



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Objectif 5

Produire le premier avion bas carbone

Face à l'urgence climatique, l'industrie, soutenue par tout l'écosystème aéronautique doit relever le défi technologique de l'avion bas carbone dans un calendrier accéléré. Il convient de mettre en œuvre des ruptures technologiques majeures : si la nécessité de la transformation énergétique s'impose au transport aérien autant qu'aux autres modes de transport, l'équation à résoudre est technologiquement plus complexe du fait des fortes contraintes physiques et environnementales auxquelles sont soumis les aéronefs (contraintes de masse et de volume, conditions de température, pression, vibrations, ...) et des exigences propres au transport aérien (sécurité, performances opérationnelles, durée de vie des matériels, ...). France 2030 suit ainsi deux axes stratégiques principaux :

- les technologies d'ultra sobriété pour gagner jusqu'à 30 % d'efficacité énergétique ;
- la transition vers de nouveaux combustibles bas carbone, en augmentant l'incorporation de carburants alternatifs durables et en recourant à de nouveaux vecteurs énergétiques comme l'hydrogène.

Le cahier des charges est disponible ici : <https://anr.fr/CMA-2021>

AMI Compétences et Métiers d'Avenir

I. Fiche Thématique : Avion Bas Carbone

I. Présentation de l'objectif France 2030

Pour permettre au pays de s'engager dans une période de profondes transformations, le plan « France 2030 » vise à développer la compétitivité industrielle et les technologies d'avenir. Il poursuit 10 objectifs pour mieux comprendre, mieux vivre et mieux produire, dès l'horizon 2030. Produire le premier avion bas carbone est l'un de ces dix objectifs annoncés en octobre 2021 par le Président de la République.

L'industrie aéronautique est une industrie à cycles très longs et coûts très élevés de développement, par ailleurs soumise à une intense concurrence mondiale. Cette industrie bénéficie traditionnellement d'un fort soutien de la part des États, qui cherchent à ancrer et développer sur leur sol des activités considérées comme stratégiques à de multiples égards. Du fait du très haut niveau de performances et de sécurité de ses produits, les enjeux R&D de l'aéronautique constituent une source importante de progrès scientifiques et d'innovations à fort effet diffusant dans d'autres secteurs économiques. Corollairement, l'aéronautique est aussi une source importante de création de valeur ajoutée et d'emplois scientifiques et industriels très fortement qualifiés. Enfin, elle est essentielle à la souveraineté en raison de la dualité de ses activités, entre civil et militaire, d'une part, et entre aéronautique et spatial, d'autre part.

Face à l'urgence climatique, l'industrie, soutenue par tout l'écosystème aéronautique doit relever le défi technologique de l'avion bas carbone dans un calendrier accéléré. Historiquement, compte tenu du poids important du poste carburant dans les comptes d'exploitation des compagnies aériennes, la réduction de la consommation a toujours été l'un des axes majeurs d'effort de R&D et d'innovation des constructeurs. Les progrès technologiques et opérationnels réalisés au cours des trente dernières années ont permis de diviser par deux la consommation de kérosène et donc les émissions de CO₂ par passager-kilomètre. La dernière génération d'avions et de moteurs consomme ainsi entre 2 et 3 litres aux 100 km par passager.

Mais pour aller au-delà et réaliser les ambitions de l'avion bas carbone, il convient de mettre en œuvre des ruptures technologiques majeures : si la nécessité de la transformation énergétique s'impose au transport aérien autant qu'aux autres modes de transport, l'équation à résoudre est technologiquement plus complexe du fait des fortes contraintes physiques et environnementales auxquelles sont soumis les aéronefs (contraintes de masse et de volume, conditions de température, pression, vibrations, ...) et des exigences propres au transport aérien (sécurité, performances opérationnelles, durée de vie des matériels, ...).

La France, deuxième puissance aéronautique mondiale après les États-Unis, est bien positionnée pour relever ce défi. Elle est présente sur tous les segments de marché, et dispose d'une filière complète : constructeurs de différents types d'aéronefs (avions régionaux, moyen et long-courriers relevant de l'aviation commerciale, avions d'affaires, hélicoptères, avions et hélicoptères de combat), motoristes et équipementiers capables de fournir tous les éléments constitutifs d'un appareil, tant dans les segments de marché civils que militaires et des universités, centres de recherche et centres techniques, un secteur académique au meilleur niveau mondial.

