

*L'ÉVOLUTION DE
L'ÉDUCATION EN
INGÉNIERIE AU CANADA*



ACADÉMIE CANADIENNE
DU GÉNIE

OTTAWA, DÉCEMBRE 1999

L'ÉVOLUTION DE L'ÉDUCATION EN INGÉNIERIE AU CANADA

RAPPORT DE
L'ACADÉMIE CANADIENNE DU GÉNIE



Préparé par un groupe de travail présidé par
le Dr. Arthur Heidebrecht, MACG
décembre 1999

ISBN: 0-96782770-6-3

L'Académie canadienne du génie
130 rue Albert, pièce 1414
Ottawa, Ontario, K1P 5G4

Tél: (613) 235-9056 Fax: (613) 235-6861
Courriel: acadeng@ccpe.ca
Internet: www.acad-eng-gen.ca

*L'Académie canadienne du génie désire remercier
les organismes suivants qui ont apporté leur
appui financier par rapport aux frais
d'impression et de la dissémination du présent rapport.*



AUTRES COMMANDITAIRES

Bombardier inc.

Dupont Canada inc.

General Electric Canada Inc.

Dofasco inc.

Imperial Oil Ltée

Motorola Canada Ltée

TABLE DES MATIÈRES

Raison d'être et mission de l'Académie	iii
Resumé	iv
Résumé administratif	1
Introduction	3
Prémises	6
Recommandations	7
Mise en oeuvre	16
Références	18
Composition du groupe de travail	19

RAISON D'ÊTRE ET MISSION DE L'ACADÉMIE

L'Académie canadienne du génie est un organisme indépendant, autogéré et à but non lucratif, créé en 1987 afin de servir le pays dans les dossiers qui impliquent le génie. Les membres de l'Académie sont des ingénieurs canadiens de toutes les disciplines et sont élus pour leurs services émérites et leur contribution à la société, au pays et à leur profession. Le nombre total de membres ne doit jamais excéder 250.

L'Académie est auto-financée et ne reçoit aucune subvention des gouvernements tout en étant prête à accepter des contrats pour enquêtes et études. Les membres de l'Académie peuvent donc apporter dans son activité, de façon complètement indépendante et impartiale, l'expérience et l'expertise qu'ils ont acquises comme ingénieurs pratiquants au sein de la profession de l'ingénierie au Canada, profession qui compte 160,000 membres.

La mission de l'Académie est de rehausser, par l'application des principes de l'ingénierie et de la science, le bien-être et la création de la richesse au Canada.

L'Académie poursuit sa mission en:

- promouvant une conscience accrue du rôle de l'ingénieur dans la société,
- reconnaissant l'excellence dans la contribution de l'ingénierie à l'économie du Canada,
- soumettant des conseils et recommandations concernant la formation, la recherche, le développement et l'innovation en ingénierie,
- favorisant la concurrence industrielle tout en protégeant l'environnement au Canada et à l'étranger,
- émettant des avis sur des sujets relevant de l'ingénierie au Canada et à l'étranger,
- développant et maintenant des relations efficaces avec d'autres organisations professionnelles d'ingénieurs, académies et sociétés savantes au Canada et à l'étranger.

RÉSUMÉ

Reconnaissant le rôle évolutif de l'ingénierie dans la société, l'Académie canadienne du génie a formé un groupe de travail chargé de présenter des recommandations sur les rôles des facultés de génie. Tout en identifiant les rôles les plus importants qui sont dévolus aux facultés de génie et à d'autres intervenants, le rapport du groupe de travail a principalement cerné le besoin d'élargir les champs de l'éducation en ingénierie.

Les recommandations du rapport portent sur des changements qui vont assurer que cet élargissement se concrétise par: une formation plus générale et polyvalente dans tout programme universitaire d'ingénierie, le développement de l'aptitude à l'apprentissage pour les étudiants en génie, et la conscientisation des membres des facultés à leur rôle d'éducateurs ayant une vision plus libérale de l'éducation, ainsi que des valeurs et des comportements qui appuient cette vision.

Les facultés de génie devraient également participer à la création d'un principe d'éducation libérale à travers toutes les facultés de l'université, et contribuer à la sensibilisation du public à la technologie. Le rapport traite également du rôle de la recherche dans les facultés de génie, particulièrement en ce qui concerne la préparation des diplômés à la vie post-universitaire. Enfin, la mise en pratique des recommandations du rapport est un défi que doivent relever les doyens de facultés de génie, ainsi que les leaders de l'industrie, du monde des affaires et du gouvernement.

L'Évolution de l'éducation en ingénierie au Canada

Résumé administratif

En 1998, l'Académie canadienne du génie mettait sur pied un groupe de travail pour étudier les rôles que les facultés de génie jouent ou devraient jouer, et pour présenter ses recommandations sur ces rôles. Bien qu'un nombre important de rôles ait été identifié, ce rapport examine les aspects liés à l'éducation et propose des orientations générales pour l'évolution future de l'éducation en ingénierie au Canada.

Les facultés de génie canadiennes ont une excellente renommée pour leurs réalisations, et ont su s'adapter rapidement aux changements en sciences et en technologie malgré un environnement persistant de contraintes de financement sérieuses. Avec le nouveau millénaire, ces facultés feront face à des pressions et à des défis croissants découlant de l'élargissement des rôles des ingénieurs: nouvelles disciplines d'ingénierie, innovation et entrepreneuriat, percées sur les marchés internationaux, leadership et interdisciplinarité, et protection de la santé, de la sécurité et de l'environnement. Les nouveaux ingénieurs seront non seulement appelés à servir la société dans leurs fonctions traditionnelles, mais devront aussi adopter un rôle de leadership dans des domaines non techniques.

Le présent rapport traite essentiellement de l'élargissement de l'éducation en ingénierie. Or, il n'y a cependant que peu de flexibilité pour accommoder cette poussée vers l'élargissement des programmes universitaires de premier cycle et pour incorporer le développement de technologies pertinentes dans le contexte actuel de contraintes de temps et de ressources.

