



2019

RAPPORT
ANNUEL



TABLE DES MATIÈRES

Mot du président	02
Mot de la directrice	03
Faits saillants	04
À propos du Regroupement	05
Aperçu du comité gains environnementaux	07
Aperçu du comité d'audit	08
SA²GE, phase 2 – sous-projets	
Fuselage avancé respectueux de l'environnement (FARE)	09
Solutions de formation synthétique et virtuelle pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (SimÉco 4.0)	12
Avionique modulaire intégrée pour éconavigation (AMI-Éconav)	15
Contrôle critique intégré multi-applications (COCIMA)	17
Modules photoniques compacts pour systèmes de navigation et de communication aéroportés (AéroP)	20
SA²GE, phase 3 – sous-projets	
Propulsion pour des opérations urbaines sécuritaires, silencieuses, écologiques et efficaces (POUSSÉE)	23
Aile intelligente et légère pour l'environnement (AILE)	25
Avionique modulaire intégrée pour éconavigation (ecoNav-3)	27
Modules photoniques compacts haute fiabilité pour systèmes de navigation et de communication aéroportés	29
Conseil d'administration	31



La croissance de l'aviation s'accélère depuis plusieurs années, grâce, entre autres, à la diminution des prix, à une augmentation du nombre de liaisons, ainsi qu'à une plus grande mobilité des populations. Si cette nouvelle est excellente pour les passagers et l'industrie, elle l'est moins pour le climat qui subit la croissance des émissions de CO₂. Si ces émissions provenant de l'aviation étaient comparées à celles d'un pays, l'aviation se classerait au 6^e rang mondial, entre le Japon et l'Allemagne¹. L'industrie aérospatiale n'est pas insensible à l'impact environnemental de ses activités, puisque celui-ci influe également sur les coûts et l'expérience de transport.

Notre regroupement y voit une motivation à utiliser les champs d'expertise du Québec afin de réduire l'empreinte environnementale de l'industrie aérospatiale. Depuis 2011, par l'entremise de SA²GE, celle-ci se dote d'un pôle majeur d'expertise fortement axé sur la performance environnementale des aéronefs.

Le lancement d'une phase 3 de SA²GE, avant même la fin de la phase 2, renforcera ce pôle en favorisant la continuité des projets et des équipes, ainsi que la constitution de réseaux de recherche collaborative impliquant les meilleures ressources industrielles de grandes et petites entreprises, des universités et celles des centres de recherche québécois. En entérinant la phase 3 du projet, le gouvernement du Québec a pris une mesure importante pour réaliser sa vision à long terme : la stratégie aérospatiale 2016-2026.

Ce troisième rapport de SA²GE, depuis le début de la phase 2, vous donnera un aperçu de l'évolution des projets de la phase 2 ainsi que du démarrage des projets de la phase 3 au cours de l'année écoulée.

La phase 2 a vu la maximisation des efforts favorisant la collaboration et la mobilisation d'un maximum d'employés, de PME, d'universités et de centres de recherche pour amener les technologies à un niveau plus mature. Les avancées sont toutes plus intéressantes les unes que les autres et mèneront à une diminution réelle des émissions de gaz à effet de serre émis par les aéronefs au cours des prochaines années.

La phase 3 nous mène d'un pas résolu vers le futur avec la propulsion de taxis aériens; de nouvelles fonctions de navigation pour tendre vers le vol parfait; une aile d'avion plus efficace qui s'inspire de la nature; ainsi que des modules photoniques haut débit aptes à générer de nouvelles technologies pour le transport des signaux en vue du traitement. Je suis très heureux de constater que plusieurs PME s'impliquent depuis le début de cette phase. Leur collaboration, dans un contexte d'innovation ouverte, favorisera la synergie vers le développement de solutions plus environnementales.

Il s'agit de ma première année à titre de président du Regroupement; c'est un honneur de présider un organisme qui compte déjà tant de réalisations sous la présidence de Fassi Kafyeke. J'en profite pour souligner le soutien et la très grande qualité des représentants industriels, universitaires et gouvernementaux qui contribuent à la pertinence des réalisations, à la reddition de comptes et à la rencontre des objectifs.

Ghislain Lafrance

Président du conseil d'administration

Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique

Vice-président, Commercialisation et technologies, TeraXion

¹<https://www.carbonbrief.org/corsia-un-plan-to-offset-growth-in-aviation-emissions-after-2020>



L'année fut des plus effervescentes pour les projets mobilisateurs de l'avion plus écologique (SA²GE).

En cours d'année, les jalons de la phase 3 ont été posés. Nous avons coordonné l'entente de partenariat entre les industriels ainsi que la convention légale entre le Regroupement et le ministère. La structure administrative du Regroupement a été revue ainsi que son conseil d'administration afin d'intégrer les deux phases, tout en préservant une administration légère. Le 22 février 2019, nous participions à l'annonce officielle du projet de phase 3.

Pour ce qui est de la phase 2, l'année fut très intense en activités, en mobilisations et en dépenses. Les sous-projets sont en voie d'atteindre les objectifs initiaux qu'ils s'étaient fixés.

Les partenaires ont produit deux rapports semestriels faisant le tour des points suivis par l'organisme SA²GE et par les mandataires du ministère de l'Économie et de l'Innovation ainsi que leurs collaborateurs au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, responsable du Fonds Vert. Il s'agit du suivi des dépenses en lien avec les prévisions budgétaires, du suivi des activités en fonction des plans de travail soumis et enfin du respect des objectifs technologiques, environnementaux et mobilisateurs.

L'année fut aussi marquée par des visites en entreprise, une excellente occasion de voir les avancées présentées dans les rapports et de constater l'enthousiasme que génèrent les activités réalisées dans le cadre de SA²GE auprès des équipes.

Cette même journée du 22 février, le comité gains environnementaux de SA²GE, en collaboration avec Aéro Montréal et le CRIAQ, organisait dans les bureaux de Norton Rose une matinée de formation portant sur le thème «L'écoconception, moteur d'innovation pour les organisations». Une cinquantaine de personnes y ont participé. À cette occasion, Bombardier animait un exercice d'écoconception très apprécié des participants qui, regroupés en petites équipes, avaient la mission d'améliorer un produit.

L'équipe de SA²GE est heureuse de contribuer à un tel projet où l'esprit de collaboration propulse l'innovation.

Dominique Sauvé,

Directrice

Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique

Présidente, IO DS

FAITS SAILLANTS

PHASE 2

PHASE 3

1^{ER} DÉCEMBRE 2015
LANCEMENT DE LA 2^E PHASE

5 SOUS-PROJETS

31 MARS 2020
FIN DE LA 2^E PHASE

5 PARTENAIRES PRINCIPAUX

5 ANS ET TROIS MOIS POUR
RÉALISER LA PHASE 2

18 PME MOBILISÉES

93 M\$

13 CENTRES DE RECHERCHE

D'ENVERGURE DONT 53 M\$
PROVENANT DE L'INDUSTRIE ET
40 M\$ PROVENANT DU MEI* ET
DU FONDS VERT, SOUS LA
RESPONSABILITÉ DU MELCC**

7 UNIVERSITÉS

* MEI - Ministère de l'Économie et de l'Innovation

** MELCC - Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

1^{ER} AOÛT 2018 LANCEMENT
DE LA 3^E PHASE

4 PARTENAIRES PRINCIPAUX

31 MARS 2021
FIN DE LA 3^E PHASE

5 COLLABORATEURS

3 ANS ET 8 MOIS POUR
RÉALISER LA PHASE 3

4 PME DÉJÀ MOBILISÉES

52,2 M\$

2 CENTRES DE RECHERCHE

D'ENVERGURE DONT 25 M\$ PROVENANT DE
L'INDUSTRIE ET 25 M\$ PROVENANT DU
MEI

4 SOUS-PROJETS

5 UNIVERSITÉS

Le Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique est un organisme sans but lucratif qui a pour mission de faciliter le développement de technologies plus intelligentes, performantes et efficaces, contribuant à la réduction de l'empreinte environnementale du secteur aéronautique.

Il administre, depuis 2010, le projet SA²GE (pour Systèmes aéronautiques d'avant-garde pour l'environnement). Les membres du Regroupement sont des représentants de l'industrie, de diverses institutions et des gouvernements provincial et fédéral.

Le Regroupement a pour vision de maintenir la place concurrentielle du Québec dans un marché aéronautique mondial en pleine mutation – par l'entremise d'activités de recherche et de développement – en regard des nouvelles réglementations environnementales dans la lutte contre les changements climatiques.

LE PROJET SA²GE

Toutes les phases du projet mobilisateur SA²GE ont comme objectif de mettre en œuvre la vision du Regroupement. Elles s'inscrivent dans la continuité des grands projets mobilisateurs du Québec.

PHASE 1

Le projet SA²GE a été mis en place en 2010 par le gouvernement dans le cadre de la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation. La première phase s'est déroulée de 2010 à 2015 et a impliqué au Québec 6 grandes entreprises, 28 PME ainsi que 16 universités et centres de recherche.

PHASE 2

La phase 2 du projet a été officiellement lancée le 6 octobre 2016, à l'issue d'un appel à projets mené par le gouvernement du Québec à la fin de 2015.

Bombardier, CAE, CMC Électronique, TeraXion et Thales Canada réaliseront, d'ici mars 2020, une série d'initiatives stratégiques mobilisant des PME, des universités et des centres de recherche québécois. Chacune à la tête d'un sous-projet, ces entreprises développent des solutions

novatrices dans les domaines de la fabrication, de l'avionique, de l'optique et de l'analyse de mégadonnées. Tous les sous-projets seront amenés au stade de démonstrateurs technologiques.

La deuxième phase totalise 93 millions de dollars en dépenses admissibles à une subvention de 40 millions de dollars du gouvernement du Québec (22,5 millions de dollars provenant du ministère de l'Économie et de l'Innovation et 17,5 millions de dollars provenant du Fonds vert).

PHASE 3

Dans la continuité des précédentes phases de SA²GE, le gouvernement a lancé un appel à projets au printemps 2018. Quatre sous-projets, conduits par Bell Helicopter Textron Canada, Bombardier, CMC Électronique et Teraxion, ont été retenus. En étroite collaboration avec ces quatre entreprises, cinq autres participeront en tant que collaborateurs aux sous-projets auxquels s'ajouteront de nouvelles PME, universités et centres de recherche mobilisés.

Quelque 25 millions de dollars ont été accordés par le ministère de l'Économie et de l'Innovation pour soutenir ces sous-projets totalisant des investissements de 50 millions de dollars de la part des entreprises. Les travaux de la troisième phase ont commencé le 1^{er} août 2018 et se termineront le 31 mars 2021.

La phase 3 de SA²GE chevauche la phase 2 toujours en cours.

La croissance forte du secteur – 6,7 % des passagers-kilomètres payants en 2018 – suscite des interventions pour réduire l'empreinte écologique de l'aviation. L'OACI a démarré, le 1^{er} janvier 2019, le projet pilote CORSIA, un programme de compensation et de réduction de carbone pour l'aviation internationale. Quelque 80 pays participent volontairement¹. Dès janvier 2025, leurs exploitants d'aéronefs devront acquérir et retirer le nombre d'unités d'émissions correspondant à leur obligation de compensation pour chaque période de conformité. La mise en place de ce programme incitera les exploitants à optimiser leurs flottes et leurs opérations pour minimiser leur empreinte de CO₂.

