

RAPPORT ANNUEL

2021 / 2022

FAITS SAILLANTS



4
SOUS-PROJETS



4
OBJECTIFS
FONDAMENTAUX

L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE, L'ENVIRONNEMENT,
LA MOBILISATION DE L'INDUSTRIE ET LES RETOMBÉES
ÉCONOMIQUES POUR LE QUÉBEC



4
PARTENAIRES



5
COLLABORATEURS



6
UNIVERSITÉS
MOBILISÉES



6
CENTRES DE
RECHERCHE MOBILISÉS



13
PME MOBILISÉES



52,2 M\$
D'ENVERGURE



27,2 M\$
DE FONDS PRIVÉS



25 M\$
DE FONDS PUBLICS

TABLE DES

MATIÈRES

02

MOT DU PRÉSIDENT

04

MOT DE LA DIRECTRICE

06

À PROPOS

08

PRÉSENTATION DES AVANCÉES DES SOUS-PROJETS

10

PROPULSION POUR DES OPÉRATIONS URBAINES SÉCURITAIRES,
SILENCIEUSES, ÉCOLOGIQUES ET EFFICACES (POUSSÉE)

16

AILE INTELLIGENTE ET LÉGÈRE POUR L'ENVIRONNEMENT (AILE)

22

AVIONIQUE MODULAIRE INTÉGRÉE POUR ÉCONAVIGATION (ÉCONAV-3)

28

MODULES PHOTONIQUES COMPACTS HAUTE FIABILITÉ POUR SYSTÈMES DE
NAVIGATION ET DE COMMUNICATION AÉROPORTÉS (AÉROP HI-FI)

34

PRÉSENTATION
DU CONSEIL
D'ADMINISTRATION

36

DERNIÈRES
NOUVELLES DU
COMITÉ D'AUDIT

38

DERNIÈRES NOUVELLES
DU COMITÉ DES GAINS
ENVIRONNEMENTAUX



MOT DU PRÉSIDENT

GHISLAIN LAFRANCE

La pandémie mondiale a durement mis à l'épreuve plusieurs secteurs économiques, mais plus particulièrement l'industrie de l'aéronautique. C'est dans un contexte comme celui-ci que le programme SA²GE, visant le développement de l'avion plus écologique, joue un rôle clé pour assurer le leadership du Québec dans un marché aéronautique mondial en pleine mutation.

Grâce au soutien de SA²GE et à la résilience des partenaires impliqués, des avancées importantes se sont concrétisées dans l'ensemble des sous-projets. Même aux prises avec les répercussions de la COVID-19, les partenaires impliqués dans SA²GE ont toujours été conscients du rôle qu'ils doivent jouer pour permettre une transition plus verte dans les transports aériens.

L'industrie aéronautique québécoise est reconnue pour son innovation, sa diversité et son avantage concurrentiel. La troisième phase du projet mobilisateur SA²GE permet de regrouper l'expertise des entreprises du secteur aéronautique, avec l'appui des PME, des centres publics de recherche et des universités du Québec. Au total, la phase 3 de SA²GE rassemble quatre projets. Ainsi, quatre partenaires et leurs cinq collaborateurs coopèrent pour développer des technologies porteuses. Ces sous-projets visent tous, à travers l'innovation et la mobilisation, une réduction significative de l'empreinte écologique de l'industrie aéronautique.

À titre de rappel, le sous-projet dirigé par Bell Textron conçoit un nouveau système de propulsion adapté aux opérations urbaines. Bombardier développe une aile intelligente pour avions d'affaires et CMC Électronique travaille sur un programme d'éconavigation et ses fonctions. Le sous-projet dirigé par TeraXion développe des modules photoniques de haute fiabilité pour systèmes de communications et de navigation aéroportés.

C'est pour moi un privilège d'avoir présidé pour une quatrième année consécutive le conseil d'administration du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique. Je suis honoré de pouvoir participer au renforcement stratégique du Québec et d'être au premier plan du développement vert pour la lutte contre les changements climatiques.

Par la même occasion, je désire exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui œuvrent de près ou de loin à la réalisation de la phase 3 de SA²GE. Je tiens également au nom du conseil d'administration à remercier nos partenaires et le gouvernement du Québec pour leur confiance et leur soutien. Leur appui financier permet la réalisation de ce projet mobilisateur, en plus de contribuer à l'économie d'ici.

Avec les avancements actuels de la troisième phase du projet, je suis persuadé que nous allons atteindre nos objectifs. Les préoccupations environnementales poussent l'industrie aéronautique à innover et à se transformer, et le Québec possède les outils et les entreprises pour relever le défi et ainsi demeurer un leader du secteur.

Ghislain LaFrance

Président du conseil d'administration

REGROUPEMENT POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AVION PLUS ÉCOLOGIQUE

Président et chef de la direction, TERAZION

MOT DE LA DIRECTRICE

DOMINIQUE SAUVÉ

Au cours de la dernière année, la troisième phase du projet mobilisateur SA²GE a progressé selon les attentes. Cette période a été chargée pour nos partenaires, mais ces derniers se sont encore une fois montrés à la hauteur du défi. Tous nos partenaires ont maintenu le cap vers des objectifs de développement durable.

Nos quatre partenaires industriels peuvent compter sur la collaboration de 6 centres de recherche; 6 universités; plusieurs stagiaires universitaires; et 13 PME québécoises. De nouvelles collaborations avec des universités et des PME locales ont d'ailleurs vu le jour au cours de la dernière année pour appuyer la réalisation des sous-projets. Les ressources allouées aux sous-projets se sont donc diversifiées et renforcées, démontrant ainsi la pertinence et l'intérêt porté à ces derniers. La mobilisation s'avère l'un des objectifs fondamentaux de SA²GE, tout comme l'innovation technologique, les gains environnementaux et les retombées économiques générées pour le Québec.

Je désire d'ailleurs profiter de cette tribune pour remercier le gouvernement du Québec pour avoir soutenu ce projet mobilisateur depuis ses tout débuts. Dans une période plus difficile pour le secteur aéronautique engendrée par la pandémie, le financement de SA²GE a permis d'appuyer les activités des différents sous-projets. La concrétisation de ce projet mobilisateur favorise l'innovation, stimule l'économie locale et appuie une industrie aéronautique plus verte, en mesure de contribuer à combattre le réchauffement climatique.

Avec la date de fin du projet au 31 mars 2023, la prochaine et dernière année de la phase 3 s'annonce occupée pour nos partenaires. Les travaux suivent leur cours tels que planifiés et seuls quelques objectifs techniques ont dû être ajustés en raison des répercussions de la pandémie. Les entreprises ont maintenu leur haut niveau de motivation et se sentent prêtes à relever les défis du sprint final de la phase 3 de SA²GE.

Dominique Sauvé

Directrice
**REGROUPEMENT POUR LE
DÉVELOPPEMENT DE L'AVION
PLUS ÉCOLOGIQUE**



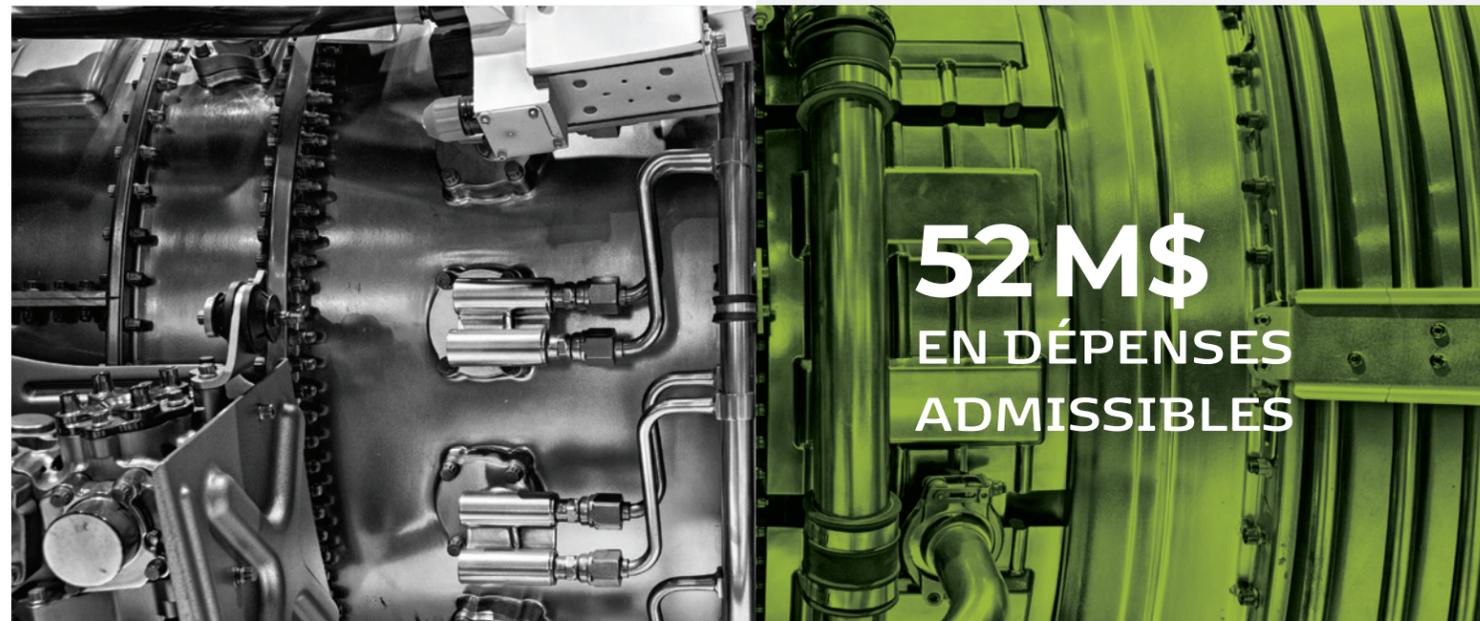
À PROPOS

Communément nommé SA²GE pour Systèmes aéronautiques d'avant-garde pour l'environnement, le projet vise le développement collaboratif de technologies innovantes et plus respectueuses de l'environnement.