Les investissements à réaliser pour faire émerger et déployer les avions bas carbone sont massifs, qu'ils concernent l'industrie aéronautique stricto sensu, les infrastructures aéroportuaires ou la constitution d'une nouvelle filière énergétique de production de carburants alternatifs durables (sustainable aviation fuels) et d'hydrogène. Les risques technologiques, industriels et financiers sont très importants et peuvent justifier la mise en place de partenariats entre secteur public et privé. Il est précisé que l'axe majeur de réduction d'effet de serre qui est visé porte sur les émissions dues aux consommations de carburants, les autres facteurs et tout particulièrement les traînées de condensation étant encore plus difficiles à réduire à horizon 2030.

A travers le pouvoir de marché de ses grands constructeurs, la France dispose d'un effet de levier sur plus de la moitié de la flotte mondiale de transport aérien. Elle peut donc légitimement se positionner comme leader et créer un effet d'entraînement à l'échelle mondiale sur les grandes options technologiques et énergétiques du secteur.

C'est pourquoi France 2030 investit pour accélérer le développement de l'avion bas carbone. Le plan contribuera à se rapprocher de l'objectif de neutralité carbone du transport aérien d'ici à 2050, ce qui revient à éviter l'émission de plus de 2 milliards de tonnes de CO₂ en cumulé jusqu'à 2050.

Il s'agit également d'accompagner la transition écologique de façon plus complète en maîtrisant les autres types d'impacts environnementaux des solutions qui seront développées pour l'avion bas carbone et favoriser

l'émergence et le déploiement des technologies innovantes bas carbone les plus favorables à l'environnement. La transformation énergétique de l'aviation va nécessiter, sur la décennie, des investissements spécifiques en R&T particulièrement importants et risqués, dont les résultats seront décisifs pour le lancement de programmes d'aéronefs bas carbone à l'horizon 2030. Ces aéronefs devront d'abord être ultra efficaces sur le plan énergétique pour réduire au maximum la quantité de combustible embarquée et compenser ainsi les surcoûts liés aux nouveaux combustibles bas carbone. En outre, ils devront être compatibles avec l'incorporation jusqu'à hauteur de 100% de carburants alternatifs durables, voire être revus pour fonctionner à l'hydrogène pour des appareils « zéro émission de CO₂ ».

France 2030 suit ainsi deux axes stratégiques principaux :

- les technologies d'ultra sobriété pour gagner jusqu'à 30 % d'efficacité énergétique ;
- la transition vers de nouveaux combustibles bas carbone, en augmentant l'incorporation de carburants alternatifs durables et en recourant à de nouveaux vecteurs énergétiques comme l'hydrogène.

Relever le défi de l'avion bas carbone nécessite aussi d'accompagner la formation et le recrutement en développant l'attractivité des métiers industriels et de recherche, en soutenant l'acquisition de nouvelles compétences, en faisant rayonner nos entreprises et laboratoires à l'international, en contribuant à la création d'emplois en France.

La filière se trouve dans une situation très complexe et spécifique, contrainte à mener de front deux batailles, celle d'un plan de charge production en forte croissance (montée de la gamme Airbus A320 vers une cadence de production de 75 appareils/mois, montée en cadence de la production Rafale..) et celle d'un plan technologique très ambitieux qui appelle de nouvelles compétences en ingénierie.

Le recrutement, l'attractivité des métiers et les nouvelles compétences nécessaires à la réussite des prochains programmes sont au cœur de des préoccupations de la filière, en amont comme en aval, pour assurer la reprise du secteur. Le déploiement de ces compétences constitue un sujet critique pour l'avenir de la filière nationale dans la compétition mondiale.

II. Bilan de la saison 1

France 2030 a financé deux diagnostics dans le domaine :

- **LMA porté par le GIP Emploi Roissy CDG** : Diagnostic à l'échelle du bassin d'emploi du Grand Roissy-le Bourget et au-delà de tous les territoires aéroportuaires en France pour analyser les mutations qui toucheront le milieu aérien et aéroportuaire dans les 10 prochaines années. L'objectif est une adaptation de l'offre de formation et de l'offre de service territoriale (orientation, insertion, ...).

[Consulter le diagnostic complet](#)

[Consulter la synthèse du diagnostic](#)

- **DACSO porté par Aerospace Valley** : Diagnostic relatif aux besoins de compétences et aux métiers d'avenir de la filière aéronautique sur le territoire du Grand Sud-Ouest regroupant Occitanie et Nouvelle Aquitaine.