Au 12 mai 2019, source IATA :

¹<https://www.iata.org/policy/environment/Documents/corsia-factsheet-carbon-pricing.pdf>

Québec

PME indépendante assurant la gestion de l'organisme sans but lucratif

REGROUPEMENT POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AVION PLUS ÉCOLOGIQUE

BOMBARDIER

- Fuselage avancé respectueux de l'environnement

CAE

- SimÉco 4.0

Esterline
CMC Électronique

- Avionique modulaire intégrée pour éconavigation

TeraXion

- Modules photoniques compacts pour systèmes de communication et de navigation aéroportés

THALES
BOMBARDIER

- Contrôleur critique intégré multi-application

SA²GE-2

PME, universités et centres de recherche mobilisés

BELL
Une société de Textron

- Propulsion pour des opérations urbaines, sécuritaires, silencieuses, écologiques et efficaces

BOMBARDIER

- Aile intelligente et légère pour l'environnement

Exonetik FUSIA

STELIA THALES

Esterline
CMC Électronique

- Avionique Modulaire Intégrée pour éconavigation

marinvent

TeraXion

- Modules photoniques compacts haute fiabilité pour systèmes de navigation et de communication aéroportés

SA²GE-3

PME, universités et centres de recherche mobilisés



Mme Kahina Oudjehani

Chef en Écoconception et Affaires environnementales chez Bombardier

Présidente du comité gains environnementaux

RAPPEL DU MANDAT

Dans un esprit collaboratif, le comité gains environnementaux a été créé afin de démontrer les gains environnementaux du projet mobilisateur SA²GE. Il s'est donné les mandats suivants :

- établir une base de référence selon ISO 14064;
- partager au sein de ses membres les méthodes d'analyse employées et contribuer à leur évolution;
- soutenir les travaux individuels des partenaires ayant un projet actif et contribuer à la qualité des livrables;
- soutenir l'organisme dans la production de ses livrables propres;
- contribuer à l'émergence d'une vision environnementale pour le secteur aéronautique québécois;
- contribuer au rayonnement du projet SA²GE.

AVANCEMENT DES TRAVAUX EN 2018-2019

- Progression des accompagnements personnalisés des partenaires industriels de la phase 2, malgré la pénurie de personnel qui ralentit les travaux de certains partenaires;
- Poursuite des discussions concernant une plateforme d'intégration commune;
- Recherche de soumissionnaires en vue de l'audit environnemental prévu à la fin de la phase 2 du projet;
- Formations données à des équipes de projet chez divers partenaires;
- Début de l'intégration de la phase 3 de SAGE et de ses quatre nouveaux sous-projets dans les travaux du comité;
- Mise en œuvre d'un atelier de formation sur la thématique « Comment appliquer l'écoconception intégrée au sein des entreprises pour générer de la valeur, réduire les coûts et respecter l'environnement » : 72 inscriptions, 53 participants dont 14 étudiants, 17 attestations de formation émises.
- Discussions sur l'intégration des collaborateurs des partenaires de la phase 3 au comité.



Participants lors de l'atelier sur l'écoconception le 22 février 2019.

RAPPEL DU MANDAT

Le comité d'audit est constitué par le conseil d'administration du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique et a pour mandat d'aider le conseil d'administration à remplir ses fonctions de surveillance à l'égard de la présentation de l'information financière, des activités d'audit externe, ainsi que de la gestion des risques et des contrôles internes de SA²GE.

Les membres du comité d'audit pour l'année se terminant le 31 mars 2019 sont représentés par :



Mme Suzanne Benoit

Présidente-directrice générale d'Aéro-Montréal, qui agit en tant que présidente du comité d'audit depuis novembre 2016



M. Houssam Alaouie

Directeur, Programmes de recherche et développement et relations avec les institutions d'enseignement supérieur, CAE



M. Michel Dion

Directeur, Innovation, Bell Helicopter Textron Canada Limitée (BHTCL), à compter de septembre 2018, en remplacement de M. Ghislain Lafrance, vice-président, Commercialisation et Veille technologique, TeraXion

PRINCIPALES ACTIVITÉS RÉALISÉES POUR L'ANNÉE 2018-2019 PAR LE COMITÉ

- Cinq (5) rencontres du comité;
- Analyse et révision trimestrielle des états financiers;
- Intégration budgétaire de la phase 3;
- Analyse et révision des états financiers audités et recommandation au conseil d'administration;
- Élaboration et mise en œuvre de moyens pour remédier aux problèmes de liquidités de l'organisme dont notamment un investissement à court terme sous forme de placement;
- Rapport semestriel au conseil d'administration.

ÉVALUATION GLOBALE

Tous les membres sont satisfaits de l'efficacité du comité et considèrent avoir rempli leurs fonctions de surveillance à l'égard de la présentation de l'information des activités d'audit externe ainsi que de la gestion des risques et des différentes discussions concernant les contrôles internes. Les membres du comité soulignent la complémentarité des compétences de chacun et la grande ouverture de discussion. De plus, le comité désire souligner la qualité et la grande collaboration de l'équipe du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique.

BOMBARDIER

TROIS PROTOTYPES ET DES TECHNOLOGIES MANUFACTURIÈRES

Le sous-projet FARE vise le développement de technologies permettant, pour les structures d'avion en matériaux composites et métalliques, une réduction du poids et une plus grande efficacité de fabrication ainsi qu'une réduction de l'émission de gaz à effet de serre (GES).

Trois piliers environnementaux, soient l'intégration de matériaux plus respectueux de l'environnement, la diminution des rejets de fabrication et le recyclage, sont au cœur de toutes les activités.

Le projet s'articule autour des technologies manufacturières et de trois prototypes principaux, à savoir un fuselage arrière (composite et métallique), une porte cargo (composite et métallique) et un panneau de fuselage (métallique). L'année 2016-2017 a permis de commencer l'étude de technologies manufacturières ainsi qu'une étude sur une pièce du fuselage arrière. Les projets ayant été amorcés en 2017-2018, les premières réalisations et les premiers résultats ont été obtenus en 2018-2019.

AVANCEMENT 2018-2019

DÉMONSTRATEUR FUSELAGE ARRIÈRE

De façon à mettre la priorité aux bons endroits, Bombardier a déterminé les faiblesses des procédés actuels, par exemple celles du placement de fibre automatisé et de l'usinage chimique.

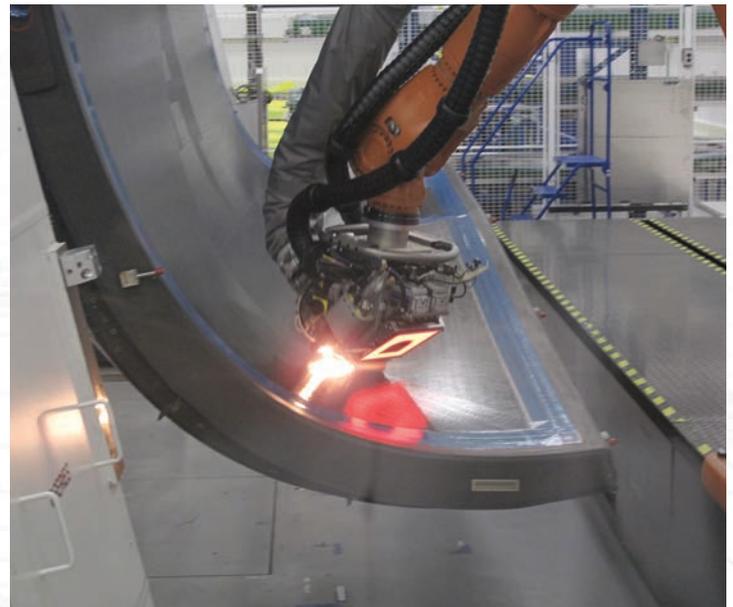
Conséquemment aux revues avec des experts internes, le concept d'une nouvelle structure proposée pour le fuselage arrière a été défini. Cette structure servira à démontrer les bonnes pratiques et les pratiques innovantes (applicables aux technologies de placement de fibre, de co-collage et de thermoplastique, entre autres).

Ainsi, grâce au travail de conception détaillée réalisé en 2018, les premières pièces du prototype ont été fabriquées et livrées. En parallèle, le travail se poursuit pour les pièces utilisant des technologies plus novatrices.

Différentes nouvelles solutions technologiques de fabrication composite automatisée ont été testées sur des structures représentatives. Les résultats devraient

permettre de choisir des technologies plus performantes qui réduiront la quantité de déchets produits.

Le développement de l'inspection en temps réel des pièces en composite fabriquées par placement de fibre se poursuit. Un prototype du système d'inspection a été installé et est en cours d'optimisation sur la base des résultats obtenus lors des premiers tests.



En parallèle, l'utilisation de la réalité augmentée pour faciliter le travail des inspecteurs Qualité a été testée et la solution technologique est sur le point d'être validée.

Un prototype de logiciel de traitement automatisé des données d'inspection ultrasonique a été développé et est actuellement testé. Plusieurs améliorations sont en élaboration et des discussions sont en cours avec certains clients pour un déploiement en production.

De plus, la solution technologique d'automatisation du drapage manuel des pièces d'aérostructures a été testée avec succès sur une pièce simple. La validation de la qualité et la mise en place des prochaines étapes sont en cours.

Enfin, plusieurs activités progressent pour quantifier l'impact des défauts et ainsi réduire la quantité de déchets produits lors de la fabrication des pièces.

DÉMONSTRATEUR PORTE CARGO

Ce prototype sera intégré dans le principal (fuselage arrière) pour être testé. À la suite de la revue des défis technologiques, un concept innovant combinant pièces métalliques et en composite a été sélectionné. En particulier, ce concept nécessite le développement de nouvelles méthodes de fabrication de pièces en composite dont une a fait l'objet d'un dépôt de brevet. Plusieurs composantes ont d'ores et déjà été conçues, fabriquées et reçues.

Ce prototype vise à prouver les performances techniques et commerciales d'une porte cargo en composite pour avion d'affaires, qui sera moins lourde et plus durable que les portes actuelles.

TECHNOLOGIES MANUFACTURIÈRES PLUS RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT

Au cours de l'année 2018, les projets visant l'élimination de substances telles que le chrome hexavalent continuent de progresser avec des avancements importants au niveau des traitements chimiques pour la protection des métaux. Les apprêts avec chromate ont aussi fait l'objet d'études préliminaires.

Pour certains de ces procédés améliorés, il sera possible pour les sous-traitants d'utiliser des procédés sans chrome hexavalent, donc de réduire l'achat de ces substances et de réduire les rejets réglementés aux effluents, la contamination de l'air et l'exposition des employés. Par exemple, pour un bassin de conversion chimique (protection de l'aluminium contre la corrosion), le procédé de remplacement éviterait l'utilisation d'environ 30 kg d'acide chromique par an à Bombardier Saint-Laurent. Ce type de bassin traite environ 25 % des pièces d'aluminium et est répandu chez de nombreux fournisseurs de pièces aéronautiques au Québec.