La phase 3 du projet mobilisateur de l'avion plus écologique a été mise en place à l'automne 2018 en réponse à la volonté du gouvernement du Québec de maintenir la position concurrentielle du Québec en aéronautique et de maintenir les efforts de réduction de gaz à effet de serre.

À la suite d'un appel à projets mené par le ministère de l'Économie et de l'Innovation, les partenaires industriels sélectionnés pour faire partie de la phase 3 de SA²GE sont Bell Textron Canada limitée, Bombardier inc., CMC Électronique inc. et TeraXion inc. Les quatre partenaires industriels ont investi collectivement plus de 27 millions de dollars, portant la valeur totale du projet à plus de 52 millions de dollars en dépenses admissibles. L'aide annoncée du gouvernement s'élève à 25 millions de dollars sur trois ans.

LES COLLABORATEURS



Plusieurs partenaires industriels ont identifié des collaborateurs établis au Québec.

Comme leur nom l'indique, les collaborateurs travaillent en étroite collaboration avec les partenaires industriels, puisqu'ils participent au développement technologique et au financement d'une partie du projet. Ils négocient également la gestion de propriété intellectuelle qu'ils développent dans le cadre du projet. Les collaborateurs se distinguent des entreprises dans la mesure où bien qu'ils travaillent sous la direction d'un partenaire industriel, ils investissent directement dans le projet et bénéficient ainsi de subventions. Par conséquent, ils sont tenus de rendre des comptes au même titre que les partenaires industriels.

52 M\$
EN DÉPENSES
ADMISSIBLES

25 M\$

L'aide annoncée du gouvernement s'élève à 25 millions de dollars sur trois ans.

27 M\$

Les quatre partenaires industriels ont investi collectivement plus de 27 millions de dollars.

LES PROJETS MOBILISATEURS

Par l'entremise des projets mobilisateurs, le gouvernement du Québec soutient financièrement des entreprises privées afin qu'elles combinent leurs efforts pour mener à bien des projets de développement d'un produit, d'un procédé ou d'un service novateur en mobilisant des universités, des centres publics de recherche ainsi que des PME.

Le projet mobilisateur est administré par un organisme à but non lucratif, le Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique, qui est responsable de la reddition des comptes et de l'évolution des travaux dans le respect de la convention de subvention, ainsi que d'autres ententes régissant le projet. Cet organisme est gouverné par un conseil d'administration élu aux deux ans et siégeant plusieurs fois par année. Cette structure de gouvernance assure une gestion saine et efficace du projet, tout en facilitant les activités de développement afin d'obtenir l'impact désiré.

Le conseil d'administration est composé d'une majorité de partenaires industriels, ainsi que d'autres organisations telles que Aéro Montréal, le secrétariat de la grappe industrielle en aérospatiale du Québec, le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale du Québec (CRIAQ) et Air Canada qui représente la clientèle.

PRÉSENTATION DES AVANCÉES DES SOUS-PROJETS

○ Propulsion pour des opérations urbaines sécuritaires, silencieuses, écologiques et efficaces (POUSSÉE)



BOMBARDIER

○ Aile intelligente et légère pour l'environnement (AILE)



○ Avionique modulaire intégrée pour éconavigation (ÉcoNav-3)

TeraXion

○ Modules photoniques compacts haute fiabilité pour systèmes de navigation et de communication aéroportés (AéroP Hi-Fi)



Propulsion pour des opérations urbaines sécuritaires, silencieuses, écologiques et efficaces (POUSSÉE)

RAPPEL

Le sous-projet POUSSÉE vise le développement de technologies qui permettront la conception de nouveaux systèmes de propulsion pour les appareils à décollage vertical.

Les technologies sont étudiées sous trois aspects, soient l'efficacité énergétique, la réduction du poids et la réduction du bruit externe généré. L'objectif est de démontrer les bénéfices potentiels de ces technologies selon ces trois aspects à l'aide notamment de tests. Ensuite, les technologies les plus concluantes seront intégrées dans un prototype de système de propulsion qui servira de validation aux différents apprentissages faits durant le sous-projet. Une nouvelle planification approuvée en début d'année a permis de décaler certaines activités et d'ajouter un démonstrateur pleine grandeur du système de propulsion.

Le sous-projet POUSSÉE représente les premiers efforts directs de Bell Textron vers une réduction de l'empreinte carbone des véhicules à décollage vertical à l'aide de sources d'énergie alternatives.



AVANCÉES 2021-2022

Durant la dernière année, l'équipe de Bell a pu compléter les campagnes de tests portant sur l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction du bruit. Bell a aussi démarré les activités du démonstrateur final qui intégrera les technologies les plus prometteuses. Pour ce faire, de nouvelles collaborations avec des PME et centres de recherche québécois ont été mises en place. Le sous-projet POUSSÉE s'est imposé comme un moteur de développement et de maturation technologiques pour le groupe innovation. Encore une fois cette année, le projet représente un effort considérable pour le site de Mirabel, impliquant au total plus d'une centaine d'employés au sein de l'entreprise.

POURSUITE DES EFFORTS SUR L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA RÉDUCTION DU BRUIT

La campagne de test amorcée dans le cadre des travaux d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction du bruit s'est poursuivie à bon rythme et a pu finalement être complétée. Les collaborations mises en place avec l'université de Sherbrooke et la PME sherbrookoise Optis Engineering sont d'excellents exemples de la mise à profit du savoir-faire québécois dans le sous-projet POUSSÉE. L'équipe de Bell a aussi pu progresser dans l'analyse des données de tests de bruit d'hélice carénée et de moteur allégé à haute densité d'énergie (voir photo 2).

EFFORTS FINAUX SUR LA RÉDUCTION GLOBALE DU POIDS

La grande majorité des activités portant sur l'étude de nouveaux procédés de fabrication et des technologies d'allègement de poids sont maintenant terminées. En effet, les données de tests de plusieurs de ces études ont été analysées lors de la dernière année et plusieurs conclusions ont été rendues. Ces dernières ont permis d'orienter la conception du prototype final qui sera l'occasion pour l'équipe de valider l'application des meilleurs procédés étudiés. L'étude sur les éléments de protection contre les effets électriques et électromagnétiques ainsi que celle sur les systèmes de dégivrage et d'antigivrage, quant à elles, se poursuivent (voir photos 1, 3 et 4).

LES TRAVAUX SUR LE DÉMONSTRATEUR FINAL DÉMARRENT EN GRANDE POMPE

Durant l'année 2021-2022, la majorité des efforts du sous-projet se sont concentrés autour du démonstrateur final. Celui-ci consistera en un prototype d'un système de propulsion hybride-électrique. L'équipe a conçu le système, sélectionné les composantes de ce dernier et a même démarré les essais dits « fonctionnels ». Ces tests consistent essentiellement à vérifier que chaque composante du système répond de manière appropriée aux commandes soumises. Ces tests sont effectués au fur et à mesure que chaque composante est intégrée sur le banc d'essai.

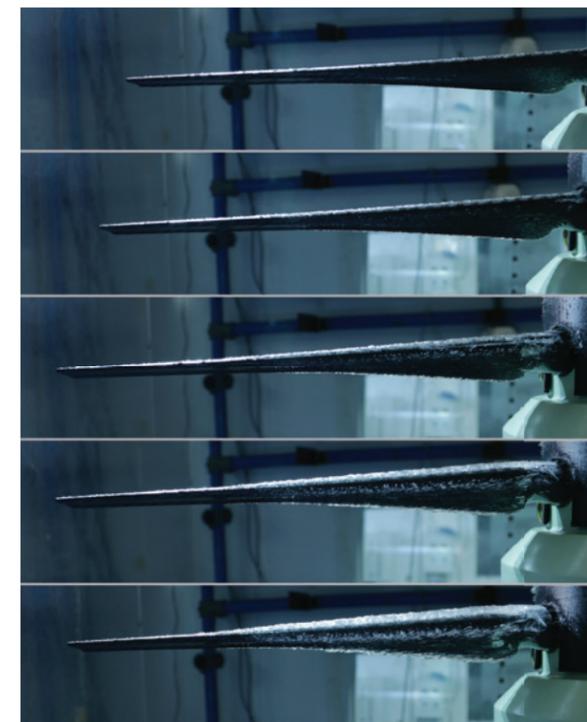


Photo 1. Tests d'accumulation de glace sur des rotors réalisés à l'Université du Québec à Chicoutimi conjointement par l'équipe de chercheurs universitaires et l'équipe de Bell. Les images représentent l'accumulation de glace à 5 instants lors d'une simulation d'un vol. L'équipe utilisera les données afin d'évaluer la variation de performance et les possibles moyens d'empêcher ou de retarder la formation de glace.

Le prototype du système de propulsion est constitué en majeure partie de composantes disponibles sur le marché à l'exception de la batterie et du système d'embrayage qui seront conçus sur mesure. D'ailleurs, une nouvelle entente de collaboration a été signée avec la PME Exonetik pour développer le système d'embrayage. Ce système mettra à profit les avantages des fluides magnétorhéologiques pour diminuer son poids ainsi qu'augmenter sa durabilité et son efficacité. Les caractéristiques uniques de ce nouvel embrayage permettront une fluidité et un contrôle inégalé lors des transitions entre les différents systèmes mécaniques.



QUE SONT LES FLUIDES MAGNÉTORHÉOLOGIQUES ?

Un fluide est qualifié comme étant « magnétorhéologique » lorsque sa viscosité varie à l'exposition d'un champ magnétique. À l'inverse, lorsque le champ magnétique est retiré, le fluide retrouve sa viscosité initiale. Cette capacité à modifier sur demande la viscosité d'un fluide a fait ses preuves pour plusieurs applications mécaniques, soient l'absorption d'impacts et la diminution de vibrations, l'embrayage ainsi que l'amortissement.



