



# LPCAD 2

LES PROJETS COLLABORATIFS DE  
L'AÉRONEF DE DEMAIN, PHASE 2  
RAPPORT FINAL PUBLIC DE FIN DE PROJET 2024

# FAITS SAILLANTS LPCAD PHASE 2

13 avril 2022: Lancement du projet

2 Années de développement

8 Partenaires

5 Projets mobilisateurs

29 PME mobilisées

4 Centres de recherche mobilisés

8 Universités

## PRÈS DE 113 M\$

50,3% en financement privé et

49,7% en financement public

# TABLE DES MATIÈRES

Mot de la présidente	2
Mot de la directrice	3
Mise en contexte et modalités du projets	4
Gouvernance	6
Conseil d'administration	7
Bilan des projets mobilisateurs	
PM1 - Laboratoire volant	8
PM2 - Développement d'une propulsion hybride série pour aéronef plus électrique	12
PM3 - Avionique pour aéronef électrique	16
PM4 - Cabine d'équipage pour un aéronef de nouvelle génération	20
PM5 - Augmenter la maturité des technologies des moteurs à haute efficacité	24
En conclusion	29



# MOT DE LA PRÉSIDENTE

L'essor de la propulsion électrique, l'arrivée de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies numériques ainsi que d'autres innovations deviennent l'occasion pour l'industrie aérospatiale québécoise de s'adapter aux nouvelles réalités, dont celle des changements climatiques, un enjeu majeur pour notre société. En janvier 2022, le gouvernement du Québec a annoncé dans le cadre de la *Stratégie québécoise de l'aérospatiale – Horizon 2026* un appui financier au secteur aéronautique. La deuxième phase du projet mobilisateur *Les projets collaboratifs de l'aéronef de demain* (LPCAD-2) a ainsi pris son envol.

Huit entreprises se sont rassemblées afin de mener à bien cinq projets mobilisateurs distincts en collaboration avec des PME, des universités et des centres de recherche. Les cinq projets de recherche et de développement sont en lien avec les technologies avant-gardistes, dont la propulsion hybride, l'aérodynamique évoluée, l'autonomie de vol et les systèmes pour un nouveau type d'aéronef.

C'est donc avec fierté que nous vous présentons dans ce rapport final public les avancées des partenaires de LPCAD-2. Un travail considérable a été accompli permettant d'atteindre de nombreux objectifs fixés par les partenaires. Notre écosystème aéronautique se démarque par une synergie unique entre ses différents acteurs et collaborateurs, synergie qui s'est incarnée tout au long de la réalisation des travaux de LPCAD-2.

Je tiens à remercier en mon nom et au nom du conseil d'administration, le gouvernement du Québec pour son appui renouvelé auprès de l'industrie et de notre organisme. Mes remerciements vont également à nos partenaires et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de LPCAD-2.

Présider le conseil d'administration du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique est un honneur. En effet, je suis fière de collaborer avec des partenaires œuvrant dans un secteur aussi stratégique pour le Québec. C'est grâce au savoir-faire de cette industrie, à sa créativité et à son talent que le Québec figure aujourd'hui parmi les principaux centres aérospatiaux du monde.

Investir dans l'innovation au Québec est essentiel pour renforcer et maintenir notre place sur le plan mondial de l'industrie aéronautique. Le projet mobilisateur LPCAD-2 a été un véhicule d'innovation exceptionnel pour y arriver. Les avancées du projet permettront de développer et de certifier de nouveaux produits qui répondront aux besoins émergents du marché dans un respect maximal de l'environnement.

## Karen Magharian

Présidente du conseil d'administration  
Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique



# MOT DE LA DIRECTRICE

Tout droit sortie du succès de la phase 1 du projet mobilisateur *Les projets collaboratifs de l'aéronef de demain* (LPCAD), la phase 2 de LPCAD a su se montrer à la hauteur de son prédécesseur. Le projet a regroupé cinq sous-projets qui ont pris fin le 31 mars dernier. Ce rapport dresse un bilan tant de leurs avancées technologiques que de la mobilisation instaurée au sein des sous-projets.

Les acteurs du secteur aéronautique québécois ont compris l'importance de collaborer pour réussir. Les partenaires de LPCAD-2 ont pu compter sur la mobilisation de 29 PME québécoises ainsi que 4 centres de recherche et 8 universités. Leur apport et leur soutien se sont avérés essentiels à la réussite de LPCAD-2. Leur contribution a permis d'accélérer et de pousser plus loin des projets d'innovation qui jouent un rôle important afin de propulser l'ensemble des acteurs vers des marchés porteurs.

Les innovations développées auront des implications importantes pour l'industrie aérospatiale et assurent déjà le rayonnement de notre secteur.

Le projet mobilisateur donné *Laboratoire volant – Phase 2* est la suite d'une collaboration entre Ara Robotique, Bombardier et CMC Électronique débutée dans LPCAD-1. Ce projet vise le développement de plateformes autonomes et leur exploitation comme outil de validation en vol de technologie d'avion.

*Aéronef pour la mobilité numérique et verte de demain – Phase 2* est une collaboration entre Les dirigeables Flying Whales Québec et Pratt & Whitney Canada. Le projet vise l'accélération du développement des aéronefs du futur, notamment à propulsion hybride électrique, ainsi que la mise en œuvre de services associés.

Mené par Thales Canada et Les dirigeables Flying Whales Québec, *Avionique pour aéronef électrique* (projet AquArEL) – Phase 2, met au point un système de commandes de vol électrique et une suite avionique en vol à vue pour aéronef à propulsion hybride et électrique.

Delastek et Les dirigeables Flying Whales Québec travaillent ensemble pour développer une cabine de pilotage innovante dans le cadre du projet mobilisateur donné *Cabine d'équipage aéronef de nouvelle génération*.

Enfin, le projet mobilisateur *Augmenter la maturité des technologies de moteurs à haute efficacité* (NEMO) est une collaboration entre Ricardo Canada inc. et Pratt & Whitney Canada. Ce projet vise à amener au niveau de maturité TRL6 une nouvelle génération de moteur pour les groupes auxiliaires de puissance et pour les petits aéronefs.

En investissant dans l'innovation et le développement durable, le gouvernement du Québec contribue à la réduction de l'empreinte environnementale de l'industrie aéronautique et au positionnement stratégique du secteur aéronautique québécois à l'échelle mondiale. Je remercie tous les partenaires pour leur dévouement dans l'atteinte de ces objectifs.

## Dominique Sauvé

Directrice

Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique



# MISE EN CONTEXTE ET MODALITÉS DU PROJET



Dans le cadre de la *Stratégie québécoise de l'aérospatiale — Horizon 2026*, lancée le 7 janvier 2022, le gouvernement du Québec appuie financièrement des initiatives majeures pour soutenir la reprise des activités dans le secteur de l'aérospatiale afin d'améliorer sa résilience, d'assurer sa croissance à long terme et de propulser l'ensemble des chaînes de valeur vers des marchés porteurs. LPCAD-2, deuxième phase du projet mobilisateur *Les projets collaboratifs de l'aéronef de demain*, s'est vu octroyer une aide financière pour contribuer à concevoir l'aérospatiale de demain grâce à l'innovation.

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

Par l'entremise des projets mobilisateurs, le gouvernement du Québec soutient financièrement des entreprises privées à but lucratif 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.

LPCAD-2 est composé de 8 partenaires industriels collaborant sur 5 projets distincts ciblant des objectifs d'innovation et de mobilisation. Ces projets de recherche et de développement sont en lien avec les technologies de l'aéronef de demain, dont la propulsion hybride électrique, l'aérodynamique évoluée, l'autonomie de vol et les systèmes pour un nouveau type d'aéronef.

# MISE EN CONTEXTE ET MODALITÉS DU PROJET

LPCAD-2 appuie des regroupements d'entreprises dans la réalisation de projets d'innovation collaboratifs d'envergure et, plus spécifiquement, il vise à :

- contribuer à améliorer le positionnement compétitif des entreprises avec des produits ou procédés innovants ou d'un modèle d'affaires intégrateur pour un secteur stratégique ou une filière prioritaire ou en émergence ;
- appuyer la réalisation de projets d'innovation de maturité technologique élevée soit d'un niveau de maturité technologique (NMT) de départ se situant entre NMT 4 à NMT 6 jusqu'à un niveau de maturité maximum de NMT 8 ;
- favoriser des partenariats entre des entreprises, des organismes de recherche, des PME québécoises et des distributeurs.



## FINANCEMENT

Le budget de cette deuxième phase du projet s'élève à plus de **112,95 MILLIONS** de dollars sur deux ans, dont **56,6 MILLIONS \$** proviennent du gouvernement du Québec et **56,18 MILLIONS \$** des entreprises. Le projet permettra également de créer et maintenir **300 EMPLOIS** hautement qualifiés au Québec.



# GOUVERNANCE

Le projet mobilisateur est administré par SA<sup>2</sup>GE, le Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique, un organisme à but non lucratif. Cet organisme est sous la responsabilité d'un conseil d'administration élu aux deux ans. Cette structure de gouvernance assure la gestion saine et efficace du projet, tout en facilitant les activités de développement pour atteindre l'impact recherché. Siégeant plusieurs fois par année, le conseil d'administration est composé d'une majorité de partenaires industriels ainsi que d'autres organisations telles qu'Aéro Montréal, le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale du Québec (CRIAQ) et Air Canada qui représente la clientèle. L'organisme assure également la gouvernance d'autres projets mobilisateurs.

## LE CONSEIL D'ADMINISTRATION EST APPUYÉ DANS SES TRAVAUX PAR DIFFÉRENTS COMITÉS.

### COMITÉ EXÉCUTIF

Sous l'autorité du conseil d'administration, le comité exécutif exerce les pouvoirs et remplit les fonctions et devoirs que le conseil d'administration lui délègue.

### COMITÉ D'AUDIT

Le comité d'audit, formé à l'automne 2016, a pour mandat d'aider le conseil d'administration à remplir ses fonctions de surveillance à l'égard de la présentation de l'information financière, des activités d'audit externe, ainsi que de la gestion des risques et des contrôles internes de SA<sup>2</sup>GE.

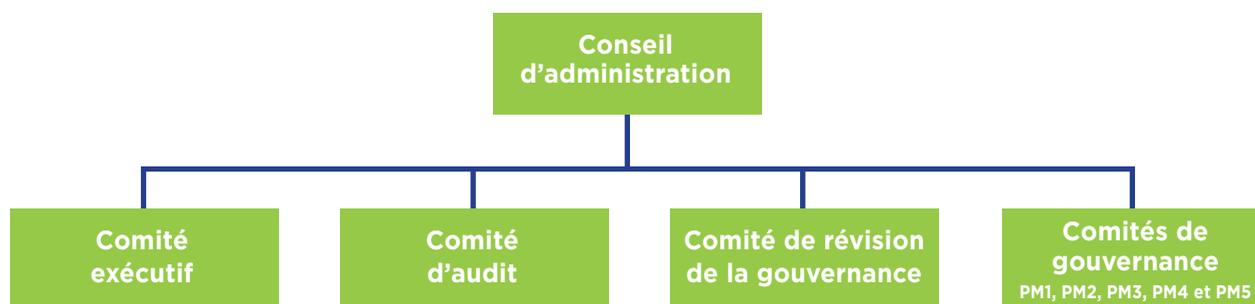
Le comité s'est réuni à deux reprises cette année. Il a procédé à l'examen des états financiers vérifiés en septembre 2023. À cette occasion, les membres du comité ont rencontré l'auditeur du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique qui leur a présenté le résultat de sa vérification 2022-2023. Enfin, le comité d'audit s'est également prononcé sur les actions à prendre concernant un partenaire qui s'est placé sous la Loi sur la faillite et l'insolvabilité.