Pour certains des apprêts structuraux (réservoir à essence, collage), les travaux continuent. Plusieurs étapes seront encore nécessaires pour certifier ces produits.

Les autres activités ont couvert l'élimination de solvants halogénés utilisés pour le dégraissage des tubes et panneaux structuraux en nid d'abeille (collage structural). Le niveau de maturité a progressé et les certifications devraient être complétées à la fin de 2019. Finalement,

une nouvelle famille de substances réglementées a nécessité des actions, soit la présence d'éthoxylates de nonyl ou octyl-phénols dans plusieurs produits de colmatage. Une étude préliminaire a été réalisée, mais la majorité du travail sera effectué en 2019.

La mise au point des moules en composite respectueux de l'environnement continue de progresser. Les résultats de 2018 ont permis de déterminer une matière prometteuse qui sera utilisée pour un moule de grande dimension. Avec cette matière, la durée de vie des outillages pourrait doubler, réduisant ainsi significativement la quantité de déchets produits.

En parallèle, les activités ont continué en partenariat avec le Centre national de recherche du Canada pour minimiser les défauts générés par le drapage automatisé des pièces en composite. L'influence de plusieurs paramètres clés a été quantifiée, ce qui a permis de définir des stratégies de laminage innovantes et plus performantes. De plus, ces travaux permettent de réduire la quantité de déchets générés lors de la fabrication des pièces.

De plus, dans le but d'éliminer l'usinage chimique, des technologies de remplacement sont évaluées. En 2018, plusieurs panneaux de tests ont été fabriqués par usinage mécanique de panneaux minces, une technologie plus respectueuse de l'environnement.



La qualité de ces pièces devra être évaluée de manière à déterminer le travail nécessaire pour l'implémentation de cette technologie.

Enfin, une étude sur le potentiel des matériaux thermo-plastiques a été lancée. Ces matériaux entièrement

recyclables pourraient permettre à la fois de réduire le poids de l'avion et d'augmenter son taux de recyclabilité. Une pièce prototype pourrait être testée sur le prototype de fuselage arrière.

AVEC QUI ?

Le Centre Manufacturier de Saint-Laurent a conclu en 2018 de nombreuses ententes de collaboration avec des PME, des centres de recherche technologique et des universités.

Le projet de robotique collaborative avec Advanced Motion & Controls Québec, débuté en 2017, a été complété avec succès. Les performances démontrées ont convaincu Bombardier d'investir davantage dans cette technologie et une seconde phase qui pourrait faire intervenir d'autres PME locales est actuellement en discussion.

Pour la conception d'outillages innovants pour la fabrication de pièces en composite, trois partenaires ont été mobilisés, dont ATD Design & Manufacturing Services, une PME de Montréal, pour le projet de porte cargo en composite et Fibrotek Advanced Materials, une PME de Clermont, pour le projet de drapage automatisé des renforts de panneaux. De son côté, Loiretech Canada, une PME de Saint-Lin—Laurentides soutient l'élaboration de l'outillage du prototype de fuselage arrière. Cet outillage en particulier devrait permettre de démontrer l'utilisation de matériaux permettant d'augmenter la durée de vie des outillages.

HRT Industries, une PME de Saint-Eustache, a pris en charge la fabrication d'outillages prototypes et le développement de systèmes avancés de contrôle de la qualité lors du laminage automatisé des pièces en composite.

Du côté de la réalité augmentée, la solution proposée par OVA, une PME de Québec, est sur le point d'être déployée. Le projet sert de vitrine technologique et a permis d'identifier d'autres applications possibles pour la technologie, principalement au niveau du contrôle qualité.

Un projet de traitement de données massives a été initié avec Technologies de Transfert de Chaleur MAYA, une PME de Montréal. Ce projet vise à utiliser une approche innovante de science des données pour déterminer les

causes des défauts créés lors du laminage automatisé des pièces en composite et ainsi réduire la quantité de déchets créés.

Plusieurs autres PME sont impliquées dans des projets sur l'utilisation de nouvelles technologies comme l'impression 3D (Voxel Factory) et le traitement automatisé des résultats d'inspection non destructive (TD NDE).

Des discussions ont été engagées avec l'ÉTS concernant l'évaluation et le développement de nouvelles méthodes d'assemblage de pièces en composite.

Enfin, les projets réalisés dans le cadre des ententes conclues avec le Centre technologique en aérospatiale (CTA), Polytechnique Montréal, le Groupe CTT de Saint-Hyacinthe et le Centre national de recherche du Canada se poursuivent.

UNE PROCHAINE ANNÉE CHARNIÈRE

L'année 2019 sera celle des réalisations. La grande majorité des projets a été mise en place et l'objectif cette année sera de livrer les promesses ambitieuses qui permettront d'assembler et de tester en 2020 les trois prototypes principaux, ainsi que toutes les technologies de soutien.

L'effort de mobilisation sera maintenu pour satisfaire aux attentes du programme.

BILAN GLOBAL

Le sous-projet avait accumulé du retard, l'année 2018-2019 a permis de rattraper une partie de ce retard ainsi que d'assurer une cohérence et un avancement substantiel des activités. Des collaborations très intéressantes avec les entreprises locales ont pu également être amorcées.



NOUVELLE GÉNÉRATION DE TECHNOLOGIES DE FORMATION AU SOL

Le sous-projet de CAE, SimÉco 4.0, a pour objectif de développer une nouvelle génération de technologies de formation au sol de type SBF : (simulateur à base fixe) permettant le transfert des heures de formation en vol vers celles-ci. Pour CAE, ce projet vise également la création d'un nouveau modèle d'affaires où les coûts et la durée du cycle de développement et de formation seront réduits de façon considérable.

Au cours de l'année 2016-2017, l'architecture modulaire et générique du simulateur à base fixe SBF a défini les liens entre les sous-systèmes. En 2017-2018, nous avons déployé des efforts importants de recherche et de développement des sous-systèmes de nouvelles générations tels que le système de visualisation, l'environnement synthétique, le système de station d'instructeur, les technologies d'interconnexion et d'interopérabilité.

AVANCEMENTS 2018-2019

Nous avons poursuivi les efforts de développement sur divers aspects technologiques : système visuel, technologies de base de données, environnement synthétique, station d'instructeur et module d'interconnexion. Les activités recouvraient divers volets, par exemple la conception, le prototypage en laboratoire, la planification de tests, la formulation d'hypothèses de développement et la preuve de concept de sous-systèmes. Les concepts développés visent plusieurs avancements, tels que hausser la fidélité dans la simulation des environnements simulés et s'adapter dynamiquement à divers aspects des sessions de formation. Voici quelques exemples de réalisations accomplies au cours de l'année.

TECHNOLOGIE D'ENVIRONNEMENT SYNTHÉTIQUE

Développement d'un générateur d'image IG pour supporter divers formats de données, par exemple CDB 1.0, ainsi que pour permettre le traitement d'effets visuels complexes tels que les effets de transformation d'image, les effets dynamiques, etc. L'équipe a dû améliorer la performance du générateur IG pour permettre un rendement en temps réel. De plus, des efforts ont porté sur l'adaptation aux applications des formations ultra-dynamiques tels que zoom rapide, pagination fréquente, etc. Nous avons dû développer des solutions logicielles pour surmonter des contraintes d'architecture, d'équipement et de bande passante.

SYSTÈME DE GESTION DE FORMATION

Développement de solutions technologiques pour permettre l'agrégation de manière intuitive de données géographiques, météorologiques et de données spécifiques à la formation en temps réel. Le défi était d'offrir un haut niveau de paramétrisation par l'instructeur tout en maintenant une performance stable. Nous avons dû développer des solutions logicielles pour surmonter la capacité de traitement limitée. L'introduction de nouvelles interfaces pose des problèmes de facteurs humains dans la conception telle que l'intégration de diverses informations (ex. : données météorologiques, données de simulation, données géographiques, etc.) dans une interface centrale tout en maintenant un environnement interactif, adaptatif, intuitif, etc., pour l'utilisateur. De plus, nous avons dû combler le fossé entre le système de formation visé et les systèmes patrimoniaux en matière de capacités et de fonctionnalités afin de maintenir la compatibilité entre différentes générations de technologies.

TECHNOLOGIES DE FORMATION SYNTHÉTIQUE

Développement de nouvelles technologies performantes de modélisation de nouveaux scénarios de vol réel. Par exemple, dans les opérations de recherche et de sauvetage, il est nécessaire de simuler différents capteurs électro-optiques (EO), dans l'environnement synthétique tels que le radar, l'infrarouge, et autres. Compte tenu de la complexité de chacun de ces différents systèmes EO, la plateforme de simulation doit composer pour les intégrer efficacement afin de maintenir une performance de simulation en temps réel. Au cours de la période, les activités ont été dirigées vers le développement et l'intégration de technologies permettant efficacement de modéliser et d'intégrer ces divers capteurs EO dans un système commun. Nous avons expérimenté avec diverses technologies : algorithmes de traitement de signaux, techniques d'intégration de données et méthodes de communication.

APPRENTISSAGE EN BOUCLE FERMÉE

Conception des protocoles de recherche en collaboration avec des chercheurs et des experts techniques dans le but d'avancer les technologies d'utilisation de données biométriques pour la formation virtuelle. En collaboration avec un groupe de recherche universitaire, nous avons défini une première phase de recherche appliquée sur les concepts de facteurs humains dans l'optique de formation synthétique.

Ces technologies, ainsi que d'autres, seront intégrées dans le système d'entraînement démonstrateur. En parallèle, nous avons effectué des tests d'intégration en laboratoire de certains sous-systèmes de la plateforme démonstratrice. Cette technique de tests a permis d'évaluer certains concepts, par exemple les relations technologiques entre les nouveaux systèmes de projection et les technologies de traitement d'images.

De plus, nous avons poursuivi les travaux de planification, de prototypage et d'intégration du système démonstrateur. Avec une approche parallèle de développement en laboratoire et d'intégration du système démonstrateur, nous avons finalisé l'intégration des nouvelles technologies sur un premier SBF à Moose Jaw. De plus, nous avons entamé la phase de revue et de modification du programme de formation pour mettre à profit les nouvelles technologies et réduire les heures de vol réelles pour la formation.



Le démonstrateur à Moose Jaw offre au pilote une expérience de formation immersive grâce à l'intégration de technologies de prochaine génération telles qu'une base de données avec un contenu visuel à haute résolution et un système de projection offrant un rendu avancé (ex. : luminosité, résolution, contraste).



Plateforme de gestion de formation offrant la centralisation et l'agrégation de diverses informations (données géographiques, données météorologiques, de données de l'aéronef, etc.) permettant la gestion intuitive et efficace de la session de formation.

