



LE 26 NOVEMBRE 2008

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE

Vers un meilleur partenariat éducatif
entre l'industrie et l'université

COMPTE RENDU

SOMMET SUR LA FORMATION D'INGÉNIEURS ET DE SPÉCIALISTES POUR L'INDUSTRIE AÉROSPATIALE

AVRIL 2009



Grappe aérospatiale
du Montréal métropolitain

[Partenaire principal]



[Partenaires gouvernementaux]



Québec  Canada 

TABLE DES MATIÈRES

1. Avant-propos.....	1
2. Sommaire exécutif.....	2
3. Comptes rendus des exposés.....	4
4. Comptes rendus des ateliers.....	16
5. Conclusions du Sommet.....	21
 Annexe A : Programme.....	 23
Annexe B : Liste des tableaux et des figures.....	25
Annexe C : Sigles et abréviations.....	25

REMERCIEMENTS À NOS COMMANDITAIRES ET PARTENAIRES

Aéro Montréal souhaite remercier **DESJARDINS** à titre de partenaire principal du *Sommet Formation des ingénieurs et des spécialistes pour l'industrie aérospatiale*. Plus important groupe financier intégré de nature coopérative au Canada, avec un actif de plus de 152 milliards de dollars, le Mouvement des caisses Desjardins regroupe un réseau de caisses et centres financiers aux entreprises, de même qu'une vingtaine de sociétés filiales en assurances, en valeurs mobilières, en capital de risque et en gestion d'actifs. Desjardins met à la disposition de ses 5,8 millions de membres une gamme complète de produits et services financiers.

Aéro Montréal tient à remercier l'équipe de **DRAKKAR RESSOURCES HUMAINES** à Montréal qui a orchestré la rédaction du présent rapport et soutenu le travail du Sommet sur la formation des ingénieurs et spécialistes, avec la collaboration de la firme **DELOITTE**. Drakkar Ressources Humaines, firme de conseil en optimisation du capital humain. AAA Canada, filiale de Drakkar et d'Assistance Aéronautique & Aérospatiale France, manufacturier In-Situ. Deloitte, cabinet conseil en services professionnels, en certification, fiscalité, consultation et conseils financiers.

Par ailleurs, nous tenons à remercier l'ensemble du **comité organisateur du sommet** pour la préparation des thèmes des conférences et des ateliers.

Président : Marius Paraschivoiu, Université Concordia

Membres :

- | | |
|---|--|
| • Patrick Champagne, Esterline CMC Électronique | • Hany Moustapha, Pratt & Whitney Canada |
| • Isabelle Deschamps, ÉTS | • Serge Tremblay, CAMAQ |
| • Jean Dubuc, L-3 Communications MAS (Canada) | |

Enfin, nous désirons remercier les membres du **Chantier Innovation d'Aéro Montréal** qui au cours de son mandat des deux dernières années a été l'instigateur du sommet.

Président : Hany Moustapha, Pratt & Whitney Canada

Membres :

- | | |
|---|---|
| • Stéphane Blais, Marinvent | • Philippe Molaret, Thales Canada |
| • Patrick Champagne, Esterline CMC Électronique | • Claude Morasse, CNRC-PARI |
| • Somen Chowdhury, Bell Helicopter Textron Canada | • Marius Paraschivoiu, Université Concordia |
| • Pascal Désilets, CTA | • Carlos Trindade, CRIAQ |
| • Pierre Dicaire, CTFA-CNRC | • Jack Eric Vandenbroucke, ÉTS |
| • Jean Dubuc, L-3 Communications MAS (Canada) | • Normand Raymond, MDEIE (Observateur) |
| • Fassi Kafyeke, Bombardier Aéronautique | • Dominique Leroy, Industrie Canada (Observateur) |

1. AVANT-PROPOS

Mot de la directrice générale

Le secteur aérospatial d'ici fait figure de proue parmi les secteurs manufacturiers au Québec. Il génère une activité économique considérable, procure des dizaines de milliers d'emplois de qualité aux Québécois, s'illustre par son leadership au niveau de la recherche et du développement et loge les plus prestigieux instituts de recherche, écoles et universités en aérospatiale au Canada. Plus encore, notre secteur aérospatial peut compter sur une main-d'œuvre de qualité et compétitive qui répond aux besoins de l'industrie, qu'il s'agisse d'ouvriers de métiers, de techniciens, de spécialistes ou d'ingénieurs. En cette époque où l'économie est dorénavant bâtie sur le savoir, la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée est cruciale et il importe de maintenir cet atout concurrentiel indéniable pour notre industrie.

À l'initiative d'Aéro Montréal, la grappe aérospatiale du Montréal métropolitain, le *Sommet sur la formation d'ingénieurs et de spécialistes pour l'industrie aérospatiale*, fait suite au *Forum Innovation Aérospatiale – Perspectives d'avenir*¹ qui s'est tenu à Montréal en décembre 2007. Le sommet a été l'occasion d'une réflexion sur les programmes de formation à développer pour la prochaine génération d'ingénieurs et de spécialistes aérospatiaux d'ici, afin de contribuer à préserver le haut niveau de compétence et d'expertise qui distinguent notre bassin de main-d'œuvre.

L'événement s'est inscrit dans la foulée des travaux du Chantier Innovation de la grappe, un groupe de travail composé d'experts en ingénierie et en recherche et développement. Par la mise en place de chantiers de travail, Aéro Montréal s'efforce de mener ses actions en collégialité et à favoriser un environnement propice au développement, à la croissance et au rayonnement de l'industrie aérospatiale afin qu'elle continue d'être un moteur de l'économie canadienne et une source de création de richesse pour Montréal, le Québec et le Canada.

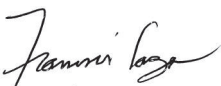


Suzanne M. Benoît

Directrice générale, Aéro Montréal

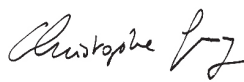
Mot des coprésidents

L'industrie aérospatiale québécoise puise sa croissance et sa vitalité dans la vision et la compétence des ingénieurs et des spécialistes qui la composent. Elle compte plus de 10 000 ingénieurs et spécialistes et requiert depuis trois ans, plus de 800 nouveaux ingénieurs et spécialistes qualifiés en moyenne par année. De façon générale, elle dispose d'un bassin de 11 000 nouveaux diplômés en sciences pures et appliquées et profite de la présence de sept institutions universitaires renommées proposant des programmes liés au génie aérospatial. Aussi impressionnant soit-il, notre capital humain et la relève qui l'appuiera sont-ils outillés pour relever les défis de l'industrie aérospatiale du 21^e siècle? Parmi ces défis, se trouvent plusieurs sujets d'actualité, notamment les exigences de la diminution de l'empreinte environnementale, le respect des normes et des certifications à l'égard de la sécurité, l'amélioration continue de la production, la hausse de la productivité et du rendement ou les nouvelles pratiques en développement de technologies. Par ailleurs, comment ces nouvelles préoccupations doivent-elles se refléter dans les programmes de nos universités et dans la formation continue au sein de nos entreprises? Le *Sommet sur la formation d'ingénieurs et de spécialistes pour l'industrie aérospatiale* et, plus particulièrement le thème de cette année *Vers un meilleur partenariat éducatif entre l'industrie et l'université*, a permis à notre secteur de se pencher sur ces questions primordiales pour l'avenir de notre industrie et de nos universités.



François Caza

Vice-président et ingénieur en chef, Ingénierie
Bombardier Aéronautique



Christophe Guy

Directeur général
École Polytechnique de Montréal

¹ Compte rendu du Forum Innovation Aérospatiale, juin 2008.

2. SOMMAIRE EXÉCUTIF

Le 26 novembre 2008, le *Sommet sur la formation d'ingénieurs et de spécialistes pour l'industrie aérospatiale* s'est déroulé à l'initiative d'Aéro Montréal, la grappe aérospatiale du Montréal métropolitain. Plus de 125 représentants de l'industrie et de l'enseignement supérieur au Québec se sont rencontrés sous le thème *Vers un meilleur partenariat éducatif entre l'industrie et l'université*. Ils ont échangé durant toute une journée sur les besoins de main-d'œuvre de l'aérospatiale québécoise et sur les conditions à réunir pour mieux développer les programmes de formation universitaire et en entreprise.

Les objectifs de ce sommet étaient d'une part, d'exposer les besoins en main-d'œuvre spécialisée de l'industrie aérospatiale et l'ensemble des programmes déjà offerts au Québec, et d'autre part, de proposer des actions concrètes pour améliorer la formation existante.

La demande en main-d'œuvre spécialisée, les besoins des avionneurs, des motoristes, et des systèmes avioniques et en simulation, les programmes universitaires et deux initiatives de collaboration industrie-université au Québec (l'Institut Aérospatial de Montréal (IAM) et le CRIAQ) ont été présentés.

L'essentiel de la matinée du sommet fut consacré à sept exposés portant, d'une part, sur les besoins en main-d'œuvre spécialisée pour l'ensemble de l'industrie et pour ses principaux secteurs et, d'autre part, sur l'offre des programmes universitaires que complètent des instituts et organismes spécialisés de formation supérieure.



Les intervenants au sommet ont en général souligné que la formation de l'ingénieur de demain en aérospatiale doit mettre d'avantage l'accent sur l'intégration des systèmes; les travaux multidisciplinaires, multi-sites et multicultures, une haute compétence technique et diverses qualifications professionnelles telles que le leadership, l'esprit d'équipe et l'engagement envers les clients et les actionnaires. L'*ingénieur agile* de demain est un « ingénieur d'affaires », ayant des compétences globales, c'est à dire un ingénieur en mesure de se mobiliser sur les coûts, de pratiquer l'amélioration continue de processus dans le cadre d'une entreprise « lean », capable de penser en 3D, gérant le risque, maîtrisant l'ingénierie des systèmes pour intégrer à la fois le produit, la fabrication et le soutien à la clientèle.

Les présentations ont mis en évidence le fait que la formation en aérospatiale de nos étudiants au Québec est dotée de plusieurs atouts.

Six institutions universitaires québécoises proposent un grand nombre de programmes de formation de niveau baccalauréat et en maîtrise qui se différencient, notamment par les spécialisations offertes et leurs modalités pédagogiques (stages, approche coopérative) : les universités Concordia, Laval, McGill et de Sherbrooke; les écoles de Technologie Supérieure (ÉTS) et Polytechnique de Montréal (EPM). L'Institut Aérospatial de Montréal (IAM) se veut un modèle de collaboration entre l'université et l'industrie. L'IAM est un partenariat entre les entreprises et le monde universitaire orienté vers la formation d'étudiants et assurant une présence du milieu industriel sur les campus. De plus, par leur nature collaborative, les projets du CRIAQ regroupent des centaines de chercheurs, spécialistes et étudiants dans sept universités et trois centres de recherche québécois et dans un réseau d'universités canadiennes et étrangères. Ceux-ci encadrent plusieurs étudiants par projet.

Les échanges en atelier ont mis en évidence la nécessité de rapprocher l'enseignement avec la réalité industrielle. On propose la méthode des stages pour les étudiants ainsi que d'amener les enseignants universitaires à acquérir de l'expérience industrielle par des séjours en entreprise. Afin de pouvoir enrichir la formation, les entreprises devraient structurer et partager leurs cours de formation en entreprise entre elles. Un besoin pressant est apparu en systèmes embarqués. En ce domaine, l'écart est grand entre les besoins industriels et le nombre de diplômés promus. Il y aurait lieu de multiplier les concentrations spécialisées comme par exemple, offrir une option avionique en génie informatique. De plus, les cours en avionique nécessitent d'importantes améliorations.

Les universités québécoises ne disposent pas de suffisamment de ressources pour les études de cycle supérieur. Malgré l'attrait d'une ville comme Montréal, l'attraction des meilleurs talents à travers le monde est difficile en raison du financement déficient (ex. : octroi de bourses). Une forte concurrence existe entre les régions aérospatiales dans le monde pour attirer les étudiants et travailleurs de très haute qualité. Le niveau actuel de financement gouvernemental des universités est insuffisant pour que celles-ci engagent plus de professeurs, afin de diminuer le nombre d'étudiants par enseignant. Cela assurerait une meilleure qualité de formation et une réalisation accrue de projets.

Le sommet a aussi permis de déterminer les enjeux clés pour le secteur auxquels des actions ont été associées.

