

ACCÉLÉRER LES TRANSITIONS POUR UNE MOBILITÉ AÉRIENNE RÉSILIENTE ET DURABLE

Partenaire financier

Québec



SOMMAIRE EXÉCUTIF	4 - 7
MOT DU PRÉSIDENT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION MOT DU PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL	
À PROPOS DU CRIAQ	8
INTRODUCTION	9
CONTEXTE	10 - 11
FEUILLE DE ROUTE 2035	12 - 15
LES 3 GRANDS VECTEURS DE CHANGEMENT ET DE TRANSITION	
VECTEUR 1. AÉROSPATIALE DURABLE	16 - 23
— L'électrification de l'aviation	
— Carburants alternatifs pour l'aviation	
— Développement d'infrastructures pour l'approvisionnement de sources d'énergie propre	
— Défis et pistes d'actions	
— Pôles technologiques aérospatiale durable	
— Ligne de temps aérospatiale durable	

VECTEUR 2. MOBILITÉ AÉRIENNE DU FUTUR 24 - 31

- Nouvelles plates-formes, produits et solutions
- Interactions avec les autres vecteurs
- Défis et pistes d'actions
- Pôles technologiques mobilité du futur
- Ligne de temps mobilité du futur

VECTEUR 3. SYSTÈMES D'AVIATION NUMÉRIQUES 32 - 39

- Des transformations profondes
- Le rôle de l'intelligence artificielle
- Défis et pistes d'actions
- Pôles technologiques systèmes d'aviation numériques
- Ligne de temps systèmes d'aviation numériques

MOBILISER - DÉPLOYER - PRODUIRE DES IMPACTS 40 - 41

Programmes, projets et initiatives clés
La recherche et l'innovation : un acte collectif et social

LIGNE DE TEMPS DES 3 GRANDS VECTEURS DE CHANGEMENT ET DE TRANSITION 42 - 43

CONCLUSION 44

QUELQUES RÉFÉRENCES CONSULTÉES 45 - 46

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Ce document propose une feuille de route pour l'écosystème de recherche et d'innovation aérospatial du Québec et du Canada. Il appuie l'engagement de l'industrie, du milieu de la recherche et des gouvernements à relever les défis posés par les changements climatiques et ceux liés à une évolution sécuritaire de la mobilité aérienne.

Véritable appel à tous au sein de l'écosystème de recherche et d'innovation aérospatial et au-delà, la Feuille de Route 2035 du CRIAQ vise à contribuer à la réponse que nous avons collectivement à apporter à ces défis importants de l'humanité.

Le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ), est un regroupement sectoriel de recherche industrielle fondé il y a 20 ans grâce au soutien du gouvernement du Québec et de leaders des milieux industriels et de la recherche. Inspiré dans toutes ses activités par ses principes fondateurs d'innovation ouverte et de collaboration, le CRIAQ a su rallier les ambitions des chercheurs et innovateurs d'ici et de l'international, pour créer aujourd'hui un écosystème riche, tant sur le plan scientifique que de l'innovation industrielle.

Le CRIAQ lance sa Feuille de Route 2035 afin de contribuer à l'alignement des investissements publics et privés, rallier l'ambition du milieu de la recherche pour développer les connaissances et les compétences nécessaires de la nouvelle génération d'innovateurs et entrepreneurs et surtout, accentuer la mobilisation de tous les partenaires pour accélérer les engagements envers une mobilité aérienne résiliente et durable.

Le CRIAQ a examiné 3 vecteurs de changements - l'aérospatiale durable, la mobilité arienne du futur et les systèmes d'aviation numériques - et a déterminé pour chacun, les pôles et trajectoires technologiques qui guident la recherche et l'innovation vers l'horizon 2035 et au-delà.

Avec un portefeuille de projets CRIAQ qui indique des avancées indéniables sur plusieurs fronts de la science et de la technologie, la présente feuille de route a pour but de créer de nouveaux partenariats essentiels avec les gouvernements, les villes et territoires, l'industrie, ainsi que les milieux académiques et de la recherche, afin de lancer des programmes de recherche et d'appels à projets ainsi que des initiatives structurantes qui nous permettrons ensemble d'atteindre des objectifs de carboneutralité.

Face aux enjeux d'aujourd'hui et de demain, nous devons comme jamais soutenir une coopération interdisciplinaire et intersectorielle pour accélérer les développements axés sur les besoins de la société pour de nouveaux produits et services de mobilité aérienne en plus d'assurer leur acceptation de la société par les autorités et les communautés.

À ce moment précis de l'histoire de l'aviation, il nous faut soutenir de nouveau l'innovation de rupture par le biais de nouvelles approches d'idéation, de démonstration de technologies et de certification de produits, pour faciliter leur intégration sécuritaire au marché en temps opportun.

La Feuille de Route 2035 du CRIAQ est une invitation lancée à toutes et à tous à accélérer cette recherche et innovation pour une mobilité résiliente et durable.

MOT DU PRÉSIDENT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION



Michel Dion, Président du Conseil d'Administration

Il y a 20 ans déjà, des leaders industriels et académiques du secteur aérospatial au Québec ont uni leurs idées pour former ce qui allait devenir un modèle de collaboration reconnu mondialement, le CRIAQ. Ce consortium nous permettra de transformer les défis devant nous en opportunités. Parce que oui, des défis comme la pandémie de Covid-19 ou les changements climatiques sont en fait des occasions nous permettant d'améliorer le monde dans lequel nous vivons. Celles-ci seront créatrices de technologies de rupture qui mèneront vers une industrie aérospatiale verte et durable et qui contribueront au développement d'une société diversifiée toujours plus inclusive et juste. C'est une véritable transformation qui s'amorce et pour laquelle le CRIAQ met de l'avant une vision stratégique et mobilisatrice.

La Feuille de Route 2035 que nous vous présentons offre une compréhension commune de buts à atteindre et des actions à mettre en place par le CRIAQ et ses partenaires. C'est une feuille de route qui est pleinement alignée avec la vision des gouvernements du Québec et du Canada, tout en étant engagée dans la voie qui se trace à l'international.

Cependant, j'y vois plus que ça. J'y vois une vision qui devrait encourager les jeunes à venir œuvrer dans le secteur aérospatial, à se joindre aux efforts collectifs pour réduire, voire éliminer les émissions dans le ciel. Le monde change

et nous aussi. Il y a plus de 30 ans, lorsque j'ai assisté à mon premier spectacle aérien, j'ai été immédiatement séduit par l'industrie. Cette industrie était tout autre à l'époque. Maintenant, voir des projets en électrification, sans émission de GES et comprendre les défis qui s'y rattachent m'inspirent encore plus ! J'espère que ces défis et la vision que nous présentons dans la Feuille de Route 2035 pourront énergiser les futures générations à nous rejoindre dans cette industrie si passionnante.

En tant que président du conseil d'administration du CRIAQ, je tiens à féliciter et remercier tous ceux et celles qui contribuent à la vision et à la réussite du CRIAQ depuis tant d'années. Que ce soit pour leur implication dans les projets ou dans les divers comités et équipes de travail. Grâce à celle-ci, nous pouvons aujourd'hui présenter une vision qui repose sur des bases solides et que nous avons confiance de pouvoir réaliser.

J'aimerais saisir cette occasion pour m'adresser tout particulièrement aux personnes qui sont nos « moteurs d'idées », que ce soit dans les entreprises, les établissements académiques ou les centres de recherche. Cette feuille de route est pour vous. Osez exprimer vos idées novatrices, osez créer des ruptures technologiques et surtout osons continuer à travailler ensemble pour les réaliser!

MOT DU PRÉSIDENT DIRECTEUR GÉNÉRAL



Alain Aubertin, Président Directeur Général

Le CRIAQ est fier de publier sa Feuille de Route 2035. Elle représente une vision mobilisatrice et inclusive pour l'écosystème de recherche et d'innovation aérospatial vers une mobilité aérienne résiliente et durable. Depuis 20 ans, le CRIAQ supporte activement l'industrie québécoise et canadienne à développer des produits et services toujours plus respectueux de l'environnement et des vols aériens plus sûrs pour les personnes, et ce, au bénéfice de la société tout entière.

La Feuille de Route 2035 du CRIAQ s'appuie sur une compréhension partagée avec le milieu des perspectives de développement scientifique et technologique, ainsi que sur une approche stratégique de soutien au secteur pour répondre aux défis de la mobilité aérienne au 21^e siècle. Elle prend en compte, de manière documentée, les avancées anticipées pour faire des décennies 2020 et 2030 une période d'expansion vers des produits et services encore plus respectueux de l'environnement. Elle met de l'avant, nous le souhaitons vivement, une vision commune afin d'activer les engagements pour une coopération massive entre intervenants de divers milieux, soit de l'industrie, de la recherche, des institutions, des gouvernements, des investisseurs, et bien d'autres, avec l'objectif d'accélérer les transitions vers une mobilité aérienne résiliente et durable.

Ancrée au cœur du plan stratégique 2022-2025 du CRIAQ, notre feuille de route décrit pour 3 grands vecteurs de changement, de grands pôles de technologies à développer par le biais de programmes de développement et d'initiatives structurantes auxquels le CRIAQ vise à prendre part avec ses membres et partenaires.

La Feuille de Route 2035 du CRIAQ donne le cap des trajectoires nécessaires vers l'atteinte d'objectifs en regard d'une aérospatiale durable, une mobilité aérienne du futur résiliente et de systèmes d'aviation numériques intégrés, sécuritaires et performants. En particulier, elle montre des tendances, identifie des jalons concrets pour le déploiement des technologies et signale les choix qui doivent être faits maintenant et sur un horizon de 15 ans, voire plus. En se voulant inclusif et rassembleur, le CRIAQ croit que cette ambition stimulera davantage la convergence des technologies pour des applications aéronautiques, spatiales, aéroportuaires, d'aviation civile, de défense et de mobilité en général.

C'est avec un leadership mobilisateur de tous les partenaires québécois, canadiens et internationaux que le CRIAQ entend contribuer à accélérer les transitions.

Nous vous invitons toutes et tous à vous joindre au CRIAQ pour relever ces défis !

À PROPOS DU CRIAQ

Le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ) a été fondé en 2002 grâce au soutien financier du gouvernement du Québec, de l'industrie et du milieu de la recherche. Depuis près de 20 ans, le regroupement sectoriel de recherche industrielle accompagne ses membres dans le montage, le financement et la mise en place de projets de recherche collaborative. Véritable catalyseur de l'écosystème d'innovation aérospatiale, le CRIAQ s'est forgé depuis ses débuts une réputation enviable dans le milieu en tant qu'organisme clé pour la structuration de projets de recherche et de développement ainsi que la mobilisation du milieu.

L'offre du CRIAQ dépasse le simple financement de projets et incorpore une gamme complète de services d'accompagnement pour ses membres. Il met au profit de l'écosystème un savoir-faire reconnu mondialement et une réelle expérience de la gestion de la recherche et développement et des pratiques d'innovation acquise depuis sa création.

Aujourd'hui, son rôle reste crucial à catalyser la créativité de l'écosystème aérospatial et bâtir des ponts de collaboration avec des écosystèmes innovants pour développer une nouvelle génération de technologies et d'innovateurs. Il demeure orienté à renforcer le leadership technologique du Québec et du Canada en matière d'applications aérospatiales d'avant-garde.

Le CRIAQ c'est* : 164 membres dont 120 industriels, 35 du milieu de la recherche, ainsi que 9 membres associés.

Le CRIAQ évolue continuellement et son réseau s'étend au-delà du Québec en comptant aujourd'hui 25 membres situés dans plusieurs provinces du Canada ou encore à l'international.