MOBILISATION

La mobilisation d'institutions de recherche et de PME québécoises demeure essentielle à la réalisation des activités du sous-projet POUSSÉE. Ainsi, comme mentionnée ci-dessus, une nouvelle collaboration a été mise sur pieds avec la PME Exonetik. C'est donc maintenant sept PME et huit institutions de recherche qui sont activement impliquées dans le sous-projet :

INSTITUTION DE RECHERCHE

Université de Sherbrooke

Étude des moteurs à haute vitesse tangentielle

Polytechnique Montréal

Revêtement de protection contre la foudre

Université McGill — Optimisation topologique multidisciplinaire

Université Laval — Étude des moteurs à haute vitesse tangentielle

Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

Solutions de dégivrage et d'antigivrage

Centre Multiservices pour l'industrie textile du Cégep Saint-Hyacinthe (GCTT) — Tressage de préforme sèche en fibre de carbone

Centre de Développement des Composites du Québec du Cégep Saint-Jérôme (CDCQ) — Moulage de pièces en composite par vessie

COALIA (anciennement Centre de Technologie Minérale et de Plasturgie du Cégep de Thetford-Mines — CTMP)

Matériaux haute performance par impression 3D & injection de plastique haute performance.

Université de Sherbrooke (GAUS)

Réduction du bruit d'hélice carénée

PME

Optis Engineering + Mecanum

Réduction du bruit d'hélice carénée

A7 Integration

Fabrication de maquettes pour test en soufflerie

Centre de Technologies Avancées (CTA)

Optimisation du groupe électrique pour un système de propulsion

Optimoule Inc — Fabrication de moules pour injection de plastique haute performance

Ruiz Aerospace — Fabrication de pièces composites tressées par injection de résine

Maya HTT — Développement et caractérisation du procédé d'injection de plastique haute performance

Exonetik — Développement d'un système d'embrayage à fluide magnétorhéologique

POURSUITE DES TRAVAUX SUR L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE

Avec la collaboration de Bombardier Aéronautique, l'équipe a pu terminer une première analyse du potentiel de réduction des GES des émissions à la suite du remplacement des fibres de carbone par des fibres de lin dans des pièces composites non critiques. Les résultats de cette analyse n'ont pas pu malheureusement confirmer directement la viabilité de cette application. Par contre, ce premier volet visait aussi à utiliser une étude de cas simple dans le but de familiariser l'équipe de Bell à la méthodologie standard à appliquer pour réaliser une analyse de cycle de vie complète, ce qui a été fait. Une deuxième étude est en cours et vise maintenant à quantifier le potentiel de réduction des GES qu'offrirait la propulsion hydrogène-électrique en développement lors d'un profil typique de vol.

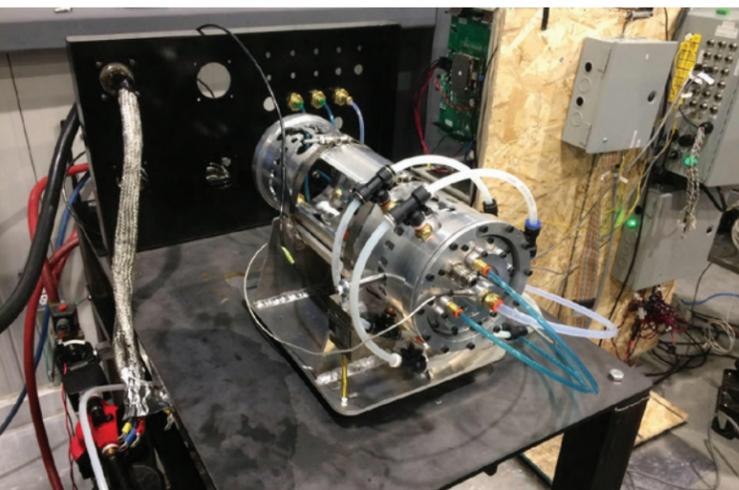


Photo 2. Banc d'essai des composantes du moteur à très haute densité de puissance
Fabrication et tests d'un nouveau prototype de moteur électrique à haute densité de puissance. Le projet est une collaboration entre Bell, l'Université de Sherbrooke et l'Université Laval. Le but du projet est de concevoir et de tester un prototype de moteur électrique jusqu'à deux fois plus léger que les meilleurs moteurs commercialisés à ce jour.



EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Pour la prochaine année, les efforts de l'équipe se concentreront autour de la poursuite et l'achèvement des tests du démonstrateur final dans un premier temps. Dans un deuxième temps, les données recueillies seront analysées afin de déterminer si les objectifs d'amélioration d'efficacité énergétique auront été atteints.

En parallèle, les quelques activités toujours en cours à l'extérieur du démonstrateur final seront elles aussi complétées et des rapports seront produits pour faire la synthèse des conclusions que l'on peut tirer de ces exercices.

L'analyse de cycle de vie portant sur la propulsion hybride sera elle aussi finalisée.



Mesures acoustiques d'un rotor caréné à propulsion électrique



BILAN GLOBAL

Le travail accompli par l'équipe du sous-projet POUSSÉE représente les premiers efforts directs de Bell Textron vers une réduction de l'empreinte carbone des véhicules à décollage vertical à l'aide de sources d'énergie alternatives, qu'elles soient hybrides ou pleinement électriques. Il faut aussi souligner que ces efforts sont essentiellement basés à Mirabel, malgré le fait que le siège social de l'entreprise se trouve aux États-Unis. Les projets d'électrification ont poussé Bell et ses partenaires à revisiter les concepts traditionnels d'appareils à décollage vertical, car l'électrification ne passe pas seulement par un simple changement de motorisation, mais aussi par des changements structurants au niveau de la configuration des appareils.

Dans la dernière année, plusieurs des technologies qui ont été développées et approfondies pourront permettre une réduction des GES à leur commercialisation. Tout d'abord, plusieurs développements liés aux matériaux et procédés permettront de réduire considérablement le poids des composantes. C'est le cas pour les nouveaux procédés de fabrication de pales par tressage de préforme en fibre de carbone qui ont permis de réduire le poids de pales de dimensions moyennes de près de 50 % par rapport aux modes traditionnels de fabrication. Des travaux relatifs à la préparation de surface des composites et de collage de composites permettront aussi d'atteindre un niveau de qualité et de répétabilité qui permettra de concevoir et construire des structures légères entièrement collées. Le retrait de connexions rivetées ou boulonnées permettra d'optimiser le transfert de charge dans les joints et ainsi en réduire le poids. De plus, à l'échelle de véhicules à décollage vertical, les données recueillies dans le projet sur les hélices carénées permettront de mieux comprendre cette technologie et d'en chiffrer les gains en performance qui se traduiront directement en potentiel de réduction des émissions de GES.

Le sous-projet a su maintenir le cap et suivre globalement le plan établi. La plupart des projets de développement de technologies se sont terminés au cours de la dernière année comme prévu et l'intégration des plus prometteuses d'entre elles se fera sur le prototype final. La conception de ce dernier a été complétée et l'équipe s'affaire maintenant à intégrer graduellement les composantes sur le banc d'essai afin de valider leur fonctionnalité avant de tester le système complet. Il est important de mentionner que malgré le fait que le sous-projet approche de la fin, les collaborations mises en place avec les partenaires se poursuivent et demeurent primordiales pour le sous-projet.

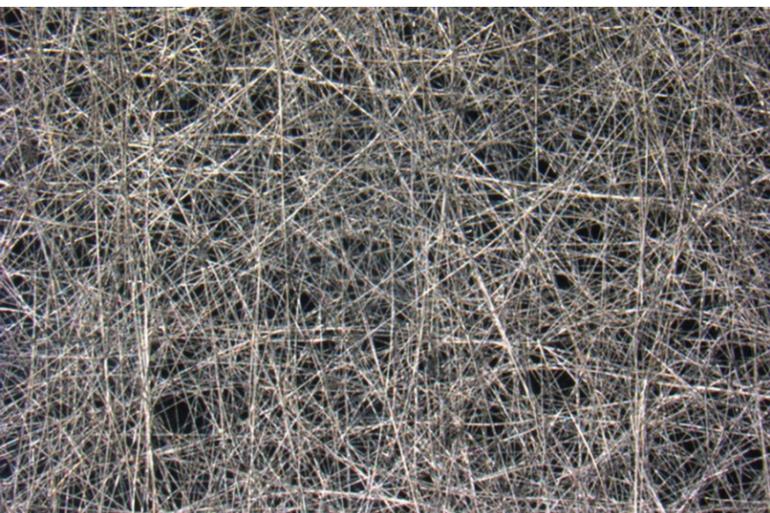


Photo 3. (a) Protection contre la foudre : revêtement de nickel sur fibre de carbone (4 fois plus léger que la solution de cuivre traditionnelle); vue agrandie 10 fois



Photo 4. Échantillon endommagé par l'impact de foudre

Tests des solutions de protection contre la foudre pour les matériaux composites réalisés à l'École Polytechnique de Montréal conjointement par l'équipe de chercheurs universitaires et l'équipe de Bell. L'approche permet de bien comprendre les phénomènes physiques et les capacités des solutions de protection.

Aile intelligente et légère pour l'environnement (AILE)

RAPPEL

Le sous-projet AILE vise à développer le concept d'aile à commandes de vol multifonctionnelles pour les avions d'affaires. L'introduction récente de la technologie des commandes de vol électriques, sur le *Global 7500* en 2018, a ouvert la voie à la synchronisation automatique des mouvements des volets et déporteurs. L'intégration fonctionnelle de ces deux systèmes de commande de vol mène à une configuration hypersustentatrice de l'aile plus performante ou plus légère et permet aussi d'introduire de nouvelles fonctions, entre autres pour alléger les charges aérodynamiques.

Les développements dans l'année précédente avaient démontré que le concept novateur de l'aile intelligente avec l'intégration fonctionnelle des volets et des déporteurs a bel et bien le potentiel de réduire de plusieurs centaines de livres le poids de l'avion, avec des gains environnementaux importants.



Photo 1. Partie électromécanique du banc d'essai dans les ateliers de Bombardier à Saint-Laurent. Visible en avant-plan est un des volets de la nouvelle aile. Le volet est fabriqué par PCM Innovation de Montréal. En dessous du volet se trouvent les actionneurs hydrauliques du système de simulation des charges aérodynamiques (pas encore attaché au volet). En avant du volet se trouvent les actionneurs électromécaniques du nouveau système d'actionnement de volets de Eaton Aerospace.