Les **sept mesures ou actions** qui ont été exprimées lors de la tenue du sommet sont les suivantes:

- 1. Encourager les échanges des universitaires dans l'industrie et des industriels dans les universités, notamment, en facilitant la formation par les stages, l'intégration des professeurs en industrie et les projets de recherche conjoints, par l'entremise du CRIAQ ou de l'IAM notamment.**
- 2. Établir des programmes de formation partagés et reconnus par tous les partenaires pour la formation aérospatiale « en entreprise » (en cours par l'entremise de l'IAM).**
- 3. Développer des concentrations en système embarqués (en cours par l'entremise du CAMAQ).**
- 4. Inciter plus de jeunes vers la carrière d'ingénieur en aérospatiale par la promotion du secteur dès le secondaire (ex: récentes initiatives d'Aéro Montréal).**
- 5. Inciter plus d'étudiants de nos universités vers les études supérieures et voir à ce que ces programmes soient mieux adaptés aux besoins de l'industrie.**
- 6. Améliorer la formation des ingénieurs en tant qu'intégrateur de système et gestionnaire d'équipes multidisciplinaires et ce, autant à l'université qu'en entreprise.**
- 7. Préciser les différents profils et spécialisation d'ingénieurs et rendre cette classification disponible pour la définition des programmes académique et la capture des besoins des industries à l'exemple de l'initiative CDIO.**

Parmi les éléments généraux de réflexion soulevés lors du sommet, il y a aussi les partenariats locaux et internationaux à encourager, la nomination à un haut niveau par les entreprises d'un responsable de la formation à l'intérieur de l'entreprise et adresser le sujet des PME non suffisamment soutenues par les universités.

Enfin, le Québec dispose d'une situation très enviable sur d'autres centres aérospatiaux internationaux pour ce qui est de la formation de ses ingénieurs et de ses spécialistes en aérospatiale. Premièrement, il y existe un très bon équilibre entre le nombre de diplômés produits par ses universités et les besoins des entreprises en ingénieurs, équilibre qui ne devrait pas être rompu par l'évolution démographique dans la mesure où l'industrie et les universités maintiennent le même niveau de collaboration.

Deuxièmement, la concertation interuniversitaire et la collaboration industrie-université y est très développée, et ce depuis plus de deux décennies déjà comme en témoignent divers initiatives telle la maîtrise conjointe en génie aérospatial du CAMAQ qui regroupe 6 universités et plus de 12 entreprises, l'IAM qui regroupe 3 instituts aérospatiaux universitaires et plus de 20 entreprise, le CDIO ou les forums des étudiants en aérospatiale du CRIAQ.

Les entreprises, tout comme les universités, veulent et sont prêtes à travailler ensemble pour améliorer leur collaboration et pour ainsi encore mieux répondre aux besoins de main-d'œuvre spécialisée du secteur en fonction des nouveaux paramètres de la compétitivité internationale. Le défi consiste à conserver le momentum de toutes les initiatives prises par le passé. Les sept mesures ainsi identifiées lors du sommet permettront par des actions concrètes d'accélérer cette collaboration et de renforcer les programmes de nos universités au rythme des nouvelles exigences du secteur dynamique qu'est l'aérospatiale.

3. COMPTES RENDUS DES EXPOSÉS

Le 26 novembre 2008 le *Sommet sur la formation d'ingénieurs et de spécialistes pour l'industrie aérospatiale* s'est déroulé à l'initiative d'Aéro Montréal, la grappe aérospatiale du Montréal métropolitain. Plus de 125 représentants de l'industrie et de l'enseignement supérieur au Québec se sont rencontrés sous le thème *Vers un meilleur partenariat éducatif entre l'industrie et l'université*. Ils se sont informés et ont échangé durant une journée sur les besoins de l'aérospatiale québécoise et les conditions à réunir pour mieux développer en qualité et en quantité les programmes de formation universitaire, et en entreprise, visant la prochaine génération d'ingénieurs et de spécialistes de l'industrie.

L'essentiel de la matinée du sommet fut consacré à sept exposés portant, d'une part, sur les besoins en main-d'œuvre spécialisée pour l'ensemble de l'industrie et pour ses principaux secteurs d'activités – avionneurs, motoristes et systèmes avioniques et simulation – et, d'autre part, sur l'offre des programmes universitaires que complètent des instituts et organismes spécialisés de formation supérieure.

EN BREF, L'OFFRE QUÉBÉCOISE DE FORMATION SUPÉRIEURE EN AÉROSPATIALE

La formation supérieure en aérospatiale

- 6 universités forment les ingénieurs et spécialistes de demain par des programmes de qualité à toujours adapter aux réalités industrielles. Par ailleurs, 3 instituts, par le truchement de stages, ajoutent à cette formation.
- Une étroite correspondance avec la capacité d'innovation de l'industrie, afin de maintenir une adéquation constante entre les programmes offerts et les procédés et technologies utilisés par l'industrie.
- Des cours diversifiés de perfectionnement continu dans les entreprises en réponse directe à leurs besoins.

Liste des universités, instituts et organismes spécialisés

- **Écoles d'ingénierie:** École Polytechnique de Montréal, l'École de Technologie Supérieure, l'Université Concordia, l'Université Laval, l'Université McGill, l'Université de Sherbrooke et l'Université du Québec à Chicoutimi (au niveau de la recherche seulement)
- **Instituts:** Concordia Institute of Aerospace Design and Innovation (CIADI), Institut d'Innovation et de Conception en Aérospatiale de Polytechnique (IICAP), Institut de Conception et d'Innovation en aérospatiale (ICIA) de l'École de Technologie Supérieure

- **Organismes spécialisés:** Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ), Comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale au Québec (CAMAQ).

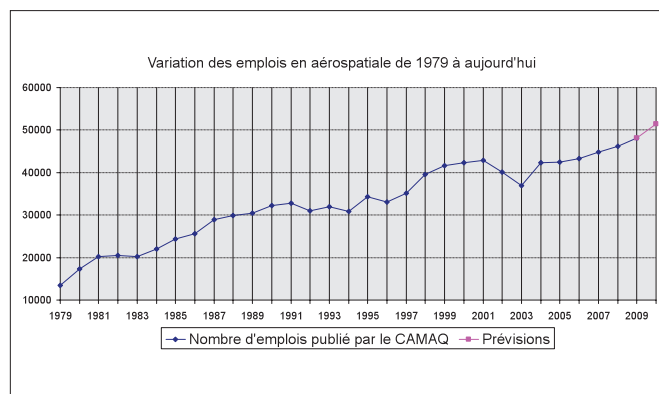
3.1 La demande en main-d'œuvre spécialisée

D'entrée de jeu, M. **Serge Tremblay**, du CAMAQ (Comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale) souligne que les données énoncées dans la présentation pour les postes de spécialistes en ingénierie sont tirées du recensement CAMAQ 2008-2010 effectué à l'automne 2008 auprès de 210 entreprises de l'aérospatiale reconnues par le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation du Québec.

L'aérospatiale est une activité des plus globalisées à l'échelle planétaire. Depuis la Deuxième Guerre mondiale, le taux de progression de l'aviation commerciale, mesuré en termes du nombre de voyageurs prenant l'avion chaque jour dans le monde, croît sans cesse. Tout indique que cette augmentation se maintiendra au moins durant les prochaines décennies. C'est au sein de cette croissance continue de l'aéronautique mondiale que, depuis 1984, s'inscrit la progression annuelle moyenne de 9,5 % du chiffre d'affaires de l'aérospatiale au Québec.

Ce taux indicatif de développement historique de l'industrie se traduit en termes du nombre d'emplois, lui aussi en croissance constante. Ce que le tableau ci-dessous illustre. En 2008, le Québec totalisait 46 168 emplois en aérospatiale. À la fin de l'année 2009, ceux-ci devraient dépasser les 50 000.

Figure 1 : Variation des emplois en aérospatiale au Québec depuis 1979



En 2008, le nombre total de scientifiques employés dans l'industrie au Québec était de 10 335 personnes soit 22 % de tous les emplois de l'aérospatiale. De ce nombre, 8247 oeuvraient dans les grandes entreprises et 2088, dans les petites et moyennes.

Pour quelques années choisies, le tableau suivant dénombre les étudiants inscrits dans les facultés et écoles de génie au Québec.

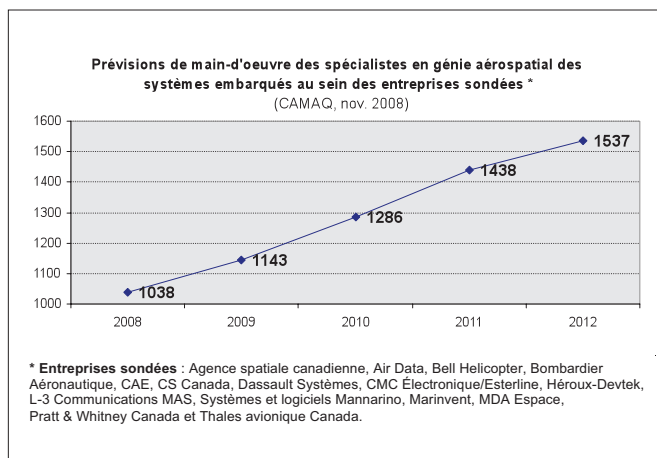
Tableau 1 : Évolution des inscriptions dans les facultés et écoles de génie au Québec

ANNÉE	Génie (toutes disciplines)		Génie électrique		Génie mécanique	
	Nombre total	Variation annuelle	Nombre	Variation annuelle	Nombre	Variation annuelle
1984	N/A	NA	3 114	NA	2 820	NA
1994	13 387	NA	3 361	0,8%	3 416	2,1%
2004	19 266	4,4%	4 591	3,7%	5 291	5,5%
2007	18 395	-1,5%	2 856	-12,6%	5 038	-1,6%

De 2004 à 2007, ces données signalent une décroissance de 1,5 % du nombre total des inscriptions d'étudiants en Génie, toutes disciplines confondues, avec un recul de 1,6 % en génie mécanique, mais une régression significative de 12,6 % en génie électrique.

Ainsi le nombre de diplômés en génie mécanique devrait être suffisant pour répondre aux besoins quantitatifs de recrutement de l'industrie. Mais, alors que les sciences et technologies de l'information occupent une place grandissante en aérospatiale – avionique et simulation – il est à craindre une pénurie de diplômés universitaires québécois en ces domaines. Un sondage récent du CAMAQ en génie aérospatial des systèmes embarqués (voir le graphique suivant) révèle que les 1038 spécialistes en 2008 devraient être 1537 dans cinq ans. Cette prévision illustre que le besoin est de taille et qu'il mérite une attention certaine.

Figure 2 : Prévisions de main-d'oeuvre des spécialistes en génie aérospatial des systèmes embarqués



Cette dernière donnée sur la main-d'œuvre en systèmes embarqués (SE) va sûrement signifier ces prochaines années un recours à un recrutement accru à l'étranger de spécialistes en TI de haut niveau. Déjà depuis 2003, le nombre d'ingénieurs et de spécialistes recrutés à l'extérieur tend à croître. Cette croissance indique une tendance à la diversification des origines culturelles des ingénieurs et spécialistes de haut niveau de l'industrie.

Autre caractéristique démographique, la moyenne d'âge pondérée du personnel scientifique dans l'aérospatiale tend à être légèrement inférieure à celle générale de tous les employés de l'industrie. Toutefois, dans les PME, cette catégorie de personnel est plus jeune. Elle est en moyenne d'environ 32 ans alors que la moyenne d'âge de tous les autres employés de ces mêmes PME est de 38 ans.

En conclusion, il y a simplement à dire que, malgré un peu de turbulence dans l'industrie globale et quelques nuages dans le ciel de l'aérospatiale québécoise, en termes de main-d'œuvre, l'industrie d'ici se porte relativement bien.

3.2 Les besoins des avionneurs

Sous le titre *En génie aérospatial, investissons dans notre futur*, une mise en perspective des besoins des avionneurs fut conjointement présentée d'abord par M. **Guy Lambert**, vice-président, Ingénierie des hélicoptères commerciaux, Bell Helicopter Textron Canada, puis par M. **Fassi Kafyeke**, ing, directeur technologies stratégiques, conseiller principal, Ingénierie, Bombardier Aéronautique.

Bell Helicopter Textron Canada

Au départ, M. Lambert insiste sur la très grande variété des carrières professionnelles ouvertes en ingénierie aérospatiale, autant chez Bell Helicopter Textron Canada que chez Bombardier Aéronautique. Beaucoup de domaines du génie sont concernés : conception de pointe, aérodynamique, dynamique, ingénierie des systèmes, conception de structures, propulsion, nouveaux matériaux, stress, ingénierie expérimentale, gestion de projets, fourniture et chaîne d'approvisionnement, etc.

En 2008, parmi les 2 213 employés totaux de Bell Helicopter Textron Canada, la fonction Ingénierie regroupe 381 personnes. Si c'est parmi eux que la majorité des spécialistes universitaires se retrouve, beaucoup de ceux-ci se répartissent aussi à travers l'ensemble des autres unités de l'entreprise. Parmi celles-ci, la recherche et développement joue un rôle critique; car sa qualité assure le maintien de la capacité de compétition de l'entreprise.