[Consulter le diagnostic complet : à venir](#)

[Consulter la synthèse du diagnostic : à venir](#)

III. Attendus principaux de la saison 2

a) Diagnostics

Il n'est pas attendu de diagnostics supplémentaires pour la saison 2.

b) Niveaux de formations attendus concernant les dispositifs de formation

Les besoins de la filière sur l'ensemble des compétences, traditionnelles et émergentes sont en croissance forte, et concernent tous les niveaux d'emplois : opérateur, technicien, ingénieur, chercheur.

c) Modalités formation initiale scolaire/supérieur ou et formation continue

Les dispositifs attendus sur l'AMI CMA sur le volet aéronautique sont des actions volontaristes :

- en faveur de l'attractivité des métiers de la filière,
- en faveur de la mise à niveau quantitative et qualitative des capacités de formation initiale et continue pour les métiers traditionnels à forte technicité,
- en faveur du développement de nouvelles formations, ou d'adaptation des formations existantes, sur les compétences liées aux enjeux de décarbonation.

Ces actions devront être mises en œuvre en coopération étroite entre acteurs industriels et acteurs de la formation professionnelle et académique, avec le soutien des acteurs de la filière au niveau national.

Le volet attractivité est essentiel car il s'agit d'un frein majeur au recrutement actuel, avec les raisons suivantes :

- Une certaine perte d'attractivité du secteur due à la crise violente et longue dans l'aérien, aux interrogations sur l'impact environnemental global du transport aérien, et à « l'aviation bashing » ;
- La désaffection des candidats pour les filières de formations et les métiers de production, qui n'est pas nouvelle, mais qui s'est accrue avec la crise et qui a généré une forte attrition du vivier des candidats sur le marché du travail temporaire et des reconversions vers d'autres secteurs. Les métiers les plus recherchés actuellement sont les ajusteurs, opérateurs commande numérique, peintres, opérateurs traitement de surfaces, monteurs câbleurs, chaudronniers-soudeurs, contrôleurs qualité... ;
- Les métiers d'ingénieurs et les métiers du numérique, de l'informatique sont valorisés et bénéficient d'une bonne image, mais les flux de formés sont insuffisants ;
- Une attractivité de l'industrie et de ses métiers toujours aussi faible vis-à-vis des publics féminins ;
- Et enfin une évolution du rapport au travail des jeunes et de leurs attentes vis-à-vis des entreprises amplifiées par la crise qui détournent bon nombre de candidatures de l'industrie qui reste victime d'idées reçues.

Les dispositifs attendus peuvent se décliner selon différents volets :

- **Développer, transformer et rendre plus visible l'offre de formation continue en soutenant les innovations pédagogiques et en multipliant les passerelles**

Les initiatives portant sur l'axe de la formation continue pourront répondre à des enjeux de plusieurs ordres : l'adaptation des modules existants pour suivre l'évolution des métiers et orienter l'effort vers les nouveaux métiers en tension, la création de nouveaux parcours sur des thèmes émergents, l'adaptation des supports de formation et la mise en œuvre d'innovations pédagogiques. Un plan d'action formation continue pour l'accompagnement des ressources humaines vers les nouveaux métiers émergents dans le secteur en adéquation avec l'impératif de réduction de l'empreinte environnementale pourra ainsi être proposé.

- **Développer massivement la formation par alternance pour favoriser l'insertion et améliorer l'articulation entre l'enseignement et l'industrie**

La promotion de la formation en alternance paraît être un levier puissant, attractif pour les publics formés et permettant de répondre aux besoins de compétences des entreprises de la filière.

- **Adapter l'offre de formation initiale et renforcer l'attractivité et pour accroître le vivier de recrutement et la féminisation de la filière**

Au niveau de l'enseignement secondaire et jusqu'au bac+2, l'objectif sera d'encourager le développement de l'offre de nouvelles formations et l'augmentation des effectifs, notamment pour les formations Bac pro et BTS.

Au niveau de l'enseignement supérieur, l'objectif poursuivi sera celui du renforcement des formations en licences professionnelles, ainsi qu'en master, formations ingénieurs et à l'augmentation significative du nombre de docteurs formés.

- **Investir dans les ressources dédiées à la formation et à la recherche en favorisant les logiques de mutualisation entre enseignement et industrie et en développant les passerelles entre laboratoires de recherche et industrie**

Dans certains secteurs stratégiques relatifs à la filière aéronautique, la complexité croissante des infrastructures et équipements nécessaires aux activités d'enseignement et leurs coûts peuvent représenter un frein pour le déploiement des programmes de formation.

