

LPCAD

2

LES PROJETS COLLABORATIFS DE
L'AÉRONEF DE DEMAIN **PHASE 2**
RAPPORT ANNUEL 2023



FAITS SAILLANTS

LPCAD PHASE 2

13 avril 2022 : Lancement du projet

2 Années de développement

8 Partenaires

5 Projets mobilisateurs

11 PME mobilisées

8 Centre de recherche mobilisés

Près de **113 M\$**
50,3 % en financement privé et
49,7 % en financement public



TABLE DES MATIÈRES

Faits saillants

Mot du président | 2

Mot de la directrice | 3

À propos | 4

Gouvernance | 6

PM1 - Laboratoire volant | 8

PM2 - Développement d'une propulsion hybride série pour aéronef plus électrique | 11

PM3 - Projet AquArEL - Avionique pour aéronef électrique | 13

PM4 - Cabine d'équipage pour un aéronef de nouvelle génération | 16

PM5 - Augmenter la maturité des technologies de moteurs à haute efficacité | 18

MOT DU PRÉSIDENT

Les défis engendrés par la lutte aux changements climatiques sont énormes pour l'industrie de l'aéronautique et exigent une transformation importante. L'essor de la propulsion électrique, l'arrivée de nouveaux matériaux et autres innovations deviennent une opportunité pour l'industrie. Reconnaisant le potentiel de ces avancées, le gouvernement du Québec a, en février 2022, annoncé dans le cadre de la *Stratégie québécoise de l'aérospatiale – Horizon 2026* un appui financier au secteur aérospatiale. C'est dans ce contexte que la deuxième phase du projet mobilisateur *Les projets collaboratifs de demain* (LPCAD-2) a été annoncé le 29 avril 2022.

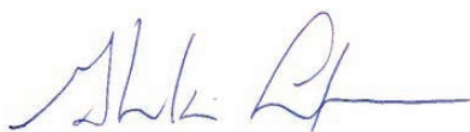
Huit entreprises se sont rassemblées afin de mener à bien cinq projets mobilisateurs distincts en collaboration avec des PME, des universités et des centres de recherche. Les cinq projets de recherche et de développement sont en lien avec les technologies de l'aéronef de demain, dont la propulsion hybride, 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 les avancées de la première année des partenaires de LPCAD-2. Un travail considérable a été réalisé au cours de cette année et la confiance des partenaires nous laisse présager que les objectifs fixés seront atteints, démontrant une fois de plus que l'écosystème aérospatial québécois est étoffé et possède tous les outils pour solidifier sa chaîne d'approvisionnement.

Présider le conseil d'administration du Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique est pour moi un honneur. En effet, je suis fier de collaborer de si près avec des partenaires qui possèdent les compétences et la détermination de réduire leur empreinte environnementale avec la fierté de demeurer à l'avant-plan de l'échiquier mondial.

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 contribuent de près ou de loin à la réussite de LPCAD-2.

Investir dans l'innovation au Québec est essentiel pour renforcer notre place sur le plan mondial de l'industrie aérospatiale. Le projet mobilisateur LPCAD-2 se veut un véhicule d'innovation exceptionnelle pour y arriver. Les avancées du projet permettront de développer et certifier de nouveaux produits en mesure de répondre aux besoins émergents du marché dans un respect maximal de l'environnement.



Ghislain Lafrance

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

MOT DE LA DIRECTRICE

Tout droit sorti du succès de la phase 1 des projets collaboratifs de l'aéronef de demain, LPCAD-2 a su se montrer, dans cette première année, à la hauteur de son prédécesseur.

En début de projet, les partenaires ont dû faire face à plusieurs obstacles s'ajoutant aux défis de démarrage tels qu'une pénurie de main-d'œuvre qualifiée et des délais plus longs d'approvisionnement. Pour rattraper les échéanciers au cours de la prochaine période d'activités, une planification plus serrée et une accélération de certaines activités ont été mises en place.

À la lecture de ce rapport, vous serez en mesure d'en apprendre plus sur les avancées technologiques accomplies lors de la première année.

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.

Développement d'une propulsion hybride série pour aéronef plus électrique - 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 pour un 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.

Au Québec, les acteurs du secteur aéronautique québécois ont rapidement compris l'importance de se mobiliser et de collaborer pour relever les nombreux défis qui s'annoncent. Les projets mobilisateurs LPCAD-1 et LPCAD-2 démontrent la force des collaborations dans l'atteinte d'un objectif commun. La mobilisation de tous ces collaborateurs permet d'accélérer et de pousser plus loin des projets d'innovation qui jouent un rôle important afin de propulser l'ensemble des chaînes de valeur vers des marchés porteurs.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dominique Sauvé'.

Dominique Sauvé | Directrice | Regroupement pour le développement de l'avion plus écologique

À PROPOS

MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre de la *Stratégie québécoise de l'aérospatiale – Horizon 2026*, lancée le 7 février 2022, le gouvernement du Québec appuie financièrement des initiatives majeures pour soutenir la reprise des activités dans le secteur aérospatiale, améliorer sa résilience, assurer sa croissance à long terme et 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 modèle d'affaire intégrateur, 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.

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 près de 112,95 millions de dollars sur près de deux ans, dont 50 % provient du financement privé et 50 % du financement public. Le projet permettra également de créer et maintenir plus de 250 emplois hautement qualifiés au Québec.



Gouvernance

Le projet mobilisateur est administré par SA²GE, 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.