Les efforts de recherche et de développement ont atteint un sommet et ont sollicité plusieurs parties prenantes :

- plus de trois cents employés de CAE ont participé. Les efforts provenaient de diverses équipes d'ingénierie, d'assemblage et de test. Les équipes de développement étaient multidisciplinaires et réunissaient des membres ayant diverses expertises (ex. : concepteur, ingénieur logiciel, ingénieur de système, technicien de test, intégrateur de système, chef de projets, expert technologique, etc.).
- près de trente fournisseurs et sous-traitants provenant principalement de notre chaîne d'approvisionnement québécoise.

MOBILISATION

Au cours de 2018-2019, nous avons mobilisé 12 PME, universités, et centres de recherche par l'entremise de collaborations dans divers domaines (conception, ingénierie, géomatique/géospatiale, logiciel, usinage/assemblage, science des données, intelligence artificielle, etc.).

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Poursuivre les activités de développement des divers sous-projets.

Poursuivre l'intégration des nouvelles technologies développées.

Continuer les efforts de mobilisation et de collaboration avec les universités et les PME.

Continuer le processus d'évaluation des impacts environnementaux par l'analyse de l'impact environnemental actuel des opérations et l'analyse des bénéfices environnementaux potentiels en utilisant une méthode d'analyse comparative.

Développer et mettre en service de nouveaux processus de production plus efficaces.

BILAN GLOBAL

Déjà, le projet SimÉco 4.0 crée de nombreuses occasions d'affaires au Canada, ainsi que plusieurs autres occasions à l'échelle mondiale avec des centres de formation, tant civils que militaires.

Le démonstrateur SimÉco 4.0, issu de notre projet, sera un formidable instrument mis à la disposition de CAE pour démontrer à nos clients les avantages de cette nouvelle approche de formation. Les bénéfices potentiels de ces nouvelles technologies sont déjà bien reçus par les premiers utilisateurs. Par exemple, à la suite de l'intégration des nouvelles technologies sur le premier SBF à Moose Jaw, les pilotes constatent le potentiel intéressant de ces technologies pour réduire davantage la dépendance envers de vrais avions durant certaines phases du programme de formation.

De plus, certains éléments des technologies de SA²GE-2 ont aussi inspiré le développement d'une nouvelle plateforme par d'autres équipes à CAE. Spécifiquement, le nouveau système visuel CAE Medallion MR e-Series, utilisé pour l'entraînement sur les avions de chasse et les avions à réaction, intègre des concepts visuels développés sous SimÉco 4.0.



Système visuel CAE Medallion MR e-Series



NOUVEAUX PRODUITS DE NAVIGATION

Le sous-projet « avionique modulaire intégrée pour éconavigation », nommé AMI ÉcoNav, vise à créer de nouveaux produits de navigation qui réduiront l'empreinte écologique du transport aérien, en particulier la production de gaz à effet de serre.

Il cherche donc à réduire les incidences nuisibles telles que la consommation de carburant et la consommation de ressources nécessaires en amont du cycle de vie d'un avion.



À cet effet, le sous-projet propose d'améliorer les fonctions suivantes pour diminuer l'empreinte environnementale des avions.

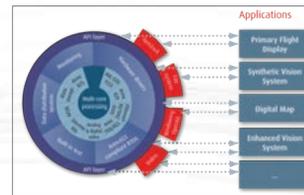
- Gestion de vol améliorée : adoption de la navigation basée sur la performance optimisant la trajectoire de l'appareil pour minimiser la consommation de carburant. L'amélioration de cette fonction fait intervenir les développements d'un serveur de données d'aéronef (AIS), d'une interface de visualisation sur un organisateur électronique de poste de pilotage (OÉPP) ou sur un écran large (LAD), d'une application contrôlant la sécurité des échanges *Secure Flight Optimization Hosting* (SFOH) et des applications de tierce partie pour l'optimisation des routes en fonction de la performance de l'avion, de la météo et des réservations de pistes aux aéroports.
- Atterrissage de précision : le récepteur GPS de l'aéronef utilise le système mondial de navigation par satellite (GNSS) pour guider des approches. Pour les approches de précision, le sous-projet intégrera un signal de renforcement du GNSS provenant du sol (GBAS) réduisant ainsi le vol à vue à 60 m (CAT I), 30 m (CAT II) ou 0 m (CAT III).
- Visualisation et vision synthétique : la visualisation d'information de trafic, de carte déroulante et d'informations critiques - dont la vision infrarouge - sera adaptée au nouvel environnement d'avionique modulaire.

Ces fonctions sont appuyées par une plateforme d'avionique intégrée sur l'aéronef. La plateforme est optimisée en volume, en poids et en consommation d'énergie.

AVANCEMENTS 2018-2019

Durant l'année 2018-2019, CMC a progressé de façon importante sur tous les volets du projet AMI-ÉcoNav :

- L'architecture de la navigation fondée sur la performance est maintenant complétée. L'implémentation des éléments de la navigation et l'intégration avec la Plateforme MOSArt avancent très bien.
- La plateforme AMI-MOSArt™ (*Modular Open System Architecture for real-time avionics applications*) à multi-cœurs a progressé en 2018-2019 pour une certification prévue avec Transports Canada dans la prochaine année. Celle-ci peut être intégrée à un afficheur intelligent comme le montre la figure ci-dessous.



Architecture de l'intégriciel MOSArt 1



Diverses générations et variantes de l'afficheur intelligent AMI

- Le développement de l'application de vision synthétique SureSight™ a progressé avec une intégration sur la plateforme. Les informations fournies par ce système affichées sur écran permettent au pilote d'opérer l'avion de façon plus sécuritaire en cas de visibilité réduite et ainsi optimiser son parcours.



Affichage Suresight particulièrement utile en approche ou pour visualiser le trafic aérien ou aéroportuaire



Serveur AIS

- La sélection de l'application d'optimisation de l'utilisation du carburant a permis une validation efficace des gains environnementaux prévus pour le SFOH. Cet élément a fait partie d'une démonstration pour un client nord-américain potentiel pour la plateforme AIS.

- AIS : Une approche d'intégration du logiciel tiers d'optimisation de consommation de carburant et de gestion de plan de vol a été complétée dans l'environnement SFOH (*Secure Flight Optimization Hosting*) en début d'année. Dans la même période, une méthodologie innovante (SSDLC pour *Secure Software Development Life Cycle*) a été établie pour la sécurisation du noyau logiciel et de l'environnement d'hébergement.
- Quant au renforcement GNSS au sol de catégorie I (GBAS), le projet est maintenant terminé! L'approbation CAN-TSO de Transports Canada a été accordée en début 2019. L'obtention d'un TSO pour la fonction GBAS du récepteur GNSS est un jalon important dans l'évolution des produits de navigation de CMC. Le GNSS pour atterrissage est une innovation majeure : le VDB se démarque par sa performance en présence de signaux de faible puissance subissant des interférences multiples.



Récepteur GBAS
CMA-6024 certifié

- Enfin, CMC a conclu une entente de partenariat avec Bombardier pour le calcul des gains environnementaux de son projet suivant la norme reconnue ISO 14064. Nous développerons également un modèle statistique de prédiction du coût environnemental associé aux opérations inefficaces que notre technologie permet d'éviter, telle que des procédures de mises en attente, d'approche manquée et de déroutement. Ce modèle empirique nous permettra d'estimer de manière objective et conformément au standard ISO 14064, les gains associés aux technologies développées.

Un des principaux défis du projet ÉcoNav s'avère être la réglementation pour les approches GBAS, catégories II et III, qui n'est toujours pas en vigueur. CMC a remplacé les fonctions d'approche GBAS de catégories II et III par l'ajout de fonctions permettant la sélection de ces approches.

MOBILISATION

Durant l'année 2018-2019, nous avons travaillé avec des PME québécoises dont CS Canada, Mannarino Systems & Software inc. et Savoir-faire Linux. Dans les prochains mois, nous comptons mobiliser deux autres PME québécoises : Marinvent et Scaliant inc.

Nous allons aussi mobiliser plusieurs universités : Polytechnique Montréal, l'Université McGill et l'Université

de Sherbrooke. Enfin, nous établissons un partenariat avec le Laboratoire de recherche en commande active, avionique et aéroserveoélasticité (LARCASE) de l'École de technologie supérieure (ETS) pour l'implémentation du vol parfait.

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Durant l'année 2019, CMC prévoit compléter tous les volets du programme tel que défini dans l'annexe A modifiée en 2018. Ensuite, grâce à notre collaboration avec Bombardier, nous allons démontrer leurs impacts dans la réduction des GES produits par les avions. Plus spécifiquement, par volet :

- Gestion de vol : terminer l'implémentation de la nouvelle génération du logiciel et l'intégrer sur une première plateforme matérielle. Implémenter et démontrer l'importance du vol parfait dans la réduction des gaz à effet de serre produits par les avions.
- Plateforme AMI : terminer et certifier avec un TSO la plateforme avec Transports Canada.
- Affichage SureSight : faire progresser l'implémentation de l'application avec la plateforme.
- Serveur AIS et application SFOH : renforcer le noyau de sécurité Linux de la plateforme ainsi que valider l'environnement SFOH dans d'autres configurations applications, par exemple, la gestion de maintenance proactive.

BILAN GLOBAL

Durant l'année 2018, CMC a atteint un jalon important dans le programme EcoNav avec l'achèvement du programme GBAS CAT I renforçant la navigation par satellite. Cet accomplissement permet à CMC d'introduire une nouvelle technologie capable de réduire la consommation en carburant des avions, mais aussi d'augmenter l'offre de la compagnie dans le marché des récepteurs GPS de pointe.

Les autres volets du programme EcoNav ont aussi progressé substantiellement. CMC est donc toujours bien aligné pour compléter son programme dans les délais prévus.



Écran large de 15 pouces



DÉVELOPPEMENT D'UN CONTRÔLEUR PROTOTYPE

Le projet COCIMA (Contrôle critique intégré multi-applications) a pour objectif de poursuivre le développement d'un contrôleur prototype pouvant héberger plusieurs applications en provenance de divers systèmes critiques de gestion de l'avion. En vue de sa certification, ce contrôleur respectera des règles très strictes (RTCA DO-297). Ultimement, ce calculateur centralisé permettra de réduire considérablement le nombre de calculateurs fournis pour chacun des systèmes critiques distincts.



Figure 1 : Exemples de systèmes critiques pour la sécurité

Les analyses préliminaires démontrent que la mise en place d'un tel calculateur permettrait une réduction de poids d'environ 50 % comparativement aux calculateurs utilisés actuellement ainsi qu'une réduction de 25 % de la puissance électrique requise pour l'ensemble des systèmes. Par conséquent, l'implémentation de ce calculateur réduira de manière importante l'empreinte environnementale des fonctions critiques qui sont requises pour assurer le bon fonctionnement des systèmes de gestion de l'avion.

Ce projet permet également à Thales Canada de diminuer le risque de plusieurs nouvelles technologies qui pourront être intégrées à la version certifiable du calculateur ainsi qu'à d'autres produits de Thales Canada.

