3 Doctorat

Quatre universités sont impliquées dans l'offre de programmes au troisième cycle. Les inscriptions totales, après une hausse d'un facteur de trois de 1984 à 1992, ont amorcé une descente lente jusqu'en 1996 (-14 %) (**figure 2.5 - médaillon**). L'Université de Montréal qui, jusqu'en 1988, était accompagnée de McGill et de Concordia, s'est distancée graduellement à la hausse pour représenter en 1996 plus du double des inscriptions totales, alors que les deux universités anglophones évoluaient en parallèle à compter de 1989. McGill y a cédé 12 % de sa part en dix ans (**figure 2.5-A et B**).

Laval a amorcé son offre au 3^e cycle en 1994 : il s'agit, à ce jour, de la seule université à l'extérieur de Montréal, à offrir un programme de doctorat en informatique. Rappelons que l'UQAM prépare un projet de doctorat en informatique cognitive.

Depuis 1990, les nouvelles inscriptions n'ont jamais été très élevées et ne donnent pas de signes de vouloir augmenter (**annexe III-C**). À cet égard, le nombre deux fois moins élevé de doctorants en informatique qu'en physique est révélateur : la question sera abordée de nouveau au **chapitre 3**.

2.4 Infrastructure technique

Les ressources matérielles concourent à fixer la capacité d'accueil des départements. La multiplicité et l'hétérogénéité des plates-formes imposées par la nature même de la mission de formation d'un département d'informatique sont ici à prendre en compte, mais aussi l'obsolescence rapide des équipements et des logiciels – le cycle technologique serait de 2,5 années – que les budgets actuels des départements ne permettent pas de renouveler à une cadence raisonnable. « Combien d'étudiants et de professeurs me font remarquer quasi quotidiennement la vétusté de nos appareils comparés à leur ordinateur personnel à la maison ou à ceux que les étudiants utilisent dans les entreprises au sein desquelles ils exercent le plus souvent un emploi en informatique à temps partiel (ou à temps plein !) durant leurs études ?¹⁸⁸ »

Selon certains, il faudrait assurer la disponibilité continue de fonds d'immobilisations afin de remédier à la vétusté des équipements de laboratoire par une mise à niveau à une fréquence convenable (tous les 3 à 5 ans). Certainement, un programme de soutien, similaire à celui dont a bénéficié le génie au début des années 90 pour le renouvellement des équipements, permettrait au secteur de l'informatique de souffler un peu.

Pour l'Université Concordia, la pénurie de laboratoires est, de toutes les carences, la plus préoccupante. « Sans une augmentation de la superficie de nos laboratoires, nous ne serons pas en mesure d'enseigner à un nombre accru d'étudiants, et ce, même si nous disposons de ressources supplémentaires dans tous les autres domaines¹⁸⁹. » Là encore, une source d'argent qui permettrait la création, l'agrandissement ou la modernisation de tels espaces d'enseignement serait bienvenue. Les laboratoires, dont le financement n'est pas prévu dans les subventions de recherche, n'en demeurent pas moins essentiels pour offrir aux étudiants l'occasion d'acquérir une certaine expérience concrète, ce qui va de soi en informatique.

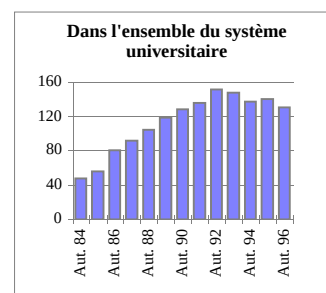
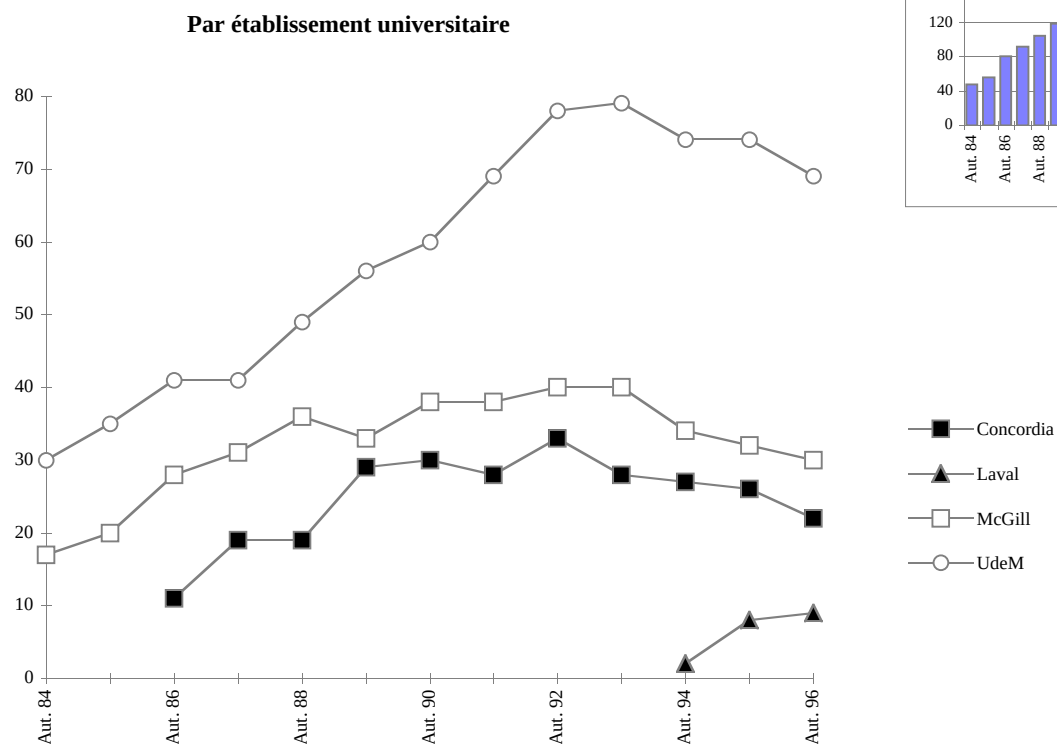
¹⁸⁸ Avis de Nadir Belkhiter, directeur, Département d'informatique, Université Laval.

¹⁸⁹ Avis de Clément Lam, directeur, Département d'informatique, Université Concordia.

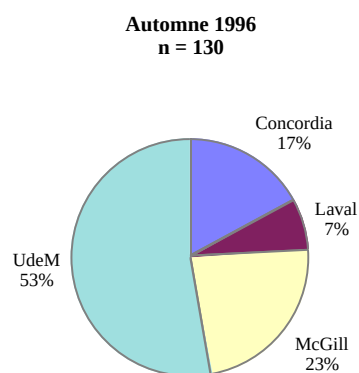
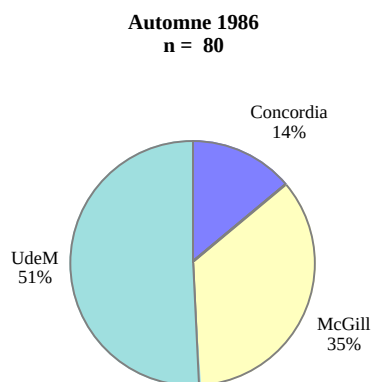
Figure 2.5

Données sur les doctorats en informatique dans les universités québécoises

A. Évolution des inscriptions totales (1984-1996)



B. Répartition de l'effectif étudiant entre les établissements (1986/1996)



2.4.1 Ressources professionnelles et techniques

On entend par ressources professionnelles et techniques les analystes qui gèrent les postes de laboratoires, les techniciens en informatique... La présence de ces personnes qualifiées en nombre suffisant pour la gestion quotidienne des laboratoires et l'encadrement technique des étudiants – elles ne sont qu'une quarantaine dans l'ensemble des départements québécois – permettrait aux professeurs de se consacrer avec plus d'utilité à leur recherche. « Par conséquent, les budgets alloués aux départements d'informatique devraient tenir compte également de ce besoin inévitable dont la satisfaction est nécessaire pour en arriver à un encadrement et à une formation pratiques de qualité¹⁹⁰. »

Ces professionnels sont fortement convoités par le secteur privé qui leur offre des salaires de 25 à 100 % supérieurs à ceux de l'université. Un bon nombre se tournent vers les États-Unis : on a même évoqué l'« hémorragie » du personnel technique vers nos voisins du sud. La généralisation de la formation continue qui permettrait à ce personnel de parfaire ses connaissances constituerait, croit-on, une mesure parmi d'autres pour prévenir son départ. Le DIRO gère une somme annuelle de 10 000 \$ pour le recyclage des personnels techniques, y compris ceux d'informatique.

¹⁹⁰ *Ibid.*

Problématique de l'effectif étudiant

La problématique de l'effectif étudiant au premier cycle est un véritable casse-tête pour qui se confine aux perspectives universitaires. Une demande importante de la part du marché (3.1) à laquelle répond une offre rigide (3.2). Cette problématique se transpose sous d'autres aspects aux cycles supérieurs (3.3). Face à cette équation qui défie autant la logique que les moyens dont les universités disposent, il y a lieu de se demander s'il n'est pas tout un pan de la demande à laquelle d'autres pourvoyeurs de formation veilleront tôt ou tard si l'université ne s'adapte pas. Celle-ci le souhaiterait qu'encore faut-il que les besoins de formation soient clarifiés, en termes de quantité mais surtout de niveau.

3.1 La demande du marché

Un cri d'alarme fuse de toutes parts devant une pénurie de main-d'oeuvre qualifiée dont on retrace l'émergence il y a cinq ou six ans. Deux mille postes seraient disponibles en informatique au Québec¹⁹¹, 20 000 au Canada et 200 000 aux États-Unis.

D'après l'*Information Technology Association of America* (ITAA), ce serait encore davantage : 346 000 emplois seraient actuellement disponibles aux États-Unis, la situation s'étant aggravée depuis 1996-1997¹⁹². Selon le président de l'Association, les compagnies doivent également considérer la candidature de diplômés ayant d'autres qualifications ou des profils dans des technologies spécifiques pour combler leurs besoins en personnel. Ce que corroborent les propos de Jean-Marc Proulx à l'effet que l'entreprise doive, à court terme, élargir son bassin de recrutement tout en assurant, dans ses murs mêmes, une intense formation post-baccalauréat.

Cette pénurie exposerait le Québec à un risque économique réel en plaçant l'industrie devant une alternative de tous les côtés guère reluisante : ou elle importe la main-d'oeuvre, ou elle exporte le travail¹⁹³. En amont, il faut rappeler que la présence d'une main-d'oeuvre qualifiée est un critère déterminant pour le lieu d'implantation d'une entreprise. Compte tenu des avantages économiques considérables que confère un solide bassin technologique dans le domaine, il est indéniable que l'évolution de la société et la mondialisation des échanges commandent l'accroissement tant du volume que de la qualité de l'expertise informatique du Québec.

Alors que certains évoquent une pénurie conjoncturelle, d'autres assurent qu'il s'agit d'un problème structurel qui, par définition, promet de durer.

Pour d'autres observateurs, enfin, il n'y aurait pas tant pénurie globale que rareté de certains profils de spécialistes, soit que ceux-ci sont d'avance peu nombreux – par exemple, en design et en architecture, en analyse et en gestion de projets –, soit que le développement ou le maintien d'anciennes technologies, tel que l'impliquent certains emplois, n'intéresse pas les recrues. De là, pénurie inévitable de certains types de spécialistes.

Par ailleurs, on a souligné le discours équivoque de l'industrie quant à la nature des emplois à pourvoir et au niveau de qualification, collégial ou universitaire, qu'elle recherche. Dans un autre registre, privilégierait-elle la candidature de personnes immédiatement opérationnelles et dotées de connaissances extrêmement pointues, ou celle de personnes acquises aux concepts fondamentaux et solidement formées qui recevraient,

¹⁹¹ *La Presse*, 27 novembre 1997, cité dans Sistech (<<http://www.sistech.qc.ca/archive.html>>).

¹⁹² *Edupage*, 27 janvier 1998 (<<http://webserv.educom.edu/edupage/edupage>>).

¹⁹³ Lionel P. Hurtubise (président du conseil de Communications Ericsson), cité dans « La pénurie de main-d'oeuvre risque de nuire au Québec », *La Presse*, 29 octobre 1997.

une fois dans l'entreprise, une formation sur mesure. Il semble, par ailleurs, que l'industrie soit en quête à la fois de personnes connaissant bien l'architecture et d'autres aptes à la résolution de problèmes, bref, d'employés formant ensemble des équipes compétentes. Aujourd'hui, la palme irait de plus en plus à des personnes dotées de connaissances approfondies et d'une structure théorique de base, pourvues d'un esprit créatif et d'initiative, capables de s'intégrer dans une équipe de programmation en vue d'un objectif commun. Les présidents d'entreprises et leurs vice-présidents responsables de l'embauche tiennent à ce sujet un discours contradictoire.

L'incertitude quant aux besoins du marché n'est pas l'apanage de l'informatique, comme en témoigne ce passage à portée générale : « [...] ni les étudiants, ni les enseignants ne savent exactement quelles sont les compétences que recherchent les employeurs actuels. À cet égard, les employeurs eux-mêmes paraissent embêtés et semblent en être encore au point où les cadres supérieurs déclarent avoir besoin de bons penseurs ayant une formation générale, tandis que les recruteurs au service du personnel de la même entreprise, et qui répondent aux besoins des gestionnaires à l'égard de postes précis à combler, insistent par-dessus tout sur des connaissances spécialisées¹⁹⁴. »

D'autre part, on peut déplorer « l'insuffisance des moyens pour évaluer les besoins réels de main-d'oeuvre des entreprises et les faire connaître aux décideurs du système d'enseignement. Les gouvernements, tant canadien que québécois, ne disposent pas des outils qui leur permettraient de savoir avec un minimum de fiabilité si les déséquilibres actuels ou appréhendés dans les divers marchés professionnels constituent un problème majeur¹⁹⁵. » Hormis certaines industries – aéronautique, pharmaceutique et des biotechnologies – qui se sont organisées pour cerner leurs besoins et y répondre, « [...] les employeurs ne se sont pas donné les moyens d'évaluer et de transmettre sur une base cohérente et articulée leurs besoins à venir en matière de main-d'oeuvre hautement spécialisée. »

Depuis 1996, des démarches de sensibilisation ont été entreprises par le CRIM, conjointement avec DMR, l'Université de Montréal et CAE Électronique auprès du ministère de l'Éducation et du ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie (MICST). Un projet déposé au Sommet sur l'économie et l'emploi préconise deux actions sans délai, l'une visant à enrayer la désinformation chez les jeunes du secondaire II et III, l'autre à recycler rapidement vers l'informatique les bacheliers qui désirent réorienter leur carrière.

Le président et directeur général de l'Association de la recherche industrielle du Québec, Claude Lemay, également chef de la direction d'Alis Technologies, confiait dans une entrevue accordée à La Presse¹⁹⁶ que le système d'éducation était en partie responsable du désintérêt des jeunes pour des études scientifiques. Afin de sensibiliser la relève potentielle aux professions dans ce domaine porteur d'emploi, les Éditions *Ma carrière* et la Fédération informatique du Québec (FIQ) ont publié en janvier 1998 la première édition du guide « Les Carrières de l'informatique et des technologies de l'information ». Ce guide présente les nombreux domaines où intervient l'informatique – imagerie médicale, animation 3D, gestion de systèmes, cryptographie – et l'éventail de fonctions exercées par les informaticiens. Il est largement distribué dans les écoles secondaires, les cégeps et les universités, ainsi que dans les Centres de Travail Québec et les Centres de ressources humaines du Canada.

