

## TABLE DES MATIÈRES

02 Faits saillants

---

04 Mot du président

---

05 Mot de la directrice

---

06 À propos du Regroupement

---

07 Les sous-projets

08 Structure de fuselage d'aéronefs en matériaux composites

13 Compresseur de prochaine génération

16 Avionique intégrée pour les applications de poste de pilotage

19 Avionique modulaire intégrée pour les systèmes critiques

23 Train d'atterrissage de l'avenir

---

27 Foire aux questions

---

28 Membres du conseil d'administration

---

29 Lexique des Acronymes

---



## FAITS SAILLANTS

### PROLONGATION DE SA<sup>2</sup>GE

SA<sup>2</sup>GE vient d'être prolongé pour une année supplémentaire. La fin de ce premier projet mobilisateur sera donc en mars 2015. Le Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique et ses participants sont heureux de cette nouvelle qui leur permettra assurément, de mener tous les projets à terme, dans les limites fixées au budget initial.



De gauche à droite : Fassi Kafyeke, Président du Regroupement, Normand Raymond, Conseiller Mission Économie au MFEQ, Marc Leduc, Directeur général, Développement des industries au MFEQ

### MISE SUR PIED D'UN COMITÉ GAINS ENVIRONNEMENTAUX

Un comité gains environnementaux a vu le jour en 2012, afin de mettre au point des méthodes et outils d'analyse adaptés aux technologies en démonstration. Il est composé d'au moins un expert par entreprise partenaire. L'équipe qui se rencontre trimestriellement est enthousiaste à l'idée de relever un nouveau défi : mesurer les gains environnementaux d'un avion fictif auquel toutes les avancées développées dans SA<sup>2</sup>GE auraient été incorporées.





## ÉVÈNEMENT PME 2012

SA<sup>2</sup>GE a tenu le 26 novembre dernier, en partenariat avec Aéro Montréal, une journée séminaire où les PME étaient à l'honneur. L'événement qui a eu lieu à l'hôtel Delta Centre-Ville a notamment permis de présenter les dernières avancées des sous-projets et la place des PME participantes dans le succès de SA<sup>2</sup>GE. S'en est suivi des sessions B2B puis une série de conférences axées sur l'innovation.



## PARTENARIATS ET COLLABORATIONS AMÉLIORÉES

L'année écoulée a été l'occasion d'étudier la nature et l'intensité des collaborations afin d'en améliorer les retombées. Parmi les avancées remarquables de la dernière année, certaines entreprises ont obtenu un statut particulier de collaborateur auprès de partenaires industriels de SA<sup>2</sup>GE, leur accordant ainsi la responsabilité d'une portion importante des travaux.



De gauche à droite : Jacques Cabana, FDC Composites - Sylvain Cofsky, GARDN - Martin Lévesque, Marquez



CMC, un bel exemple de collaboration! De gauche à droite : Florence Sérié (Artal), Pierre Labrèche (CMC), Pierre Duverneuil (Artal), Erik Masella (CMC), Erwan Deschamps (Solutions Isonéo)



## MOT DU PRÉSIDENT



L'industrie aéronautique émet moins de 3 % des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales toutefois ce chiffre risque d'augmenter puisque le trafic aérien ne cesse de croître et on estime que le nombre de passagers triplera d'ici 2025. Notre industrie se préoccupe de cette situation, et la diminution de l'impact de l'aviation sur l'environnement est devenue une priorité tant au niveau international que national. C'est dans ce contexte que le gouvernement du Québec, dans un esprit d'initiative exceptionnel, a mis sur pied dès 2010, un projet mobilisateur visant à soutenir l'industrie québécoise dans le développement de pièces et de systèmes d'aéronefs plus écologiques.

Le projet mobilisateur de l'avion plus écologique, nommé SA<sup>2</sup>GE pour Systèmes Aéronautiques d'Avant-Garde pour l'Environnement, est issu de la SQRI 2010-2013 (Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation). Outre l'atteinte de gains environnementaux, SA<sup>2</sup>GE vise également des objectifs d'avancées technologiques au stade de la démonstration, ainsi que la mobilisation de PME, universités et centres de recherche québécois.

La mise en place du projet relève d'une structure de gouvernance jusqu'alors inédite au Québec et qui s'avère bien adaptée aux projets démonstrateurs. À mi-parcours, les résultats sont déjà tangibles; SA<sup>2</sup>GE se révèle propice à l'innovation et aux collaborations croisées. Par exemple, la mesure des gains environnementaux est l'occasion pour les partenaires industriels de partager sur une base non concurrentielle des méthodes et du savoir-faire cruciaux à la compétitivité des entreprises québécoises. Sur le plan technologique, certains éléments ont déjà été intégrés dans les aéronefs en développement, et ce, bien que les technologies développées dans SA<sup>2</sup>GE visent des générations futures d'aéronefs.

L'accélération des travaux en 2012-2013, conjuguée à la prolongation d'un an venant d'être octroyée, nous donne l'assurance de mener tous les projets à terme, et ce, dans les limites du budget planifié au départ. Le succès de SA<sup>2</sup>GE est d'ores et déjà incontestable; la communauté SA<sup>2</sup>GE est fière de contribuer à un tel projet et commence à rêver d'un avenir inspiré des succès de ce premier projet mobilisateur.



## MOT DE LA DIRECTRICE



Une année importante s'achève pour SA<sup>2</sup>GE. Les projets vont bon train et des résultats commencent déjà à émerger. Signe de l'accélération des travaux, l'année 2012-2013 représente à elle seule près de 70 % des dépenses du projet mobilisateur à ce jour.

Dès son lancement, l'organisme s'était doté de bons outils et mécanismes de reddition de comptes. La dernière année a été l'occasion de mettre à l'épreuve et d'optimiser ces instruments, en collaboration avec les intervenants de SA<sup>2</sup>GE. Pour ce faire, un « comité finances » a été mis sur pied et tous les partenaires industriels ont travaillé conjointement avec l'organisme et les représentants gouvernementaux, afin d'améliorer la qualité des livrables et permettre un meilleur suivi du projet.

L'évolution des travaux a permis de constater que certains paramètres sont plus faciles à mesurer que d'autres. Ainsi, l'atteinte des objectifs de gains environnementaux pose un défi particulier au niveau des outils de mesure. Un « comité gains environnementaux » a donc également vu le jour. L'équipe de travail, composée d'au moins un expert par entreprise partenaire, se rencontre trimestriellement afin de mettre au point des méthodes et outils d'analyse adaptés aux technologies en démonstration. Ce comité revêt une importance particulière, car les administrateurs du Regroupement sont déterminés à montrer l'ensemble des avancées environnementales à l'issue du projet.

Les mesures de mobilisation laissent déjà entrevoir que les objectifs seront atteints voire dépassés à la fin du projet, tant au niveau des PME que des universités ou centres de recherche. L'année 2012-2013 a été l'occasion d'étudier la nature et l'intensité des collaborations afin d'en améliorer les retombées. Parmi les avancées remarquables de la dernière année, on note que certaines entreprises ont obtenu un statut particulier de collaborateur auprès de partenaires industriels de SA<sup>2</sup>GE, leur accordant ainsi la responsabilité d'une portion importante des travaux.