AVANCEMENTS 2018-2019

Au cours de la dernière année, Thales Canada a continué ses activités sur le calculateur critique de l'avenir. Nous avons intégré les interfaces versatiles, conçues et testées préalablement, afin de réduire la surface requise sur les cartes électroniques. À la suite des travaux de routage de ces interfaces, Thales Canada confirme que le gain en surface est considérable. De plus, l'implémentation de ces interfaces versatiles permettra de combler les différents besoins de clients sans avoir à redessiner une autre carte électronique. Ainsi, ces interfaces contribueront à réduire l'empreinte environnementale en augmentant le cycle de vie de nos cartes électroniques tout en prônant la réutilisation de ces dernières.

Parallèlement à l'intégration de ces interfaces, Thales Canada a poursuivi ses activités avec les universités dans le but de regrouper plusieurs circuits électriques numériques, analogiques et mixtes sous une seule puce électronique, désignée *System-in-Package (SiP)* et illustrée à la figure 2. Ce SiP permettrait de miniaturiser le produit, d'augmenter la fiabilité du circuit et de simplifier le montage sur la carte électronique.

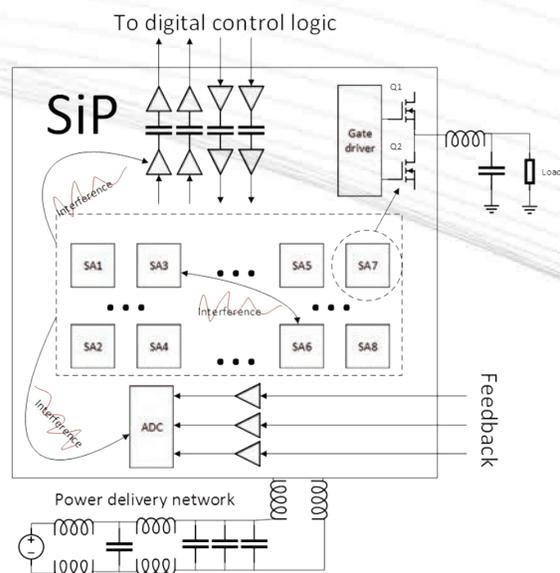


Figure 2 : Architecture SPI

Capsule : Commutation des transistors de puissance par une puce SiP

BILAN GLOBAL

Globalement, l'architecture proposée par Thales Canada pour les futurs calculateurs critiques est très prometteuse. Les simulations ont démontré que l'intégrité et la redondance peuvent être maintenues malgré un nombre de cartes électroniques réduites. Cette architecture ainsi que l'implémentation d'interfaces versatiles contribuent à alléger le produit final tout en minimisant le nombre de pièces électroniques et la consommation du calculateur.

Thales Canada est fière de mettre de l'avant un tel concept afin de promouvoir une approche innovatrice dans le domaine des calculateurs critiques tout en contribuant et en promouvant un développement durable plus respectueux de l'environnement.

À terme, Thales Canada proposera un calculateur critique qui simplifiera le développement, l'intégration, la certification et la maintenance des avions tout en respectant les aspects environnementaux.

« Le projet COCIMA m'a été présenté lors de ma visite sur le site de Thales Canada, Avionique le 18 avril dernier par l'équipe du projet. Ce projet fait partie du programme-cadre "Projet mobilisateur de l'avion plus écologique" mis en place par le gouvernement du Québec. Il s'inscrit parfaitement dans la stratégie environnementale de Thales. L'un des défis majeurs de l'industrie aérospatiale est la nécessité d'innover pour assurer son avenir dans un monde responsable, axé sur la réduction de l'impact environnemental et l'adaptation au changement climatique. Conformément à ses valeurs, au code d'éthique et dans le cadre d'une approche ambitieuse et volontaire, Thales est ravie de démontrer encore une fois son engagement dans la lutte pour la protection de l'environnement en offrant aux parties prenantes des solutions aux grands défis à relever et en favorisant le développement durable du secteur aérospatial. »

Sophie Le Pennec

Directrice Santé, Sécurité, Environnement, Groupe Thales

« Le projet COCIMA a permis pendant la dernière année de progresser sur de nombreux aspects industriels liés aux futurs calculateurs critiques de Thales Canada. Le développement de ces nouvelles architectures nous contraint à faire des choix entre des concepts conventionnels acceptés par l'industrie avionique et les nouvelles technologies disponibles. La réalisation d'un prototype de seconde génération nous a obligé à faire preuve d'innovation tout en conservant nos acquis en matière de fiabilité nécessaire à l'obtention d'un succès commercial. »

Marc-André Jean

Responsable maturité industrielle, Thales Canada

TeraXion

DÉVELOPEMENT DE MODULES PHOTONIQUES COMPACTS

Le sous-projet AéroP de TeraXion porte sur le développement de modules photoniques compacts qui remplaceront des systèmes plus lourds et énergivores dans les avions. Ces modules de prochaine génération partagent une plateforme technologique avancée basée sur l'utilisation de micro-optique et de puces photoniques sur silicium. Ces dispositifs permettent une réduction radicale de la dimension et du poids des systèmes optiques, tout en assurant l'intégrité de leur performance dans des conditions environnementales exigeantes.

Le module photonique radiofréquence (RF) est destiné aux systèmes de communication aéroportés et pourra transmettre, recevoir ou convertir des signaux RF par voie optique. En plus de repousser les limites de bande passante des systèmes RF actuels, le module permettra de remplacer les câbles coaxiaux en cuivre dans les avions par des fibres optiques beaucoup plus légères.

TeraXion développe également une source laser multi-fréquence intégrée qui sera utilisée dans un gyroscope de nouvelle génération et qui permettra de réduire le poids du système de navigation.

AVANCEMENTS 2018-2019

L'année 2018-2019 a été marquée par la fabrication de versions plus avancées des prototypes de chacun des modules photoniques.

MODULE PHOTONIQUE RF – DE LA MICRO-OPTIQUE À LA PUCE PHOTONIQUE SUR SILICIUM

Durant les premiers mois de l'année, TeraXion a fabriqué une version améliorée du prototype du module RF. La performance de ce module amélioré, exprimée en termes de gamme dynamique exempte d'erreurs (*spurious-free dynamic range* ou SFDR), est maintenant de 110 dB·Hz^{2/3}, une valeur équivalente et même supérieure à celle des systèmes RF classiques, qui sont environ 8 fois plus lourds et consomment 20 fois plus d'énergie.

Les efforts de réduction de poids du module photonique RF se sont poursuivis, alors que TeraXion a migré une

partie importante du circuit optique du module sur une puce de silicium. Ce circuit optique, qui inclut la partie interféromètre du module, occupait plus de 20 % de la surface du module dans le prototype initial. Ce circuit se retrouve maintenant intégré sur une puce de silicium de dimensions 3 mm x 8 mm. Cette puce occupera moins de 4 % de la surface du module, tout en incluant les mêmes fonctions optiques que la portion qu'elle remplace, tel qu'illustré à la figure 1.

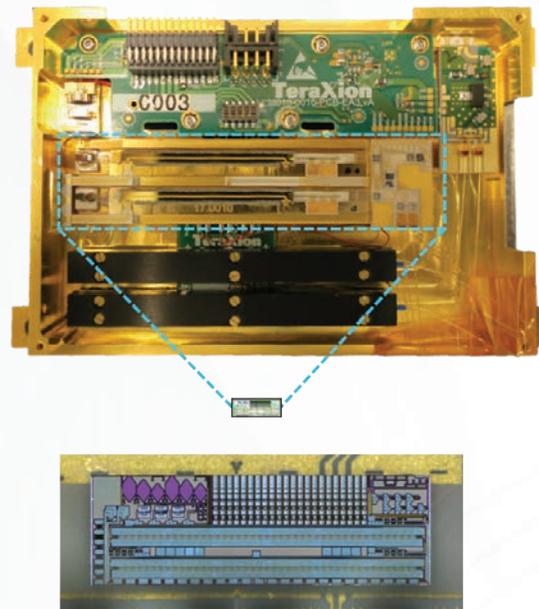


Figure 1 : Photo du haut : Intérieur du module photonique RF avec portion remplacée par la puce de silicium encadrée en bleu. Photo du bas : Puce photonique sur silicium, dimensions réelles 3 mm x 8 mm.

TeraXion a donc modifié le design du module RF pour accueillir la puce SiP. La puce elle-même a été caractérisée et des simulations de performances ont été effectuées. TeraXion a débuté l'intégration de cette puce au module.

Parallèlement à ces travaux, les résultats très prometteurs obtenus avec les premiers prototypes du module photonique RF ont incité TeraXion à explorer le potentiel de la technologie. TeraXion a donc conçu et fabriqué un module pour démontrer la faisabilité de l'approche photonique à 40 GHz. Cette démonstration, effectuée par une entreprise externe œuvrant dans le domaine des systèmes RF, a été couronnée de succès, puisque le démonstrateur fabriqué par TeraXion a pu atteindre une bande passante supérieure à 65 GHz.

SOURCE LASER MULTIFRÉQUENCE - DE PLUS EN PLUS COMPACTE

Durant la dernière année, TeraXion a déployé des efforts importants pour réduire la taille de la source laser multifréquence. La réduction de la taille du circuit électronique a été confiée à la PME mobilisée Brioconcept, qui a conçu une carte électronique repliable à haute densité. La figure 2 montre le circuit déplié ainsi que le prototype bêta de la source laser multifréquence.

Le volume du prototype bêta de la source laser multifréquence est passé à 162cm^3 , une réduction par un facteur 4 du volume de 643cm^3 du prototype alpha. De plus, les performances du prototype bêta se sont améliorées en moyenne d'un facteur 10, grâce, entre autres, à l'utilisation de puces laser améliorées et à l'implantation de circuits électroniques optimisés. L'Institut national d'optique (INO), centre de recherche mobilisé par TeraXion, a d'ailleurs contribué significativement à cette amélioration des performances, en participant au développement et à la fabrication d'un élément particulièrement critique de la source qui est utilisé pour abaisser le bruit de fréquence intrinsèque du laser.

Une nouvelle fonction logicielle a également été développée afin de permettre à la source de suivre très précisément un signal de référence sur une plage de température de $50\text{ }^\circ\text{C}$. Cette fonction a été validée avec succès au cours d'une campagne de tests du gyroscope, au cours de laquelle la source laser multifréquence est demeurée verrouillée au gyroscope en présence de variations de température et de perturbations acoustiques. L'équipe de projet est très fière que la source laser multifréquence ait atteint cet important jalon.

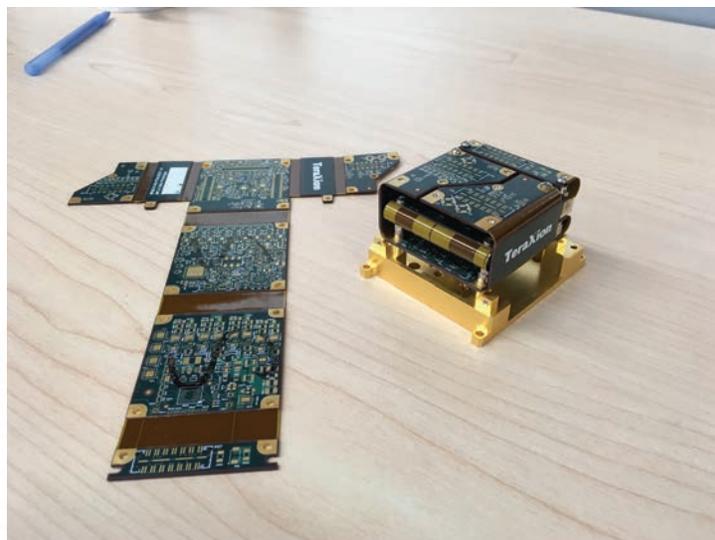


Figure 2 : En haut : Circuit électronique du prototype bêta de la source laser multifréquence conçu par Brioconcept, déplié et replié en module. En bas : Prototype bêta de la source laser multifréquence, dimensions $60\text{mm} \times 60\text{mm} \times 45\text{mm}$, volume 162cm^3 .