AVANCÉES 2021-2022

L'année 2021-2022 a été une année de progrès significatifs pour le projet AILE. En termes de résultats globaux, le fait marquant de l'année a été la mise en œuvre du banc d'essai dans les ateliers de Bombardier à Saint-Laurent en mars dernier.

PLUS SPÉCIFIQUEMENT :

- Bombardier se concentre sur le développement d'un système de commande de vol multifonctionnel qui intègre les fonctions des volets et des déporteurs. Ceci exige que les activités de conception de ces surfaces de commande de vol suivent une approche tout aussi intégrée — et ce, dans leurs aspects aérodynamiques, structurels et de conception de systèmes.

Après avoir terminé la conception structurelle détaillée des volets et déporteurs, l'effort s'est concentré sur la conception des éléments d'interfaces, notamment les carénages des volets et les différents joints d'étanchéité. Ces éléments sont soumis à de nouveaux requis dus à l'utilisation multifonctionnelle des volets et déporteurs et demandent une attention accrue.

Des analyses cinématiques et aérodynamiques ont mené à une étude comparative détaillée entre différents types de carénages des volets. Ceci a permis d'identifier un type de carénage qui, malgré son poids plus élevé et grâce à un avantage aérodynamique important, devrait nettement réduire la consommation de carburant.

Pour le système des volets, en étroite collaboration avec Eaton Aerospace, des études d'optimisation de l'architecture ainsi que de l'installation des actionneurs et des unités de contrôle électrique sur un avion virtuel générique ont été réalisées.

Un axe de développement important était aussi le logiciel de contrôle du système des commandes de vol et, en particulier, les nouvelles fonctions introduites pour les volets et les déporteurs. À part des analyses aérodynamiques pour valider les requis fonctionnels, un élément clé était la modélisation du système des commandes de vol et le développement d'un banc d'essai virtuel en étroite collaboration avec Thales Canada. Ceci a permis de tester le logiciel dans le fonctionnement du système intégré et de le faire avancer en maturité bien avant que le banc d'essai réel ne soit disponible.

Pour ce qui est de l'intégration et l'évaluation technologique de l'avion, un modèle de simulation de vol haute-fidélité a été réalisé, ce qui a permis de commencer l'évaluation

des nouvelles lois de commandes de vol en matière de performance, de robustesse et de sécurité. Des analyses des caractéristiques de vol ont permis de confirmer que le système de commande de vol multifonctionnel pourra répondre aux exigences strictes de sécurité de vol.

Finalement, une activité majeure a été le développement du banc d'essai du système intégré et son implantation. La première phase d'essais sur le banc a commencé depuis mars et porte principalement sur la synchronisation et la performance du nouveau système d'actionneurs de volet de Eaton Aerospace.

Chez Bombardier, plus de 120 ingénieurs et technologues ont travaillé sur le projet au cours de l'année écoulée. Aussi, Bombardier a engagé une dizaine de PME locales pour soutenir la construction et l'instrumentation du banc d'essai.

- Chez Eaton Aerospace, les travaux se sont poursuivis sur la conception détaillée des composants du système d'actionnement électrique de volets, y compris la conception mécanique et électrique des actionneurs. Une première version complète du logiciel de contrôle du système a été développée. Eaton a effectué la qualification sur un banc d'essai de développement de systèmes et de logiciels situés dans ses installations à Grand Rapids, Michigan. À la suite des essais du système, Eaton a fourni le matériel du système de volets et a soutenu leur installation et leur calibration sur le banc d'essai de Bombardier à Saint-Laurent.
- Thales Canada a travaillé en étroite collaboration avec Bombardier sur le développement du banc d'essai du système des commandes de vol. Des évolutions de la plateforme logicielle, de la suite d'outils et de l'environnement de test simulé se sont poursuivies pour réaliser l'installation du banc d'essai à la fin de 2021.
- Malgré un retard dû à des contraintes de personnel chez Bombardier, le développement d'un concept de manche de contrôle actif se poursuit avec Exonetik. De même, l'effort en vue de fabriquer et tester un démonstrateur du bras articulé du volet par impression 3D avec Fusia continue.

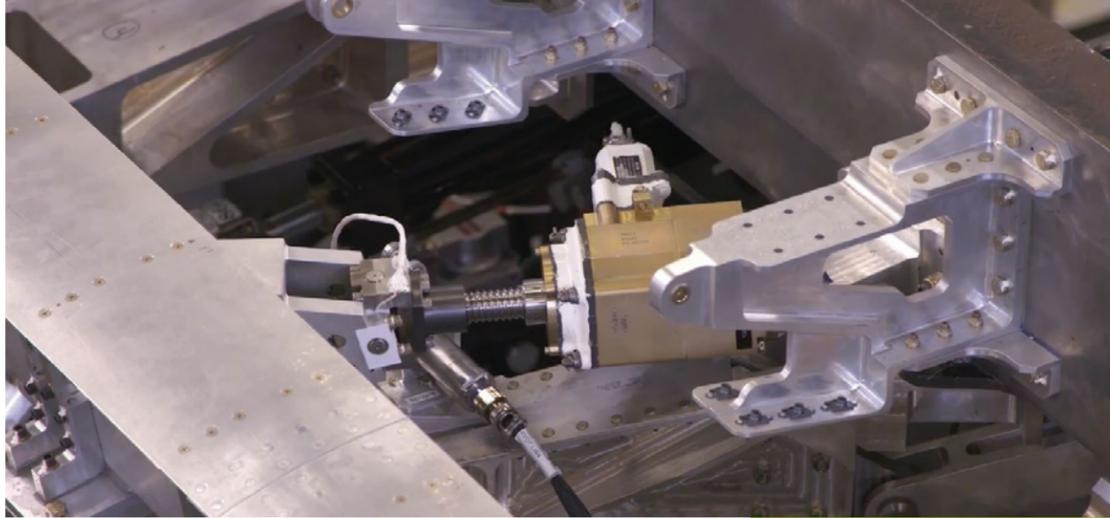


Photo 2. Un des actionneurs électromécaniques de Eaton Aerospace installé sur le banc d'essai.

MOBILISATION

En complément à ses développements technologiques, Bombardier continue à améliorer ses outils d'ingénierie, notamment en aérodynamique numérique et pour les essais structuraux.

Dans le domaine de l'aérodynamique numérique, des collaborations de Bombardier avec Polytechnique Montréal et l'Université McGill se sont poursuivies. L'équipe de l'Université McGill a fait progresser le développement de la simulation numérique de la transition entre les écoulements laminaires et turbulents. Polytechnique Montréal a développé une méthodologie plus robuste et efficace pour prédire la géométrie du givrage sur les bords d'attaque des ailes.

Dans le domaine des essais structuraux, un nouveau projet de Bombardier en partenariat avec le CTA et l'ÉTS a été lancé, qui vise à développer des méthodes et outils pour mesurer, calculer et corréliser les déformations structurales en exploitant des fibres optiques et la photogrammétrie (corrélation numérique d'image, ou DIC — *Digital Image Correlation*). Plusieurs succès d'exploitation ont été obtenus lors de tests statiques et en vibration sur un banc d'essai à Bombardier.

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Les activités pour l'année 2022-2023 porteront généralement sur la démonstration et vérification du système de commande de vol multifonctionnel.

Quant à Bombardier, les activités porteront principalement sur la validation des requis fonctionnels et de sécurité par simulation, la vérification du système de contrôle de vol multifonctionnel sur le banc d'essai et l'évaluation des qualités de vol par un pilote sur un simulateur de vol d'avion générique. Le projet devra se terminer au premier trimestre de 2023 avec la documentation technique et la revue de maturité TRL6.

Thales Canada continuera son étroite collaboration avec Bombardier à travers 2022 et au premier semestre de 2023. Durant cette période, ses activités vont se concentrer surtout sur le déploiement de plusieurs activités de test sur le banc d'essai du système des commandes de vol. À la suite de ces tests, des évolutions de la plateforme logicielle, de la suite d'outils et de l'environnement de test simulé se poursuivront les mois suivants, jusqu'à la clôture du projet.

Eaton Aerospace travaillera en étroite collaboration avec Bombardier sur la vérification sur le banc d'essai des performances du système d'actionneurs des volets, en opération normale et en cas de défaillances. L'amélioration du logiciel de contrôle du système d'actionneurs des volets, notamment pour la synchronisation et les fonctions de protection en cas de défaillances, sera poursuivie par Eaton Aerospace au fur et à mesure de la progression des tests sur le banc d'essai de Bombardier.

Dans le cadre du développement du manche actif, Exonetik et Bombardier se concentreront sur les activités de développement et validation de l'architecture ainsi que sur la conception détaillée des différents composants du système de manche actif. Plusieurs essais seront effectués à l'aide du prototype existant afin de valider les décisions de conception. De plus, un second prototype représentant l'architecture finale sera mis en œuvre et intégré au simulateur reconfigurable de Bombardier pour évaluation.

Quant au démonstrateur de la fabrication additive métallique, la conception détaillée doit être achevée et l'intégrité structurale évaluée pour les conditions de chargement requises par Bombardier. Les dessins de la pièce seront envoyés à FusiA pour être imprimés en 3D. La pièce sera assemblée et testée sur un banc d'essai pour valider les techniques de modélisation et de conception des pièces.



BILAN GLOBAL

Cette année le sous-projet AILE a progressé de nouveau de façon importante. De multiples progrès technologiques ont été réalisés au cours de l'année en collaboration avec les partenaires industriels : l'architecture et les logiciels du système de commande de vol multifonctionnel ont été définis et ont permis, par la simulation numérique des caractéristiques de vol d'un démonstrateur virtuel d'avion d'affaires, de confirmer que les exigences strictes de sécurité de vol pourront être respectées.