À la lumière de cette nouvelle année écoulée et compte tenu de la prolongation d'un an venant d'être signée, les membres de SA<sup>2</sup>GE envisagent avec confiance et enthousiasme la seconde moitié du parcours.

**Dominique Sauvé**

Directrice du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique  
Présidente d'IODS



## À PROPOS DU REGROUPEMENT

Le Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique est un organisme sans but lucratif qui a pour mission de développer des pièces et systèmes plus respectueux de l'environnement, dans le cadre de la lutte contre les changements climatiques et les nouvelles réglementations environnementales.

Outre l'atteinte de gains environnementaux, le projet vise la réalisation d'innovations technologiques au stade démonstrateur et la mobilisation de l'industrie aéronautique québécoise.

Le projet s'intitule SA<sup>2</sup>GE pour Systèmes Aéronautiques d'Avant-Garde pour l'Environnement. Il s'agit d'un projet dit « mobilisateur » pour la province, mis en place par le gouvernement dans le cadre de la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation 2010-2013 (SQRI).

Un budget de 150 millions de dollars est alloué au projet dont 80 millions proviennent de l'industrie et 70 millions du gouvernement provincial.



De gauche à droite [assis] : Erik Masella (CMC), Dominique Sauvé (Organisme), Fassi Kafyeke (BA), Sophie Juignier (Organisme), [debouts] Robert Guertin (TH), Clément Fortin (CRIAQ), Pierre Rioux (BHTC), Normand Raymond (MFEQ), Yves Rabellino (P&WC), Rémy Langelier (HD). Absents sur la photo : Patrick Champagne (CMC), Suzanne Benoît (Aéro Montréal), Jerzy Komorowski (CNRC), Gilles Néron (Air Canada)



# LES SOUS-PROJETS

## 1. STRUCTURE DE FUSELAGE D'AÉRONEFS EN MATÉRIAUX COMPOSITES



**BOMBARDIER**

## 2. COMPRESSEUR DE PROCHAINE GÉNÉRATION



## 3. AVIONIQUE INTÉGRÉE POUR LES APPLICATIONS DE POSTE DE PILOTAGE



## 4. AVIONIQUE MODULAIRE INTÉGRÉE POUR LES SYSTÈMES CRITIQUES

**THALES**

**BOMBARDIER**

## 5. TRAIN D'ATERRISSAGE DE L'AVENIR



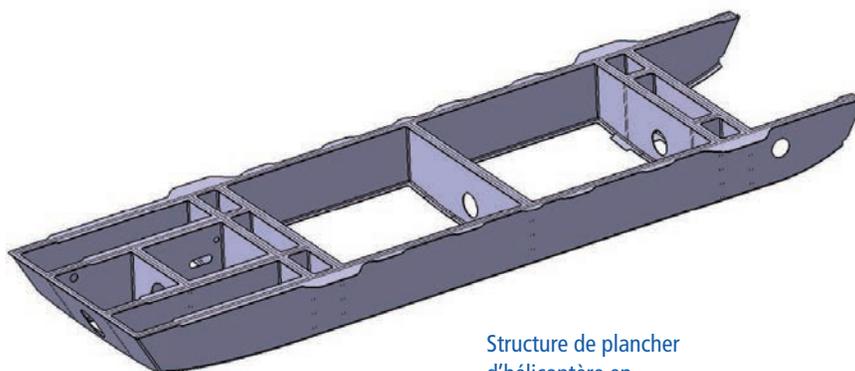
## STRUCTURE DE FUSELAGE D'AÉRONEFS EN MATÉRIAUX COMPOSITES

Dans le cadre du projet mobilisateur de l'avion plus écologique, Bell Helicopter Textron Canada Limitée (BHTC) et Bombardier (BA) travaillent au développement de technologies qui permettront une utilisation plus poussée des matériaux composites dans la fabrication de structures de fuselage d'aéronefs (hélicoptères, avions).

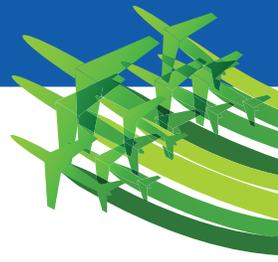
Les objectifs visés par ces technologies sont de réduire le poids de l'appareil et d'optimiser la fabrication de ces structures (quantité de déchets rejetés, heures de travail, etc.)

La collaboration entre BHTC et BA porte plus particulièrement sur le développement de procédés manufacturiers basés sur l'infusion de résine sous vide, le développement de procédés d'inspection non destructrice, ainsi que l'étude de développement de procédés pour pallier au fait que les matériaux composites ne sont pas de bons conducteurs électriques, contrairement aux matériaux métalliques conventionnels.

Les technologies suivantes font partie de la recherche appliquée par les deux partenaires : le placement automatisé de fibres, le moulage par compression et l'infusion de résine sous vide. Des techniques d'inspection non destructrice, des procédés de collage et des techniques de réparation sont aussi à l'étude. Enfin, des essais structuraux sont menés pour colliger les données qui seront éventuellement nécessaires à la certification de ces procédés.



Structure de plancher  
d'hélicoptère en  
matériaux composites



## BELL HELICOPTER TEXTRON CANADA

Plus spécifiquement, le sous-projet piloté par BHTC vise à étudier différents concepts d'assemblage d'un fuselage d'hélicoptère et comprend une démonstration manufacturière des procédés de fabrication développés. Il permettra à terme, la génération de données manufacturières associées aux technologies développées qui serviront ultérieurement à une prise de décision éclairée lors de la définition de futurs modèles d'hélicoptères.

### LES ÉTAPES PRÉLIMINAIRES COMPLÉTÉES

Les structures de fuselage d'hélicoptère visées ont été identifiées et BHTC a procédé à leur conception préliminaire, ce qui a permis d'identifier avec précision les procédés manufacturiers et l'outillage qui seront nécessaires à leur fabrication. La conception détaillée des structures de fuselage d'hélicoptère ainsi que la conception détaillée de l'outillage nécessaire ont également été complétées. L'outillage, en phase de fabrication chez PCM Innovation et d'autres fournisseurs, devrait être livré à BHTC sous peu. Parallèlement à ces efforts de conception et de fabrication de l'outillage, BHTC a procédé à des essais de développement des procédés manufacturiers afin de valider les approches manufacturières sélectionnées.

### LA MOBILISATION PORTE SES FRUITS

Les avancées du projet ont permis jusqu'à maintenant une implication considérable d'intervenants externes, tels que PCM Innovation et Aircraft Tool Design (ATD) qui ont participé étroitement à la conception et à la fabrication d'une grande partie de l'outillage spécialisé nécessaire à la conduite du projet. Quant au Centre des Technologies de Fabrication en Aérospatiale (CTFA) du Conseil National de Recherches Canada (CNRC), il a été mandaté pour la réalisation de certaines composantes structurales en plus de contribuer au développement des procédés de collage et des procédés de moulage par compression.



**À ce stade du projet, il est encore difficile d'évaluer avec précision les retombées qu'auront les avancées technologiques sur l'environnement. Toutefois, les méthodes de fabrication envisagées devraient permettre une réduction de l'énergie nécessaire à la fabrication et une réduction des rejets de déchets solides.**

- Pierre Rioux, Directeur, technologie et sciences du vol chez Bell Helicopter  
Textron Canada Limitée



### PROCHAINES ÉTAPES

Au cours des prochains mois, le projet entrera dans la phase des essais de fabrication qui permettront de mettre à l'essai les concepts manufacturiers envisagés. Ces concepts, de même que les procédures de fabrication s'y rattachant, seront adaptés selon les résultats observés.

## BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE

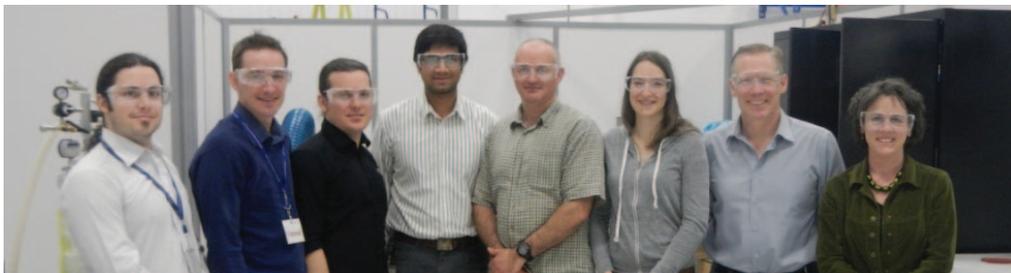
En ce qui a trait au sous-projet dirigé par Bombardier, ce dernier consiste à fusionner des concepts novateurs aux procédés en développement et méthodologies d'analyse des contraintes, et ce, dans le but de produire des pièces plus légères, conséquemment plus vertes. Les activités sont réalisées en étroite collaboration avec de nombreux participants québécois, dont des PME, centres de recherche et universités.

Les domaines de développement suivants sont au cœur du projet :

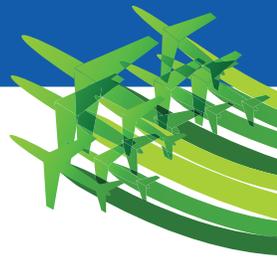
- La génération des connaissances en conception et technologies manufacturières qui permettront une prise de décision éclairée lors de la définition de futurs modèles d'avions d'affaires;
- Des procédés manufacturiers composites automatisés afin de minimiser les interventions humaines. Les technologies suivantes feront partie de la recherche appliquée : AFP (Automated Fiber Placement), moulage par injection, thermoformage des thermoplastiques et méthodes de cuisson et de cocuisson de structures complexes;
- Des technologies associées aux structures composites telles que les techniques d'inspection non destructive et de réparation;
- Le développement de méthodologies d'analyse des contraintes des structures en composites;
- Le développement de systèmes de surveillance (« monitoring ») pour les structures d'avion;
- Des initiatives de réduction d'empreinte environnementale par élimination des produits chimiques dangereux et réduction de poids;
- Le développement de solutions de protection électromagnétique et de protection contre la foudre.

### MOBILISATION

Bombardier travaille actuellement avec des PME, des centres de recherche technologique et des universités québécoises pour une valeur se chiffrant en 2013 à plus de 1 500 000 \$. Parmi eux, on retrouve Mat-Comp, Marquez Transtech, FDC Composites, Automation Pike, PCM Innovation, le CTA (Centre technologique en aérospatiale), le CDCQ (Centre de développement des composites du Québec) et l'Université McGill.



Un modèle de mobilisation. De gauche à droite : Jean-François Désilets (FDC), Bruno Croteau-Labouly (FDC), Robin Dubé (CTA), Hasan Salek (BA), Mouhcine Rifay (BA), Laura Mouret (CTA), Paul Trudeau (BA), Marie-Pierre Hudon-Fecteau (BA)



## ÉTAT D'AVANCEMENT DES PROJETS

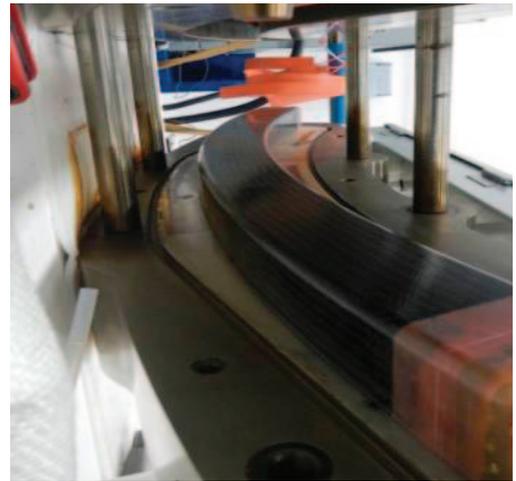
### Cocuisson

Les premiers essais de cuisson à petite échelle ont démontré la faisabilité de structures intégrées ainsi qu'une identification des paramètres significatifs. Une initiative sur les revêtements cocuits avec raidisseurs a montré des indicateurs de réduction de poids de l'ordre de 10 %. Grâce au développement parallèle de méthodologies d'analyse, Bombardier est confiant de pouvoir améliorer cette réduction à 15 %.

### Moulage par injection

« Le premier cadre en moulage par injection présente une réduction de poids de 10 % par rapport à un composant similaire en pré imprégné laminé à la main. Il est encore prématuré de projeter cette réduction de poids sur l'ensemble du fuselage, mais cette valeur semble être réalisable pour l'ensemble des cadres du fuselage.

Alain Landry, Chef de service, Développement des composites, Ingénierie centrale chez Bombardier Aéronautique »



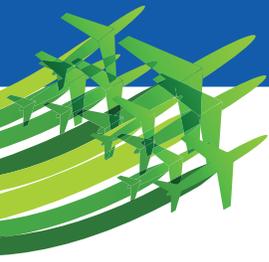
Cadre en moulage par injection

### Essais électromagnétiques

Des essais de protection électromagnétique et de protection contre la foudre se poursuivent actuellement en laboratoire. Les résultats des essais de comportement électromagnétique permettront à Bombardier de réduire la pénalité de poids liée aux ajouts de protections.



Essai électromagnétique

**Cuisson éco énergétique**

Le système de cuisson moins énergivore développé est actuellement en voie d'être breveté. Des essais complémentaires sont présentement en cours afin de consolider la robustesse du procédé.



Panneaux cocuits de petite échelle

**Stratégie de grandes ouvertures**

Suite aux essais effectués et à la complexité de fabrication, Bombardier révisé présentement ses stratégies composites au niveau des grandes ouvertures du fuselage tel que les cadres de portes.

**Système de monitoring**

L'installation du système de monitoring pour les structures a été complétée. Les essais puis l'analyse des résultats auront lieu prochainement.

**Solvant sans chlorure**

La qualification d'un produit alternatif aux solvants, sans chlorure et sans impact sur la couche d'ozone, a atteint un niveau de maturité suffisant pour que son intégration en production soit envisagée. La quantification des gains environnementaux n'est pas encore disponible.

**EFFORTS POUR LA PROCHAINE ANNÉE**

Les activités manufacturières présentement en cours au CTA et au CFPM (Centre de formation professionnelle des Moulins) sont particulièrement positives aux yeux de Bombardier et de ses partenaires mobilisés. Compte tenu des besoins du projet, Bombardier envisage de renforcer ses partenariats.