### COMITÉ DE RÉVISION DE LA GOUVERNANCE

Afin de mieux aligner l'évolution de l'organisme avec celle de l'écosystème dans lequel il évolue, le Conseil d'administration du Regroupement a choisi de créer le Comité de révision de la gouvernance dont les recommandations viseront à établir une organisation encore plus agile, efficace, indépendante et rigoureuse en adoptant les meilleurs modes de fonctionnement. Il a pour mandat de revoir le mode de gouvernance et le règlement interne de l'organisme. Le comité s'est réuni à deux reprises en cours d'année.

### COMITÉS DE GOUVERNANCE

Dans le cadre de LPCAD-2, des comités de gouvernance ont été constitués pour les cinq projets mobilisateurs donnés. Ils se réunissent régulièrement afin d'aider le conseil d'administration à remplir ses fonctions. Notamment, ils examinent les rapports des partenaires et la compilation qui en aura été faite par le Regroupement, et recommandent leur approbation au conseil d'administration. Ils présentent également les avancées de leur projet mobilisateur donné au cours des réunions du conseil d'administration.



# MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION AU 31 MARS 2024



**Karen Magharian**  
*Présidente du conseil d'administration, membre du comité exécutif et du comité de révision de la gouvernance*  
(Directrice affaires juridiques et contrats, Thales Canada, Avionique)



**Fassi Kafyeke**  
*Secrétaire et membre du comité exécutif*  
(Conseiller principal recherche, innovation et collaborations, Bombardier Aviation)



**Guillaume Charland-Arcand**  
*Trésorier, membre du comité exécutif et du comité de révision de la gouvernance*  
(CTO et cofondateur, ARA Robotique)



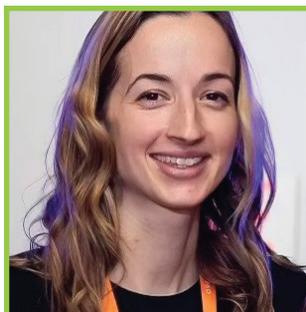
**Patrick Champagne**  
*Membre du comité exécutif et président du comité de révision de la gouvernance*  
(Conseiller stratégique, CMC Électronique)



**Geneviève Laverdure**  
*Membre du comité exécutif*  
(Chef Satisfaction Clients et Développement des affaires, Services à la Clientèle Airbus A220)



**Alexandre Marceau-Goszy**  
*Administrateur*  
(Program Manager, Aerospace, Ricardo Automotive & Industrial)



**Anne Saint-Roch**  
*Administratrice et membre du comité d'audit*  
(Directrice, Bureau de la collaboration technologique, Pratt & Whitney Canada)



**Arnaud Thioulouse**  
*Administrateur*  
(Directeur général, Les dirigeables Flying Whales Québec inc.)



**Suzanne Benoît**  
*Administratrice*



**Mélanie Lussier**  
*Administratrice*  
(Présidente - directrice générale, Aéro Montréal)



**Alain Aubertin<sup>1</sup>**  
*Administrateur et membre du comité de révision de la gouvernance*  
(Président - directeur général, CRIAQ)



**Gilles Néron**  
*Administrateur*  
(Directeur général, Approvisionnement stratégique et Biens immobiliers, Air Canada)

## OBSERVATEURS

**Mouhab Meshreki**  
(Directeur Général du Centre de recherche en aérospatiale Conseil nationale de recherches du Canada)

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

**Ghislain Lafrance**  
*Membre du comité de révision de la gouvernance*  
(Consultant, TeraXion)

**Houssam Alaouie**  
*Membre du Comité d'audit*  
(Responsable mondial, Programmes gouvernementaux et de collaboration, et Partenariats avec les établissements d'enseignement, CAE)

**Philippe Sabat**  
*Membre du comité de révision de la gouvernance*  
(Conseiller en développement industriel — Direction des transports et de la logistique, ministère de l'Économie, l'Innovation et de l'Énergie)

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

<sup>1</sup> Mandat au CRIAQ a pris fin au 31 mars 2024. / Les photographies sont une courtoisie de nos membres. Reproduction interdite.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM1 — LABORATOIRE VOLANT — PHASE 2



Le projet Laboratoire volant — qui s'est échelonné sur deux phases — vise à exploiter de nouvelles plateformes autonomes pour développer de nouvelles technologies ouvrant la voie à des opérations à un seul pilote et également permettre l'exploitation de modèles volants à échelle réduite comme outils de validation de nouvelles technologies telles que les configurations aérodynamiques avancées, la propulsion alternative et les systèmes avancés. Leur intégration en tant que briques technologiques permettra de réduire les cycles de développement de nouveaux aéronefs ainsi que de rendre leur opération plus sécuritaire.

### AXES DE DÉVELOPPEMENT DE LA PHASE DEUX

Le prototype du contrôleur pour un véhicule à échelle réduite a été testé sur un banc d'essai au sol intégrant les lois de contrôle de Bombardier et a été validé dans le cadre d'une mission virtuelle complète. Ce contrôleur permettra l'ajout de différentes briques technologiques, notamment de systèmes avancés de contrôle d'avion et des fonctions d'autonomie, qui pourront être validées et amenées à maturité par des tests sur banc d'essai au sol et sur les véhicules AFI à échelle.

La plateforme de CMC-ARA a été utilisée sur un appareil de type multirotor pour tester des applications de navigation autonome avancée telles que la détection et l'approche de site d'atterrissage ainsi que l'évitement autonome d'obstacle. Durant le projet, CMC et ARA ont développé des briques technologiques associées au vol autonome de drones.

Du côté de Bombardier, le projet visait l'augmentation en maturité d'une nouvelle configuration d'avions révolutionnaire, la configuration aile-fuselage intégrée (AFI), qui conduira ultimement à des réductions significatives de l'empreinte carbone des avions d'affaires du futur. Des véhicules de configuration AFI à échelle ont été conçus

et testés lors de diverses campagnes de test en vol, afin de valider les nouvelles lois de contrôle de Bombardier.

Finalement, la phase deux visait à concevoir un banc d'essai révolutionnaire, le Simulateur de Technologie «TSIM», qui permettra de tester par une approche modulaire les prochaines générations d'architectures de systèmes.

### FAITS SAILLANTS

La collaboration fructueuse avec CMC et ARA s'est consolidée à la suite de la première phase réussie du projet où CMC a réalisé le contrôleur pour le véhicule AFI à échelle de Bombardier. Celui-ci a été intégré et validé sur un banc d'essai au sol «iron bird» lors d'une mission virtuelle complète avec composants dans la boucle. De plus, s'ajoute la mise en place de démonstration en vol de certaines briques technologiques, dont notamment la détection autonome de zones d'atterrissage en utilisant l'intelligence artificielle (IA). Cet accomplissement a été possible grâce aux concepts développés lors de la phase 1 du projet, qui s'est poursuivi par l'intégration des systèmes, la mise en place de protocole d'essais en vol ainsi que des essais expérimentaux.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM1 — LABORATOIRE VOLANT — PHASE 2

### FAITS SAILLANTS (suite)

Soulignons la montée en maturité de la configuration non conventionnelle de type aile fuselage intégrée «AFI» par Bombardier par la conception et la fabrication ultra-précise des véhicules à échelle suivant des requis de très haut niveau. Ceci a nécessité plusieurs vagues d'améliorations des véhicules basées sur la première phase de tests en vol et plusieurs campagnes de test réussies qui ont permis de valider les lois de contrôle de Bombardier.

De nombreuses collaborations fructueuses avec des PME québécoises, dont les relations ont été construites au fil des précédents projets mobilisateurs, ont permis entre autres :

1. La réalisation par Bombardier d'un banc d'essai révolutionnaire, le Simulateur de Technologie «TSIM», qui a été conçu et mis en service et qui permettra de tester par une approche modulaire les prochaines générations d'architectures de systèmes ;
2. La conception et la validation de multiples applications logicielles de navigation et de contrôle avionique par CMC ;
3. La réalisation de diverses études pour optimiser la consommation énergétique de l'avion, notamment par la réalisation de test sur le banc d'essai «Solar Eco-Boost Lab» qui a été construit et mis en service ;
4. La réalisation de divers outils d'ingénierie qui améliorent les prédictions et la précision des modèles notamment aérodynamique, de simulation de vol, de modélisation de la structure, de modélisation des phénomènes thermodynamiques et de dynamiques pour n'en nommer que quelques-uns ;
5. La collaboration entre les partenaires a permis aux employés d'ARA Robotique d'avoir accès à des experts en avioniques ainsi qu'en certification aérospatiale. Cette exposition à de nouvelles idées a mené au développement interne de nouvelles pratiques en particulier au niveau de la validation des systèmes, qui permettent d'augmenter la fiabilité des produits d'ARA Robotique.

### GAINS TECHNOLOGIQUES CLÉS — AVANCÉES MAJEURES

Le projet Laboratoire Volant phase 2 visait entre autres à exploiter de nouvelles plateformes autonomes pour, d'une part, développer de nouvelles technologies ouvrant la voie à des opérations à un seul pilote ou pilotées à distance et, d'autre part, permettre l'exploitation de modèles volants à échelle réduite comme outils de validation de nouvelles technologies telles que les configurations aérodynamiques avancées, la propulsion alternative et les systèmes avancés.

Plusieurs campagnes de test en vol des véhicules AFI à échelle ont été complétées avec succès permettant entre autres de tester les lois de contrôle complexes de cette configuration, développées par Bombardier, initialement sur le plus petit des véhicules, et par la suite sur le plus grand.

Un prototype de contrôleur pour un véhicule à échelle réduite de configuration aile-fuselage intégrés (AFI) a été développé par CMC, puis intégré avec succès sur un banc d'essai au sol, validant sa capacité à contrôler le véhicule dans un environnement virtuel représentatif. Plusieurs fonctionnalités additionnelles pour les applications avioniques de CMC ont été conçues et validées, en particulier en matière de navigation, de positionnement, d'autonomie et d'interface pilote (ou opérateur) — appareil.

Le banc d'essai simulateur de technologie «TSIM» a été conçu, testé et validé en le connectant à différents bancs d'essai existants chez Bombardier, et finalement mis en service à la fin de 2023. Le TSIM sera utilisé pour le développement des architectures de systèmes de nouvelle génération dans le cadre d'autres projets.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM1 – LABORATOIRE VOLANT – PHASE 2

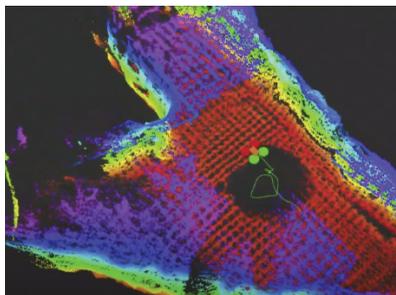
### GAINS TECHNOLOGIQUES CLÉS – AVANCÉES MAJEURES (suite)

L'utilisation des drones d'ARA dans des domaines industriels et commerciaux requiert la téléopération des appareils par des centres de commande dédiés. Cet objectif nécessite le développement de plusieurs briques technologiques dont notamment l'augmentation de la robustesse de la plateforme avionique, des systèmes de communications ainsi que de la station au sol. ARA Robotique a réussi à faire plusieurs vols de démonstration d'une téléopération de drone où la distance entre le centre de commande et le drone était de plusieurs centaines de kilomètres.

De plus, la collaboration entre ARA Robotique et CMC Électronique a permis de mettre en place une intégration entre l'autopilote d'ARA Robotique et un calculateur de CMC Électronique supportant des algorithmes d'intelligence artificielle (IA) dédiés à la détection et à l'évaluation automatique de terrains d'atterrissage. Ce système a été testé en vol. Le calculateur de CMC envoyait des commandes à l'autopilote d'ARA Robotique qui guidait l'appareil en vol. Des protocoles d'opération et de sécurité de système autonome ont également été développés pour limiter le risque des opérations en vol.