GOUVERNANCE

CONSEIL D'ADMINISTRATION



Ghislain Lafrance

Président du conseil d'administration et membre du comité exécutif (Président TeraXion et Vice-Président Exécutif indie Semiconductor)



Michel Dion

Vice-président, membre du comité exécutif et du comité d'audit (Directeur principal, Innovation, Bell Textron Canada)



Karen Magharian

Secrétaire et membre du comité exécutif (Directrice Affaires juridiques & Contrats, Thales Canada)



Fassi Kafyeke

Président sortant et membre du comité exécutif (Conseiller principal recherche, innovation et collaborations, Bombardier Aviation)



Suzanne Benoit

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



Houssam Alaouie

Membre du comité d'audit (Directeur principal, Programmes de Recherche et Développement et Relations avec les institutions d'enseignement supérieur)



Patrick Champagne

Trésorier, membre du comité exécutif et président du comité d'audit (Conseiller stratégique, CMC Électronique)



Geneviève Laverdure

Administratrice (Cheffe de Service Satisfaction Client et Développement des Affaires, Airbus Canada)



Gilles Néron

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



Alain Aubertin

Administrateur (Président – directeur général, CRIAQ)



Sylvain Larochelle

Administrateur (Directeur, Bureau de la collaboration technologique, Pratt & Whitney Canada)



Arnaud Thioulouse

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

GOUVERNANCE OBSERVATEURS

Mouhad Meshreki

Observateur

(Directeur R&D, Fabrication en aérospatiale, CNRC)

Wendy Bailey

Observatrice

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

Guillaume Bégin

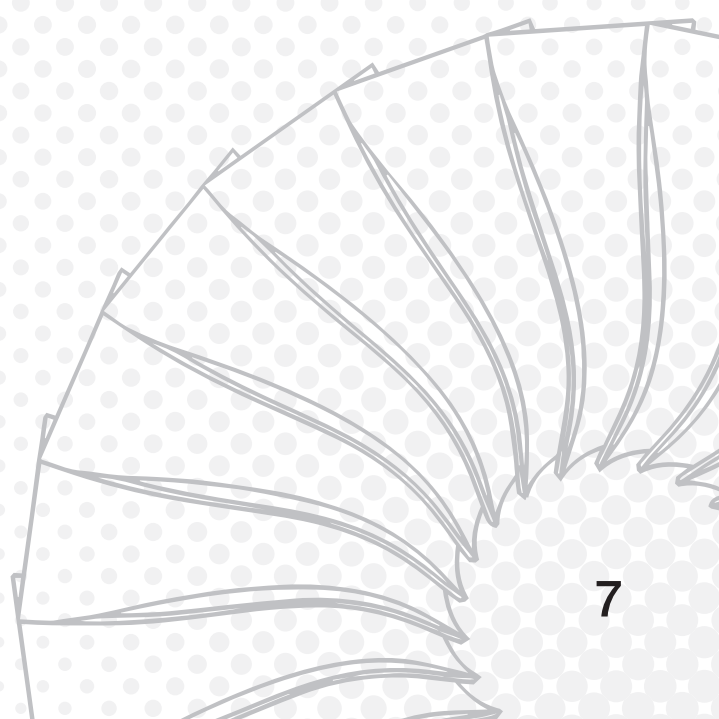
Observateur

(Adjoint exécutif et conseiller stratégique - Direction générale du développement des industries, ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie)

Dominique Sauvé

Observatrice

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



PM1- LABORATOIRE VOLANT PHASE 2

BOMBARDIER

CMC
Électronique

ARA
ROBOTIQUE

Présentation générale

Le projet Laboratoire Volant vise à exploiter de nouvelles plateformes autonomes pour, d'une part, développer de nouvelles technologies ouvrant la voie à des opérations à un seul pilote et, d'autre part, pour 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.

Un prototype de contrôleur pour un véhicule à échelle réduite de configuration aile-fuselage intégrés (AFI) a été développé par CMC dans la première phase du projet (LPCAD-1). La deuxième phase intègre le contrôleur sur un banc d'essai au sol pour effectuer les tests de validation nécessaires à son utilisation comme contrôleur primaire. 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.

CMC et ARA poursuivent l'intégration de leurs plateformes avionique respectives qui avait été entamée de manière théorique dans la première phase du projet (LPCAD-1). La deuxième phase du projet vise à utiliser la plateforme de CMC-ARA 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 développeront également des briques technologiques associées au vol autonome de drones.

D'autres développements technologiques chez Bombardier s'ajoutent :

- L'amélioration et les tests en vol de véhicules AFI à différentes échelles afin de valider les lois de contrôle ;
- La définition conceptuelle d'une configuration AFI virtuelle à pleine échelle comme outil de développement technologique, permettant par exemple le développement de concepts d'architectures de systèmes et de structure ;
- La conception et les tests du banc d'essai « simulateur de technologie — TSIM » pour développer une nouvelle génération de systèmes d'avion ;
- Le développement d'outils d'ingénierie de nouvelle génération, notamment par les fonctions aérodynamiques et de structure.

De même que chez CMC et ARA :

- L'intégration d'un module d'intelligence artificielle et d'une application pour la reconnaissance de sites d'atterrissage ;
- Le développement d'une architecture plus ouverte pour les fonctions avioniques d'instruments de vol et de navigation facilitant l'adaptation aux environnements à un seul pilote ou sans pilote ;
- Le concept et l'architecture d'un récepteur « Global Navigation Satellite Systems » (GNSS) multiconstellations ;
- Le développement d'un module GNSS miniature multifréquence offrant une précision de l'ordre du centimètre ainsi que l'estimation du lacet ;
- Le développement de multiconnexions simultanées du lien radio permettant au système avionique de changer instantanément d'une radio à l'autre sans perdre la communication. Des tests ont été réalisés avec des liens radios point-à-point ainsi qu'avec des technologies de radio 5G et SatCom.