Il faut dire que l'informatique est affligée d'une fâcheuse réputation : on imagine volontiers ses adeptes dépenaillés et dont le teint blafard trahit les soirées interminables, sinon les nuits entières qu'ils passent rivés à leur écran. Et, comme le confiait Jean-Marc Proulx, ancien président du CRIM et actuel vice-président recherche et développement de DMR dans une entrevue diffusée sur les ondes de la radio de Radio-Canada en novembre 1997, « ...accompagnés d'un sandwich vieux de quelques jours ». Bref, des personnes se plaisant davantage en la compagnie de leur « machine » que de leurs congénères et décrits comme pauvrement pourvus sur le plan interpersonnel. Tel que l'aura noté elle-même la sous-commission

¹⁹⁴ *Rapport. Commission d'enquête sur le système universitaire au Canada*, AUCC, 1991, 199 pages.

¹⁹⁵ *Pour une politique québécoise de l'innovation. Rapport de conjoncture 1998*, Conseil de la science et de la technologie, 1997, 73 pages (p. 43) (<<http://www.cst.gouv.qc.ca>>)

¹⁹⁶ *La Presse*, 27 novembre 1997, cité dans Sistech.

sur le génie pour la profession en général, et le génie informatique en particulier, les capacités d'expression écrite et orale de ces diplômés appelés à interagir fréquemment avec fournisseurs et clients-utilisateurs, de même qu'au sein d'équipes d'analystes et de programmeurs, demandent à être améliorées. L'homme d'affaires ajoute ailleurs que « les gens pensent encore que c'est un métier d'exécutant¹⁹⁷ ».

Cette perception est tout à fait imméritée et la profession ne peut que gagner à être démythifiée : les étudiants et les professeurs universitaires sont les premiers interpellés par un tel exercice. Des initiatives en ce sens ont déjà été réalisées : ainsi, le DIRO organisait en février 98 une journée de visite pour les étudiants de polyvalentes afin qu'ils prennent, aux premières loges, le pouls des activités de laboratoire.

3.2 L'offre universitaire

C'est à l'université qu'on situe la source de cette pénurie de main-d'oeuvre en informatique, laquelle tiendrait, notamment, aux limites de la capacité d'accueil des institutions faute d'équipements, de ressources techniques et de professeurs, trois défauts qui iraient, pour certains, jusqu'à freiner le développement de la formation universitaire en informatique.

La saturation du marché de l'emploi, il y a cinq ou six ans, devait entraîner une diminution concomitante de la demande de formation universitaire dans le domaine. Après un temps de latence typique de quelques années par rapport au développement du marché, la demande s'est faite à nouveau sentir récemment de la part, notamment, d'étudiants d'autres disciplines venus compléter leur formation initiale; on prévoit qu'elle rejoindra, d'ici quelques années, les niveaux record des années 85-86. Rappelons qu'en 1996, environ 4 500 demandes avaient été déposées pour le premier cycle, dont 40 % devaient se voir refusées.

La stabilité actuelle des inscriptions ne découle donc pas d'une stagnation de la demande, mais du contingentement forcé de certains départements : il s'agit véritablement d'un « goulot d'étranglement¹⁹⁸ ». On doit signaler toutefois que, dans certaines universités, le contingentement est difficilement comblé et que cela peut porter à une plus grande indulgence à l'admission.

Des membres de la sous-commission ont insisté sur le fait que l'université avait pour but premier de pourvoir une formation fondamentale qui laisse place aux concepts abstraits – non seulement aux applications – et de munir les spécialistes ainsi formés des outils et des capacités pour s'adapter aux besoins rapidement changeants du marché, une « immunité anti-déqualification » en quelque sorte. Un savoir-faire pour la manipulation des systèmes et outils informatiques et l'apprentissage du travail en équipe sont certes utiles aux informaticiens dans le domaine de la R & D de l'industrie informatique, mais ils doivent posséder avant tout une solide culture informatique et mathématique pour participer efficacement et de façon créative au développement de projets de haute technologie.

Voilà un cas type de « boucle infinie ». Cette clé – l'augmentation de l'effectif étudiant réclamée par l'industrie – n'ouvre pas toutes les serrures. L'ouverture absolue des écluses universitaires, l'affranchissement de toute exigence à l'admission, voire la création de nouveaux programmes, ne résoudront pas tout problème.

En effet, cette limitation – d'équipements, de professeurs et plus généralement, de ressources – pour réelle et puissante qu'elle soit, ne peut faire oublier qu'il n'y a qu'un nombre limité de personnes aptes à entreprendre, à poursuivre et surtout, à conclure avec succès et utilité de telles études universitaires. L'augmentation du corps professoral en proportion de la demande et l'accroissement des surfaces et des équipements de laboratoire de sorte à créer des conditions d'accueil intégral ne changeraient rien à cette donnée fondamentale. Néanmoins, les partisans d'une plus grande ouverture des portes et ceux du maintien d'un strict contingentement se rendront à l'évidence que le fond de la question... et de la solution réside ailleurs.

¹⁹⁷ Pierre Lacerte, *Les nouveaux maîtres du monde*, Affaires plus, mai 1997, p. 30-36.

¹⁹⁸ Avis de Clément Lam, directeur, Département d'informatique, Université Concordia.

Trop souvent, on tend à apporter à une telle situation où l'équilibre semble rompu entre les besoins immédiats du marché de l'emploi et les besoins à long terme du développement scientifique et technologique, des réponses conçues à l'intérieur des structures universitaires classiques, par exemple, la croissance de la taille des départements d'informatique ou l'augmentation des contingents dans les programmes de premier cycle. Or, « les universités sont bien autre chose que des services aux entreprises; elles ont leur mission propre, leur logique de fonctionnement et de développement¹⁹⁹. » Ainsi, la croissance des unités académiques est soumise à des règles qui sont inadaptées pour répondre à une demande de diplômés rapide et dont la récurrence n'est pas assurée. À savoir, une patience dans l'embauche puisqu'elle engage les trente années suivantes et implique un investissement de quelques millions, la nécessité d'offrir un profil de carrière attrayant qui implique une intégration, dès les premières années, à des activités de recherche compétitives, etc. De là, la contradiction permanente de la situation qui réclamerait, plutôt, des solutions de fond, à long terme, plus pragmatiques et plus appropriées à la problématique, notamment des formes de contrats souples, temporaires, avec des descriptions de tâches différentes.

3.2.1 Solutions

Une voie alternative à cette impasse apparente serait de puiser dans le pool « conjoncturel » des diplômés en sciences et génie qui ne bénéficient pas tous de perspectives d'emploi aussi enviables que leurs collègues d'informatique, mais chez lesquels on est en droit d'espérer accomplie la formation de l'esprit scientifique et acquise une maturité intellectuelle, par leur âge d'abord, par la conclusion d'un cycle universitaire, ensuite.

On a salué à diverses reprises, au cours des travaux de la sous-commission, l'intérêt d'une formule telle que proposée par l'Université Concordia – un diplôme de deuxième cycle d'une durée d'un an (mais que la plupart des étudiants terminent en 18 mois), le seul en son genre au Québec – pour valoriser, en le requalifiant, ce bassin de compétences sousexploitées. Bien entendu, ces programmes ne peuvent prétendre engendrer des « informaticiens » stricto sensu, la sous-commission a tenu à le souligner, mais, chose certaine, ils peuvent, en bonifiant une formation initiale, accroître les chances des diplômés d'obtenir un emploi dans leur domaine initial d'études ou de conjuguer avec profit leurs deux formations : en contrepartie, ces diplômés pourront contribuer à résorber la pénurie de main-d'œuvre dans le secteur. « Il n'est pas négligeable pour un informaticien de connaître des domaines autres que le sien propre : les spécialisations courantes se retrouveraient surtout du côté des sciences et génie, ainsi que de la gestion²⁰⁰. »

Cinquante-cinq pour cent des 60 étudiants nouvellement inscrits au diplôme de Concordia en 1997 viennent de génie et un quart, d'autres disciplines scientifiques (mathématiques, physique...). Le programme est constitué de cours de base fusionnés (4 crédits / 4 heures) et de cours gradués, équivalant à un tronc commun avec valeur ajoutée. Là, comme au baccalauréat, on se bouscule au portillon. Seul le tiers des demandes de détenteurs de doctorat, soit 13, ont été accueillies en 1997. Les admissions y ont doublé depuis quelques années pour atteindre une centaine aujourd'hui. Soixante pour cent de ces étudiants font valoir une ou deux maîtrises, et près du quart un doctorat. Les femmes représentent un peu moins de 30 % de l'effectif.

La situation est quelque peu différente ailleurs : la majorité des étudiants du D.E.S.S. en informatique appliquée de l'UQAC, créé en janvier 1996, travaillent déjà comme professionnels de l'informatique dans des entreprises de la région.

Une enquête réalisée en 1997 par le Département d'informatique de l'Université Laval auprès d'une centaine d'étudiants des deuxième et troisième années du baccalauréat, révélait que la moitié s'inscrirait volontiers à un D.E.S.S. avec concentration en génie logiciel axé sur les cours. Cet intérêt supporte le projet de création d'un tel programme dans l'établissement puisque « il semble que cela réponde à un besoin réel de la société en matière de formation continue de niveau supérieur²⁰¹. »

¹⁹⁹ *Op. cit.*, Conseil de la science et de la technologie, p. 40.

²⁰⁰ Guy Fréchet, *La spécificité de la discipline informatique. Essai de reconnaissance du champ professionnel*, allocution présentée en juin 1995 (<<http://www.crim.ca/APIIQ/rapports/specinf.html>>).

²⁰¹ Document de présentation du département d'informatique de l'Université Laval, soumis à la sous-commission.

Dans une étude publiée au début 98²⁰², le MEQ suggérait lui-même aux employeurs et au Gouvernement du Québec d'examiner « la possibilité de mettre des cours de formation en informatique à la disposition des diplômés des disciplines connexes qui sont en chômage », une mesure susceptible d'accroître rapidement le bassin de personnel qualifié en informatique.

C'est d'ailleurs ce qu'a entrepris de faire, avec succès, le programme O-Vitesse (pour *Ottawa-Carleton Venture in Training Engineers and Scientists for Software Engineering*), lancé au moins de novembre 1996 pour répondre à la pénurie de main-d'oeuvre en génie logiciel dans la région d'Ottawa-Carleton²⁰³. En janvier 98, la première moisson de candidats retenus, soit quarante diplômés universitaires en sciences et en génie, entamaient un programme intensif de seize mois comprenant deux périodes d'étude et deux de travail. Ce programme est le fruit d'un partenariat entre le CNRC qui en coordonne les activités, les universités (universités de Carleton et d'Ottawa) et l'industrie (entre autres, Nortel, Newbridge, Cognos, Computing Devices Canada et ObjecTime).

Les diplômés de premier cycle en sciences et génie connaissent des taux de placement susceptibles d'être améliorés²⁰⁴: c'est le cas, déjà mentionné, de ceux de physique avec 74,3 %. Certains génies ne s'en tirent pas mieux à ce chapitre et à ce cycle : le génie unifié (64,9 %), la géodésie-arpentage (70,9 %), le génie physique (74,6 %), le génie civil (70,7 %), pour lequel génie la difficulté se maintient aussi à la maîtrise (77,3 %), enfin, le génie minier (83,3 %). C'est à ceux-ci que s'adresseraient de tels programmes puisque « avec une rapide formation complémentaire, plusieurs diplômés des disciplines connexes pourraient travailler dans le développement des logiciels, surtout ceux relatifs aux domaines de leurs études²⁰⁵. »

À une autre échelle, l'offre d'une mineure forte en informatique ajouterait aux perspectives de placement des diplômés dans leur formation initiale. Dans toutes les universités, les étudiants inscrits à une majeure dans une autre discipline, par exemple, en mathématiques, chimie, biologie ou physique, peuvent déjà la compléter par une mineure en informatique. De plus, on a suggéré rien de moins que d'ouvrir largement l'admission en première année, une solution immédiatement productrice d'un output plus élevé mais, en même temps, très coûteuse et sans garantie de qualité.

Une hypothèse alternative serait la levée de tout empêchement à la création de programmes de premier cycle. L'UQAC, qui offre déjà un baccalauréat en informatique de gestion, envisage justement la création d'un baccalauréat en informatique car « en réussissant à former des étudiants de plus et en accroissant le nombre d'étudiants, particulièrement dans certaines universités, la mesure aura pour effet d'augmenter le nombre de diplômés à l'échelle du Québec²⁰⁶. »

Si attrayante et immédiate soit-elle, l'ouverture de nouveaux programmes comporte un certain risque dans un contexte où le recrutement et la rétention des professeurs s'avèrent difficiles : comment, dans ces circonstances, garantir la qualité des programmes ? Une solution résiderait dans la concentration des nouvelles embauches, et par conséquent, des nouveaux programmes là où préexiste une concentration suffisante de professeurs. En contrepartie, ce serait augmenter la difficulté à rejoindre l'ensemble du bassin de recrutement, un bassin qui, pour d'aucuns, est loin d'être épuisé et que des mesures orchestrées permettraient de drainer en faveur de l'informatique.

L'aide gouvernementale pourrait passer par le support à l'équipement et aux infrastructures, et probablement par un financement à 100 % des nouvelles clientèles. À l'heure actuelle, les coupures budgétaires sont imputées sans nuance entre les départements – la direction ne pouvant privilégier un

²⁰² *Sciences de l'informatique et disciplines connexes par les universités québécoises*, Ministère de l'Éducation du Québec, 14 janvier 1998.

²⁰³ <http://www.corpserv.nrc.ca/corpserv/n_main_f.html>. Il faut noter que cette phase fait suite à une première réunissant le CNRC et Mitel Corporation. La plupart des dix candidats sélectionnés à cette occasion ont été embauchés par la compagnie à l'issue du programme. Les critères de sélection sont les suivants : a) avoir des connaissances de base en informatique; b) avoir obtenu d'excellentes notes en sciences ou en génie et c) ne pas posséder de diplômes en informatique ou en génie logiciel.

²⁰⁴ Marc Audet, *Qu'advient-il des diplômés des universités ? La promotion de 1992*, Gouvernement du Québec, 1995 (674 pages)

²⁰⁵ *Ibid.*, Ministère de l'Éducation du Québec, 1998.

²⁰⁶ Avis de Antonin Tremblay, directeur, Département d'informatique et de mathématique, UQAC.

domaine au détriment d'autres –, une pratique uniformisante qui fragiliserait les universités devant le changement et l'avenir. Dans un contexte de précarité généralisée, « les secteurs en pleine croissance ne peuvent que souffrir de la pénurie des ressources et de l'extraordinaire difficulté que l'on éprouve à réorienter les ressources vers une autre discipline²⁰⁷. »

Pour certains, l'essor international de la discipline, son impact sur la société québécoise et ses retombées sur l'économie iraient jusqu'à justifier la création d'écoles d'informatique dans la province²⁰⁸. Le financement gouvernemental actuel des universités est global et il revient à chaque université d'établir ses priorités institutionnelles et son plan de développement. Règle générale, les universités ont toujours préféré ce mode d'allocation qui leur confère des marges d'initiative et de responsabilité. Cela n'empêche pas la création de programmes de financement comme ceux qu'on a connus lors de la création du CRIM et des autres centres de transfert.

Enfin, malgré les problèmes rencontrés aujourd'hui par l'université, on estime préférable qu'elle s'impose comme lieu unique de formation en science informatique sous peine de voir des entreprises de tout acabit s'installer dans les lacunes créées par son désinvestissement.