Le rapport présente cinq recommandations qui proposent des changements évolutifs pour que cet élargissement puisse être mis en oeuvre.

1. Les facultés de génie devraient s'assurer que leurs programmes soient augmentés de disciplines autres que le génie traditionnel.

Le rôle le plus important et le plus fondamental des facultés de génie est de donner aux jeunes étudiants une polyvalence qui leur permettra de travailler dans un monde en constante évolution, et de leur fournir une formation non seulement technique mais générale aussi. La spécialisation n'est pas considérée comme appropriée dans ce contexte évolutif. La société requiert que les diplômés en ingénierie possèdent des compétences qui vont au-delà du génie traditionnel, qu'ils connaissent bien la société où ils vivent et travaillent, et qu'ils soient sensibles aux dimensions économiques, sociales, politiques, environnementales, culturelles et déontologiques de leur travail.

Les programmes de premier cycle devraient mettre l'accent sur le design et la résolution de problèmes. Quant aux deuxième et troisième cycles, les programmes devraient encourager une éducation continue qui permettra aux diplômés à la fois de poursuivre leur spécialisation et d'élargir leurs champs de compétences.

2. Les facultés de génie devraient mettre l'accent sur le développement de l'aptitude à l'apprentissage de leurs étudiants.

Une grande priorité devrait être accordée à l'aptitude à l'apprentissage «apprendre à apprendre». Il est essentiel de préparer les étudiants à la vie après l'université.

3. Les dirigeants des facultés de génie devraient s'assurer que les membres de leurs facultés possèdent la vision, les valeurs et les comportements requis pour préparer leurs étudiants de tous les cycles à fonctionner efficacement dans notre monde très évolutif.

L'élargissement des compétences doit faire partie intégrante des programmes de génie. L'enseignement complémentaire ne doit pas être simplement laissé au soin d'autres facultés de l'université, à des professeurs ayant des approches plus libérales ou à des professeurs à temps partiel chargés de cours spécifiques. Cet enseignement complémentaire doit faire partie de chaque élément du programme de génie. Ceci requiert la participation active des professeurs qui doivent développer leurs propres compétences en éducation, et partager des expériences éducatives pertinentes avec leurs étudiants. Un accès à une préparation spécifique en éducation et en pédagogie devrait donc leur être offert.

Les critères de titularisation et de promotion doivent promouvoir cet élargissement des rôles et compétences. Les membres des facultés de génie doivent aussi s'assurer que leurs efforts dans cette direction vont contribuer à leur progression de carrière.

4. Les recherches effectuées dans les facultés de génie doivent être caractérisées par l'excellence et par leur pertinence aux enjeux de l'industrie et de la société. Elles doivent aussi préparer les étudiants à la vie post-universitaire.

La qualité de la recherche et du design contribue considérablement à l'apprentissage des professeurs et des étudiants et stimule l'innovation qui est essentielle à l'industrie et à la société. Au-delà de la valeur intrinsèque des résultats de la recherche, il est important de reconnaître la valeur de la recherche dans le développement professionnel des étudiants diplômés. La plupart des employeurs s'intéressent davantage au «produit humain» des programmes de deuxième et de troisième cycles.

5. Les facultés de génie devraient offrir des occasions d'enseignement libéral à tous les étudiants universitaires et participer à sensibiliser le public à la technologie.

Dans une société qui est si profondément influencée par la technologie les connaissances technologiques de plusieurs diplômés en génie peuvent parfois être mises en question. Les professeurs de génie doivent régulièrement composer avec l'interface entre la science et la société, et sont dans une position qui leur permet de contribuer à l'éducation libérale de leurs étudiants et du public.

L'Académie veut voir l'implantation des orientations énoncées dans ce rapport. Les intervenants clés de cette implantation sont les doyens de facultés de génie qui ont une responsabilité de leadership directe dans l'éducation, ainsi que les leaders de l'industrie, du monde des affaires et du gouvernement qui doivent s'assurer que l'importance de ces orientations pour la santé de l'économie et de la société canadiennes soit bien comprise et que les ressources nécessaires soient affectées à leur implantation.

Introduction

Depuis sa fondation, l'Académie a toujours considéré que l'éducation en ingénierie est la clé de l'amélioration des services que les ingénieurs sont appelés à fournir à la société. *L'éducation en ingénierie au Canada* était le sujet d'un rapport exhaustif de l'Académie en 1993¹. Le Conseil canadien des ingénieurs et le Conseil national des doyens de facultés de génie et de sciences appliquées ont également produit un important rapport sur l'éducation en ingénierie en 1992². Les rapports de l'Académie sur la formation continue des ingénieurs (1997)³ et sur la richesse par l'entrepreneuriat technologique (1998)⁴ sont également pertinents à l'éducation en ingénierie. Enfin, la Fédération canadienne des étudiants et étudiantes en génie a publié son propre rapport *Feedback on Engineering and Related Issues at the Canadian Congress of Engineering Students*⁵. Ces rapports s'accordent bien sur les divers principes généraux, et les facultés de génie se sont penchées sur plusieurs des recommandations de ces rapports. Leur mise en oeuvre a toutefois été freinée par plusieurs facteurs, souvent à cause d'un manque de ressources.

C'est pourquoi l'Académie canadienne du génie a mis sur pied un groupe de travail pour étudier les rôles que les facultés de génie jouent ou devraient jouer, et pour présenter ses recommandations sur ces rôles. Ces divers rôles se rapportent à la formation des étudiants en ingénierie, à la contribution pratique de la recherche en génie, à l'interaction avec l'industrie dans la conception et le développement de nouveaux produits et systèmes, dans la contribution à

l'innovation et à la création de nouvelles industries, dans la formation d'étudiants d'autres facultés, dans la formation continue des ingénieurs, et dans la sensibilisation du public aux enjeux technologiques et à leur impact sur la société. Plusieurs enjeux liés à ces rôles méritent une attention immédiate. Bien que tous ces rôles soient importants, il était devenu évident que tous les rôles ne pouvaient être traités en même temps et sur le même pied d'égalité dans un seul rapport. On a donc décidé de consacrer ce rapport aux questions liées à l'éducation, à l'établissement d'orientations générales souhaitables pour l'évolution future de l'éducation en ingénierie au Canada, ainsi qu'aux mesures requises pour mettre en pratique les recommandations énoncées.