Opération au-delà de la portée visuelle



Système de navigation sans GPS dans une mine souterraine (technologie SLAM)



Inspection de navire et vol en environnement complexe



Test de terminal satellitaire

### MOBILISATION

Du côté de chez Bombardier, le développement du banc d'essai simulateur de technologie est le fruit d'une excellente collaboration avec plusieurs PME telles que Dawco, un prestataire de services et de conseils pour l'installation des systèmes d'alimentation primaire et secondaire et de sécurité du banc d'essai ainsi que pour la construction et le soutien des activités d'installation des sous-systèmes.

Mendax a déterminé les besoins des réseaux de données Ethernet de grande capacité, a fourni l'équipement, a soutenu le démarrage du système et a configuré les serveurs d'acquisition et d'hébergement de simulation de données. L'entreprise a également sélectionné, installé et configuré le système de sauvegarde, de stockage et de récupération (NAS).

Néosoft a assemblé, programmé, configuré et intégré un système d'acquisition de données sur mesure dans la nouvelle architecture de banc. Quant à Systemex, la PME a procédé à l'évaluation, à la programmation, à la configuration et à l'intégration de nouveaux systèmes de communication entre différents modules de bancs d'essai pour la visualisation et l'archivage des données.

Ces partenaires ont été en mesure de fournir l'expertise de haut niveau nécessaire à la réalisation de cette infrastructure de test complexe.

Dans le cadre de LPCAD-2, ARA Robotique a pu effectuer ses premiers vols au-delà de la portée visuelle. L'apport du Centre d'excellence sur les drones (CED), situé à Alma a été essentiel dans le succès de ces vols. En effet, ARA Robotique a pu profiter des installations de calibre mondial et d'un espace aérien réservé pour ses essais. De plus, ARA Robotique a mis sur pied un programme de validation en continu de ses systèmes en testant périodiquement toute la technologie d'ARA Robotique par téléopérations, l'appareil d'ARA Robotique étant déployé par le CED à Alma et opéré des bureaux d'ARA Robotique à Montréal.

La PME KoptR Image, spécialisée dans l'opération et la formation d'opération de drones a également été mobilisée pour assister l'équipe d'ARA Robotique pour des essais expérimentaux.

L'apport des PME mobilisées SII, Mannarino Systèmes et Logiciels, et Scalian, a été essentiel à la conception, à la mise au point et à la validation des différents composants logiciels au cœur des applications logicielles de navigation et de contrôle de CMC. En contrepartie, ces PME ont acquis une expertise qui leur permettra de poursuivre leur croissance.

### RETOMBÉES

Le projet Laboratoire volant — Phase 2 a permis l'avancement de briques technologiques essentielles pour Bombardier, ce qui contribuera à la réalisation des futurs avions d'affaires écoresponsables, et s'aligne avec les objectifs du Québec en matière de carboneutralité pour l'industrie aérospatiale. Le projet a notamment ouvert la voie à des configurations non conventionnelles d'avions, soit de l'aile-fuselage intégrés «AFI» qui transformera l'apparence des avions dans les générations à venir tout en réduisant la consommation de carburant et les émissions de carbone jusqu'à 20%.

Le soutien financier fourni à ARA Robotique pour la conception de briques technologiques est crucial pour le succès de ses produits. En effet, cet appui financier est essentiel pour qu'ARA poursuive son investissement massif dans ses activités de recherche et de développement et demeure compétitif dans un secteur émergent dominé par des entreprises chinoises. La présence au Québec d'un concepteur et fabricant tel qu'ARA permet aux technologies de drones de s'implanter dans de plus en plus de processus de services publics, commerciaux et industriels avec des bénéfices économiques, environnementaux et sociétaux importants.

Le projet a été déterminant pour ARA Robotique, car il a permis à l'entreprise de collaborer avec de plus grands donneurs d'ordre dans le secteur de l'aérospatiale. Ceci a permis à l'entreprise et à ses employés de développer de nouveaux contacts et d'acquérir de nouvelles compétences et bonnes pratiques.

Les technologies et les fonctionnalités de navigation et de postes de pilotage développées dans le cadre du projet ont permis à CMC de préparer la prochaine génération de produits qui consolideront la position de CMC comme le leader canadien dans ces domaines.

Chez Bombardier, plus de 500 professionnels en ingénierie ont participé de près ou de loin au projet Laboratoire volant — Phase 2, pour un équivalent de plus de 50 professionnels en ingénierie à temps plein. Plus de 150 étudiants ont participé de près ou de loin au projet, représentant l'équivalent de 12 étudiants à temps plein sur la durée du projet. Un total de 8 PME et 2 centres de recherche ont aussi été mobilisés dans le cadre du projet.

Chez CMC, plus de 100 professionnels ont soutenu le projet, 3 PME ont été mobilisées et la collaboration avec le Centre de Technologie Aérospatiale s'est poursuivie.

### EN CONCLUSION

Le projet Laboratoire volant — Phase 2 a assurément contribué à accélérer le développement de configurations non conventionnelles, nécessaires pour accélérer la transition vers la carboneutralité de l'aviation. Le développement d'une telle configuration révolutionnaire nécessite un effort d'ingénierie considérable, puisque les bases mêmes des connaissances doivent être redéfinies, notamment au niveau du contrôle de l'avion.

Les technologies développées dans le cadre du projet vont être employées sur différents appareils, avec des configurations nouvelles et destinées à de nouveaux usages. La majorité des applications de drones auront des effets bénéfiques sur la société, en matière de décarbonation, de sécurité et d'efficacité économique.

Les trois axes principaux de développement de technologies dans le cadre du projet, c'est à dire la configuration AFI de Bombardier, les applications de navigation et de postes de pilotage de CMC, et les technologies de drones d'ARA ont permis d'exposer et de former de nombreux professionnels, étudiants et partenaires (PME, universités, centres de recherche) à des enjeux techniques complexes et à des projets de calibre mondial. En l'absence de ce type de projet mobilisateur, la capacité des entreprises de démarrer et de soutenir des projets de cette envergure et de ce niveau de risque serait largement réduite. De plus, pour beaucoup des technologies étudiées, il n'existe pas de formation au Québec directement orientée. La formation indirecte offerte par ces projets est essentielle au développement d'un noyau critique de compétences.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM2 – DÉVELOPPEMENT D'UNE PROPULSION HYBRIDE SÉRIE POUR AÉRONEF PLUS ÉLECTRIQUE (PHASE 2)



Ce projet mobilisateur est une collaboration entre FLYING WHALES QUÉBEC (FWQ) et Pratt & Whitney Canada (P&WC) sur la conception et l'intégration d'un système turbogénérateur pour le dirigeable de transport de charges lourdes, le LCA60T (*Large Capacity Airship 60 Tons*). Le LCA60T est un dirigeable qui profitera à de nombreux secteurs devant transporter des charges lourdes et volumineuses tout en ayant une empreinte environnementale très faible. Le dirigeable bénéficiera aux industries forestières, au secteur de l'électricité et des énergies renouvelables (hydro-électricité, éolien), et de manière générale à toutes les industries qui ont besoin de transporter des charges lourdes et encombrantes (génie civil, aérospatiale, mines, pétrole, gaz, etc.) dans des régions difficiles d'accès.

Le dirigeable LCA60T est un aéronef électrique. L'objectif général du projet est de développer un système embarqué permettant la génération à bord de puissance électrique de l'ordre du mégawatt permettant l'alimentation des différents consommateurs de forte puissance, dont la propulsion électrique distribuée. Ce système turbogénérateur de puissance électrique de 1 mégawatt sera, une fois homologué, le premier du genre à de tels niveaux de puissance pour le secteur aéronautique.

Pour mener à bien la conception de ce turbogénérateur, les équipes techniques de P&WC et de FWQ collaborent sur les analyses mécaniques, thermiques, aérodynamiques et de sécurité.

FWQ intègre les différents systèmes constituant le turbogénérateur et conçoit l'environnement moteur (nacelle) et son lien avec la structure du dirigeable. P&WC apporte un moteur d'hélicoptère et l'adapte pour les besoins du turbogénérateur et est également responsable de préparer les essais du turbogénérateur sur un banc d'essai. Il s'agira d'une étape très importante dans le développement du turbogénérateur jusqu'à sa mise en vol avec le prototype du premier dirigeable.

## FAITS SAILLANTS

Le projet LPCAD-2 a permis de passer le jalon majeur de revue de conception préliminaire pour les trois systèmes critiques du turbogénérateur : la boîte de réduction, la génératrice et la turbine. Un premier concept de la nacelle du turbogénérateur a également été développé. Les travaux ont notamment permis une mise à jour des documents de spécifications et de définition des interfaces. Les modifications requises sur la turbine ont été définies, incluant des modifications de contrôle moteur pour cette nouvelle application de la turbine. De premières analyses ont été menées conjointement afin d'optimiser les conditions d'opérations sur le dirigeable et d'identifier la durée de vie de la turbine. Le projet s'est concrétisé par la revue d'architecture du banc d'essai permettant de démarrer sa conception détaillée et la préparation du premier essai.

Des travaux en mécanique et aérodynamique pour le montage, l'assemblage et l'échappement ont été réalisés. Le projet a également permis le développement des aspects électriques concernant le contrôle de puissance et de tension pour l'installation du turbogénérateur dans son banc d'essai. Ces travaux ont inclus la préparation d'un plan des essais, l'identification des instruments de mesure en vue de la préparation du premier essai.



Un des 32 propulseurs électriques à hélice (concept 3D)



Vue - issue d'une vidéo de synthèse diffusée par Flying Whales - des turbogénérateurs à l'intérieur de la nacelle, fixés sur le dirigeable

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

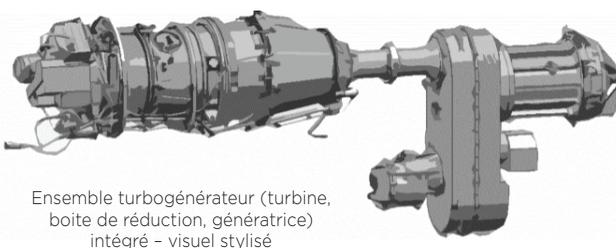
## PM2 – DÉVELOPPEMENT D'UNE PROPULSION HYBRIDE SÉRIE POUR AÉRONEF PLUS ÉLECTRIQUE (PHASE 2)

### GAINS TECHNOLOGIQUES CLÉS – AVANCÉES MAJEURES

Le LCA60T nécessite une puissance électrique importante pour alimenter ses 32 moteurs électriques à hélices, ses 6 treuils pour le levage des charges lourdes, ses actionneurs, etc. La puissance totale requise est de 4 mégawatts (MW). Cette puissance sera générée par l'emport de 4 turbogénérateurs de 1 mégawatt (MW) chacun.

Les turbines à gaz modernes sont capables de fournir de haut niveau de puissance tout en ayant un poids et une masse faibles, et ce, dans des espaces restreints. Cependant, les requis de maintenance sont reliés aux conditions d'opération spécifiques au véhicule sur lequel les turbines sont installées. Ils dépendent, entre autres, de la conception du système de contrôle en vol, du système de batteries ainsi que des hypothèses posées en lien avec les conditions météorologiques et les opérations de treuillage.

P&WC a développé un procédé d'optimisation en anticipant la durée de vie prédictive de la turbine pour l'usage prévu du moteur par le dirigeable et a fourni des recommandations quant aux facteurs influençant la durée de vie de la turbine et les coûts de maintenance.



