

Évaluation périodique du programme de maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial

(Faculté des sciences et de génie)

- **Sommaire de l'évaluation**
- **Plan d'action du doyen**

Conseil universitaire du 19 mars 2015



SOMMAIRE DE L'ÉVALUATION

La maîtrise en génie aérospatial est un programme offert conjointement par six universités québécoises : École Polytechnique de Montréal, École de technologie supérieure, Université McGill, Université Concordia, Université de Sherbrooke et Université Laval. Le programme est géré par le Comité interuniversitaire de génie aérospatial (CIGA) qui regroupe les responsables du programme dans chacune des universités participantes, en étroite collaboration avec le Centre d'adaptation de la main-d'œuvre aérospatiale au Québec (CAMAQ).

L'Université Laval offre la maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial depuis 1992 (CU-92-71); ce programme est rattaché à la Faculté de sciences et de génie (FSG) et l'enseignement est sous la responsabilité du Département de génie mécanique. À l'automne 2014, le nombre d'étudiants inscrits au programme de maîtrise interuniversitaire de l'Université Laval était de 6. Ce programme se caractérise notamment par le fait que tout étudiant doit suivre des cours spécialisés dans deux autres universités partenaires et qu'une partie des études est réalisée à Montréal.

Un protocole d'entente interuniversitaire a été signé en 1990 et sera renouvelé dans la foulée de la présente évaluation. En 1997, une première évaluation du programme de maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial a été réalisée par le CAMAQ, mais il s'agit ici de la première évaluation périodique institutionnelle du programme.

Deux experts externes provenant de l'Université Carleton et de l'Université d'Ottawa ont rencontré les divers acteurs concernés par la maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial lors d'une visite effectuée à l'École Polytechnique de Montréal les 28 et 29 novembre 2013. Les experts externes ont transmis un rapport conjoint le 23 février 2014. Le Comité institutionnel d'évaluation des programmes (CIEP) et des membres du Vice-rectorat aux études et aux activités internationales (VREAI) se sont par la suite réunis à deux reprises, en mai et septembre 2014, afin de produire le rapport synthèse d'évaluation. Le CIEP a analysé tous les documents en sa possession afin de porter un jugement sur la pertinence et la qualité du programme : le dossier d'autoévaluation rédigé par le directeur du programme de l'Université Laval en collaboration avec les directions de programme de chacun des établissements, le rapport des experts externes ainsi que les résultats des consultations réalisées par le VREAI entre avril et mai 2012, et par le CAMAQ en novembre 2012.

Comme il s'agit d'un programme interuniversitaire, il a été convenu de rendre compte de la réalisation de la démarche d'évaluation périodique selon les procédures en vigueur dans chacun des établissements partenaires. Le CIGA, formé des directeurs de programme dans chacune des universités, sera responsable de donner suite au rapport des experts externes et d'en informer la direction de la FSG à laquelle le programme est rattaché, de même que le VREAI.

Forces du programme

Sur la base de l'analyse de la documentation disponible, le CIEP a identifié les forces suivantes :

- Le partenariat interuniversitaire pour offrir la formation;
- La participation du CAMAQ et de nombreuses industries œuvrant dans le domaine de l'aérospatial;
- La pertinence de la formation théorique et pratique (études de cas);
- La participation de nombreux professeurs spécialisés ainsi que la présence d'infrastructures et d'équipes de soutien dédiées.

Point ayant fait l'objet d'une recommandation à la direction de la FSG

Selon l'analyse du CIEP, le principal point à améliorer concerne la mise en place d'un comité de programme. Cet élément paraît suffisamment important pour justifier la recommandation suivante :

R1 Que l'on forme un comité de programme pour la maîtrise en génie aérospatial offerte à l'Université Laval.

Suggestions au CIGA

Sur la base des suggestions des experts externes, le CIEP propose d'examiner les points suivants :

- L'information concernant les cours offerts dans les diverses universités partenaires;
- L'utilisation accrue de moyens technologiques permettant une meilleure participation des étudiants à l'ensemble des activités du programme, incluant l'accès à distance aux études de cas;
- L'accès aux stages réalisés en industrie;
- Les moyens d'améliorer la diplomation;
- Le nombre d'étudiants admis en fonction de la capacité d'accueil.