*Essais en vol de
véhicules AFI à échelle*



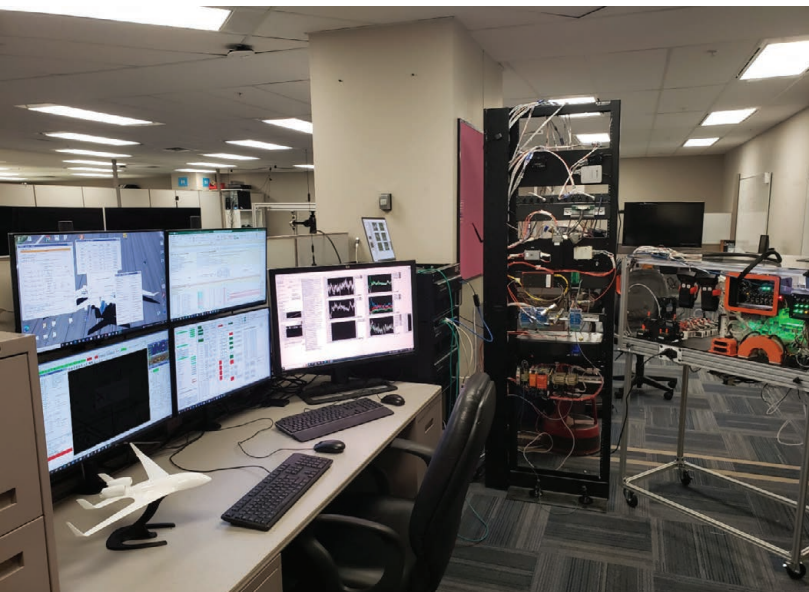
CONFIGURATION AILE-FUSELAGE INTÉGRÉS

Les avions de configuration aile-fuselage intégrés ou AFI ont l'avantage d'avoir une forme aérodynamique plus efficace qu'un avion conventionnel dit tube et aile. Dans cette configuration, le fuselage contribue à la portance, ce qui permet de réduire la taille des ailes, et de mieux optimiser l'ensemble de l'avion et de réduire le poids. La traînée, donc la résistance à l'air, diminue, en réduisant les surfaces exposées à l'écoulement de l'air. Une réduction de la consommation de carburant atteignant 10 à 20 % pour cette configuration de rupture constitue un avancement majeur, considérant que les configurations conventionnelles ont atteint une certaine limite, issue de plus de 70 années d'optimisation.

Une configuration AFI comporte de nombreux nouveaux défis quant à la manière de contrôler le véhicule. Les surfaces de contrôles deviennent multifonctions (contrairement à un avion conventionnel où chaque surface ne contrôle qu'un axe de rotation de l'avion). La complexité de ces « interactions » simultanément sur plusieurs axes est cruciale à maîtriser, tant dans des scénarios normaux que pour les scénarios de défaillance suivant la perte d'une ou plusieurs surfaces, et constitue l'une des technologies clés à développer pour assurer l'essor cette nouvelle configuration.

Démarrage

Les lois de contrôle des véhicules AFI à l'échelle de Bombardier ont été intégrées dans le contrôleur PU-3000 de CMC et seront testées sur le banc d'essai « Iron Bird » pour valider son fonctionnement dans un environnement de laboratoire dans la deuxième moitié de 2023. L'intégration de la version adaptée du contrôleur PU-3000 sur les véhicules AFI à échelle a soulevé de nombreux défis. La résolution de ces défis requiert une nouvelle boucle de conception plus substantielle, ce qui ira au-delà de la durée du projet.



Iron Bird

L'intégration de la plateforme de CMC et ARA s'est poursuivie avec des tests matériels en laboratoire. Des éléments de sécurité supplémentaires ont été développés pour s'assurer que la prise en charge de l'autopilote des fonctions avancées de CMC (détection d'obstacle et évaluation de zones d'atterrissage) soit fluide et permette à l'opérateur de reprendre le contrôle en cas de défaillance. Ceci a retardé la campagne d'essais en vol avec un appareil de type multirotor qui devrait prendre place durant l'été.

En parallèle, Bombardier a procédé à plusieurs campagnes de test de vol de véhicules AFI à échelle, accumulant des données précieuses pour valider les lois de contrôle.

La définition conceptuelle et la conception 3D d'une configuration AFI à échelle réelle progressent. L'évaluation technique continuera durant la prochaine année, mobilisant la grande majorité des fonctions d'ingénierie.

La conception du banc d'essai « simulateur de technologie — TSIM » qui a débuté dans la première phase du projet Laboratoire Volant a terminé une série de tests préliminaires avec succès. Ces tests ont été effectués en le connectant aux systèmes de bancs d'essai existants de Bombardier.

Mobilisation

Plusieurs mandats ont été octroyés à des PME et à des centres de recherche cette année.

Des modifications pour améliorer les véhicules AFI à l'échelle ont été réalisées entre autres par les Industries B. Rainville, ainsi que le Centre de développement des composites du Québec (CDCQ) du Cégep de Saint-Jérôme.

Le Centre Technique en Aérospatiale (CTA) a été un partenaire important pour le développement du logiciel embarqué et l'intégration des lois de contrôles sur le calculateur de CMC.

Le simulateur de technologie TSIM est largement conçu avec le soutien de Dawco, Neosoft et Systemex qui contribuent à tous les niveaux de la conception de ce banc d'essai avancé, incluant notamment l'électronique, les systèmes d'acquisition et de capteurs de données ainsi que les logiciels de gestion de test.

Également, plus de 60 étudiants ont contribué au projet par leur appui dans les divers lots de travail.

Efforts pour la prochaine année

La prochaine année sera cruciale en matière de réalisations.

- Les fonctions du contrôleur de CMC seront validées par des tests intégrés sur le banc d'essai « Iron Bird »;
- Les exigences pour la version adaptée du contrôleur PU-3000 seront révisées pour tenir compte des difficultés rencontrées dans la première année du projet;
- Les tests en vol des véhicules AFI à échelle continueront afin de valider les lois de contrôle sur une enveloppe de vol étendue;
- Le banc d'essai TSIM sera complété et mis en service pour débiter les tests d'une architecture de contrôle d'avion de nouvelle génération;
- Les essais en vol de la plateforme de CMC et ARA seront effectués sur un appareil de type multirotor;
- Le développement des fonctions avioniques (instruments de vol et navigation) continuera pour des appareils à un seul pilote ou sans pilote.