3.3 Recrutement et rétention des étudiants aux cycles supérieurs

L'Université éprouve de la difficulté à recruter des candidats aux cycles supérieurs en informatique et lorsqu'elle y parvient, à les retenir alors que l'industrie les aspire à la manière d'un siphon. Il faut dire que la majorité des étudiants du premier cycle considèrent le baccalauréat comme une formation terminale; il faut dire aussi que les salaires que fait miroiter l'industrie sont enviables : un salaire initial allant de 34 à 40 000 dollars et dépassant souvent, après deux ou trois ans à peine, 50 000 dollars²⁰⁹. La rareté de la main-d'oeuvre qualifiée fait en sorte que les salaires, déjà très élevés, grimpent rapidement, en fait, plus rapidement que dans tout autre secteur : en 1996, on a enregistré une hausse salariale de 4,5 % dans le secteur de l'informatique, en comparaison de 2,2 % dans le secteur public et de 2,9 % en moyenne dans le secteur privé²¹⁰.

Nul n'est en mesure de prescrire un seuil absolu de fréquentation, idéal ou souhaitable, aux cycles supérieurs. Après tout, il y a plus d'étudiants à la maîtrise en informatique qu'en mathématiques et presque autant au doctorat. À la maîtrise, les nouvelles inscriptions de 1990 à 1996 sont une fois et demie plus élevées dans la première que dans la seconde, bien que, soulignons-le, la situation s'inverse au doctorat. Toutefois, même si, en valeur absolue, le nombre de diplômés aux cycles supérieurs est en augmentation et même supérieur à celui en mathématiques, l'**annexe IV-A** indique qu'en 1994, le pourcentage de diplômés du baccalauréat et de la maîtrise en informatique traversant au doctorat est systématiquement moitié moindre de celui en mathématiques (et le tiers de celui en physique). En d'autres termes, les cycles supérieurs en informatique constituent un entonnoir si efficace que 2,4 % seulement des diplômés du baccalauréat ont complété leur doctorat²¹¹, une porte d'entrée sur la carrière académique.

Cette déperdition spectaculaire à travers les cycles universitaires qui traduit, d'une part, l'attraction presque irrésistible du secteur privé, d'autre part, le caractère peu invitant d'une carrière académique, compromet gravement la capacité des départements à générer des candidats professeurs pour le renouvellement de l'effectif professoral *in situ* d'abord, dans le bassin québécois ensuite. Si une vocation de professeur-chercheur ne se commande pas, il serait très malvenu de ne pas susciter des prédispositions, et pire, de les décourager (voir **chapitre 5**).

²⁰⁷ Avis de Clément Lam, directeur, Département d'informatique, Université Concordia.

²⁰⁸ Avis de Nadir Belkhiter, directeur, Département d'informatique, Université Laval.

²⁰⁹ Pierre Lacerte, *Les nouveaux maîtres du monde*, Affaires plus, mai 1997, p. 30-36.

²¹⁰ Pierre Lacerte, *ibid.*

²¹¹ Comparativement à 5,3 % pour les mathématiques et à 37,4 % pour la physique.

Le support financier gouvernemental étant ce qu'il est et au regard de leurs brillantes perspectives d'emploi, les étudiants en informatique, dont on comprend l'empressement à atteindre une autonomie financière, ne sont pas particulièrement enclins à poursuivre des études supérieures. « À une certaine époque, les bourses d'études supérieures équivalaient à une proportion considérable du salaire de départ moyen d'un diplômé de 1^{er} cycle et n'étaient pas imposées. De plus, les frais de scolarité étaient faibles (*ils demeurent toutefois moins élevés au Québec que dans les autres provinces canadiennes*). Les étudiants admissibles aux études supérieures pouvaient donc poursuivre leur formation sans subir de grandes pertes financières. Toutefois, ces bourses [...] n'ont guère augmenté au cours des cinq dernières années. Elles équivalent aujourd'hui à un niveau de rémunération inférieur au seuil de pauvreté et sont imposables²¹². » Cela sans compter le fardeau de l'endettement accumulé dès le cégep. Tout étudiant aux cycles supérieurs, peu importe sa discipline, se reconnaîtra sans trop de peine dans cette description.

Pour plusieurs diplômés, l'aridité du milieu de travail peut inciter, par un effet contraire, à la poursuite d'études supérieures, quoique l'argent demeure un sujet central de préoccupation; pour d'autres, tels les diplômés d'informatique, l'attraction puissante que ce même milieu exerce peut les en détourner. Le président du CRSNG concluait, devant ce constat, à la nécessité de majorer les bourses d'études supérieures d'au moins le quart, de même pour la rétribution maximale consentie aux étudiants de deuxième et troisième cycles à même les subventions de recherche des professeurs d'université et la valeur des bourses postdoctorales. Cela ne suffira sans doute pas à conjurer la « fuite » des étudiants vers l'industrie, mais ce sera un point de gagné.

« Dans la même lignée, n'y aurait-il pas lieu d'envisager la mise en place de mécanismes qui oeuvreraient à la création et à la consolidation de liens entre les départements d'informatique et les industriels ?²¹³ » À cette fin, l'industrie pourrait cofinancer des bourses supérieures avec le gouvernement.

Le Discours sur le budget 1998-1999 comporte une mesure favorable à la rétention des étudiants aux cycles supérieurs, susceptible de s'appliquer au secteur de l'informatique, et plus généralement, à celui des technologies de l'information (TI), soit un programme de bourses d'excellence de doctorat dans « des secteurs prioritaires pour l'industrie », développé par le Fonds pour la formation des chercheurs et l'aide à la recherche, en partenariat avec l'industrie, et totalisant 4,5 millions de dollars sur deux ans.

3.4 Liens avec l'industrie en matière de formation

D'importantes entreprises étrangères en TI se sont implantées au Québec et des compagnies d'ici s'y sont épanouies. Il faut y ajouter les PME en informatique et d'autres compagnies, plus traditionnelles, qui s'engagent ou poursuivent le virage de l'informatisation. L'informatique est, sans conteste, des disciplines représentées à la sous-commission MIP, celle qui s'ancre le plus directement dans le développement industriel.

Les collaborations de l'université avec l'industrie se sont multipliées, allant de la participation de la première à la formation et au recyclage des personnels de la seconde, jusqu'à la conduite conjointe de projets de recherche.

Une solution idéale pourrait résider dans des projets alliant entreprises et universités et dont ces dernières doivent prendre l'initiative pour ne pas être écartées, puis distancées par le secteur privé. Depuis 1986 déjà, DMR a son propre « Institut » servant à former ses employés. « Traditionnellement, les "connaissances" étaient l'affaire des universités et des associations professionnelles, lira-t-on dans la documentation du Groupe. Or, comment une *entreprise* fait-elle pour gérer son capital de connaissances pratiques et son savoir-faire ?, etc.²¹⁴. » On apprenait, en novembre 1997, que DMR entendait utiliser les locaux du Campus Fort St-Jean pour établir une « université corporative » aux fins de la formation de son personnel.

²¹² Thomas A. Brzustowski, président, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), *Miser sur la jeune génération*, présentation au Conseil permanent des finances (<<http://www.nserv.ca/news/prefinfr.htm>>).

²¹³ Avis de Nadir Belkhiter, directeur, Département d'informatique, Université Laval.

²¹⁴ <<http://www.dmr.com/francais/asaceo/organizbus.html>>

Jamais ne saurait-il y avoir correspondance parfaite entre la formation et l'emploi, et on s'entend que de laisser seul le marché de l'emploi régir le système universitaire pourrait se révéler catastrophique. On doit reconnaître, en revanche, que si l'enseignement supérieur et le marché de l'emploi sont a priori autonomes, évoluant conformément à une dynamique propre, ils sont inextricablement liés par le seul fait qu'un diplômé universitaire devra trouver sa place dans ce marché. À l'évidence, l'industrie et l'université auraient tort de s'ignorer réciproquement, bien que l'une et l'autre ne peuvent se substituer en matière de formation.

Bien que la responsabilité ne lui revienne pas entière, c'est l'industrie qui, pour l'heure, dispose de la marge de manoeuvre la plus franche et elle peut certainement aider à proposer et à mettre en oeuvre des solutions qui pourraient revêtir diverses formes.

Un partenariat accru avec l'industrie pourrait prendre, en premier lieu, la voie de chaires industrielles qui assurent le financement de programmes de formation et de recherche, étant entendu que les départements d'informatique y conserveraient un contrôle essentiel. Grâce à ces structures, de jeunes professeurs peuvent bénéficier d'un allègement de leur tâche d'enseignement leur permettant de consacrer plus d'énergie à leur programme de recherche, dans la mesure, bien entendu, où certains de ses objectifs convergent vers ceux de l'industrie.

En deuxième lieu, des experts dans les entreprises pourraient posséder les qualifications requises pour donner des cours d'informatique à tous les cycles et certains pourraient même être intéressés à enseigner à temps partiel. Cela suppose, toutefois, que l'industrie soutienne et encourage son personnel en lui accordant le temps libre nécessaire à la préparation des cours. N'est-il pas dans l'intérêt des employeurs que les universités forment un plus grand nombre d'informaticiens. Ce recours aux spécialistes de l'industrie se ferait hors d'une structure d'embauche permanente. C'est ce qu'envisage la maîtrise interuniversitaire en génie logiciel offerte par l'UQAM, l'INRS-Télécommunications et l'ETS qui, par sa nature professionnelle, vise les liens les plus étroits possibles avec le milieu industriel, tant pour les projets de fin de maîtrise que pour ce qui est des interventions ponctuelles de praticiens dans les cours. À Laval, on compte développer le volet pratique de la formation de premier cycle, non seulement en ajoutant un troisième stage en milieu de travail, mais aussi « en impliquant davantage dans nos cours les professionnels de l'informatique qui oeuvrent sur le marché du travail²¹⁵ ».

En troisième lieu, la contribution de l'entreprise privée au financement de la création de programmes de formation spécialisée. À l'appui, on citera le modèle du génie aérospatial offert en liaison avec des entreprises aérospatiales de la région de Montréal, lesquelles, ce faisant, contribuent financièrement à la formation d'ingénieurs spécialisés en aéronautique. Ce modèle est intéressant : avec la collaboration du Centre d'adaptation de la main-d'oeuvre aérospatiale au Québec (CAMAQ), les universités et les entreprises ont établi un comité industries/universités (CIMGAS) dont les principales fonctions sont de trouver et d'approuver les stages et les cours d'études de cas et de proposer, s'il y a lieu, des modifications au programme afin de s'assurer qu'il réponde aux besoins de l'industrie. Pour sa part, le comité interuniversitaire du génie aérospatial (CIGA), composé du responsable du programme de chaque université participante, voit à la gestion des études, définit la capacité d'accueil, assure l'harmonisation des démarches d'admission, veille à la progression des étudiants, s'assure de la qualité des cours d'études de cas et de celle des stages et, enfin, prévoit les améliorations académiques du programme.

Un projet similaire était tenté, en 1990, pour la maîtrise professionnelle en génie logiciel mentionnée plus haut, qui devait réunir une quarantaine d'entreprises et des universités. D'ici les deux prochaines années, les efforts reprendront pour un partenariat plus large, du moins à l'échelle interuniversitaire.

Seules les grandes firmes privées en informatique (DMR, CGI, LGS, NCR, etc.) ou oeuvrant dans le domaine de la haute technologie (Bombardier, CAE Électronique, Bell, etc.) ont les moyens de participer à de tels programmes, des compagnies qui doivent être convaincues de la nécessité d'agir sans délai et d'injecter l'argent nécessaire dans les départements d'informatique.

²¹⁵ Document de présentation du département d'informatique de l'Université Laval, soumis à la sous-commission.

De façon générale, on accueille favorablement l'idée d'une plus grande participation de l'industrie à la formation et à la recherche universitaire malgré une certaine crainte de l'influence qu'elle pourrait exercer sur le choix des thèmes de recherche et donc sur la formation. Certains impératifs industriels se marient mal avec la culture académique : recherche orientée vs recherche libre, confidentialité des projets de recherche et de leurs résultats vs circulation sans entrave des données, finalités « mercantiles » vs finalités de l'enseignement supérieur.

Sans pour cela vouloir transformer les universités en centres de recherche industrielle, le CRSNG estime que « l'établissement de liens plus étroits entre les universités et les autres secteurs crée de multiples occasions intéressantes pour ceux et celles qui ont le désir et l'intérêt d'y participer, [...] à long terme, l'existence d'une communauté de recherche universitaire et industrielle dynamique rehaussera non seulement les perspectives d'emploi pour les diplômés, mais également les perspectives de la recherche en général²¹⁶. »

On a souligné combien, pour ce qui est des partenariats avec l'industrie, le génie avait été de loin plus dynamique que l'informatique, au risque pour celle-ci « de se faire damer le pion » à ce chapitre. Il faut préciser, toutefois, que le génie a pour lui une tradition développée sur plusieurs décennies et que le temps devrait permettre à l'informatique d'en faire tout autant.

Enfin, afin d'assurer la convergence de la demande et de l'offre, l'état québécois, à l'instar de l'état américain, devra inévitablement intervenir dans ce dossier et entrevoir rapidement la mise sur pied d'une table de concertation réunissant l'industrie des TI, les universités, les partenaires du secteur de l'enseignement et les instances gouvernementales afin de développer une stratégie concertée de développement. On a même dit espérer de la part du gouvernement québécois un « virage informatique » de l'ampleur de celui entrepris par le ministère de la Santé et des Services sociaux. Dans son rapport publié en décembre 97, le Conseil de la science et de la technologie soumet au gouvernement québécois cinq recommandations, dont celle « qu'il assume ses responsabilités quant à la formation des ressources humaines, au développement de la base de recherche, à la culture de l'innovation et au régime fiscal et réglementaire²¹⁷. »

3.5 Activités conjointes CRIM - Universités

Inauguré en 1985, le Centre de recherche informatique du Québec (CRIM) se définit comme un centre de recherche-développement, de transfert, de liaison, de formation et de valorisation unique au Québec dans les secteurs de pointe des technologies de l'information et des applications de l'informatique. Depuis sa création, il a été en lien avec des sociétés, des gouvernements et des organismes de recherche en Amérique et en Europe, grâce à de nombreux projets communs.

Organisme sans but lucratif, le CRIM est financé par ses membres, ses activités contractuelles (à plus des deux tiers) et le gouvernement du Québec dont la contribution représente 23 % de son budget annuel de 18 M\$ pour 1996-1997. Le Centre compte 94 membres corporatifs dont dix universités, un membership censé illustrer « l'importance capitale qu'il accorde à la qualité des liens entre l'industrie et le milieu académique du savoir et de la recherche²¹⁸ ».

Ses activités de R & D, regroupées dans cinq unités technologiques²¹⁹, sont essentiellement axées sur le transfert. Le CRIM compte également quatre divisions²²⁰ très actives, dans des créneaux très spécifiques, au pays et à l'étranger.

²¹⁶ *Alliances pour le savoir, Maximiser l'investissement en recherche universitaire*, CRSNG (<<http://www.nserc.ca/pubs/allian.htm>>)

²¹⁷ *Op. cit.*, Conseil de la science et de la technologie, 1997, p.52.

²¹⁸ Yves Sanssouci, *Le CRIM, composante incontournable d'une technopôle des TI*, Action Canada-France, 2^e trimestre 1997.