TeraXion a également complété la conception du dernier prototype de la source laser multifréquence, appelé prototype gamma. Cette nouvelle version sera encore plus compacte et légère que les précédentes et devrait pouvoir permettre une réduction supplémentaire de volume et de poids d'au moins un facteur 3, tout en atteignant des performances optiques inégalées.

MOBILISATION : UN TRAVAIL D'ÉQUIPE QUI OUVRE DE NOUVEAUX HORIZONS!

Une équipe multidisciplinaire d'environ 19 personnes contribue au succès du sous-projet de TeraXion. Chercheurs, ingénieurs, technologues et assistants techniques travaillent de concert, acquièrent constamment de nouvelles connaissances et les appliquent quotidiennement afin de surmonter les nombreux défis du projet et d'en faire un succès.

Un brevet portant sur une méthode innovante de modulation de phase optique appliquée à la source laser multifréquence a été déposé en 2018. De plus, le module photonique RF a fait l'objet d'une publication dans le *Journal of Lightwave Technology*, volume 36, numéro 21, édition du 1^{er} novembre 2018.

Les connaissances en micro-optique et photonique intégrée acquises durant le projet mobilisateur SA²GE sont d'ailleurs mises à profit pour développer un nouveau produit de TeraXion visant le marché des lasers à impulsions brèves, dont le lancement est prévu plus tard en 2019. De plus, certains éléments des modules photoniques montrent un fort potentiel pour des applications dans le marché de la détection optique; plusieurs activités d'exploration de ces applications sont présentement en cours chez TeraXion et pourraient mener au développement de nouveaux produits à très haute valeur ajoutée au cours des prochains mois.

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Durant la prochaine année, TeraXion complètera la fabrication et la caractérisation du prototype intégré du module photonique RF, qui sera testé dans le système d'une entreprise majeure œuvrant dans le domaine. De même, le prototype gamma de la source laser multifréquence sera complété, caractérisé et intégré à un gyroscope. L'évaluation des gains environnementaux du projet de TeraXion sera également finalisée.

BILAN GLOBAL

La rapidité des progrès depuis le début du sous-projet démontre le potentiel étonnant et peu exploité des modules photoniques.

Au cours de la présente année, TeraXion a fabriqué un module photonique RF hybride de seconde génération qui a permis d'atteindre un important jalon de performance, ainsi qu'une preuve de concept qui démontre une augmentation de la bande passante maximale du module au-delà de 20 GHz. Celui-ci s'avère huit fois moins lourd et consomme 20 fois moins d'énergie que le système classique.

La taille de la source laser multifréquence bêta a été réduite d'un facteur 4 par rapport au prototype alpha fabriqué l'an dernier, ce qui constitue une étape importante dans l'atteinte des objectifs environnementaux pour ce module.

TeraXion continuera la valorisation de sa plateforme technologique à travers l'évolution de ces deux modules, de même qu'en développant de nouveaux produits basés sur la micro-optique et la photonique intégrée, ce qui lui permettra de maintenir sa position de chef de file dans le domaine des composants photoniques innovateurs. L'aide financière du gouvernement par l'entremise du programme SA²GE s'est avérée essentielle pour TeraXion. SA²GE a contribué à donner à TeraXion les moyens de ses ambitions, ce qui a mené à des progrès constants, rapides et significatifs.



PRÉSENTATION GÉNÉRALE

L'objectif principal est de développer et de construire des prototypes de systèmes de propulsion afin d'en améliorer la puissance et l'efficacité énergétique tout en réduisant le poids et le bruit externe généré. L'objectif sous-jacent du projet est de développer une méthodologie d'analyse de missions (taxi aérien urbain, livraison de colis, sauvetage, etc.) permettant de déterminer le moyen de propulsion le mieux adapté considérant différents aspects environnementaux telle l'énergie consommée ainsi que le bruit généré.



Figure 1 : Le développement de systèmes de propulsion alternatifs permettra de s'éloigner du mode classique de l'hélicoptère et de spécialiser les véhicules selon leur mission. Ci-contre, schéma d'artiste du Bell Nexus de la maison-mère.

Dans la première phase du projet, les technologies seront développées et validées de façon indépendante avec des partenaires. Conséquemment aux résultats, lors de la deuxième phase, Bell fera la conception de nouvelle génération de système de propulsion adapté pour divers concepts d'appareil à décollage vertical. Celles-ci seront validées par des prototypes dans des environnements représentatifs (TRL6).

SA²GE-3 permettra à Bell de bonifier les produits déjà offerts par l'entreprise et de développer de nouveaux systèmes de propulsion optimaux (sécuritaires, silencieux, efficaces et surtout à empreinte écologique réduite) adaptés à des missions précises.

DÉMARRAGE

En ce début d'existence du projet POUSSÉE, une division en sous-tâche et une rationalisation des objectifs spécifiques atteignables pour la durée du projet ont été effectuées. Suivant les lignes directrices énoncées dans la proposition de projet, des ressources et des partenaires externes potentiels ont été identifiés pour chacune des sous-tâches.

Le projet chez Bell a été divisé en trois grands thèmes, soient l'amélioration des performances et l'efficacité des systèmes de propulsions (thème 1), la réduction du bruit généré par ces systèmes (thème 2) ainsi que la réduction globale du poids des éléments de propulsion (thème 3). Des ressources internes sont également déployées pour l'avancement de ces trois thèmes.

Pour le thème 1, l'équipe s'affaire à développer les connaissances requises dans l'analyse spécifique de missions afin de guider les choix de systèmes de propulsions dont les technologies seront approfondies. La mise en place de méthodes analytiques avancées pour les analyses de prédictions aérodynamiques et de poussée a aussi débuté. De plus, la recherche de partenaires pour l'aspect motorisation électrique et stockage d'énergie a débuté.

En ce qui a trait au second thème, les ressources ont été jumelées pour le début du projet afin d'approfondir le premier thème. En effet, les trois thèmes étant étroitement liés, c'est une équipe multidisciplinaire qui travaille à analyser les options de propulsion. Les ressources attribuées au volet bruit généré sont également en communication avec des partenaires potentiels afin de lancer des sous-projets d'analyse.

Les ressources du troisième thème, aussi intégrées en ce début de projet à l'analyse des options de propulsion, ont commencé le travail sur trois aspects de réduction de poids, soit l'amélioration des méthodes analytiques de dimensionnement, l'évaluation de techniques de fabrication avancées ainsi que l'intégration de systèmes et technologies multifonctions dans les pièces (par exemple un système de dégivrage de pale intégrée à cette dernière lors de la fabrication). Des partenaires externes ont été contactés pour certains aspects de ce travail.

MOBILISATION

Plusieurs projets de mobilisation sont actuellement en développement, et ce pour tous les thèmes abordés dans le cadre du projet POUSSÉE. En voici une liste sommaire, à noter que d'autres tâches mobilisatrices sont en préparation :

- Analyse de cycles de vie pour les systèmes de propulsion de décollage vertical
 - Partenaire : Bombardier
 - Statut : en discussion
- Analyse et méthode de réduction de bruit pour un système de propulsion défini
 - Partenaires : Université de Sherbrooke, Mécanum, Optis
 - Statut : en conception, démarrage à venir
- Optimisation multivariable d'une structure d'un système de propulsion
 - Partenaire : Université McGill
 - Statut : démarrage imminent
- Fabrication de pièces en composites par méthodes avancées
 - Partenaire : Groupe CTT, Ruiz Fabrications Aérospatiales
 - Statut : en cours
- Évaluation de matériaux composites écologiques
 - Partenaire : Texonic
 - Statut : démarrage imminent
- Étude de couches électriquement conductrices pour matériaux composites (suite et applications des technologies développées lors du projet CRIAQ COMP-502)
 - Partenaire : Polytechnique Montréal
 - Statut : démarrage imminent
- Intégration de technologies de dégivrage dans des pales de véhicules légers (suite et applications des technologies développées lors des projets CRIAQ 2.8, ENV-414 et ENV-702)
 - Partenaire : Université du Québec à Chicoutimi
 - Statut : en développement, démarrage à venir
- Étude des procédés de fabrication additive avancés pour les futures applications d'appareils à décollage vertical
 - Partenaire : CTMP (Centre de technologie minérale et de plasturgie)
 - Statut : démarrage imminent

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Pour la prochaine année, les activités liées aux trois thèmes du projet POUSSÉE seront poursuivies. Les systèmes de propulsion à optimiser seront déterminés en début de nouvelle année du projet. Une collecte de données sera faite afin de quantifier les gains possibles des technologies identifiées. Les technologies associées seront alors développées, analysées et prototypées au besoin. Ces prototypes serviront de plus à évaluer et mesurer l'impact de technologies de réductions de bruits en plus de parfaire la connaissance de la motorisation et des besoins en énergie électrique. Tout comme pour les technologies de propulsion, les technologies de réductions de bruits seront développées et analysées. Les efforts liés à la réduction de poids (méthodes d'analyse, nouveaux matériaux et techniques de fabrication) seront aussi poursuivis tout en visant une application immédiate sur les prototypes de propulsion.

Les divers projets de mobilisation avec les différents partenaires seront tous démarrés au cours de la prochaine année. Les partenaires seront activement impliqués afin qu'un maximum des technologies étudiées puisse être intégré rapidement aux systèmes de propulsion.

BILAN GLOBAL

Le projet POUSSÉE mené par Bell est maintenant bien entamé. L'équipe en place chez Bell pour ce projet grandit et des gens externes sont embauchés afin de développer de nouvelles compétences essentielles à l'analyse, au développement et à l'optimisation de systèmes de propulsions plus sécuritaires, silencieux, efficaces et à empreinte écologique réduite. Des partenaires externes sont également mobilisés et progressivement intégrés au projet afin d'en assurer le succès.

BOMBARDIER

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le sous-projet a pour objectif de démontrer, sur un banc d'essai partagé, le concept d'aile à commandes de vol multifonctionnelles ainsi que ses composantes majeures pour les avions d'affaires et les avions commerciaux monocouloirs. L'introduction récente de la technologie des commandes de vol électriques (CVE) sur le Global 7500, en 2018, ouvre une nouvelle voie pour configurer et gérer les surfaces de contrôles sur l'aile de façon à alléger les charges aérodynamiques, un peu à la façon des plumes d'un oiseau. Par ricochet, l'efficacité énergétique et le poids de l'avion en bénéficieront.