PRINCIPALES ÉTAPES DE L'ÉVALUATION

- L'adoption par le CIGA d'un plan de travail incluant la répartition des tâches associées à la démarche d'évaluation périodique entre les six universités partenaires.
- La réalisation des consultations par le personnel de l'Université Laval auprès de l'ensemble des étudiants et des diplômés du programme des six universités partenaires, entre avril et mai 2012.
- La réalisation des consultations par le CAMAQ auprès des employeurs, en novembre 2012.
- La constitution du dossier d'autoévaluation, rédigé par le directeur du programme à l'Université Laval, en collaboration avec les directeurs de programme de chacun des établissements partenaires.

Les experts externes :

- M. François Robitaille, Ph. D., ing., Université d'Ottawa
- M. Jurek Z. Sasiadek, Ph. D., P. Eng., Carleton University
- Le dossier d'autoévaluation a été transmis pour examen aux évaluateurs externes le 15 novembre 2013.
- Les experts externes sont venus à l'École Polytechnique de Montréal les 28 et 29 novembre 2013. Au terme de leur visite, ces derniers ont présenté leurs constats aux directeurs de programme des universités partenaires. Les experts externes ont transmis leur rapport à ces derniers, le 23 février 2014.
- Les membres du CIGA ont été invités à faire part de leurs réactions au rapport des experts externes.
- Le Comité institutionnel d'évaluation des programmes a transmis en octobre 2014 son rapport synthèse d'évaluation au vice-recteur aux études et aux activités internationales qui l'a acheminé au doyen de la Faculté des sciences et de génie.
- Le doyen de la Faculté des sciences et de génie a transmis son plan d'action au vice-recteur aux études et aux activités internationales en février 2015.
- Le rapport d'évaluation et le plan d'action du doyen ont fait l'objet d'une présentation au Conseil universitaire du 19 mars 2015.

PLAN D'ACTION DU DOYEN

Évaluation périodique
de la maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial

PLAN D'ACTION DU DOYEN

présenté au
vice-recteur aux études et aux activités
internationales

4 mars 2015



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des sciences et de génie

Programme de maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial

Le 29 octobre 2014, le vice-recteur aux études et aux activités internationales a transmis au doyen de la Faculté des sciences et de génie (FSG) le rapport d'évaluation du programme de maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial préparé par le Comité institutionnel d'évaluation des programmes.

Tel que le prévoit la procédure d'évaluation de programme de l'Université Laval, le présent document dresse un bilan de la situation et présente les différentes actions qui permettront d'assurer la qualité dudit programme.

La maîtrise en génie aérospatial est un programme offert conjointement par six universités québécoises : École Polytechnique de Montréal, École de technologie supérieure, Université McGill, Université Concordia, Université de Sherbrooke et Université Laval. Le programme est géré par le Comité interuniversitaire de génie aérospatial (CIGA) qui regroupe les responsables du programme dans chacune des universités participantes, en étroite collaboration avec le Centre d'adaptation de la main-d'œuvre aérospatiale au Québec (CAMAQ).

Ce programme interuniversitaire est régulièrement actualisé avec le concours des partenaires industriels, pour répondre aux besoins en main-d'œuvre hautement qualifiée de l'industrie. De septembre 2009 à mai 2010, un sous-groupe du Comité de coordination industries-universités de la maîtrise en génie aéronautique et spatial (CIMGAS) a été constitué et s'est réuni à plusieurs reprises pour élaborer une vision prospective des transformations envisagées pour le programme conjoint de maîtrise en génie aérospatial pour l'horizon 2020.

L'Université Laval offre la maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial depuis 1992 (CU-92-71). Un protocole d'entente entre les partenaires a été signé en 1990 et sera renouvelé dans la foulée de la présente évaluation. En 1997, une première évaluation du programme de maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial a été réalisée par le Centre d'adaptation de la main-d'œuvre aérospatiale du Québec (CAMAQ). Par contre le présent plan d'action résulte de la première évaluation périodique institutionnelle du programme.