Bilan global

Bombardier a réalisé plusieurs campagnes de tests en vol sur les véhicules AFI à petite échelle. Les données acquises permettent de progresser la validation des lois de contrôle. Les tests continueront sur un véhicule AFI à plus grande échelle afin de confirmer les lois de contrôle à cette nouvelle échelle. La définition conceptuelle d'une configuration AFI virtuelle à pleine échelle a débuté avec la contribution de la majorité des fonctions d'ingénierie, avec l'objectif de servir de base pour des développements technologiques subséquents avec la configuration AFI.

Le contrôleur de CMC a été intégré sur banc d'essai et les lois de contrôle seront testées dans la deuxième moitié de 2023. Ceci sera suivi d'autres tests sur banc d'essai, mais en utilisant la configuration « Iron Bird » finale.

L'intégration des systèmes d'avionique d'ARA et de CMC a continué et a été testée sur du matériel en laboratoire. Un processus d'amélioration des éléments de sécurité de la plateforme a retardé le début des essais en vol sur un appareil multirotor, qui sont reportés à l'été 2023.

La conception du calculateur de vol léger de CMC continue en parallèle avec le développement des fonctions avioniques et des interfaces pour des appareils à un seul pilote ou sans pilote.

CMC travaille à réduire le poids, le volume et la puissance du calculateur de vol, ce qui nécessite des modifications aux circuits imprimés (PCBs) et une étude sur la dissipation de chaleur. De plus, le développement de l'ensemble de fonctions avioniques (navigation, instruments de vol primaire, directeur de vol/autopilote) continue en utilisant une architecture et des interfaces ouvertes qui permettent l'ajout ou l'adaptation de fonctions par des tiers.

Une série de tests préliminaires ont été réussis sur le banc d'essai TSIM; ils seront complétés et le banc d'essai TSIM sera mis en service au cours de la prochaine année.



PM2 - DÉVELOPPEMENT D'UNE PROPULSION HYBRIDE SÉRIE POUR AÉRONEF PLUS ÉLECTRIQUE

PHASE 2



Présentation générale

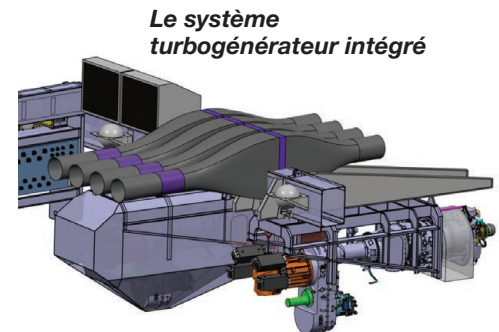
Ce projet mobilisateur est une collaboration entre Les Dirigeables FLYING WHALES Québec (FWQ) et Pratt & Whitney Canada (P&WC) sur la conception et l'intégration d'un système turbogénérateur pour le dirigeable de transport de charges lourdes LCA60T (*Large Capacity Airship 60 Tons*). L'objectif est d'équiper les premiers dirigeables LCA60T à propulsion électrique distribuée et réduire les émissions de gaz à effet de serre. Ce système de génération de puissance électrique sera le premier en son genre pour de tels niveaux de puissance. 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.

Pour mener à bien la conception de ce turbogénérateur, les équipes techniques de P&WC et de FWQ collaborent sur les analyses mécaniques, fluidiques, aérodynamiques et de sécurité. P&WC sera responsable de préparer et d'effectuer des tests concernant le turbogénérateur sur banc d'essai. Il s'agit d'une étape très importante dans le développement du turbogénérateur jusqu'à sa mise en vol avec un prototype du dirigeable. P&WC contribue avec un moteur d'hélicoptère existant qui sera adapté pour les besoins du turbogénérateur.

Démarrage

Afin d'arriver à une définition du niveau de performance et de fiabilité attendues, l'équipe d'ingénierie de P&WC collabore avec FLYING WHALES Québec sur des analyses dans les domaines suivants :

- Analyses de risques : fiabilité et durée de vie, performance, délai, coût ;
- Analyses de vie du moteur à turbine à gaz, en prenant en compte les profils de puissance versus le temps requis ;
- Analyses de fiabilité et sécurité ;
- Estimés des coûts et stratégies de certifications.



Les spécifications des différents éléments constitutifs du turbogénérateur, soit la turbine thermique, le générateur d'électricité et la boîte de vitesses, ont été établies. Les travaux avec les partenaires se poursuivent et s'intensifient dans le but d'atteindre le jalon de revue de conception préliminaire.

Une simulation simplifiée du système turbogénérateur a été créée par P&WC. Ce modèle, qui comprend la turbine à gaz, une boîte de vitesses et le générateur, est utilisé pour étudier les caractéristiques dynamiques du système dans le but d'ajuster des boucles de contrôle de la turbine à gaz et d'obtenir un système turbogénérateur ayant des temps de réponse rapides et stables. La simulation transitoire dynamique du système turbogénérateur a par la suite été intégrée dans le modèle multisystème de FWQ qui inclue le système de propulsion, le système de distribution électrique ainsi que le système de contrôle de vol et de pilotage.

Les travaux d'intégration du turbogénérateur, dans son environnement nacelle, sont également menés afin d'assurer la gestion thermique de l'ensemble et l'intégration mécanique incluant la définition des entrées et sorties d'air conformément aux besoins de la turbine.

Les analyses techniques sur la conception du banc d'essai, les objectifs des essais ainsi que les limitations vis-à-vis des caractéristiques réelles du dirigeable sont en cours. Ceci permettra de finaliser la conception préliminaire des modifications du banc d'essai pour l'adapter aux besoins du turbogénérateur et à son application dans le dirigeable.

PM2 - DÉVELOPPEMENT D'UNE PROPULSION HYBRIDE SÉRIE POUR AÉRONEF PLUS ÉLECTRIQUE PHASE 2

Mobilisation

P&WC a signé un contrat avec une université du Québec, engagé un étudiant et, au courant de l'année 2023, P&WC espère entreprendre trois stages de quatre mois chacun.

La collaboration avec la PME MTLs Aérostructure se poursuit permettant de faire progresser les travaux d'analyses thermiques et de certification de l'ensemble turbogénérateur.