PARMI LES COMPÉTENCES ET HABILETÉS REQUISES:

- Design, soit une capacité complète en conception, analyse, soutien à la fabrication et à la clientèle, de même qu'à l'homologation d'aéronefs
 - Inclus l'usage de CAD/CAM (CATIA) et de logiciels d'analyse structurale (NASTRAN, PATRAN, ANSYS), et autres logiciels spécialisés dans l'analyse d'hélicoptères
- Conception
 - Structurale et mécanique, hydraulique, électrique et avionique
- Analyse
 - Structurale statique, dynamique et fatigue, aérodynamique, matériaux
- Essais en vol
 - Instrumentation, développement et homologation, acquisition de données en temps réel
- Laboratoire
 - Soutien complet de la fabrication à l'interne et mondialement
 - Développement de composantes utilisant des matériaux de pointe
- Recherche technologique
- Ingénierie de la fabrication.

Chez les étudiants à embaucher, les compétences clés recherchées se rapportent d'abord à la conception et à l'analyse.

Pour les étudiants recrutés, des défis industriels majeurs à relever sont multiples. Ils doivent contribuer à réduire les coûts d'acquisition et d'exploitation des aéronefs en dépit de l'augmentation constante des normes de navigabilité et d'environnement. Il s'agit d'une exigence pour accroître la compétitivité des clients de l'entreprise et maintenir la part du marché des hélicoptères dans l'ensemble des solutions de transport. En utilisant des technologies de pointe, les ingénieurs doivent aussi faire croître performance, fonctionnalité et fiabilité des aéronefs, ainsi que les rendre plus « verts » sans en compromettre la sécurité. Ce faisant, ils ont à se préoccuper d'optimiser et de transformer en continu les processus de fabrication en faisant appel à l'automatisation, à la robotique et aux procédés « verts ».

Bombardier Aéronautique

Sous le titre *L'ingénieur de demain en aérospatiale*, M. Kafyeke débute sa présentation par la mise en contexte suivante :

- En fabrication aéronautique, les affaires sont en fort changement. L'emphase porte dorénavant sur l'intégration des systèmes et des structures.
- Les environnements de travail des ingénieurs se diversifient de plus en plus. Ils sont multidisciplinaires, multisites et multiculturels.
- Sur une base solide de compétences techniques, l'ingénieur doit en plus détenir des qualifications professionnelles. Ces habiletés discriminantes sont critiques, entre autres, leadership, esprit d'équipe, responsabilisation envers les clients et les actionnaires.

Selon lui, l'industrie d'aujourd'hui a besoin d'un « *ingénieur agile* ». Il s'agit d'un « ingénieur d'affaires », en mesure de se mobiliser sur les coûts (« Value Engineering »), de pratiquer l'innovation des processus en fonction d'une entreprise mince ou « lean », capable de penser de manière tridimensionnelle, comprenant et gérant le risque, connaissant l'ingénierie des systèmes pour « intégrer-intégrer-intégrer » et doté de compétences globales.

En 2009, les perspectives de recrutement chez Bombardier Aéronautique nécessiteront d'engager 500 ingénieurs et futurs ingénieurs dont 70 seront des diplômés de deuxième et troisième cycles (maîtrises et doctorats), ainsi que de s'assurer de la collaboration d'environ 200 stagiaires.

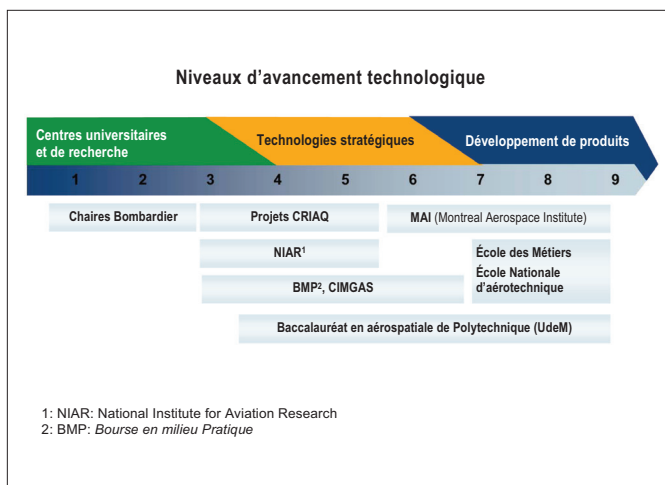
Ils auront à relever les défis suivants : nouveaux matériaux composites, intégration de systèmes complexes, simulation virtuelle et conception pour l'environnement.

Dans la même veine, des besoins nouveaux grandissent en génie industriel, en chaîne d'approvisionnement et en procédés industriels. Aussi, il y a à mettre en œuvre des partenariats internationaux dans des pays aux cultures diversifiées. En outre, les courbes démographiques signalent un vieillissement de la main-d'œuvre auquel il faut répondre par un recours à la formation continue, afin d'améliorer les qualifications des employés. De même, une gestion efficiente de la connaissance est critique au maintien de l'excellence de l'entreprise.

La collaboration avec l'université est une réponse à la pénurie émergente de talent. Cette pénurie menace le déploiement de nouveaux produits. Les programmes de formation universitaire peuvent contribuer à répondre au besoin croissant de personnes qualifiées. Ils peuvent atténuer cette pénurie appréhendée de plusieurs manières : en favorisant le choix par les étudiants de la filière aérospatiale; en développant les compétences techniques des étudiants en correspondance avec les besoins de l'aérospatiale; en encourageant les futurs ingénieurs à collaborer étroitement avec l'industrie, pour donner à l'entreprise la possibilité d'engager des employés ayant acquis des qualifications de travail adéquates, sur des projets spécifiques.

Le graphique suivant explique la raison d'être des partenariats que Bombardier Aéronautique entretient avec les milieux de l'enseignement, les universités et la recherche. En quelque sorte, ces initiatives élargissent le réservoir d'innovation de l'entreprise en dehors de ses murs.

Figure 3 : Réservoir d'innovation



Sans compter les « investissements » dans les chaires universitaires, les contributions de différentes natures aux instituts et organismes de recherche-formation et les aides

aux activités étudiantes, les contributions de Bombardier Aéronautique de soutien aux programmes publics d'enseignement sont nombreuses, diversifiées et à tous les niveaux d'expertise et d'étude.

- Par exemple, l'entreprise dispense des bourses de formation en milieu de pratiques pour les étudiants au doctorat et pour ce qui a trait à la maîtrise, par le CIMGAS (*Comité Industrie/universités sur la Maîtrise en Génie Aéronautique et Spatial*). Des initiatives similaires concernent les bacheliers inscrits à l'École Polytechnique et à Carleton, les formations techniques de niveau collégial à l'École nationale d'aérotechnique (ÉNA) et, enfin, au secondaire, celles de l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (ÉMAM).
- De plus, la contribution de Bombardier Aéronautique à la formation en génie aérospatial est directe. Actuellement, 18 ingénieurs de l'entreprise donnent des cours.
- Aussi, Bombardier Aéronautique favorise la mise sur pied d'un diplôme de niveau baccalauréat en génie aérospatial portant sur les domaines suivants : spécialisation en structures, systèmes et environnement virtuel, tout en couvrant les disciplines de base du génie centrées sur les avions - design conceptuel, aérodynamique, performance, stabilité et commandes. Avec sa participation assurée, cette initiative débute en 2009. Un autre diplôme, intégrant sur 5 ans baccalauréat et maîtrise, couvre les domaines de pointe des Structures composites ou l'Informatique de la dynamique des fluides.
- Enfin, Bombardier Aéronautique s'engage à soutenir le programme conjoint de maîtrise CIMGAS.

Destinées à l'industrie, les quelques suggestions suivantes sont émises en vue d'améliorer les programmes d'études :

- Encourager plus l'engagement direct des entreprises dans le processus éducatif. Par exemple, des cours de formation sur des réels projets au lieu de simulation ou bien, par des stages d'été basés sur de réelles exigences (R-D) technologiques industrielles au lieu de simulations - modèle du CIADI.
- Permettre la réalisation de projets dans des environnements le plus près possible de la « vie réelle » par exemple, l'approche de *Projet en environnement virtuel*.
- Faire en sorte d'agir en proche fonction des exigences futures d'une industrie en évolution.

En conclusion, les relations de Bombardier Aéronautique avec l'université sont essentielles pour répondre à ses besoins de personnel qualifié et développer ses connaissances techniques. Le Groupe Technologies Stratégiques de Bombardier Aéronautique aide à gérer les relations complexes avec des universités et à faire en sorte de s'assurer que les bons partenariats se forment.

3.3 Les besoins des motoristes

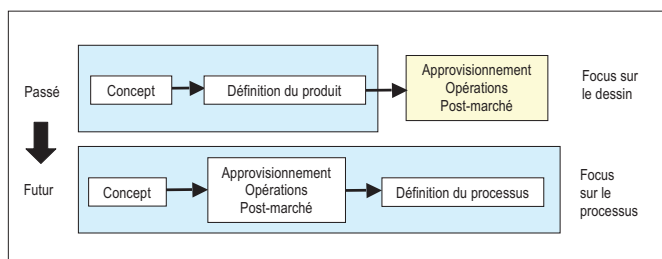
Sous l'intitulé *Compétences exigées à l'avenir pour les ingénieurs des turbines à gaz*, l'exposé de M. **Walter Di Bartolomeo**, vice-président, Ingénierie, Pratt & Whitney Canada, met l'accent sur les besoins et défis de main-d'œuvre auxquels l'industrie des moteurs d'avion à turbines à gaz doit faire face.

Pour définir les exigences futures en matière de compétences à acquérir par les nouveaux ingénieurs, il faut se référer à l'évolution actuelle et à venir de l'industrie des moteurs d'avion. À grands traits, cette évolution comporte les aspects suivants :

- La gamme de produits se diversifie toujours plus; pour les turbines à gaz, le nombre de familles de moteurs est passé de 2 à 11.
- La structure de prix devient fixe, pour un prix ferme par produit, au lieu d'un prix de base plus un « coût » variant selon les exigences.
- Des installations réparties sur tous les continents desservent une clientèle internationale. Les prévisions de marché indiquent une croissance supérieure à 60% en Asie, supérieure à 20% en Amérique du Nord et du Sud, et de plus de 10% en Europe et en Australie.
- Les entreprises isolées font place à des partenariats avec des fournisseurs traditionnels ainsi que des compétiteurs de longue date.
- L'ordinateur révolutionne la gestion des échéanciers et des données. La conception est de plus en plus informatisée. Des ordinateurs toujours plus puissants interviennent, du dessin par CAO aux essais soutenus, par des outils analytiques de pointe. Si bien que le temps consacré au design d'un nouveau moteur est passé de 5 à 3 ans.

- Le graphique ci-dessous illustre la transformation marquante en cours des procédés de travail de l'ingénieur. Dans le passé, les tâches d'ingénierie étaient axées sur le dessin du produit. Dans le futur, la définition du processus focalisera l'attention de l'ingénieur.

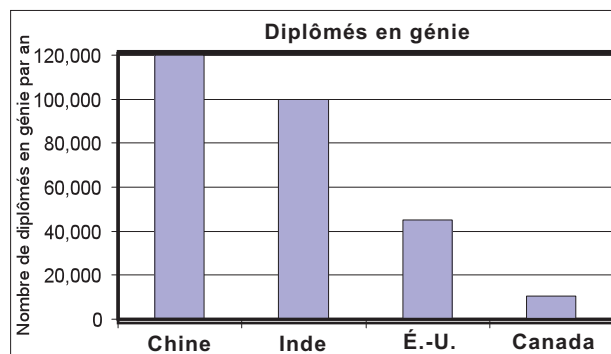
Figure 4 : Transformation des procédés de travail de l'ingénieur



- La question de la préservation de l'environnement impose le moteur *vert* : contenu de matériaux *verts* le plus élevé possible; fabrication et services fondés sur des processus *verts*; participation de partenaires et de fournisseurs *verts*; plus faible niveau de bruit possible; émission de gaz la plus basse possible; conception avec le facteur humain à l'esprit; métaux efficaces; conception pour le service facilité, la réutilisation et le recyclage.

Dans les prochaines années, plusieurs faits démographiques combinés vont affecter la main-d'œuvre en aérospatiale. La tendance générale au vieillissement de la population aura un effet sur l'industrie. D'ici 2016, 50 % des ingénieurs nord-américains de l'aérospatiale seront admissibles à la retraite. Afférent à la question de la formation des ingénieurs, le défi ne concerne pas uniquement leur remplacement, mais porte sur la rétention des savoirs – gestion des connaissances et des bonnes pratiques. En ingénierie chez Pratt & Whitney, 34 % des ingénieurs ont moins de 10 ans d'expérience alors que leur âge moyen s'établit à 44 ans.