Une des innovations de ce nouveau produit, le turbogénérateur, réside dans la capacité à concilier une génération de puissance mécanique avec l'instantanéité d'une charge électrique. Par opposition à un système mécanique en interaction avec l'air tel qu'un rotor d'hélicoptère ayant une grande inertie, un consommateur électrique aura des variations du besoin de puissance très rapides. L'utilisation d'une turbine d'hélicoptère dans ce tout nouveau contexte impose la conception d'algorithmes particulièrement

innovants. Cette problématique se retrouve au sein des aéronefs à propulsion électrique tels que le LCA60T, qui sont de ce fait plus complexes que les aéronefs actuels dont la génération de puissance électrique ne prélève qu'une petite partie de la puissance disponible du moteur thermique. En effet dans les avions commerciaux de dernière génération, les plus électrifiés ne montent qu'à 350 kW de génération de puissance embarquée soit une très faible part de la puissance générée par leurs moteurs.

L'intégration de l'ensemble turbogénérateur (turbomoteur, boîte de vitesse, génératrice) génère également de nouveaux modes de défaillance. Aussi, FWQ a dû intégrer les contraintes des trois systèmes, en collaboration avec leurs fournisseurs respectifs, ainsi que les conditions d'opération du dirigeable, pour définir une stratégie de gestion de ces modes de pannes et adapter les équipements et les boucles de contrôle en conséquence.

Enfin, le turbogénérateur doit être installé au sein du dirigeable, dans sa nacelle. La nacelle a pour fonction d'intégrer mécaniquement le turbogénérateur au dirigeable, mais aussi la gestion de tout son environnement thermique afin de garantir un fonctionnement conforme à la conception de la turbine. Cela comprend la gestion thermique, la conception de la prise d'air et de l'échappement qui sont tous des éléments qui influencent grandement les performances du moteur. En effet, une perte de pression ou une surpression augmenterait la consommation de carburant, ce qui pourrait également affecter la durabilité et l'intégrité du système. L'université de Sherbrooke a été très largement mobilisée pour la conception de ces différents éléments. C'est l'ensemble complet turbogénérateur intégré au sein de sa nacelle dans une configuration la plus représentative possible de l'installation dans le dirigeable qui sera testé sur le banc d'essai. Le projet se rapproche de manière imminente de la mise en test du turbogénérateur intégré sur son banc.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM2 — DÉVELOPPEMENT D'UNE PROPULSION HYBRIDE SÉRIE POUR AÉRONEF PLUS ÉLECTRIQUE (PHASE 2)

### MOBILISATION

Le projet a dépassé ses objectifs en matière d'efforts assignés à des partenaires PME, mais a aussi pu compter sur une contribution technique importante de la part de partenaires universitaires.

#### Implication des PME

Les PME MTLs et Altitude Aerospace, ont été impliquées sur des travaux de conception de structure et pour l'intégration des systèmes dans la nacelle incluant la ségrégation des zones feu. MTLs a également été mobilisée pour mener des activités d'analyses sur l'utilisation future de l'hydrogène pour permettre la propulsion du dirigeable sans émission en opération.

#### Implication des partenaires de recherche

L'Université de Sherbrooke a collaboré avec FWQ et MTLs afin de concevoir des entrées et des sorties d'échappement de l'ensemble turbogénérateur selon les requis d'installation de la turbine et afin d'extraire le flux d'air chaud tout en protégeant les autres composants du dirigeable.

P&WC a collaboré avec l'École de technologie supérieure, l'Université de Sherbrooke et Concordia sur des simulations des systèmes de propulsion hybride électrique et d'un système de charge électrique du banc d'essai turbogénérateur ainsi que sur des outils logiciels informatiques pour optimiser les aéronefs hybrides électriques.

Les conditions météorologiques changeantes, telles que les bourrasques peuvent engendrer subitement des appels de puissance venant affecter les performances de la turbine, en générant par exemple une perte de charge sur l'arbre de sortie pour la génératrice. Afin de prédire ces bourrasques dans le but de pouvoir adapter par anticipation le régime de la turbine, un projet a été mené avec l'École de technologie supérieure et Polytechnique Montréal afin de développer un modèle numérique dynamique météorologique qui serait alimenté en temps réel par un essaim de drones équipé de capteurs, volant autour du dirigeable.

Le projet de faisabilité de captation des phénomènes météo par drones pour l'optimisation des conditions d'opération de la turbine a impliqué un chercheur postdoctoral et un associé de recherche à temps plein pendant six mois, appuyés d'un stagiaire, d'un étudiant à la maîtrise et d'un étudiant au doctorat.

L'équipe de recherche a réalisé une maquette numérique, une étude de faisabilité et la preuve de concept par simulation.

«L'utilisation d'une flotte autoorganisée pour estimer des distributions spatiales (vent, feu, méthane, etc.) est très prometteuse. Nous espérons avoir l'opportunité de poursuivre vers des tests sur le terrain pour concrétiser et valider la solution proposée tout en permettant d'ouvrir la voie à des méthodes d'homologation des systèmes multidrones au Canada. La flotte acquise dans le cadre de ce projet est bientôt prête à être déployée avec des ordinateurs et capteurs embarqués sur mesure pour l'évaluation de phénomènes météorologiques.»

#### David St-Onge

Professeur au Département de génie mécanique, École de technologie supérieure.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM2 — DÉVELOPPEMENT D'UNE PROPULSION HYBRIDE SÉRIE POUR AÉRONEF PLUS ÉLECTRIQUE (PHASE 2)

### RETOMBÉES

Le projet a permis de développer des compétences et des technologies québécoises qui auront un rayonnement international lorsque les produits respectifs des partenaires entreront en service.

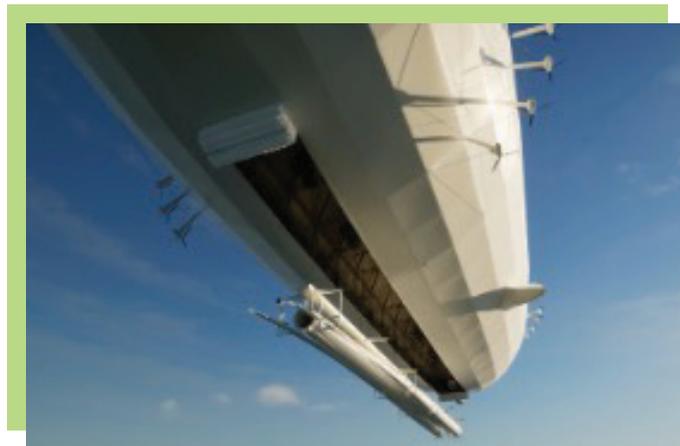
Le système turbogénérateur de puissance électrique d'un mégawatt développé pour le projet sera, une fois homologué, le premier du genre à de tels niveaux de puissance pour le secteur aéronautique. Il permettra de positionner le Québec comme partenaire stratégique pour la réduction de l'empreinte carbone de l'aviation par l'électrification et l'hybridation notamment pour l'aviation régionale qui aura besoin de telles capacités.

De nouveaux projets d'aéronefs tout électriques ou hybrides sont annoncés régulièrement et, dans un horizon de 10 ans, tous les segments (gros porteur, court-courrier, aviation générale) seront concernés par ces développements, avec des puissances requises en mégawatts.

Pour P&WC le projet turbogénérateur pour LCA60T représente une occasion d'adapter un produit pour les besoins spécifiques d'un système innovant de propulsion hybride électrique en série, de tirer des apprentissages des défis techniques, et de propulser un avion de charge lourde qui offre des bénéfices environnementaux et sociaux

importants. De plus, les connaissances acquises en gestion des charges électriques haute tension dans la classe de puissance d'un mégawatt pourront bénéficier à d'autres projets d'électrification du transport aérien.

Pour FWQ, le projet mobilisateur permet des avancées majeures dans le développement d'un système clé pour la conception du dirigeable LCA60T. Le développement au Québec du turbogénérateur et de sa nacelle permet la mise en place d'un partenariat à long terme avec un partenaire stratégique, P&WC. De plus, l'implication de l'autorité de régulation canadienne dans le processus de certification de l'aéronef pendant les phases ultérieures se fera au bénéfice de toute l'industrie locale.



Visuel du LCA60T en service

### EN CONCLUSION

L'industrie aéronautique s'est engagée dans une transition importante pour réduire son empreinte. L'hybridation des systèmes de propulsion représente une avancée cruciale pour répondre aux défis environnementaux et énergétiques actuels. Toutefois, les innovations nécessaires pour cette transition dépassent largement les capacités d'investissement des acteurs privés seuls. L'évolution des architectures nécessaire pour l'hybridation en série, notamment, induit de nombreuses ruptures technologiques simultanées qui exigent des ressources considérables pour être développées.

L'appui obtenu dans le cadre de LPCAD-2 reconnaît l'importance stratégique du positionnement du Québec dans cette transition. Il permet aux deux partenaires principaux, FWQ et P&WC, de développer un nouveau moyen de transport de charge faible en carbone et une turbine optimisée pour l'hybridation série haute puissance. Le projet a permis l'embauche et la formation de personnel hautement qualifié (en interne et chez les partenaires mobilisés, incluant les partenaires universitaires). Ceci favorisera la formation d'une relève pour répondre aux défis technologiques de la transition, mais aussi, dans le cas de FWQ, le développement des ressources et des expertises nécessaires pour concevoir, tester, livrer et maintenir les 160 dirigeables qui seront produits dans le monde sur les dix premières années de production.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM3 – PROJET AQuArEL – AVIONIQUE POUR AÉRONEF ÉLECTRIQUE, PHASE 2



Le projet AQuArEL-2 est une continuité du projet AQuArEL-1, débuté en 2021. Il vise le même objectif de monter en maturité des technologies adaptées aux nouveaux aéronefs électriques tels que drones spécialisés, dirigeables et appareils de 19 passagers et moins, ainsi que leur intégration dans le cadre du programme aéronautique de développement d'un dirigeable de transport de charges lourdes. Les principales caractéristiques de ces nouveaux aéronefs sont une plus grande manœuvrabilité et des architectures innovantes permettant de répondre à de nouvelles opérations aériennes.

Le but du projet consiste à développer les commandes de vol et les équipements avioniques nécessaires au pilotage et au contrôle de l'aéronef. Ce type d'équipements permet une manœuvrabilité sur six degrés de liberté par l'usage simultané de gouvernes, ainsi que de poussées différentielles par des propulseurs électriques. L'avionique ainsi développée, en s'appuyant sur un projet de dirigeable à propulsion électrique distribuée, permet au pilote de disposer d'informations synthétiques de navigation et des commandes de vol électriques ainsi que de tous les autres systèmes embarqués, pour une navigation en vol à vue plus verte et plus sécuritaire.

Le projet se concentre sur deux grands axes de recherche: le contrôle et la commande de l'aéronef. Un transfert de technologie et son adaptation aux opérations aériennes couvrent le volet contrôle de l'aéronef alors qu'un développement des briques technologiques d'un système commandes de vol électriques ultra compact est réalisé pour, entre autres, assurer le contrôle des surfaces et des moteurs d'un dirigeable.

### FAITS SAILLANTS

Le projet AQuArEL-2 s'inscrit dans le développement du programme aéronautique de développement du dirigeable LCA60T. Il permet à Thales Canada, Avionique de développer une nouvelle gamme de produits qui lui permettra de participer, en plus du programme LCA60T, à l'importante croissance du marché des drones et des avions Part 23, avec des solutions mieux adaptées aux requis de ces nouveaux marchés, tant en termes de coûts, que de sécurité de fonctionnement.

La revue de conception préliminaire au niveau dirigeable a été passée en tout début de projet mobilisateur permettant de figer les requis nécessaires au développement des systèmes avioniques et du système de commandes de vol. Par la suite, la montée en maturité acquise grâce aux travaux du projet AQuArEL-2 a permis le passage de la revue de conception détaillée du dirigeable en toute fin du projet mobilisateur, permettant ainsi de valider les choix d'architecture et progresser vers la prochaine phase avec les essais d'intégration.

