

Quels avions pour 2050 ?



Une tribune de Jean-Michel Schulz, professeur de technologies aéronautiques à la HEIG-VD (Suisse) et à l'EIGSI (La Rochelle). Fondateur de l'entité de recherche et de veille technologique franco-suisse Flight-Alternatives, il est également membre de la Société savante française de l'aéronautique et de l'espace et de l'Amicale ISAE-Supaero-Ensica.

(A.0000)

L'exercice qui consiste à décrire l'évolution technique de l'aviation commerciale à horizon de 2050 est une activité aussi grisante, qu'elle est dangereuse intellectuellement, qui plus est en quelques lignes. « Plus nous pénétrons dans l'inconnu, plus il nous semble immense et merveilleux », disait Charles Lindbergh. Il s'agit donc ici, d'essayer modestement d'identifier objectivement dans la multitude des recherches, souvent discrètes, parfois « marketing », celles qui pourraient au mieux répondre aux besoins économiques et sociétaux pressentis.

Pour autant, compte-tenu des durées de conception et de certification, puis d'exploitation et d'amortissement, il est certain qu'une grande partie des aéronefs qui voleront en 2050, sont des avions de générations actuelles ou de leurs descendances directes. Loin de simplifier l'exercice, ce point impose aux futurs développements, les contraintes d'une période de transition et de cohabitation de l'utilisation des infrastructures et des espaces aériens. Enfin, bien que spécifique, le secteur aéronautique n'est pas totalement déconnecté et son

Le FlightCoach est un concept futuriste de transport aérien régional et urbain de 48 places, à décollage-atterrissage très court (moins de 100 m), de type instable à grande profondeur, motorisation hybride avec ajout de batteries Lithium-air et 6 propulseurs hypersustentateurs orientables.

développement sera intimement lié aux innovations et à la mutation générales de la société.

Dans le cadre de l'évolution et de la croissance de l'aviation commerciale, les grands axes d'améliorations à venir portent principalement sur : l'énergie, l'impact écologique, la digitalisation, l'offre urbaine, la rapidité, le développement opérationnel et économique, ainsi que naturellement la sécurité aérienne. 3AF¹ prévoit, à horizon 2050, la suppression totale de la consommation de kérosène au sol, une diminution de 80% de l'empreinte sonore des aéroports (projet Anima² et la nouvelle soufflerie « aéroacoustique » de l'ISAE-Supaero) et une augmentation de la sécurité d'un facteur de 4 à 10 (D4S³). L'Acare⁴ estime que les aéronefs conçus en 2050 présenteront par rapport aux technologies classiques des années 2000 en passager/km une réduction de 75% des émissions de CO₂ et une réduction de 90% des NOx.

Au niveau énergétique, la première optimisation consistera toujours à réduire les besoins de poussée par diminution de la traînée induite et donc en premier lieu, à poursuivre la baisse de la masse des aéronefs, par l'utilisation de matériaux plus performants et d'un dimensionnement encore plus précis. En effet, les améliorations des méthodes de calcul numérique et des mesures in situ de l'endommagement des structures ou de l'adaptation aéroélastique sous charge et la diminution des flottements, permettent la réduction du poids des pièces structurales des aéronefs. Même si les composites à matrices thermodurcissables ont remporté la première bataille contre les alliages à hautes performances (B787 et A350), la suite découlera certainement des recherches très avancées sur les composites à matrices thermoplastiques⁵ et céramiques, pour

les pièces chaudes ou encore de nouveaux matériaux hybrides alliant des composites et des alliages métalliques de nouvelles générations, ainsi que les nanotechnologies (nanotubes de carbone). On peut également noter le déploiement des méthodes de fabrications additives qui permettent de minimiser les apports de matière sur les pièces et le développement de l'impression 4D⁶.

L'extension du concept de « l'avion instable » permet de rendre la profondeur portante et donc de diminuer la voilure principale. Le cumul des gains structuraux et la gestion de l'instabilité avec les commandes de vol numériques, autorisent de nouvelles géométries d'avions, comme par exemple les projets d'ailes volantes, ou en attendant, un surdimensionnement des surfaces de la profondeur au détriment de la voilure principale, voire la jonction des deux plans sous forme d'une aile rhomboédrique. Cette dernière qui permet aussi une réduction de l'envergure (largeur des pistes et des stationnements), est envisageable en faveur d'une nouvelle génération de composites plus souples.

Mais pour diminuer encore les besoins de poussées, un travail sur l'aérodynamique est également à l'étude pour la réduction des traînées. La technologie des voilures actuelles est déjà fortement optimisée, particulièrement sur les dernières générations d'aéronefs, « neo » chez Airbus et MAX chez Boeing, avec la généralisation des winglets. Mais le passage des écoulements présentement turbulents en écoulements laminaires, permettrait théoriquement un gain d'un facteur 4. Airbus réalise actuellement des essais sur un A340-300 Blade⁷, avec deux sections d'ailes extérieures laminaires. Cette technologie nécessite des surfaces parfaitement lisses, sans rivet, ni vis, avec de grandes pièces monoblocs.