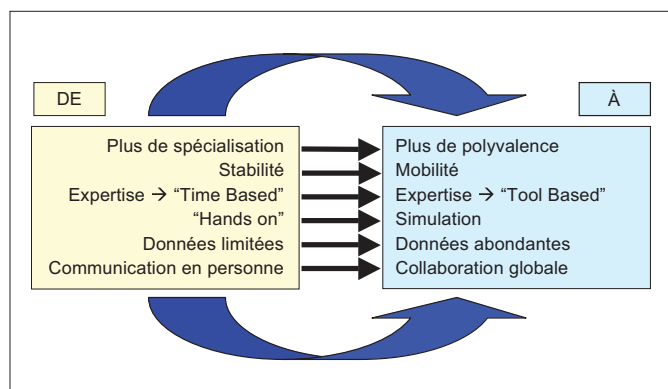
Figure 5 : Nombre de diplômés en génie par pays



En ce qui concerne la relève de nouveaux ingénieurs, le graphique ci-contre compare le nombre de diplômés annuels en génie pour quatre pays : Chine, Inde, États-Unis et Canada. Le nombre de diplômés en génie est en croissance en Inde et en Chine et en déclin en Europe et Russie. Stable au Canada, leur nombre total en chiffre absolu est faible. Globalement en Amérique du Nord, l'industrie aura besoin de 20 000 nouveaux ingénieurs en aérospatiale, alors que l'université en diplômera 16 000.

Le défi du recrutement des meilleurs talents en génie est influencé par les choix du type de carrière des étudiants en ingénierie. Préférant les postes de généraliste, les diplômés canadiens en génie sont moins enclins à se spécialiser, alors que l'industrie a besoin à la fois d'ingénieurs polyvalents et spécialisés. De plus, leurs attentes professionnelles sont élevées. Dans les années 2000, l'industrie privilégie processus-innovation-intégration, alors que le domaine du génie met l'accent sur l'intégration globale vers laquelle l'ingénieur (intégrateur global) doit s'axer. La figure ci-dessous résume certains aspects de cette évolution professionnelle.

Figure 6 : Évolution de la profession d'ingénieur



Les dimensions suivantes sont appelées à se côtoyer :

- L'intégration par la maîtrise de la discipline de l'ingénierie des systèmes.
- Le changement du paradigme de coûts en fonction de l'ingénierie de la valeur.
- La pratique de l'innovation tant en technologie qu'en procédés, dont l'aspect social.
- La définition et la gestion du risque.
- La capacité de discernement global en situation de mobilité, de compréhension de situation culturelle composite, de différence linguistique et de catalyse de partenariats.

Les recommandations suivantes ayant trait à la formation des ingénieurs pour le domaine des moteurs sont exposées.

- La guerre pour l'obtention des talents consistant à se les arracher d'une entreprise à l'autre n'est plus soutenable. Pour chacune d'entre elles, l'obtention d'une part adéquate de talents nécessite de nouer des alliances stratégiques dans l'industrie portant entre autres sur : la rétention et le recrutement; l'augmentation de la proportion de femmes ingénieurs; plus d'efforts en formation continue; le maintien plus longtemps à bord du « talent gris »; la capture de la connaissance « tribale » et l'utilisation du talent global à distance.
- L'université doit compléter la solide formation technique au cœur des pratiques de l'ingénierie. D'une part, le nouvel ingénieur doit maîtriser des *Systèmes de conception* (Ansys, CATIA) et des *Techniques génériques* (fatigue, tolérance aux dommages, commandes de base, conception expérimentale, mesure de la qualité et analyse de l'incertitude). D'autre part, il doit aussi apprendre la *Gestion d'activités* (temps, contrat, processus, projet), la *Communication* (présentations techniques, rapports, écriture réfléchie d'affaires) et le *Légal* (propriété intellectuelle, règles d'exportation et de certification).

En conclusion,

- L'évolution de l'industrie et le défi de la main-d'œuvre rendent nécessaires une meilleure planification de tous les aspects de la profession d'ingénieur de turbines à gaz.
- La réalité démographique est incontournable.
- La gestion des connaissances et des pratiques exemplaires est essentielle.
- Des compétences globales sont indispensables.
- L'industrie prend davantage les devants en ce qui concerne la formation et les partenariats d'enseignement.

3.4 Les besoins en systèmes avioniques et en simulation

La présentation de M. **Patrick Champagne**, vice-président, Ingénierie, Esterline CMC Électronique, porte sur le secteur de l'avionique, de la simulation et des systèmes embarqués.

En bref, le secteur industriel se compose d'architectes et de systémiers de solutions embarquées, d'équipementiers

en avionique, de fabricants d'équipement de simulation, de fabricants d'équipement de contrôle aérien, de fournisseurs de service en logiciel embarqué pour l'aviation et d'équipementiers en sous-systèmes mécaniques. Les entreprises suivantes y sont des participants notables : Esterline CMC Électronique, Division aéronautique de Thales Canada, CAE, L-3 MAS, Adacel et Mannarino Software and Systems.

Deux enjeux sont à signaler.

- Le secteur est dominé par des entreprises de taille moyenne et petite, qui n'ont pas les capacités de développer rapidement les compétences dont le secteur a besoin.
- Il existe peu de formation universitaire au niveau du baccalauréat totalement adaptée aux besoins de ces entreprises.
 - Les instituts en aérospatiale répondent en partie à ce besoin en offrant davantage un apprentissage qu'une formation structurée;
 - Les programmes afférents de maîtrise en aérospatiale desservent un nombre trop réduit d'étudiants.

L'environnement d'affaires du secteur évolue de la manière suivante : les avionneurs réduisent le nombre de leurs fournisseurs; ces derniers montent dans la chaîne de valeur de l'industrie parce qu'ils doivent livrer des systèmes complets de plus en plus intégrés, critiques et couplés - par exemple, *Integrated Modular Avionics* (IMA) des Boeing 787 et A380; les mêmes fournisseurs doivent contribuer aux objectifs de l'avionneur en gain de poids et volume, en réduction des impacts sur l'environnement, en augmentation de valeur économique pour le client final; les avionneurs exigent des solutions novatrices et matures qui limitent leur prise de risques et les clients s'attendent à des cycles de développement plus courts et à des coûts de développement en diminution.

Le volume du contenu logiciel augmente dans l'ensemble des solutions développées. Cela génère une rareté de la ressource spécialisée alors que celle-ci est sollicitée à Montréal par d'autres industries (télécoms, jeux vidéo, multimédias en ligne) en apparence plus dynamiques. Certains grands systèmes embarqués sont déjà à logiciel prépondérant - FMS, CDS. Les OEM demandent que ces grands systèmes logiciels génèrent un accroissement élevé du niveau d'intégration en avionique. Le défi réside dans le haut niveau de performance et d'intégrité d'exécution de ces éléments logiciels rassemblés. Ces logiciels embarquent

des fonctions de plus en plus critiques. De la sorte, la rigueur, et donc les efforts de validation, pour le développement de logiciel et de plates-formes électroniques complexes augmentent. Il s'ensuit que les outils et les processus qui apportent plus de productivité se complexifient (par exemple, automatisation du codage et de la vérification).

D'autres facteurs plus globaux d'environnement d'affaires influencent aussi les affaires du secteur. Au plan de la compétitivité, il existe une grande disponibilité de ressources compétentes en impartition en Asie (Inde et Chine), qui sont rémunérées à plus faibles taux horaires. L'instabilité du taux de change joue sur la prise de risque contractuel. Enfin, il y a une convergence croissante entre les besoins de certification militaires et civils.

COMPÉTENCES-CLÉS

a) Ingénierie des systèmes

- ARP4754, certification de systèmes embarqués
- ARP4761, processus d'analyse de sécurité pour systèmes embarqués
- Ergonomie et interface humain-machine
- Certification TC/FAA/EASA - DE / DER / DAR
- Outils et processus
- Fiabilité, maintenabilité, sécurité (RM&S)
- Pilotes d'essai, hélicoptères et voilure fixe
- Aérodynamique et modélisation
- Systèmes avion / systèmes avioniques:
 - Standards ARINC et RTCA
 - Standards militaires - 1553, vision nocturne, par exemple
 - TSO, ETSO
 - Compact PCI, AFDX, CAN Bus, etc.

b) Logiciel

- Normes de développement de logiciel (DO-178B/C)
- Architecture, langages:
 - OS temps réel
 - Langage C, C++ et ADA
 - Développement Model-Based
 - Architecture de systèmes embarqués

- Logiciel temps réel pour systèmes de gestion et de simulation de trafic aérien
- Reconnaissance de la parole

c) Matériel électronique

- Normes avioniques de qualification environnementale - DO-160E/F
- Norme de développement matériel électronique complexe - DO-254

d) Simulation

- Logiciel structuré de façon moderne en objets qui s'exécutent de façon parallèle sur un réseau de plusieurs ordinateurs et sur un microprocesseur à plusieurs cœurs.
- Logiciel graphique pour réaliser de la visualisation et de l'animation graphique en 3 dimensions

e) Autres

- Sous-systèmes mécaniques - train d'atterrissage, commandes de vols
- Design mécanique et industrialisation

3.5 Les programmes universitaires

La présentation suivante fut effectuée par M. **Clément Fortin**, professeur titulaire et directeur du Département de génie mécanique de l'École Polytechnique de Montréal. D'abord, il décrit sommairement les programmes de formation au baccalauréat et à la maîtrise offerts par les universités québécoises en génie aérospatial. Puis, complété par quelques constats, il fournit un aperçu des formations équivalentes étrangères. Enfin, une description de l'initiative CDIO met en perspective la formation des ingénieurs pour le 21^e siècle.

1^{er} cycle

Six institutions universitaires québécoises proposent un grand nombre de programmes de formation de niveau baccalauréat. Au sein de son programme de génie mécanique, l'Université de Sherbrooke offre une concentration aéronautique de 24 crédits dont la moitié de ceux-ci sont des cours obligatoires et l'autre moitié, des projets divisés en 3 cours.

- Le « B.Eng in Mechanical engineering » de l'Université McGill est une concentration en Aéronautique faite de

5 cours, 2 cours obligatoires et de 3 cours optionnels parmi un choix de 7 cours.

- Dans son programme de génie mécanique, l'Université Laval propose une concentration en Aéronautique et Aérospatiale de 4 cours, dont 12 étant des crédits obligatoires.
- L'École de Technologie Supérieure (ÉTS) présente deux programmes de formation en génie aérospatial. Un premier programme de génie mécanique, Conception aéronautique (15 crédits au choix), et un second programme de génie de la Production automatisée en Production aéronautique (18 crédits au choix).
- L'École Polytechnique de Montréal offre plusieurs formations relatives à l'aérospatiale. D'abord au Programme de génie mécanique, d'une part, une Concentration en génie aéronautique de 30 crédits – incluant 9 crédits de projets, 4 options de 2 cours et 1 projet de 6 crédits (contraintes, environnement virtuel, fluides, systèmes) - et, d'autre part, une Orientation en techniques spatiales de 18 crédits - incluant un projet de 6 crédits. Aussi, au Programme de génie électrique, une concentration en Avionique de 30 crédits - 6 cours et projets, incluant de l'environnement virtuel.

Enfin, un nouveau Programme de génie aéronautique débutera en septembre 2009 de 120 crédits – 4 projets de 15 crédits et 4 orientations de 12 crédits plus un projet de 6 crédits (contraintes, environnement virtuel, technologies spatiales, systèmes (embarqués). Orienté sur le CDIO, il est offert en collaboration avec Bombardier Aéronautique et l'ÉNA.

- L'Université Concordia offre un « B.Eng in Mechanical engineering » avec des options (15,5 crédits) : en « Thermo-fluid » et propulsion (choix de 12 cours), en aérospatiale et systèmes de véhicule (choix de 19 cours) et bientôt une option aérospatiale dans 5 autres programmes de génie.

Maîtrise en génie aérospatial

La formation de niveau maîtrise existe depuis les années '90, en collaboration avec le CAMAQ. Six universités y participent : Concordia, École Polytechnique de Montréal, ÉTS, Laval, McGill et Sherbrooke. De plus, au moins douze entreprises y concourent, entre autres : Bombardier Aéronautique, Bell Helicopter Textron Canada, CAE, CMC, Pratt & Whitney Canada et Thales. Nombre des cours y sont conçus et donnés par des experts de l'industrie. On y pratique la méthode des études de cas et les stages.