Les facultés de génie canadiennes jouissent d'une excellente réputation aussi bien en ce qui concerne les carrières de leurs diplômés que leur contribution à la recherche et à l'avancement des connaissances en génie. Au cours des dernières décennies, ces facultés ont su très bien s'adapter aux changements rapides en sciences et en technologie. Cependant, les pressions et les exigences sur ces facultés et sur les programmes d'ingénierie augmentent sans cesse. Le temps est opportun de revoir comment ces facultés devraient évoluer dans ce contexte. Parmi les facteurs qui motivent cette réflexion:

- l'élargissement des rôles que les diplômés seront appelés à jouer dans la société
- l'expansion rapide de la technologie dans des disciplines de génie établies
- l'émergence de nouvelles disciplines de génie comme le génie biologique
- la forte demande pour des diplômés en technologie de l'information
- le besoin d'une interaction accrue entre les professeurs d'ingénierie et l'industrie
- le besoin d'un plus grand nombre d'ingénieurs pour occuper des postes de direction dans les grandes entreprises canadiennes
- le besoin de créer au Canada de nouvelles entreprises basées sur la technologie
- le rôle accru des ingénieurs canadiens sur les marchés internationaux
- les préoccupations de la société en ce qui concerne la santé, la sécurité et la protection de l'environnement

Le défi qui se pose aux facultés de génie canadiennes est particulièrement imposant face à ces exigences croissantes et aux contraintes financières sérieuses que la plupart des facultés ont connues ces dernières années. Malgré ces contraintes, plusieurs de ces facultés ont fait des progrès importants et se distinguent comme modèles de l'évolution de l'éducation en ingénierie. Il faut toutefois rappeler que la capacité du système d'éducation en ingénierie à répondre aux nouvelles exigences est très limitée. Avec les contraintes de temps et de ressources actuelles, il n'est pas faisable d'accommoder les pressions vers l'élargissement des programmes de premier cycle et l'incorporation de l'apprentissage continu de technologies pertinentes. Il faut choisir entre les options qui se présentent au système d'éducation en ingénierie au cours de la prochaine décennie pour que le système réponde adéquatement aux besoins de notre économie et de notre société.

Le présent rapport vise essentiellement à élargir la portée de l'éducation en ingénierie. Les recommandations du rapport visent des changements fondamentaux dans l'éducation en ingénierie au Canada. Ces changements culturels sont non seulement souhaitables mais aussi nécessaires si l'on veut que l'ingénierie continue à évoluer et à contribuer efficacement à la richesse et à la santé de la société canadienne et de son environnement. Plusieurs aspects de cette évolution ont déjà été abordés par les facultés de génie canadiennes, mais même avec la participation enthousiaste des doyens et des professeurs, les changements requis ne pourront se concrétiser sans des ressources appropriées.

L'Académie s'est donnée comme objectif d'établir une série de principes et d'orientations qui recevront l'appui à la fois des membres de l'Académie et des doyens de facultés de génie. Les commentaires sur les versions préliminaires de ce rapport ont été obtenus de doyens de facultés, de plusieurs membres de l'Académie et de la Fédération canadienne des étudiants et étudiantes en génie. Le rapport a été discuté lors d'une réunion tenue en mai 1999, et le Conseil national des doyens de facultés de génie et de sciences appliquées a offert des commentaires très pertinents. L'avant-dernière version du rapport a été discutée lors de l'assemblée générale annuelle de l'Académie en juin 1999. Les membres ont unanimement appuyé les principes généraux de ce rapport tout en proposant de nouvelles idées et en reconnaissant que plusieurs détails devront être considérés lors de la mise en pratique des recommandations. Cette avant-dernière version a été transmise aux doyens dont les commentaires ont été incorporés dans le rapport final.

L'Académie veut obtenir l'appui de ses membres et des leaders de l'industrie pour aider le milieu universitaire à convaincre les gouvernements, les universités, l'industrie, les ingénieurs et le public du besoin de ces changements et des ressources nécessaires pour effectuer ces changements.

Prémisses

Les fondements des principes de l'évolution de l'éducation en ingénierie énoncés dans ce rapport émanent de la définition de l'ingénierie telle qu'adoptée par l'Académie canadienne du génie:

Le génie est une profession qui cherche à créer des systèmes, des procédés et des produits nouveaux ou améliorés pour servir les besoins des êtres humains. Son rôle principal est le design, un art qui fait appel à l'ingéniosité, à l'imagination, aux connaissances, à la compétence, à la discipline et au jugement appuyés par l'expérience. L'ingénieur doit bénéficier d'une bonne connaissance du potentiel physique des matériaux, de la logique des mathématiques, des contraintes relatives aux ressources humaines, des ressources physiques et de l'économique, de la réduction des risques, ainsi que de la protection du public et de l'environnement.

Parmi les prémisses de ce rapport:

- Les diplômés des facultés de génie devront servir la société non seulement dans leurs domaines techniques traditionnels qu'ils doivent bien maîtriser, mais aussi dans des fonctions de leadership.
- Le rôle le plus important et fondamental des facultés de génie est de préparer les étudiants à s'acquitter de ces fonctions dans un monde en évolution, et de leur donner une formation à la fois techniquement pertinente et polyvalente.
- Une spécialisation étroite n'est pas considérée comme une réponse appropriée à l'expansion de la technologie.
- La recherche, qui contribue considérablement à l'apprentissage des professeurs et des étudiants et stimule l'innovation qui est essentielle à l'industrie et à la société, est une fonction très importante pour les facultés de génie.
- Les facultés de génie doivent être sensibles aux besoins des diverses parties intéressées: les étudiants, les professeurs, les universités, les ingénieurs, l'industrie, les employeurs, la société et les gouvernements.