Le CRIAQ, créateur de richesses au Québec par une mobilité aérienne durable.



**Une industrie
aérospatiale durable,
verte, agile et audacieuse**

**Une mobilité aérienne
au service de l'humanité**

**Une société égalitaire
et diversifiée**

* Au 1er mars 2022.

INTRODUCTION

Le CRIAQ croit fermement qu'au-delà des avancées scientifiques et technologiques qui rythment le progrès, il y a de grandes transitions qui affectent l'industrie et la société dans son ensemble. Alors que le monde continue de lutter contre les effets de la pandémie de la Covid-19, il est essentiel que les vagues d'investissements publics et privés nécessaires pour soutenir une relance et une croissance durable soient alignés sur la voie de ces transitions.

Nouveaux besoins de mobilité, préoccupations envers les changements climatiques et nécessité de résilience accrue dans toutes les sphères de la société (économique, social, santé, etc.), appellent des politiques, programmes et actions concertées pour accélérer le déploiement de solutions énergétiques, technologiques et numériques efficaces au service d'une mobilité aérienne résiliente et durable.

Les objectifs identifiés par les leaders de l'industrie et les autorités du secteur exigeront au cours des 15 prochaines années une intensification massive de l'ambition associée à une collaboration inébranlable des gouvernements de tous les pays, dont ceux du Québec et du Canada. La réponse aux défis doit être tant locale que globale.

La présente Feuille de Route 2035 du CRIAQ se veut un instrument pour aider l'industrie dans les transitions, rallier l'ambition du milieu de la recherche et des partenaires de l'écosystème aérospatial et au-delà, favoriser l'alignement des investissements et mettre en

œuvre des actions concrètes. Ancré au cœur de l'écosystème depuis 20 ans, le CRIAQ est engagé au quotidien à changer le monde un projet à la fois.

Ainsi, le portefeuille du CRIAQ continuera de comprendre des projets supportant le développement des connaissances et de technologies dans plusieurs domaines technologiques. Nous croyons toutefois que les efforts doivent être davantage coordonnés et concentrés sur un continuum d'actions créatrices d'impacts sur des vecteurs précis de transition.

Pour chacun des vecteurs de changement présentés de cette feuille de route, le CRIAQ vise à travailler avec l'écosystème aérospatial, du transport aérien et d'autres écosystèmes innovants pour développer des programmes et des projets de différentes tailles et appuyer des initiatives à différents stades de maturité technologique. Le CRIAQ souhaite faciliter la mise en place de collaborations audacieuses et continuera à travailler avec une gamme élargie de partenaires pour répondre aux besoins de la société en matière de mobilité aérienne résiliente et durable.

Le cadre présenté dans les pages suivantes a été établi pour aligner la stratégie de recherche et d'innovation du CRIAQ avec l'évolution scientifique et technologique, les objectifs de décarbonation et de réduction des impacts des changements climatiques pour une mobilité aérienne future centrée sur le client et le renouvellement du monde de l'aérospatial à l'ère du numérique.

En lançant des programmes triennaux et annuels d'appels à idées, solutions et projets tout en contribuant à la création de programmes de recherche à long terme et de partenariats technologiques stratégiques, le CRIAQ entend amplifier ses actions pour développer les talents et attirer des investissements au Québec et au Canada.

CONTEXTE

Au cours des 20 prochaines années, le monde du transport, notamment de l'aviation et de l'aérospatial, est appelé à vivre des transformations profondes.

On prédit, par exemple, qu'en 2030, environ 5 000 taxis aériens transporteront des passagers pour des trajets de très courte distance vers des aéroports et sur des vols reliant de grandes villes, ou encore, que vers 2030-2035, les premiers passagers pourraient être en mesure d'acheter des billets pour des vols moyens courriers propulsés au moyen de moteurs électriques, hybrides-électriques ou à hydrogène.

Comment cela vient nous interpeller? Quelles actions doit-on déployer maintenant pour concrétiser ces innovations? Comment s'organiser pour mettre de l'avant ce qui semblait lointain il n'y a pas si longtemps, afin d'en faire le développement de façon structurée, organisée, sûre et en respectant les individus, les communautés et la planète?

Les innovations incrémentales demeureront importantes pour améliorer matériaux, procédés, composants, systèmes, et expérience de mobilité. Toutefois, les transformations numériques et énergétiques, les nouveaux besoins de mobilité et la dynamique concurrentielle nécessiteront de soutenir le développement d'innovations de type architectural et radical, ainsi que de nouveaux modèles d'affaires. Une modification profonde de la chaîne de valeur découlera de coopérations et de partenariats nouveaux, nationaux et internationaux avec, dans certains cas, de nouveaux entrants et d'autres secteurs dont l'énergie, le transport terrestre, etc.

Parmi les transformations anticipées, mentionnons les trains à grande vitesse qui sont susceptibles de prendre une partie du

marché des compagnies aériennes pour des déplacements sur des distances plus courtes. Apparu en 2017 en Suède, le Flight Shaming ou honte de voler, est un mouvement qui a pris beaucoup d'ampleur depuis. Celui-ci consiste à se sentir responsable, voire coupable, de son empreinte carbone, et ainsi incite la population à redécouvrir la joie de voyager lentement et plus localement. La crise de la COVID-19 accentue l'importance de cet enjeu.

Également, l'impact de plus en plus visible des changements climatiques, de la perte d'habitat à la rareté des ressources, est susceptible de durcir les attitudes du public, notamment envers l'aviation et l'aérospatial. Une attention accrue sera accordée à ces questions à l'échelle tant nationale que mondiale. Des objectifs de développement durable et de réduction des gaz à effet de serre (GES) ont été établis, fixant des objectifs mondiaux ambitieux pour le secteur pour les prochaines années. À mesure que des pays adoptent des objectifs globaux, les gouvernements et les consommateurs peuvent devenir de plus en plus exigeants envers l'industrie aéronautique pour respecter des objectifs contraignants.

Tout ceci entraîne plusieurs implications pour le secteur. En plus de tisser des liens avec les gouvernements et les autorités réglementaires du secteur, les compagnies aérospatiales se voient devant le besoin - sinon l'obligation - de renforcer dès maintenant leur réputation en tant que fournisseur d'infrastructures de connexion essentielles et responsables au service des personnes. Pour cela, les entreprises du secteur devront rehausser leur posture vis-à-vis du grand public et accélérer la transition vers, notamment, l'utilisation plus importante de carburants alternatifs et de systèmes de propulsion hybrides et électriques.

Quelques nouvelles technologies, si elles s'avèrent viables, pourront également rivaliser sur la performance des plates-formes actuelles et futures en offrant des options de connexions plus rapides. Cela représente certes des occasions, mais elles représentent aussi des menaces pour les joueurs traditionnels. On pense ici à l'émergence de nouveaux entrants qui développent des technologies de rupture avec des investissements importants, tel qu'Amazon avec les drones, Hyundai avec l'auto-volante, ou UBER comme opérateur de taxis aériens, pour ne nommer que ceux-ci.

Dans cette perspective d'une nouvelle mobilité, le rôle des compagnies aériennes, par exemple, pourrait se focaliser à l'avenir sur les vols internationaux long-courriers et délester des opérations régionales. Des aéroports secondaires et tertiaires, ainsi que de nouveaux vertiports, pourraient en outre prendre un essor et bénéficier des efforts de nouveaux opérateurs pour offrir des solutions à la congestion croissante des villes.

Ces tendances entraînent plusieurs implications pour le secteur aérospatial qui est fortement associé au secteur du transport aérien et de plus en plus à celui de la mobilité en général. C'est la raison pour laquelle le CRIAQ considère que le secteur aérospatial et aérien

doit désormais être considéré comme un seul et même écosystème industriel et économique et évoluer vers une plus grande intégration des efforts, et ce, des premiers stades de recherche aux étapes finales de mise en service.

Les fabricants du secteur sont ainsi invités à prendre une approche holistique au niveau des infrastructures et établir des relations plus étroites avec de nouveaux intervenants, soit par exemple, les planificateurs des territoires, les décideurs urbains et les opérateurs de mobilité.

Le CRIAQ est crédible et bien positionné pour développer des relations et des projets de recherche et d'innovation afin de supporter de nouvelles interfaces et de nouveaux modèles de transport dans une optique d'intermodèles et de connectivité plus efficaces. Grâce à des réseaux établis au Québec, au Canada et à l'international, il est en mesure de créer des partenariats pour le développement d'infrastructures pour stimuler les flux de passagers, faciliter la sécurité des nouvelles opérations et contribuer activement à l'amélioration des connexions entre les différents modes de transport terrestres et aériens.

Au sein du CRIAQ, nous alignons notre stratégie avec les déclencheurs de l'évolution technologique et stimulons de futurs projets de recherche orientés vers la décarbonation, la mobilité aérienne du futur centrée sur le client et le renouvellement du monde de l'aérospatial et de l'aviation à l'ère du numérique.

Nous sommes ainsi résolument engagés à accentuer la mobilisation de la communauté de recherche et d'innovation, des partenaires industriels, gouvernementaux et autres collaborateurs de l'écosystème du CRIAQ, pour stimuler la diversité, la créativité, le développement des talents et l'émergence d'entrepreneurs et d'innovateurs pour soutenir l'évolution du secteur.

FEUILLE DE ROUTE 2035

La Feuille de Route 2035 du CRIAQ articule une vision d'évolution sur 3 grands vecteurs de changement et de transition.

Grâce à l'expertise et à la profondeur des réseaux de collaboration, de recherche et d'innovation de notre consortium, nous voulons sensibiliser la communauté et le public sur les réponses du secteur face aux défis posés par les changements climatiques.

Nous sommes engagés à mobiliser et dynamiser l'écosystème par des actions et des initiatives ciblées afin de piloter le changement de façon concrète et accélérer les transitions pour une aviation résiliente et durable. Bref, améliorer le monde - un projet à la fois.

Les 3 grands vecteurs de changement et de transition

- L'AÉROSPATIALE DURABLE
- LA MOBILITÉ AÉRIENNE DU FUTUR
- LES SYSTÈMES D'AVIATION NUMÉRIQUES

La démarche qui a permis l'identification de ces vecteurs et la préparation de ce document s'appuie sur :

- L'étude de cartes routières technologiques publiées, de multiples documents officiels et d'articles de référence.
- Une documentation étoffée portant sur les trois vecteurs de changement; l'aérospatiale durable, la mobilité aérienne du futur, et les systèmes d'aviation numériques, ainsi que les pôles, les sous-pôles et les thèmes associés.
- L'établissement d'une ligne de temps par chaque vecteur servant de guide pour la mise en œuvre d'appels à projets et d'initiatives ciblées pour contribuer aux résultats souhaités par pôle, créant ainsi des bénéfices sociétaux, environnementaux et technologiques.

- L'implication du comité scientifique du CRIAQ et d'autres partenaires.
- L'alignement avec le Conseil d'administration du CRIAQ pour l'intégration de la Feuille de Route 2035 au Plan stratégique 2022-2025 du CRIAQ.

Pour développer cette feuille de route, nous avons donc entamé un examen d'études, de livres blancs et de rapports qui ont été réalisés au Canada, en Europe et à l'international, portant sur des objectifs mis de l'avant par l'industrie, et les évolutions technologiques qui doivent être réalisées afin d'atteindre les cibles établies.

Cet examen nous a permis de regrouper pour chaque vecteur, les différentes familles de technologies et les solutions à développer. Un regroupement par pôle et sous-pôle indique des ensembles de briques technologiques à développer.