- La maîtrise à l'Université Concordia repose sur un ensemble de cours généraux de 12 crédits, dont un choix de 12 cours. Puis, elle comporte des cours spécialisés comptant pour 24 crédits : aéronautique et propulsion, choix de 14 cours; avionique et commande, choix de 19 cours; structures et matériaux, choix de 13 cours, et génie de l'espace, 2 cours. En aérospatiale, il y a des études de cas, 3 crédits (1 cours) et des stages industriels (6 crédits). Les cours à l'extérieur de l'Université comptent pour 6 crédits (2 cours).
- Le département de génie mécanique et de génie électrique de L'École Polytechnique de Montréal offre un cours de base de 9 / 12 crédits (choix de 8 cours), un cours spécialisé de 15 / 24 crédits (4 spécialités) : aéronautique et propulsion, 8 cours; avionique et commande, 16 cours; structure et matériaux, 10 cours; et technologies spatiales, 14 cours. La formation en environnement virtuel compte pour 3 cours, plus un projet. Les cours de type étude de cas (2) valent 3 / 6 crédits; les stage(s) ou projets (3) totalisent 6 / 12 crédits. Les cours pris à l'extérieur de L'École Polytechnique de Montréal comptent pour 6 crédits (2 cours).
- À l'ÉTS, la formation de niveau maîtrise propose deux activités de base obligatoires pour tous (6 crédits) : introduction à l'aéronautique, 3 crédits; introduction à l'avionique, 3 crédits; étude de cas, 3 crédits, et stage industriel, 6 crédits. Aussi, deux profils existent: le profil Fabrication et production aéronautique (15-18 crédits) avec un axe environnement virtuel et le profil Systèmes et avionique (15-18 crédits). Il y a deux activités obligatoires par profil pour 6 crédits. Les cours pris à l'extérieur de l'ÉTS valent 6 crédits, 2 cours. À compter de septembre 2009, le profil Fabrication et production aéronautique deviendra Conception et fabrication aéronautique.
- La maîtrise à l'Université Laval repose sur un choix de 15 cours, comptant pour 12 ou 13 crédits de base, et plusieurs champs de spécialisation : aéronautique et propulsion, 8 cours; avionique, 10 cours; structure et matériaux, 8 cours, et technologie de l'espace, 13 cours. Aussi, deux majeurs - Génie aérospatial et Environnement virtuel – sont possibles. En outre des stages et études de cas y existent. Les cours pris à l'extérieur de l'Université valent 6 crédits, 2 cours.
- La maîtrise à l'Université McGill comporte 12 crédits de cours de tronc commun, 3 crédits d'études de cas, un stage industriel de 6 crédits, des cours avancés de 6 crédits pris dans une autre université et des

cours avancés à l'Université McGill pour les crédits restants.

- La maîtrise à l'Université Sherbrooke propose deux concentrations : le cheminement stage industriel et le cheminement environnement virtuel. Le cheminement stage industriel comporte 9 crédits d'activités pédagogiques obligatoires (un stage de 6 crédits et une étude de cas de 3 crédits), 36 crédits d'activités pédagogiques à option (un cours de base de 3 crédits, des cours optionnels – choix de 6 cours de 12 à 18 crédits et des cours de spécialisation orientation en structures et matériaux – choix de 14 cours dans l'orientation en structures et matériaux et choix de 10 cours dans l'orientation en aéronautique et propulsion. Enfin, l'étudiant doit prendre deux cours (6 crédits) à l'extérieur de l'Université de Sherbrooke. Le cheminement environnement virtuel offre 12 crédits de cours obligatoires en environnement virtuel à l'École Polytechnique de Montréal et 33 crédits d'activités pédagogiques à options.
- L'*Option environnement virtuel* est proposée par les industriels – Bombardier Aéronautique, Bell Helicopter Textron Canada et Pratt & Whitney Canada - par le CAMAQ et est ouverte aux six universités depuis 1999. Cette option a gagné le prix du Conference Board du Canada en 2001 pour la collaboration industrie-université. L'environnement PLM est utilisé pour représenter le milieu industriel dans le milieu académique: gestion de configuration, maquette numérique et données industrielles sécurisées. Deux cours sont offerts : Gestion de projet en génie aéronautique (systèmes d'ingénierie, certification, risques, assurance qualité en développement de produits, développement avancé, FMEA) et Développement de produits en environnement virtuel (processus de conception, maquette numérique, gestion de configuration, ingénierie concurrente, PLM, PDM, MPM).

Formations existantes à l'étranger

L'observation des programmes de formation permet quelques observations significatives.

- La durée totale des études à l'étranger est de 12 ans (plus 4 ans, plus 30 crédits Master's degree – de type LMD) et de 13 ans au Québec (plus 4 ans, plus 45 crédits Maîtrise). Depuis les Accords de Bologne de 1999, la formule LMD tend à s'étendre partout à l'Europe universitaire et influence déjà le reste du

monde. La durée totale moyenne des études menant à un diplôme universitaire tend à prendre ailleurs un an de moins qu'ici. Il s'agit d'une pression émergente sur le système éducatif québécois en concurrence mondiale acharnée pour attirer et conserver les meilleurs étudiants et diplômés.

- En vrac, voici quelques constats en bref. L'environnement de la formation est orienté vers la recherche. Partout, la plus grande difficulté est la résistance au changement. Il y a plus de formation spatiale aux États-Unis et en Europe. Il existe peu de formation en Intégration de systèmes et en Conception globale.

Le cadre de référence CDIO (*Conceive-Design-Implement-Operate*)

Dans la première semaine du mois de novembre 2008, une rencontre internationale de participants à l'Initiative CDIO s'est tenue. L'atelier a porté sur les besoins de l'aérospatiale aux États-Unis. Les firmes Boeing, Lockheed-Martin, Northrop-Grumman, GE Aircraft Engines et Orbital Dynamics y étaient. CDIO devient un réseau de collaboration universitaire et industrielle de plus en plus élargi.

Pourquoi le CDIO?

Pour la majeure partie du 20^e siècle, les programmes de formation en génie reposaient avant tout sur des leçons pratiques apprises sur le tas. Les cours donnés par des ingénieurs praticiens étaient centrés sur la résolution de problèmes réels. Toutefois, les connaissances scientifiques et techniques se sont accrues énormément, surtout lors des dernières années 1900. La formation en génie a mis alors l'accent sur la science de l'ingénierie au détriment de la transmission des pratiques.

Ces dernières années, les milieux industriels ont constaté que les diplômés, techniquement bien formés, manquaient toutefois de qualifications concrètes exigées par les situations technologiques réelles. Plusieurs entreprises importantes, dont Boeing, ont élaboré des listes de qualifications recherchées et acquises par les ingénieurs à embaucher. Pour inciter les écoles américaines de génie à mieux répondre aux besoins industriels réels et à repenser leurs enseignements, l'ABET² a énoncé ses critères de

formation pour les ingénieurs à diplômer. Face à l'écart d'exigences entre la science et la pratique du génie, l'*Initiative CDIO du MIT* vise à relever le défi de contribuer concrètement à la réforme de l'enseignement du génie.

Le but de CDIO est d'éduquer des étudiants en mesure de :

- Maîtriser une connaissance pratique en profondeur des principes techniques fondamentaux;
- Prendre le leadership de création et d'exploitation de nouveaux produits, processus et systèmes;
- Comprendre l'importance et l'impact stratégique de la recherche et du développement technologique sur la société.

Le résultat général de l'atelier est la nécessité d'une formation universitaire en aérospatiale qui fait une plus grande place au **design de système** et au **contexte d'affaires**, ainsi qu'à l'acquisition d'aptitudes au **leadership** et à **penser de manière multidimensionnelle**. Les programmes de formation d'ingénieurs sont à ajuster pour qu'entre autres, les diplômés puissent mieux **comprendre les systèmes d'ingénierie à valeur ajoutée complexe, s'adapter à un environnement industriel basé sur des équipes et des individus expérimentés et réfléchir en profondeur**.

Une évaluation de l'initiative CDIO par un intervenant de Bombardier Aéronautique

- L'actif le plus important d'une organisation axée sur l'ingénierie est ses employés habiles.
- L'industrie change pour s'adapter au nouvel environnement; l'université devrait également s'adapter aux besoins changeants; une initiative telle que CDIO est très encourageante.
- Les universités devraient former des leaders, intégrateurs et innovateurs; non seulement des personnes qui savent le plus, mais des personnes qui savent faire le plus de ce qu'elles savent.

La présentation se conclut sur le constat que la formation des ingénieurs est à un point tournant. Notamment, il s'impose de revoir la formation de niveau doctorat en fonction d'exigences plus industrielles qu'universitaires.

² Aux États-Unis, l'Accreditation Board of Engineering and Technology (ABET), est l'organisme qui accrédite les programmes universitaires en sciences appliquées, en technologie, etc.

3.6 L'Institut Aérospatial de Montréal

Sous ce titre, *A Model of University-Industry Collaboration for Students Training*, M. Hany Moustapha, directeur, Programmes de technologie, Pratt & Whitney Canada, expose les activités de l'Institut Aérospatial de Montréal (IAM).

L'Institut regroupe des étudiants du premier cycle du CIADI (Concordia), de l'ICIA (ÉTS) et de l'IICAP (École Polytechnique de Montréal). Du Québec, du Canada et de l'étranger, des dizaines de partenaires de l'industrie (entreprises, universités, écoles, centres de recherche, instances publiques et organismes industriels) contribuent de différentes manières à l'IAM.

Mission de l'IAM

- Formation d'étudiants de 1^{er} cycle
- Démarche de formation par projet concret (PBL)
- Réels projets industriels de formation
- Préparer les étudiants à intégrer l'industrie
- Faire connaître l'aérospatiale
- Réseautage
- Mentorat

L'IAM est une initiative pilotée depuis 2002 par l'industrie aérospatiale. Il s'agit d'un partenariat entre l'industrie et le monde universitaire orienté vers la formation d'étudiants, d'une part, afin de former une main-d'œuvre spécialisée et performante et, d'autre part, afin d'assurer une présence du milieu industriel sur les campus.

La formation selon l'approche PBL (Project Based Learning) y est privilégiée. Il s'agit d'une démarche d'enseignement où l'apprentissage passe par la réalisation d'un projet concret.

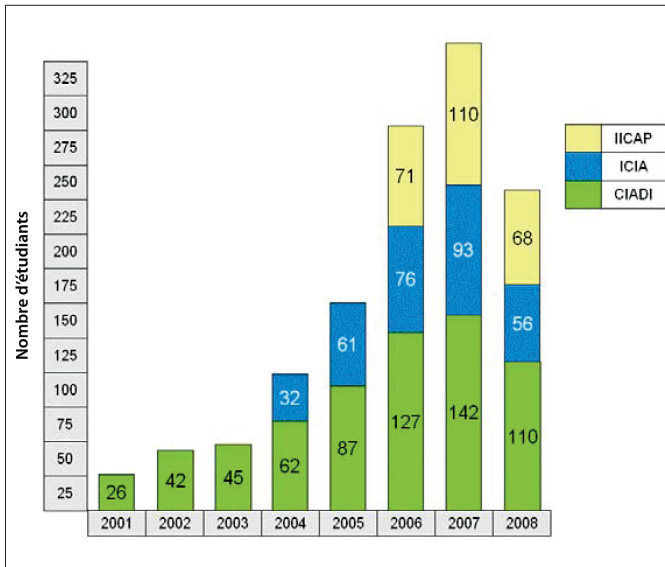
- L'étudiant consacre de 500 à 1 000 heures à son projet d'étude.
- L'exécution et la supervision du projet s'effectuent à la fois en entreprise et à l'université, conjointement et/ou alternativement.
- Il y a une grande flexibilité dans les conditions de travail : lieu, horaire, temps partiel, etc.
- Tous les projets d'étudiants sont visibles par l'ensemble de l'industrie aérospatiale.

- Le mentorat passe par des réunions d'étape, de suivi et d'évaluation.
- Une base de données d'évaluation et des CV des meilleurs étudiants est disponible pour toute l'industrie.
- Un réseau mariant étudiant et industriel de l'aérospatiale est mis en place.
- L'industrie a aussi besoin de s'exercer : CATIA, MATLAB, etc.
- Des projets internationaux sont possibles par le "CIADI GLOBAL".
- Des visites industrielles organisées sont réalisées.
- Un accès est assuré à une bibliothèque, de l'affichage, du matériel, des conférences, des ateliers, des forums, etc.
- Une base de données listant les CV d'étudiants gradués est accessible à toute l'industrie.
- Les étudiants peuvent se mériter une bourse d'entrée (CIADI).

Pour les étudiants, l'IAM assure des revenus et des projets réalisés à inscrire à leur CV, ainsi que de fournir l'occasion de postuler pour un emploi en aérospatiale. Pour les étudiants gradués, cela leur permet de mieux connaître ("Readiness") l'industrie. Pour leur part, les entreprises sont en mesure de réaliser un projet à un coût efficient, d'effectuer de la formation en situation de pré-embauche et d'accéder à un réservoir de recrutement.