Ces activités ont également permis de mettre en œuvre le banc d'essai intégré dans les ateliers de Bombardier en mars 2022 et de commencer ensuite la première phase de test. Les tests sur le banc d'essai et les tests de vol virtuel sur un simulateur de vol visent à démontrer la performance du système de commandes de vol multifonctionnelles et les qualités de vol d'un avion virtuel générique. Ensemble, ces tests devront permettre de démontrer la maturité technologique TRL6 à la fin du projet au premier trimestre de 2023.

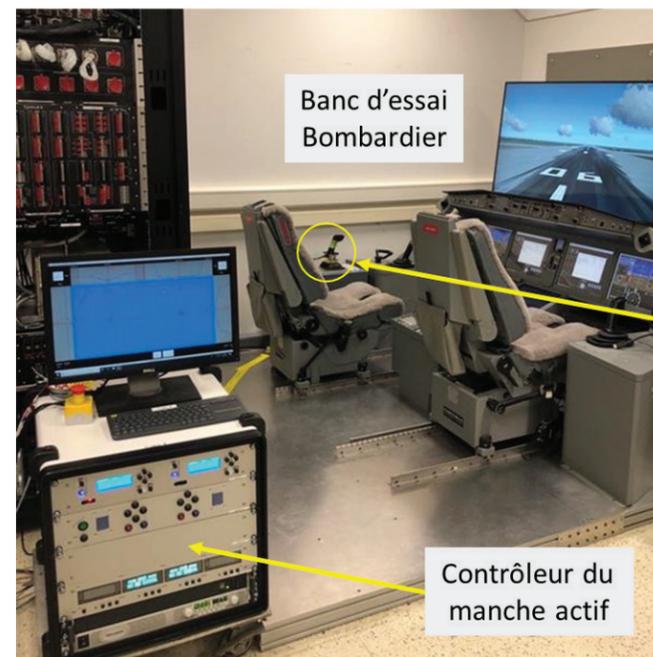


Photo 3. Premier prototype du manche de contrôle actif avec la technologie magnétorhéologique de Exonetik intégré au banc d'essai de Bombardier.



Photo 4.

BOMBARDIER

BOMBARDIER

EXONETIK

PME québécoise établie à Sherbrooke, Exonetik conçoit et fabrique des actionneurs à fluide magnétorhéologique, ainsi que des turbines de céramique en compression. Dans le cadre de SA²GE-3, Exonetik collabore avec Bombardier sur le développement d'un prototype de manche à contrôle actif.



THALES

Bien connue de l'écosystème de SA²GE pour avoir été partenaire industriel dans les phases 1 et 2, Thales est aussi un collaborateur de Bombardier dans SA²GE-3. Faisant partie d'un groupe multinational d'origine française œuvrant dans de nombreux secteurs industriels, Thales Canada conçoit des systèmes de contrôle pour les avions et travaillera avec Bombardier à définir une nouvelle architecture du système de contrôle de vol pour permettre d'optimiser l'aérodynamique de l'aile.



FUSIA IMPRESSION 3D MÉTAL

Fusia est une PME située à Saint-Eustache spécialisée dans la fabrication additive (impression 3D) de pièces métalliques. Elle collabore avec Bombardier sur des pièces de volets qui contribueront à une réduction du poids de l'aile.

EATON

Multinationale spécialisée dans la gestion de l'énergie, c'est sa division aéronautique et plus particulièrement, carburant et systèmes de contrôle, qui investit au Québec dans le sous-projet AILE de Bombardier. Eaton collaborera au développement du système d'actionnement de l'aile innovante.



Avionique modulaire intégrée pour éconavigation (ÉcoNav-3)



Photo 1. Interface usager classique (écran non tactile) de type MCDU (14 lignes de 24 caractères). L'unité est située dans une console entre les deux pilotes.

AVANCÉES 2021-2022

CMC a réorienté ses activités selon la révision de l'annexe A, approuvée en mars 2021. Le projet a progressé selon la perspective annoncée au rapport précédent avec toutefois un déploiement moins rapide que prévu pour ce qui est des tests externes et de la procédure de réduction de bruit, ainsi qu'un ajustement majeur de ROPA.

Les données de marché et de missions ont été précisées avec pour effet que le sous-projet devra revoir à la baisse sa prévision de réduction de consommation de carburant par vol, malgré ce qui avait été annoncé l'an dernier. Les impacts environnementaux, dont la réduction des GES, seront principalement liés à une réduction de masse entraînée par la virtualisation des fonctions.

CMC

CMC a continué le développement du logiciel du système de gestion de vol FMS, en particulier par des activités de révision et de corrections de la nouvelle interface utilisateur du FMS afin de s'assurer que l'implémentation soit homologable tant pour les aspects d'ergonomie que pour ceux de normes de développement logiciel embarqué d'aviation (RTCA DO-178C).

L'équipe de développement a soumis cette nouvelle interface utilisateur de l'écran tactile à l'évaluation de pilotes et experts internes. CMC travaille présentement à l'intégration des recommandations d'une firme spécialisée en interfaces tactiles, notamment en ce qui concerne des améliorations à la bibliothèque d'éléments graphiques « widgets » et la disposition de ces éléments graphiques sur les pages de l'interface.

Par ailleurs, une ébauche d'interface utilisateur soutenant la définition d'une procédure de vol à faible bruit a été soumise à un fabricant d'hélicoptères européen et la réalisation de ce prototype devrait suivre au cours des prochains mois, en fonction des rétroactions de ce partenaire.

RAPPEL

CMC Électronique, Marinvent, l'École de technologie supérieure et l'université Concordia collaborent sur un projet d'éconavigation. Ce projet vise la création de nouvelles fonctions de navigation réduisant ainsi l'empreinte écologique du transport aérien et améliorant la fluidité du trafic. Ce sous-projet de SA²GE-3 est réalisé en continuité du sous-projet mené par CMC dans la phase 2 de SA²GE.

En conséquence de la pandémie et du déclin brutal du transport aérien, le sous-projet a été amendé en 2020-2021 pour permettre à CMC et Marinvent de réorienter leurs efforts vers des marchés dorénavant plus porteurs. CMC se concentre maintenant sur les fonctions suivantes du système de gestion de vol :

- FMS pour avions d'entraînement avec fonctions évoluées et nouvelles fonctions spécifiques ;
- Vol parfait amené au TRL 6 ;
- Commande tactile combinant la carte graphique ;
- Procédure d'optimisation des trajectoires des hélicoptères afin de réduire le bruit.

Le développement de deux applications sera également poursuivi :

- Système ROPA (Route Optimization and Planning Algorithms) : permettra de fournir de l'information stratégique aux pilotes pour demander une modification de la route aérienne intégrant les données météo et le plan de vol. Ce projet est mené par le collaborateur Marinvent ;
- Application de maintenance intégrée (AMI) de CMC pour la transmission en temps réel de données avioniques.



Photo 2. Interface usager avec écran tactile de grandes dimensions, ne nécessitant pas d'unité physique dédiée, mais étant plutôt hébergée dans une plateforme avionique modulaire intégrée (AMI), et occupant une portion de l'affichage principal de chaque pilote.

MARINVENT

L'intérêt grandissant envers l'autonomie des aéronefs et la mobilité aérienne urbaine forcent à reconsidérer l'approche initiale de ROPA. Ce système d'optimisation qui devait recommander une route doit faire la transition vers un système automatique de coordination du trafic (« deconflition »), donc intégré au système de pilotage automatique. Notre équipe a conclu que le recours aux modèles d'évitement traditionnels n'est pas approprié en tant que méthodologie de sécurité et n'est donc pas souhaitable à l'heure actuelle.

Par conséquent, Marinvent a l'intention d'utiliser la coordination du trafic comme objectif logiciel pour permettre la navigation d'un point A à un point B avec un minimum de trafic conflictuel et ainsi éviter la gestion des conflits. Il s'agit d'une solution appropriée à un problème auquel tout le trafic aérien est confronté. Cette solution est réalisable et pourra être démontrée conformément à la planification du projet.



Photo 3. Interface usager avec écran tactile remplaçant l'interface classique. Aussi située entre les deux pilotes.

MARINVENT

Marinvent est une PME québécoise offrant des services de conseils, de formation, d'outils et de propriété intellectuelle aux entreprises du secteur aérospatial dans le but de faciliter leur capacité d'innovation. Dans le cadre de SA²GE-3, Marinvent collabore avec CMC Électronique sur deux de ses activités de développement, en connectant l'application ROPA (Route Optimization and Planning Algorithms).



MOBILISATION

CMC a fait appel à la firme Cognitive, spécialisée en interfaces tactiles, afin de solutionner certains aspects pointus de l'ergonomie du nouveau FMS. Leur participation a permis d'adopter certaines conventions d'interface graphique plus près d'interface grand public, tout en continuant de respecter les normes de l'aviation (telles SAE ARP 60494).

Afin de tester cette nouvelle interface utilisateur, CMC compte, lors de la prochaine année, mettre à contribution le laboratoire du LESIAQ, qui bénéficie d'une plateforme permettant des tests opérationnels en conditions de vibration.

Des étudiants de l'université Concordia seront probablement appelés à compléter l'intégration du logiciel ROPA de Marinvent avec le FMS, pour que celui-ci puisse accepter des modifications au plan de vol calculées par ROPA.

CMC entamera des discussions afin de confier à une université partenaire, en partie, le calcul de la valeur des gains environnementaux du projet révisé.

Également, l'intégration de la procédure de vol à faible bruit dans le logiciel du FMS sera allouée à des étudiants, travaillant sous la supervision d'un ingénieur de CMC.



MARINVENT

Marinvent a déménagé son simulateur au Centre technologique en aérospatiale (CTA) pour y effectuer une partie des activités liées au projet. Le CTA gagne en visibilité globale ainsi que spécifique auprès des partenaires du projet.

Grâce au projet, Marinvent a procédé à une embauche directe l'an dernier et s'apprête à en effectuer une deuxième : une chercheuse travaillant au projet depuis deux ans en tant que titulaire de maîtrise sera embauchée cet été à la fin de ses études.