Efforts pour la prochaine année

Pour la prochaine année, les efforts seront mis principalement sur l'atteinte des jalons de revue de conception préliminaire des différents systèmes et la finalisation de l'intégration mécanique et thermique de l'ensemble. Il est également prévu de préparer les premiers essais sur un banc moteur pour le prototype du turbogénérateur.

Bilan global

Ce projet représente une première dans le développement d'un système de propulsion hybride électrique à configuration en série, et des tests sur banc d'essai sont prévus au courant de la prochaine année. Ce sera la première fois que les caractéristiques et la performance d'un système turbogénérateur de cette puissance seront démontrées. Le dirigeable permet un cas d'usage et une application concrète d'un tel système.



PM3 - PROJET AQUARÉL - AVIONIQUE POUR AÉRONEF ÉLECTRIQUE

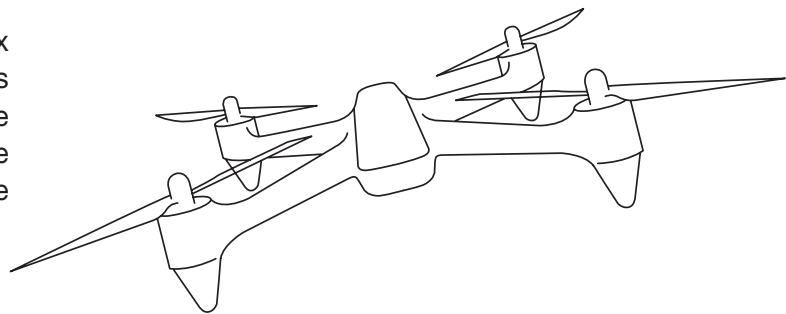
PHASE 2



Présentation générale

Le projet AQUARÉL 2 est une continuité du projet AQUARÉL débuté en 2021 et vise le même objectif de monter en maturité des technologies adaptées aux nouveaux aéronefs électriques tels que drone spécialisé, dirigeable et appareil 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. L'objectif principal 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 6 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 plus verte et plus sécuritaire.

Les deux principales caractéristiques de ces nouveaux aéronefs sont une plus grande manœuvrabilité et des architectures innovantes permettant de répondre à de nouvelles opérations aériennes. Le projet AQUARÉL 2 se concentre sur deux grands axes de recherche : le contrôle et la commande de l'aéronef.



Démarrage

L'objectif du projet AQUARÉL 2 est le développement et l'intégration du système de commande de vol électrique ultra compact et de la suite avionique pour aéronefs plus autonomes, afin de pouvoir répondre à un haut niveau d'exigences fonctionnelles, de sécurité, de normes environnementales, ainsi qu'aux diverses réglementations futures en cours de définition.

Dans le cadre du projet, LES DIRIGEABLES FLYING WHALES QUÉBEC, INC. (FWQ) et Thales Canada, Avionique (TCA) ont fait le choix d'utiliser de façon innovante des briques technologiques qui ont bénéficiées de la coordination et de la communication entre les équipes pour apporter les meilleures idées et solutions aux nouveaux défis rencontrés.

Cette première année du projet AQUARÉL 2 a permis de finaliser l'architecture préliminaire et le développement matériel et logiciel des premiers modèles de commandes de vol, ainsi que de valider la fonctionnalité et la performance par rapport aux hypothèses et spécifications.

Des bancs d'essai dédiés ont aussi été développés afin de valider les prototypes de commandes de vol et l'architecture avionique du cockpit.

Les résultats des tests sur les bancs d'essai ont permis de valider la fonctionnalité et identifier des pistes d'amélioration au niveau des performances des prototypes de commandes de vol. La conception a donc été mise à jour pour tenir compte des améliorations identifiées et une seconde version des prototypes de commandes de vol est en développement.

Démarrage (suite)

La majorité des nouveaux aéronefs électriques sont conçus pour être contrôlés au travers de commandes de vol électriques. Thales Canada, Avionique [TCA] 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 TCA d'accélérer le développement de nouvelles générations de commandes de vol électriques adaptées aux opérations et aux marchés des nouveaux aéronefs électriques, et à FWQ la finalisation de 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 leur soutien à la mise en œuvre des bancs de test. À l'issue de ce premier projet, TCA dispose d'un prototype qui sera testé durant la seconde phase du projet afin de le préparer à des essais en vol en 2025.

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 FWQ sont soit complètement, soit partiellement atteints à l'aide de briques technologiques existantes. FWQ et TCA 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, nous pouvons déjà qualifier de succès ce projet 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.

Mobilisation

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 totalisant 6 universités au Québec afin d'identifier 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 ces universités.

Le soutien apporté par les projets LPCAD-1 et LPCAD-2 ont permis aux partenaires de ces projets d'accélérer leurs activités de recherche en leur permettant de répondre aux attentes des nouveaux marchés ouverts par les aéronefs électriques : avions électriques régionaux, dirigeables électriques et avions/drones cargo électriques.

Efforts pour la prochaine année

Lors de la prochaine année, les efforts porteront sur le développement de prototypes de commandes de vol ultra-compact plus robustes et pouvant supporter sans défaillance les contraintes environnementales importantes auxquelles ils seront exposés lors des essais en vol. Ces contraintes incluent, entre autres, hautes températures, basses températures, vibrations, humidité et radiations électromagnétiques. Afin de valider la conception, des tests seront effectués au Centre de recherche industrielle du Québec, où les contraintes environnementales de vol seront simulées et les effets sur les calculateurs évalués. Un changement dans la conception sera peut-être alors requis.

Différentes fonctions logicielles liées au contrôle du dirigeable de FWQ et des équipements de l'avionique seront également développées et testées sur les bancs d'essai durant la prochaine année.

Les phases d'architectures préliminaires étant terminées, celles-ci seront maintenant soumises aux phases de certifications afin de confirmer la viabilité de ces solutions pour les applications envisagées. Les discussions qui en découlent amèneront à des prises de position des autorités qui impacteront tout le marché aéronautique électrique.