Recommandations

1. Les facultés de génie devraient s'assurer que la formation donnée aux étudiants en génie dépasse le simple cadre de la formation technique spécialisée.

L'évolution rapide de la technologie oblige les facultés de génie à augmenter constamment le contenu technique de leurs programmes d'enseignement. De plus, les diplômés en génie sont de plus en plus appelés à contribuer dans des domaines bien au-delà de leur dimension technique. La société d'aujourd'hui requiert que les jeunes ingénieurs soient polyvalents, qu'ils connaissent bien la société dans laquelle ils évoluent, et qu'ils soient sensibles aux dimensions économiques, sociales, politiques, environnementales, culturelles et déontologiques de leur profession. Le Canada a particulièrement besoin de nouveaux ingénieurs ayant des aptitudes entrepreneuriales pour créer de nouvelles entreprises dont dépendent la richesse économique et sociale futures de la société⁴.

Les employeurs cherchent de nouveaux diplômés qui maîtrisent l'aspect technique de leur profession, mais qui sont aussi polyvalents, qui savent communiquer, qui possèdent un esprit d'équipe, qui ont une connaissance de base des affaires et de la gestion, et qui sont sensibles à l'impact économique et social de l'ingénierie. Les jeunes ingénieurs qui possèdent quelques années d'expérience, particulièrement dans la petite industrie, appuient l'inclusion de ces facteurs et compétences dans les programmes universitaires.

Avec le besoin croissant d'une formation plus polyvalente et l'évolution rapide de la technologie, il est grand temps de réexaminer le contexte dans lequel les ingénieurs canadiens sont formés.

Au cours des années, le conseil d'accréditation du Conseil canadien des ingénieurs a encouragé l'élargissement des programmes de génie, stipulant qu'au moins un huitième du temps d'un programme de premier cycle de quatre ans soit consacré à des domaines non techniques, dont l'économie, les communications et l'impact social de la technologie. À l'heure actuelle, on n'accorde pas assez d'importance à ces études complémentaires pour donner la qualité d'enseignement requise pour plusieurs des rôles que les nouveaux ingénieurs devront assumer. Il ne s'agit pas seulement d'une question d'heures de cours complémentaires, mais davantage de l'intégration de connaissances complémentaires dans les activités techniques et les projets des nouveaux ingénieurs. Il s'agit aussi de créer un environnement académique qui permettra aux étudiants de développer un esprit inquisiteur et une attitude positive face aux dimensions non techniques de leur formation universitaire. L'expérience rapportée au groupe de travail montre que des cours pris dans d'autres facultés d'une université ne produisent pas nécessairement les

résultats souhaités. C'est pourquoi la formation complémentaire devrait être intégrée dans les programmes d'éducation en génie.

Plusieurs diplômés en génie entrent dans le monde des finances, de la gestion, du droit et de l'administration. À mesure que les programmes de premier cycle deviennent plus polyvalents, ils attirent des étudiants qui cherchent une formation plus globale tout en reconnaissant l'importance d'une base technologique pour une telle formation. Cette tendance peut être particulièrement importante si l'on veut attirer plus de femmes dans la profession d'ingénieur.

Il demeure toutefois une question à cette recommandation: il n'y a pas suffisamment de temps dans un programme de premier cycle de quatre ans (ou l'équivalent) pour inclure davantage de cours complémentaires sans sacrifier l'aspect technique du programme.

En raison de la pression exercée par l'essor des connaissances technologiques, les programmes de premier cycle tendent parfois à spécialiser les futurs ingénieurs. Or, cette approche n'est pas considérée comme appropriée au niveau du premier cycle.

Une solution détaillée à cette situation de contrainte de temps ne fait pas partie de la portée de ce rapport, mais l'approche générale suivante est présentée pour discussion. Il est proposé que les programmes de baccalauréat soient enrichis de cours complémentaires. Il est également proposé d'élargir le programme de cinquième année menant à la maîtrise, de même que d'autres programmes de deuxième et de troisième cycles.

Au premier cycle, le programme académique porterait essentiellement sur l'identification et l'enseignement de concepts fondamentaux, ainsi que sur le développement des compétences requises pour appliquer ces concepts à des problèmes d'ingénierie. Une attention particulière serait accordée à la résolution de problèmes, au design et à l'expérience pratique dans le cadre de projets, aux aptitudes à l'apprentissage (recommandation n° 2). Pour citer un extrait d'un rapport antérieur de l'Académie¹, nous considérons qu'un tel programme «peut inculquer des concepts, des attitudes, des aptitudes et des comportements qui deviendront les attributs les plus durables d'un ingénieur». Plusieurs ingénieurs rapportent avoir oublié une bonne partie du contenu de leur programme universitaire mais ils insistent que leur efficacité est en grande partie attribuable aux aptitudes et aux attitudes acquises lors de leur programme de premier cycle. C'est pourquoi l'accent devrait être mis sur le processus d'apprentissage plutôt que le contenu d'information.

L'essence même de l'ingénierie est le design, une approche multidisciplinaire visant à satisfaire des besoins économiques, sociaux et environnementaux. C'est dans ce contexte que la polyvalence est définie dans ce rapport. L'intégration des divers aspects de cette approche dans un programme de premier cycle requiert une interaction intensive entre les professeurs et les étudiants. Elle requiert aussi beaucoup plus de ressources qu'à l'heure actuelle. Le programme de premier cycle et l'expérience devraient être basés sur la prémisse que tous les étudiants poursuivront une formation continue tout au long de leur carrière, qu'il s'agisse d'une formation dans un cadre formel ou d'une formation autodidacte, selon les meilleures pratiques décrites dans un récent rapport de l'Académie sur la formation continue³. L'accès à des cours et des ateliers de formation continue étant important, les facultés devraient être encouragées à accroître leur participation à ces programmes.

Dans l'approche proposée, on recommande que les programmes de premier cycle soient moins axés sur la spécialisation. Il ne s'agit pas nécessairement de réduire le contenu technique des programmes mais plutôt d'élargir leur contenu pour mieux communiquer l'esprit de la profession et ses critères d'accréditation.