État de la discipline

Le génie aérospatial est une branche importante de l'ingénierie qui s'occupe de recherche, conception, développement, construction, essais et sciences et technologie de l'aéronautique et de l'astronautique. Il est divisé en deux grandes branches interreliées que sont le génie aéronautique et le génie astronautique. Tandis que l'aéronautique traite des aéronefs qui opèrent dans l'atmosphère terrestre, l'astronautique s'intéresse quant à elle aux engins spatiaux opérant en dehors de l'atmosphère de la Terre.

Même si on s'entend pour retracer la genèse de ce domaine de l'ingénierie à la période des pionniers de l'aviation moderne de la fin du 19^e et du début du 20^e siècle, il importe de souligner que les travaux de Sir George Cayley ont été effectués pendant la dernière décennie du 18^e jusqu'au milieu du 19^e siècle. On lui doit notamment d'avoir été le premier à séparer les forces de portance et de traînée qui agissent sur tout véhicule volant.

Les premières constructions aéronautiques étaient basées sur des connaissances en grande partie empiriques appuyées seulement par un peu de principes et de savoir-faire importés d'autres branches de l'ingénierie. Mais au fil du temps ces branches ont bonifié largement le génie aéronautique pour en faire aujourd'hui une branche fondamentalement multidisciplinaire s'appuyant sur des connaissances puisées de l'aérodynamique, la propulsion, l'avionique, la science des matériaux, l'analyse structurale et la fabrication. Cependant certains éléments clés du génie aéronautique, comme la dynamique des fluides ont été compris par les scientifiques dès le 18^e siècle. Le développement du génie aéronautique a véritablement pris son envol après les vols réussis des frères Wright notamment au moment de la conception et de la production d'avions militaires pendant la Première Guerre mondiale. À l'époque le terme consacré pour définir ce secteur d'activité était le génie aéronautique. Par la suite, avec les avancées technologiques qui ont favorisé la construction d'engins opérants dans l'espace extraterrestre, la définition plus inclusive de génie aérospatial a été adoptée. Elle est encore celle couramment utilisée de nos jours. La première définition du terme génie aérospatial est apparue en février 1958. Cette définition considérait l'atmosphère de la Terre et de l'espace extraterrestre comme un domaine unique. Le mot aérospatial, nouvellement forgé, fait écho à la fois des mots aéronefs (aéro) et véhicule spatial (spatial).

En réponse au lancement par l'URSS du premier satellite, Spoutnik, dans l'espace, le 4 octobre 1957, les ingénieurs de l'aérospatiale des États-Unis ont lancé le premier satellite américain le 31 janvier 1958. La *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) a été fondée en 1958 en réponse à la « guerre froide ». Fondée par des pionniers rêveurs tels que le savant russe K. Tsiolkovski, cette discipline a atteint sa maturité avec le lancement du premier satellite artificiel, du premier homme dans l'espace et des missions lunaires.

Plus récemment, les progrès de l'informatique ont permis l'utilisation de la dynamique des fluides computationnelle pour simuler le comportement d'un fluide, réduisant le temps et les dépenses consacrés à des essais en soufflerie. En 1995, le Boeing-777 fut produit entièrement en utilisant les techniques de la conception mécanique et de l'ingénierie assistée par ordinateur. En 1996-1998, un programme de recherche conjoint américano-russe a été lancé pour développer un avion de transport supersonique de seconde génération pour le 21^e siècle.

Des développements récents visant une amélioration substantielle en économie de carburant avec augmentation de la distance franchissable, le tout conjugué avec des normes sévères de protection de l'environnement ont accru l'intérêt pour l'utilisation de matériaux légers et durables comme les composites performants dans les structures primaires travaillantes. Une volonté de plus en plus forte particulièrement dans le domaine de l'aéronautique est de minimiser le recours aux essais dans le processus de conception industrielle et de les remplacer par des simulations, ou essais virtuels (*Virtual Testing*). Un des enjeux associés au "virtual testing", en mécanique des matériaux et

des structures, est la prévision de l'endommagement et de la rupture, à la fois en statique et en dynamique. Ceci est d'autant plus vrai pour les matériaux composites qui possèdent une diversité d'architectures structurales et une multiplicité de matériaux de base qui rendent la réalisation de campagnes d'essais très lourde et très coûteuse.