Jusqu'à présent, Marinvent a établi des relations de recherche avec l'Université Concordia et le Collège militaire royal. La collaboration avec le Collège militaire royal se poursuivra jusqu'à la fin du projet. Marinvent prévoit continuer à soutenir ces activités.

« Depuis 2020, Marinvent Corporation soutient ma recherche de thèse de doctorat axée sur l'analyse des risques d'intégration des systèmes d'aéronefs sans pilote dans un environnement d'espace aérien partagé. Les connaissances et le soutien fournis par Marinvent ont permis le développement de nouvelles approches à ce problème complexe, notamment en tirant parti des techniques de représentation des connaissances et des outils d'apprentissage automatique. Les résultats de cette recherche démontrent les avantages potentiels de l'exploration de l'utilisation des techniques de représentation des connaissances en combinaison avec les mégadonnées de l'aviation pour approfondir l'expertise de recherche du Canada dans l'analyse des risques des aéronefs sans pilote. »

NICOLAS VINCENT-BOULAY

Étudiant du 3^e cycle du Collège militaire royal du Canada en génie aérospatial

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

Au cours de la prochaine année, CMC entend compléter le développement et la validation du logiciel de FMS pour avions d'entraînement, incluant les évaluations en conditions de vibrations. Le partenaire européen prévoit également débiter la mise en place de la procédure de réduction de bruit. Pour ce faire, CMC envisage de mobiliser une université ou un centre de recherche pour une portion des travaux. Enfin, CMC finalisera le plan d'intégration du logiciel de Marinvent, ROPA.

MARINVENT

Du côté de Marinvent, le collaborateur prévoit débiter la création et les tests du logiciel d'évitement de conflits, présenter les résultats des tests afin d'évaluer la pertinence dans la réalité aérienne présente et future et terminer la planification de l'intégration avec CMC.



BILAN GLOBAL

CMC a continué les activités de développement de la nouvelle génération du système de gestion de vol tout en faisant appel à des experts en ergonomie pour résoudre certains détails pointus. L'évolution de l'interface utilisateur permet d'héberger le système de gestion de vol dans différents types de calculateurs, soutenant différentes tailles et types d'écran, tout en minimisant les adaptations nécessaires.

Ces nouvelles fonctions feront évoluer deux produits phares de l'entreprise, soient les logiciels de système de gestion du vol (FMS) et la plateforme multifonctionnelle à écran tactile (TSCU). De plus, la technologie développée sera exploitée par un partenaire européen dans le cadre de CleanSky avec un objectif de réduction de l'empreinte de bruit des hélicoptères de l'ordre de 20 %.

MARINVENT

À un moment où l'industrie aérospatiale était dévastée par la pandémie, le financement de SA²GE-3 a permis à Marinvent de poursuivre ses investissements en recherche et en développement, bien qu'à un rythme plus lent que prévu. Le principe derrière ROPA a été revu pour pouvoir s'intégrer au pilotage automatique. La technologie que Marinvent développe comprend des applications d'intelligence artificielle et de simulation qui contribueront à l'avènement des véhicules aériens autonomes. Ces technologies suscitent déjà un intérêt commercial externe.



QU'EST-CE QUE LA NORME RTCA DO-178C ?

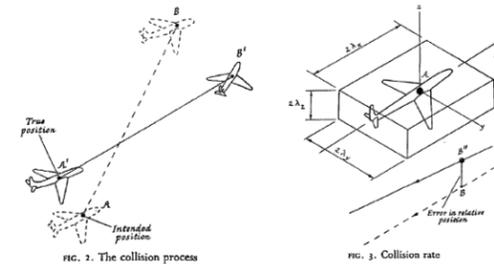
La norme RTCA DO-178C (*Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification*) mise en application par la Federal Aviation Administration (FAA—États-Unis) et Transports Canada, Aviation civile, fixe les conditions de sécurité applicables aux logiciels critiques de l'avionique dans l'aviation commerciale et l'aviation générale. Elle précise notamment les contraintes de développement liées à l'obtention de la certification d'un logiciel d'avionique, dont le FMS. Elle présente 5 niveaux de criticité.

Plus le niveau de criticité est proche du niveau A, plus le nombre d'objectifs à atteindre est élevé, et conséquemment plus l'effort de développement et certification est substantiel.

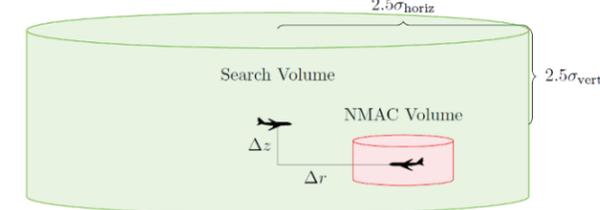
Pour ce qui est d'un système de gestion de vol, traditionnellement le niveau C était imposé (*système dont la défaillance peut provoquer un problème majeur entraînant un dysfonctionnement des équipements vitaux de l'appareil*). Plus récemment, l'incorporation de certaines fonctions critique dans le FMS peut faire en sorte que le niveau B soit imposé (*système dont la défaillance peut provoquer un problème dangereux entraînant des dégâts sérieux voire la mort de quelques occupants*).

Les activités de développement et de certification du FMS requièrent donc des efforts considérables en termes de temps, entre autres, pour tester, valider, solutionner les problèmes et retester afin de respecter les exigences de la RTCA DO-178C. Il est important de réaliser que les risques technologiques incluent les éléments de certification exigés par la DO-178C, c'est-à-dire qu'une solution technique n'est viable que lorsque les exigences de la DO-178C sont respectées.

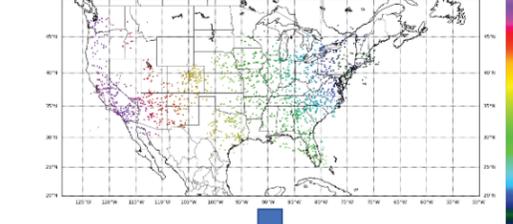
Principe simplifié du problème d'évitement de collision



Approche généralisée du modèle Reich pour l'évitement des collisions



Aperçu de la complexité de l'espace aérien en raison du volume de trafic



Le vol libre n'est PAS la réponse du point de vue des risques

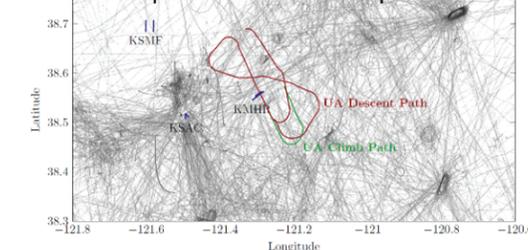


Figure 1. L'évitement de collision dans le contexte du vol libre n'est pas la meilleure solution. Au lieu de cela, l'utilisation d'un espace aérien sans conflit réduit considérablement les risques et simplifie le problème d'évitement (tracés de la NASA vers l'autonomie des véhicules).

AéroP Hi-Fi : Modules photoniques compacts haute fiabilité pour systèmes de navigation et de communication aéroportés

RAPPEL

Le sous-projet dirigé par TeraXion vise à franchir une étape supplémentaire dans le développement de modules photoniques pour deux applications aéros spatiales, soit les communications radiofréquence (RF) photoniques et les gyroscopes à fibre optique. Ces applications requièrent des modules compacts, légers et à faible consommation de puissance dans des conditions environnementales exigeantes. Le projet vise une démonstration de modules haute fiabilité atteignant un niveau de maturité TRL-6, démonstration qui inclura des tests environnementaux complets.

Le module photonique radiofréquence (RF) haute fiabilité est destiné aux liens de communications analogiques à haut débit. Ce module pourra transmettre, recevoir ou convertir des signaux RF par voie optique. En plus de repousser les limites de bande passante des systèmes RF au-delà de 40 GHz, le module permettra de remplacer les câbles coaxiaux en cuivre dans les avions par des fibres optiques beaucoup plus légères.

La source laser multifréquence haute fiabilité sera utilisée dans un gyroscope de nouvelle génération et permettra de réduire le poids du système de navigation, tout en améliorant sa performance.

AVANCÉES 2021-2022

VOLET SOURCE LASER MULTIFRÉQUENCE

L'année qui vient de se terminer a été très chargée du côté de la source laser multifréquence haute fiabilité. En effet, TeraXion a mené en parallèle deux activités de prototypage qui permettent d'atteindre des objectifs complémentaires : l'augmentation de la performance optique et le maintien de cette performance face à des conditions environnementales exigeantes.

La première activité de prototypage a porté sur une version à haute performance de la source laser multifréquence. Ce prototype, livrable à la fin de l'été 2022, doit démontrer un bruit de fréquence environ 10 fois inférieur à celui des prototypes déjà fabriqués par TeraXion, augmentant la précision du système. Après avoir démontré par simulation que cette amélioration était possible, TeraXion a complété les activités de conception de cette version haute performance de la source et a débuté l'assemblage des premiers sous-systèmes qui la constituent. Comme ces assemblages sont très délicats et doivent être faits avec grande précision, TeraXion a fabriqué une maquette de la source laser, présentée à la photo 1, afin de réduire les risques associés à cet assemblage. Les méthodes et procédés ont donc été ajustés en fonction des conclusions de cet exercice. Il est à noter que les

contraintes de dimensions ont été relâchées pour ce prototype, puisqu'il servira principalement à une démonstration de performance.

Cette source est basée sur un tout nouveau module optique incluant des versions améliorées des puces laser et des puces photoniques sur silicium, ainsi qu'un filtre optique sur élément piézo-électrique conçu par l'Institut national d'optique (INO). Ces améliorations devraient permettre à la source de générer des signaux optiques à très faible bruit et sans diaphonie optique.

Ce prototype sera également le premier à inclure un circuit électronique divisé en deux parties : le premier circuit, appelé carte intégrée, comprend les circuits qui doivent demeurer courts et se retrouver près du module optique, afin que les délais électroniques soient réduits au minimum. Le second circuit, appelé carte de support, inclut principalement les fonctions d'alimentation et de communication de la source. À terme, le contenu de la carte de support sera incorporé au circuit de contrôle du gyroscope final. Comme le circuit présent sur la carte de support remplacera un circuit similaire qui existe déjà dans le gyroscope, ce transfert n'ajoutera pas de poids au système global.