Enfin, puisque les premiers essais de cuisson à petite échelle indiquent la faisabilité de structures intégrées et que les premiers cadres par moulage par injection présentent aussi des résultats prometteurs, Bombardier planifie de produire un panneau démonstrateur grandeur réelle avec comme composantes intégrées, les technologies développées dans SA<sup>2</sup>GE.



## **COMPRESSEUR DE PROCHAINE GÉNÉRATION**

### **PRATT & WHITNEY CANADA**

Le projet de compresseur de prochaine génération a pour but de préparer Pratt & Whitney Canada (P&WC) à se positionner sur les marchés de l'aviation turbopropulsée en misant sur l'approche écologique.



**Le compresseur écologique de prochaine génération (NGRT) à haut rendement ainsi que la plate-forme prochaine génération d'aviation générale (NEXT GEN GA) sont des éléments clés pour maintenir la consommation de carburant des avions turbopropulsés moins élevée de 20 à 40 % par rapport à celle des jets régionaux de prochaine génération.**

**Yves Rabellino, Directeur principal, gestion des coûts, recherche, technologie et support aux opérations chez Pratt & Whitney Canada**



Les objectifs fixés dans le cadre de ce projet maintiendront les produits de P&WC à la fine pointe de la technologie en termes de réduction des coûts d'exploitation et de diminution des impacts environnementaux. Pour ce faire, P&WC mise sur l'innovation et la mobilisation des acteurs locaux.

L'objectif principal du projet est orienté sur le développement durable et repose sur des compresseurs avancés qui supportent des cycles thermodynamiques de haut rendement énergétique. Depuis le début du projet, P&WC a complété la conception des deux types de compresseurs c'est-à-dire, celui du NGRT et celui du NEXT GEN GA.

Depuis sa conception en 2011, le NEXT GEN GA a progressé comme suit :

- L'assemblage et essais ont été réalisés au banc de chambre à combustion;
- La performance du système d'allumage a été confirmée;
- La stabilité de la combustion a été attestée;
- L'efficacité thermodynamique a été validée au banc d'essai;
- Un produit intégrant la technologie NEXT GEN GA aura une consommation de carburant conforme aux prévisions;



- La durabilité des composantes a été démontrée de façon préliminaire;
- Les concepts et analyses ont atteint les objectifs d'efficacité des composantes;
- Les risques de développement ont été identifiés et gérés de manière adéquate durant la phase de conception;
- Les bancs d'essai ont répondu aux devis internes et sont sécuritaires;
- Les objectifs initiaux sont toujours réalisables et ne prévoient aucune révision;
- L'achat de matières brutes et la fabrication des composantes des bancs d'essai ont été autorisés.

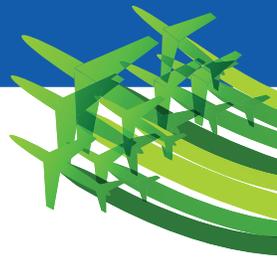
En ce qui concerne le NGRT, la fabrication et l'assemblage des trois bancs d'essai ont eu lieu en 2012 et 2013. Les résultats à ce jour sont les suivants :

- Le rouet centrifuge et les deux premiers étages axiaux du compresseur rencontrent individuellement les objectifs en termes d'efficacité;
- Les paramètres d'opération des aubes variables sont fixés;
- Le banc d'essai complet répond aux devis internes et est sécuritaire, et il est en transit vers la cellule d'essai;
- L'achat de matières brutes et la fabrication des composantes de tous les bancs d'essai initiaux sont complétés.

## MOBILISATION

L'innovation touchant le développement des technologies des compresseurs est un élément critique pour assurer la compétitivité de P&WC. Ces technologies seront développées principalement à l'interne, et environ 50 % des travaux de conception et de développement seront réalisés au Québec. L'assemblage des trois bancs d'essai ainsi que les essais au banc des deux premières phases ont été réalisés au Québec.

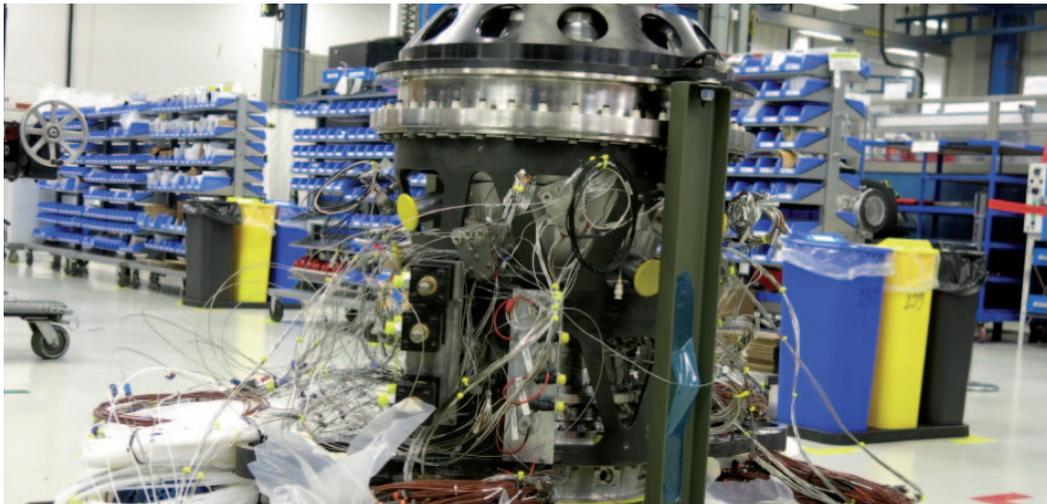
L'atteinte des objectifs environnementaux passera par les technologies qui permettront une meilleure utilisation de la puissance extraite du moteur à des fins autres que la propulsion. Par exemple, une gestion efficace des génératrices électriques alimentant l'avion permettra de réduire les pertes parasites de puissance. Cette technologie a principalement été développée chez Air Data, au Québec, à partir d'un concept de P&WC. Elle a permis la conception et la fabrication de prototypes d'électronique de puissance qui, en conjonction avec de nouveaux types de génératrices, réduiront les pertes énergétiques au niveau de l'avion.



Dans le cadre des nouvelles technologies manufacturières (NTM), plusieurs projets d'automatisation d'inspection visuelle sont en cours. Ils permettront de porter à maturité la technologie et de l'introduire par la suite dans l'environnement de production des programmes moteurs tels que le NGRT et le NEXT GEN GA. La firme montréalaise AV&R est le partenaire d'affaires de choix pour la R-D de ces projets.

## PROCHAINES ÉTAPES

Les résultats du premier banc d'essai NEXT GEN GA permettront la conception et l'essai d'une deuxième version de ce compresseur pour 2013. Cette version se rapprochera de la phase d'un produit commercialisable et démontrera la durabilité des composantes dans un environnement plus représentatif, incluant les composantes de turbine NEXT GEN GA.