Les surfaces de contrôles de l'aile, soit les ailerons, les volets et les déporteurs, sont des panneaux mobiles déplacés pour modifier la portance de l'aile. Chaque surface de contrôle est liée à un mécanisme et un actuateur ou vérin, soit hydraulique ou électrique, commandé par un contrôleur électronique.

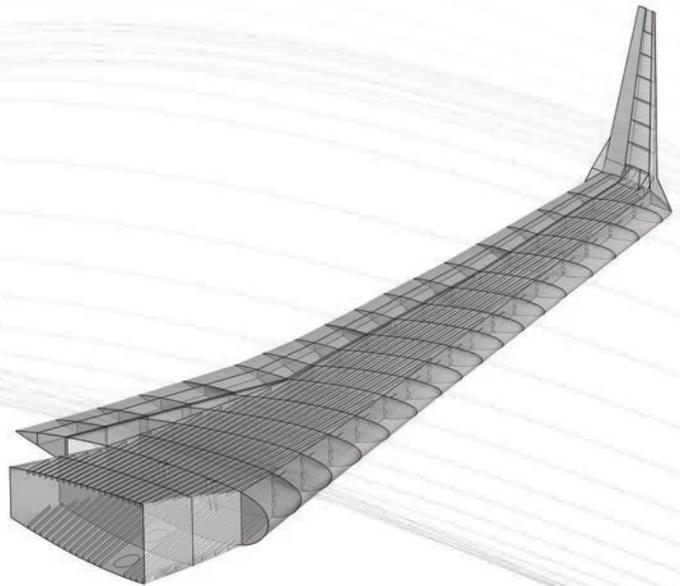
En collaboration avec Thales, une nouvelle architecture des surfaces de contrôle et de son système de contrôle sera développée pour exploiter le plein potentiel aérodynamique d'une aile à commandes de vol multifonctionnelles. Les mécanismes d'actuation des surfaces de contrôle et leur intégration structurelle seront développés en collaboration avec Stelia et Fusia. Celles-ci feront intervenir des technologies de fabrication composite et d'impression 3D contribuant à la réduction de masse. La démonstration sur un banc d'essai du système intégré dans un environnement représentatif (TRL 6) sera effectuée.

En complément, pour la prochaine génération de la technologie CVE, Exonetik développera à un niveau de maturité TRL 5 un mini-manche (*side-stick*) de contrôle actif destiné aux pilotes, en étroite collaboration avec Bombardier.

DÉMARRAGE

Depuis le lancement, les activités se sont concentrées essentiellement sur deux axes de recherches : la conception de l'aile avec allègement des charges aérodynamiques et la spécification conceptuelle du système d'actuation des surfaces de contrôle de l'aile.

La structure d'une aile de référence sans la nouvelle technologie a été conçue pour offrir une base de comparaison de poids. Une étude d'optimisation aérodynamique a permis d'établir le potentiel d'allègement des charges aérodynamiques. Des études de conception et d'intégration sont en cours pour évaluer le gain global de poids.



Modèle de l'aile utilisé pour les études de conception avec la fonction d'allègement des charges aérodynamiques.

Pour orienter la spécification du système d'actuation, les activités ont été concentrées sur une revue des architectures potentielles et la planification des différentes phases de développement du système, comprenant l'étude comparative approfondie des architectures (TRL 4), la conception détaillée du système (TRL 5) et la démonstration sur un banc d'essai consacré au projet (TRL 6). Des discussions sont en cours avec des collaborateurs potentiels pour le système d'actuation.

MOBILISATION

Bombardier collabore avec trois équipes universitaires au Québec pour monter des projets de recherches dans des domaines de pointe reliées au sous-projet AILE. Les trois domaines sont la modélisation aérodynamique de la laminarité, la simulation numérique de givrage et la méthodologie de l'ingénierie des systèmes complexes basée sur des modèles (MBSE). Des demandes complémentaires de financement pour les trois projets ont été soumises au CRSNG par Polytechnique Montréal, l'Université Concordia et l'Université McGill. Une fois retenus par le CRSNG, les projets seront soutenus par Bombardier, autant financièrement que par des efforts d'ingénierie.

Stelia prévoit, de son côté, de faire appel au CNRC en tant que consultant, relativement à leurs compétences sur la mise en œuvre de technologies thermoplastiques.

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Les activités pour l'année 2019-2020 porteront sur cinq grands axes de recherche.

- Une étude de conception comparative approfondie de nouvelles architectures du système d'actuation pour les commandes de vol, y compris des analyses de sécurité et de fiabilité. À la suite de cette étude, en étroite collaboration avec plusieurs fournisseurs de systèmes, une architecture optimale sera spécifiée.
- Des activités d'intégration entre aérodynamique et structure permettront de lier l'optimisation de la fonction d'allègement des charges aérodynamiques à la réduction de poids de l'avion. Cette étude bonifiera les requis pour une architecture optimale du système.

- Dans le domaine de l'aérodynamique, deux activités, en étroite collaboration avec des projets de recherche de Polytechnique Montréal et de l'Université McGill, porteront sur l'évaluation par simulation numérique de givrage sur les volets et le développement d'un modèle d'ordre réduit pour les charges aérodynamiques.
- Bombardier et Stelia produiront, en collaboration, une étude comparative préliminaire sur de nouvelles technologies de fabrication en composites pour les surfaces de contrôle. Une autre étude, également effectuée par Stelia, en partenariat avec FusiA, proposera des technologies pour l'impression 3D des ferrures sur l'aile.
- Pour le mini-manche de contrôle actif, des requis de performance et de sécurité seront développés par Bombardier pour orienter l'amélioration du prototype d'Exonetik.

BILAN GLOBAL

Le projet AILE démarre. Il intégrera des activités de recherche collaborative sur plusieurs technologies, tant dans les domaines de l'aérodynamique, des structures et des systèmes de contrôle qui, ensemble, permettront une amélioration importante dans la performance énergétique de la prochaine génération d'avions.



PRÉSENTATION GÉNÉRALE

CMC Électronique, Marinvent, l'École de technologie supérieure et l'Université Concordia collaboreront dans un projet d'éconavigation intitulé « écoNav-3 ». Ce projet vise la création de nouvelles technologies et nouveaux produits d'avionique réduisant l'empreinte écologique du transport aérien et améliorant la fluidité du trafic. Ce sous-projet sera réalisé en continuité avec la phase 2 du programme SA²GE.

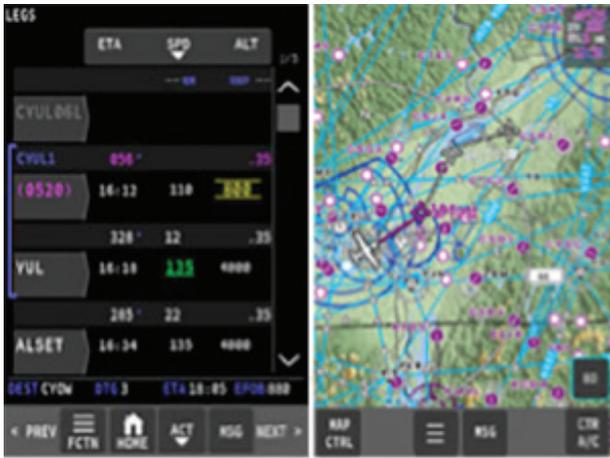


Figure 1 : Exemple de pages du TSCU : Plan de vol et page d'affichage du plan graphique

CMC CIBLE LES FONCTIONS SUIVANTES :

- le vol parfait est en progression dans le cadre du programme SA²GE-2 (TRL5). Les activités requises pour l'amener au TRL6 seront exécutées au début de l'année 2020 ;
- les fonctions avancées (VNAV, LPV, Commande tactile) du système de gestion de vol ;
- l'intégration de la fonction APM (moniteur de performance du profil d'aile) qui donne une indication réelle de la marge d'attitude et de vitesse de l'avion avant décrochage ;

- la procédure de réduction de bruit des hélicoptères, en collaboration avec le programme européen NAFTI – *Noise Abatement FMS with Tactile Interface* – impliquant Airbus Hélicoptère ;
- l'intégration d'une application de maintenance d'une tierce partie pour la transmission en temps réel de données avioniques ;
- l'affichage dans le poste de pilotage de l'information de la circulation aérienne (affichage graphique du plan de vol).

Ces nouvelles fonctions feront évoluer trois produits phares de CMC, soient les logiciels de système de gestion du vol (FMS), le système de gestion de l'information (AIS-OEPP) et la plateforme multifonctionnelle à écran tactile (TSCU), ainsi qu'un nouveau produit breveté de Marinvent, le moniteur de performance du profil d'aile (APM).¹

Marinvent facilitera l'intégration du TASAR connecté à la météo et au plan de vol et de l'APM. Dans le cas du TASAR, elle développera également une application destinée aux futurs taxis aériens, soit un ensemble d'algorithmes en langage Python. Dans le cas de l'APM (figure), composé de capteur sur l'aile et d'un logiciel, Marinvent créera une page de synoptiques avioniques pour fournir aux pilotes des informations critiques pour la sécurité du vol.

Dans les deux cas, les logiciels prototypes seront intégrés sur la plateforme avionique de CMC et intégrés dans le simulateur de recherche de Marinvent pour l'évaluation de tests et pour la finalisation des algorithmes. Une fois complété, un démonstrateur complet de la plateforme, qui combine à la fois le matériel de CMC et les logiciels développés par Marinvent sera réalisé.

Ces fonctions et produits réduiront l'émission de gaz à effet de serre des avions, ainsi que l'empreinte sonore des hélicoptères. Le sous-projet permettra une réduction de consommation de carburant par vol de 834 kg, soit une réduction équivalente de gaz à effet de serre de 2 700 kg. Les réductions attendues de l'empreinte de bruit des hélicoptères seront de l'ordre de 20 %.

¹ Serveur de données de l'aéronef (AIS) et une interface pour le consulter, l'organisateur électronique de poste de pilotage (OÉPP)

DÉMARRAGE

CMC

L'intégration de la fonction TASAR et celle de la fonction brevetée APM à la plateforme AIS-OEPP, nous avons élaboré, avec notre partenaire Marinvent, une architecture logicielle permettant de coupler les modules prévus pour le logiciel TASAR avec les fonctionnalités de type FMS et les fonctionnalités liées aux interfaces supportant la collection de données avions.

MARINVENT

Le travail entrepris sur TASAR inclut la définition de prérequis pour les logiciels Marinvent. En outre, deux simulations utilisant l'intelligence artificielle ont été entreprises, une simulation impliquant la navigation de base et l'optimisation de la route et l'autre impliquant l'information en temps réel de la météo et de l'espace aérien.

MOBILISATION

En plus de sa collaboration avec Marinvent, CMC prévoit mobiliser les PME Mannarino et Scaliat dans le cadre de SA²GE-3. Nous continuerons ainsi des collaborations commencées dans le cadre de SA²GE-2.

De même, dans la continuité de SA²GE-2, CMC collaborera avec plusieurs universités québécoises telles que Polytechnique Montréal, l'École de technologie supérieure, l'Université Concordia et l'Université de Sherbrooke.

Marinvent prévoit collaborer avec l'Université Concordia pour l'intégration et les tests de ses algorithmes.