QU'EST-CE QU'UN NIVEAU DE MATURITÉ TRL-6 ?

Le concept de niveau de maturité technologique (*Technology Readiness Level* ou TRL) a été développé par la NASA dans les années 1970 et un guide des meilleures pratiques a été émis en 2020. Les neuf niveaux TRL servent à décrire le niveau de maturité d'une technologie tout au long de son développement, passant de la recherche appliquée sur les principes de base au niveau 1 jusqu'à sa pleine maturité et son déploiement opérationnel réussi au niveau 9. Dans le cadre de son sous-projet SA²GE-3, TeraXion vise l'atteinte du niveau TRL-6, qui consiste à démontrer des modèles ou des prototypes de ses modules photoniques hautement fidèles qui soient fonctionnels, performants et fiables dans un environnement significatif permettant de couvrir tous les enjeux de la mise à l'échelle.

D'après les informations présentées dans les sites internet de la NASA et d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada.

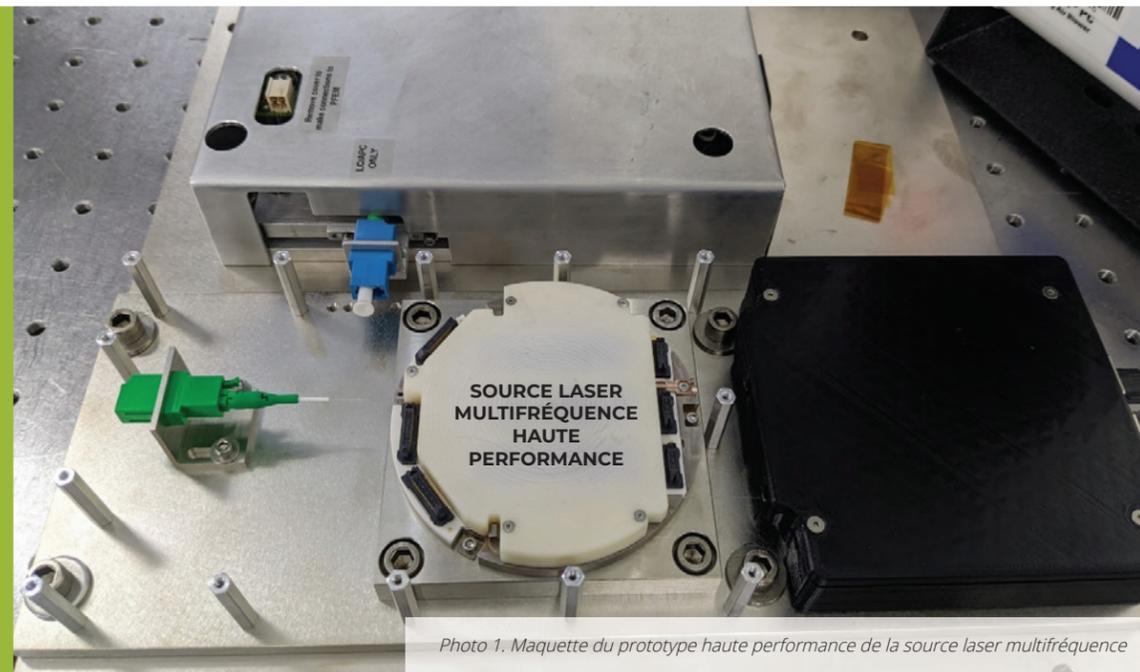


Photo 1. Maquette du prototype haute performance de la source laser multifréquence

TeraXion a mis à jour le design de la source laser multifréquence haute fiabilité finale en y incluant seulement la partie intégrée de l'électronique. Le transfert de la partie support permet ainsi de retrancher une quinzaine de grammes au poids de la source laser multifréquence comparativement au poids atteint par la source à la fin de la phase 2 de SA²GE. Il passera donc de 65 à 50 g alors que la hauteur du module passera de 22,5 mm à environ 13 mm, ce qui réduira de 40 % le volume total occupé par la source. La figure 1 montre une représentation de ce nouveau design final plus compact et plus performant.

La deuxième activité de prototypage consistait à mettre à jour le prototype de qualification fabriqué en 2020. Bien que ce prototype serve principalement à la préqualification environnementale de la source, cette version améliorée devait également servir à confirmer un niveau d'atteinte intermédiaire des performances optiques souhaitées pour l'unité haute fiabilité finale. Certaines améliorations ont donc été apportées au circuit optique du prototype de qualification, notamment l'utilisation de nouvelles puces laser à plus faible bruit. Cette source améliorée a été livrée en novembre 2021 et est présentement fonctionnelle dans le gyroscope du client industriel de TeraXion, maintenant la performance optique visée sur une plage de température de moins de 40 à plus de 60 °C.

Encouragés par le succès de ces tests, TeraXion et son client industriel ont débuté un exercice d'exploration des stratégies de fabrication en volume de la source laser multifréquence. Cet exercice constitue la première étape des activités d'industrialisation en vue d'une commercialisation du produit.

VOLET MODULE PHOTONIQUE RF

Au cours de la dernière année, TeraXion a complété les activités de conception des modules photoniques RF TRL-6 transmetteur (Tx) et récepteur (Rx) haute fiabilité. Les différentes pièces nécessaires à la fabrication des configurations Tx ou Rx ont été achetées ou fabriquées selon les plans. Les problèmes de chaîne d'approvisionnement ont cependant rendu très difficiles la sélection et l'achat des pièces : certains composants ont été reçus avec beaucoup de retard, tandis que des solutions de remplacement ont dû être trouvées pour certaines pièces qui n'étaient plus disponibles. Ces difficultés, jumelées à une disponibilité très réduite des ressources nécessaires pour l'assemblage, ont malheureusement retardé la fabrication des modules de quelques mois.

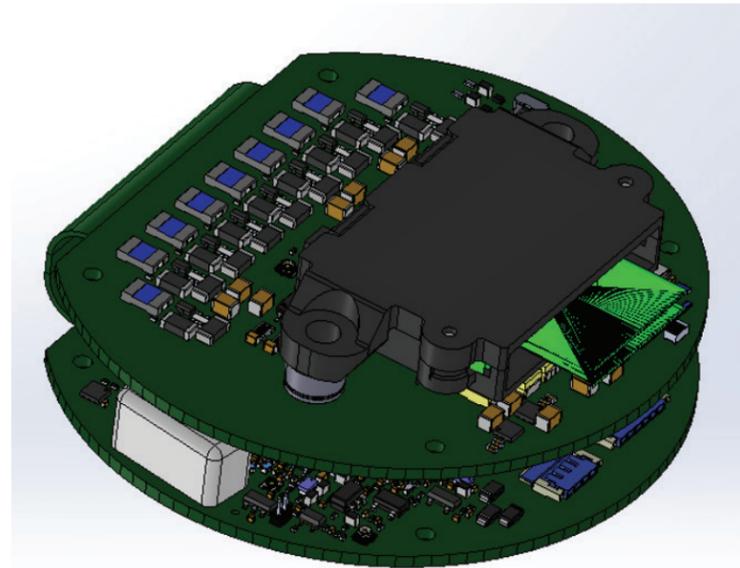


Figure 1. Représentation de la version de la source laser multifréquence haute fiabilité finale, diamètre 60 mm, hauteur 13 mm (carte intégrée seulement).

TeraXion a cependant pu compter sur la contribution de l'équipe de l'Université McGill pour faire progresser les travaux sur le module photonique RF. TeraXion a fourni des échantillons de modulateurs de phase sur silicium et un prototype « alpha » du module photonique RF Rx à l'équipe de McGill, qui leur ont fait subir des tests exhaustifs afin de bien comprendre leur performance, d'identifier leurs limites et de suggérer des améliorations. Un problème avec le contrôleur de biais de l'un des modulateurs du prototype « alpha » a d'ailleurs été détecté durant ces tests, problème qui sera corrigé dans la version finale des modules. Les résultats de ces tests se retrouvent dans le mémoire de maîtrise en génie électrique de M. Adam Helmy, dont le dépôt est prévu en avril 2022.

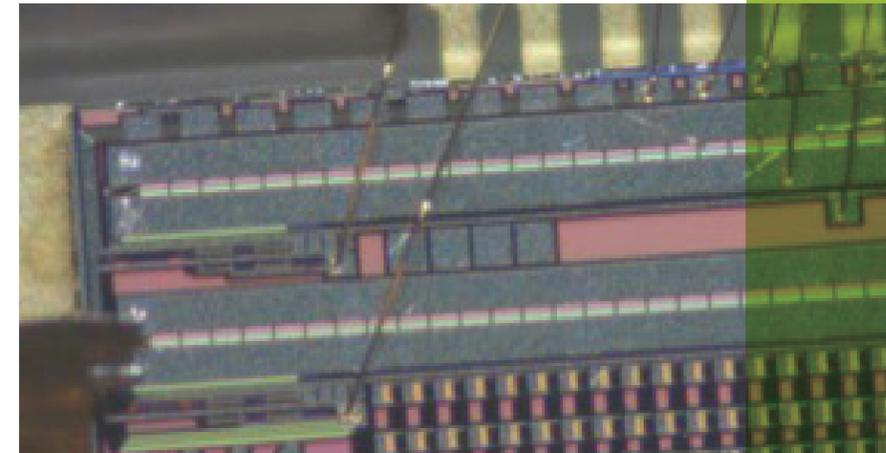


Photo 2. Modulateurs photoniques sur silicium en cours de caractérisation à l'Université McGill © Adam Helmy, 2022.

À la suite de ces travaux, TeraXion a effectué une nouvelle série de tests environnementaux sur le prototype « alpha », dont un cyclage thermique de 100 cycles de moins de 40 °C à plus de 85 °C, avec une rampe de 3 °C par minute et sans condensation. Le module ainsi testé a été retourné à l'Université McGill et sera recaractérisé au cours de l'été 2022. Cet exercice permettra d'identifier et de corriger les éléments qui pourraient nuire à l'atteinte du niveau de maturation technologique TRL-6.