Pour compenser la limitation de la spécialisation technique des programmes de premier cycle, les étudiants devraient être encouragés à poursuivre une maîtrise à temps plein ou à temps partiel. La flexibilité d'accès aux programmes de maîtrise et la coopération entre les facultés de génie devraient aussi être favorisées. Un programme intégré de cinq ans visant l'obtention de deux diplômes pourrait être avantageux pour certains étudiants.

Dans l'évolution de l'éducation en ingénierie, on s'attend à ce que les diplômés de premier cycle obtiendront aussi un diplôme de deuxième ou de troisième cycles en génie ou dans une discipline connexe. Pour certains diplômés de premier cycle, une option souhaitable serait un programme menant à deux diplômes réunissant l'ingénierie et la gestion, par exemple. Certains diplômés en génie pourraient aussi choisir une deuxième profession comme le droit, la médecine ou l'éducation. Plusieurs facultés de génie canadiennes ont acquis une expérience innovatrice en encourageant de tels programmes.

À l'heure actuelle, les programmes d'ingénierie post-baccalauréat mènent surtout vers les maîtrises et les doctorats. Bien que plusieurs étudiants à ces programmes continuent dans la recherche, de plus en plus travaillent dans le domaine de l'innovation industrielle et participent à la création de nouvelles entreprises. Leur préparation à ces rôles peut être favorisée par un programme de premier cycle plus

polyvalent et par l'inclusion de concepts de gestion et d'entrepreneuriat dans les programmes de deuxième et de troisième cycles.

Parmi les professions, l'ingénierie est l'une des rares qui impose un programme de premier cycle de quatre ans seulement, avec une expérience pertinente avant l'accréditation professionnelle. Compte tenu de la complexité croissante de la profession d'ingénieur, il pourrait être opportun de réévaluer les exigences d'accréditation au statut professionnel.

2. Les facultés de génie devraient mettre l'accent sur le développement de l'aptitude à l'apprentissage de leurs étudiants.

En orientant l'évolution de l'éducation en ingénierie vers des programmes plus polyvalents, il faut accorder une priorité à l'aptitude à l'apprentissage «apprendre à apprendre». Bien entendu, l'étudiant doit avoir acquis une compétence de base dans sa discipline technique à la fin de sa formation. Mais comme la technologie évolue si rapidement et que les rôles des ingénieurs deviennent de plus en plus diversifiés, l'aptitude à l'apprentissage revêt une importance particulière pour la vie après l'université.

Cette aptitude à l'apprentissage peut être développée dans le cadre de travaux ou projets universitaires où les étudiants doivent acquérir de nouvelles informations, de nouveaux outils analytiques et de nouvelles compétences. Il a déjà été démontré que ce type d'apprentissage produit des diplômés qui sont bien adaptés pour s'intégrer rapidement aux petites et moyennes industries. Cette approche est conséquente avec la polyvalence qui devrait caractériser l'ingénierie. Il faut toutefois reconnaître que cette approche requiert une interaction intensive entre les professeurs et les étudiants.

L'aptitude à l'apprentissage acquise dans le cadre d'un programme de premier cycle peut grandement contribuer à l'efficacité des programmes de deuxième et de troisième cycles, ainsi qu'au succès des programmes de recherche.

Une collaboration entre le corps enseignant et l'industrie peut offrir une source de projets de design pour les étudiants qui font appel à l'initiative dans l'application d'aptitudes à l'apprentissage et qui procurent souvent des résultats utiles aux commanditaires industriels. L'industrie a la responsabilité d'offrir aux étudiants de premier cycle des occasions d'acquérir une expérience en les invitant à collaborer au développement de projets et à participer à des programmes coopératifs ou à des stages.

Les nouvelles technologies d'information sont d'excellents outils d'apprentissage et peuvent grandement contribuer à l'auto-apprentissage, avec moins de cours magistraux. Ainsi, le rôle du professeur peut évoluer de celui de fournisseur d'information à celui de facilitateur et de mentor. L'objectif ultime est d'améliorer la qualité de l'expérience de l'apprentissage. L'ingénierie est une profession qui exige le développement d'attitudes et de comportements professionnels. Le temps accordé à cette approche à l'éducation doit être suffisant et approprié pour développer ces attributs.

3. Les dirigeants des facultés de génie devraient s'assurer que les membres de leurs facultés possèdent la vision, les valeurs et les comportements requis pour préparer leurs étudiants de tous les cycles à fonctionner efficacement dans notre monde très évolutif.

Avec l'évolution vers une formation en ingénierie plus polyvalente et davantage axée sur le développement des aptitudes à l'apprentissage, il y a lieu de réexaminer les rôles des professeurs d'ingénierie. Il faut donc que les dirigeants des facultés de génie reconnaissent qu'il leur incombe d'inculquer les attitudes, les valeurs et les compétences appropriées aux membres de leurs facultés.

La polyvalence devrait faire partie de tous les aspects d'un programme d'ingénierie. L'enseignement de sujets complémentaires mais non techniques est beaucoup plus efficace lorsqu'il est intégré dans les cours d'ingénierie que s'il est donné dans d'autres facultés. Cet enseignement complémentaire ne doit pas être simplement laissé à d'autres facultés de l'université, à des professeurs ayant des approches plus libérales ou à des professeurs à temps partiel chargés de cours spécifiques. Cet enseignement doit faire partie de chaque élément du programme d'ingénierie.

Les professeurs d'ingénierie sont normalement nommés en fonction de leur spécialisation dans une discipline d'ingénierie. Généralement, le professeur possède un doctorat et a démontré sa capacité à réaliser des recherches originales et innovatrices. Ces attributs lui confèrent les qualifications requises pour le rôle de professeur comme chercheur et expert technique, mais pas nécessairement les qualifications désirées pour donner une formation polyvalente à ses étudiants.