Matériau à mémoire de forme par élévation de la température

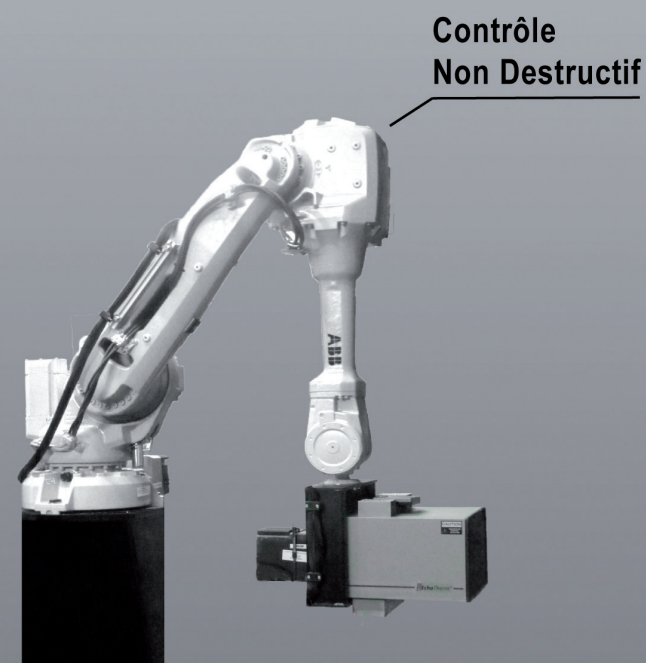
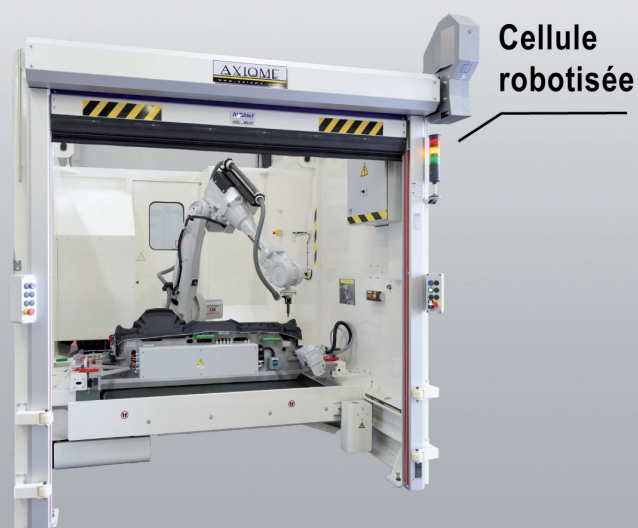
Cependant, la généralisation à l'ensemble de l'avion est encore incertaine. Les principales technologies qui permettraient d'obtenir un écoulement totalement laminaire, consisteraient par exemple, en des revêtements spéciaux avec du collage technique, le soufflage de l'aile ou encore une paroi perméable (microperforée) avec aspiration de la couche limite. Cette solution permettrait également de retarder le décrochage de l'aile et donc de diminuer sa surface par augmentation de son angle d'incidence au décollage.

Afin de boucler la projection des matières utilisées pour les voilures, nous pouvons citer les travaux sur la voilure à géométrie variable, comme par exemple les essais préliminaires du projet PTERA de la Nasa sur un drone à ailes repliables, doté d'un nouveau matériau à mémoire de forme par élévation de la température. Ou encore, des matériaux piézo-électriques et des polymères électro-actifs intelligents, qui permettraient d'engendrer des vibrations basses et hautes fréquences sur les bords de fuite des volets (morphing électro-actif⁸), pour amé-