Compresseur écologique de prochaine génération (NGRT)



Banc d'essai de prochaine génération de moteur pour l'aviation générale (NEXT GEN GA)

## AVIONIQUE INTÉGRÉE POUR LES APPLICATIONS DE POSTE DE PILOTAGE

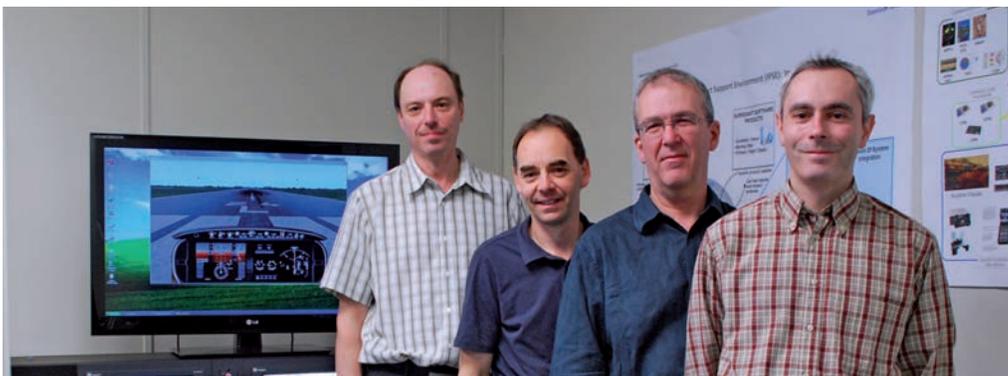
### ESTERLINE CMC ÉLECTRONIQUE

Esterline CMC Électronique (CMC) conçoit actuellement un démonstrateur technologique de poste de pilotage incorporant de l'avionique modulaire intégrée. Le projet fait appel à des techniques de pointe de conception d'avionique et à des processus pour intégrer les technologies de plusieurs fournisseurs sur une architecture système commune de calculateurs, de réseaux et d'interfaces. Le projet permettra à terme d'identifier les avantages au niveau aéronef d'une architecture d'avionique de pointe (réduction du poids, maximisation de la puissance, etc.), le tout en améliorant les coûts de cycle de vie pour les exploitants et en minimisant les impacts environnementaux.

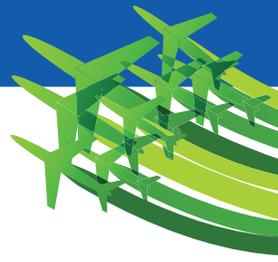
#### CE QUI A ÉTÉ FAIT JUSQU'À MAINTENANT

CMC a élaboré une architecture basée sur une approche modulaire. Ceci a permis de définir des blocs génériques qui pourront alors être assemblés pour développer des composantes plus spécifiques. En particulier, deux modules ont été élaborés : il s'agit d'une plate-forme commune de calculs basée sur un processeur multicœur et un module de traitement graphique. Dans les deux cas, les spécifications ont été préparées et la conception de haut niveau effectuée. Ces deux modules seront au cœur de la plate-forme IMA. Des solutions pour valider l'intégrité en temps réel des processeurs ont été élaborées, dans le but d'assurer la sécurité des opérations en vol.

Des études et des essais ont été effectués pour un nouveau système d'opération embarqué et en temps réel, pour gérer les applications logicielles opérant sur le processeur multicœur. Ceci a permis de faire fonctionner en parallèle des applications de divers niveaux de criticité, de manière à éviter qu'une fonction de basse criticité ne puisse en corrompre une autre de criticité plus élevée.



Membres de l'équipe CMC œuvrant à la conception du démonstrateur technologique.  
De gauche à droite : Richard Pontbriand, Éric Bacon, Daniel Roy, Olivier Bluteau



CMC a également mis en place l'architecture logicielle d'une plate-forme pouvant recevoir des fonctions logicielles portables afin d'accroître la capacité à réutiliser et à héberger des fonctions sur diverses plate-formes de calcul. Pour valider le concept, une fonction de Primary Flight Display (PFD) a été adaptée pour la rendre portable. Une infrastructure de test pour vérifier le fonctionnement de ces fonctions sur la plate-forme a été définie et est en cours d'implémentation.

La conception et validation de systèmes et logiciels pour de l'avionique intégrée exige des outils spécialisés qui peuvent supporter des projets de grande envergure. Pour aider à gérer la complexité des cockpits intégrés, CMC s'est penché sur le développement basé sur des modèles. CMC a donc effectué une analyse approfondie des outils, notations et processus existants sur le marché ou en incubation dans les centres de recherche. Par la suite, CMC a ciblé les éléments qui semblaient les plus pertinents et a commencé à évaluer certains outils. En particulier, CMC a défini l'infrastructure pour gérer les composantes réutilisables ainsi que la gestion des interfaces aux composantes et systèmes. De plus, CMC a évalué et sélectionné les notations et éditeurs à utiliser pour effectuer du développement basé sur des modèles.

### LES AVANCÉES ENVIRONNEMENTALES

Deux aspects sont à l'étude pour déterminer la réduction potentielle des impacts sur l'environnement qu'apporteront ces nouvelles technologies.

Tout d'abord, sachant qu'une plate-forme de type IMA résulte en une réduction du câblage requis pour l'avionique, CMC tente de dériver la diminution correspondante en consommation d'essence. À cette fin, et de concert avec Bombardier, CMC étudie le réseau de câblage de l'avion Global 6000 et identifie les optimisations possibles.

De plus, CMC œuvre avec le Laboratoire de recherche en commande active, avionique et aéroservoélasticité (LARCASE) de l'École de Technologie Supérieure (ÉTS) pour modéliser la quantité de carburant utilisée par un avion-cible Boeing 737-400 lors d'une approche non-réussie d'un atterrissage. Ceci se produit souvent en présence de mauvaises conditions météorologiques, obligeant certains avions à devoir attendre avant de se poser, ou encore à aller se poser ailleurs. CMC et l'ÉTS étudient des technologies de vision améliorée qui, à terme, permettront des atterrissages dans ces mêmes conditions et, conséquemment, économiseront de l'essence.

## ÉTAT DE LA MOBILISATION

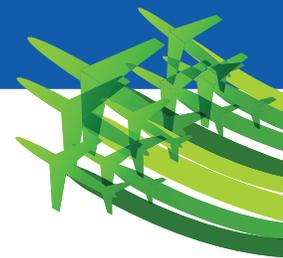
Chez CMC, une équipe d'ingénieurs en électronique, en logiciel et en systèmes est à l'œuvre pour développer les technologies du nouveau démonstrateur. Un objectif de départ que CMC s'était fixé était de s'allier à des collaborateurs pour développer certains aspects de ce programme ambitieux. Par exemple, une équipe de Solutions Isonéo travaille avec les ingénieurs de CMC pour développer une suite d'outils permettant la modélisation, la simulation et la vérification de systèmes complexes. De la même façon, CMC collabore avec la firme TeraXion pour co-développer des émetteurs-récepteurs basés sur de la fibre optique, permettant de gérer des données à plus haut débit sur le réseau d'avionique.

## LES EFFORTS À VENIR

Pour l'année à venir, CMC continuera sur sa lancée afin de mener à terme les plateformes de calcul et les fonctions portables. Débutera ensuite la mise en place de la nouvelle plate-forme IMA hébergeant des fonctions portables. Il s'agira de passer de l'étape du développement des diverses technologies à celle de l'intégration de ces dernières.



Aperçu de la version préliminaire du démonstrateur en cours de développement



## AVIONIQUE MODULAIRE INTÉGRÉE POUR LES SYSTÈMES CRITIQUES

Le projet IMACS pour « Integrated Modular Architecture for Critical Systems » dirigé par Thales Canada (THC) et Bombardier (BA) a pour but d'intégrer sur des plate-formes de calcul en réseau tous les boîtiers électroniques d'un appareil traitant des fonctions critiques telles que celles des commandes de vol, du freinage, du contrôle moteur, de la gestion du centre de gravité par gestion des réservoirs de carburant, etc.