Bilan global

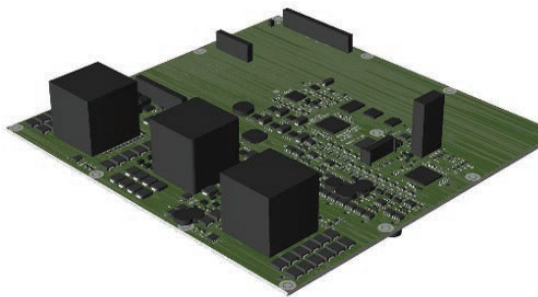
Les nouvelles générations d'aéronefs électriques doivent permettre un désenclavement du Québec aussi bien pour les passagers que pour les biens. Les avions électriques régionaux ont des frais de fonctionnement nettement plus bas que les avions à moteur thermique. Ces avions de nouvelle génération bénéficieront 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, donne des moyens communs de répondre aux besoins de cette rupture technologique entre la réduction des GES et de la consommation des énergies non renouvelables dans l'écosystème aéronautique mondial. Les nouvelles plateformes telles que le dirigeable LCA60T de FWQ permettent 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 de participer à la décarbonation du fret aérien.

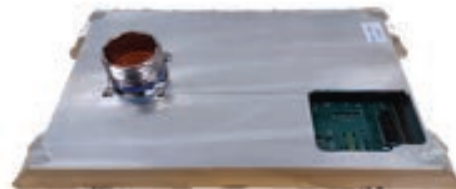
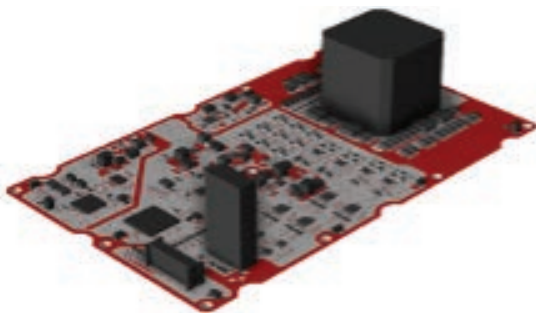
La technologie mise en œuvre dans le projet AQUArEL 2 suit des exigences similaires au développement des aéronefs électriques à décollage et atterrissage vertical qui vont faire leur mise en service dans l'avenir. Cette technologie est implémentée dans le dirigeable et rend possible le pilotage d'un aussi grand aéronef à propulsion distribuée.

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

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



Calculateur critique de commandes de vol ultra-compact



Concentrateur de données critique ultra-compact

PM4 - CABINE D'ÉQUIPAGE POUR UN AÉRONEF DE NOUVELLE GÉNÉRATION

PHASE 2



Présentation générale

Notre projet mobilisateur est une collaboration entre Delastek et Les dirigeables FLYING WHALES Québec qui vise à développer la gondole du dirigeable de transport de charges lourdes LCA60T (*Large Capacity Airship 60 Tons*) en développement par FWQ. La gondole est un concept de cabine d'équipage regroupant trois sections principales : le poste de pilotage, le poste du responsable de transfert de charge et l'aire de repos, le tout intégré dans le dirigeable. Ce nouveau type d'aéronef de grande capacité (60 tonnes) pourra transporter, avec un impact environnemental minimal, des marchandises et des équipements de grande taille vers des endroits difficiles d'accès.

Les technologies utilisées lors du développement seront étudiées sous trois aspects : la réduction du poids, le respect des coûts et les spécificités de la réglementation pour ce nouveau type d'aéronef. Les technologies les plus concluantes seront intégrées dans un prototype FTV (*Flight Test Vehicule*) qui servira de plateforme de validation et d'intégration des différents systèmes.

L'implantation d'un système informatique intégré sera également effectuée. Ce système servira de la phase de développement jusqu'à la mise en production selon les nouvelles technologies.

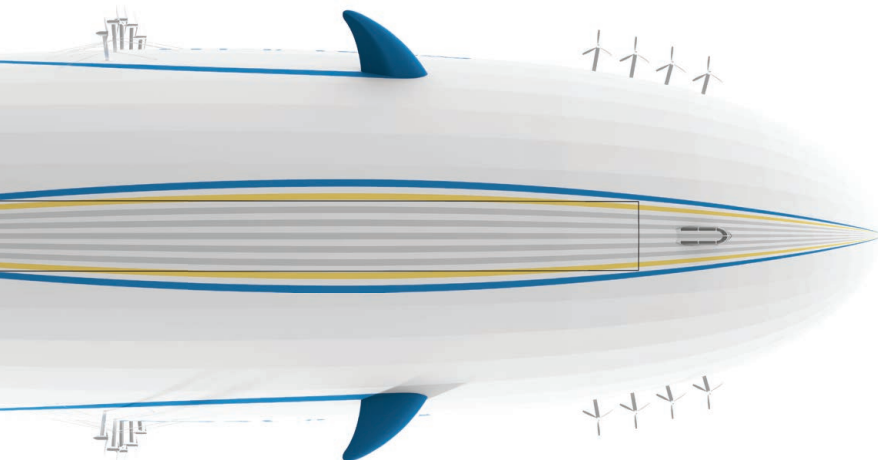
Démarrage

Durant la dernière année, les équipes de Delastek et de FWQ ont complété l'élaboration du cahier des charges et ont défini les principaux requis de certification du produit. Le développement a démarré avec la conception préliminaire des structures primaires et secondaires, des interfaces des structures, et celle des portes et des fenêtres. Plusieurs équipements de fourniture externe tels que les sièges de pilotage et des membres d'équipage ainsi que le système de climatisation ont été identifiés et évalués en fonction des besoins. Enfin, plusieurs analyses de calcul d'éléments finis ont été menées pour valider les hypothèses de départ. L'élaboration des plans de certification et de qualification a également débuté.

Les équipes de Delastek ont, d'autre part, terminé l'implantation d'un logiciel pour le développement de produit en multitâches permettant le travail à distance en temps réel et de façon sécuritaire.