²¹⁹ Les cinq unités de R & D du CRIM sont les suivantes : Méthodes et outils de développement logiciel; Interactions personnes-systèmes informatisés; Systèmes à base de connaissances; Télécommunications et systèmes distribués; Applications des inforoutes.

²²⁰ Le Centre de génie logiciel appliqué (CGLA), le Réseau interordinateurs scientifique québécois (RISQ), coeur de l'Internet au Québec et cofondé avec les « principales » universités québécoises, le Centre d'expertise et de services en applications multimédias (CESAM) qui regroupe quinze entreprises clés dans le domaine et enfin, CRIM Formation.

Le programme CRIM-Universités, créé en 1996, a pour but de « contribuer à la relève en technologies de l'information et de renforcer davantage les liens avec ses membres universitaires²²¹ ». De bon droit, les bourses sont attribuées à des étudiants inscrits aux études supérieures dans les universités membres pour des projets reliés à des thématiques privilégiées par le CRIM, telles que représentées par ses cinq unités de R & D, et « dans le but de bien répondre aux objectifs visés par le programme, il sera nécessaire que les propositions de projet soient formulées en collaboration avec les chercheurs du CRIM. »

Le budget du programme totalise environ 175 000 \$ dont la quasi-totalité a été, en 1996, distribuée sous forme de bourses à 22 étudiants. En raison de son succès, le programme a été reconduit pour 1997-1998. Par ailleurs, le CRIM travaillerait à l'élaboration d'un autre programme pouvant atteindre 100 000 \$ pour un projet mettant en jeu l'utilisation des nouvelles technologies dans l'enseignement universitaire²²².

3.6 Contributions gouvernementales

On a suggéré d'augmenter les sources de financement gouvernementales pour la recherche en informatique, par exemple, une image miroir du FCAR sous forme d'un fonds spécial qui serait réservé à l'informatique ou, plus largement, aux sciences appliquées. « L'informatique n'a-t-elle pas, et n'est-elle pas appelée à avoir, autant sinon plus d'impact sur la société et l'activité économique au Québec que n'importe quel autre domaine, y compris (le) génie ? Et pourtant, a-t-on comparé les montants d'argent investis au Québec en enseignement et en R & D en informatique versus en génie²²³? »

Quant aux ressources matérielles et professionnelles, une réponse de la part du ministère de l'Éducation serait la constitution d'une enveloppe distincte ciblée pour l'informatique. Un intermédiaire, telle que la Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec (CREPUQ), pourra signaler le fait à ces instances.

²²¹ <http://www.crim.ca/pccu/pccu_f.html>

²²² *Programmes conjoints CRIM-Universités 1996-1997*, Le Crimoscope, volume 7, numéro 5.

²²³ Avis de Nadir Belkhiter, directeur, Département d'informatique, Université Laval.

Perspectives professionnelles pour les diplômés

De l'ensemble des titulaires de diplôme de premier cycle en **informatique** et disponibles pour l'emploi en janvier 1994, 94,6 % travaillaient, dont 98 % à temps plein et presque autant dans un domaine lié à leurs études²²⁴. Avec une maîtrise, c'est un score de 100 % dont plus de 92 % à temps plein et près de 98 % dans un emploi lié au domaine d'études. La situation s'était sensiblement améliorée pour les diplômés de 1995, tel qu'observée en janvier 1997²²⁵ : le taux de placement avec un baccalauréat était de 98,1 % (91,9 % à temps plein et lié au domaine d'études) et absolu avec une maîtrise, dont 95,9 % à temps plein et lié au domaine d'études.

Pour leur part, 91,5 % des diplômés en **informatique de gestion**²²⁶ ont trouvé un emploi qui, pour la totalité est à temps plein et pour 76 % d'entre eux, est lié au domaine d'études. La totalité des détenteurs d'une maîtrise travaillent et, qui plus est, à temps plein et dans leur domaine. Dans ce dernier cas, les chiffres sont moins reluisants en 1997 pour les diplômés de 1995 : en effet, si le taux de placement général est de 100 %, seuls 60 % d'entre eux occupent un emploi à temps plein et lié à leur domaine d'études. Enfin, c'est un score parfait sur tous les plans quant à l'obtention d'un emploi pour les bacheliers en **recherche opérationnelle**²²⁷.

Au Canada, les diplômés du baccalauréat et de la maîtrise trouvent souvent du travail dans les mêmes professions que les diplômés en mathématiques, en commerce ou en génie électrique et électronique.

Bien entendu, les diplômés de mathématiques-informatique bénéficient des perspectives favorables pour les deux disciplines (voir aussi la section II, chapitre 3). À l'UQAC, selon un récent sondage, 90 % d'entre eux ont obtenu un emploi assez rapidement après l'obtention de leur diplôme.

Un sondage effectué auprès des diplômés de cette université se fait le porte-parole d'une « faiblesse » remarquée de façon généralisée dans la formation universitaire en informatique. Alors que la satisfaction des étudiants est très élevée pour ce qui est de la congruence des connaissances théoriques, du programme et de la formation de base par rapport aux exigences du secteur d'activité et de son évolution, elle n'est plus qu'à 79 % pour ce qui est de la correspondance entre les connaissances pratiques acquises pendant leurs études et les besoins de leur emploi à ce chapitre. Toutefois, « ...il ne nous est pas possible, pas plus qu'aux autres universités de mettre les étudiants en contact avec tous les types d'ordinateurs, de systèmes d'exploitation et de logiciels. Cette faiblesse est compensée par la capacité d'adaptation des diplômés qui leur permet de suivre l'évolution dans le domaine de l'informatique de gestion²²⁸. » Cette remarque rejoint celle soulevée à maintes reprises lors des discussions : il vaut mieux se garder des langages dernier cri et munir les diplômés de qualités qui transcenderont les effets de mode.

Concordia, l'Université de Sherbrooke, l'UQAM et l'UQAH offrent des programmes coopératifs ou comprenant un cheminement coopératif, des programmes qui, comme nous le mentionnions pour la physique, constituent un important facteur d'intégration des connaissances théoriques et pratiques, et d'insertion sur le marché du travail.

²²⁴ Marc Audet, *Qu'advient-il des diplômés des universités ? La promotion de 1992*, Gouvernement du Québec, 1995, 674 pages (p. 483-486).

²²⁵ *Sciences de l'informatique et disciplines connexes par les universités québécoises*, MEQ, 14 janvier 1998.

²²⁶ *Op. cit.*, Gouvernement du Québec, 1995, p. 479-482.

²²⁷ *Ibid.*, p. 587-590.

²²⁸ Document de présentation du département d'informatique et mathématiques de l'UQAC, soumis à la sous-commission.

5.1 Enseignement de l'informatique à l'université

La contribution des départements d'informatique à l'enseignement dans l'université est aussi élevée que 79,4 % pour l'UQTR et 78,7 % pour l'UQAC, mais ensemble, ils obtiennent la moyenne plus faible des trois disciplines MIP, soit 39 % pour les deux années 95 et 96²²⁹ : c'est 8,5 et 25 points de moins que pour la physique et les mathématiques, respectivement. Ces pourcentages traduisent une gestion différente des cours de service.

À l'UQAC qui dispense plus de 75 cours de service et à l'UQTR, près de 190, tout ce qui est informatique (et mathématiques) ressortit au département de mathématiques-informatique. Dans le dernier établissement, la coordination de l'enseignement en informatique à la grandeur de l'université est assurée par un comité sur le rattachement départemental des cours.

À l'opposé, le département de l'UQAR a dû céder les cours d'informatique dispensés dans d'autres secteurs aux départements respectifs.

Or, il serait souhaitable que tous ceux qui le désirent ait accès à une solide formation de base en informatique qui soit placée sous la responsabilité immédiate des départements offrant la formation spécialisée en informatique. Mais avant tout faut-il s'assurer ici de la conviction des départements d'informatique dans ce dossier. Car voilà une responsabilité supplémentaire, d'enseignement et de gestion, pour des professeurs dont la charge administrative a considérablement augmenté ces dernières années, une responsabilité dont il y a lieu de craindre qu'elle ne les détourne de leur enseignement aux étudiants d'informatique mêmes, de leur supervision d'étudiants aux cycles supérieurs, ainsi que de leur recherche.

Sinon la responsabilité immédiate, du moins le droit de regard sur le contenu des cours d'informatique dispensés dans les autres secteurs de formation universitaire. Pour certains, il semble que « les universités devraient regrouper les personnes qui oeuvrent dans le domaine des technologies de l'informatique, ce qui favoriserait grandement l'établissement d'une solide formation de base en informatique²³⁰. » Une structure unique dans chaque établissement constituerait un lieu de discussion sur la formation en informatique où la participation des départements d'informatique serait implicite.

L'Université de Montréal a mis de l'avant, il y a quinze ans, un modèle intéressant à cet égard, celui de la Direction de l'enseignement de service en informatique (DESI). Celle-ci, dotée d'un comité de programme, coordonne les cours de programmation dispensés à l'échelle du campus, aux étudiants des autres facultés et aux étudiants adultes. Le DIRO détient le contrôle absolu sur le contenu des cours.

La recherche dans toutes les sciences est rendue impensable sans l'informatique : cette importance ne s'est pourtant pas reflétée au baccalauréat, notamment en physique, tel que mentionné à la section I, et à un degré bien moindre en mathématiques, où les connaissances et la culture informatiques sont d'ores et déjà intégrées. L'informatique devrait pourtant devenir une acquisition de base tout aussi essentielle et incontournable que les mathématiques. Les diplômés ainsi formés pourront alors répondre mieux aux besoins de leur industrie respective. On doit mentionner qu'il revient aux disciplines scientifiques mêmes d'intégrer l'acquisition de ces compétences et de ce langage dans leur curriculum, quitte à faire appel, au besoin, aux informaticiens.

²²⁹ Données fournies par les établissements.

²³⁰ Avis de Kacem Zéroual, directeur, Département d'informatique, Université de Sherbrooke.

Certaines facultés sont réfractaires à l'intervention d'informaticiens dans leurs cours à contenu informatique (par exemple, la gestion informatisée). C'est le cas, entre autres, à Laval²³¹ où le baccalauréat en administration des affaires (concentration S.I.O.) assure lui-même les 24 crédits de cours d'informatique qu'il comporte, qui « sont essentiellement des cours de modélisation de données et de gestion de systèmes d'information. Il ne s'agit en aucune façon de cours fondamentaux en informatique²³². » La sous-commission estime qu'une meilleure collaboration entre les secteurs de l'informatique et de la gestion serait souhaitable. Déjà, à McGill, des démarches préliminaires ont été entreprises avec la Faculté de gestion pour explorer les possibilités d'établir un programme conjoint de maîtrise.

5.2 Arrimage cégep-université

On doit constater, en première année du baccalauréat, la disparité des compétences en informatique démontrées par les étudiants qui proviennent du cégep. Cette disparité découle directement du fait que le contenu des cours d'introduction à l'informatique varie considérablement d'un cégep à l'autre, appelant une certaine uniformisation, surtout du côté des formations techniques. Il serait souhaitable, à cet égard, que les cégeps assurent une formation minimale qui inclurait une certaine base formelle.

On le sait, l'informatique constitue à la fois une science et un outil : c'est ce dernier aspect, celui de l'utilisateur, qui devrait être enseigné au cégep, voire dès le secondaire en raison de l'importance qu'ont acquise aujourd'hui dans le quotidien les compétences, même rudimentaires, dans la manipulation des ordinateurs et l'utilisation des logiciels.

Le cégep deviendrait dès lors le lieu où acquérir des notions de programmation, par exemple. Ne pourrait-on même exiger des étudiants qui veulent s'inscrire en sciences ou en génie à l'université un cours préalable de programmation.

Comme on peut le lire dans le Rapport synthèse sur l'évaluation des programmes d'informatique publié en 1996 par la Commission d'évaluation de l'enseignement collégial, « plusieurs collèges ont adopté une philosophie d'accessibilité aux études qui s'est traduite dans les faits par l'inscription d'étudiants dont les notes au secondaire étaient plutôt faibles ou à qui il manquait le préalable en mathématiques... Ce procédé a eu pour effet d'attirer au programme (*d'informatique*) des étudiants qui n'avaient pas toujours les antécédents scolaires leur permettant de réussir et à qui, surtout, il manquait une certaine maîtrise de la logique. Plusieurs facettes de l'informatique, en particulier la programmation, ne s'apprennent que par la déduction et l'inférence de résultats. C'est pour répondre à cette exigence qu'un préalable en mathématique a été fixé pour être admis au programme; la réussite de ce cours au secondaire est utilisée comme indice de la capacité d'un étudiant à pouvoir utiliser un raisonnement abstrait. C'est ce qu'ont pu vérifier les collèges qui ont accepté des étudiants aux prises avec des difficultés en mathématiques en constatant qu'une infime proportion seulement parmi ces derniers réussit à obtenir son diplôme²³³. » De façon générale, les résultats en mathématiques, tant au cégep qu'à l'université, sont un prédicteur de réussite en informatique.

²³¹ Par ailleurs, le département d'informatique de Laval pourvoit plus de trente cours de service, notamment en actuariat, en économie, en génie et en enseignement secondaire.

²³² Document de présentation du département d'informatique de l'Université Laval, soumis à la sous-commission.

²³³ Bernard Courteau, *Éditorial*, Bulletin de l'AMQ, octobre 1996.

6.1 État de la situation

En 1997, environ 260 professeurs travaillaient dans l'ensemble des unités offrant des programmes d'informatique (**tableau 6.1**). Dans les prochaines années, ces départements souffriront moins que ceux de physique ou de mathématiques de la décroissance du corps professoral. En fait, on prévoit que celle-ci dépassera à peine 3 % de 1995 à l'an 2000, ce qui n'est en aucun point comparable avec la perte de 21 % en physique ou de 11,5 % en mathématiques.

Il faut souligner, toutefois, que certaines universités sont plus durement frappées que d'autres, notamment l'Université de Montréal où le départ de quatre professeurs, d'ici les prochaines années, se traduira par une diminution de plus de 10 % par rapport à 1997.

Trois des quatre plus grands départements sont abrités dans des universités montréalaises, soit l'UQAM, l'Université de Montréal et Concordia, l'autre étant le département de mathématiques et d'informatique de l'Université de Sherbrooke.

6.2 Recrutement de l'effectif professoral

Les chiffres présentés ci-dessus font douter que l'effectif professoral en informatique puisse poser quelque problème que ce soit. Pourtant, on a mentionné à maintes reprises les difficultés qu'éprouvent les départements québécois à recruter, puis à retenir en nombre suffisant des personnes de haut calibre pour occuper des postes de professeurs.

Ces difficultés tiennent, notamment, au fait que le Québec est situé à proximité de ce qu'on appelle familièrement la « Silicon Valley North » et de deux universités ontariennes. La main-d'oeuvre espérée par l'université est hautement convoitée par l'entreprise privée à même de lui offrir, outre des opportunités de recherche et de formation continue, des salaires sans commune mesure avec ceux que peut promettre l'université liée par convention collective.

Du reste, l'option académique revêt à l'heure actuelle des attraits relatifs, qu'ils soient prosaïquement monétaires ou purement intellectuels ou, plus généralement, qu'ils réfèrent aux conditions de travail alors que la charge des professeurs est aujourd'hui portée à ses limites (horaires chargés, nombreuses tâches administratives...) et réclame de leur part un véritable sacerdoce. On invoquera la liberté académique et l'autonomie de la science, si précieuses pour le milieu universitaire, mais force est de constater que ces arguments sont nettement insuffisants. Dans les circonstances, il est fondé de craindre que la lignée académique ne parvienne pas à se renouveler à même ses ressources, à moins de compromis sur les standards de qualité à l'embauche.