Le projet AQuArEL-2 a donc permis de finaliser l'architecture préliminaire et le développement matériel et logiciel des premiers démonstrateurs de commandes de vol, ainsi que la validation des fonctionnalités et performances par rapport aux hypothèses et spécifications. L'ensemble a pu être formellement validé au travers du passage du jalon majeur de revue de conception préliminaire pour le système.



Vue conceptuelle de la suite avionique FlytX de Thales intégrée dans le LCA60T

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM3 – PROJET AQUAREL – AVIONIQUE POUR AÉRONEF ÉLECTRIQUE, PHASE 2

### FAITS SAILLANTS (suite)

Des bancs d'essai dédiés ont été développés afin de valider les prototypes de commandes de vol et l'architecture avionique du cockpit. Les résultats de tests de mise au point sur les bancs d'essai ont permis de valider la fonctionnalité et d'identifier des améliorations au niveau des performances des prototypes de commandes de vol. La définition a, par la suite, été mise à jour pour incorporer les améliorations identifiées et une seconde version des prototypes de commandes de vol a été développée et testée sur les bancs d'essai, puis exposée à des contraintes (par exemple: température, rayonnement électromagnétique, foudre) en laboratoire, simulant l'environnement de vol.

Plusieurs versions du logiciel applicatif des commandes de vol ont également été créées. Une première version générique pour tester les prototypes sur le banc d'essai, avant l'intégration des données de l'aéronef. Par la suite, deux autres versions du logiciel applicatif ont été développées, basées sur les données de l'aéronef, et donc plus représentatives.

En ce qui concerne l'avionique, à la suite d'une phase de revue de conception récente, le positionnement des hélices a été modifié, entraînant une modification de l'architecture. Cette adaptation a pu être réalisée rapidement et facilement grâce aux outils de Thales Canada, Avionique et à une bonne communication entre les deux partenaires.

Les travaux ont continué sur le banc d'intégration en prévision, lors de la prochaine année, des tests incrémentaux des pages d'interface du pilote avec les systèmes de l'aéronef.



Vue du dirigeable incluant les moteurs électriques et les gouvernes

### GAINS TECHNOLOGIQUES CLÉS – AVANCÉES MAJEURES

La majorité des nouveaux aéronefs électriques sont conçus pour être contrôlés au travers de commandes de vol électriques. Thales Canada, Avionique – basée à Montréal, est le centre d'excellence mondial en système de commandes de vol électriques du groupe Thales. Le programme LPCAD a permis à Thales Canada, Avionique d'accélérer le développement de nouvelles générations de commandes de vol électrique adaptées aux opérations et aux marchés des nouveaux aéronefs électriques qui se démarquent par leur miniaturisation, leur coût et leur capacité à piloter de multiples organes de contrôle. Quant à FLYING WHALES QUÉBEC, cela lui a permis de finaliser l'architecture avionique et l'intégration de ces nouvelles technologies pour le développement d'un dirigeable novateur pour le transport de charges lourdes (60T) et surdimensionnées. Des PME québécoises apportent également leur soutien à la mise en œuvre des bancs de tests. À l'issue de ce premier projet, Thales Canada, Avionique

dispose d'un prototype qui sera testé durant la prochaine phase du projet afin de le préparer à des essais en vol.

Un des enjeux majeurs du projet reposait sur le choix de développer une nouvelle suite avionique, à partir de briques technologiques existantes n'ayant pas été développées pour le vol électrique, qui puisse répondre aux besoins par l'adjonction de nouvelles fonctionnalités. À ce jour, tous les requis définis par FLYING WHALES QUÉBEC sont, soit complètement, soit partiellement atteints à l'aide de briques technologiques existantes. FLYING WHALES QUÉBEC et Thales Canada, Avionique adapteront et feront évoluer les requis, afin de les finaliser intégralement et trouver une solution pouvant être certifiée sur des aéronefs électriques et des dirigeables.

Bien que les travaux soient toujours en cours, ce projet peut être qualifié de succès, puisque les résultats obtenus permettent de valider l'implémentation des systèmes développés sur le dirigeable et pourront être étendus à d'autres aéronefs à propulsion électrique.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM3 - PROJET AQUAREL – AVIONIQUE POUR AÉRONEF ÉLECTRIQUE, PHASE 2

### MOBILISATION

#### Mobilisation des PME

Le projet a mobilisé un nombre important de PME spécialisées au Québec qui ont contribué grâce à leur expertise au projet.

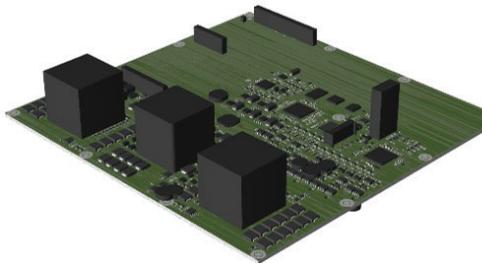
MTLS Aérostructure, Presagis, Altitude Aerospace ont eu une implication importante quant à la conception, l'architecture et l'intégration des systèmes incluant l'interface graphique.

SII et Néosoft ont été impliquées sur la partie logiciel et bancs d'essai. Le projet a d'ailleurs permis la formation de ces participants au requis liés aux processus de certification aéronautique (DO-178C) pour les logiciels embarqués. Néosoft a également participé à l'amélioration du système d'acquisition des données.

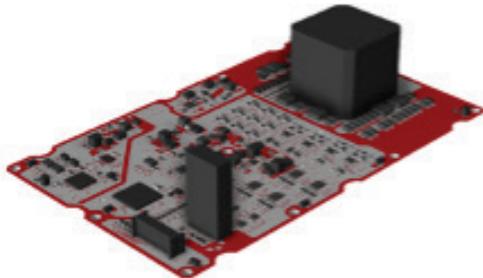
Des partenaires industriels ont aussi été impliqués pour la réalisation des tests. HDI pour la fabrication des moyens de tests (usinage et câblage) et Cablek pour la fabrication des harnais de tests.

#### Mobilisation des universités

Afin de répondre à la miniaturisation croissante de l'électronique et à l'émergence d'aéronefs de petite taille, Thales a mis en place deux consortiums universitaires, un mené par Polytechnique et l'autre par l'École de technologie Supérieure, qui a mobilisé 5 universités au Québec et plus de 20 étudiants du deuxième et du troisième cycles. Ils ont identifié des solutions technologiques permettant de réduire la taille des calculateurs électroniques par un rapport supérieur à 10. Plus de 40 prototypes de puces électroniques ont été produits et testés avec succès par les universités.



Calculateur critique de commandes de vol ultra-compact



Concentrateur de données critique ultra-compact

Lors de la seconde année, Thales Canada, Avionique a travaillé avec les universités afin de lancer une seconde phase à ces projets de miniaturisation avec pour objectif de développer des assemblages répondant aux contraintes environnementales et de réaliser des tests dans les conditions sévères rencontrées par les aéronefs.

### EN CONCLUSION

Les nouvelles générations d'aéronefs électriques doivent permettre un désenclavement du Québec aussi bien pour les passagers que pour les biens. Les avions électriques régionaux ont des frais de fonctionnement nettement plus bas que les avions à moteur thermique. Ces avions de nouvelle génération bénéficieront aussi d'une avionique permettant de simplifier l'opération de l'appareil afin de réduire le besoin en formation des pilotes tout en garantissant un haut niveau de sécurité. Cette caractéristique permettra de réduire les coûts d'exploitation tout en facilitant la mise à disposition de nouveaux pilotes. Le transport régional deviendra abordable aussi bien pour les passagers que pour les biens.

Le programme AQuArEL-2, tout comme le programme AQuArEL-1, apporte les moyens technologiques essentiels au développement de ces nouvelles plateformes plus électriques. Ces innovations de rupture sont nécessaires pour réduire la consommation d'énergies non renouvelables et les émissions de GES de l'aéronautique mondiale.

Les nouvelles plateformes telles que le dirigeable de FLYING WHALES permettent aussi de répondre aux problématiques de désenclavement des territoires, d'offrir un moyen de transport inédit pour faciliter la logistique liée à la transition énergétique et participer à la décarbonation du fret aérien.

La technologie mise en œuvre dans le projet AQuArEL-2 suit des exigences similaires au développement des eVTOL qui vont faire leurs mises en service dans l'avenir. Cette technologie est intégrée dans le dirigeable et rend possible le pilotage de grand aéronef à propulsion distribuée.

Les projets AQuArEL-1 et AQuArEL-2 ont permis de développer des compétences et technologies québécoises qui auront un rayonnement international lorsque les produits respectifs des partenaires entreront en service.

Pour FLYING WHALES, il s'agit du dirigeable LCA60T, une solution de transport inédite, d'une capacité de 60 tonnes pour soutenir le développement social et économique des territoires enclavés avec très une faible empreinte environnementale. Une usine sera installée au Québec afin d'assurer la production nécessaire au marché de l'Amérique du Nord et du Sud.

Pour Thales Avionique Canada, il s'agit de poursuivre leur positionnement de leader sur le marché des commandes de vol électriques, à la pointe de l'état de l'art grâce au positionnement de leurs produits sur les nouvelles plateformes dotées de contraintes très spécifiques.

Le soutien apporté par le programme LPCAD-2 a permis aux partenaires de ce projet d'accélérer leurs activités de recherche pour répondre aux attentes des nouveaux marchés ouverts par les aéronefs électriques: avions électriques régionaux, dirigeables électriques et avions/drones cargo électriques

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM4 - CABINE D'ÉQUIPAGE POUR UN AÉRONEF DE NOUVELLE GÉNÉRATION, PHASE 2



Ce projet mobilisateur vise à développer la gondole du dirigeable de transport de charges lourdes LCA60T (*Large Capacity Airship 60 Tons*). Ce nouvel aéronef de grande capacité sera capable de transporter des marchandises et des équipements volumineux vers des lieux difficilement accessibles, tout en minimisant l'impact environnemental.

Dans ce cadre, FLYING WHALES QUÉBEC mène des travaux sur le développement de la cabine de pilotage, de l'aire de repos ainsi que de l'aire de travail du grutier, ensemble appelé gondole. L'entreprise vise des espaces de travail sécuritaires et ergonomiques tout en garantissant un rapport coût-poids-robustesse qui permettra de répondre aux attentes du régulateur et d'atteindre la cible de marché pour le dirigeable et ses opérations.

### FAITS SAILLANTS

Les partenaires ont tiré plusieurs enseignements cruciaux pour le développement et l'intégration du produit au cours de ce projet.

Delastek et FLYING WHALES QUÉBEC ont finalisé le cahier des charges incluant les exigences pour assurer la qualité du produit. Les partenaires ont complété la conception préliminaire des structures primaires et secondaires, en définissant en détail les interfaces des structures, les portes et les fenêtres, mais aussi l'intégration des divers équipements externes. Sur ce dernier point, les entreprises ont réalisé l'importance du travail conjoint entre les deux partenaires concernant les systèmes embarqués (fournis à la fois par FLYING WHALES QUÉBEC et par Delastek) notamment en regard de la définition des besoins, des performances, des interfaces mécaniques et électriques et des interactions avec toutes les parties prenantes.

Ces discussions et ajustements ont constitué une réelle avancée et montée en maturité de Delastek comme intégrateur et fournisseur de rang 1. En effet, la gondole est un système complet devant répondre à un ensemble de fonctions. Pour cela, la

gondole est constituée de différents sous-systèmes dont la définition, la sélection des différents fournisseurs et leur intégration dans la structure génèrent une certaine complexité. Ceci démontre l'importance de la planification et de la capacité à organiser les activités en fonction de la disponibilité des données et en interdépendance avec le reste du programme de développement du dirigeable. Dans ce cadre, Delastek a également réussi à développer des relations stratégiques avec plusieurs acteurs majeurs de l'aéronautique.