Les équipes lors d'une réunion de travail à Shawinigan



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

Mobilisation

Trois projets de collaboration ont été lancés. L'un avec la société Creaform de Québec pour tous les processus d'analyse numérique de structure, de la dynamique thermique, ou de la dynamique des fluides et un autre est en cours avec la PME CreaNovation de Granby pour des services d'ingénierie de design. Et un dernier a été lancé avec la PME Lx SIM spécialisée en calcul de structure.

La recherche se poursuit pour réaliser, en collaboration avec des centres de recherche ou des universités, des analyses de sécurité et de défaillance des systèmes pour répondre aux normes incluses dans le plan de certification.

Efforts pour la prochaine année

Les activités pour la prochaine année porteront sur la finalisation des concepts préliminaires des structures extérieures et intérieures de la gondole et ses points d'interface avec le dirigeable.

Les choix technologiques répondant le mieux aux critères que sont la réduction du poids, le respect des coûts et l'implémentation des requis de la réglementation devront être finalisés, tout comme la sélection des équipements et des systèmes externes.

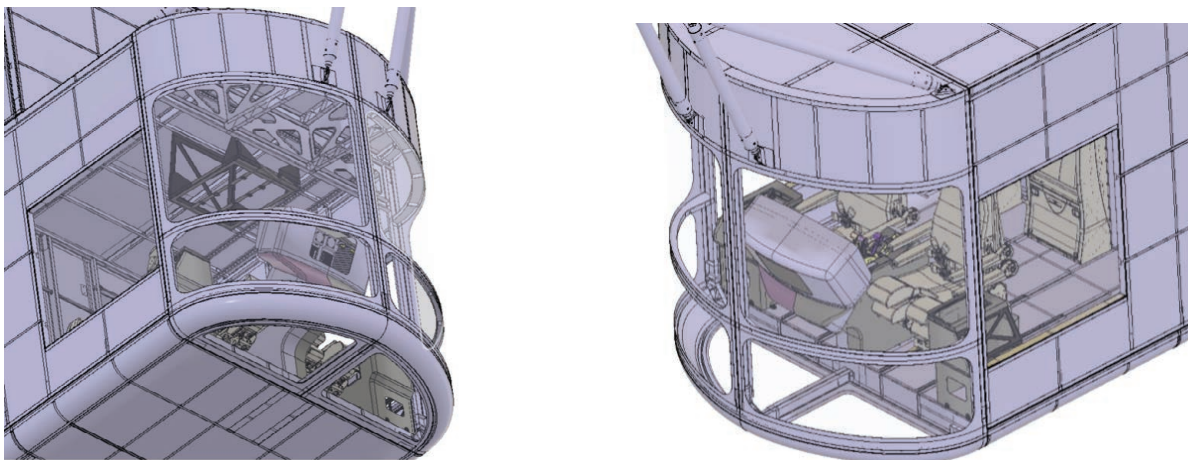
Durant la prochaine année, les partenaires débiteront la création du plan manufacturier et démarreront le développement préliminaire des outillages.

Enfin, l'implantation du système informatique de gestion intégrée sera complétée chez Delastek.

Bilan global

Ce projet mobilisateur permet le développement préliminaire de nouveaux types d'aéronefs, tel que le dirigeable LCA60T de transport de charges lourdes qui offrira de nombreuses applications au Québec.

Grâce à ce projet mobilisateur, FWQ poursuit le développement de la cabine de pilotage de son aéronef innovant, également appelé gondole et Delastek déploie différentes technologies et accroît sa connaissance technique et son savoir-faire d'intégrateur. Delastek pourra se hisser comme spécialiste de niveau 1 dans la chaîne d'approvisionnement pour les aéronefs de demain.



La zone cockpit de la gondole

PM5 - AUGMENTER LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES DE MOTEURS À HAUTE EFFICACITÉ

PHASE 2



Pratt & Whitney Canada
Une société de United Technologies



Présentation générale

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.

Les technologies seront étudiées sous cinq aspects soit l'efficacité énergétique, la réduction du poids, la réduction de coûts, la réduction des émissions polluantes et la réduction du bruit externe généré.

L'objectif de ce programme est de démontrer les bénéfices potentiels de ces technologies selon ces cinq aspects à l'aide d'analyses soutenues par ordinateur. Pour les technologies les plus prometteuses, certains tests sur banc d'essai seront réalisés et la chaîne d'approvisionnement nécessaire à la fabrication du moteur sera validée.

Ce nouveau système de propulsion doit non seulement permettre de réduire les émissions polluantes et le bruit, mais il doit également atteindre un niveau de maturité technologique de 6 afin de le rendre compétitif et pouvoir l'offrir à un client de lancement.

Ce projet représente une première incursion dans le domaine aérospatial pour Ricardo PLC, une firme de génie-conseil. Le mariage de l'expérience de Ricardo en gestion de coûts et de poids combinés à l'expertise de P&WC en aérospatiale crée un partenariat apte à développer des technologies d'avant-garde et à faible émission de carbone pour le transport aérien.

Démarrage

Dans la dernière année, l'équipe de P&WC a défini les requis d'émissions, de bruits, de poids et de coûts associés au nouveau système de propulsion. Ces requis doivent être atteints tout en maintenant les objectifs d'efficacité énergétique et de bruits initialement établis. Des essais sur banc ont été initiés pour certaines composantes afin de démontrer en parallèle l'endurance de celles-ci.

Pratt & Whitney Canada, en collaboration avec Ricardo, a développé un premier concept de moteur intégrant les différentes innovations technologiques précédemment identifiées. Cet exercice a permis à l'équipe d'estimer un premier poids et coût du moteur tout en évaluant la performance et l'espace d'installation requis pour intégrer le moteur à un aéronef. L'équipe a ensuite développé différents concepts pour les sous-systèmes ne rencontrant pas les requis de poids et de coûts afin de s'assurer que le moteur intégrant les nouvelles technologies soit commercialement viable.