6.2.1 Solutions

La priorisation de l'informatique dans l'université pourrait constituer une solution. C'est déjà le cas à McGill où, au début de 1997, l'informatique était déclarée *discipline de haute priorité*, conférant de fait à l'École d'informatique un privilège au chapitre du financement et du développement. Ce statut s'y est concrétisé par une série de décisions administratives qui auront permis, notamment, le remplacement immédiat des trois professeurs qui avaient quitté – « ce qui est miraculeux dans le contexte actuel²³⁴ » – et l'ouverture d'un dix-huitième poste. « Notre dernier plan quinquennal suggère de passer à 23 d'ici 2002, ce qui apparaît aujourd'hui possible. »

²³⁴ Document de présentation de l'École d'informatique de l'Université McGill, soumis à la sous-commission.

Tableau 6.1

Caractéristiques du corps professoral en informatique dans les universités québécoises, automnes 1995/1996/1997

Établissement	Professeurs réguliers			Prévisions 2000-2001	Détenteurs de doctorats			Âge moyen (ans)			60 ans et +			Contribution des chargés de cours ¹		
	95	96	97		95	96	97	95	96	97	95	96	97	95	96	97
Bishop's	2	3	3	3	0	0	0	45	46	47	0	0	0	*	2	0
Concordia	27	28	31 ²	31	26	26	*	46,8	48	*	1	2	*	14,3	17	*
Laval	26	27	25	25	21	22	20	46,8	44,5	44	2	2	1	8	13	11
McGill	17	17	15	15	16	*	*	48	49	50	1	0	0	5	7	10
UdeM	37	*	38,5	34,5	36	*	38,5	42,4	*	44,7	1	*	3	2	5	5
UdeS	35	38	33	31	29	29	27	46,5	46	43,4	5	3	1	33	23	30
UQAC	19	18	18	17-19	14	14	15	46,1	47,9	44,8	2	2	0	11,33	15,5	15
UQAH	14	*	12 ³	11	12	*	12 ³	45,5	*	48,3	1	*	1	* ⁴	*	14
UQAM	37	38	38	38	31	*	34	45,6	*	47,3	1	*	1	51	45	47
UQAR	8	7	6	6	5	*	*	47,6	47	46,7	0	0	0	2	2	2
UQTR	25	26	26	27	18	20	*	44,3	45	*	0	1	1	*	18	*
Télé-université ⁵	*	13	13	13	*	12	12	*	47,9	*	*	0	0	0	0	0
Total	260		258,5	251,5-253,5												

* données non disponibles

 Départements de mathématiques et informatique
(et de génie pour l'UQAR)

¹ Nombre total de cours de trois crédits donnés par les chargés de cours, excluant les cours en appoint des professeurs

² Dont trois en sabbatique jusqu'en mai 1998

³ Trois autres professeurs sont en congé sans solde.

⁴ En 1992, cette contribution était de 30 cours de trois crédits.

⁵ Unité d'enseignement et de recherche Science et technologie (UER ST)

Sources : a) Enquête sur le personnel enseignant (EPE), CREPUQ;
b) données fournies par les établissements.

La clause n'est pas parfaite puisque, comme en fait foi le **tableau 6.1**, l'École ne compte plus que 15 professeurs en 1997. C'est donc dire que la priorisation ne se traduit pas nécessairement par une plus grande facilité à recruter des professeurs, car « ce n'est pas parce qu'il y a des postes ouverts qu'on peut trouver des candidats valables²³⁵. »

La constitution d'une enveloppe ciblée pour la formation en informatique représente le plus sûr moyen d'orienter le financement dans le sens des priorités établies. L'idéal serait, bien entendu, un financement préférentiel (100 %) qui permettrait l'accroissement des ressources et une embauche prioritaire de professeurs assortie d'une prime de marché. Cette dernière est déjà pratique courante à l'école des H.E.C., en droit ou en médecine.

Les professeurs des universités québécoises reçoivent un salaire de 25 % inférieur à celui offert par les universités ontariennes, et de loin moindre que ceux offerts par l'industrie. Aussi, la bonification toute relative que cette prime représente – de 10 000 \$ à 15 000 \$ – ne constitue pas en soi un argument décisif. De plus, la disparité salariale existante va en s'accroissant et « il serait illusoire de vouloir combler exactement cette différence, mais des étapes doivent être franchies pour attirer les candidats, et aussi pour garder les professeurs déjà en place²³⁶. » Pour certains, un salaire de 70 K\$ fixe le plancher d'une stratégie d'embauche réaliste.

Or, cette pratique se voit contrainte par la convention collective qui n'autorise pas la hausse arbitraire du salaire d'un seul sous-groupe, ce qui sous-entend que le salaire de tous soit haussé au même degré. C'est pourquoi « une bonification officielle du salaire versé aux professeurs du département, en dehors de la convention collective, serait justement un fort atout dans notre bataille...²³⁷ » Par ailleurs, s'il apparaît à première vue plus aisé d'engager de nouveaux professeurs à un salaire supérieur, la distorsion de la structure des salaires que cette mesure créerait au sein des départements entraînerait inévitablement d'autres problèmes. Pour ces raisons et en dépit des souhaits répétés à cet effet, l'hypothèse d'une embauche assortie d'une prime de marché, quelque attrayante soit-elle, doit être abandonnée.

Soit dit en passant, une bonification du salaire est déjà effective dans certains départements d'informatique : tel est le cas à l'Université Laval où elle s'adresse actuellement aux candidats occupant un poste similaire dans une autre institution. On a suggéré que cette pratique s'étende aux professeurs fraîchement embauchés après l'obtention de leur diplôme et qu'elle bénéficie également à ceux déjà en poste et dont l'excellence pourrait intéresser d'autres employeurs. On voit ici un aspect de la guérilla à l'embauche à laquelle se livrent non seulement les entreprises entre elles et avec l'université, mais aussi les universités entre elles. L'Université McGill le sait, qui, dans la perspective de tenir le cap sur l'excellence dans la recherche en informatique, admet qu'elle fera face à un défi majeur puisque les domaines où elle désire embaucher des professeurs sont les mêmes qu'à peu près toutes les grandes universités nord-américaines.

L'embauche comme professeurs d'étudiants en cours de doctorat ouvrirait à ceux-ci les portes d'une carrière académique, une mesure jugée acceptable dans la mesure où l'aspect pédagogique n'est pas négligé. Ce mécanisme est déjà en place à Concordia, à Bishop's et à l'UQTR.

En outre, une enveloppe budgétaire pour couvrir les fonds de démarrage scientifique de jeunes professeurs assurerait leur implication rapide dans la recherche universitaire. Le fait de pouvoir leur offrir une subvention de l'ordre de 20 K\$ à 50-100 K\$ pour l'infrastructure matérielle et logicielle coûteuse peut s'avérer un élément très motivant dans le développement des activités de recherche et, quelquefois, convaincre un candidat potentiel d'accepter un poste académique, même si celui-ci est moins payant qu'un poste industriel.

²³⁵ Avis de Denis Thérien, directeur, École d'informatique, Université McGill.

²³⁶ *Ibid.*

²³⁷ Avis de Wojtek J. Bock, directeur, Département d'informatique, UQAH.

À cet égard, la tendance des politiques des organismes subventionnaires augure mal pour le lancement d'une carrière académique. Le CRSNG, le premier en importance au Canada, déclarait récemment un moratoire sur les subventions du *Programme d'aide aux nouveaux professeurs* dont l'objectif est de « recruter des personnes hautement qualifiées pour des postes de professeurs adjoints, dans des domaines de recherche d'intérêt pour l'industrie, en offrant à cette fin des montants égaux à une contribution monétaire de l'industrie...²³⁸ » afin d'appuyer les coûts directs de la recherche, de l'appareillage et de l'infrastructure. Ce moratoire implique qu'aucune nouvelle candidature ne sera sollicitée jusqu'à nouvel ordre, car bien que cette initiative demeure prioritaire selon le Conseil, « les réalités financières exigent que des sommes soient allouées à des domaines essentiels dont les besoins sont plus pressants. »

Dans une présentation au Comité permanent des finances, le président du CRSNG demande néanmoins à ce que « les comités de sélection des subventions (disposent) de suffisamment de fonds pour accroître de 25 p. 100 le niveau de financement moyen dans le cas d'une première demande d'un professeur débutant. De plus, on devrait accorder aux programmes à l'appui de projets de recherche une augmentation suffisante pour accroître de 25 p. 100 le niveau de financement des premières demandes de professeurs débutants²³⁹. »

Une solution immédiate, en autant que les départements interpellés se livrent à l'exercice dans un respect disciplinaire réciproque, consisterait à rassembler pour la dispensation des programmes, là où cela s'applique, les professeurs d'informatique et de génie logiciel et ceux de génie informatique dont on connaît la problématique commune. Ces programmes, en dépit de leurs objectifs différents, peuvent présenter des cours ou parties de curriculum similaires. C'est à l'examen d'une possible convergence qu'invite déjà une recommandation au rapport sur le génie et à cette fin, à la constitution d'un groupe formé de quelques membres de la sous-commission MIP dans le secteur de l'informatique et de quelques-uns de la sous-commission sur le génie.

En terminant, c'est le domaine de l'informatique qui, selon des témoignages recueillis par le Conseil de la science et de la technologie, accuserait le plus lourd déficit au chapitre de l'exode des cerveaux²⁴⁰. Cela rejoint les propos de certains membres à l'effet de l'importante migration du personnel technique universitaire québécois vers les États-Unis.

²³⁸ <<http://www.nserc.ca/programs/newnfsfr.html>>

²³⁹ Thomas A. Brzustowski, *Miser sur la jeune génération*, CRSNG (<<http://www.nserc.ca/news/prefinfr.htm>>).

²⁴⁰ *Pour une politique québécoise de l'innovation. Rapport de conjoncture 1998*, Conseil de la science et de la technologie, 1997, 73 pages (p. 45) (<<http://www.cst.gouv.qc.ca>>).

7.1 Axes et groupes de recherche

Plusieurs jeunes équipes de recherche de l'**UQTR** (dont certaines mixtes en informatique et mathématiques) connaissent actuellement un essor en génie logiciel, en télécommunications, en infographie, ainsi qu'en vision par ordinateur et réseaux neuronaux, ce dernier domaine ayant donné lieu récemment à un nouveau groupe de recherche. Les activités de recherche y sont orientées vers les applications scientifiques et industrielles en informatique²⁴¹. Le LIRICS (Laboratoire interdisciplinaire de recherche en imagerie et en calcul scientifique) regroupe cinq professeurs poursuivant des projets en reconnaissance de formes, traitement d'images, algorithmique, géométrie computationnelle, visualisation et calcul scientifique. Des chercheurs du département participent au Laboratoire de recherche en gestion de logiciels (LRGL) et au Laboratoire de combinatoire et informatique et mathématique (LACIM) de l'**UQAM**.

Les domaines de recherche de l'**UQAC** comprennent la géométrie computationnelle²⁴², les systèmes tutoriels intelligents, l'automatisation de la production et de l'écoute de la voix humaine et enfin, la modélisation de la gestion de la production économique. Des projets sont également en cours en génie informatique, analyse numérique, informatique de gestion...²⁴³ Le GRIP/M (Groupe de recherche sur l'interactivité personne-machine) réalise des projets avec le Cégep de Chicoutimi, Bell Québec et avec le CQRDA (Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium).

À l'**UQAR**, des activités de recherches sont menées en langages de programmation, en informatique numérique, en simulation de processus...²⁴⁴ Elles s'y articulent autour des thèmes suivants : la génération automatique de compilateurs, la modélisation et la simulation de processus, la télédétection et les télécommunications, l'infographie, les langages de programmation, l'intelligence artificielle et l'informatique numérique. Les professeurs en informatique participent régulièrement à des recherches commanditées par des organismes de la région.

La **Télé-université** appartient au Groupe interinstitutionnel de recherche en formation à distance (GIREFAD), créé en 1992, qui réunit également des professeurs de l'**UQAC**, de l'**UQAR** et de l'**UQAT**. Le LICEF (Laboratoire d'informatique cognitive en environnements de formation) est associé au Réseau des centres d'excellence en téléapprentissage (Telelearning Research Network - Université Simon Fraser) et accueille des étudiants gradués.

Les recherches menées à **Laval** s'inscrivent principalement dans quatre axes²⁴⁵ : l'intelligence artificielle (essentiellement en représentation et en exploitation des connaissances, ainsi qu'en modélisation du raisonnement); les systèmes d'information (plus particulièrement les méthodes d'analyse, de conception et de réalisation de logiciels satisfaisant aux besoins des organisations, ainsi que les approches permettant d'intégrer plusieurs systèmes d'information indépendants, et enfin, certains aspects de la gestion de l'informatique au sein des entreprises); les systèmes informatiques (dont les recherches couvrent tous les thèmes – génie logiciel, langages de programmation, parallélisme, distribution – nécessaires à l'élaboration des environnements fournissant des langages de spécification ou de programmation, ainsi que des méthodes

²⁴¹ <<http://helios.uqtr.quebec.ca/labo/labs.html>>

²⁴² C'est-à-dire l'utilisation de l'informatique pour prouver des théorèmes et étudier les différents types de géométries.

²⁴³ <<http://www.dim.uqac.quebec.ca>>

²⁴⁴ <<http://www.uqar.quebec.ca/uqar/pub/maths-info.htm>>

²⁴⁵ <<http://www.ift.ulaval.ca>>

d'analyse et de validation); et enfin, les technologies de l'informatique, formation et apprentissage²⁴⁶. Des projets de recherche sont menés avec des partenaires extérieurs, dont DMR, CRIM, CRDV, BELL, BULL et l'INRIA.

Les thèmes de recherche privilégiés à l'**Université de Sherbrooke** sont l'informatique de logiciel et le traitement de l'image, qui réunissent la grande majorité des chercheurs. D'autres domaines sont cependant couverts : la télématique, l'informatique théorique, l'infographie, les langages de programmation et les systèmes d'exploitation. La majorité des équipements de recherche se retrouvent dans trois laboratoires : le Laboratoire de systèmes répartis et de traitement parallèle, le Laboratoire de génie logiciel et d'intelligence artificielle et enfin, celui de recherche en informatique fondamentale et appliquée. Le département poursuit aussi des recherches dans le domaine des méthodologies de spécification et de conception par objet avec des partenaires tels que l'**UQAM**, l'**Université de Montréal**, l'**ETS** et le CRIM, mais aussi avec Nortel, CAE Électronique, Digital Equipments, Machina Sapiens, Servacom et Téléglobe.

Les principaux domaines de recherche à l'**UQAM** sont l'algorithmique, les bases de données, l'intelligence artificielle (apprentissage machine, traitement de la langue naturelle, systèmes tutoriels intelligents...), génie logiciel, informatique théorique (géométrie computationnelle, combinatoire...), orientation objet, systèmes d'information, télécommunications, microélectronique, utilisation des NTIC en enseignement/apprentissage²⁴⁷. L'Université vient au premier rang en ce qui concerne le montant des contrats. À côté des principaux laboratoires de recherche²⁴⁸, on compte le Laboratoire d'études en intelligence naturelle et artificielle où l'on a mis au point un modèle simplifié du cerveau (les neurones y sont de minuscules processeurs) qui a fait du Québec l'un des leaders mondiaux dans le domaine des réseaux neuronaux.