En 2008, 234 étudiants du Québec (voir le graphique sur la page suivante), par leurs projets, ont pu parfaire leur formation supérieure en aérospatiale et faciliter leur recrutement par les entreprises grâce à l'Institut.

Figure 7 : Évolution du nombre d'étudiants des instituts aérospatiaux de Montréal



Pour l'avenir, l'IAM vise à intégrer à ses activités des étudiants du deuxième cycle et des écoles de commerce. Il a aussi l'intention de coopérer avec une pépinière d'entreprises.

3.7 Le rôle du CRIAQ dans la formation d'étudiants chercheurs

L'exposé de M. **André Bazergui**, président-directeur général, CRIAQ (*Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec*), fait le point sur les activités de l'organisme depuis sa création en 2002.

Actuellement, le CRIAQ compte 52 membres provenant des milieux des entreprises (32), des universités et des centres de recherche (13), ainsi que des associés (7).

Mission du CRIAQ

- Accroître la compétitivité de l'industrie aérospatiale et améliorer la base des connaissances collectives grâce à une meilleure formation des étudiants

Objectifs:

- Recherche collaborative en partenariat
- Innovation
- Formation
- Promotion
- Collaborations nationales et internationales

Le Consortium gère de la recherche précompétitive en aérospatiale où un minimum de 25% du coût des projets menés dans les universités est assumé par les partenaires industriels, le reste étant financé à même les fonds destinés aux universités. Ce partenariat où le nombre de membres de l'industrie aérospatiale est en croissance, assure la réussite de la formule collaborative associant recherche-innovation-formation. C'est ainsi que les projets menés ont un lien et/ou une incidence pratique avec la réalité industrielle. Tous les partenaires, étudiants, universités, centres de recherche et entreprises y trouvent leur compte.

Depuis ses débuts, le CRIAQ a contribué au montage de plus de 45 projets de recherche dont 12 sont maintenant terminés avec succès et 6 impliquent des collaborations internationales. De plus, 40 nouveaux projets sont en préparation.

Par leur nature collaborative, les projets du CRIAQ regroupent nécessairement des chercheurs des universités et des centres de recherche qui travaillent étroitement avec les spécialistes de l'industrie. Ensemble, ils encadrent plusieurs étudiants par projet, non seulement au niveau du doctorat et de la maîtrise mais aussi au niveau du baccalauréat grâce au Programme d'initiation à la recherche du CRIAQ. Ainsi, on retrouve des étudiants dans tous les projets. Comme le montre le tableau ci-dessous, en un an, le nombre d'étudiants participant aux projets a bondi d'un total de 80 en 2006-2007 à 217 en 2007-2008. Ceux-ci à 71% détiennent au moins une maîtrise.

Tableau 2 : Nombre d'étudiants participants aux projets du CRIAQ

	06-07	07-08
Étudiants		
Post-doc	8	14
Ph.D.	25	54
M.Sc.A.	41	87
Stagiaires du B.Sc.A	6	62

De plus, le CRIAQ assure un fort appui à nombre d'activités étudiantes en aérospatiale. Avec l'appui financier du FQRNT, il est le principal partenaire des Forums étudiants en aérospatiale. En fonction de la relève, il offre un programme de stages pour étudiants de premier cycle au sein d'équipes de recherche (PIRA) et collabore aux initiatives de formation du CAMAQ. Il commandite les équipes qui participent aux compétitions en aérospatiale. Il offre des bourses en milieu de pratique.

4. COMPTES RENDUS DES ATELIERS

Enfin, le CRIAQ s'implique dans des initiatives d'échanges d'étudiants à l'international. Il vise à contribuer à attirer au Québec les meilleurs étudiants dans le monde de l'aérospatiale. De même, il soutient la possibilité pour nos chercheurs, leurs partenaires industriels et leurs étudiants, de participer à des occasions d'activités de pointe à l'échelle internationale.

En après-midi, les participants au sommet ont été conviés à échanger au sein d'ateliers organisés en deux blocs de deux ateliers tenus simultanément. Le premier bloc, **Ateliers dirigés sur la formation 1^{er} cycle**, comportait un atelier où la question de la Formation au 1^{er} cycle a été posée en fonction des *Avionneurs et motoristes* et un deuxième, en fonction du secteur des *Systèmes avioniques et simulation*. Dans le second bloc, **Ateliers dirigés sur la formation continue**, le premier atelier a débattu de la *Formation en industrie* et le second, de la formation aux *Cycles supérieurs*.

Ateliers dirigés sur la formation 1^{er} cycle

4.1 Avionneurs et motoristes

L'atelier sur le thème de la *Formation au 1^{er} cycle* en fonction des *Avionneurs et des Motoristes* avait comme modérateurs MM. **Robert Clive Fews**, directeur technologie, Bell Helicopter Textron Canada et **Marius Paraschivoiu**, professeur agrégé, Département de génie mécanique et industriel, Université Concordia.

En fonction des qualifications requises pour la prochaine génération d'ingénieurs, les premiers échanges ont tenté de répondre à la question suivante : l'industrie a-t-elle besoin de spécialistes ou de généralistes?

Rapidement l'atelier a réalisé un consensus sur la nécessité pour l'industrie de disposer des deux types d'ingénieurs qui sont complémentaires. Avec le temps, il est possible à un ingénieur, avec de l'expérience et de la formation continue, de développer cette double aptitude professionnelle. Pour cela, il importe d'apprendre aux futurs ingénieurs à s'adapter en leur « *apprenant à apprendre* ». La question de comment permettre à un individu d'acquérir les deux façons d'être et de faire demeure ouverte.

Dans un second temps, les participants ont échangé sur la nécessité que l'enseignement se rapproche de la réalité

industrielle par la transmission de diverses habiletés pratiques (« professionnelles »). L'une d'entre elle concerne l'apprentissage dès l'université du travail en équipe. Parmi les suggestions formulées, l'atelier a retenu la méthode des stages à généraliser à tous les programmes de formation. Une autre propose d'amener les enseignants universitaires à acquérir de l'expérience industrielle, par des stages en entreprise à effectuer, soit lors de leurs périodes sabbatiques, soit lors de leurs vacances d'été. Certaines écoles et facultés privilégient déjà l'expertise industrielle chez leurs enseignants.

En termes de qualifications professionnelles, on mentionne la créativité, la passion pour le travail sur les avions et le leadership. Un autre commentaire notable expose que si pour l'aspect conception ou design, il semble y avoir peu de problèmes, il n'en est pas de même du côté de la fabrication où existent des manques.

Dans un troisième temps, l'atelier s'est questionné sur les effets du vieillissement démographique en cours de la population, sur le milieu des ingénieurs en aérospatiale. Toutefois, un bémol s'est exprimé quant à la précision et au détail des statistiques disponibles qui mesurent et caractérisent prévisionnellement l'offre et la demande de main-d'œuvre de l'industrie. En ce sens, en plus du facteur du recul démographique, il y a aussi un manque de précisions des données en systèmes embarqués de l'aérospatiale (ex. avionique), des inscriptions et diplômés universitaires par spécialité qui travaillent dans l'industrie. Il serait important de faire un effort sur ce plan.

L'atelier s'entend qu'à court terme les universités seraient en mesure de répondre à la demande de nouveaux ingénieurs. Toutefois, dans l'industrie, là où il y a un manque, c'est en ingénieurs expérimentés. Par ailleurs, pour le moyen et long terme, on s'inquiète. Le facteur démographique en main-d'œuvre combine plusieurs éléments : retraites, baisse de la natalité, diminution des inscrits dans les filières scolaires menant au génie et décrochage de l'école plus élevé chez les gars que les filles, lesquelles s'engagent moins dans les carrières scientifiques et techniques, beaucoup d'ingénieurs d'ici s'expatrient et oeuvrent à l'étranger (Europe, États-Unis, Amérique du Sud) etc. Sur ce dernier élément, on propose d'effectuer de la promotion de l'aérospatiale dès les 1^{ères} années du secondaire afin de donner le goût aux jeunes de travailler dans l'industrie des « avions ».

4.2 Systèmes avioniques et simulation

Mme **Ruxandra Botez**, professeure au Département de génie de la production automatisée de l'École de Technologie Supérieure, et M. **Philippe Molaret**, directeur technique et vice-président, Ingénierie et avionique chez Thales Canada furent les modérateurs de l'atelier *Systèmes avioniques et simulation*.

En début d'atelier, une série de questions sont énumérées à l'écran. Les premières sont relatives à l'avionique alors que les autres concernent la formation en génie aérospatial en général.

Systèmes avioniques

Tout d'abord, on a affirmé le fort besoin de formation en systèmes embarqués où une forte compétition internationale existe en ce champ stratégique. Toutefois, l'écart est grand entre les besoins requis par l'industrie en avionique et simulation et le nombre de diplômés promus.

- À l'égard du marché de la main-d'œuvre en avionique, il existe un double besoin de données plus nombreuses et précises sur l'offre de diplômés et leurs qualifications requises, ainsi que de précision de la mesure de la demande industrielle.
- Plus de concentrations spécialisées sont nécessaires : par exemple en génie informatique avec option avionique. S'il y a peut-être lieu de créer plus de spécialités aérospatiales, par contre, par une offre de nouvelles concentrations spécialisées, il y a un fort risque de perdre des étudiants qui se dirigeront vers des filières plus génériques.
- L'ingénierie système est une compétence à long terme. La formation en ingénierie de systèmes doit s'attarder davantage au pourquoi, pas seulement au comment. La vision système est une « vision grand système ».
- Même pour les spécialistes embauchés dotés d'un baccalauréat en génie électrique, il faut de 7 à 10 ans en entreprise pour former un ingénieur de bon niveau d'expertise en systèmes avioniques embarqués. Par des programmes universitaires adaptés, on devrait être en mesure de couper de moitié ce temps d'apprentissage en milieu industriel.
- La discipline simulation a besoin d'être mieux structurée pour être mieux enseignée.

- Pour œuvrer éventuellement avec des simulateurs, les étudiants doivent comprendre l'ensemble des systèmes avioniques pas seulement leur volet logiciel.
- Dans ce qui existe, il est beaucoup question de création par simulation et peu d'utilisation de la discipline.
- À l'ÉTS ont fait de la simulation en MATLAB.
- Pour le recrutement dans le domaine de la simulation, l'aérospatiale est en concurrence directe avec le secteur du jeu-vidéo qui recrute beaucoup le même type de diplômées.
- La mode des connaissances par des outils comme CATIA pourrait rendre désuet assez rapidement les spécialistes qui y recourent exclusivement.
- Plus de cours devraient être donnés par des professionnels et des scientifiques du domaine provenant de l'industrie.
- Il y a lieu d'enseigner adéquatement les normes et les réglementations très sévères existantes en aviation.
- Les entreprises devraient donner de l'équipement récent pour équiper les laboratoires des universités.

La formation en génie aérospatial en général

- Il serait utile de mieux préciser les besoins de formation en génie aérospatial par la mise au point d'un référentiel de compétences : ce que la personne à former doit être capable de faire, dans quelle condition, avec quel outils, etc.
- Il y a un manque de données quant au nombre de diplômés annuels au premier cycle.
- L'industrie d'ici doit mieux comprendre les tendances lourdes et la réglementation.
- Affirmer clairement que l'université est une « business » dont le produit est un étudiant et le client est l'entreprise.
- Émuler l'Institut international des communications (IIT) en TIC, un lieu industriel commun de formation bien équipé pour que des étudiants et des employés y fassent des stages
- Il faut que la formation universitaire se rapproche des réalités industrielles.

- Favoriser des stages de travail en entreprise pour les enseignements durant leurs périodes sabbatiques.
- Les stages coopératifs en industrie sont un mécanisme de formation important.
- En ce qui concerne le mécanisme des chaires industrielles, il est difficile, voire impossible pour une PME de financer ce mode de recherche et de rapprochement avec l'université. Il y a là une réflexion industrielle à mener.

Attirer les jeunes vers l'aérospatiale

Au niveau du cégep, il est trop tard pour convaincre les jeunes à s'engager dans une carrière aérospatiale. L'ADRIQ a démontré qu'il faut agir dès le début du secondaire. Ainsi, c'est au secondaire 3 que le choix des cours de mathématiques avancées se fait. Il s'impose d'expliquer le domaine aux jeunes, dès le secondaire pour dynamiser auprès d'eux leur choix de filières de formation avant le collégial.

- La motivation des étudiants est très importante. L'industrie devrait donner de l'équipement pour l'enseignement de manière à former les étudiants sur les bons matériaux et logiciels.
- Par ailleurs, le fait demeure que le taux de décrochage à l'ÉNA est de 50 %.

Ateliers dirigés sur la formation continue

4.3 Formation en industrie

Les modérateurs de l'atelier sur le thème de la *Formation en industrie* étaient MM. **Hany Moustapha**, directeur, Programmes de technologie, Pratt & Whitney Canada, et **Fassi Kafyeke**, directeur technologies stratégiques, conseiller principal, Ingénierie, Bombardier Aéronautique.