En parallèle, les experts de Ricardo ont déjà identifié certaines technologies qui pourraient grandement simplifier l'atteinte des cinq aspects sur lesquels les technologies et le moteur sont évalués.

Démarrage (suite)

Des études structurales et de fluides préliminaires sont aussi en cours et continueront lors de la prochaine année en plus de poursuivre l'optimisation de la modélisation du processus de combustion et d'échanges thermiques des nouvelles technologies s'intégrant au moteur.

D'un point de vue organisationnel, Ricardo a ouvert son premier bureau au Canada à Montréal. L'équipe compte présentement 15 ingénieurs et continue de croître. Environ 70 % de l'équipe a été mutée des États-Unis, de l'Angleterre et de la République tchèque pour venir former la base de Ricardo Canada. Ricardo cherche maintenant à réaliser son expansion en engageant davantage d'ingénieurs locaux et en assurant un transfert de savoir entre les ingénieurs de Ricardo provenant d'outremer et les ingénieurs locaux devant être formés.

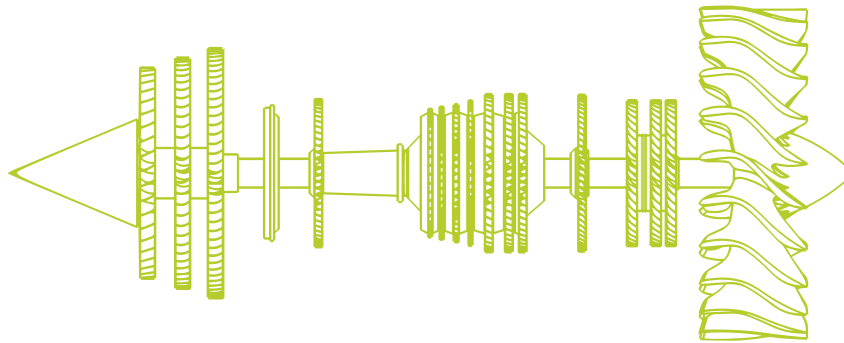
Mobilisation

Un mandat a été accordé par P&WC à l'Université de Sherbrooke pour des essais afin d'améliorer les performances et la durabilité des joints d'étanchéité.

Ricardo a sous-traité des analyses du nouveau moteur à Optimec Consultant. Ces analyses assistées par ordinateur permettent de prédire l'efficacité des échangeurs de chaleur et d'ajuster sa conception avant d'effectuer des tests. Ce processus permet de réduire le temps, les coûts et les risques associés à la conception des échangeurs de chaleur.

Ricardo mobilisera aussi prochainement Merkur pour soutenir les activités d'intégration de composantes électriques au moteur, ainsi que Polytechnique Montréal pour appuyer les analyses d'ingestion de particules du moteur.

Ricardo est aussi en discussion avec différents centres de recherche pour identifier de nouvelles technologies pouvant s'intégrer au moteur.



Efforts pour la prochaine année

Du côté de P&WC, au-delà des tests d'endurance qui se poursuivront, les éléments suivants seront priorisés :

- Conception et fabrication d'un carter pour une pompe carburant adaptée;
- Évaluation des options d'atténuation du bruit selon les caractéristiques du moteur;
- Évaluation des options de traitement des polluants selon les caractéristiques d'émissions du moteur.

Enfin, un plan de tests pour l'ensemble du système de propulsion sera établi avec le Centre de Technologie Aérospatiale (CTA) afin de développer une solution de banc d'essai flexible.

L'équipe de Ricardo Canada va continuer l'exploration et l'optimisation des concepts du moteur jusqu'à l'automne. L'objectif est d'évaluer l'impact de l'intégration de différentes technologies sur les cinq aspects critiques au développement du moteur.

PM5 - AUGMENTER LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES DE MOTEURS À HAUTE EFFICACITÉ PHASE 2

Efforts pour la prochaine année (suite)

À l'automne 2023, un concept sera sélectionné. Ce concept sera ensuite analysé avec différents logiciels de validation structurelle, thermique, fluide et fatigue afin de valider son intégrité physique en plus de permettre l'optimisation du poids et du coût du moteur. À la fin de cette phase, l'évaluation de la performance du moteur pour l'ensemble des cas d'opérations identifiés par P&WC sera validée par analyse. Cela permettra de confirmer la viabilité commerciale des nouvelles technologies selon les cinq aspects critiques du projet avant de débiter la phase de tests.

Du point de vue de la mobilisation, Ricardo PLC prévoit continuer à solliciter le soutien d'Optimec pour différentes analyses faites par ordinateur. En parallèle, un cahier des charges sera défini pour permettre à Merkur et Polytechnique Montréal de contribuer au projet. Ricardo est aussi en discussion avec l'École de technologie supérieure (ÉTS) et le Centre de Technologie en Aérospatial (CTA) pour identifier des axes de partenariats.

Bilan global

Le sous-projet vise une réduction de consommation de carburant de 30 % comparé au moteur aéronautique traditionnel tout en utilisant des formes d'énergie conventionnelles (carburant d'avion tel que du Jet A). Ce moteur peut aussi consommer du carburant d'aviation durable (CAD) sans modifications majeures.

Le moteur développé dans le cadre de ce projet pourrait être un des premiers moteurs à intégrer un système d'échappement permettant une réduction significative des émissions polluantes.



Rangée à l'avant de gauche à droite :

*Tobias Burek, Vaclav Kafka, Michael Stammersky, Alexandre Marceau-Gozsy,
Konstantinos Kontzialis, Steve Gravante.*

Rangée à l'arrière :

*Daniel Olin, Niall Stevenson, Stanislav Chovanec, Jakub Toman,
Denis Gad, Simon Bourgault-Côté, Adam Finnerty.*

LPCAD

2

LES PROJETS COLLABORATIFS DE L'AÉRONEF DE DEMAIN (LPCAD-2)

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 


SAGE
SYSTÈMES AÉRONAUTIQUES
D'AVANT-GARDE POUR L'ENVIRONNEMENT