Le Groupe de recherche interuniversitaire en architecture des ordinateurs de haute performance et VLSI (GRIAO), en opération depuis 1985, constitue une collaboration entre **McGill**, **Concordia** (informatique et génie électrique), **Polytechnique** et l'**Université de Montréal**. Le Centre interuniversitaire en calcul mathématique algébrique (CICMA), établi en 1990 en coopération entre **Concordia**, **McGill** et **Laval**, est l'un des rares centres à combiner l'informatique avec les mathématiques pures : on y mène des recherches en calcul algébrique, en combinatoire et en théorie computationnelle. Ce dernier Centre est également mentionné dans la section II consacrée aux mathématiques.

Un grand éventail de domaines de pointe sont représentés à l'**Université de Montréal** : architecture des ordinateurs, bioinformatique, vision et infographie, téléinformatique, systèmes tutoriels intelligents, multimédia, génie logiciel, informatique théorique et quantique²⁴⁹. En plus d'être le siège du Groupe de recherche interuniversitaire en architecture des ordinateurs (GRIAO), du projet de Système d'aide à la formation par l'analyse de raisonnements interactifs (SAFARI) et du Groupe de recherche interuniversitaire en tutoriels intelligents (GRITI), le Département d'informatique et de recherche opérationnelle abrite la Chaire de recherche industrielle Hewlett-Packard-CRSNG-CITI. Il collabore intensément aux activités du Consortium de recherche en génie logiciel (CRGL), du Centre de recherche sur les transports (CRT), du Centre de recherches mathématiques (CRM) et du Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). Ses douze laboratoires de recherche, qui ont obtenu d'importantes subventions (voir tableau 7.1), participent activement à plusieurs réseaux de centres d'excellence (Telelearning Research Network, Canadian Institute for Telecommunication Research, Micronet) et maintiennent de

²⁴⁶ Ce dernier axe vise à développer les outils nécessaires à la production et à l'implantation de systèmes de formation et d'apprentissage adaptatifs, et ce, dans différents contextes : la formation en entreprise, la formation en milieu scolaire, la formation utilisant le multimédia, le renouvellement des connaissances, l'assistance en temps réel, la formation à distance, etc.

²⁴⁷ <http://www.info.uqam.ca/Labo_Recherche>

²⁴⁸ Les principaux laboratoires de recherche de l'UQAM sont le LARC (Laboratoire d'acquisition et de représentation de la connaissance), LRBDDI (Laboratoire de recherche en bases de données et dépistage de l'information), GIREIL (Groupe interdisciplinaire de recherche en informatique et linguistique), SAFARI (méthodologie de développement de systèmes tutoriels intelligents) – conjointement avec l'Université de Montréal –, LRGL (Laboratoire de gestion des logiciels), un partenariat avec Bell Canada. Ajoutons le Laboratoire de recherche en informatique (LARIME) et le Centre de recherche en communication informatique J.A. DeSève.

²⁴⁹ <<http://www.fas.umontreal.ca/IRO/labos.html>>

nombreux contacts avec l'industrie (Nortel, Bell Canada, Ericsson, Machina Sapiens, Transport Canada, pour ne nommer que ces entreprises).

Le Département d'informatique de **Concordia** est rattaché à trois centres de recherche²⁵⁰ : le CICMA et le GRIAO, mentionnés plus haut, ainsi que le CENPARMI/CENERFIA, qui réunissent près de la moitié du corps professoral à temps plein. Fondé il y a dix ans, ce dernier, le Centre d'études en reconnaissance des formes et intelligence artificielle, a reçu d'importantes subventions de l'industrie et jouit d'une réputation internationale pour la recherche innovatrice qu'il mène.

La géométrie algorithmique, les architectures de compilateurs, la robotique, les algorithmes probabilistes et la complexité algébrique sont quelques-uns des domaines où l'expertise de **McGill** est reconnue à l'échelle internationale²⁵¹. La subvention CRSNG individuelle moyenne avoisine 27 000 \$, au troisième rang après les universités de Toronto et de Waterloo, un succès confirmé par le Science Citation Index puisqu'on retrouvera à McGill les deux informaticiens les plus fréquemment cités au pays. Les contacts avec l'industrie sont nombreux : CAE Électronique, Bell Northern Research, ATS Aerospace, IBM-Toronto, Hydro-Ontario, Transport Canada, et d'autres compagnies ontariennes, américaines (Microsoft) et allemande.

En conclusion, « les universités montréalaises peuvent compter sur un large éventail d'expertise en informatique. Dans certains domaines, les autres universités (*l'Université de Montréal, l'UQAM et Concordia*) possèdent des groupes de recherche de niveau international avec lesquels il y aurait gaspillage à entrer en compétition. En fait, nous voyons nos collègues de l'Université de Montréal, de l'UQAM et de Concordia comme des collaborateurs, actuels et potentiels, plutôt que des compétiteurs²⁵² » puisque « nos spécialités sont le plus souvent complémentaires », ce que démontre la brève description qui précède.

7.2 Soutien à la recherche et production scientifique

La recherche en informatique a récolté annuellement ces trois dernières années des subventions et contrats de l'ordre de 14 millions de dollars dont 66 % en provenance d'organismes subventionnaires reconnus (**tableau 7.1**). Il est intéressant de constater la similitude des sources de revenus pour l'informatique et la physique avec un peu plus de 20 % provenant de contrats (**annexe IV-E**). En ce sens, l'informatique et la physique contrastent avec les mathématiques où moins de 12 % du financement total de la recherche provient de cette dernière source alors que près de 81 % est fourni par des subventions d'organismes reconnus.

7.3 Services à la collectivité

Le Département de mathématiques et d'informatique de l'**UQTR** offre des services de formation (compagnies ABI, Lauralgo) ou de commandites (compagnie 3R). Le département envisage, dès 1998, l'ouverture d'un Centre de consultation en informatique (CCI) afin de marquer son implication dans le milieu régional, d'abord, et provincial, ensuite. Ses professeurs, déjà fortement impliqués dans le comité NTIC de leur établissement, devraient se voir de plus en plus sollicités par la communauté mauricienne pour faciliter l'apprentissage et le transfert des technologies de l'information.

L'**UQAC** est aussi impliquée dans la formation sur les NTIC et fait de la consultation dans divers organismes. Enfin, l'**UQAR** envisage une collaboration dans le cadre d'un projet de développement informatique pour une entreprise rimouskoise et fait de la formation d'enseignants sur l'utilisation des ordinateurs et des NTIC. Un professeur y est directeur du Groupe de recherche interdisciplinaire sur le développement régional de l'Est du Québec (GRIDEQ).

Des professeurs de **Bishop's** donnent des cours à *Geomatics Canada* et des étudiants réalisent des projets pour Industrie Canada.

²⁵⁰ <<http://www.cs.concordia.ca/Labs/Labs.html>>

²⁵¹ <<http://www.cs.mcgill.ca/resrchpages/research2.html>>

²⁵² Document de présentation de l'École d'informatique de McGill, soumis à la sous-commission.

Tableau 7.1

Données sur la recherche en informatique dans les universités québécoises

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UdeS	UQAC	UQAH	UQAM	UQAR	UQTR	Télé-univ. ¹	
													Départements de mathématiques et informatique (et de génie pour l'UQAR)
◇ Nombre de professeurs réguliers (1995)	2	27	26	17	37	35	19	14	37	8	25	13 (1996)	
◇ SUBVENTIONS et CONTRATS													Total (M\$)
(moyenne des années académiques 94, 95 et 96)													
Total des subventions d'organismes reconnus (SIRU)	0	955 102	539 815	1 024 227	3 348 161	344 240	109 833	268 073	1 924 028	411 894 ²	170 080	62 000	9,16
• subventions de fonctionnement de tout organisme		693 974	93 149	508 000	2 774 308	286 473			146 736	72 934			
• subventions d'appareillage de tout organisme		63 000		9 233	202 286				10 000	338 960 ³			
• subventions pour des projets université-entreprise		30 000	446 666	10 000	371 567	57 767			76 035				
Montant total des subventions d'autres sources ⁴		90 589	10 133	570 443	358 900	29 750	86 144	54 187	73 171	26 576	36 838	346 188	1,68
Montant total des contrats		376 292	169 952	189 000	676 483		21 666		1 420 200	174 150	86 800		3,11
Total des subventions et contrats		1 421 983	719 900	1 783 670	4 383 544	373 990	217 643	322 260	3 417 399	612 620	293 718	408 188	13,95
◇ PUBLICATIONS (du 1 ^{er} juin 93-31 mai 96)													
	0												
• articles publiés dans RAC		121	47	106	181	104	35	69	69	8	41	35	747
• articles publiés hors RAC		6	8	164	162	17	7	n.d.	20	3		9	
• chapitres de livres		14	6	10	26	1	9		13	12		11	
• livres		3	6	3	15 ⁵	1	5		7	6	3	4	
• comptes rendus de conférences arbitrées		186	104		257	68	26	n.d.	141	24	28	4	
• productions		7	41 ⁶			5			9	23 ⁷		42 ⁸	
• brevets			1					1	1	1			
◇ SOUTIEN AUX ÉTUDIANTS													
• Charges de cours (nombre)	s.o.		9 ⁹	7	2	26	2				s.o.		
• Auxiliaires d'enseignement (en \$)	s.o.	140 631	71 962 ^{9,10}	100 000	112 000	122 023					s.o.		
Valeur stagiaires postdoctoraux-année		109 384 \$	1					2			2		

1 Données pour l'Unité d'enseignement et de recherche Science et technologie
2 Les subventions incluent la partie allouée aux professeurs de mathématiques et d'informatique de l'UQAR obtenues en équipe.
3 Subvention concernant l'achat de stations de travail informatique. L'utilisation de ces stations de travail est partagée entre les baccalauréats en génie et en mathématiques-informatique.
4 Bureaux de liaison avec les entreprises, bureaux de la recherche ou l'équivalent, fondations de l'université
5 Dont 10 à titre d'éditeurs
6 Vidéos et logiciels
7 Inclut un logiciel
8 Logiciels, productions audiovisuelles et écrites
9 Moyenne des trois dernières années
10 Autres allocations : fonds de soutien et autres fonctions = 24 445 \$

Recommandations

Tout au long des travaux, les principaux problèmes auxquels sont confrontés les départements d'informatique ou de mathématiques-informatique, selon le cas, ont suscité l'attention de la sous-commission et soulevé des inquiétudes. On s'est préoccupé de leur capacité à répondre aux besoins de l'entreprise, publique comme privée, en qualité et nombre de professionnels qui puissent appuyer l'important développement des industries du savoir, où les technologies de l'information occupent une place prépondérante.

Ambiguïté dans la perception de la carrière d'informaticien, ambiguïté dans les descriptions mêmes des diverses facettes de cette profession, méconnaissance des multiples possibilités du domaine, incapacité d'attirer suffisamment de bons candidats dans les divers programmes, difficulté à retenir les professeurs à qui le secteur privé propose des conditions qu'aucune université ne peut soutenir, impossibilité de tenir vraiment à jour le parc d'équipement nécessaire aux enseignements, besoin de personnel professionnel et technique pour aider à la réalisation des applications liées à l'enseignement et à la recherche. Tous ces problèmes entravent le développement que l'on voudrait plus rapide des programmes et des activités de recherche en informatique dans les universités du Québec.

Il faut signaler que les problèmes identifiés ici offrent une similitude frappante avec ceux mentionnés dans la sous-commission sur le génie au sujet des programmes de génie informatique. La très forte demande de l'industrie a suscité une croissance importante dans les effectifs étudiants, en même temps qu'elle exerçait un attrait compréhensible chez les professeurs en raison, notamment, des salaires proposés.

En d'autres termes, bien qu'on soit en présence d'un secteur d'études dont l'expansion est essentielle à la société québécoise, bien que cette formation mène à des possibilités de carrières enviables, les obstacles sont légion avant qu'on puisse atteindre un régime de croisière satisfaisant. Les recommandations qui suivent veulent tenter de remédier à quelques-unes des lacunes identifiées.

RECOMMANDATION 1

Les besoins des départements d'informatique sont énormes. Il faut rappeler que toute institution qui offre ou désire offrir des programmes dans le domaine doit s'assurer de fournir aux départements responsables les ressources humaines et matérielles pour qu'ils assument les responsabilités qui leur sont confiées.

En outre, il apparaît que le Québec a un urgent besoin d'arrêter des stratégies efficaces pour trouver une solution à la pénurie de main-d'œuvre observée dans le vaste domaine des technologies de l'information et qui, compte tenu de l'incapacité des universités à répondre à la demande, menace de se poursuivre. Dans le cas du génie aérospatial, le Québec a été long à s'organiser pour pallier le même type de pénurie observée dès le début des années 1980. Le Centre d'adaptation de la main-d'œuvre aérospatiale du Québec (CAMAQ) paraît avoir remédié à ce problème. La mise en place d'une formule analogue pour le secteur informatique permettrait-elle d'en faire autant ? Il existe des possibilités de financement du côté de la Fondation canadienne de l'innovation (FCI), que les universités devraient envisager avec le ministère de l'Éducation.

RECOMMANDATION 2

La Commission suggère aux universités et au ministère de l'Éducation, accompagnés des partenaires industriels et du secteur de l'enseignement, la création d'une table de concertation mandatée pour examiner les avenues de solution à court et à long terme à la pénurie de main-d'oeuvre dans le secteur très actif et très prometteur des technologies de l'information. La Commission recommande que l'on rende disponible une enveloppe budgétaire spéciale à cette fin, comme on l'a fait pour le secteur du génie au début des années 1990.

Les responsables des programmes d'informatique ont tous signalé le phénomène d'abandon en cours de première année de baccalauréat. Plusieurs ont mentionné que la méconnaissance de cette discipline et de ses exigences constitue le facteur d'abandon le plus fréquent. Les nouveaux étudiants sont nombreux à confondre l'outil informatique et la science informatique et, comme c'est souvent le cas dans les autres programmes de sciences, les cours de mathématiques constituent une importante pierre d'achoppement à la poursuite des études. Manifestement, un effort d'information s'impose tant auprès des conseillers d'orientation que des étudiants du cégep et du secondaire, éventuels candidats à une carrière dans un domaine scientifique. De plus, les unités d'informatique ont la responsabilité d'éclairer les candidats sur la nature des études et sur celle du travail qui les attend. Il est également essentiel d'augmenter le bassin des étudiants en sciences au secondaire et au cégep, si l'on veut pouvoir compter sur une population suffisante capable de choisir ce champ prometteur. En outre, un programme de bourses spéciales devrait être mis sur pied pour inciter le choix de ces programmes.

RECOMMANDATION 3

La Commission recommande aux unités d'informatique et de mathématiques-informatique de prendre les moyens nécessaires pour assurer une meilleure information auprès des finissants du secondaire et du cégep.

Elle recommande également que les départements proposent des pistes de solution concrètes en vue d'augmenter la rétention des étudiants qui choisissent ces programmes à l'université.

Dans quelques universités, l'offre actuelle de formation au premier cycle consiste en un programme mixte de mathématiques et d'informatique. Des projets de baccalauréat spécialisé en informatique y sont en préparation. Tout en partageant l'objectif d'augmentation du nombre de diplômés dans ce domaine pour les raisons maintes fois évoquées, la Commission rappelle que l'offre d'un tel programme suppose la disponibilité du personnel professoral, technique et professionnel adéquat, ainsi que d'équipements régulièrement mis à jour.