À l'occasion de l'atelier, M. Moustapha a présenté l'expérience de son entreprise, en décrivant notamment les tenants et aboutissants des activités de l'*Université de Pratt à Longueuil*.

Lors de l'atelier les personnes présentes ont émis plusieurs commentaires relatifs au thème à discuter :

- Les écarts (« gaps ») entre la demande des entreprises et l'offre de main-d'œuvre formée principalement à l'université sont relativement bien connus.

- Les cours de formation actuels et à venir en entreprise sont ouverts aux universités. Aussi, les entreprises devraient partager leurs cours de formation entre elles.
- Les gouvernements financent les programmes de formation mais pas les cours pointus. Il y aurait lieu d'organiser les cours isolés les uns des autres en programmes de formation.
- Il serait opportun de plus s'inspirer de la méthode des études de cas largement répandue dans les écoles de management, comme façon de rapprocher la formation en ingénierie des situations industrielles concrètes.
- Il faut former les mentors, et non plus les laisser à eux-mêmes.
- Les cours de perfectionnement doivent s'adresser autant aux ingénieurs en place qu'à ceux qui sont nouvellement embauchés.
- Il serait utile de collaborer davantage avec les PME en formation industrielle et en R-D précompétitive afin d'élever leur niveau d'innovation.
- Ce serait important d'organiser davantage de visites d'étudiants (universitaires, collégiaux, secondaires) de lieux industriels tels que le nouveau Centre industriel de Bombardier-CSeries.

4.4 Cycles supérieurs

MM. **Arun Misra**, professeur et directeur du département de génie mécanique de l'Université McGill, et **Peter Jarvis**, ingénieur en chef, Technologies de simulation civile de CAE, ont modéré l'atelier *Cycles supérieurs*. L'atelier s'est déroulé dans une suite de réponses apportées à des questions affichées.

Comment rapprocher la formation universitaire des réalités de l'industrie?

- Au niveau de la maîtrise interuniversitaire en aéronautique, les stages en entreprise sont la meilleure solution pour que la formation universitaire corresponde mieux aux conditions réelles de la vie industrielle des entreprises.
- Pour la maîtrise, la recherche et les études de doctorat, une autre bonne formule y afférente est celle des projets d'étudiants réalisés dans l'industrie. La formule CRIAQ a fait ses preuves.

La formation aux niveaux supérieurs couvre-elle toutes les disciplines requises par l'industrie aérospatiale ? Existe-t-il une discipline à privilégier?

- Les cours en avionique et commandes de vol nécessitent d'importantes améliorations.
- Il y a un besoin d'augmenter le nombre de cours dispensés en aéronautique.

Comment le programme existant de la maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial répond-il aux besoins de l'industrie aérospatiale?

- À l'École Polytechnique de Montréal, le choix entre un stage en entreprise ou une réalisation d'un projet est possible. Parmi les 44 étudiants participant au programme, 80 % choisissent de réaliser un stage au sein même des entreprises. Il y a 15 étudiants à Concordia. Mais, il demeure difficile de trouver des stages appropriés.
 - Ce n'est que depuis très récemment que le gouvernement du Québec accepte de soutenir les stages internationaux.
- La formation par la recherche (maîtrise et PhD) répond plus aux besoins des grandes entreprises. Les autres entreprises engagent des diplômés de deuxième cycle pour résoudre des problèmes complexes concrets. Ils doivent être formés à les traiter.
 - Par leur performance, ces diplômés de haut niveau assurent l'employabilité des employés dotés de diplômes de premier cycle et collégiaux.
 - Parmi les habiletés à mieux développer, il y a le respect des échéanciers.

Formons-nous un nombre suffisant d'étudiants au niveau de la maîtrise et du doctorat? Quelles seraient les principales contraintes pour une augmentation du nombre d'étudiants aux cycles supérieurs?

- Le financement octroyé est en fonction du nombre d'étudiants admis : 80 % des étudiants aux cycles supérieurs proviennent de l'étranger.
- À l'École Polytechnique de Montréal, tout le programme formation maîtrise et doctorat s'effectue en collaboration avec l'industrie.
- Il n'y a pas de problème de débouchés pour les diplômés. Ils trouvent tous un emploi, soit dans l'industrie, soit dans l'enseignement supérieur.

- L'atelier se pose la question suivante : devrait-il exister la même diversité disciplinaire au niveau du doctorat qu'à celui de la maîtrise?
- On affirme qu'un changement de taille doit survenir. En Europe, que le reste du monde copie, il faut trois ans d'études pour obtenir un doctorat. Si nous ne pouvons pas concurrencer cela, il n'est pas d'intérêt à persévérer dans nos efforts.
- Il y a un manque de formation en gestion du contrôle des exportations, en réglementation ITAR et en propriété intellectuelle.

Quel est le bon rapport entre la profondeur et l'envergure des programmes aux cycles supérieurs?

- À ce niveau de diplôme, l'entreprise n'engage pas une expertise pointue, mais une capacité de mettre au point des solutions. Le diplôme de doctorat devrait prouver que son détenteur est en mesure de solutionner des problèmes concrets et non pas seulement être capable d'effectuer de la recherche.
- On pose la question suivante : combien de doctorants les universités forment-elles? L'École Polytechnique de Montréal en forme le plus grand nombre, dont les deux tiers oeuvrent sur des projets.

Comment les étudiants réussissent-ils à passer de la recherche de niveau supérieur à l'industrie? Quel rôle joue la main-d'œuvre dotée d'un doctorat dans l'industrie aérospatiale?

- Les détenteurs de doctorats trouvent tous un emploi dans l'industrie. On fait remarquer que le problème n'est pas leur employabilité, mais que les PhD n'ont pas acquis les qualifications adéquates. Par exemple, ceux-ci ont appris à travailler seuls. En entreprise, ils doivent savoir travailler en équipe. En particulier, les très nombreux étudiants étrangers n'ont pas acquis les qualifications requises, avant de débiter leurs études doctorales.

Quel rôle devrait jouer l'industrie dans la formation aux cycles supérieurs en termes de prestation de cours et de recherche collaborative?

- La collaboration industrie et université se justifie le mieux en recherche précompétitive.

- Il n'y a aucun fondement à ce que trois universités répètent le même cours d'aérodynamique. Nous devrions réaliser un meilleur travail de coordination entre nous concernant les expertises enseignées. On fournit l'exemple de la région de Toulouse en France où il n'existe qu'une seule école formant des PhD.

Les universités québécoises ont-elles assez de ressources - personnel, équipements et financement gouvernemental - leur permettant d'offrir des programmes d'études supérieurs de qualité répondant aux besoins de l'industrie?

- Montréal est une ville attrayante, tout comme Sydney en Australie. Le problème ici est que nous ne disposons pas du financement pour attirer les meilleurs étudiants à l'échelle mondiale, par exemple par l'octroi de bourses. L'initiative du CRIAQ en ce sens est à soutenir. Nous en avons besoin davantage d'autres comme celle-ci. Nous sommes en forte compétition pour attirer des travailleurs étrangers de haute qualité. Les récentes ententes de reconnaissance de diplômes étrangers constituent une action des plus positives à l'exemple de d'autres pays qui le font, tel que l'Australie.
- Fondamental pour l'université, le niveau actuel du financement public est insuffisant.
 - Par un financement accru, les universités pourraient engager plus de professeurs, diminuer le nombre d'étudiants par enseignant, d'une part, pour une qualité accrue de formation et, d'autre part, pour leur permettre de réaliser plus de projets de type industriel. Comparativement, le Québec ne consacre que 60 % du niveau total de financement par étudiant à l'université que celui équivalent de l'Ontario.
 - Aussi, il y aurait lieu d'alléger la tâche des enseignants qui occupent 30 % de leur temps à préparer des demandes « bureaucratiques » de subventions.

5. CONCLUSIONS DU SOMMET

Quelques éléments de réflexion soulevés par le Sommet

Les intervenants au sommet ont en général souligné que la formation de l'ingénieur de demain en aérospatiale doit mettre d'avantage l'accent sur l'intégration des systèmes; les travaux multidisciplinaires, multi-sites et multicultures, une haute compétence technique et diverses qualifications professionnelles telles que le leadership, l'esprit d'équipe et l'engagement envers les clients et les actionnaires. L'*ingénieur agile* de demain est un « ingénieur d'affaires » ayant des compétences globales, c'est à dire un ingénieur en mesure de se mobiliser sur les coûts, de pratiquer l'amélioration continue de processus dans le cadre d'une entreprise « Lean », capable de penser en 3D, gérant le risque, maîtrisant l'ingénierie des systèmes pour intégrer à la fois le produit, la fabrication et le soutien à la clientèle.

Les présentations ont mis en évidence le fait que la formation en aérospatiale de nos étudiants au Québec est dotée de plusieurs atouts.

Six institutions universitaires québécoises proposent un grand nombre de programmes de formation de niveau baccalauréat et en maîtrise qui se différencient, notamment par les spécialisations offertes et leurs modalités pédagogiques (stages, approche coopérative) : les universités Concordia, Laval, McGill et de Sherbrooke; les écoles de Technologie Supérieure et Polytechnique de Montréal. L'Institut Aérospatial de Montréal se veut un modèle de collaboration entre l'université et l'industrie. L'institut est un partenariat entre les entreprises et le monde universitaire orienté vers la formation d'étudiants et assurant une présence du milieu industriel sur les campus.

De plus, par leur nature collaborative, les projets du CRIAQ regroupent des centaines de chercheurs, spécialistes et étudiants dans sept universités et trois centres de recherche québécois et dans un réseau d'universités canadiennes et étrangères. Ceux-ci encadrent plusieurs étudiants par projet.

Les échanges en atelier ont mis en évidence la nécessité de rapprocher l'enseignement avec la réalité industrielle. On propose la méthode des stages pour les étudiants ainsi que d'amener les enseignants universitaires à acquérir de l'expérience industrielle par des séjours en entreprise. Afin de pouvoir enrichir la formation, les entreprises devraient structurer et partager leurs cours de formation en entreprise entre elles. Un besoin pressant est apparu en systèmes embarqués. En ce domaine, l'écart est grand entre les

besoins industriels et le nombre de diplômés promus. Il y aurait lieu de multiplier les concentrations spécialisées comme par exemple, offrir une option avionique en génie informatique. De plus, les cours en avionique nécessitent d'importantes améliorations.

Les universités québécoises ne disposent pas d'assez de ressources pour les études aux cycles supérieurs. Malgré l'attrait d'une ville comme Montréal, l'attraction des meilleurs talents à travers le monde est difficile en raison du financement déficient (ex. : octroi de bourses). Une forte concurrence existe entre les régions aérospatiales pour attirer les étudiants et travailleurs de très haute qualité. Le niveau actuel de financement gouvernemental des universités est insuffisant pour que celles-ci engagent plus de professeurs, afin de diminuer le nombre d'étudiants par enseignant. Cela assurerait une qualité accrue de formation et une réalisation accrue de projets.

Le sommet a aussi permis de déterminer les enjeux clés pour le secteur auxquels des actions ont été associées. Les **sept mesures ou actions** qui ont été exprimées lors de la tenue du sommet sont les suivantes :

- 1. Encourager les échanges des universitaires dans l'industrie et des industriels dans les universités, notamment, en facilitant la formation par les stages, l'intégration des professeurs en industrie et les projets de recherche conjoints, par l'entremise du CRIAQ ou de l'IAM notamment.**
- 2. Établir des programmes de formation partagés et reconnus par tous les partenaires pour la formation aérospatiale « en entreprise » (en cours par l'entremise de l'IAM).**
- 3. Développer des concentrations en système embarqués (en cours par l'entremise du CAMAQ).**
- 4. Inciter plus de jeunes vers la carrière d'ingénieur en aérospatiale par la promotion du secteur dès le secondaire (ex: récentes initiatives d'Aéro Montréal).**
- 5. Inciter plus d'étudiants de nos universités vers les études supérieures et voir à ce que ces programmes soient mieux adaptés aux besoins de l'industrie.**

- 6. Améliorer la formation des ingénieurs en tant qu'intégrateur de système et gestionnaire d'équipes multidisciplinaires et ce, autant à l'université qu'en entreprise;**
- 7. Préciser les différents profils et spécialisation d'ingénieurs et rendre cette classification disponible pour la définition des programmes académique et la capture des besoins des industries à l'exemple de l'initiative CDIO.**

Concernant la formation en entreprise, quelques éléments de réflexion spécifiques ont été soulevés :

- Il n'existe pas de subventions gouvernementales pour les cours individuels, mais une aide est allouée aux cours menant à un diplôme. Pour inciter les gouvernements à aider financièrement les formations en industrie, il y aurait lieu de regrouper les cours actuellement offerts au sein d'énoncés de programmes suffisamment génériques, pouvant évoluer au fil du temps et en mesure de s'arrimer aux diplômes collégiaux et universitaires;
- Les entreprises devraient nommer un responsable de la formation à un haut niveau;
- Les enseignants devraient pouvoir assister aux cours internes des entreprises;
- Il est important de considérer le « knowledge management » comme un élément clé de la compétitivité des entreprises à long terme;
- Il existe un manque de formations spécifiques relatives à l'ITAR, l'« Export Control » et la propriété intellectuelle.