Donnant des cibles temporelles anticipées de maîtrise des technologies, d'industrialisation et/ou de certification de produits, nous pouvons ensuite établir des trajectoires prévisibles pouvant être soutenues par :

- Des programmes triennaux et annuels d'appels à projets de portée structurante
- Des initiatives ciblées pour activer les transitions
- Des collaborations stratégiques avec les gouvernements et des partenaires nationaux et internationaux

Déclencheurs

- Décarbonation, changement climatique
- Mobilité aérienne future centrée sur le client
- Renouveau du monde de l'aérospatiale et de l'aviation à l'ère du numérique

Vecteurs stratégiques

Pôles

Aérospatiale durable

Opérations

Propulsion et énergie

Fabrication et chaîne
d'approvisionnement

Conception et intégration

Mobilité aérienne du futur

Transport de passagers

Cargo / autres transports

Opérations de vol

Infrastructures physiques

Infrastructures numériques

Systemes d'aviation numériques

Collaboration homme-machine

Cycle de vie des produits

Plateformes de partage de
données et de collaboration

Sécurité et simulation

Des pôles technologiques et des trajectoires sont détaillées dans les sections qui suivent pour chacun des vecteurs représentant les grandes transitions à réaliser.

Le CRIAQ souhaite répondre à ces défis en déployant des appels à projets sur des sujets prioritaires et des actions ciblées selon des programmations triennales et annuelles. Une somme importante de connaissances, de savoir-faire et de technologies sont à développer notamment sur des innovations de rupture.

Ces développements, généralement plus risqués, nécessitent une approche stratégique et un appui tactique en matière de gestion de la recherche et de l'innovation pour stimuler créativité et audace. La prévisibilité des investissements publics, les moyens de catalyser les partenariats requis et d'autres facteurs de succès sont importants à mettre en œuvre pour accélérer les engagements et dé-risquer ces développements.

Le CRIAQ vise à évaluer en continue son portefeuille de projets pour identifier des solutions et briques technologiques qui sont en développement. Avec des leaders de l'industrie et du milieu de la recherche, des gouvernements, de partenaires institutionnels et des organismes subventionnaires, le CRIAQ entend détecter les opportunités et lancer des appels à projets et initiatives pour les capturer.

Le CRIAQ invite l'écosystème de recherche et d'innovation aérospatial à une coopération sans précédent.

L'aérospatial et l'aviation réunis, constituent ensemble un secteur à portée globale et plus que jamais, une coopération massive doit être nourrie par tous, tant sur le plan national qu'international.

Ouvert à d'autres écosystèmes et partenaires, notre consortium est plus riche que jamais en expertise solide et variée : les partenaires industriels, académiques, gouvernementaux, organismes divers, financiers, ainsi que les start-up forment un puissant écosystème. Nous souhaitons contribuer activement à concrétiser le développement d'une mobilité aérienne résiliente et durable.

VECTEUR 1. L'AÉROSPATIALE DURABLE

L'aviation civile est devenue le premier secteur économique et industriel à adopter des objectifs ambitieux mondiaux pour limiter les émissions de CO2 et atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

Les joueurs de l'aviation civile internationale mènent un travail intensif pour atténuer les défis actuels en stimulant des actions ciblées et collectives pour relever ceux-ci. L'industrie travaille sur des technologies aéronautiques innovantes, optimise l'efficacité des opérations, augmente de plus en plus l'utilisation de carburants alternatifs et durables (Sustainable Alternative Fuels, SAF) et met en place le programme de compensation et de réduction du carbone pour l'aviation internationale (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA).



La transition énergétique étant la clé d'une croissance durable, les avionneurs et les motoristes travaillent activement en collaboration avec des centres de recherche gouvernementaux et universitaires pour accélérer la recherche et la maturation de concepts et technologies prometteuses dans les domaines notamment de la conception de nouveaux aéronefs, de l'aérodynamique, des carburants alternatifs et de la propulsion, lesquels pourront être intégrés de manière sûre, économique et pratique dans les appareils existants ou de nouveaux aéronefs hautement optimisés.



Avec des projets de recherche et d'innovation de taille et de maturité technologique variables, le CRIAQ vise à contribuer à ces efforts de développement et de démonstration de technologies aéronautiques intégrées vers une décarbonation profonde tout en garantissant la sécurité et la sûreté.

En continuant d'appuyer, au cours des 15 prochaines années, des projets ciblés et structurants découlant d'une programmation d'appels à projets coordonné avec l'écosystème, le CRIAQ vise à prioriser l'engagement envers les technologies durables et respectueuses de l'environnement et vise à mobiliser de nouvelles parties prenantes dans les domaines, entre autres, de l'électrification des transports aériens, des technologies de réduction de bruit et de poids des appareils, des biocarburants et de l'empreinte environnementale des usines.

Déjà, le portefeuille du CRIAQ comprend de tels projets et le but est d'augmenter le rythme sur toute la durée de la feuille de route.

C'est avec la collaboration et l'implication de tout l'écosystème et des secteurs connexes que la mobilité aérienne durable prendra tout son sens.

Des programmes de recherche provinciaux, nationaux et internationaux en cours et à diverses échelles de coopération entre l'industrie, les gouvernements et le milieu universitaire sont des catalyseurs clés pour faire progresser et mûrir les technologies de pointe, afin de contribuer à une réduction supplémentaire de l'empreinte environnementale de l'aviation. Des progrès sont notables mais il reste encore beaucoup à faire.

L'électrification de l'aviation

Pour répondre aux défis climatiques, des technologies aéronautiques de rupture doivent être conçues et développées. Alimentées par des sources d'énergie propres et renouvelables, elles ont le potentiel de façonner un avenir sans carbone pour l'aviation.

Les nouveaux types d'appareils à propulsion hybride ou électrique présentent plusieurs défis. Aujourd'hui, l'électrification de l'aviation se concentre sur les petits appareils en raison d'enjeux de faisabilité technique, de viabilité financière et d'intégration de plateformes certifiées dans l'espace aérien.

Des améliorations significatives sur plusieurs composants et systèmes sont donc essentielles pour ouvrir l'éventail des possibilités d'électrification de l'aviation commerciale.

En outre, de la production des matières premières au recyclage en fin de vie, la durabilité de la chaîne d'approvisionnement des batteries à haute densité et des autres systèmes électriques embarqués, est essentielle pour assurer un bilan positif de la transition de l'aviation vers un avenir décarboné grâce à des systèmes davantage électriques.



Carburants alternatifs pour l'aviation

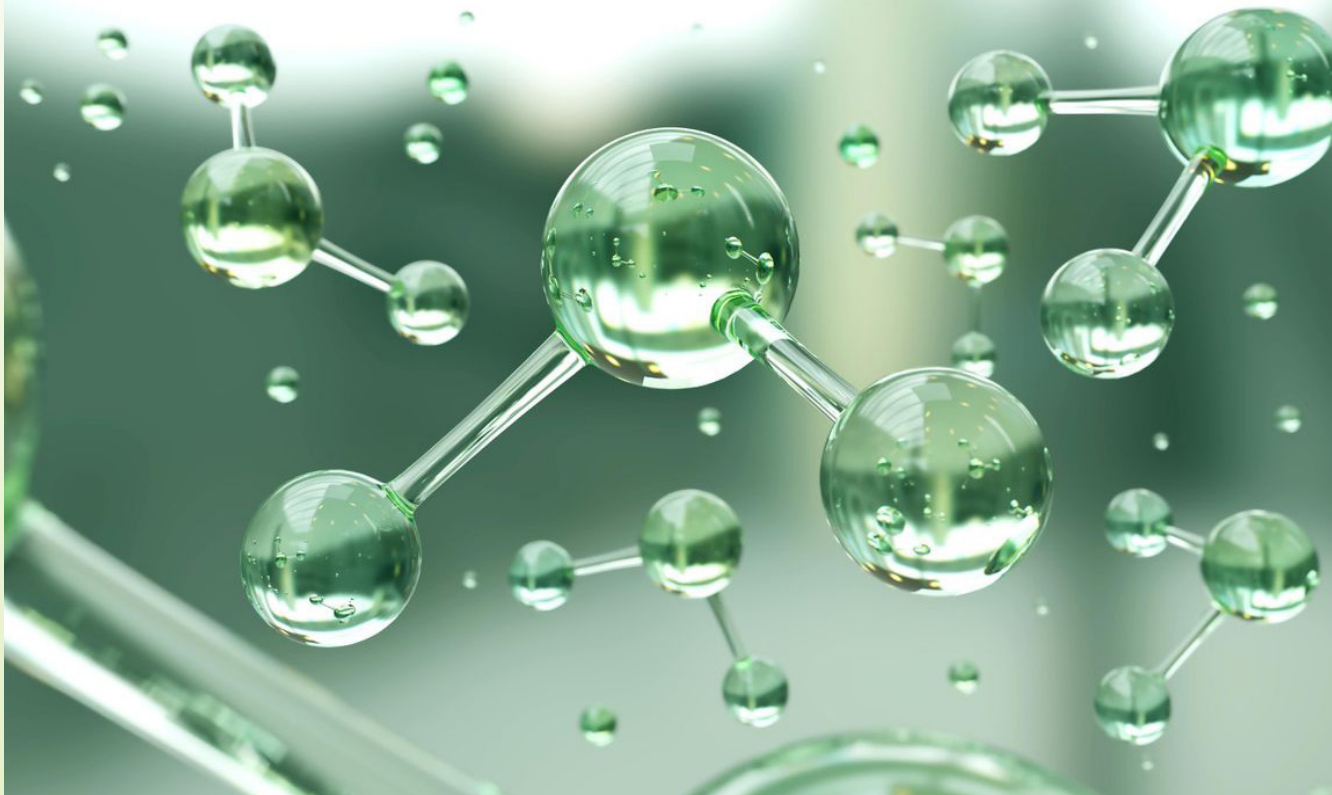
Des sources d'énergies propres en volume suffisant sur le plan local et global sont essentielles pour permettre la décarbonation de l'aviation. Les carburants alternatifs durables (ou SAF) représentent une source majeure de réduction des émissions de carbone de l'aviation d'aujourd'hui et de demain.

Heureusement, les initiatives et les utilisations se sont multipliées ces dernières années. Toutefois, ces nouveaux carburants représentent toujours des applications de niche sur le plan des volumes utilisés et des défis majeurs doivent être surmontés afin d'assurer leur production et leur distribution à grande échelle sur le plan national et mondial.

Ces défis comprennent, notamment, l'augmentation de la production, la compétitivité des coûts et la continuité des flux dans la chaîne d'approvisionnement.

Au-delà des technologies de propulsion et des sources d'énergie à maîtriser pour des applications en aviation (SAF, hydrogène, batteries, etc.), divers mécanismes et incitatifs (réglementaires, fiscaux, etc.) devront être établis pour assurer des investissements immédiats et pour permettre une viabilité de l'offre et de la demande dans le temps. Ces facteurs peuvent représenter des freins à l'innovation et ils doivent être examinés avec soin dans les plans de développement des entreprises et des gouvernements.





Développement d'infrastructures pour l'approvisionnement de sources d'énergie propre

Un nombre croissant d'intervenants de l'aviation partagent leurs visions, leurs objectifs et leurs feuilles de route pour façonner un avenir sans carbone et lutter contre les changements climatiques.

L'un des moyens innovants proposés est la propulsion à hydrogène. Comme pour d'autres concepts révolutionnaires, les avions à hydrogène présentent de nombreux défis; de la conception des appareils à leur exploitation sûre au sein du réseau mondial de l'aviation.