Le nouveau modulateur de phase sur silicium à bande passante de 40 GHz conçu par l'Université McGill a été fabriqué et reçu à l'automne 2021. Un nouveau banc de test à couplage par le bord (« edge coupling ») a été conçu par l'équipe de McGill et est en cours d'assemblage à son laboratoire. Une fois complété et fonctionnel, ce système sera utilisé pour caractériser les nouveaux modulateurs de McGill et de TeraXion, ce qui mènera au choix du modulateur qui sera intégré au module photonique RF final.

MOBILISATION

Les collaborations en cours avec les entreprises mobilisées EHVA et Six Métriques, de même qu'avec l'Université McGill et l'Institut national d'optique (INO), se sont poursuivies au cours de la dernière année. L'excellent travail de ces collaborateurs mobilisés a contribué significativement à la progression des différentes activités du sous-projet de TeraXion. De plus, des retombées tangibles de SA²GE-3 peuvent déjà être observées chez ces collaborateurs : grâce à sa participation au sous-projet de TeraXion, l'Université McGill a pu se doter d'un banc de tests à couplage par le bord qui pourra servir à ses activités de recherche en photonique sur silicium. À la suite de leur implication dans SA²GE, EHVA et l'INO prennent maintenant part à d'autres projets de développement et d'industrialisation liés à la photonique intégrée chez TeraXion.

EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE

La prochaine année s'annonce très occupée, puisque TeraXion colligera et analysera toutes les informations obtenues à partir des différents prototypes fabriqués en 2021-2022 et complétera la conception des versions haute fiabilité de la source laser multifréquence et du module photonique RF. TeraXion fabriquera ensuite les unités finales des modules et les caractérisera pour confirmer l'atteinte du niveau de maturité technologique TRL-6. TeraXion s'attend à de nombreux défis durant l'année qui vient, mais elle est prête à les relever !



BILAN GLOBAL

TeraXion se maintient parmi les chefs de file en intégration photonique grâce à ses technologies novatrices de lasers à très faible bruit, de puces photoniques sur silicium et d'électronique compacte de haute performance. Bien que le développement de ses modules photoniques haute fiabilité progresse à un rythme soutenu, TeraXion s'attend à faire face à des défis importants au cours de la prochaine année : la pandémie toujours présente, de même que la pénurie de pièces électroniques qui tarde à se résorber, pourraient causer un ralentissement des activités du sous-projet. Une amélioration de la situation mondiale combinée à des efforts accrus devrait toutefois permettre à TeraXion d'atteindre tous ses objectifs et de compléter le sous-projet selon l'échéancier prévu.

La société américaine indie Semiconductor a fait l'acquisition de TeraXion à l'automne 2021. indie Semiconductor est un fournisseur de solutions innovantes dans le domaine des systèmes d'aide à la conduite et des véhicules autonomes. Les technologies avancées de laser et photonique intégrée de TeraXion, développées depuis 2015 grâce au soutien de SA²GE, seront ainsi adaptées et intégrées aux futures plateformes automobiles de indie Semiconductor. L'implication de TeraXion dans des domaines autres que l'automobile est fortement encouragée par indie Semiconductor : TeraXion continuera donc à développer et offrir ces technologies dans des secteurs de pointe comme la détection optique, l'informatique quantique et l'aérospatiale.

PRÉSENTATION DU CONSEIL D'ADMINISTRATION



Ghislain Lafrance
PRÉSIDENT DU CONSEIL
D'ADMINISTRATION ET
MEMBRE DU COMITÉ EXÉCUTIF
*Président et chef de la direction,
TeraXion*



Houssam Alaouie
VICE-PRÉSIDENT
ET MEMBRE DU COMITÉ D'AUDIT
*Directeur, Programmes de recherche
et développement et Relations avec les
institutions d'enseignement supérieur, CAE*



Suzanne Benoit
TRÉSORIÈRE, MEMBRE DU
COMITÉ EXÉCUTIF ET PRÉSIDENTE
DU COMITÉ D'AUDIT
*Présidente – directrice générale,
Aéro Montréal*



Alain Aubertin
ADMINISTRATEUR
*Président – directeur général, Consortium
de recherche et d'innovation en aérospatiale
du Québec (CRIAQ),*



Arnaud Thioulouse
ADMINISTRATEUR
*Directeur général, Les dirigeables
Flying Whales Québec inc.*



Sylvain Laroche
ADMINISTRATEUR
*Directeur, Bureau de la
collaboration technologique,
Pratt & Whitney Canada*



Karen Magharian
SECRÉTAIRE ET MEMBRE
DU COMITÉ EXÉCUTIF
*Directrice, Affaires juridiques & Contrats,
Thales Canada*



Fassi Kafyeke
PRÉSIDENT SORTANT ET MEMBRE
DU COMITÉ EXÉCUTIF
*Conseiller principal recherche, innovation et
collaborations, Bombardier Aviatio*



Michel Dion
ADMINISTRATEUR, MEMBRE DU COMITÉ
EXÉCUTIF ET DU COMITÉ D'AUDIT
*Directeur principal, Innovation,
Bell Textron Canada*



Wendy Bailey
OBSERVATRICE
*Chef, Protection de l'environnement
et des normes, Aviation civile,
Transports Canada*



Priti Wanjara
OBSERVATRICE
*Chercheuse scientifique principale,
Centre national de recherche Canada
(CNRC)*



Stephan Fogaing
OBSERVATEUR
*Conseiller en développement industriel —
Direction des transports et de la mobilité
durable, ministère de l'Économie et de
l'Innovation (MEI)*



Patrick Champagne
ADMINISTRATEUR
*Vice-président, Stratégie corporative et
relations gouvernementales,
CMC Électronique*



Geneviève Laverdure
ADMINISTRATRICE
*Chef de service Satisfaction Client et
Développement des affaires A220,
Airbus Canada*



Gilles Néron
ADMINISTRATEUR
*Directeur général, Approvisionnement
stratégique et Biens immobiliers,
Air Canada*



Guillaume Bégin
OBSERVATEUR
*Conseiller en développement industriel —
Direction des transports et de la mobilité
durable, ministère de l'Économie et de
l'Innovation (MEI)*



Dominique Sauvé
OBSERVATRICE
*Directrice, Regroupement pour
le développement de l'avion
plus écologique*

COMITÉ D'AUDIT

Comme chaque année, le comité d'audit a travaillé avec un grand souci de rigueur. Quatre rencontres ont eu lieu dans le but, notamment, d'étudier les états financiers trimestriels avant recommandation au conseil d'administration. Comme prévu à son mandat, le comité a également procédé à l'examen des états financiers vérifiés en août 2021. À cette occasion, les membres du comité ont rencontré l'auditeur du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique qui leur a présenté le résultat de sa vérification 2020-2021. Enfin, le comité d'audit a élaboré le budget pour la prochaine année, en intégrant les deux phases des projets mobilisateurs « Les projets collaboratifs de l'aéronef de demain ».

COMPOSITION DU COMITÉ

Les membres du comité ont vu leur mandat renouvelé pour une nouvelle année, si bien que la composition du comité n'a pas changé depuis l'année dernière.

SUZANNE BENOIT

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



HOUSSAM ALAOUIE

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



MICHEL DION

Directeur principal, Innovation, Bell



RAPPEL DU MANDAT DU COMITÉ :

Le Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique a formé un comité d'audit à l'automne 2016 dans le but d'aider le conseil d'administration à remplir ses fonctions de surveillance à l'égard de la présentation de l'information financière, des vérifications par un auditeur externe, ainsi que de la gestion des risques et des contrôles internes de l'organisme.

APERÇU DU COMITÉ DES GAINS ENVIRONNEMENTAUX

Le comité s'est réuni trois fois cette année dans le but de partager les avancées technologiques de chaque partenaire afin de mieux saisir la nature des sous-projets et définir la meilleure approche à adopter pour la quantification des gains environnementaux en fin de projet. Celui-ci se terminant dans un an, un appel de propositions a été élaboré afin d'obtenir des offres de services pour la validation des réductions d'émissions de GES et des autres gains environnementaux des projets de la Phase 3.

Par ailleurs, des ententes ont été signées entre certains partenaires et l'équipe d'écoconception de Bombardier pour que cette dernière les soutienne dans la mesure de leurs gains environnementaux. En effet, l'écoconception est une spécialité que peu d'entreprises maîtrisent si bien qu'elles sollicitent l'aide de Bombardier, pionnier dans le domaine en aéronautique, pour se former et répondre aux attentes contractuelles en fin de projet.

RAPPEL DU MANDAT DU COMITÉ DES GAINS ENVIRONNEMENTAUX :

- Établir une base de référence selon la norme ISO 14064
- Partager au sein de ses membres les méthodes d'analyse employées et contribuer à leur évolution
- Soutenir les travaux individuels des partenaires dirigeant un sous-projet et contribuer à la qualité des livrables
- Soutenir l'organisme dans la production de ses propres livrables
- Contribuer à l'émergence d'une vision environnementale pour le secteur aéronautique
- Contribuer au rayonnement du projet SA²GE



L'ÉVÉNEMENT SA²GE : DE RETOUR CETTE ANNÉE!

Après une année d'interruption, en raison de la pandémie, le comité, en collaboration avec Aéro Montréal, a organisé le jeudi 24 février un événement virtuel.

Cet événement a rassemblé des individus aux profils divers et variés, notamment des professionnels du milieu et des étudiants de différents niveaux postsecondaires.

La matinée était principalement constituée de deux panels, l'un portant sur le *Bilan des résultats environnementaux des différents projets de SA²GE* et l'autre sur *Les meilleures pratiques de la chaîne de fabrication*.

**REGROUPEMENT POUR
LE DÉVELOPPEMENT DE
L'AVION PLUS ÉCOLOGIQUE**



673, rue Saint-Germain
Saint-Laurent (Québec) H4L 3R6
Tél. : 514 418-0123
info@sa2ge.org
www.sa2ge.org

Avec la participation financière de

Québec 