Les véhicules volants sont soumis à des conditions environnementales sévères telles que les changements brusques de pression atmosphérique et de température venant s'ajouter aux charges structurales déjà importantes sur différents composants du véhicule. Par conséquent, ces systèmes volants résultent d'une collaboration entre diverses disciplines scientifiques et technologiques dont l'aérodynamique, la propulsion, l'avionique, la science des matériaux, l'analyse structurale et la fabrication. L'interaction entre ces technologies est connue comme le génie aérospatial. En raison de la complexité et du nombre de disciplines impliquées, la pratique du génie aérospatial se fait par équipes d'ingénieurs de plusieurs domaines d'expertise.

Aujourd'hui les industries performantes en ingénierie aérospatiale doivent disposer d'un réseau d'ingénieurs aux compétences complémentaires qui travaillent à résoudre des problématiques transversales en recourant à l'**aérodynamique** tant expérimentale que computationnelle en rapport avec les technologies de l'optimisation multidisciplinaire; à l'**énergétique** en rapport avec les nouveaux systèmes propulsifs, les écoulements réactifs et les combustibles et matériaux énergétiques; aux **matériaux et structures** en rapport avec la résistance et la conception des structures tenant compte des microstructures matérielles (métalliques, réfractaires, composites), les systèmes et structures intelligents et les techniques numériques et expérimentales de prédiction de l'endommagement et ruines des structures; au **traitement de l'information et systèmes** en rapport avec les différents systèmes de traitement des données, la conduite de projet et la prise de décision, l'avionique et l'intelligence embarquée; à la **physique** en rapport avec les capteurs à hautes performances, les environnements aéronautique et spatial, l'optique et la photonique et les radars; et enfin aux **innovations** en rapport avec les plasmas, les nanomatériaux et les microtechnologies ainsi que les matériaux fonctionnels.

Aujourd'hui, les recherches en aérospatiale se concrétisent en innovations au bénéfice de l'industrie. Elles contribuent à répondre aux enjeux sociétaux tels que la lutte contre les émissions polluantes; la lutte contre les nuisances sonores sous l'angle de la gêne au voisinage des aéroports; le contrôle actif de la vibration des aéronefs dans le cadre de programme tel que *Clean Sky* (réduction des contraintes subies par les avions lorsqu'ils traversent une turbulence); la protection contre la foudre pour les nouveaux matériaux composites dont la part ne cesse de croître dans les avions modernes; l'insertion des drones dans le trafic aérien ; l'exploitation des souffleries pour évaluer les ruptures technologiques afin d'aider les industriels dans la prise de décision (données aérodynamiques déterminent la forme, les performances, les qualités de vol, les marges de sécurité et les niveaux de bruit et réduisent les incertitudes avant le premier vol) et pour répondre à des besoins différents allant du subsonique à l'hypersonique; enfin la compétitivité globale et la protection de l'environnement (une grande partie des activités visent à réduire l'empreinte environnementale des avions civils).

Le développement et la fabrication d'un véhicule volant moderne reposent sur un processus extrêmement complexe qui exige un juste équilibre et des compromis entre un savoir-faire, la conception, la technologie disponible et les coûts. Les ingénieurs en aérospatiale conçoivent, testent et supervisent la fabrication d'avions, de vaisseaux

spatiaux et de missiles. Ils développent les nouvelles technologies utilisables en aviation, en systèmes de défense et dans l'espace.

Sommaire de l'évaluation

L'examen du dossier d'autoévaluation, des résultats des consultations auprès des étudiants, des professeurs, des diplômés et des employeurs ainsi que du rapport des experts externes a amené le Comité institutionnel d'évaluation des programmes à faire les constats suivants :

Forces du programme :

- Le partenariat interuniversitaire pour offrir la formation;
- La participation du CAMAQ et de nombreuses industries œuvrant dans le domaine de l'aérospatial;
- La pertinence de la formation théorique et pratique (études de cas);
- La participation de nombreux professeurs spécialisés ainsi que la présence d'infrastructures et d'équipes de soutien dédiées.