Il est préférable de recruter des professeurs qui ont acquis une expérience pratique dans l'industrie. Toutes les facultés de génie sont encouragées à adopter ce critère de sélection dans l'embauche de leurs professeurs. Le recrutement dans l'industrie n'est toutefois pas toujours facile. La concurrence entre les universités, même à l'échelle internationale, est féroce et il y a une énorme demande pour des ingénieurs dans des domaines spécialisés comme l'informatique. De plus, les universités doivent concurrencer avec l'industrie au plan des salaires.

Tout comme les facultés de génie canadiennes recrutent leurs étudiants de premier cycle parmi les plus talentueux des finissants d'écoles secondaires, les gens qui sont recrutés pour des postes professionnels dans les facultés de génie sont des individus de qualité supérieure. Ils sont productifs, consciencieux et enthousiastes, et possèdent un grand potentiel de contribuer à la société. Avec un encouragement et un encadrement appropriés, ils vont rapidement acquérir les qualités requises pour le rôle de professeur

Les facultés de génie ont la responsabilité de fournir les installations, le temps et l'orientation requis pour aider les nouveaux professeurs à développer une polyvalence en tant qu'éducateurs. À mesure que ces recommandations seront adoptées, l'environnement éducationnel ne sera plus le même que lorsque ces nouveaux professeurs étaient des étudiants ou des chargés de cours. Les facultés doivent sensibiliser ces nouveaux professeurs aux objectifs et aux buts d'une éducation polyvalente, et s'assurer que ces objectifs et buts seront atteints. L'atteinte de ces objectifs peut être appuyée en offrant aux professeurs une préparation particulière en pédagogie de l'enseignement et de l'apprentissage.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'essence de l'ingénierie est la conception de procédés et de produits, ainsi que la prestation de services. Pour que les professeurs d'ingénierie puissent apprendre ces fondements de l'ingénierie à leurs étudiants, ils doivent eux-mêmes bien saisir les divers enjeux, critères et contraintes du processus de design. Il faut donc qu'ils aient au moins une expérience de base de l'exercice de la profession d'ingénieur, une expérience qui devrait être continuellement mise à jour soit en exerçant leur métier à temps partiel, soit en prenant des congés sabbatiques pour travailler dans l'industrie et au sein de firmes de génie-conseil avec une diversité de clients.

Les politiques universitaires de titularisation et de promotion contiennent généralement des critères d'enseignement et de recherche, avec une disposition relative à l'exercice de la profession. Bien qu'il puisse sembler que ces politiques sont suffisamment flexibles pour assurer un équilibre entre l'enseignement et l'exercice de la profession, il est bien connu que la recherche publiée est l'une des considérations les plus importantes lors des décisions relatives à la titularisation et la promotion. C'est pourquoi de nombreux nouveaux professeurs croient qu'ils doivent donner la priorité à la recherche pendant les cinq années qui mènent à la titularisation.

Bien que les jeunes professeurs comprennent bien les bénéfices de l'élargissement des programmes d'ingénierie, ils craignent souvent que leurs efforts dans cette direction risquent de menacer leur carrière d'enseignement. Or, cet élargissement dépend de la participation active des jeunes professeurs qui doivent développer leurs compétences en éducation et présenter des activités et cours pertinents à leurs étudiants. Ils doivent être rassurés qu'une approche polyvalente à l'éducation aidera leur progression de carrière.

Cette transformation du rôle des professeurs d'ingénierie peut nécessiter une restructuration des politiques et, plus particulièrement, des pratiques de recrutement, de nomination, de titularisation, de promotion et de récompense des professeurs d'ingénierie. Le processus d'évaluation doit mesurer et pondérer les fonctions d'éducation et de mentorat, ainsi que les fonctions de recherche, de design et de l'exercice de la profession.

Il est important que la charge de travail des professeurs d'ingénierie leur permette de partager leurs activités entre l'enseignement, la recherche et l'interaction professionnelle avec la communauté. Plus particulièrement, il faut allouer le temps requis pour planifier et mettre en oeuvre les changements recommandés. L'effectif enseignant en génie devrait être suffisant pour son rôle comme faculté de génie. De plus, compte tenu de la nature intensive de l'approche proposée axée sur l'étudiant et l'élargissement des programmes de premier cycle, le personnel enseignant devra être augmenté, tout comme les installations mises à la disposition des facultés de génie.

4. Les recherches effectuées dans les facultés de génie doivent être caractérisées par l'excellence et par leur pertinence aux enjeux de l'industrie et de la société. Elles doivent aussi préparer les étudiants à la vie post-universitaire.

La recherche de qualité est une fonction très importante dans les universités modernes. Par leurs recherches, les professeurs contribuent à la base de connaissances dont notre économie et nos structures sociales dépendent de plus en plus. La recherche permet de générer des concepts qui peuvent mener à la création de nouvelles entreprises et de nouvelle richesse. C'est par la recherche que les professeurs établissent leur réputation et maintiennent un contact avec la communauté d'experts mondiale qui partagent le meilleur des connaissances dans leurs domaines respectifs. Une telle expertise est une importante ressource nationale.

Les facultés de génie sont particulièrement intéressées par la recherche qui est motivée par des enjeux industriels et sociaux. La recherche faite en collaboration avec l'industrie et le monde des affaires est particulièrement importante pour l'ingénierie. Au Canada, certains secteurs de l'industrie comptent beaucoup sur les résultats de la recherche universitaire parce que leurs propres capacités de recherche sont limitées. Les avantages d'une telle collaboration reposent non seulement sur les résultats de recherche, mais aussi sur le rapprochement avec les utilisateurs de ces résultats ainsi que sur l'établissement de liens entre les nouveaux diplômés en ingénierie, les professeurs et les leaders de l'industrie.