RECOMMANDATION 4

La Commission invite les établissements désireux d'offrir un nouveau baccalauréat en informatique à démontrer que cette intention s'inscrit dans les orientations institutionnelles, qu'ils s'engagent à y consentir les ressources nécessaires, à assurer le renouvellement fréquent des équipements obsolètes et à soutenir le développement de la recherche dans l'unité responsable du programme.

Il a été question à plusieurs reprises de la pénurie de main-d'oeuvre capable de répondre aux besoins des employeurs dans le domaine de l'informatique. Un programme long en informatique constitue la voie principale de préparation universitaire à cette fin. Tout en reconnaissant ce fait, les membres ont fait état d'une autre possibilité permettant de pallier cette pénurie. Il existe en effet un marché de l'emploi pour des professionnels formés dans l'un ou l'autre domaine des sciences et qui maîtrisent l'outil informatique, des personnes compétentes dans divers domaines d'application, capables d'assurer l'interface entre les applications recherchées et la construction informatique susceptible de les faciliter. La formation en informatique proprement dite ne répond pas à ce type de besoin.

En revanche, les diplômés de premier cycle en sciences, physique, mathématiques et en génie par exemple, ont reçu la formation mathématique suffisante pour leur permettre de rapidement maîtriser les connaissances nécessaires en informatique et bénéficieraient d'une plus-value importante à leur « portefeuille de valeurs d'insertion » selon l'expression du Conseil supérieur de l'éducation dans son dernier Rapport annuel. Cela ne ferait pas de ces diplômés des informaticiens, mais aurait le mérite de répondre à des besoins non satisfaits du marché, à la condition qu'il soit clair que leur compétence première est celle de leur formation d'origine.

On a souvent évoqué, au cours des dernières années, le chômage de jeunes ingénieurs, par exemple. Une offre de formation d'une année, un diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) par exemple, destinée à ces diplômés accroîtrait considérablement leur potentiel d'emploi autant que la disponibilité de personnel compétent dans le domaine. Ce type de programme devrait être accessible aux diplômés de sciences et de génie, qu'ils soient déjà ou non sur le marché de l'emploi. L'expérience de l'Université Concordia prouve qu'il y a une forte demande pour ce genre de formation.

Compte tenu de l'intégration de l'informatique dans l'industrie et dans tous les domaines de la vie quotidienne, que ce soit pour des fins professionnelles ou personnelles, il est prévisible que la demande de spécialistes dans ce domaine se maintiendra longtemps, et de toute façon, bien au-delà du *big bug* de l'an 2000.

La Commission estime que les universités pourraient ainsi répondre à un double besoin : celui du diplômé en science désireux de bonifier sa formation initiale et celui du marché du travail.

Dans son plus récent Discours sur le budget, le gouvernement québécois annonçait la création d'une enveloppe de quatre millions de dollars réservée au soutien des établissements d'enseignement publics qui proposeront rapidement des programmes de formation de courte durée dans la double optique d'une réorientation professionnelle de diplômés et de réponse à des besoins particuliers des entreprises oeuvrant dans des secteurs en difficulté de recrutement. C'est le cas du secteur des technologies de l'information.

RECOMMANDATION 5

La Commission invite les établissements à proposer des formations préparant à l'exercice d'une activité professionnelle requérant des compétences poussées en informatique, qui seraient conçues pour des diplômés de premier cycle en sciences et génie.

La Commission a accueilli favorablement une recommandation faite par la sous-commission sur le génie qui se lit comme suit :

« Dans la même veine d'utilisation rationnelle des ressources intra-universitaires, certains programmes ayant des objectifs différents peuvent présenter des cours ou parties de programme très similaires. On pense aux baccalauréats en génie informatique et aux baccalauréats en informatique qui existent en parallèle dans les universités. On peut profiter de l'achèvement prochain des travaux de la sous-commission sur les mathématiques, l'informatique et la physique (MIP) pour chercher à développer des convergences dans des

domaines très voisins. Il est clair que les deux programmes ont des visées différentes et qu'ils font chacun le plein d'inscrits. Les diplômés de l'un et l'autre baccalauréat trouvent facilement de l'emploi au sortir de leurs études, quand ce n'est pas avant même d'avoir obtenu leur diplôme. De plus, les directeurs des départements d'informatique tout comme ceux de génie informatique ont fait état d'une même difficulté à recruter et à retenir des professeurs de qualité en nombre suffisant pour dispenser les programmes dont ils ont la responsabilité. »

Un travail sur les objets et les problèmes communs aux deux secteurs pourrait déboucher sur des solutions au problème de la pénurie de ressources professorales. C'est pourquoi la sous-commission a donné son accord à cette avenue.

RECOMMANDATION 6

La Commission invite les établissements à favoriser le rapprochement des unités responsables des programmes d'informatique et de génie informatique.

En outre, elle recommande que quelques membres de la MIP, dans le secteur informatique, et quelques-uns de la sous-commission sur le génie, après dépôt de leur rapport respectif, examinent les possibilités de convergence entre les programmes d'informatique et de génie informatique, dans la perspective d'un développement cohérent du secteur. Les travaux devront débuter en septembre 98.

Conclusion

L'informatique est la plus jeune des trois disciplines représentées à la sous-commission. Abrisée d'abord dans les départements de mathématiques, elle prit peu à peu son autonomie pour justifier la création de véritables départements d'informatique.

Les universités ont décerné, ces dix dernières années, une moyenne de 720 diplômes annuellement. Pour satisfaire les besoins du marché pour ce type de main-d'oeuvre – 2000 postes seraient vacants au Québec seulement, 20 000 cherchent preneurs au Canada, et au moins dix fois plus encore aux États-Unis –, il pourrait s'avérer utile d'en former davantage dans les universités québécoises. Or, le souhaiteraient-elles que, faute des ressources humaines – professeurs d'abord, mais aussi personnel professionnel et technique – et de l'infrastructure matérielle particulièrement importante dans ce secteur de formation, elles ne pourraient accueillir une clientèle plus nombreuse.

Cette pénurie se répercute à l'université où les étudiants sont souvent recrutés sitôt l'obtention de leur diplôme de baccalauréat, lorsque ce n'est pas en cours de formation. La voie académique, passant par les cycles supérieurs, n'est pas plus épargnée par le fort appétit du secteur privé, au point qu'on vienne à en craindre le tarissement. S'il est vrai que le nombre des étudiants a augmenté ces dernières années à la maîtrise, il a en revanche diminué au doctorat donnant lieu à deux fois moins de diplômés qu'en physique, par exemple, une situation qui perdure depuis au moins dix ans. De 1995 à l'an 2000, le corps professoral dans les unités dispensant un enseignement en informatique aura connu une diminution de 3 %. Si ce pourcentage apparaît peu élevé en comparaison avec d'autres disciplines, il peut dissimuler la difficulté mentionnée par plusieurs des interlocuteurs pour le recrutement et la rétention de professeurs de haut calibre en nombre suffisant. L'entreprise privée exerce là aussi son attrait. C'est sans compter la difficulté où se trouvent les départements à disposer d'espaces physiques suffisants pour les laboratoires de premier cycle et à assurer le renouvellement à une fréquence raisonnable de leurs équipements et logiciels dont l'obsolescence est rapide.

C'est à la lumière de la problématique de pénurie qui teinte l'ensemble du secteur et dans le souci de préserver la qualité de la formation dans cette science qu'est l'informatique que la Commission a formulé ses recommandations.

Bien entendu, elle ne peut se prononcer sur la responsabilité respective de chacun des facteurs en cause dans ce phénomène, ni sur les besoins précis en différents personnels – soit bacheliers, soit techniciens pourvus d'un DEC – et en différentes compétences. En fait, cet exercice, pourtant crucial, n'a jamais été réalisé et ce secteur n'a jamais fait l'objet d'une concertation comme, pourtant, le réclameraient d'une part, son fort potentiel d'innovation et ses retombées économiques et sociales, et d'autre part, les difficultés de recrutement qu'il connaît.

C'est pourquoi la Commission invite à la création d'une table de concertation pour l'examen des avenues de solution à court et à long terme à la pénurie de main-d'oeuvre dans le secteur des technologies de l'information : cette table devrait réunir le ministère de l'Éducation, conjointement avec les universités et leurs partenaires du secteur de l'industrie et de l'enseignement. Sans fixer d'échéance, on doit être conscient de l'urgence à agir dans ce dossier, la disponibilité d'une main-d'oeuvre compétente étant un facteur déterminant dans le lieu d'implantation et les possibilités de croissance des entreprises de haute technologie oeuvrant dans ce secteur. Un tel exercice de concertation ne pourrait être mené à bien, estime la Commission, que supporté par une enveloppe budgétaire spéciale.

Entre-temps, la Commission a jugé opportun que les institutions élaborent des formats de formation de courte durée, par exemple, un diplôme de 2^e cycle, pour les diplômés des sciences et génie, qui pourraient ainsi profiter des intéressantes perspectives d'emploi qui sont celles des diplômés d'informatique et, du même coup, contribuer, de leur double compétence, à résorber la pénurie de main-d'oeuvre qualifiée.

Toutefois, la Commission tient à rappeler qu'il ne saurait y avoir création de nouveaux programmes, autant de formation courte que de baccalauréat, sans que l'institution désireuse de les offrir ne s'engage à leur fournir toutes ressources nécessaires à cette responsabilité et, dans le second cas, à soutenir la recherche dans l'unité responsable du programme. Le récent Discours sur le budget annonçait une enveloppe de quatre millions de dollars pour de tels programmes de formation devant répondre à des besoins particuliers d'entreprises oeuvrant dans des secteurs en difficulté de recrutement. C'est le cas, maintes fois mentionné, du secteur des technologies de l'information.

Qui veut mener à bon terme une formation en science informatique doit être conscient, avant de s'y engager, des difficultés intellectuelles inhérentes à cette discipline scientifique. De même, tous les candidats potentiellement intéressés doivent connaître la nature du travail et les perspectives qui s'offrent à eux. Il revient aux départements universitaires d'assurer une meilleure information auprès des finissants du secondaire et du cégep. En aval, des solutions concrètes doivent être avancées pour favoriser la rétention des étudiants à l'université, dont on a souligné l'abandon suffisamment important en première année pour être préoccupant.

Enfin, au regard de leur problématique commune quant au recrutement et à la rétention de professeurs, les unités responsables des programmes d'informatique et de génie informatique sont invitées à examiner toute possibilité de convergence de leur enseignement. Un groupe de travail sera constitué à cette fin dès septembre prochain.

Prises ensemble, ces pistes et mesures, sans qu'elles sacrifient la mission de formation supérieure des départements d'informatique, pourront participer aux solutions à la pénurie de divers ordres qui, à moyen et long terme, menace de stigmatiser ce secteur, tant sur le plan de la formation, que sur celui de la recherche, de l'innovation et du développement économique.

- Annexe III-A** Données sur les baccalauréats en informatique et en mathématiques-informatique dans les universités québécoises (1984-1996)
- Annexe III-B** Données sur les maîtrises en informatique dans les universités québécoises (1984-1996)
- Annexe III-C** Données sur les doctorats en informatique dans les universités québécoises (1984-1996)

ANNEXE III-A

Données sur les baccalauréats en informatique et en informatique-mathématiques dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	McGill *	UdeM	UdeM *	UdeS	UdeS **	UQAC *	UQAC **	UQAH	UQAM **	UQAM ***	UQAR *	UQTR	Total
Aut. 84	89	724	595	41	327	263	66	196	423	73		271	952		26		4046
Aut. 85	84	696	480	35	265	273	92	282	352	80		225	934		42	66	3906
Aut. 86	49	635	489	25	221	333	82	271	331	50	183	192	863		35	129	3888
Aut. 87	35	663	466	19	170	307	62	256	318	29	192	164	691		28	131	3531
Aut. 88	34	598	512	15	139	278	39	270	297	23	155	139	672	33	31	127	3362
Aut. 89	28	627	529	48	88	305	46	264	314	24	140	142	646	52	35	108	3396
Aut. 90	32	645	518	75	52	252	42	234	350	18	120	158	617	88	35	107	3343
Aut. 91	28	641	488	93	47	287	34	217	343	22	114	166	607	111	36	102	3336
Aut. 92	32	673	503	111	40	288	39	252	319	26	101	202	656	136	56	117	3551
Aut. 93	28	767	496	164	50	298	47	197	300	35	96	237	674	160	72	114	3735
Aut. 94	34	730	479	222	48	294	47	242	275	38	116	196	644	155	45	127	3692
Aut. 95	49	802	434	265	46	264	46	253	212	30	107	196	672	143	45	144	3708
Aut. 96	59	745	390	312	58	323	58	295	253	31	112	209	694	130	38	130	3837

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	McGill *	UdeM	UdeM *	UdeS	UdeS **	UQAC *	UQAC **	UQAH	UQAM **	UQAM ***	UQAR *	UQTR	Total
1988	9	89	113	3	51	48	22	72	113	15	45	30	165		9	11	795
1989	10	67	94	2	41	44	12	112	101	6	40	20	233	2	6	27	817
1990	7	80	113	8	32	75	8	85	79	6	30	33	140	6	4	19	725
1991	6	85	110	13	19	54	7	72	102	5	28	25	119	4	9	18	676
1992	6	71	115	15	10	51	7	62	100	8	38	27	148	19	5	14	696
1993	13	69	111	20	4	70	6	101	113	1	14	31	112	17	7	20	709
1994	5	73	111	25	7	61	11	74	106	3	19	28	112	15	10	16	676
1995	6	81	107	36	6	74	11	68	108	7	15	36	141	21	9	17	743
1996	7	112	106	48	6	66	11	61	90	6	20	38	117	22	14	21	745

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Bishop's	Concordia	Laval	McGill	McGill *	UdeM	UdeM *	UdeS	UdeS **	UQAC *	UQAC **	UQAH	UQAM **	UQAM ***	UQAR *	UQTR	Total
1990	14	197	225	31	11	99	26	124	224	3	58	77	207		18	43	1357
1991	8	223	202	31	18	153	16	130	197	15	62	74	219	53	17	42	1460
1992	10	243	233	41	15	144	19	113	167	18	51	102	306	63	35	57	1617
1993	11	274	198	64	23	171	28	115	148	19	54	133	259	73	39	57	1666
1994	19	207	185	75	26	142	23	136	127	26	67	94	220	71	15	62	1495
1995	25	293	162	86	22	101	26	158	122	16	51	103	291	48	19	54	1577
1996	27	222	166	95	21	167	27	197	151	18	51	117	250	48	20	61	1638

* mathématiques-informatique

** informatique de gestion

*** microélectronique

Source : Système RECU (MEQ)

ANNEXE III-B

Données sur les maîtrises en informatique dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UQAM *	Total
Aut. 84		42	97	122	30	291
Aut. 85		52	93	115	60	320
Aut. 86	103	58	67	99	67	394
Aut. 87	110	64	50	98	72	394
Aut. 88	105	57	55	109	68	394
Aut. 89	96	59	65	105	68	393
Aut. 90	79	62	60	110	85	396
Aut. 91	92	59	61	106	92	410
Aut. 92	90	65	63	97	112	427
Aut. 93	84	88	63	89	115	439
Aut. 94	94	82	91	77	124	468
Aut. 95	115	65	84	74	131	469
Aut. 96	140	69	88	87	106	490