Au-delà de l'ingénierie d'un nouveau concept d'appareil, il est impératif d'assurer à la fois la disponibilité et la pérennité de l'hydrogène utilisé pour propulser les nouvelles plateformes, tant les avions, les hélicoptères, que les autres types. Ceci représente des défis majeurs à relever compte tenu des systèmes critiques requis, des niveaux actuels de production d'hydrogène vert dans le monde et de l'intérêt croissant de l'ensemble du secteur des transports pour cette source d'énergie.

Aussi, le développement d'infrastructures adaptées, en lien étroit avec les aéroports et la demande, est essentiel pour l'approvisionnement en carburants alternatifs, dont l'hydrogène vert. Ces infrastructures doivent garantir des niveaux de sécurité similaires à ceux des carburants actuellement utilisés en aviation.

Pour amorcer une réelle transition aéronautique résiliente et durable, un réseau mondial d'infrastructures est crucial afin de permettre l'approvisionnement de nouveaux carburants dans le plus grand nombre d'aéroports. Enfin, il est nécessaire d'établir des mécanismes coordonnés d'appuis et de régulation afin d'éviter de potentielles distorsions dans le marché qui pourraient freiner l'essor des technologies vertes.

Défis et pistes d'actions

Pour concrétiser l'aérospatiale durable, l'industrie est invitée à accélérer le développement scientifique et la démonstration de technologies intégrées (nouvelles configurations, systèmes de propulsion, d'énergie, de navigation, d'opérations, etc.) vers une décarbonation profonde, tout en assurant la sûreté et la sécurité.

Les acteurs de l'écosystème sont invités à se mobiliser avec le CRIAQ autour d'une vision commune :

En partenariat avec l'industrie :

- Accentuer des collaborations étroites entre les gouvernements et les établissements de recherche.
- Accélérer la recherche et l'innovation inspirant une éco-conception avancée.
- Favoriser la formation de partenariats avec des experts scientifiques et des fournisseurs de technologies non-aéronautiques.
- Développer de nouvelles voies de carburants verts et accentuer l'utilisation de ceux existants.

En synergie avec le milieu de la recherche :

- S'assurer que les programmes de formation et de recherche prennent en considération les exigences futures en environnement.
- Supporter un écosystème stimulant une pensée visionnaire et holistique pour les étudiant-e-s et chercheurs-ses (science et technologie, ingénierie, gestion, économie, social, etc.)
- Intégrer de manière continue la notion de durabilité dans tous les programmes d'études liés à l'aérospatial et l'aviation.
- Fournir des programmes robustes de développement de talents, de compétences, et d'exploration favorisant l'essor de nouvelles start-up.

En collaboration avec les gouvernements :

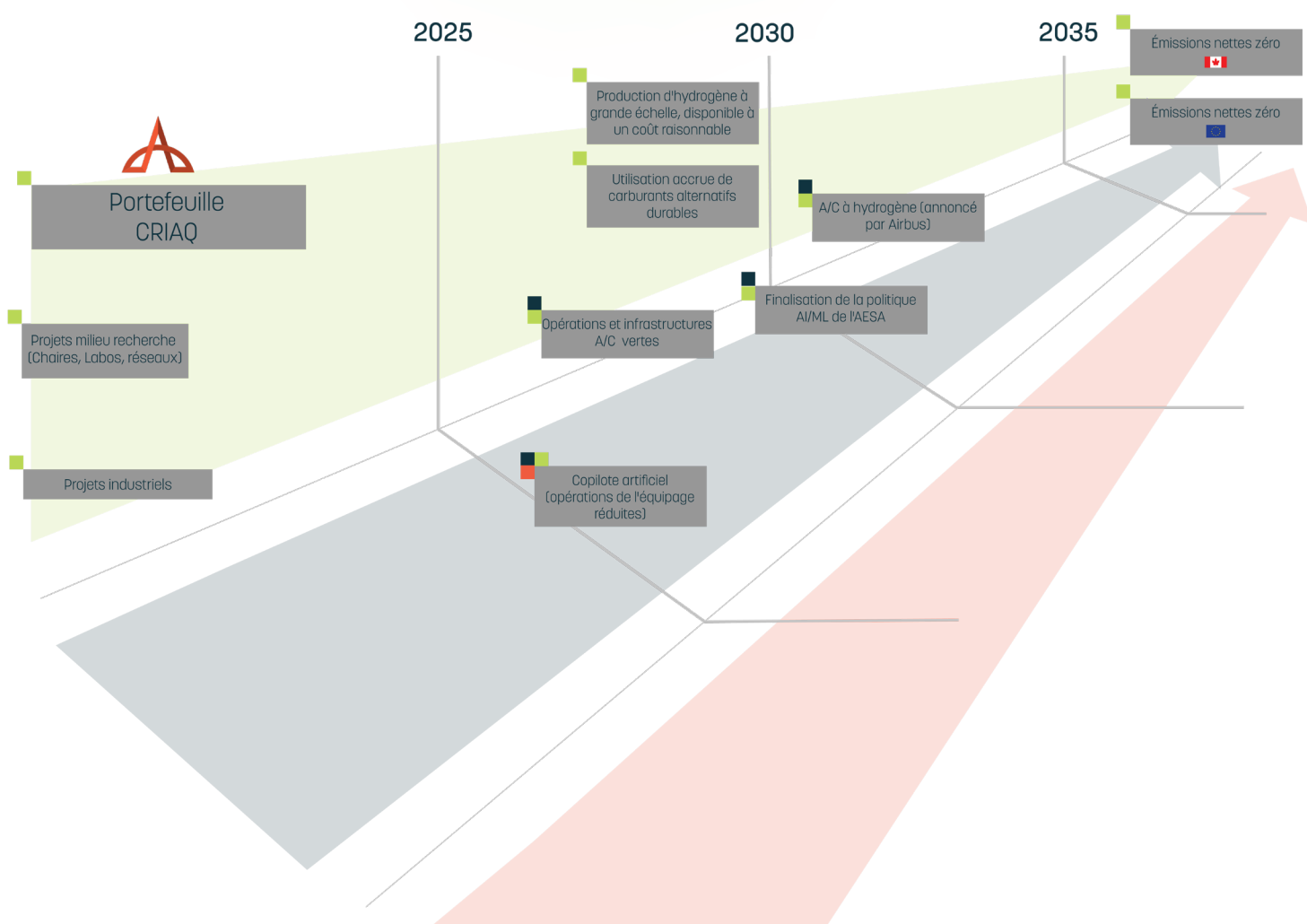
- Continuer à déployer des mesures de financement de programmes de recherche et soutenir des projets de transformation.
- Aligner les diverses stratégies sectorielles de manière à répondre aux besoins de l'industrie pour accélérer la transition vers une aérospatiale durable.

En soutenant des programmes et des projets ciblés sur les trajectoires de la Feuille de Route 2035, le CRIAQ souhaite catalyser le changement et aider l'industrie à atteindre ses objectifs de durabilité.

Pôles technologiques aérospatiale durable

Pôles	Sous-pôles	Thèmes / sujets (Exemples)
Opérations	Opérations des aéronefs	Utilisation de l'IA pour optimiser les trajectoires (itinéraires "verts") Systèmes d'aéronefs pour les opérations vertes Piles à combustible pour l'alimentation au sol à l'aéroport
	Changement d'infrastructure	Hydrogène dans les aéroports pour le transport terrestre Aspects de sécurité et certifications (hydrogène) Validation et certification basées sur des modèles
	Opérations aéroportuaires	Opérations et réseaux aériens verts optimisés (MRO) Gestion du trafic aérien
Propulsion et énergie	Avions régionaux hybrides électriques	Technologies clés (ex. propulsion distribuée) Technologies habilitantes pour l'intégration des aéronefs Technologies intégrées pour les aéronefs régionaux climatiquement neutres
	Avions à court/moyen rayon d'action ultra-efficaces	Développement et intégration de systèmes propulsifs Carburants durables, avec ou sans additif Nouveaux vecteurs énergétiques, piles à combustible à haute puissance
	Aéronefs à hydrogène	Intégration des aéronefs à hydrogène Système de propulsion à l'hydrogène
Fabrication et chaîne d'approvisionnement	Fabrication	Technologies de fabrication plus écologiques Jumeaux numériques multidisciplinaires (cycle de vie complet) Capteurs embarqués, plateformes de communication
	Écosystème de l'aviation	Hydrogène pour la production écologique de métaux et d'acier (remplace les combustibles fossiles dans les processus industriels à forte intensité de carbone). Réduire l'impact des GES sur le cycle de vie des matériaux des aéronefs Impact de l'aviation sur le climat hors CO2
	Chaîne d'approvisionnement	Technologies vertes du cycle de vie
Conception et intégration	Cellule d'avion	Technologies pour la cellule, la cabine Configurations d'aéronefs modulaires réduisant l'impact environnemental et l'empreinte sonore au décollage et à l'atterrissage
	Nouvelles configurations d'aéronefs	Développer des technologies pour une meilleure qualité de l'air local (LAQ), des modèles pour des mesures très précises. Intégration de la plateforme
	Expérience utilisateur	Technologies pour l'écosystème (santé, cybersécurité)

Ligne de temps aérospatiale durable



Légende

- Aérospatiale durable
- Mobilité du futur
- Systèmes d'aviation numériques

VECTEUR 2. MOBILITÉ AÉRIENNE DU FUTUR



Inventer l'aviation de demain représente une occasion unique pour adopter des solutions « vertes » et penser différemment la mobilité aérienne du futur. La mobilité aérienne urbaine et interurbaine qui se dessine offre de nouvelles pistes de développement en matière de transport pour des décideurs et des intervenants qui sauront bien les exploiter.

C'est l'occasion de concevoir de nouvelles applications. Par exemple, des prototypes d'aéronefs électriques à décollage et atterrissage verticaux (e-VTOL) sont en cours de développement et d'expérimentation. Cependant, des défis tels que les infrastructures au sol, la connectivité, les coûts, la cyber sécurité ou l'autonomie, sont encore à surmonter avant leur intégration dans l'espace aérien.

Il est capital d'exploiter les forces technologiques du Québec, notamment l'intelligence artificielle (IA), les technologies numériques, le savoir-faire du domaine électrique, notamment, pour profiter de la convergence de la technologie et répondre aux besoins de la société en matière de mobilité aérienne du futur.

Avec des projets de recherche et d'innovation de taille et de maturité technologique variables, le CRIAQ vise à accélérer le développement et la démonstration de technologies pour concrétiser l'émergence des solutions avancées liées aux décollages et atterrissages verticaux afin de les rendre plus sûrs et plus silencieux.

En plus de ceux actuellement planifiés, des appels à projets seront lancés pour répondre à la demande croissante de connaissances sur la façon de concevoir, de construire et de piloter ces types de véhicules dans un système de transport plus intégré. Un portefeuille de projets est croissant sur ce vecteur et le CRIAQ souhaite développer plus de projets structurants avec l'industrie afin que d'ici quelques années, des démonstrations soient en cours.



Les projets supportant ce vecteur de changement doivent permettre aux nouvelles idées et aux modèles d'affaires qui sont apparus au cours des dernières années en aviation, comme les taxis volants et les drones à usages multiples, d'être démontrés avant de se matérialiser (gestion et intégration dans l'espace aérien, certification de l'autonomie, etc.).

Il sera essentiel de soutenir des projets pour concevoir et tester avec robustesse et explicabilité de nouvelles capacités de navigation et des systèmes qui pourront prédire ou détecter avec précision les risques liés à la sécurité de façon à les prévenir avant qu'ils ne surviennent.