Dans la logique d'intégration et de suivi qualité de la conception, un des aspects majeurs du projet pour Delastek fut l'implémentation d'un logiciel collaboratif de conception, la suite 3DExperience de Dassault Systèmes. L'adoption de cet outil a permis de développer un savoir-faire pour l'élaboration et la mise en œuvre de projets complexes et de promouvoir la culture d'innovation auprès des différentes équipes de Delastek grâce au travail en collaboration pluridisciplinaire. Cet outil va permettre à Delastek de s'améliorer dans la planification et la gestion des projets, d'impliquer l'ensemble des équipes de conception et de production pour optimiser les processus et assurer un suivi de la traçabilité des exigences, élément indispensable de tous développements de systèmes complexes.

Une nouvelle ligne de production automatisée, consacrée à la transformation du métal en feuille, pensée dans le cadre du projet pour les besoins de structures primaires et secondaires de la gondole de FWQ, mais transposable pour les besoins de différents donneurs d'ordre et des prototypes pour les nouveaux joueurs de l'industrie se concrétisera sous peu.

À la fin mars 2024, la phase de conception préliminaire des sous-systèmes de la gondole s'est achevée et la phase de conception détaillée et d'industrialisation a débuté.

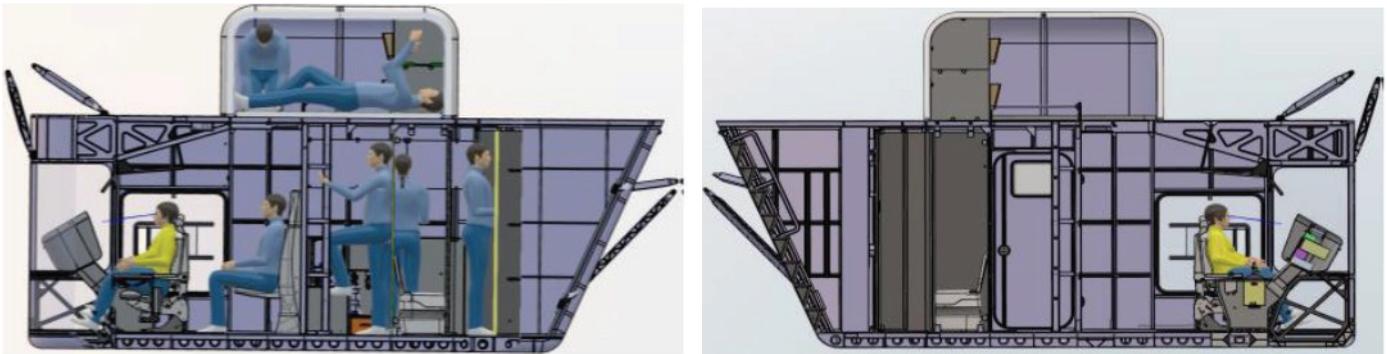
# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM4 – CABINE D'ÉQUIPAGE POUR UN AÉRONEF DE NOUVELLE GÉNÉRATION, PHASE 2

### GAINS TECHNOLOGIQUES CLÉS – AVANCÉES MAJEURES

Les deux principaux objectifs étaient de concevoir une cabine de pilotage complète pour un aéronef innovant et d'augmenter les compétences de Delastek, dans le développement de systèmes, afin de devenir un fournisseur de premier rang.

Premièrement, l'objectif est de créer une cabine de pilotage avancée qui intègre les technologies de demain dans le cadre d'un nouveau type d'aéronef, offrant à la fois sécurité et confort aux pilotes. La sélection minutieuse des équipements externes tels que les sièges de pilotage, le système de climatisation et de chauffage, ainsi que les accessoires de sécurité et opérationnels, a permis à FLYING WHALES QUÉBEC et Delastek de comprendre l'impact de chaque composant sur la fonctionnalité, le confort et l'expérience globale de l'utilisateur de la gondole. Les questions d'agencement et d'ergonomie ont constitué des aspects importants de la conception.

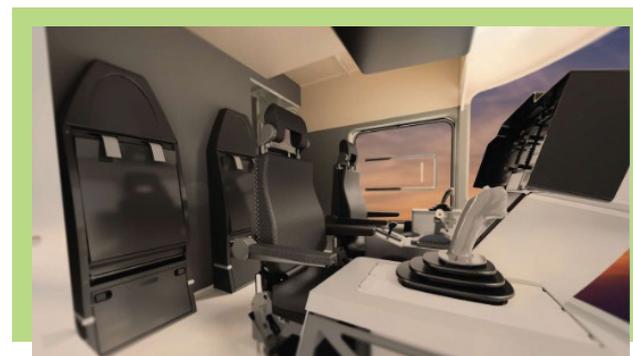


Vue en coupe de la cabine et des espaces d'équipage

Cette nouvelle cabine répond aux normes de sécurité les plus récentes et a reçu des retours positifs. En réalisant plusieurs analyses de calcul par éléments finis, avec la mobilisation de collaborateurs externes comme Creaform et MTLs Aérostructure, Delastek a pu valider ses hypothèses techniques initiales et établir ainsi la base du plan de qualification et de certification.

Cette phase a permis de renforcer la position de Delastek afin d'être reconnu comme fournisseur de composants critiques. Le développement de la gondole permet également à Delastek de renforcer son expertise en conception et en fabrication de structures primaire en intégrant une nouvelle expertise (procédé de métal en feuille) à ses capacités. Delastek a également développé son expertise dans l'intégration des systèmes d'éclairage, d'environnement et de fumée.

Enfin le développement des espaces de vie pour les membres d'équipage, nécessitant des aménagements et des configurations spécifiques afin d'identifier et d'intégrer les équipements et les éléments essentiels à leur confort constitue un nouveau savoir-faire développé par les deux partenaires.



Vue conceptuelle du Cockpit intégré du LCA60T

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM4 – CABINE D'ÉQUIPAGE POUR UN AÉRONEF DE NOUVELLE GÉNÉRATION, PHASE 2

### MOBILISATION

De nombreux collaborateurs ont été mobilisés afin que les partenaires puissent profiter d'expertises pointues nécessaires à cette étape. Le projet a aussi mobilisé les universités afin d'assurer un transfert technologique à la fine pointe de l'état de l'art, mais aussi l'engouement pour l'innovation aussi bien à l'interne qu'auprès de la relève en aérospatiale.

#### Mobilisation des PME

Ce projet a mobilisé plusieurs PME, dont certaines avaient peu ou aucune expérience dans le secteur aéronautique notamment pour les éléments de conception de pièces, de structures et d'outillages. Ainsi, l'impact de ce projet s'étend bien au-delà des partenaires du projet, bénéficiant à de nombreuses autres entreprises québécoises.

MTLS Aérostructure, en tant que PME spécialisée dans la conception et le calcul de structures, a été mobilisée en raison de son expertise en calcul et analyse des structures de la gondole.

CréaNovation, une PME composée de jeunes ingénieurs de l'École de technologie supérieure – spécialisée dans la conception de pièces commerciales – a acquis, grâce à ce projet, une expertise dans le développement de composants pour le secteur aéronautique, suivant des exigences et des normes très complexes.

L'entreprise Lx Sim a été sollicitée pour effectuer une analyse d'impact au sol de la structure du dirigeable. Leur expertise a permis d'optimiser le positionnement de la gondole par rapport au dirigeable.

L'entreprise Altitude Aerospace a été sollicitée pour la conception des composants mécaniques, de la plateforme d'accès et de nombreux autres éléments d'interface critiques entre la gondole et le dirigeable. Leurs compétences ont permis d'assurer une intégration et une collaboration pertinentes dans le cadre du projet de gondole.

Modelage Simon, une PME familiale spécialisée dans la conception et la fabrication d'outillages et de moules pour divers secteurs, dont l'aérospatiale, a aidé à accélérer la conceptualisation de certaines composantes grâce à ses connaissances approfondies.

#### Mobilisation des centres de recherche et universités

Plusieurs stagiaires provenant de l'Université de Trois-Rivières, de Polytechnique Montréal et de l'École de technologie supérieure ont contribué au développement du projet et ont acquis de l'expérience avec les nouvelles plateformes de design, de plus en plus couramment utilisées pour les nouveaux développements.

Delastek a accueilli huit stagiaires sur la durée du projet afin d'augmenter les équipes de conception.

Polytechnique Montréal et l'École de technologie supérieure ont été mobilisées pour plusieurs preuves de faisabilité, dont l'utilisation de composites thermoplastiques, notamment pour l'arrimage de la gondole au dirigeable. Ces premières études visaient à démontrer le potentiel d'application de deux types de composites thermoplastiques haute performance moins coûteux, mais qui pourraient avoir des propriétés mécaniques particulièrement intéressantes pour les applications de FLYING WHALES QUÉBEC tout en ayant un impact des capacités de recyclabilité bien meilleures. Les études se sont en outre concentrées sur la caractérisation du vieillissement de ces nouveaux composites et leur technologie d'assemblage. Les résultats ont montré que les haubans ainsi développés possèdent une rigidité, une résistance et un poids répondant aux requis de FLYING WHALES QUÉBEC.

Deux professeurs, une étudiante au postdoctorat et deux étudiants ont travaillé sur le projet à l'ÉTS. Une publication est en cours de préparation. Par ailleurs, un professeur, deux étudiants à la maîtrise et trois étudiants au baccalauréat en génie ainsi qu'un technicien en génie mécanique ont été impliqués à Polytechnique Montréal.

Les deux universités ont également été engagées dans le cadre d'une étude sur l'extension des capacités de la gondole en intégrant une station d'accueil pour un essaim de drones permettant de capturer des données météorologiques autour du dirigeable dans le but d'optimiser ses capacités d'opération.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM4 – CABINE D'ÉQUIPAGE POUR UN AÉRONEF DE NOUVELLE GÉNÉRATION, PHASE 2

### RETOMBÉES

Ce projet a été une formidable occasion pour l'équipe de Delastek de développer ses compétences et pour le développement du dirigeable LCA60T d'augmenter en niveau de maturité.

En travaillant sur ce projet complexe, Delastek a acquis une expérience précieuse qui prépare l'entreprise à aborder désormais de nouveaux projets d'aéronef à empreinte de carbone réduite. Cette expertise acquise lui permet non seulement de se démarquer des autres entreprises, mais aussi de positionner le Québec comme précurseur dans le domaine de l'aviation durable à travers le monde.

Grâce notamment aux vingt nouveaux emplois créés, dont douze en conception et en intégration, trois pour le support à la certification, deux en logistique, deux en industrialisation des procédés et un en informatique, Delastek est mieux positionné pour mener des projets avant-gardistes qui répondent aux exigences du secteur et aller chercher auprès des plus grands donneurs d'ordre de nouveaux mandats de développement pour créer encore plus d'emplois dans le futur. Pour la ligne de métal en feuille, un ingénieur a été recruté afin de planifier l'implantation de la nouvelle ligne pour la transformation du métal en feuille, soutenu par un des stagiaires mentionnés précédemment et un machiniste expérimenté en formation, dont le poste évoluera afin qu'il devienne responsable de cette nouvelle ligne.

Dans le cadre de ce développement technologique inédit, Delastek sera mieux positionné et expérimenté pour répondre à des appels d'offres plus complets, offrant des produits clés en main de haut niveau aux principaux donneurs d'ordre et aux nouveaux fabricants émergents comme le marché des EVTOL. Par exemple, pour les E-VTOL et le dirigeable de Flying Whales, contrairement aux aéronefs traditionnels, il n'est pas possible de rediriger l'air chaud d'un moteur à combustion pour permettre de chauffer la cabine. Pour ces aéronefs, une solution alternative de chauffage innovante doit donc être conçue pour le confort de l'équipage.