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

CMC envisage de compléter la fonction de vol parfait ainsi que l'intégration de la nouvelle génération de système de gestion de vol dans la nouvelle unité de commande à écran tactile. Les activités d'optimisation des trajectoires des hélicoptères pour réduire le bruit nuisible commenceront avec l'analyse des requis.

Marinvent complétera les prérequis et l'architecture de l'application de type «TASAR» pour le taxi urbain. Un document de contrôle d'interface sera produit et deux simulations seront effectuées.

CMC prévoit établir une implémentation du prototype de l'application TASAR sur le serveur de données AIS. Cette implémentation sera soutenue par le laboratoire de l'Université de Concordia. L'évaluation des contraintes d'intégration de senseurs avions avec la plateforme AIS-OEPP est également prévu.

Marinvent définira les prérequis et le plan d'intégration du logiciel APM.

BILAN GLOBAL

Les activités relatives au programme SA²GE-3 sont à l'étape préliminaire chez CMC. La collaboration avec Marinvent a démarré sur de bonnes bases avec la définition de l'architecture logicielle permettant de coupler les modules prévus pour le logiciel TASAR.

Les activités vont s'accélérer durant l'année 2019 avec l'implémentation et les tests du couplage entre les logiciels de Marinvent et ceux de CMC. De même que l'implémentation du vol parfait et l'intégration du FMS dans le nouveau panneau de contrôle à écran tactile.

Le développement de ces technologies et de ces produits va améliorer de façon substantielle le positionnement stratégique de l'industrie aéronautique québécoise, en créant un pôle majeur en avionique, fortement axé sur la performance environnementale des aéronefs. Nous pouvons déjà compter sur l'appui de plusieurs PME et centres de recherche, et les collaborations seront finalisées au cours des prochains mois.

TeraXion

Au cours de la phase 3 de SA²GE, TeraXion poursuivra le développement de modules photoniques compacts haute fiabilité pour les communications radiofréquence (RF) et les gyroscopes à fibre optique. Ces applications requièrent des modules photoniques compacts, légers et à faible consommation de puissance pouvant opérer dans des conditions environnementales exigeantes. Ce sous-projet se distingue de la phase 2 par la recherche d'une haute fiabilité sous tout environnement, par des améliorations et des ajouts de fonctions. Le projet vise une démonstration de modules à haute fiabilité atteignant un degré de maturité TRL-6, démonstration qui, durant cette phase, inclura des tests environnementaux, par exemple des tests en température de -40 à 85°C.

MODULE PHOTONIQUE RADIOFRÉQUENCE (RF) HAUTE FIABILITÉ À 40 GHz

Le module photonique radiofréquence (RF) haute fiabilité à 40 GHz est destiné aux systèmes de communication aéroportés et pourra transmettre, recevoir ou convertir des signaux RF par voie optique. Ce module est typiquement situé entre les ailes, dans la queue ou dans le cockpit des avions. L'émergence d'applications nécessitant des bandes passantes très larges, comme des applications d'imagerie radar ou encore de communications analogiques à très haut débit, rend nécessaire l'extension de la technologie à des bandes passantes de l'ordre de 40 à 75 GHz. Ces applications ne peuvent tout simplement pas être abordées par les systèmes électriques classiques, vu les pertes importantes des signaux RF à ces fréquences et au poids énorme du câblage coaxial qui y serait associé. La photonique semble la technologie tout indiquée pour relever ce défi de taille, puisque les modules demeureront très compacts et légers.

Durant la phase 3 de SA²GE, TeraXion augmentera la bande passante du module RF récepteur (Rx) de 20 à 40 GHz et y adjoindra un module transmetteur (Tx) également à 40 GHz. TeraXion effectuera la validation de performance optique et environnementale de ces modules afin d'atteindre, à la fin de la phase, un niveau de maturité technologique TRL-6 pour ces deux modules à large bande passante.

SOURCE LASER MULTIFRÉQUENCE HAUTE FIABILITÉ

TeraXion développera également une source laser multifréquence intégrée à haute fiabilité qui sera utilisée dans un gyroscope de nouvelle génération et qui permettra de réduire le poids du système de navigation. La source laser multifréquence sert à suivre très précisément la position des résonances spectrales étroites générées par le gyroscope.

Au cours de la phase 2 de SA²GE, le circuit optique de la source laser multifréquence a été complètement intégré sur une puce de silicium. Le circuit optique complet, présenté à la figure 1, inclut trois lasers, des éléments de micro-optique ainsi qu'une puce de silicium de 3 mm par 15 mm. Le module complet occupe un volume de 2,6 cm³ et pèse 8,15 g.

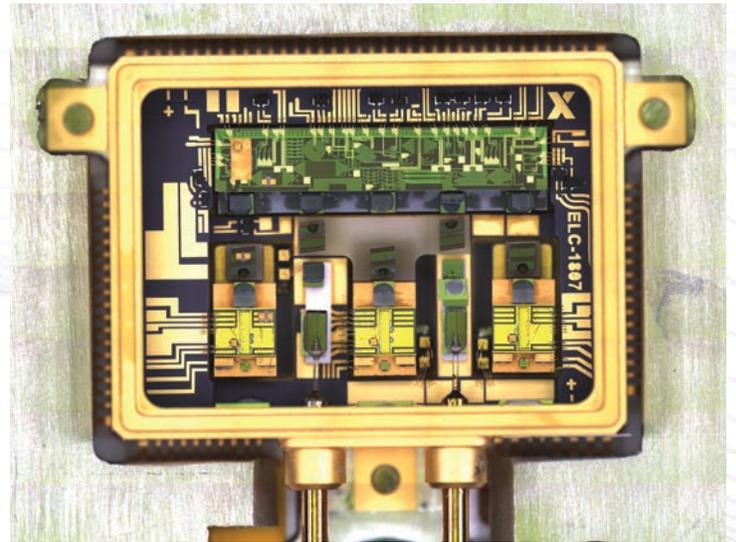


Figure 1 : Circuit optique complet de la source laser multifréquence de TeraXion à la fin de la phase 2 de SA²GE. Dimensions : 18,25 mm x 24,5 mm x 5,8 mm, volume : 2,6 cm³, poids : 8,15 g.

TeraXion continuera en phase 3 les efforts de réduction du poids de la source laser multifréquence en effectuant une nouvelle ronde de miniaturisation de ses circuits électroniques, puisqu'en fin de phase 2, ces circuits représentaient toujours 85 % du poids total de la source.

Comme la source laser multifréquence doit fonctionner dans les mêmes conditions que celles du gyroscope et qu'elle comporte des éléments optiques pouvant être endommagés par l'humidité, l'une des premières étapes de la phase 3 sera de rendre le module optique hermétique afin qu'il puisse fonctionner sous toutes conditions de température et d'humidité.

Une nouvelle version de la source laser multifréquence sera fabriquée à partir du module optique hermétique et de la nouvelle électronique compacte. Cette source haute fiabilité sera soumise à une validation de performance optique et environnementale exhaustive confirmant l'atteinte du niveau de maturité technologique TRL-6.

DÉBUT DE LA PHASE 3 : MISE EN PLACE ET EXPLORATION

TeraXion a effectué plusieurs tâches exploratoires depuis le début de la phase 3. Du côté du module RF, TeraXion a évalué la performance de puces de silicium existantes pour une utilisation à 40 GHz. Ces tests ont permis d'établir la base des performances actuelles et d'identifier les éléments requérant des recherches plus poussées ou un développement plus soutenu. TeraXion envisage des ententes de mobilisation avec un groupe de recherche universitaire et une PME pour l'aider dans les travaux de conception et de caractérisation des puces de silicium pour le module RF.

En ce qui a trait à la source laser multifréquence, les travaux de TeraXion ont porté sur des pistes d'amélioration de la performance optique principalement liée au design de la puce de silicium ou des puces laser. Une partie de ces travaux pourrait également faire l'objet d'une entente de mobilisation avec une université, avec laquelle un projet est en cours de définition. TeraXion a également entamé des discussions au sujet de la réduction de la taille des

circuits électroniques de la source avec des collaborateurs potentiels, parmi lesquels on peut compter des entreprises et des PME québécoises.

À VENIR EN 2019-2020 : CONCEPTION DES MODULES HAUTE FIABILITÉ

Durant la prochaine année, TeraXion concentrera ses efforts sur la conception de modules photoniques RF à 40 GHz et explorera une stratégie pour permettre à ces modules d'opérer efficacement sur une large plage de température.

TeraXion développera une version hermétique du module optique de la source laser multifréquence et effectuera des tests environnementaux sur quelques prototypes afin d'évaluer leur robustesse. TeraXion commencera aussi les travaux pour réduire la taille des circuits électroniques de la source.



Ghislain Lafrance

Vice-Président,
Commercialisation et Veille
technologique, TeraXion
Président et membre
du comité exécutif



Fassi Kafyeke

Directeur principal Innovation
Bureau des technologies
avancées
Bombardier inc.



Houssam Alaouie

Directeur, Programmes de
recherche et développement et
Relations universitaires, CAE
Vice-président, membre du
comité exécutif et du comité
d'audit



Michel Dion

Directeur, Innovation, Bell
Membre du comité d'audit



Suzanne Benoit

Présidente-directrice générale,
Aéro Montréal
Trésorière, membre du comité
exécutif et du comité d'audit



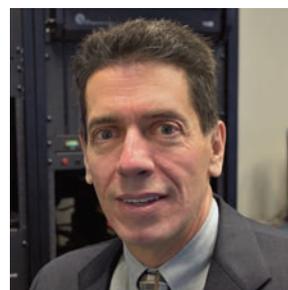
Alain Aubertin

Président – directeur général,
Consortium de recherche et
d'innovation en aérospatiale
au Québec (CRIAQ)
Administrateur à compter
du 1^{er} avril 2019



Karen Magharian

Conseillère juridique principale,
Thales Canada
Secrétaire et membre du comité
exécutif



Patrick Champagne

Vice-président, Stratégie
corporative et relations
gouvernementales, CMC
Électronique
Administrateur



Denis Faubert

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

Administrateur jusqu'au
31 mars 2019 et remplacé par
M. Alain Aubertin



Gilles Néron

Premier directeur,
Approvisionnement stratégique,
Air Canada

Administrateur



Gilles Bourgeois

Chef, Protection
environnementale et Normes,
Transports Canada

Observateur



Sylvain Larochelle

Directeur, Bureau de la
collaboration technologique,
Pratt & Whitney Canada

Observateur



Stephan Fogaing

Conseiller en développement
industriel, MEI

Observateur



Priti Wanjara

Chercheur scientifique principal,
Centre national de recherche
Canada (CNRC)

Observatrice



WWW.SA2GE.ORG

Les photographies sont une courtoisie de nos membres. Reproduction interdite.

Avec le soutien financier de

Québec 



SYSTÈMES AÉRONAUTIQUES
D'AVANT-GARDE POUR L'ENVIRONNEMENT

673, rue Saint-Germain
Saint-Laurent (Qc) H4E 3R6

Tél. : 514 418-0123

info@sa2ge.org
www.sa2ge.org