De même, pour ce qui est des échanges entre les universités et l'industrie, quelques pistes d'amélioration additionnelles ont été identifiées :

- Il serait d'intérêt d'accentuer en ingénierie l'usage de la méthode des études de cas à l'image de celle pratiquée dans les formations en management;
- Les entreprises pourraient faire des prêts ou des dons d'équipements récents aux universités pour s'assurer que les étudiants soient bien formés avec les bons outils;
- Les PME ne se sentent pas suffisamment soutenues par les universités.

Enfin, le Québec dispose d'une situation très enviable sur d'autres centres aérospatiaux internationaux pour ce qui est de la formation de ses ingénieurs et de ses spécialistes en aérospatiale. Premièrement, il y existe un très bon équilibre entre le nombre de diplômés produits par ses universités et les besoins des entreprises en ingénieurs, équilibre qui ne devrait pas être rompu par l'évolution démographique dans la mesure où le l'industrie et les universités maintiennent le même niveau collaboration. Deuxièmement, la concertation interuniversitaire et la concertation industrie-université y est très développée, et ce depuis plus de deux décennies déjà comme en témoignent divers initiatives telle maîtrise conjointe en génie aérospatiale du CAMAQ qui regroupe 6 universités et plus de 12 entreprises, l'IAM qui regroupe 3 instituts aérospatiaux universitaires et plus de 20 entreprise, le CDIO ou les forums des étudiants en aérospatiale du CRIAQ.

Les entreprises, tout comme les universités, veulent et sont prêtes à travailler ensembles pour améliorer leur collaboration et pour ainsi encore mieux répondre aux besoins de main-d'œuvre spécialisée du secteur en fonction des nouveaux paramètres de la compétitivité internationale. Le défi consiste à conserver le momentum de toutes les initiatives prises par le passé. Les sept mesures ainsi identifiées lors du sommet permettront par des actions concrètes d'accélérer cette collaboration et de renforcer les programmes de nos universités au rythme des nouvelles exigences du secteur dynamique qu'est l'aérospatiale.

Programme

Exposés

La demande en main-d'œuvre spécialisée

Serge Tremblay, Directeur général
Centre d'adaptation de la main-d'œuvre aérospatiale au Québec (CAMAQ)

Dans sa présentation, M. Tremblay analysera les données obtenues (automne 2008) lors du recensement CAMAQ 2008-2010 pour les postes de spécialistes en ingénierie. Ces informations, recueillies auprès des 210 entreprises aérospatiales reconnues par le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation du Québec, seront comparées à celles compilées lors des autres périodes économiques prospères. Les données recueillies par le CAMAQ quant aux inscriptions dans les facultés de génie ainsi que l'apport annuel de la main-d'œuvre étrangère en ingénierie seront discutées.

Les besoins des motoristes

Walter Di Bartolomeo, Vice-président, Ingénierie
Pratt & Whitney Canada

La présentation mettra l'accent sur l'industrie des turbines à gaz qui doit faire face à des défis émergents, posés par des besoins de main-d'œuvre grandissants. L'évolution de l'industrie et son impact sur les besoins en compétences seront examinés, de même que les nouvelles tendances mondiales en matière de distribution de la main-d'œuvre et de ses attentes. En dernier lieu, les meilleures pratiques seront présentées de même que les recommandations relatives à la formation de la relève des ingénieurs dans ce domaine.

Les programmes universitaires

Clément Fortin, Professeur titulaire, Directeur Département de génie mécanique
École Polytechnique de Montréal

La présentation fera tout d'abord un survol des formations disponibles dans les universités québécoises aussi bien au niveau de la formation des ingénieurs que celles aux grades supérieurs. La maîtrise en génie aérospatial mise sur pied en collaboration avec le CAMAQ et donnée par 6 universités québécoises sera présentée incluant l'option Environnement virtuel. Quelques programmes étrangers seront aussi brièvement présentés. L'initiative CDIO issue entre autres du département d'Aéro/astro du MIT sera décrite et ses perspectives de formation des ingénieurs pour le 21^e siècle seront aussi abordées.

Les besoins des avionneurs

Guy Lambert, Vice-président, Ingénierie des hélicoptères commerciaux
Bell Helicopter Textron Canada

Après une brève présentation de l'histoire et des produits de Bell Helicopter Textron Canada Ltée, un survol de la démographie de l'entreprise permettra de mieux comprendre le niveau de qualification typique de l'ingénieur pour l'industrie d'aéronef à décollage vertical. Par la suite, nous passerons en revue les rôles et les expertises requises dans l'industrie afin d'identifier les compétences et spécialités de l'ingénieur aéronautique. Nous porterons, pour conclure, un regard sur l'avenir en identifiant les défis de l'industrie, les tendances du futur ainsi que les qualifications de l'ingénieur de demain.

Les besoins en systèmes avioniques et en simulation

Patrick Champagne, Vice-président, Ingénierie
Esterline CMC Électronique

Cette présentation portera tout d'abord sur une description sommaire des secteurs avioniques, des logiciels embarqués, des simulateurs et autres équipementiers. Par le fait même, les enjeux spécifiques du domaine seront examinés de même que l'évolution de l'environnement (intégration accrue, normes en évolution, technologies plus complexes). Par la suite, les compétences-clés seront passées en revue, soit les normes de développement RTCA pour logiciel, le "firmware" et l'environnement, l'intégration et la certification de systèmes. Enfin, nous élaborerons sur les prévisions des besoins tels que l'estimé des besoins en compétences et en quantité du secteur.

L'Institut Aérospatial de Montréal

Hany Moustapha, Directeur, Programmes de technologie
Pratt & Whitney Canada

L'Institut Aérospatial de Montréal qui regroupe des étudiants du premier cycle du CIADI (Concordia), du ICIA (ETS) et de l'IICAP (Polytechnique Montréal) est une initiative pilotée par l'industrie aérospatiale. Ce partenariat entre l'industrie et le monde universitaire est orienté vers la formation des étudiants, afin de former une main-d'œuvre spécialisée et performante, ainsi que d'assurer une présence en milieu industriel sur les campus. Depuis 2002, la formation de l'Institut a assuré une pérennité au niveau des mesures de rendement, des cours de formation, du mentorat, du recrutement et du positionnement à l'international. Ultérieurement, l'Institut Aérospatial de Montréal aura pour mandat d'intégrer des étudiants du deuxième cycle et des écoles de commerce ainsi que de coopérer avec une pépinière d'entreprises.

Le rôle du CRIAQ dans la formation d'étudiants chercheurs

André Bazergui, Président-directeur général
Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ)

Depuis sa création en 2002, le CRIAQ a contribué au montage de plus de 45 projets de recherche dont 12 sont maintenant terminés avec succès et 6 impliquent des collaborations internationales. De plus, 40 nouveaux projets sont en préparation. Par leur nature collaborative, les projets du CRIAQ regroupent nécessairement des chercheurs des universités et des centres de recherche qui travaillent étroitement avec les spécialistes de l'industrie. Ensemble, ils encadrent plusieurs étudiants par projets, non seulement au niveau du doctorat et de la maîtrise mais aussi au niveau du baccalauréat grâce au Programme d'initiation la recherche du CRIAQ. La présentation couvrira les initiatives visant à attirer les meilleurs étudiants dans le monde de l'aérospatiale. On parlera aussi de l'aspect international et des occasions qui s'offrent à nos chercheurs, leurs partenaires industriels et leurs étudiants.

Avionneurs et motoristes

Robert Clive Fews, Directeur technologie
Bell Helicopter Textron Canada
Marius Paraschivoiu, Professeur associé, Département de génie mécanique et industriel
Université Concordia

L'atelier sur la formation au 1^{er} cycle lié aux avionneurs et aux motoristes offre une plateforme où les participants discuteront des qualifications nécessaires aux futurs ingénieurs et spécialistes en aéronautique. Premièrement, l'atelier va permettre d'identifier les besoins de l'industrie. Deuxièmement, le rôle de formation des universités et de l'industrie sera examiné. Troisièmement, les participants devront identifier les améliorations possibles à court et à long terme.

Formation en industrie

Hany Moustapha, Directeur, Programmes de technologie
Pratt & Whitney Canada
Fassi Kafyeke, Directeur, Technologies stratégiques, Conseiller principal, Ingénierie
Bombardier Aéronautique

Cette présentation offre un survol de la formation en industrie. Nous allons présenter une analyse des lacunes au niveau des compétences et qualifications. Nous allons également étudier les programmes d'enseignement en industrie conçus sur le modèle universitaire avec la contribution des experts en la matière. Les cours dispensés incluent des formations pour les formateurs ainsi que des cours de gestion de la planification de la relève pour les spécialistes et les généralistes. La formation professionnelle est la fondation du nouveau rôle grandissant de l'Institut Aérospatial de Montréal.

Systèmes avioniques et simulation

Ruxandra Botez, Professeure, Département de génie de la production automatisée
École de Technologie Supérieure
Philippe Molaret, Directeur technique et vice-président, Ingénierie et avionique
Thales Canada

Suite aux différentes présentations relatives au besoin en main-d'œuvre scientifique qualifiée, cet atelier propose un débat ouvert sur le thème de la formation de cette ressource : quels sont les besoins de formation au premier cycle en génie aérospatial? À l'issue de nos échanges, les discussions seront synthétisées dans la présentation de clôture du forum et serviront à élaborer un livre blanc sur la formation dans le domaine aéronautique.

Cycles supérieurs

Arun Misra, Professeur et directeur du département de génie mécanique
Université McGill
Peter Jarvis, Ingénieur en chef, Technologies de simulation civile
CAE

L'atelier sur la formation continue aux cycles supérieurs sera consacré aux programmes offerts par les universités de la région de Montréal au niveau maîtrise et doctorat. Cet atelier aura également comme objectif d'établir si ces programmes répondent aux besoins de l'industrie aéronautique locale. Enfin, des mesures seront proposées afin de réduire l'écart identifié pendant l'atelier, entre la formation offerte et les besoins de l'industrie.

Liste des tableaux et des figures

Tableaux

Tableau 1 : *Évolution des inscriptions dans les facultés et écoles de génie au Québec*
p. 5

Tableau 2 : *Nombre d'étudiants participants aux projets du CRIAQ*
p. 15

Figures

Figure 1 : *Variation des emplois en aérospatiale au Québec depuis 1979*
p. 4

Figure 2 : *Prévisions de main d'oeuvre des spécialistes en génie aérospatial des systèmes embarqués*
p. 5

Figure 3 : *Réservoir d'innovation*
p. 7

Figure 4 : *Transformation des procédés de travail de l'ingénieur*
p. 8

Figure 5 : *Nombre de diplômés en génie par pays*
p. 8

Figure 6 : *Évolution de la profession d'ingénieur*
p. 9

Figure 7 : *Évolution du nombre d'étudiants des instituts aérospatiaux de Montréal*
p. 15

Sigles et abréviations

ABET	Accreditation Board of Engineering and Technology
BMP	Bourse en milieu Pratique
CAMAQ	Comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale
CDIO	Conceive Design Implement Operate
CIADI	Concordia's Institute for Aerospace Design and Innovation
CIMGAS	Comité Industrie/universités sur la Maîtrise en Génie Aéronautique et Spatial
CNRC	Centre National de Recherche Canada
CRIAQ	Centre de Recherche et d'Innovation en Aérospatiale au Québec
CTFA	Centre des technologies de fabrication en aérospatiale
EMAS	Engineered Materials Arresting System
ÉNA	École Nationale d'Aérotechnique
EPM	École Polytechnique de Montréal
ÉTS	École de Technologie Supérieure
IAM	Institut Aérospatial de Montréal
ICIA	Institut de Conception et d'Innovation en aérospatiale (ÉTS)
IICAP	Institut d'Innovation et de Conception en Aérospatiale (École Polytechnique de Montréal)
IRA	Institut de recherche aérospatiale
IASC	Institut aéronautique et spatial du Canada
ITAR	International Traffic in Arms Regulations
NIAR	National Institute for Aviation Research
OEM	Original Equipment Manufacturer
PI	Propriété intellectuelle
PLM	Product Lifecycle Management
PME	Petite et Moyenne Entreprise
TIC	Technologie de l'Information et des Communications
UE	Union européenne