Le CRIAQ vise ainsi à aider des équipes de recherche à développer des systèmes répondant à une demande toujours croissante d'automatisation et d'autonomie fiable pour gérer en toute sécurité des situations complexes (intelligence artificielle, systèmes embarqués, etc.). Cela nécessitera d'exploiter pleinement les environnements synthétiques et virtuels pour modéliser les différents composants du système aérien du futur.

Par conséquent, les activités de recherche et d'innovation associées à ce vecteur nécessiteront d'intensifier des actions ciblées pour rapprocher l'écosystème aérospatial avec les communautés des domaines du numérique, de l'intelligence artificielle, du spatial, de l'électrique et de la cybersécurité.

Déjà bien engagé sur cette voie, le CRIAQ entend accentuer des actions en lien avec des objectifs de l'industrie.

En mode collaboratif, tous les intervenants du secteur de l'aéronautique sont appelés à contribuer à l'avancée et la réalisation de la mobilité aérienne du futur. Ensemble et avec plusieurs autres secteurs, nous définissons le futur.

En outre, il sera stratégique d'avoir des projets soutenant des transformations que doivent opérer les autorités réglementaires. Le CRIAQ croit nécessaire de supporter des collaborations accrues entre les fabricants, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), International Air Transport Association (IATA) et Transport Canada pour notre pays, pour moderniser la gestion de l'espace aérien, améliorer constamment la sécurité et soutenir des opérations fiables et prévisibles.

Nouvelles plateformes, produits et solutions

L'émergence de taxis-volants, de véhicules aériens sans pilote et autres plates-formes de mobilité, est une avancée technologique révolutionnaire ayant un impact mondial. Les leaders de l'aérospatial et les nouveaux entrants compétitionnent sur le développement de plates-formes, de produits et de solutions pour répondre à une nouvelle demande de mobilité aérienne mieux intégrée avec les différentes composantes du système de transport actuel.

Cette demande, encore à se concrétiser, offre néanmoins des opportunités commerciales prometteuses pour les fournisseurs et les prestataires de produits et services.

Toutefois, celles-ci reposent en partie sur des innovations de type « architectural » et « radical » souvent appelées aussi de « rupture », ainsi qu'une adaptation des pratiques actuelles d'innovation, d'industrialisation (ex.: rythme de production accru par automatisation, robotisation) et d'opérations.

Il est donc nécessaire de pousser des projets phares de R-D impliquant l'industrie, les universités, les autorités, les opérateurs et les villes, afin d'aider à l'évolution de la gestion de l'espace aérien et des territoires (milieux urbains et suburbains, vertiports, corridors dédiés, etc.).

De plus, lorsque l'on pense à l'avenir de la mobilité, en particulier à l'avenir de la mobilité aérienne, on peut imaginer l'interopérabilité entre les modes de transport et les services connexes (taxis autonomes, navettes parkings autonomes des aéroports, intermodalité avec les trains, etc.).

Tous ces développements ne seront rendus possibles seulement si l'on comprend parfaitement les principes scientifiques derrière les technologies, et comment celles-ci supporteront désormais des opérations mixtes, fiables, sécuritaires, tout en répondant aux nouveaux besoins de mobilité et aux nouveaux modèles d'affaires.



Interactions avec les autres vecteurs

Les travaux sur ces applications futures devront également explorer des interactions avec des nouvelles technologies financières tel que le blockchain, les enchères autonomes, ainsi qu'une nouvelle façon de déterminer la valeur attribuée à un voyage (par exemple : urgences sanitaires ou voyages de loisirs).

Le prix pour un billet de transport sera-t-il déterminé dans le futur en fonction de son empreinte écologique, par des récompenses automatiques, des protocoles de réservation, la qualité du service jugée par les avis ?

Par exemple, le champ de la tarification optimale basée sur l'expérience passager va nécessiter le développement d'applications qui devront possiblement faire l'objet de coopérations accrues entre fabricants d'appareils, opérateurs et autres groupes technologiques, commerciaux, réglementaires ou financiers.

On peut imaginer divers types d'applications, dont certains déjà en expérimentation et/ou en démonstration en mobilité aérienne du futur, tel que :

— Achats en ligne avec livraison rapide des articles par drones

— Taxis aériens « le voyage est la destination » (offres de possibilités de divertissement, d'immersion ou de jeu tout en voyageant)

— Bureau mobile à l'intérieur d'un taxi aérien

— Et bien d'autres





Les futurs investissements en R-D devront favoriser la création de nouvelles collaborations audacieuses entre différents spécialistes de l'aérospatial pour évoluer en phase avec des développeurs d'autres domaines d'applications ainsi que des planificateurs et opérateurs publics.

L'évolution de la mobilité aérienne nécessite une approche systémique en redesign thinking. De nombreux nouveaux intervenants devront être impliqués. La mobilité aérienne du futur est peut-être moins un problème d'optimisation incrémentale d'utilisation des ressources et des expertises disponibles, qu'un défi de refonte du système et de l'espace aérien en lui-même, permettant une intégration progressive et sûre des nouvelles technologies sur le marché.

Des programmes de recherche aux niveaux provincial, national et international ainsi qu'une coopération entre l'industrie, le gouvernement, le milieu de la recherche, les villes et les agences de transport seront des catalyseurs clés pour faire progresser la vision et les applications de mobilité aérienne du futur.

Spécifiquement, des programmes et des projets de recherche et de développement ciblés seront essentiels pour faire progresser la technologie et les plates-formes, depuis les étapes d'exploration en laboratoire jusqu'aux derniers stades de certification.

Avec des initiatives dédiées, le CRIAQ souhaite aider l'industrie à atteindre des jalons clés de maîtrise technologique menant à des objectifs commerciaux tangibles créateurs de bénéfices pour la société.

Le CRIAQ contribue déjà au développement des technologies et des compétences clés et compte mobiliser les intervenants de tout le secteur ainsi qu'élargir son réseau en engageant de nouveaux investisseurs et partenaires dans ce vecteur de la mobilité aérienne du futur.

Défis et pistes d'actions

L'essor de nouveaux produits et services de mobilité aérienne entraîne plusieurs défis qui devront être relevés.

La Feuille de Route 2035 représente une vision du CRIAQ pour stimuler des collaborations de recherche et d'innovation pour concrétiser des solutions en lien avec les considérations suivantes :

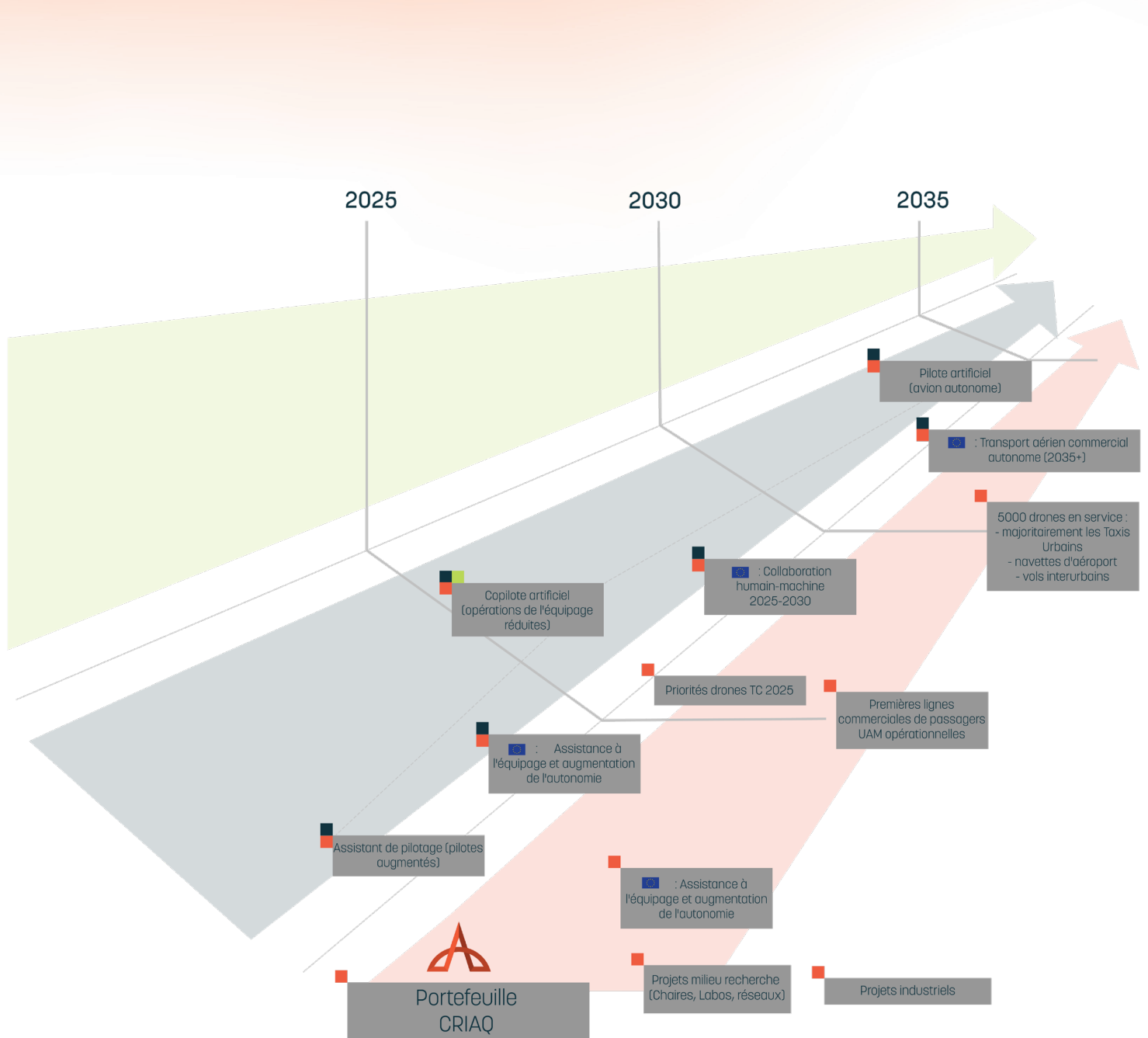
- Acceptabilité sociale
- Gestion du bruit
- Priorité des services dans l'espace aérien
- Mécanismes de coordination intermodale (rail, route, air, etc.)
- Sécurité physique et cyber sécurité
- Évolution de l'espace aérien : Gestion de la capacité du trafic aérien en lien avec la demande et l'offre, des couloirs-missions pour drones, etc.
- Nouveaux services centrés sur le client
- Nouveaux modèles économiques et de production



Pôles technologiques mobilité aérienne du futur

Pôles	Sous-pôles	Thèmes / sujets (Exemples)
Transport de passagers	Multimodalité	Plateformes de réservation pour tous les modes de transport Interopérabilité (voir aussi bagages voyageant séparément)
	Expérience utilisateur	Transport aérien personnalisé et personnel (ex taxis volants urbains) Achat d'une expérience de voyage au lieu d'un billet (différence de prix) Nouvelles options de voyage basées sur la situation personnelle (ex. : passagers à mobilité réduite)
	Nouveaux types d'aéronefs	Taxis urbains Navettes d'aéroport Vols interurbains
Cargo / autres transports	Livraisons et services par drone	Livraisons par drone à propulsion électrique (ex. : bagages de passagers) Support aux chaînes d'approvisionnement industrielle Inspections des infrastructures assistées par des drones
	Recherche et sauvetage, missions humanitaires	Drones et satellites pour missions de sauvetage, observation terrestre et préventions/interventions humanitaires et médicales
Opérations de vol	Gestion du trafic aérien	Systèmes autonomes Certifications des drones Systèmes de positionnement et de coordination de système autonomes
	Stations au sol	Chargement, stockage dans les nouvelles stations d'atterrissage urbaines Gestion de constellations
Infrastructures physiques	Vertiports, hubs, nœuds	Stations d'atterrissage pour la connexion aux aéroports Nouveaux réseaux et infrastructures
	Nouvelles installations MRO	Travaux de maintenance et d'entretien à la demande et à intervalles réguliers.
	Expérience usager	Systèmes de communication, cyber sécurité
Infrastructures numériques	Réseau	Réseau numérique renforcé, bandes, 5G/6G Communications Latence Zéro
	Systèmes de gestion du trafic aérien	Gestion du trafic aérien, couloirs et vols dynamiques et optimisés Interopérabilité (multi-orbites, multifréquences, multi-services)
	Systèmes BVLOS	Centres de contrôle et de pilotage de drones

Ligne de temps mobilité aérienne du futur



Légende

- Aérospatiale durable
- Mobilité du futur
- Systèmes d'aviation numériques

VECTEUR 3. SYSTÈMES D'AVIATION NUMÉRIQUES

L'aviation accélère son passage au numérique et cela devient un moteur de transformation et d'évolution profonde pour notre écosystème. Plusieurs segments d'activité actuels et nouveaux offrent aux entreprises d'importantes opportunités d'innovation grâce aux solutions numériques : dans les domaines de la conception, de la fabrication, des services logistiques, des activités d'entretien d'appareils, des drones, du traitement de données en temps réel, des aéroports, des solutions immersives en 3D, de la localisation géospatiale, de l'intermodalité, des services de formation, etc.