La plupart de la recherche dans nos facultés de génie est faite avec la collaboration d'étudiants qui poursuivent une maîtrise ou un doctorat. Les nouvelles connaissances acquises par la recherche sont importantes pour la société. Il faut toutefois que les superviseurs de recherche, les administrateurs de programmes de deuxième et de troisième cycles et les organismes de subvention à la recherche reconnaissent davantage la valeur que l'expérience de la recherche ajoute au bagage des diplômés qui entreprennent leur carrière. Bien que certaines industries

se tournent vers les universités comme sources de connaissances acquises par la recherche, la plupart des employeurs sont avant tout intéressés à recruter de nouveaux ingénieurs compétents. Autant la recherche est importante, autant les facultés de génie doivent reconnaître que la formation de leurs étudiants est leur première responsabilité.

L'expérience de la recherche chez un étudiant de deuxième ou de troisième cycles peut être considérée par certains comme une préparation au professorat ou à un poste dans un laboratoire de recherche. Bien structurée, la recherche peut aussi être une excellente phase de préparation à une carrière de leader en innovation industrielle et en entrepreneuriat⁴.

Il est important que l'interprétation de la recherche par les facultés de génie et les organismes de subvention de la recherche tienne compte du défi intellectuel que pose la conception avancée où la combinaison unique de connaissances et de compétences mènent à de nouveaux produits ou procédés viables. C'est le design qui distingue l'ingénierie de la science. La conception est une activité à la fois très créative et très exigeante. Les critères et les pratiques des organismes de subvention à la recherche doivent promouvoir la participation des étudiants dans des projets de design multidisciplinaires.

Des rapports étroits entre les facultés et l'industrie sont essentiels si l'on veut élaborer des projets de recherche et de conception utiles pour les étudiants de deuxième et de troisième cycles. Les leaders de l'industrie devraient reconnaître qu'ils ont un rôle important à jouer dans leurs rapports avec les professeurs d'ingénierie et leurs étudiants. Tout investissement qu'ils font est largement compensé par la qualité et l'orientation des gens qu'ils recrutent et par les résultats de recherche et de conception qu'ils en retirent.

5. Les facultés de génie devraient offrir des occasions d'apprentissage libéral à tous les étudiants universitaires et participer à sensibiliser le public à la technologie.

Les programmes universitaires dans les arts et les sciences ont longtemps été considérés comme source d'une éducation polyvalente et libérale. La tendance est toutefois à la spécialisation, même au niveau du baccalauréat. Les programmes de plusieurs universités sont aujourd'hui caractérisés par une concentration solide mais étroite dans l'enseignement et la recherche. Pour plusieurs étudiants, ces concentrations tendent, implicitement ou explicitement, à décourager une formation réellement interdisciplinaire. Dans une société qui est si profondément influencée par la technologie, les connaissances technologiques de plusieurs diplômés en génie peuvent parfois être remises en question.

Plusieurs programmes d'ingénierie de premier cycle ont suivi une tendance semblable vers la sur-spécialisation en réponse à l'évolution des connaissances technologiques. Cette tendance a été contenue dans une certaine mesure par les exigences d'accréditation professionnelle qui prescrivent qu'une portion du programme soit consacrée à des «sujets complémentaires» comme l'économique, la communication et l'impact social de la technologie.

Les facultés de génie devraient prendre l'initiative d'inculquer un degré d'instruction technologique approprié aux étudiants universitaires. Dans notre monde dominé par la technologie, même les individus qui ont reçu une éducation libérale ont besoin d'un cadre de référence pour mieux comprendre la technologie et son rôle dans la société. Les professeurs d'ingénierie peuvent être dans une position préférée pour ce rôle puisqu'ils sont régulièrement appelés à gérer l'interface entre la science et la société. Les possibilités d'apprentissage que les facultés de génie pourraient offrir peuvent comprendre des cours facultatifs, des ateliers sur des sujets spécifiques et le développement de ressources documentaires sur l'Internet pour l'enseignement individualisé.

Les facultés de génie devraient unir leurs efforts avec leurs contreparties en arts et en sciences pour promouvoir la valeur d'une formation de premier cycle qui soit polyvalente et libérale, et pour favoriser l'interaction entre les étudiants et les professeurs. L'habileté des ingénieurs à travailler au sein d'équipes multi-disciplinaires, ou de diriger de telles équipes, peut être facilitée par de telles interactions à l'université.

Pour certains étudiants, un programme intégré en arts et en ingénierie peut être souhaitable. Une collaboration entre les facultés de génie et d'enseignement peut offrir un avantage particulier à la formation technologique des futurs enseignants.

Les facultés de génie devraient également jouer un rôle de premier plan dans la sensibilisation du public à la technologie. Il est important que la société comprenne le rôle de la technologie et de l'ingénierie dans la création de nouvelle richesse et d'emplois de qualité, en plus de protéger la santé et la sécurité du public.

Les efforts de sensibilisation encourageront le public et les gouvernements à allouer des ressources adéquates aux universités.

Mise en Oeuvre

La rédaction et la présentation de rapports peut être une expérience satisfaisante pour leurs auteurs, mais l'exercice n'a que peu de valeur si les recommandations du présent rapport ne sont pas mises en oeuvre. Le défi qui se pose à l'Académie canadienne du génie est particulièrement difficile compte tenu de ses ressources et de ses effectifs très limités. La plus importante de ses ressources réside dans l'expérience, la sagesse et l'influence des membres de l'Académie. Le rôle de l'Académie sera donc essentiellement d'encourager une action efficace par ceux qui ont l'opportunité et la responsabilité d'agir.

Un processus échelonné est envisagé pour la mise en oeuvre des recommandations de ce rapport. Ce processus nécessitera une interaction avec un certain nombre d'organismes.

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, l'avant-dernière version du rapport a été discutée lors de l'assemblée générale annuelle de l'Académie en juin 1999. Les membres présents ont unanimement appuyé les principes généraux de ce rapport tout en reconnaissant que plusieurs détails devront être considérés lors de la mise en pratique des recommandations.

Cette avant-dernière version a également été transmise au Conseil national des doyens de facultés de génie et de sciences appliquées pour les commentaires individuels des doyens. Ces commentaires ont été incorporés dans le rapport final.