D'autres initiatives originales peuvent porter sur la capitalisation de l'expérience accumulée par la récente hybridation des formations. Les passerelles entre industrie et laboratoire de recherche au travers, entre autres, de détachement d'ingénieurs, permet d'apporter aux laboratoires de nouvelles compétences, par exemple sur les aspects système. Pour l'industriel ces détachement sont l'opportunité de s'investir sur ces projets scientifiques de pointe et de former leurs jeunes ingénieurs (dans ce cadre, des chaires industrielles pourraient s'avérer particulièrement pertinentes).

d) **Compétences attendues**

Les besoins concernent l'ensemble de la chaîne de valeur de la conception des aéronaves (design, bureaux d'études) jusqu'à la production (équipements, lignes d'assemblage, bancs de tests) en passant par les aspects maintenance.

La filière recrute à nouveau massivement depuis 2022 et va retrouver en 2023 son niveau d'emploi d'avant crise (données GIFAS). Elle rencontre néanmoins de grandes difficultés à intégrer et conserver les compétences dans le contexte d'un marché de l'emploi en très forte tension sur les métiers traditionnels (mécanique, électricité, électronique, informatique) et d'un déficit persistant d'attractivité des métiers industriels et des formations qui y préparent.

La filière est également à la recherche de compétences nouvelles, émergentes et nécessaires à la réussite des transitions sur lesquelles elle veut se positionner en pionnière : nouvelles technologies de l'énergie (hydrogène, électricité), intelligence artificielle, cybersécurité,

Mise à niveau des formations sur les métiers traditionnels à très forte qualification

L'axe formation sur les métiers traditionnels, cœur de métiers, touche prioritairement les niveaux opérateurs et techniciens qualifiés avec un besoin de former plus de candidats qu'aujourd'hui par la voie de l'alternance.

Les domaines de compétences techniques sont notamment les suivants : Usinage (usinage à grande vitesse, usinage de très haute précision), fabrication additive, matériaux métalliques (superalliages, titane,...), matériaux non métalliques (composites, thermoplastique...), nouveaux traitements de surface (avec notamment les normes Reach), procédés innovants d'analyse et de contrôle non destructif, formage, assemblages innovants (soudage par friction, collage...),...

Développement de nouvelles formations sur les compétences liées aux enjeux de décarbonation.

En lien avec la mise en œuvre des différents leviers de décarbonation et les technologies associées (amélioration efficacité énergétique moteurs, de l'aérodynamisme, réduction du poids de l'avion, baisse de l'intensité carbone de l'énergie utilisée par les avions avec biocarburants, e-fuels, motorisation à hydrogène développement de l'avion électrique, hybridation, ...), les domaines de compétences sont largement

impactés, on peut citer notamment :

- **Concernant le volet conception** : écoconception des aéronaves, mesure des impacts tout long du cycle de vie, développement de nouvelles propulsions, amélioration de l'aérodynamisme et de l'efficacité des moteurs, utilisation de nouveaux matériaux, l'avion à hydrogène implique un renforcement des compétences en thermodynamique, matériaux et procédé physique, cryogénie, électronique de puissance, pyrotechnie...,
- **Concernant la production** : utilisation de matériaux alternatifs, fabrication de nouveaux composants pour répondre aux nouvelles propulsions, évolution des techniques de production (batteries, usine 4.0, fabrication additive...), réduction de l'empreinte matière des chaînes de production. Il s'agira aussi de mettre fin à des procédés, des chaînes, et des infrastructures existantes, en remobilisant les matériaux ou installations qui ne seraient plus employés, dans des logiques d'économie circulaire.
- **Concernant l'assemblage** : évolution des techniques d'assemblage pour favoriser le démantèlement en fin de vie, pour répondre aux caractéristiques des nouveaux types d'avion (réservoirs hydrogène, batteries,...), enjeux associés à l'électricité/électronique de puissance,...
- **Concernant la maintenance** : évolution des compétences pour être en capacité d'intervenir sur les nouvelles motorisations (notamment hydrogène), évolution des compétences en lien avec les nouveaux matériaux (composites notamment) à réparer, appui sur le numérique pour diagnostiquer des pannes,...
- **Concernant la relation à l'utilisateur** : les progrès attendus en matière d'impact carbone devront être attestés et valorisés, supposant de la part des agents en contact avec les salariés une maîtrise minimale des éléments techniques à ce sujet

La construction d'un avion bas carbone induira des changements culturels, organisationnels majeurs au sein des entreprises de la filière, un décloisonnement des compétences et de nouveaux besoins de transdisciplinarité, sans pour autant bouleverser les compétences techniques d'ici à 5 ans.

Les compétences existantes en matériaux, thermique, thermodynamique, électricité, électronique seront donc à renforcer pour les ingénieurs et techniciens de la filière aéronautique avec un contexte d'application, qui lui sera nouveau.

e) Quantification du besoin de la cible

Selon les exigences de la filière, nous prévoyons de former au moins 100 000 apprenants d'ici 2030.