Traditionnellement, le secteur pouvait être décrit de façon simplifiée de la façon suivante : un sous-secteur composé des fabricants de composants et d'appareils - l'aérospatial - et un sous-secteur composé des opérateurs aéroportuaires et des compagnies aériennes - l'aviation civile. Bien que des portions de toutes ces activités demeureront relativement séparées et sans lien en temps réel, les deux sous-secteurs évoluent inexorablement vers une intégration numérique de plus en plus marquée.

Avec l'émergence, notamment, d'applications numériques basées sur l'intelligence artificielle (IA), des réseaux de communication toujours plus rapides, ces mondes autrefois séparés évoluent en de complexes systèmes d'aviation numériques intégrés.



Les entreprises qui seront en mesure de mettre en place une telle continuité numérique basée sur des données massives de qualité et des moyens puissants de les exploiter, pourront véritablement innover en aérospatial et en aviation et demeurer à l'avant-garde dans les chaînes d'approvisionnement.

Le CRIAQ propose de consacrer des ressources particulières pour organiser des activités de développement technologique ciblées soutenant les créneaux actuels et nouveaux dans la chaîne de valeur de systèmes d'aviation numériques.

Avec des projets de recherche et d'innovation de taille et de maturité technologique variables, dont certains structurants, le CRIAQ vise à poursuivre son action pour accélérer le développement et la démonstration de technologies et d'applications numériques à valeur ajoutée pour l'aviation et la société.

Tant les intervenants de l'écosystème aérospatial que ses contreparties du secteur des technologies numériques sont des parties prenantes de l'aviation numérique.

De la simulation en phase de conception préliminaire pour l'ingénieur, en passant par l'immersion virtuelle dans la tâche d'un technicien d'entretien, au gestionnaire de l'approvisionnement de flottes, dans l'avenir, ces mondes seront davantage unis par cette continuité de données créatrice de valeur.

Ainsi, la compréhension profonde des données dans une perspective de ce que nous appelons la continuité numérique, favorise la création et l'intégration de multiples systèmes d'aviation numériques qui vont ainsi co-évoluer et s'alimenter mutuellement avec le temps.

Des transformations profondes

Les technologies numériques, l'industrie 4.0 et l'intelligence artificielle commencent à transformer significativement la façon dont le monde fonctionne et le rythme du déploiement numérique s'accélère dans l'aviation et l'aérospatiale. La crise sanitaire liée à la COVID-19 a accéléré l'adoption de solutions et de technologies numériques, dont celle de la traçabilité sanitaire, et quelques impacts sont susceptibles d'être permanents.

De plus en plus d'entreprises s'orientent vers des solutions pour répondre aux questions telles que : comment repenser l'expérience des services de mobilité aérienne grâce au numérique? Quelles seront les répercussions à long terme de cette transformation numérique dans l'aviation? Quels types de vulnérabilités pourraient en découler en raison des multiples interfaces numériques? Quelles recherches sont nécessaires d'être entreprises pour garantir la robustesse et la fiabilité des systèmes?

Les compagnies aériennes et les fabricants sont aujourd'hui plus ouverts à partager des idées et explorer de nouvelles solutions. La pandémie est à cet égard un puissant catalyseur de changement. Les compagnies innovent davantage aujourd'hui pour améliorer leurs offres et valoriser véritablement l'expérience passager.

Par exemple, l'utilisation élargie de la biométrie accélère notamment la transformation. D'autres créneaux d'applications, comme la réalité augmentée et la réalité virtuelle, offrent également des potentiels importants d'amélioration de processus et de services.



Le rôle de l'intelligence artificielle

Dans un monde orienté sur l'exploitation des données massives et des environnements synthétiques, soutenus par des développements majeurs dans la puissance de calcul et l'utilisation d'algorithmes avancés, l'intelligence artificielle jouera un rôle majeur dans l'aérospatial et l'aviation, en stimulant la compétitivité et la productivité, et en offrant, si elle est correctement déployée, d'énormes avantages économiques et sociétaux.

Dans la course mondiale pour obtenir un avantage crucial en matière d'innovation, l'aviation et l'aérospatial doivent suivre le rythme des autres acteurs sur la voie du développement numérique. Dans ce contexte évolutif, les autorités de l'aviation doivent garantir que le numérique, les développements de l'intelligence artificielle au premier chef, soit sûr, sécurisé, centré sur l'humain, éthique et digne de confiance.



Défis et pistes

Pour relever les nombreux défis, l'industrie est invitée à accélérer l'apprentissage, l'expérimentation et l'intégration des technologies numériques.

Le CRIAQ vise à travailler étroitement avec ses membres et partenaires pour déployer la Feuille de Route 2035, notamment en poursuivant les pistes suivantes :

- Connecter davantage de joueurs du numérique, de l'aérospatial et de l'aviation pour explorer rigoureusement les méthodes, les approches et les technologies de fusion de données, d'apprentissage machine, d'environnement synthétique, de simulation, de technologies mobiles, de biométrie, etc.
- Favoriser la création de nouveaux partenariats pour accélérer le développement d'une gamme étendue de technologies et de solutions numériques sur l'ensemble de la chaîne de valeur en aérospatial et en aviation.
- Mettre en œuvre des projets basés sur une vision holistique du système numérique complet liant intimement : fabricants d'aéronefs - compagnies aériennes - aéroports - territoires - opérateurs de services de navigation et de télécom, pour réaliser une mobilité plus résiliente et durable.
- Contribuer à repenser la mobilité aérienne soutenue par des systèmes d'aviation numériques : la gestion de l'espace aérien, les hubs, les taxis aériens, la combinaison des offres, des capacités, des modes de transport, de l'expérience-client, de la prévision de la demande, d'une connectivité accrue, de l'identité numérique, etc.
- Soutenir le développement de systèmes d'aviation numériques et de nouveaux modèles d'affaires.
- Cultiver un nouvel état d'esprit au sein de l'industrie en matière de partage et d'exploitation de données.



Tous ces défis, ces opportunités et ces applications ont en commun la quête d'une nouvelle création de valeur par l'exploitation des données.

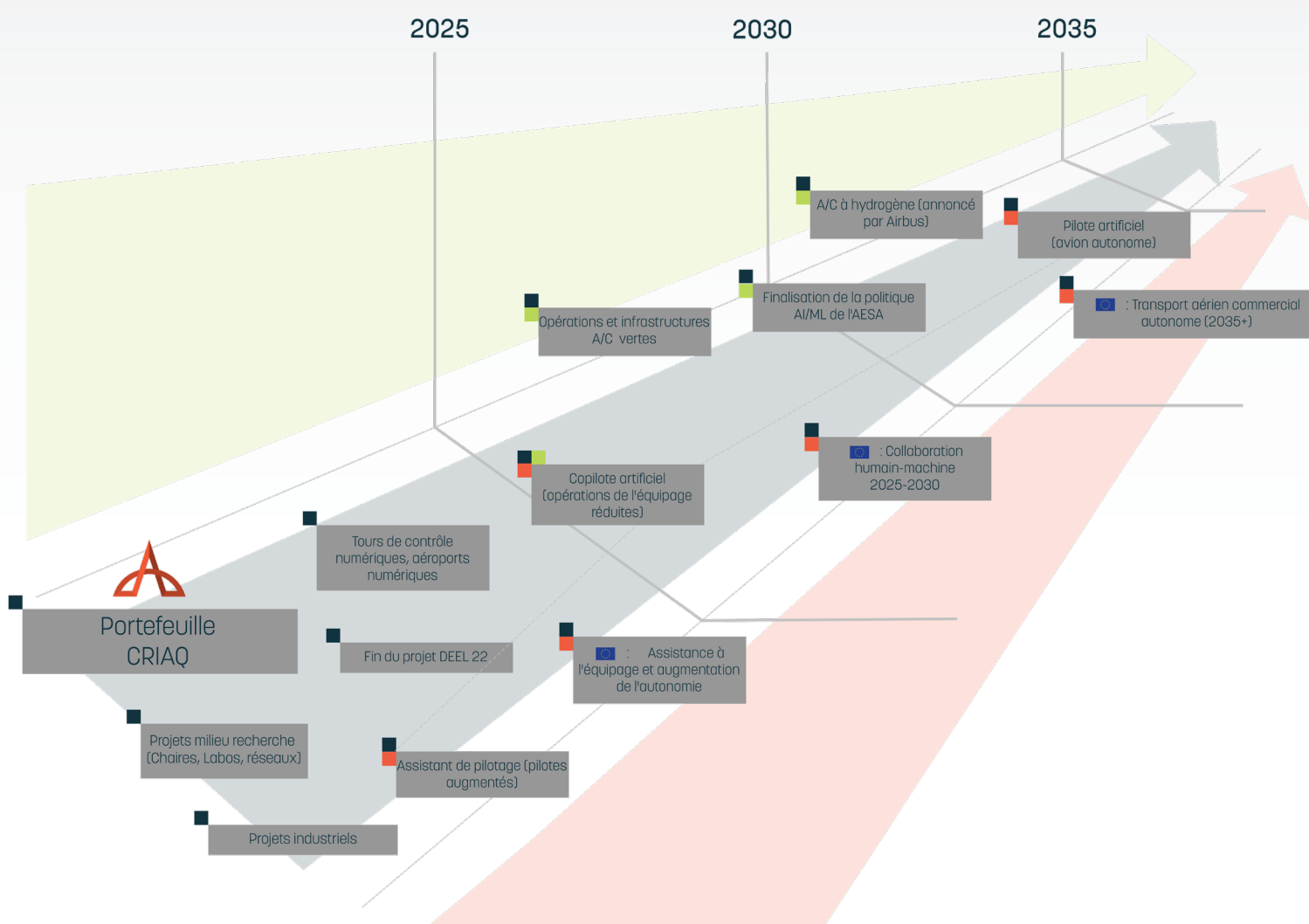
La transformation numérique de l'environnement de fabrication aérospatial et d'opérations de l'aviation en de complexes systèmes d'aviation numériques plus intégrés, appelle de nouveaux partenariats entraînants, par le fait même, des projets de nature totalement différente.