Plusieurs sujets d'intérêt, particulièrement ceux qui concernent la recherche et les liens entre les universités et l'industrie, n'ont pas été traités dans ce rapport. On propose que les doyens soient invités à se joindre à l'Académie pour former un groupe de travail qui se penchera sur ces questions.

Avec le soutien des membres de l'Académie et la participation des doyens et anciens doyens, la prochaine étape sera d'approcher un nombre de leaders éminents de l'industrie et du monde des affaires pour solliciter leur appui dans la mise en pratique des recommandations de ce rapport. Les membres de l'Académie et les doyens des facultés de génie devraient participer à ces approches.

Un consensus entre les doyens, les leaders de l'industrie et l'Académie donnera une base solide pour approcher les gouvernements, les universités et les associations professionnelles d'ingénieurs. Au début, ces approches viseront à convaincre ces organismes et institutions que les recommandations proposées sont nécessaires à la santé de la profession d'ingénieur au Canada, ainsi qu'au développement économique et social du pays. Reconnaisant la responsabilité des provinces pour l'éducation et la diversité des institutions locales, régionales et institutionnelles, plusieurs de ces approches devraient être faites conjointement par des représentants de l'Académie, des doyens de facultés de génie et des

leaders de l'industrie. Pour arriver à un consensus sur les principes et les orientations envisagés pour l'évolution de l'éducation en ingénierie, il faut entreprendre une planification détaillée de mise en oeuvre et d'évaluation des besoins en ressources.

Alors que la planification détaillée doit être faite par les institutions individuelles, il y a évidemment plusieurs domaines où le partage d'expérience et de vues peut être avantageux. Plusieurs facultés de génie canadiennes ont fait des progrès importants dans divers aspects de cette évolution. Leur leadership peut faciliter les développements à travers le pays. Il est suggéré que des petits groupes de travail soient formés pour traiter de sujets comme les meilleures méthodes d'apprentissage dans le cadre de travaux pratiques et de projets, les programmes de baccalauréat-maîtrise combinés, les critères de recrutement et les structures de récompense, l'évaluation des résultats et les critères d'accréditation. Les doyens pourront nommer des membres de leur faculté pour participer à ces groupes. Les membres de l'Académie assisteraient les groupes au besoin.

La mise en pratique des recommandations nécessitera le soutien et l'encouragement de la profession d'ingénieur telle que représentée par le Conseil canadien des ingénieurs (CCI) et plus particulièrement par son conseil d'accréditation. Par ses critères d'accréditation, la profession a mis l'accent sur le design et un élargissement du processus de formation en ingénierie. Dans ce contexte, nous espérons que les recommandations de ce rapport seront perçues par la profession comme une contribution à l'évolution naturelle du processus d'accréditation. Le rapport soulève plusieurs sujets qui doivent être discutés:

Avec l'élargissement recommandé du programme de premier cycle, le programme de quatre ans (ou l'équivalent) peut-il être considéré comme suffisant pour satisfaire les exigences académiques d'entrée dans la profession?

Avec l'intégration de composants techniques et non techniques du programme dans les cours, les travaux de laboratoire et les travaux pratiques, quels sont les processus qui permettront à l'équipe d'accréditation de mesurer la qualité et la pertinence des résultats du programme?

Comment le processus d'accréditation peut le mieux encourager le développement de nouvelles disciplines de génie?

Il est proposé que les représentants de l'Académie rencontrent les membres du Conseil d'accréditation du CCI et possiblement des conseils provinciaux pour des discussions approfondies sur ces sujets.

Il est aussi proposé de demander à l'Institut canadien des ingénieurs de transmettre les recommandations de ce rapport à ses membres et d'appuyer la ratification des principes qui y sont énoncés.

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) devrait être invité à participer à la mise en oeuvre des recommandations puisque ses politiques de financement ont un impact considérable sur les priorités d'enseignement. Le CRSNG accorde un soutien important au processus d'évolution proposé dans le cadre de son programme de professorat de design.

Les recommandations présentées dans ce rapport sont conséquentes avec les principes généraux présentés par la Fédération canadienne des étudiants et étudiantes en génie dans son rapport de 1997⁵. Il est proposé que l'Académie maintienne ses liens avec la Fédération pendant le processus de mise en pratique des recommandations.

Références

- 1 *Engineering Education in Canadian Universities*, l'Académie canadienne du génie, Ottawa, août 1993
- 2 *The Future of Engineering Education in Canada*, le Conseil canadien des ingénieurs et le Conseil national des doyens de facultés de génie et de sciences appliquées, Ottawa, 1992
- 3 *Ingénieurs et formation continue*, l'Académie canadienne du génie, Ottawa, octobre 1997
- 4 *La richesse par l'entrepreneuriat technologique*, l'Académie canadienne du génie, Ottawa, mars 1998
- 5 *Feedback on Engineering and Related Issues at the Canadian Congress of Engineering Students*, la Fédération canadienne des étudiants en génie, mai 1997

Composition du groupe de travail

Arthur Heidebrecht, professeur émérite (ancien doyen de la faculté de génie et vice-président, académique) — Université McMaster (président du conseil et convocateur)

Gordon Slemon, professeur émérite (ancien doyen de la faculté de génie) — Université de Toronto (rédacteur)

Douglas Barber, président et chef de la direction - Genum Corporation

André Bazergui, conseiller spécial au chef de la direction, Innovitech Inc. (professeur émérite et ancien directeur général — École Polytechnique de Montréal)

Michael Charles, doyen de la faculté de génie, Université de Toronto

Edmund Kuffel, professeur émérite (ancien doyen de la faculté de génie) — Université du Manitoba

David Lynch, doyen de la faculté de génie, Université de l'Alberta

Mohan Mathur, doyen de la faculté de génie, Université Western Ontario

Ronald McCullough, président — KlasTech Ltd.

John McDougall, administrateur délégué et chef de la direction — Alberta Research Council

Edward Rhodes, président, Technical University of Nova Scotia

Frank Wilson, professeur émérite (ancien doyen de la faculté de génie et vice président à la recherche et à la coopération internationale) — Université du Nouveau-Brunswick