Le principal avantage de cette architecture est la réduction du poids de l'électronique nécessaire à l'exécution des fonctions par la mutualisation des ressources, ainsi que la réduction de la quantité de câblage nécessaire pour relier ces fonctions. Cette solution d'architecture a déjà démontré une plus grande flexibilité dans l'adaptation aux différents aéronefs. Par extension, l'IMA critique s'inscrit dans l'avion plus électrique et plus intelligent de demain. Il constitue un facteur important de développement durable par une gestion à long terme du cycle de vie du produit avion.

### THALES CANADA

Thales Canada se concentre sur « l'électronique de contrôle critique modulaire » ainsi que sur les « systèmes d'exploitation temps critique modulaire ». Plus spécifiquement, Thales Canada poursuit différents objectifs tels que développer un prototype d'électronique de contrôleur critique modulaire ainsi qu'un système d'exploitation temps critique modulaire et pouvoir réaliser la démonstration de ces prototypes.

### CE QUI A ÉTÉ ACCOMPLI JUSQU'À MAINTENANT

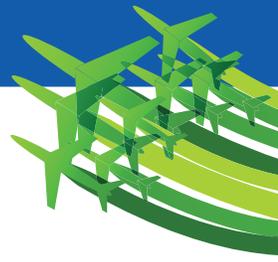
Thales Canada a formé Bombardier sur les processus de développement de systèmes embarqués basés sur des technologies IMA. L'introduction de l'IMA génère une complète modification des processus de développement d'un avion pour tous ces composants électroniques, ce qui implique une remise à plat des processus de développement à la fois chez l'avionneur et chez ses fournisseurs.

Thales a récemment achevé le développement des moyens de démonstration de calculateurs IMA et a assuré la livraison et l'intégration de ces moyens chez Bombardier. L'ensemble de démonstration comprend deux modules IMA pouvant s'intégrer à un réseau AFDX ainsi que la suite d'outils permettant le développement des applications devant être accueillies sur les modules, la configuration des modules en fonction des applications hébergées, le chargement des logiciels dans les modules et la vérification du bon fonctionnement des applicatifs.



Une équipe de 10 ingénieurs travaille sur l'électronique de contrôle critique modulaire. Sur la photo : Benjamin Giguère, Spécialiste des moyens d'essais





## BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE

L'objectif de Bombardier vise l'intégration d'un grand nombre de fonctions avions sur une plate-forme supportant des criticalités mixtes. Les activités de Bombardier comprennent plus précisément, la définition des exigences et des architectures des systèmes intégrés et de la plate-forme de calculateurs partagés ainsi que la définition des processus de développement nécessaires pour atteindre la certification.

Ces activités s'appuient sur le développement d'applications cibles de fonctions de contrôle, et leur intégration sur une plate-forme de démonstration. L'analyse et l'exploitation des résultats serviront à fournir des recommandations pour le développement de nouveaux avions plus écologiques.

### RÉSUMÉ DES FAITS SAILLANTS 2012

La période écoulée a permis d'établir et déployer la base pour le développement du démonstrateur IMACS (HIS-IMA). La définition de l'architecture fonctionnelle et des exigences, le déploiement de la plate-forme matérielle et logicielle de base du démonstrateur ainsi que les processus ont atteint un stade permettant le début du développement des applications cibles. Le choix des applications a été confirmé et a porté sur le contrôle du train d'atterrissage et du système de carburant. Une application de protection du décrochage sera fournie par Thales et intégrée au démonstrateur.

La saisie des exigences aéronaves est bien avancée. Cette tâche, qui inclut la saisie des exigences pour l'ensemble des fonctions avion, a été concentrée sur plus de détails en ce qui concerne les fonctions ciblées pour le démonstrateur, c'est-à-dire le contrôle du train d'atterrissage et le système de carburant. La priorité accordée à ces fonctions permettra de compléter la spécification au niveau avion d'une part et la spécification détaillée des applications du démonstrateur d'autre part. La définition des exigences et l'architecture d'une plate-forme HIS-IMA générique sont aussi bien avancées. Cette définition couvre une décomposition fonctionnelle ainsi que les exigences au niveau des ressources partagées. Ces dernières seront raffinées grâce à l'expérience pratique de développement du démonstrateur.

La définition des processus détaillés liés au développement HIS-IMA en conformité avec les standards SAE ARP-4754 et RTCA DO-297 est en partie complétée. La définition de l'approche de certification a débuté par l'analyse des processus détaillés. La standardisation des architectures et des technologies pour HIS-IMA est engagée avec la définition d'architectures permettant l'intégration d'applications de criticalités mixtes. Cette activité est menée via le comité AS-2D mis en place au sein de l'organisation Society of Automotive Engineers (SAE). L'objectif de cette activité de standardisation est de transmettre et défendre les intérêts du projet auprès des organismes de standardisation tel que SAE. Des démarches auprès d'autres organismes tels qu'ARINC et IEEE sont aussi envisagées.

Une approche générique pour le déploiement et développement des outils et modèles de simulation associés au démonstrateur est en cours de définition. Cette approche tient compte des outils existants tels qu'ils ont été proposés lors des sessions de formation offertes par Thales. La définition des outils se fera en collaboration avec l'équipe de développement des centres de recherche universitaires associés tel que l'École Polytechnique de Montréal.

L'acquisition et le déploiement d'une plate-forme démonstrateur basée sur une architecture Time-Triggered et ARINC653 sont complétés. Cette plate-forme comprend en particulier des calculateurs fournis par Thales. L'équipe de développement et d'intégration du démonstrateur HIS-IMA, incluant des étudiants de l'École Polytechnique de Montréal, a participé à des sessions de formation offertes par nos autres fournisseurs d'équipement ainsi que par Thales pour ce qui concerne les calculateurs. Les étudiants participent au développement des applications cibles en cours de spécification. Une formation pratique intense sur les modules et outils fournis par Thales a été complétée. Des formations additionnelles seront suivies en fonction des besoins jugés nécessaires lors de la phase de développement du démonstrateur.

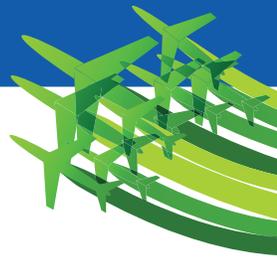
## GAINS ENVIRONNEMENTAUX

« Au-delà de la maîtrise et la maturité des technologies envisagées, la clef du déploiement réussi d'une architecture hautement intégrée et optimisée réside en grande partie dans l'adaptation de tous les processus et dans l'évolution des rôles et responsabilités au sein de l'équipe de partenaires impliqués dans un tel développement. Le projet SA<sup>2</sup>GE IMACS nous aide à accroître la maturité nécessaire sur plusieurs facettes comme celles des processus des méthodes et des outils pour qu'un programme de développement d'un nouvel avion puisse amener jusqu'à la certification une intégration optimale du point de vue des ressources et ainsi concrétiser les bénéfices environnementaux importants promis par l'architecture HIS-IMA.