Entièrement dédié à soutenir cette évolution, la vision du CRIAQ est d'agir comme une entité fiable aidant à tirer parti des diverses sources de données de l'industrie et des méthodes du milieu de la recherche, dans le but de favoriser l'échange et une collaboration intensifiée pour le développement de solutions d'aviation numériques de pointe.

Pôles technologiques systèmes d'aviation numériques

Pôles	Sous-pôles	Thèmes / sujets
Collaboration homme-machine	Opérations aériennes	Inspection de la qualité assistée par réalité augmentée et réalité virtuelle Trajectoires optimisées grâce à l'IA Amélioration de la sécurité en vol grâce à l'assistance du pilote par l'IA
	Opérations au sol	Tour de contrôle et pilotage numérique
Plateformes de partage de données et de collaboration	Partage de données	Lacs de données Capteurs / plateformes de communication embarqués et sur site (lien satellite/drone/avion - segment sol) Infrastructures d'infos nuagiques et de données massives
	Crowdsourcing et données ouvertes	Base de données commune et infrastructure d'IA
	Plateformes	Réseau collaboratif numérique et virtuel Plateformes de démonstration et de certification
Cycle de vie des produits	Production	Jumeaux numériques multidisciplinaires couvrant l'ensemble du cycle de vie de l'aéronef Analyse prédictive (chaîne d'approvisionnement, MRO)
	Services	Nouveaux produits et services dotés d'IA ayant un impact sur la productivité, l'efficacité, l'automatisation et les coûts.
	Développement	Aéronef numérique : conception et fabrication - opérations et recyclage Accélération du processus de développement de l'aéronef (produit)
Sécurité et simulation	Simulation	Avion de démonstration numérique-physique à l'échelle pour l'éducation et la R-D Jumeaux numériques, usine numérique
	Cybersécurité, résilience	Technologies, modèles de résilience des systèmes aéronautiques (conditions climatiques extrêmes, cyberattaques) Aéronefs connectés de gestion des trajectoires de vol et la sécurité
	Nouvelle certification	Certification de l'IA pour l'aviation, nouvelles méthodes, outils et processus de certification numériques. Technologies et méthodologies pour la validation et la certification basées sur des modèles.

Ligne de temps systèmes d'aviation numériques



Légende

- Aérospatiale durable
- Mobilité du futur
- Systèmes d'aviation numériques

MOBILISER - DÉPLOYER - PRODUIRE DES IMPACTS

Ces changements et ces transitions technologiques ne peuvent se réaliser sans une mobilisation concrète et globale de tous les intervenants de l'écosystème aérospatial québécois, canadien et international. Plus que jamais, les défis qui se présentent requièrent l'engagement tant de notre secteur que des multiples autres milieux identifiés dans cette feuille de route.

Le CRIAQ lance un appel à tous pour faire vivre et évoluer ce qui est présenté dans ce document. Ne se voulant ni exhaustive ou limitative, la Feuille de Route 2035 est proposée comme une source commune pour tous les participants scientifiques, académiques, économiques, gouvernementaux et industriels pour participer et contribuer à la mobilité aérienne résiliente et durable.

Pour y arriver, le CRIAQ s'engage.

Programmes, projets et initiatives clés

Le portefeuille actuel du CRIAQ comprends déjà de nombreux projets soutenant la présente Feuille de route.

Pour soutenir les transitions, nous comptons, de concert avec le milieu, mettre en œuvre des initiatives orientées sur des idées audacieuses, fortes et visionnaires pour faire avancer la science et les technologies.

Ces initiatives seront mises de l'avant en optimisant leurs liens avec d'autres démarches dans le secteur, ainsi que celles de partenaires, les impacts anticipés sur les objectifs du secteur, et enfin, avec l'implication de partenaires clés du Québec, du Canada et de l'international.

Parmi les possibilités, mentionnons quelques-unes des initiatives pouvant être mises de l'avant pour soutenir la mise en œuvre de la Feuille de Route 2035 du CRIAQ :

- Soutien au développement de projets industriels phares
- Arrimage avec une zone d'innovation aérospatiale au Québec
- Liens avec d'autres zones d'innovation, regroupements et hub
- Stimulation de la relève et développement de compétences
- Soutien à des programmes de recherche à long terme avec les universités
- Accompagnement de PME et de start-up pour accélérer la croissance par une offre technologique alignée
- « Think Tanks » et « Task Forces » sur des technologies de rupture (en lien avec l'énergie, l'hydrogène, l'électrique, le numérique, les télécommunications, etc.)
- Cellules de veille technologique et prospective
- Projets d'exploration de scénarios et d'idéation
- Projets ciblés en matière de défense et du secteur spatial

La recherche et l'innovation - un acte collectif et social

Pour exécuter la Feuille de Route 2035, le CRIAQ entend se mobiliser de manière accrue avec tous les acteurs de l'aviation et du secteur aérospatial. Il continuera à stimuler la collaboration en supportant des partenariats audacieux avec l'industrie, le milieu de la recherche et les gouvernements afin d'accélérer les changements et concrétiser les innovations porteuses de transitions.

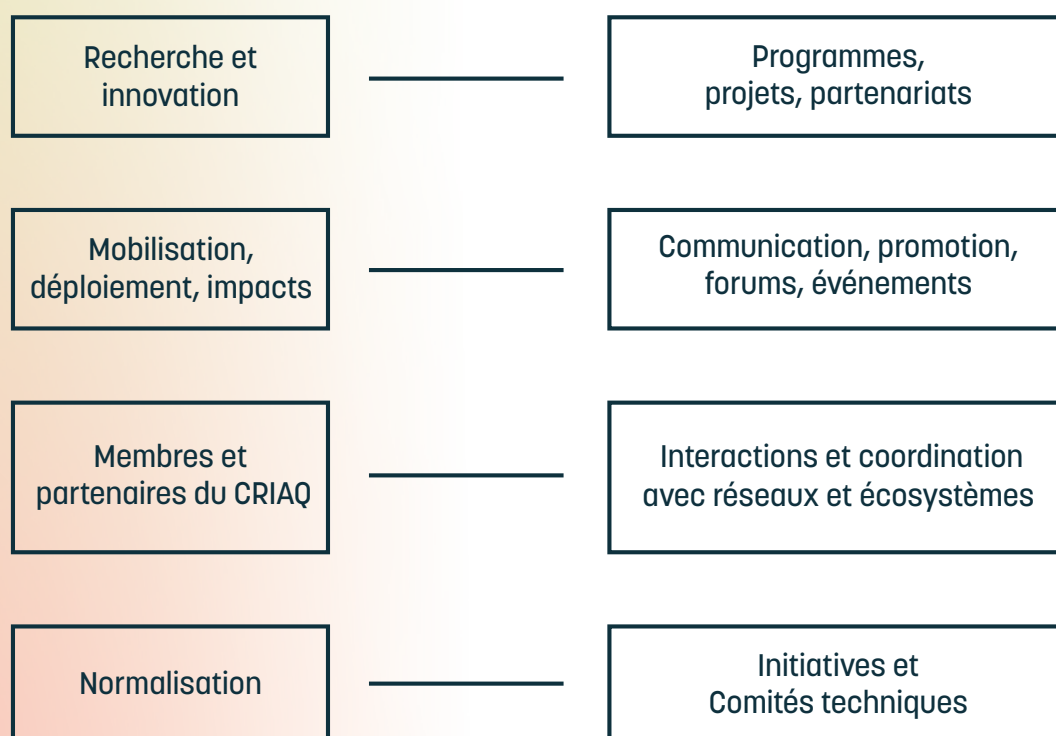
Le Consortium vise contribuer à faire émerger des technologies novatrices, à soutenir le développement de talents, l'avancement scientifique et technique, et guider la mise à jour de standards et la réglementation.

Il va sans dire que des interactions stratégiques avec les gouvernements et l'industrie, ainsi que la coordination de l'écosystème, sont au cœur du déploiement afin de créer des bénéfices pour le secteur aérospatial et l'ensemble de la société.

Le CRIAQ est résolument motivé à renforcer les coopérations avec une multitude de partenaires au Québec, au Canada et à l'international.

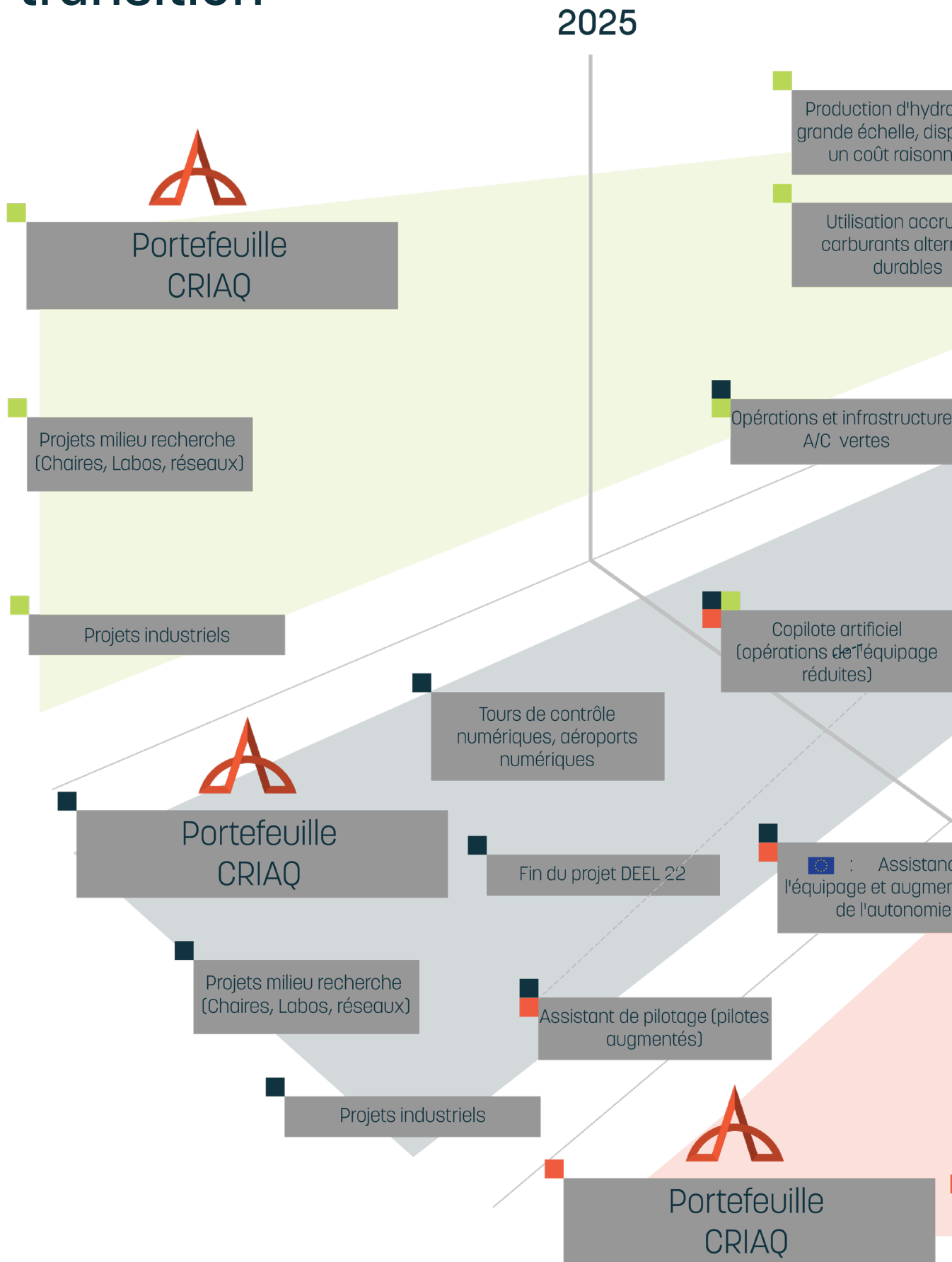
L'innovation est le résultat du choc des idées, de la rencontre d'individus, de leurs interactions et d'une ouverture d'esprit continue. Fort de 20 ans de relations étroites avec de vastes réseaux de gens œuvrant dans les secteurs de l'aérospatial et connexes, le CRIAQ poursuit son engagement technologique, industriel et social pour catalyser le meilleur de l'humain pour l'humain.