DIPLOMES DÉCERNÉS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UQAM *	Total
1988	15	14	10	23	8	70
1989	21	15	12	25	16	89
1990	17	17	12	28	11	85
1991	9	11	16	26	14	76
1992	19	15	21	25	9	89
1993	25	12	23	37	15	112
1994	12	25	12	34	19	102
1995	11	21	31	17	23	103
1996	20	22	26	26	27	121

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	UQAM *	Total
1990	17	32	17	41	34	141
1991	35	28	23	40	41	167
1992	27	28	30	33	51	169
1993	33	42	32	42	42	191
1994	30	35	52	36	47	200
1995	45	15	44	30	42	176
1996	54	35	46	58	33	226

* informatique de gestion

Données sur les doctorats en informatique dans les universités québécoises (1984-1996)

INSCRIPTIONS TOTALES

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	Total
Aut. 84			17	30	47
Aut. 85			20	35	55
Aut. 86	11		28	41	80
Aut. 87	19		31	41	91
Aut. 88	19		36	49	104
Aut. 89	29		33	56	118
Aut. 90	30		38	60	128
Aut. 91	28		38	69	135
Aut. 92	33		40	78	151
Aut. 93	28		40	79	147
Aut. 94	27	2	34	74	137
Aut. 95	26	8	32	74	140
Aut. 96	22	9	30	69	130

DIPLÔMES DÉCERNÉS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	Total
1988	1		5	4	10
1989	2		6	7	15
1990	2		2	6	10
1991	4		3	8	15
1992	1		4	3	8
1993	2		4	14	20
1994	4		2	10	16
1995	3		8	9	20
1996	5		4	15	24

NOUVELLES INSCRIPTIONS

	Concordia	Laval	McGill	UdeM	Total
1990	4		8	16	28
1991	7		9	23	39
1992	9		9	22	40
1993	1		8	24	33
1994	4	2	5	20	31
1995	2	6	7	18	33
1996	3	4	5	16	28

- Annexe IV-A** Tableau récapitulatif des diplômés de 1994 au baccalauréat, à la maîtrise et au doctorat en physique, en mathématiques et en informatique, au Québec et au Canada
- Annexe IV-B** Taux de diplomation et durée des études des cohortes de 88 et de 89 dans les disciplines MIP au 1^{er} cycle selon l'université (à temps plein seulement)
- Annexe IV-C** Évolution de la présence des femmes dans les disciplines MIP aux trois cycles, 1986-1996
- Annexe IV-D** Évolution de la diplomation des femmes dans les disciplines MIP aux trois cycles, 1988-1996
- Annexe IV-E** Tableau récapitulatif des sources de financement de la recherche pour la physique, les mathématiques et l'informatique (années académiques 94, 95 et 96)
- Annexe IV-F** Tableau récapitulatif des productions scientifiques (1^{er} juin 1993-31 mai 1996)

Annexe IV-A

Tableau récapitulatif des diplômés de 1994 au baccalauréat, à la maîtrise et au doctorat en physique, en mathématiques et en informatique, au Québec et au Canada

	Physique		Mathématiques		Informatique	
	Québec	Canada	Québec	Canada	Québec	Canada
Baccalauréat (B)	139	650	455	2370	676	2470
Maîtrise (M)	63	280	79	300	102	360
Doctorat (D)	52	*	24	*	16	*
M/B (%)	45,3	43	17,4	12,7	15,1	14,6
D/M (%)	82,5		30,4		15,7	
D/B (%)	37,4		5,3		2,4	

* = données non disponibles

Sources : a) Pour le Québec : Système RECU (MEQ);
 b) Pour le Canada : Emploi-Avenir, Édition 1996, Ottawa, Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1996; vol. 2 : Perspectives de carrière pour les diplômés

Annexe IV-B Taux de diplomation et durée des études des cohortes de 88 et de 89 dans les disciplines MIP au 1^{er} cycle selon l'université (temps plein seulement)

	Physique						Mathématiques *						Informatique					
	1988	1989	Moyenne dans	Moyenne hors	Tx global	Dur. des études (nb. trimestres)	1988	1989	Moyenne dans	Moyenne hors	Tx global	Dur. des études (nb. trimestres)	1988	1989	Moyenne dans	Moyenne hors	Tx global	Dur. des études (nb. trimestres)
Bishop's	100	66,7	75	0	75	6,17	46,2	45,4	45,8	33,3	79,2	6,73	50	80	66,7	0	66,7	6,08
Concordia	41,9	46,9	44	9,3	53,3	9	35,7	33,1	34,4	22,9	57,3	8,36	48,9	40,4	44,6	10,1	54,7	9,11
Laval	58,8	67,9	62,9	21	83,9	6,77	48,8	54,1	51,4	26,2	77,5	6,7	54	54,4	54,2	14,3	68,5	7,81
McGill	51,1	72,2	60,5	18,5	79	6,51	36,7	48,6	43,3	26,9	70,1	6,97	50	62,2	60,5	20,9	81,4	5,73
UdeM	40,6	30,2	36,1	13,1	49,2	7,93	50,3	44,4	47,2	7,6	54,8	7,69	38,6	40,5	39,6	2,8	42,4	7,57
UdeS	41,2	55,2	47,6	17,5	65,1	6,5	35,8	52,5	43	19,4	62,4	6,55	63,6	63,7	63,7	3,8	67,5	6,54
UQAC	25	33,3	28,6	14,3	42,9	6							36,4	41,7	39,1	17,4	56,5	7,22
UQAM	78,3	50	66,7	7,7	74,4	7,27	17,9	37,5	26,9	13,5	40,4	8,57	66,7	72	70	0	70	9,96
UQAR													58,1	53,3	56,1	3,3	59,4	8,54
UQAT													58,3	57,1	57,7	0	57,7	7,27
UQTR	50	25	33,3	16,7	50	8,5	50	46,2	47,4	36,8	84,2	7,33	54,2	57,9	55,8	4,7	60,5	8,5
Total	48,4	51,2	49,7	14,6	64,3	7,27	43,6	45,7	44,7	20,2	64,9	7,56	54,5	54,1	54,3	6,8	61,1	7,55

Source : Système RECU (MEQ)

- Taux moyen de diplomation pour toutes les disciplines (88 et 89) : **63 %**
- Taux moyen de diplomation sciences pures (88 et 89) : **65,6 %**
- Taux moyen de diplomation sciences appliquées (88 et 89) : **66,3 %**

Source : MEQ, Direction de l'enseignement et de la recherche universitaire, Service des analyses, L'obtention d'un diplôme de baccalauréat : situation des cohortes des trimestres d'automne 1988 et 1989, six années après l'entrée au baccalauréat, Québec, 24 octobre 1997, p. 5

* À noter que si l'on retire les données relatives aux statistiques, aux mathématiques appliquées et à l'actuariat, le taux de diplomation moyen descend à 57,1 % et la durée des études s'élève à 7,77 trimestres.

Annexe IV-C Évolution de la présence des femmes dans les disciplines MIP aux trois cycles, 1986-1996

Baccalauréat

Établissement	Physique		Mathématiques		Informatique	
	1986	1996	1986	1996	1986	1996
Bishop's	3	4	8	14	3	6
Concordia	28	13	238	188	221	206
Laval	12	10	217	148	118	76
McGill	28	35	130	77	72	99
UdeM	24	28	207	140	110	88
UdeS	13	8	60	40	186	103
UQAC	1	3	11	16	65	72
UQAH	x	x	x	x	42	43
UQAM	13	7	67	98	216	158
UQAR	2	0	12	5	12	5
UQTR	4	3	14	18	32	25
Total	128	111	964	744	1077	881
% inscrites/total	13,9	16,8	36,4	39,9	27,7	23

Maîtrise

Établissement	Physique		Mathématiques		Informatique	
	1986	1996	1986	1996	1986	1996
Concordia	1	1	6	66	29	42
Laval	5	6	6	15	11	13
McGill	5	4	6	15	18	19
UdeM	10	7	14	21	19	17
Polytechnique	x	x	2	4	x	x
UdeS	0	1	3	4	x	x
UQAM	3	3	13	23	18	28
UQTR	4	20	x	x	x	x
INRS	1	4	x	x	x	x
Total	31	50	50	148	95	119
% inscrites/total	15,4	27,3	24,3	53,1	24,1	24,3

Doctorat

Établissement	Physique		Mathématiques		Informatique	
	1986	1996	1986	1996	1986	1996
Concordia	0	0	x	3	0	4
Laval	2	8	0	4	0	0
McGill	0	8	4	11	3	6
UdeM	0	11	15	12	11	10
Polytechnique	0	4	0	4	x	x
UdeS	0	2	1	1	x	x
UQAM	x	x	0	0	x	x
UQTR	4	6	x	x	x	x
INRS	1	9	x	x	x	x
Total	7	48	20	35	14	20
% inscrites/total	4,4	17,8	17,5	22	17,5	15,4

x = pas de programme dans la discipline

Source : Système RECU (MEQ)

Annexe IV-D Évolution de la diplomation des femmes dans les disciplines MIP aux trois cycles, 1988-1996

		Baccalauréat					
		Physique		Mathématiques		Informatique	
		1988	1996	1988	1996	1988	1996
Nombre		18	19	174	181	266	201
%		12,2	16,5	36,1	48,3	33,5	27
		Maîtrise					
		Physique		Mathématiques		Informatique	
		1988	1996	1988	1996	1988	1996
Nombre		14	15	9	32	12	17
%		20	26,8	20,5	36,4	17,1	14,1
		Doctorat					
		Physique		Mathématiques		Informatique	
		1988	1996	1988	1996	1988	1996
Nombre		1	4	3	5	2	2
%		4,6	6,8	17,7	23,8	20	8,3

Source : Système RECU (MEQ)

Annexe IV-E **Tableau récapitulatif des sources de financement de la recherche pour la physique, les mathématiques et l'informatique (années académiques 94, 95 et 96)**

	Physique		Mathématiques		Informatique	
	Nb.	% total	Nb.	% total	Nb.	% total
Subventions (SIRU)	14 057 911	68,4	4 866 276	80,7	9 157 453	65,6
Subventions d'autres sources	2 052 094 (+ 47 300 \$ - Concordia)	10,2	463 521	7,7	1 682 919	12,1
Contrats	4 408 209	21,4	697 654	11,6	3 114 543	22,3
Total (\$)	20 565 514		6 027 451		13 954 915	

Source : Données fournies par les établissements

Annexe IV-F **Tableau récapitulatif des productions scientifiques (1^{er} juin 1993-31 mai 1996)**

	Physique		Mathématiques		Informatique	
	Nb.	% total	Nb.	% total	Nb.	% total
Articles publiés dans RAC	1860	70,2	1137	56,9	747	32,6
Articles publiés hors RAC	95	3,6	235	11,8	424	18,5
Chapitres de livres	62	2,3	98	4,9	102	4,4
Livres	8	0,3	95	4,7	53	2,3
Comptes rendus de conférences arbitrées	348	13,1	376	18,8	838	36,5
Productions	58	2,2	56	2,8	127	5,5
Brevets	11	0,42	2	0,1	3	0,13
Total (nb)	2649		1999		2294	
	207 (McGill)					

Source : Données fournies par les établissements

Membres de la Commission des universités sur les programmes (avril 1998)

Président

Léonce Beaupré Chargé de projets, vice-rectorat exécutif, Université Laval

Membres

Jacques Bachand	Directeur des études de 1 ^{er} cycle, Université du Québec
Diane Brousseau	Agente de secrétariat, Université Laval
Alain Cournoyer	Étudiant au doctorat en génie physique, École Polytechnique
Nick de Takacsy	Professeur, Département de physique et vice-doyen, Faculté des sciences, Université McGill
Louis Gendreau	Directeur des programmes d'enseignement et de recherche, Ministère de l'Éducation du Québec
Claude Godbout	Vice-recteur aux affaires académiques et étudiantes, Université Laval
Henri Habib	Directeur, Département des sciences politiques, Université Concordia
Michel Harvey	Ingénieur conseil et président, ISOCO Construction inc., Chicoutimi
Mario Laforest	Doyen, Faculté d'Éducation, Université de Sherbrooke
André Lamoureux	Chargé de cours, Département des relations industrielles et Faculté d'éducation permanente, Université de Montréal
Michel Laval	Attaché d'administration pédagogique, Université de Sherbrooke
Louise Letocha	Doyenne des études de 1 ^{er} cycle, Université du Québec à Montréal
Serge Montplaisir	Professeur, Département de microbiologie et d'immunologie, Université de Montréal
Louis Raymond	Professeur en systèmes d'information, Département des sciences de la gestion et de l'économie, Université du Québec à Trois-Rivières
René Séguin	Étudiant au certificat en gestion du commerce de détail et distribution, École des Hautes Études Commerciales

Secrétariat permanent

Claire McNicoll	Secrétaire générale
Isabelle Carreau	Chargée de recherche
Réjean Drolet	Chargé de recherche
Alain Lacombe	Chargé de recherche
Nicolas Marchand	Chargé de recherche
Pascale Ouellet	Chargée de recherche

Annexe B

Membres de la sous-commission mathématiques, informatique et physique (avril 1998)

Président

Nick de Takacsy	Membre de la CUP, professeur au Département de physique et vice-doyen, Faculté des sciences, Université McGill
-----------------	--

Membres

Pierre Amiot	Directeur, Département de physique, Université Laval
Robert Anderson	Directeur, Département de mathématiques, Université du Québec à Montréal
Léonce Beaupré	Président de la Commission, chargé de projets, vice-rectorat exécutif, Université Laval
Louis Berlinguet	Membre externe
Dominique Boucher	Étudiant au doctorat en informatique, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal
Alexandre Bourque-Viens	Étudiant à la maîtrise en biophysique, Département de physiologie et biophysique, Faculté de médecine, Université de Sherbrooke
Alain Caillé	Professeur, Département de physique, Université de Sherbrooke
André Cardinal	Doyen, Faculté des sciences et de génie, Université Laval
Robert Cook ²⁵³	Doyen, Division sciences naturelles et mathématiques et vice-principal, Université Bishop's
Jean-Robert Derome	Directeur sortant, Département de physique, Université de Montréal
Denis Dubé ²⁵⁴	Doyen des études et de la recherche, Université du Québec à Hull
Terrill Fancott	Professeur, Département d'informatique, Université Concordia
Mariana Frank	Professeure, Département de physique, Université Concordia
Gilles Gauthier	Professeur, Département d'informatique, Université du Québec à Montréal
Jacques Hurtubise	Professeur, Département de mathématiques, Université McGill
Mario Lavoie	Professeur, Département de mathématiques et d'informatique, Université du Québec à Rimouski

²⁵³ Nelly Khouzam, professeure au Département d'informatique de l'université, a aussi participé aux travaux de la sous-commission.

²⁵⁴ Marie Fontaine, professeure au Département d'informatique de l'UQAH et Yves Asselin, directeur de ce même département, ont aussi participé aux travaux de la sous-commission.

**Membres de la sous-commission
mathématiques, informatique et physique (avril 1998)**

François Martin	Professeur et responsable du programme d'étude, INRS – Énergie et matériaux
Claire McNicoll	Secrétaire générale, Commission des universités sur les programmes
Sang Nguyen	Directeur, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal
Jean-Marc Proulx	Invité
Bruno Rémillard	Professeur, Département de mathématiques et d'informatique, Université du Québec à Trois-Rivières
Jean Vaillancourt	Vice-doyen, Faculté des sciences, Université de Sherbrooke
Richard Vézina	Professeur, Département d'informatique et de mathématique, Université du Québec à Chicoutimi
Pascale Ouellet	Secrétaire de la sous-commission et chargée de recherche, Commission des universités sur les programmes