Point ayant fait l'objet d'une recommandation à la direction de la FSG :

- Que l'on forme un comité de programme pour la maîtrise en génie aérospatial offerte à l'Université Laval.

Autres points

Sur la base des suggestions des experts externes, le Comité institutionnel d'évaluation des programmes propose au Comité interuniversitaire de génie aérospatial d'examiner les points suivants :

- L'information concernant les cours offerts dans les diverses universités partenaires;
- L'utilisation accrue de moyens technologiques permettant une meilleure participation des étudiants à l'ensemble des activités du programme, incluant l'accès à distance aux études de cas;
- L'accès aux stages réalisés en industrie;
- Les moyens d'améliorer la diplomation;
- Le nombre d'étudiants admis en fonction de la capacité d'accueil.

Comme ses suggestions ne s'adressent pas uniquement aux intervenants du Département de génie mécanique de l'Université Laval auquel est rattaché le programme de maîtrise en génie aérospatial, elles seront discutées entre les partenaires du comité interuniversitaire. Par ailleurs, le présent plan d'action présente des pistes d'action qui pourront être débattues.

Remerciements

À la suite de l'examen du rapport d'autoévaluation, des consultations auprès des étudiants, des diplômés, des professeurs et des employeurs de même que du rapport des experts externes et du Comité institutionnel d'évaluation des programmes, la direction de la Faculté tient à remercier sincèrement tous ceux et celles qui ont participé à cet important exercice d'évaluation périodique des programmes. Nous saluons en particulier le travail de tous les artisans du Département de génie mécanique et du Comité interuniversitaire de génie aérospatial (CIGA) impliqués, soit dans le processus d'évaluation, soit dans l'offre du programme de maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial.

Les recommandations [R] et les actions proposées [A]

Une seule recommandation a été proposée par le Comité institutionnel d'évaluation des programmes. Les actions proposées dans ce document devraient pouvoir être réalisées d'ici le début de l'année académique 2015-2016.

- R-1** Que l'on forme un comité de programme pour la maîtrise en génie aérospatial offerte à l'Université Laval.
- A-1.1 le comité de programme sera créé à l'automne 2015;
- A-1.2 le comité de programme sera composé du responsable de programme de la maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial, d'un professeur et d'un étudiant inscrit au programme.

Pistes d'action proposées par le responsable du programme à l'Université Laval au Comité interuniversitaire de génie aérospatial en réponse aux suggestions proposées par le CIEP :

- S-1** Examiner l'utilisation accrue de moyens technologiques permettant une meilleure participation des étudiants à l'ensemble des activités du programme, incluant l'accès à distance aux études de cas.
- A-S.1 *Que le CIGA explore l'opportunité et la faisabilité d'offrir des cours à distance.*
- S-2** Examiner le nombre d'étudiants admis en fonction de la capacité d'accueil.
- A-S.2 (*action exclusive à l'Université Laval*) Que le responsable du programme à la maîtrise interuniversitaire en génie aérospatial discute avec la Directrice du développement, des communications et de la philanthropie de la Faculté des sciences et de génie pour explorer les différentes avenues afin de promouvoir ledit

programme auprès des étudiants de premier cycle et ainsi favoriser le recrutement à l'interne.

Tableau synthèse : Échéancier et responsable de la mise en œuvre des actions

Action proposée	Échéancier (session)	Responsable à l'UL *
A-1.1. Créer le comité de programme.	A-2015	Responsable de programme.
A-S.1. Proposer au CIGA d'explorer l'opportunité et la faisabilité d'offrir des cours à distance.	Prochaine réunion du CIGA.	Responsable de programme.
A-S.2. Discuter avec la Directrice du développement, des communications et de la philanthropie de la Faculté des sciences et de génie pour explorer les différentes avenues afin de promouvoir ledit programme auprès des étudiants de premier cycle et ainsi favoriser le recrutement à l'interne.	E-2015	Responsable de programme.