Exécution de la Feuille de Route



Ligne de temps des 3 grands vecteurs de changement et de transition

LIGNE DE TEMPS DES 3 GRANDS VECTEURS DE CHANGEMENT ET DE TRANSITION



2030

2035

Hydrogène à
disponible à
large

de
alternatifs

S

ce à
tation

Hydrogène à
disponible à
large

de
alternatifs

S

ce à
tation

A/C à hydrogène (annoncé par Airbus)

Finalisation de la politique AI/ML de l'AESA

Collaboration humain-machine 2025-2030

Priorités drones TC 2025

Assistance à l'équipage et augmentation de l'autonomie

Projets milieu recherche (Chaires, Labos, réseaux)

Premières lignes commerciales de passagers UAM opérationnelles

Projets industriels

Pilote artificiel (avion autonome)

Transport aérien commercial autonome (2035+)

5000 drones en service :
- majoritairement les Taxis Urbains
- navettes d'aéroport
- vols interurbains

Émissions nettes zéro

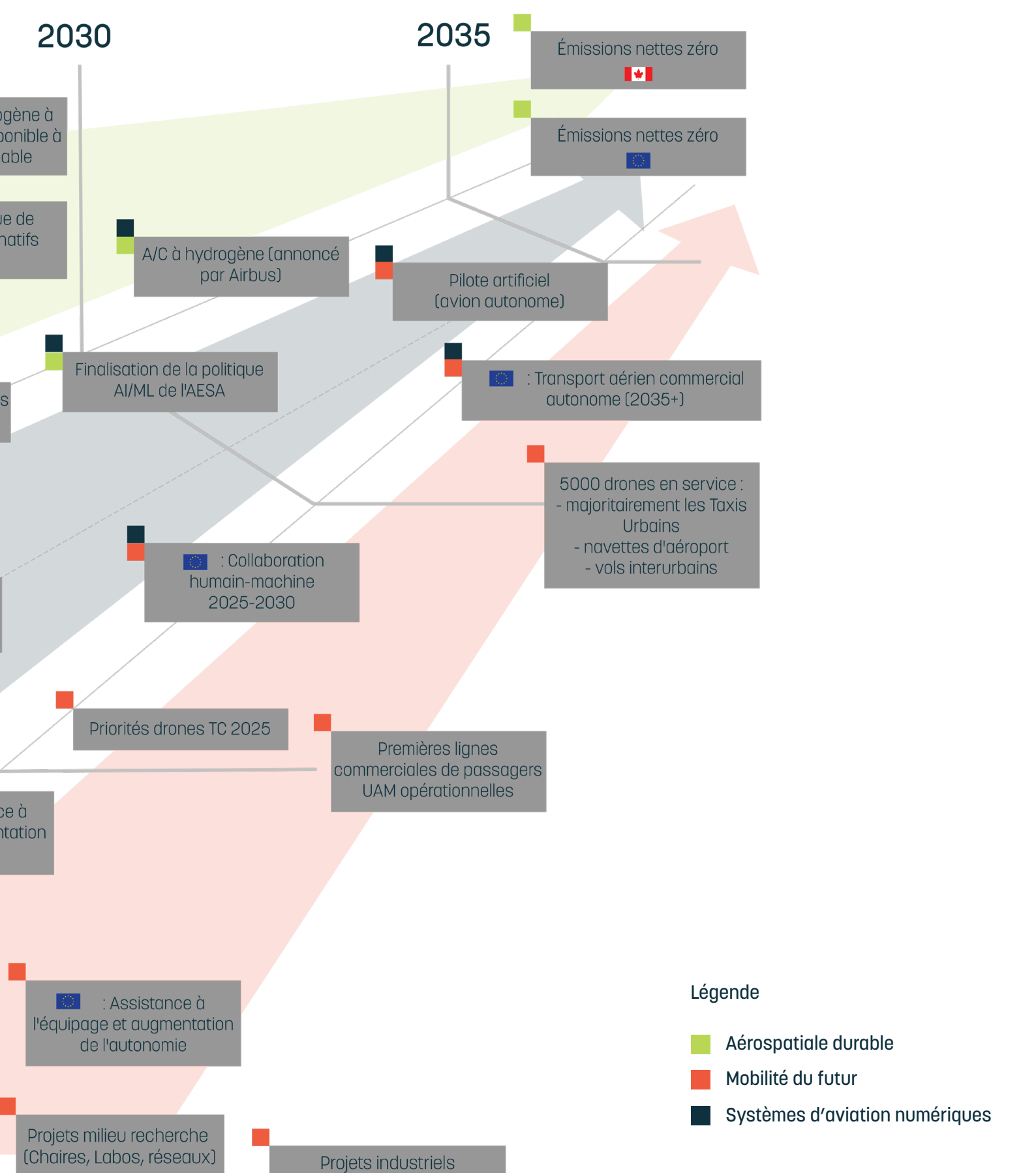
Émissions nettes zéro

Légende

Aérospatiale durable

Mobilité du futur

Systèmes d'aviation numériques



CONCLUSION

Le CRIAQ, depuis 20 ans, est un réseau d'interactions sociales et professionnelles faisant avancer la science, les technologies, et le développement de produits et de services qui assurent la mobilité aérienne sécuritaire des personnes et des biens. C'est un réseau d'échanges et de créativité pour les spécialistes, les étudiants, les professeurs, les entrepreneurs; c'est un véritable écosystème vivant de collaboration pour relever les défis du futur.

Il est permis d'affirmer que la dynamique industrielle et les tendances observées dans le secteur aérospatial et aérien renforcent l'urgence d'agir pour :

- Consentir et aligner les investissements pour stimuler la productivité par la recherche et l'innovation, en mettant de l'avant des moyens favorisant la créativité, la formation, la maturation, la démonstration et la commercialisation des innovations;
- Par des programmes d'appels à projets et initiatives ciblées, de nouveaux partenariats technologiques entre les établissements d'enseignement postsecondaire, les entreprises et de nouveaux intervenants comme les villes et les territoires, lesquels sont essentiels pour la compétitivité et la prospérité du Québec et du Canada;
- Permettre aux entreprises de l'aérospatiale d'adopter et d'adapter les technologies numériques, dont l'intelligence artificielle, par le biais de projets collaboratifs et structurants afin d'augmenter les chances de capturer la pleine valeur de ces technologies émergentes;
- Accélérer la consolidation et la croissance indispensables des PME et des start-up;
- Stimuler l'attraction des investissements pour de nouvelles collaborations de développement technologique et de production entre les grands donneurs d'ordre, le « Tier 1 », dans tous les domaines technologiques identifiés.

En cette ère de rupture technologique, sociétale et de nouveaux modèles d'affaires, notre orientation est de continuellement s'adapter aux besoins d'évolution de l'écosystème et de travailler étroitement avec d'autres écosystèmes innovants.

L'univers de l'aérospatiale et de l'aviation change.

Le CRIAQ est prêt à accélérer les transitions pour une mobilité aérienne résiliente et durable.

C'est ensemble, tous les membres, collaborateurs et joueurs clés de l'écosystème de la mobilité aérienne, en collaboration avec nos pairs des écosystèmes connexes que nous allons relever ces défis avec solidarité, complicité et engagement.

QUELQUES RÉFÉRENCES CONSULTÉES

- « Focus: Urban Air Mobility », The Roland Berger Center for Smart Mobility, November 2020
- « Waypoint 2050 », ATAG, September 2020
- « Aviation Sustainability Unit Think Paper #11 », Eurocontrol, June 2021
- « Strategic Research and Innovation Agenda, final draft », Hydrogen Europe Research, July 2020
- « A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe », European Commission, July 2020
- « Canada's action plan to reduce GHG emissions from Aviation », Government of Canada (TC), 2012
- « The proposed European Partnership for Clean Aviation », SRIA, July 2020
- « Programme de financement de recherche collaborative », INNOV-R (Québec), mai 2020
- « Artificial Intelligence Roadmap, a human-centric approach to AI in aviation », EASA, February 2020
- « Étude sur le potentiel technico-économique du développement de la filière de l'hydrogène au Québec et son potentiel pour la transition énergétique », Polytechnique Montréal, août 2020
- « Flightpath 2050, Europe's vision for Aviation », European Commission, 2011
- « La filière de l'hydrogène: un avantage stratégique pour le Québec », J. Roy, M. Demers, décembre 2019
- « Stratégie canadienne pour l'hydrogène », NRC, décembre 2020
- « Roadmap for EU – Canada S&T cooperation », European Commission, October 2017
- « Sustainable Aviation CO2 Road-Map », Sustainable Aviation, March 2012
- « The SA Noise Road-Map », Sustainable Aviation
- « Horizon Europe », Draft Work programme 2021-2022 (not yet approved)
- « Canadian Aerospace Environmental Technology Roadmap », October 2011
- « Le Québec économique, perspectives et défis de la transformation numérique », CIRANO 2020
- « The FLY AI Report », European Aviation Artificial Intelligence High Level Group, March 2020
- « Strategic Implementation Plan », NASA Aeronautics, 2019

- « Integrated Air Traffic Management », Digital European Sky, 2020
- « Parlons drones: planifier pour réussir », RPAS Task force, mai 2019
- « Canada: opportunities in Canada's unmanned aerial vehicles market », US Department of Commerce, September 2014
- « Agile regulation for the fourth industrial revolution », World Economic Forum, December 2020
- « Architectural or modular innovation? Managing discontinuous product development in response to challenging environmental performance targets », T. Magnusson, C. Berggren, March 2003
- « Explaining the attacker's advantage: technological paradigms, organizational dynamics, and the value network », C. Christensen, R. Rosenbloom, November 1993
- « Tech Trends 2021 », Deloitte Insights, 2020
- « Emerging technology roadmap for large/midsize enterprises », Gartner, 2020
- « Patterns of product development interactions », S. Eppinger, V. Salminen, August 2001
- « Integrated manufacturing technology road mapping project », IMTI, July 2000
- « Reinventing R-D in an open innovation ecosystem », H. Traitler, H. Watzke, I. Saguy, 2011
- « Lead User analyses for the development of new industrial products », G. Urban, E. von Hippel, 1986
- « Managing Radical Innovation: an overview of emergent strategy issues », C. McDermott, G. O'Connor, November 2002
- « Modular architectures in the marketing process », R. Sanchez, 1999
- « Restart, recover and reimagine prosperity for all Canadians », Industry Strategy Council, 2020
- « Les cartes routières technologiques : la voie de la réussite », Industrie Canada, 2000
- « Time for change, the need to rethink Europe's Flightpath 2050 », ACARE, 2020
- « Digital European Sky », Strategic Research and Innovation Agenda, SESAR, September 2020



info@criaq.aero

criaq.aero

Partenaire financier

Québec