Yann Le Masson, Responsable projet IMACS, Bombardier Aéronautique

## PROCHAINE PÉRIODE

La prochaine période permettra de progresser de façon significative dans le développement des applications cibles proprement dites ainsi que de commencer l'expérimentation des solutions envisagées.



## TRAIN D'ATERRISSAGE DE L'AVENIR

### VOLET 1 : TRAIN D'ATERRISSAGE VERT ET PLUS SILENCIEUX

#### PLACAGE VERT : IMPLANTATION DU PLACAGE ZINC-NICKEL ALCALIN POUR LE REMPLACEMENT DU PLACAGE AU CADMIUM

Les travaux effectués jusqu'à présent ont validé les méthodes de préparation de surface pour une meilleure adhésion et intégrité du placage. À cet effet, des tests d'adhésion, de corrosion et de fragilisation par hydrogène ont été effectués. Par ailleurs, des essais sur des solutions de décapage ont été réalisés et validés. En plus de panneaux de tests, le placage a été effectué sur des pièces types. Afin d'être en mesure d'optimiser les paramètres du procédé de placage, des tests préliminaires de modélisation ont été tentés.

Ces travaux ont été menés par une équipe mixte de l'ingénierie et de l'usine de placage d'Héroux Devtek.

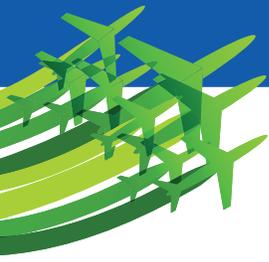
L'étape suivante se concentrera sur l'effet du placage sur les propriétés de fatigue des matériaux utilisés pour les trains d'atterrissage. Il sera aussi question de valider une méthode de réparation de ces revêtements, ainsi que d'effectuer des tests de compatibilité avec les fluides utilisés dans le cycle de production. Compte tenu des résultats encourageants de la modélisation, celle-ci sera étendue à des systèmes plus compliqués (pièces-outillage), et validés par des tests.

#### AÉROACOUSTIQUE :

« Il est parfois difficile de croire que le train d'atterrissage pourrait être une source de bruit. Cependant en approche, lorsque le train d'atterrissage est déployé, les mesures du bruit effectif perçu en décibels montrent qu'il est l'une des sources sonores les plus importantes et demande à être contrôlée. Les outils aéroacoustiques vont permettre de prendre en considération d'une manière plus systématique cette contrainte à l'étape de conception des composants du train d'atterrissage.

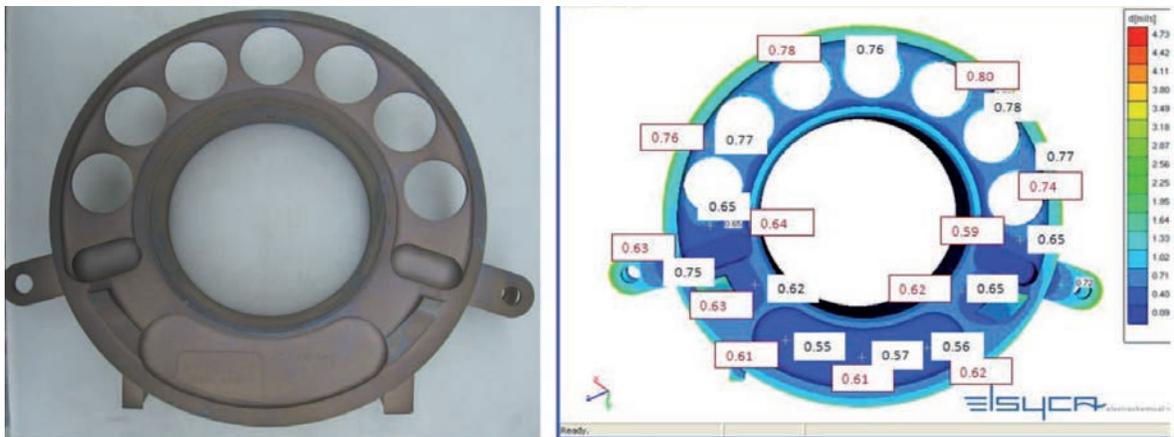
Nihad Ben Salah, Chef de groupe R&D chez Héroux Devtek



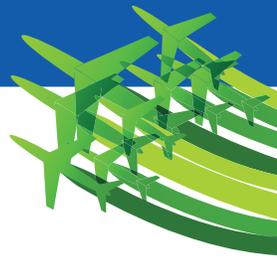


La première phase qui consiste à modéliser l'écoulement de l'air autour d'un train d'atterrissage touche à sa fin. Elle a été accompagnée par des tests en soufflerie anéchoïque qui ont permis d'enregistrer la signature acoustique de différentes configurations d'un train d'atterrissage. Ce travail se fait en partenariat avec l'université McGill et Bombardier, et implique un étudiant de maîtrise en Génie Mécanique.

Les résultats de soufflerie vont être analysés pour pouvoir déterminer l'impact de certaines caractéristiques du design sur la signature acoustique. La deuxième phase de développement de l'outil aéroacoustique va consister à corriger les imprécisions du modèle, puis le valider à l'aide des résultats de tests de soufflerie.



Modélisation et simulation : à gauche, collet de direction plaqué au Zinc-Nickel; à droite, résultat de simulation et comparaison des épaisseurs mesurées (rouge) et simulées (noir)



## VOLET 2 : TRAIN D'ATERRISSAGE MOINS LOURD

**COMPOSITE** : Conception, fabrication et évaluation d'une contre-fiche de train d'atterrissage en composite pour la réduction du poids

L'étude conceptuelle d'une contre-fiche en matériaux composites a permis de sélectionner deux concepts pour le reste de l'étude. En parallèle, des modèles numériques de comportement à l'impact du matériau choisi, ainsi que de l'endommagement progressif des chapes (« lugs ») de la contre-fiche ont été réalisés.

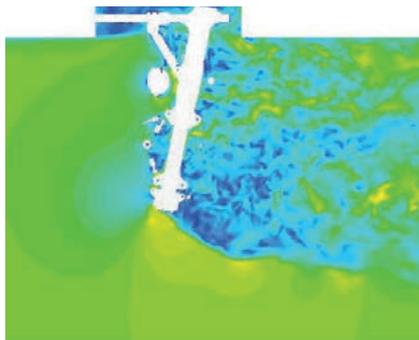
Le banc d'essai nécessaire au test de la pièce en composite a été conçu et fabriqué. En ce qui concerne le procédé de fabrication, la conception et fabrication de l'outillage pour les panneaux de test ont été finalisés, et une modélisation thermique du procédé a été réalisée.

Ces travaux sont menés par une équipe composée d'ingénieurs et chercheurs d'Héroux Devtek, du CTA (Centre technologique en Aérospatiale), de Delastek et de l'université McGill.

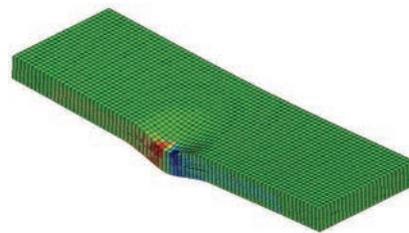
La prochaine étape consistera en la fabrication de panneaux de caractérisation du matériau choisi et la réalisation de tests mécaniques nécessaires pour finaliser la conception de la pièce.