Pour FLYING WHALES QUÉBEC, LPCAD-2 a permis le développement d'un système majeur dans la conception du dirigeable LCA60T. Le développement au Québec de la gondole, des éléments de structure primaire et secondaire, ainsi que l'intégration des systèmes, en co-développement avec un partenaire comme Delastek, qui a une volonté de croissance et d'évolution, permet de poursuivre le développement bénéfique pour les deux parties. Ce projet est une avancée supplémentaire vers une production au Québec de la gondole pour les 160 dirigeables qui seront produits dans le monde par FLYING WHALES QUÉBEC sur les dix premières années de production. Il s'inscrit également dans sa démarche d'installer au Québec une chaîne de montage du dirigeable pour couvrir le marché des Amériques du Nord et du Sud totalisant une soixantaine d'unités.



Vue conceptuelle du futur site de production et d'assemblage du LCA60T

### EN CONCLUSION

L'appui de LPCAD-2 a été indispensable afin de faire progresser la conception d'un système majeur du dirigeable LCA60T de FLYING WHALES : la gondole. Le projet a permis à FLYING WHALES de travailler en collaboration avec Delastek pour aligner les besoins spécifiques des opérations du dirigeable, comme la verrière de cockpit permettant une visibilité large et vers le bas pour l'arrimage du dirigeable, et les contraintes industrielles et de coûts.

Les éléments nécessaires à la conception de la gondole et son intégration au dirigeable ont pu être établis, permettant de passer avec succès la première revue de conception, étape clef vers la certification du dirigeable. Ce processus a aussi permis à Delastek d'approfondir ses connaissances en structure pour les aéronefs actuels et futurs (dirigeables, véhicules de mobilité aérienne avancée), de se doter d'outils numériques, de la capacité et des compétences pour la conception, la production et l'intégration de tous les éléments de la gondole. La démonstration de son savoir-faire, grâce au projet, a d'ores et déjà permis à Delastek d'étendre un contrat avec un donneur d'ordre existant et de sécuriser un nouveau client dans le domaine des e-VTOL.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM5 - AUGMENTER LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES DE MOTEUR À HAUTE EFFICACITÉ (PROJET NEMO)



Le sous-projet vise à développer et à intégrer de nouvelles technologies qui permettront la commercialisation d'une nouvelle génération de système de propulsion à faible consommation de carburant pour l'industrie aéronautique. Cette nouvelle génération de système de propulsion sera applicable à plusieurs types de marchés grâce à son cœur moteur commun à architecture flexible. Elle cherche à procurer un bénéfice environnemental du fait de la réduction de la consommation de carburant. Ultimement, en plus des avantages environnementaux, les utilisateurs pourront bénéficier d'une diminution des coûts d'opération à la suite des économies de carburant.

Les technologies sont étudiées sous quatre aspects soit la conception d'un système carburant, la réduction des émissions polluantes, la réduction du bruit externe généré et l'optimisation industrielle.

L'objectif de ce programme est de démontrer les bénéfices potentiels de ces technologies à l'aide d'analyses assistées par ordinateur. Pour les technologies les plus prometteuses, des tests sur banc d'essai seront entrepris et la chaîne d'approvisionnement permettant la fabrication du moteur sera validée.

Au 31 mars 2024, les études sur le système carburant étaient faites et les composants critiques du système étaient en fabrication en vue de commencer une campagne de tests au sol.

Également, la conception et les analyses sur les systèmes de réduction d'émission polluante et de niveau de bruit externe étaient terminées. Finalement, l'optimisation industrielle avait permis de réduire le poids et le coût du moteur de façon substantielle, ce qui facilitera sa commercialisation.

### FAITS SAILLANTS

Le projet LPCAD-2 aura permis de solidifier la relation d'affaires entre P&WC et Ricardo PLC pour atteindre les objectifs de réduction d'émissions polluantes de l'industrie aérospatiale et de soutenir le développement de nouvelles technologies qui permettront d'accélérer la transition énergétique de l'industrie.

Le projet LPCAD-2 a permis l'ouverture du premier bureau de recherche et développement de Ricardo PLC au Québec. Ce bureau est devenu le centre d'expertise en aérospatiale de Ricardo PLC. Plus de 20 ingénieurs y travaillent à temps plein. Le projet aura aussi permis à Ricardo PLC de créer des partenariats d'affaires avec des acteurs locaux tels que le Centre technologique en aérospatiale (CTA), l'École de technologie supérieure (ÉTS), l'Université Concordia et de multiples fournisseurs de services locaux.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS PM5 - AUGMENTER LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES DE MOTEUR À HAUTE EFFICACITÉ (PROJET NEMO)

## GAINS TECHNOLOGIQUES CLÉS — AVANCÉES MAJEURES

Plusieurs avancées majeures ont eu lieu dans le cadre du sous-projet NEMO.

### Performance et durabilité du système d'injection de carburant

La participation de Ricardo dans la conception d'un carter adapté aux équipements sélectionnés (injecteurs, pompes, etc.) a permis de définir une configuration satisfaisant aux contraintes uniques du moteur. Les pièces, qui ont été livrés en mai 2024, permettront le début des essais de durabilité sur des composantes du système de carburant dans un environnement contrôlé.

### Durabilité du système d'injection

Le début des essais pour les tests de durabilité du système d'injection de carburant pourra se faire dès la réception du carter et d'autres pièces sur le banc d'essai du système carburant (*fuel rig*) qui sera mis en marche dans les prochaines semaines chez P&WC. Par la suite, il sera possible de faire des essais en configuration du moteur au banc d'essais du CTA. La possibilité de mener ces différents types d'essais en parallèle du développement des autres technologies du moteur permet de réduire le niveau de risque inhérent à toute introduction de nouvelles technologies et de favoriser l'obtention d'un produit d'un niveau de maturité adéquat pour la commercialisation dans un avenir plus rapproché.

Des essais effectués sur le banc du système carburant et le banc d'essai du moteur permettront de démontrer la durabilité du système d'injection avec kérosène afin de servir de référence pour l'évaluation des carburants verts à venir.

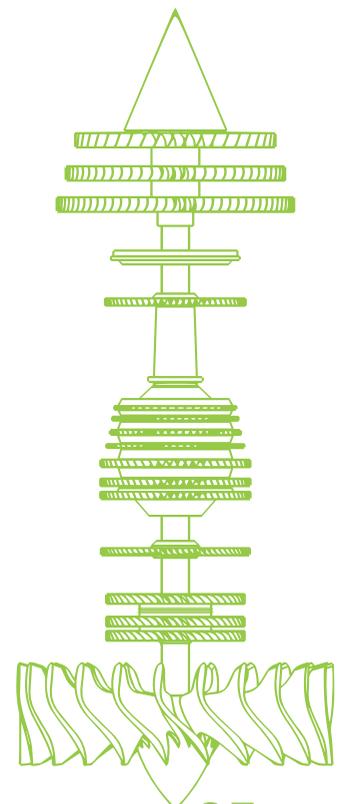
### Durabilité de l'ensemble du moteur

Le travail d'optimisation soutenant l'évolution de la boîte d'engrenage a aidé à réaliser des gains en matière de masse et plus particulièrement d'améliorer la définition de l'enveloppe hors-tout de l'application du groupe auxiliaire de puissance (GAP). Cette progression de la définition de l'enveloppe a permis de prendre en considération, à un stade précoce dans le processus de développement, certains aspects d'intégration au niveau de l'avion afin de les intégrer au design actuel.

Il est important de souligner l'atteinte d'une réduction d'environ 10 % pour la masse et d'environ 19 % du coût grâce aux activités non seulement en lien avec la boîte d'engrenages, mais également avec celles de l'ensemble du moteur.

Le cœur moteur a été assemblé avec succès pour des essais. De plus, de multiples activités d'assemblage des divers sous-systèmes ont été effectuées (banc de démarrage à froid, etc.).

En marge des analyses sur diverses composantes, les essais se sont poursuivis permettant de faire avancer la maturité générale des nouveaux systèmes. Entre autres, un défi au niveau de la durabilité d'une composante en particulier s'est présenté au cours de ces essais et a été résolu. Cette découverte à un stade précoce du programme évite des impacts potentiellement importants pour un programme de développement futur incorporant cette technologie.



# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM5 - AUGMENTER LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES DE MOTEUR À HAUTE EFFICACITÉ (PROJET NEMO)

### GAINS TECHNOLOGIQUES CLÉS – AVANCÉES MAJEURES (suite)

#### **Performances d'un système d'atténuation de bruit de l'échappement**

La combinaison de l'expertise de P&WC et de Ricardo a mené à la production d'estimations de niveau sonore et à l'identification de moyens d'atténuation sélectionnés tout en tenant compte des cibles de masses, coûts et performance. Il est prévu de procéder à des essais de validation lors des étapes subséquentes du projet NEMO si requis (la fabrication de la pièce échantillon sera lancée à ce moment).

Les prédictions de niveau de bruit de même que les améliorations attendues par les solutions proposées ont été validées par plus d'une source analytique et reposent sur une expertise reconnue de l'équipe de Ricardo. En ce sens, les résultats obtenus sont considérés comme fiables et les modèles de prédiction assez précis pour ne pas avoir à effectuer d'essais pour les valider.

Le banc d'essai au CTA, présentement en démarrage, pourra être utilisé pour la tenue d'essais de validation des modèles de prédiction des niveaux sonores ainsi que de validation des solutions d'atténuation. Bien que les demandes d'essais soient en cours de revue chez les équipes de P&WC, les essais ne sont pas jugés requis pour l'atteinte du niveau de maturité technologique (NMT) 6 dans le cadre du projet NEMO.



### MOBILISATION

Dans le cadre de LPCAD-2, P&WC et ses collaborateurs (Ricardo, Centre de métallurgie du Québec, École de technologie supérieure, Université de Sherbrooke, APN, Meloche, etc.) ont fait progresser l'expertise en sol québécois dans des domaines de pointes que ce soit en combustion, usinage et conception ou encore en tribologie. Les activités ainsi encouragées par LPCAD-2 permettront à tous les participants de miser sur le savoir et l'expertise mutuellement acquis pour leur futur développement.

P&WC a de plus permis, au sein d'une collaboration majeure avec le CTA, la construction d'un banc d'essai sur le site même de CTA, leur offrant l'occasion de développer une toute nouvelle expertise. Ce banc, en cours de démarrage, devrait être utilisé pour les principaux essais de démonstration de durabilité au cours des prochains mois.

#### **Mobilisation des PME**

Ricardo PLC a sous-contracté à Merkur les activités d'intégration de composantes électriques du moteur. L'objectif était de concevoir un système électrique pour le moteur et une analyse du coût et du poids de ce système. Les critères à prioriser étaient le coût, la performance, la disponibilité des pièces, la méthode de refroidissement et la facilité d'installation. Le système inclut aussi un moteur électrique pour certains accessoires adjacents. L'information de performance des moteurs possibles et leurs fournisseurs a aussi été compilée.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM5 - AUGMENTER LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES DE MOTEUR À HAUTE EFFICACITÉ (PROJET NEMO)

### MOBILISATION (suite)

#### **Mobilisation des PME (suite)**

Ricardo PLC a sous-contracté les activités d'optimisation numérique de la boîte d'engrenage et l'analyse numérique en fluide de certaines composantes à Optimec Consultants. L'optimisation de la boîte d'engrenage visait à réduire le plus possible le poids de cette large pièce, tout en s'assurant qu'elle soit assez forte structurellement. Le but de l'analyse numérique en fluides des autres composantes est de trouver les restrictions pour augmenter leurs efficacités. Ce processus d'analyse assistée par ordinateur a permis de réduire le temps, les coûts et les risques associés à la conception de ces composants.

La collaboration d'APN au projet NEMO sous LPCAD-2, par l'entremise de P&WC, lui a permis d'augmenter son expertise pour l'usinage et la soudure de pièces complexes en vue d'une industrialisation future du produit.

L'utilisation d'Axya, plateforme québécoise d'accès aux fournisseurs canadiens, a constitué une première pour P&WC. Des gains importants en temps et coût ont pu être réalisés grâce à Axya. À travers cette collaboration, l'équipe NSE (*New Small Engine*) a développé des nouvelles façons de travailler avec différents types de fournisseurs québécois, par l'entremise de cette plateforme collaborative. Les leçons apprises au cours de cet exercice pourraient éventuellement être profitables à d'autres types d'applications chez P&WC.

Pour Meloche, la collaboration au projet NEMO sous LPCAD-2 a permis à cette PME québécoise d'augmenter son expertise en production de produits à valeur ajoutée par l'intégration verticale des procédés de revêtements, meulage et assemblage sur une pièce complexe.

#### **Mobilisation des centres de recherche et des universités**

Ricardo PLC a sous-contracté au CTA l'étude de l'utilisation de composites en remplacement des plastiques ou métaux et l'analyse structurelle de certains composants. Les études faites sur les composantes comme le plenum, le conduit d'échappement, la boîte de refroidissement, boîtier du ventilateur, boîte à air, collecteur d'échappement et le réservoir d'huile ont permis de réduire le poids de 35%. De plus, l'analyse structurelle complétée sur la boîte de refroidissement et la boîte à air a permis de prédire les points de défaillance des composants afin de valider leur rigidité et leur sécurité. Cette collaboration a été bénéfique aux deux partenaires, Ricardo apprenant autant du CTA que le CTA apprenait de Ricardo!

Sous un autre aspect, P&WC et le CTA ont œuvré pour la mise en place d'un banc d'essai moteur sur le site du CTA. Il s'agit d'un ajout majeur pour l'institution tout en offrant à P&WC l'accès à un banc d'essai à la fine pointe de la technologie et parfaitement adapté aux besoins des nouvelles technologies développées dans le cadre de NEMO.

Dans le cadre d'une collaboration entre P&WC et le Centre de métallurgie du Québec (CMQ), ce dernier a pu bâtir une expertise en essais de durabilité de revêtements de haute technologie ainsi que l'optimisation de procédés de moulage pour des pièces complexes. Ces expertises seront d'une grande valeur puisqu'elles répondent directement à des besoins actuels de l'industrie, soit l'amélioration de la durabilité d'éléments mécaniques à coûts abordables et la simplification de procédés de fabrication pour des pièces relativement complexes.

Une autre coopération universitaire fructueuse dans le cadre du projet NEMO LPCAD-2 est celle entre P&WC et l'École de technologie supérieure pour des essais de combustion et le développement de systèmes d'injection de carburant. L'expertise ainsi développée par l'établissement lui procure un avantage indéniable dans ce domaine tout en permettant à P&WC de poursuivre le développement du système carburant novateur et unique dans l'industrie.

La participation de l'Université de Sherbrooke au sein du programme NEMO a porté sur la caractérisation du transport d'huile en collaboration avec P&WC afin d'optimiser le design des segments d'étanchéité du cœur moteur avec l'objectif d'une consommation minimale.

# BILAN DES PROJETS MOBILISATEURS

## PM5 - AUGMENTER LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES DE MOTEUR À HAUTE EFFICACITÉ (PROJET NEMO)

### EN CONCLUSION

L'impact de LPCAD-2 sur l'écosystème aéronautique québécois est significatif. Dans un premier temps, il épaula les grandes entreprises, comme P&WC, dans la recherche des technologies de demain axées sur la décarbonisation de cette industrie. Dans la réalité économique actuelle, faire progresser des initiatives de ce type avec leur niveau de risque inhérent est complexe et onéreux, mais le support d'un programme tel que LPCAD-2 a rendu cela possible pour P&WC. De plus, les exigences de mobilisation de PME québécoises ont encouragé P&WC à sortir des bassins habituels de fournisseurs avec comme résultat plusieurs expériences extrêmement positives, entre autres avec Ricardo.

Ces nouvelles collaborations ont jeté les bases de relations d'affaires qui devraient être profitables à tous les joueurs et, du fait de la visibilité nouvelle offerte aux participants dans la sphère aéronautique, potentiellement offrir de nouvelles possibilités d'affaires. Sur le long terme, on peut penser que ces collaborations auront permis aux divers acteurs d'acquérir un savoir-faire unique et adapté aux besoins de l'aéronautique et d'ainsi être en mesure de se positionner de façon concurrentielle sur le marché québécois et peut-être même mondial.

Pratt & Whitney Canada est un leader mondial dans plusieurs segments de marchés aéronautiques au niveau des systèmes de propulsion. Le maintien de ce statut de chef de file impose des investissements annuels en recherche et développement dépassant les 500 M\$. En parallèle, P&WC doit aussi investir dans les technologies de rupture afin de permettre l'atteinte de réduction d'émission de CO<sub>2</sub> tel que défini par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Ce cumul d'investissements requis dépasse les capacités d'entreprise. C'est ainsi que la phase 2 de LPCAD a permis de soutenir une partie de nos investissements en technologie de rupture tout en nous amenant à collaborer avec des partenaires locaux au-delà de nos pratiques établies. Ces derniers auront aussi investi en technologies de pointe s'ouvrant ainsi à de nouveaux marchés futurs.

LPCAD-2 aura donc permis à P&WC d'élever le niveau de maturité technologique d'un futur système de propulsion qui représentera une diminution significative d'émissions de CO<sub>2</sub> tout en permettant à des collaborateurs locaux d'élever leur propre niveau d'innovation et de compétitivité.

L'équipe de Pratt & Whitney Canada et Ricardo PLC lors d'une séance de travail au bureau de Ricardo PLC à Montréal



Assis à l'avant de gauche à droite: Kippy Ngeny et Daniel Olin  
1<sup>er</sup> rangée de gauche à droite: Marie-Claude Cyr, Pierre-Jules Nunes, Stanislav Chovanec, Filip Hromadnik, Michal Stammersky, Vaclav Kafka, Milan Zamecnik, Peter Petrencik, Niall Stevenson (derrière Peter), Tobias Burek, Alexandre Marceau-Gozsy, Tim Hull, Konstantinos Kontzialis, Alain Drouin et Simon Bourgault-Côté.

2<sup>e</sup> rangée (surelevés) de gauche à droite: Jakub Toman, Adam Finnerty, Oliver Porter

# EN CONCLUSION

L'industrie aéronautique s'est engagée dans une transition importante pour réduire son empreinte. Les cinq projets (PM) regroupés sous LPCAD-2 ont accéléré le développement de configurations non conventionnelles, nécessaires pour accélérer cette transition vers la carboneutralité de l'aviation. Le soutien du gouvernement du Québec reconnaît la nécessité de positionner stratégiquement le Québec dans cette transition.

Bien que les partenaires de trois projets sur les cinq formant LPCAD-2 auraient souhaité poursuivre leurs travaux sur une année additionnelle afin de finaliser certains aspects de ceux-ci, on peut conclure que LPCAD-2 a atteint la majorité des objectifs fixés.

De plus, de nouvelles collaborations et relations issues de LPCAD-2 s'avéreront profitables et d'autres possibilités d'affaires pourront en découler. À long terme, ces collaborations permettront aux divers acteurs d'acquérir un savoir-faire unique et adapté aux besoins de l'aéronautique et pourront ainsi se positionner de façon concurrentielle sur le marché québécois et même international. De plus, pour beaucoup des technologies étudiées, des formations spécialisées n'existent pas. LPCAD-2 aura donc favorisé le développement des compétences, de savoir-faire et d'expertises inédites.

Le projet Laboratoire volant (PM1) visait à exploiter de nouvelles plateformes autonomes pour des opérations à un seul pilote et l'exploitation de modèles volants à échelle réduite comme outils de validation de nouvelles technologies telles que les configurations aérodynamiques avancées, la propulsion alternative et les systèmes avancés. Leur intégration en tant que briques technologiques permettra de réduire les cycles de développement de nouveaux aéronefs et rendre leur opération plus sécuritaire. Les travaux de Bombardier, CME Électronique et ARA Robotique ont nécessité des efforts d'ingénierie considérables, puisque les bases mêmes des connaissances ont dû être redéfinies, notamment au niveau du contrôle de l'avion.

La conception et l'intégration d'un système turbogénérateur pour le dirigeable de transport de charges lourdes, le LCA60T (*Large Capacity Airship 60 Tons*) sur laquelle travaillait Pratt & Whitney Canada et Flying Whales Québec (FWQ) dans le cadre du PM2 représente une avancée cruciale pour répondre aux défis environnementaux et énergétiques actuels. L'évolution des architectures nécessaire pour l'hybridation en série induit de nombreuses ruptures technologiques simultanées qui exigent des ressources considérables pour être développées. Le projet a permis aux deux partenaires de développer un nouveau moyen de transport de charge faible en carbone et une turbine optimisée pour l'hybridation série haute puissance.

Thales Canada et FWQ, dans le cadre du projet AQUArEL-2 (PM3), ont développé des technologies essentielles pour les nouvelles générations d'aéronefs électriques soit des commandes de vol et des équipements avioniques nécessaires au pilotage et au contrôle de l'aéronef. Ces innovations de rupture s'avèrent nécessaires pour réduire la consommation d'énergies non renouvelables et les émissions de GES de l'aéronautique mondiale. LPCAD-2 a permis aux deux partenaires d'accélérer leurs activités de recherche pour répondre aux attentes des nouveaux marchés ouverts par les aéronefs électriques.

Les partenaires du PM4, FWQ et Delastek, ont collaboré pour faire progresser la conception de la gondole du dirigeable LCA60T de FLYING WHALES, un élément majeur. Les éléments nécessaires à la conception de la gondole et son intégration au dirigeable ont pu être établis, permettant de passer avec succès la première revue de conception, étape clef vers la certification du dirigeable. Ce processus a permis à Delastek d'approfondir ses connaissances en structure pour les aéronefs actuels et futurs (dirigeables, véhicules de mobilité aérienne avancée), de se doter d'outils numériques, et des compétences pour la conception, la production et l'intégration de tous les éléments de la gondole.

Dans le cadre du projet NEMO, Pratt & Whitney Canada (PWC) et Ricardo ont développé et intégré de nouvelles technologies qui permettront la commercialisation d'une nouvelle génération de système de propulsion à consommation de carburant réduite pour l'industrie aéronautique. LPCAD-2 aura permis à PWC d'élever le niveau de maturité technologique d'un futur système de propulsion qui représentera une diminution significative d'émissions de CO<sub>2</sub> tout en permettant à des collaborateurs locaux d'élever leur propre niveau d'innovation et de compétitivité. LPCAD-2 a permis l'ouverture du premier bureau de recherche et développement de Ricardo PLC au Québec et le centre d'expertise en aérospatiale de Ricardo PLC. Plus de 20 ingénieurs y travaillent à temps plein.

Alors que des ruptures technologiques se profilent à l'horizon et que les enjeux de relève et de personnel qualifié réduit touchent tous les secteurs économiques, LPCAD-2 a apporté une réponse adaptée et rapide à la situation. Par l'entremise de ce projet, le gouvernement du Québec a contribué à conserver le positionnement stratégique du secteur aéronautique sur l'échiquier international. Par une approche collaborative, les partenaires ont pu soutenir la transition du secteur vers une mobilité propre, durable, silencieuse et numérique.



# LPCAD 2

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 le soutien financier de :

Québec 