**OPTIMISATION DE LA CONCEPTION** : Optimisation de la conception par intégration de données sur les matériaux et procédés

Les travaux liés à la modélisation des procédés de fabrication d'un cylindre d'amortisseur se poursuivent par la caractérisation du comportement du matériau pendant le procédé de départ, à savoir le procédé de forgeage, ainsi que sa modélisation.



Simulation de l'écoulement turbulent autour d'un train d'atterrissage en phase d'approche



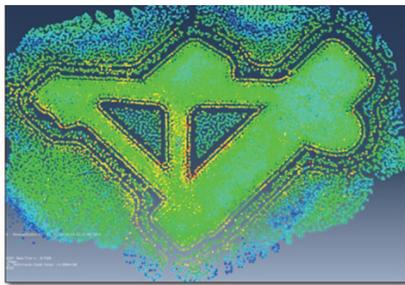
Modélisation d'un impact sur une plaque en matériaux composites

En parallèle, l'analyse de l'influence des procédés sur les propriétés d'utilisation des matériaux, notamment les contraintes résiduelles et la vie en fatigue, se trouve à un stade avancé et pourra être utilisée dans le modèle une fois celui-ci finalisé.

Il en est de même de la simulation des efforts appliqués sur les trains d'atterrissage afin de définir les contraintes appliquées sur la pièce étudiée. Les travaux de simulation de l'atterrissage sont à leur étape finale et ont donné lieu à un rapport de maîtrise.

Ce projet se fait en partenariat avec l'Université Laval. L'équipe est ainsi constituée de deux ingénieurs/chercheurs d'Héroux Devtek et de trois professionnels de recherche de l'Université Laval ainsi que d'un groupe d'étudiants à la maîtrise et au doctorat.

L'étape suivante consistera à poursuivre la modélisation du forgeage en y ajoutant la modélisation du traitement thermique, ainsi que la caractérisation de la réponse du matériau à ces procédés en termes de microstructure et contraintes résiduelles.



Modélisation du procédé de forgeage : Distribution des contraintes pendant la phase finale du procédé de forgeage

## VOLET 3 : TRAIN D'ATERRISSAGE PLUS INTELLIGENT

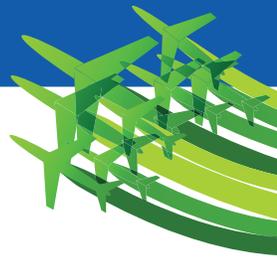
### SURVEILLANCE EN TEMPS RÉEL :

Les données de surveillance en temps réel pourraient être exploitées afin de mesurer le poids et le centrage des masses de l'avion, optimisant ainsi les paramètres de vols. Les données obtenues pourront aussi servir à déterminer s'il y a surcharge lors de l'atterrissage ou non. Cette approche va permettre de réduire la consommation de carburant et optimiser la performance de l'avion.

Différents concepts de capteurs ont été identifiés ainsi que le train d'atterrissage sur lequel les capteurs vont être testés.

L'étape actuelle de ce volet en est à la conception et fabrication d'un banc d'essai sur lequel seront montés le train d'atterrissage et les capteurs sélectionnés. Ainsi, la sélection finale des capteurs à valider pourra se faire en parallèle.

Ce projet nécessite une collaboration entre un avionneur (Bombardier), un concepteur de capteurs (Thales) et un concepteur de train d'atterrissage (Héroux Devtek).



## FOIRE AUX QUESTIONS

### QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE LE REGROUPEMENT POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AVION PLUS ÉCOLOGIQUE ET SA<sup>2</sup>GE?

Le Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique est le nom de l'organisme sans but lucratif qui joue un rôle d'interface entre le gouvernement provincial et les organisations siégeant sur le conseil d'administration.

SA<sup>2</sup>GE qui signifie « Systèmes Aéronautiques d'Avant-Garde pour l'Environnement » est le nom général du projet mobilisateur qui est constitué de 5 sous-projets dirigés par 6 partenaires industriels.

### QUEL EST LE RÔLE DE L'ORGANISME?

- Faciliter une approche de partenariat public-privé entre les parties prenantes au projet SA<sup>2</sup>GE;
- Garantir que la mission de SA<sup>2</sup>GE demeure une priorité chez les partenaires;
- Assurer la bonne gouvernance de SA<sup>2</sup>GE dans le respect de la Convention de subvention applicable;
- Veiller au respect de la confidentialité entourant le développement technologique de chaque participant.

### QU'EST-CE QU'UN PROJET DÉMONSTRATEUR?

Un projet démonstrateur permet d'intégrer et de tester les concepts préalablement élaborés en collaboration avec les universités et les centres de recherches. Le projet constitue ainsi un maillon indispensable du transfert de la technologie vers la commercialisation de produits.

### QU'EST-CE QU'UN PROJET MOBILISATEUR?

Un projet mobilisateur est composé d'un ensemble d'activités concrètes mises en œuvre par plusieurs partenaires (entreprises, centres de recherche, universités, etc.), et portées par la vision et le leadership de l'industrie et des utilisateurs.

Il comporte des effets multiplicateurs sur l'économie québécoise, la qualité de vie et le développement de masses critiques de chercheurs en recherche et innovation de portée mondiale.

L'objectif est d'amener les divers acteurs du système d'innovation québécois à travailler en synergie pour réaliser des projets favorisant les retombées économiques des résultats de la recherche.



# CONSEIL D'ADMINISTRATION

<b>Fassi Kafyeke</b>	Directeur, Technologies stratégiques, Bombardier Aéronautique <i>Président du conseil d'administration et du comité exécutif</i>
<b>Pierre Rioux</b>	Directeur, Technologie et sciences du vol, Bell Helicopter Textron Canada <i>Vice-président du conseil d'administration et du comité exécutif</i>
<b>Clément Fortin</b>	Président – Directeur général, Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale (CRIAQ) <i>Trésorier et membre du comité exécutif</i>
<b>Robert Guertin</b>	Vice-président, Affaires juridiques et contractuelles, Thales Canada <i>Secrétaire et membre du comité exécutif</i>
<b>Yves Rabellino</b>	Directeur principal, Gestion stratégique des coûts, recherche & technologie et support aux opérations, Pratt&Whitney Canada <i>Membre du comité exécutif</i>
<b>Patrick Champagne</b>	Vice-président, Postes de pilotage et intégration de systèmes, Esterline CMC Électronique
<b>Rémy Langelier</b>	Directeur, Développement des affaires, Héroux Devtek
<b>Suzanne Benoît</b>	Présidente – Directrice générale, Aéro Montréal
<b>Gilles Néron</b>	Directeur senior, Chaîne d'approvisionnement et gestion stratégie, Air Canada
<b>Jerzy Komorowski</b>	Gestionnaire principal, Centre national de recherche Canada (CNRC)
<b>Normand Raymond</b>	Conseiller, Mission économie, Ministère des Finances et de l'Économie (MFE)

## ORGANISME

<b>Dominique Sauvé</b>	Directrice du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique <i>dsauve@sa2ge.org</i>
<b>Sophie Juignier</b>	Responsable communications <i>sjuignier@sa2ge.org</i>
<b>Virginia Thureau</b>	Chargée de projet SA <sup>2</sup> GE <i>vthureau@sa2ge.org</i>