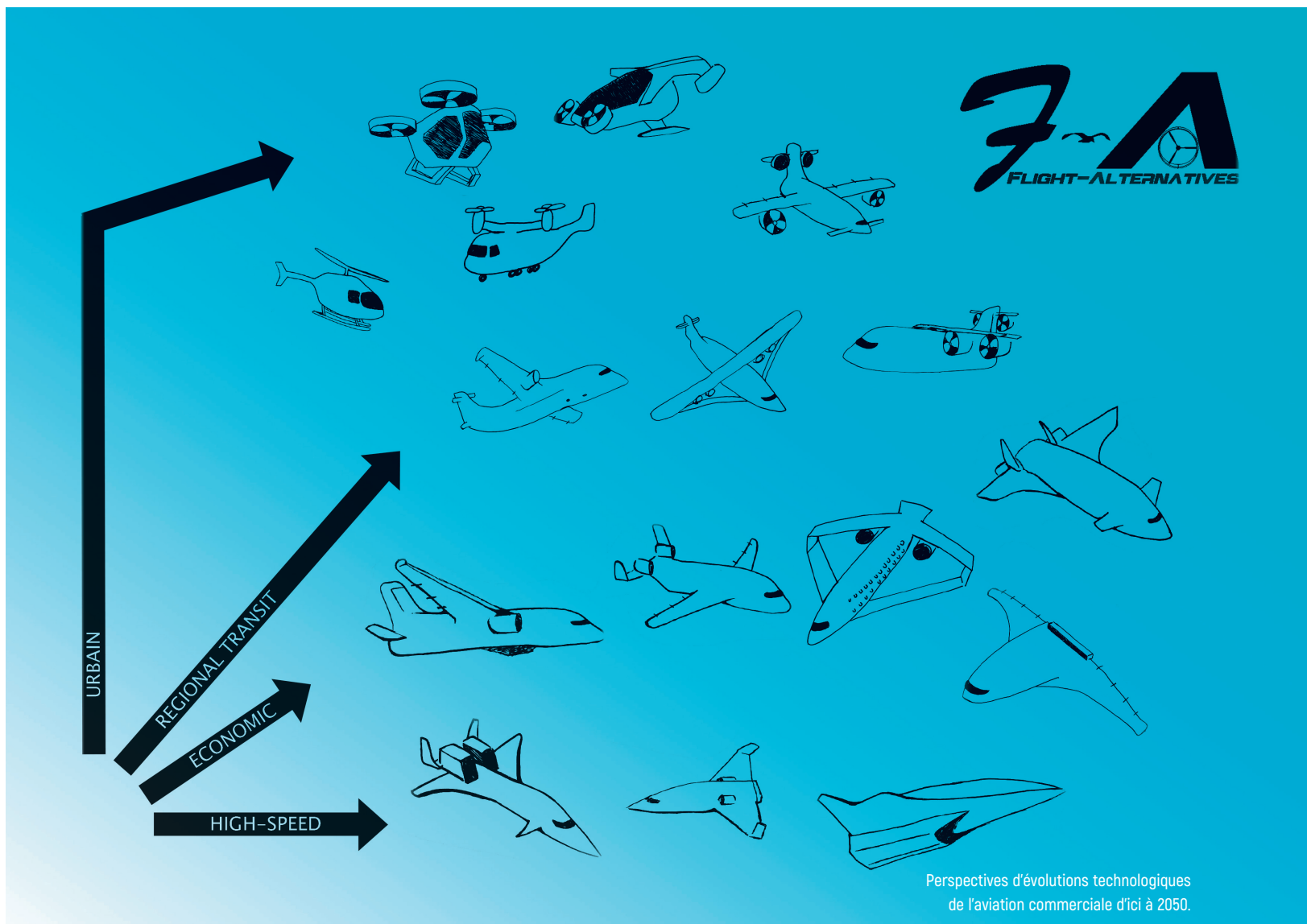
Solutions innovantes autour de la robotique!

Concepteur et fabricant de cellules robotisées.



AXIOME
2 rue Thomas Edison
Z.I. Les Blussières Nord
85190 Aizenay, France

Tél. : 02 51 94 69 11
E-mail : contact@axiome.com
www.axiome.com



liorer la manœuvrabilité et réduire le bruit et la traînée aérodynamique.

Avions de transports suborbitaux

Enfin, pour clore ce chapitre, des travaux permettent d'envisager un contrôle de la couche limite par champs magnétique. Certaines théories prévoient même de générer un plasma autour de l'avion qui réduirait fortement la traînée et d'envisager un transport hypersonique atmosphérique. En attendant, de nouveaux avions supersoniques sont à l'étude, comme le jet d'affaire Aerion AS2 ou le démonstrateur X-Plane LBDF⁹ de la Nasa et de Lockheed Martin, qui devrait voler à Mach 1,5, avec un objectif de bruit perçu au sol de 75 décibels. De même quelques projets d'avions de transports hypersoniques « traditionnels » ou même suborbitaux, capables de relier toutes les villes de la terre en moins de 2 heures, subsistent.

Concernant la propulsion, l'impact écologique et l'obsolescence pétrolière, devraient conduire à une métamorphose de la technologie des motorisations aéronautiques. Malgré les progrès des batteries, les besoins en termes de densité énergétique sont tels, qu'ils obligeront certainement le passage par une phase d'hybridation, comme l'expérimente le projet E-Fan X d'Airbus, Rolls-Royce et Siemens. Cette technologie, si elle ne résout pas tout, permettra, à terme, par l'intermédiaire de batteries performantes et temporaires, de réduire le

surdimensionnement des moteurs thermiques nécessaires au décollage (Boeing Sugar¹⁰ Volt).

De même, le « taxiage » électrique permettra de faire rouler un avion au sol en toute autonomie et sans utiliser ses réacteurs. Mais, si l'on excepte l'aviation de loisir ou la naissante aviation urbaine, l'aéronautique sera manifestement le dernier secteur du transport à passer à la propulsion tout électrique. Pour retarder encore cette échéance, les études des kérosènes à base végétale se poursuivent comme le Biojet A-1¹¹ et les projets CAER¹² et Moccassin¹³ pilotés par Safran. L'autre voie, toujours très prometteuse malgré les enjeux de sécurité, consisterait en l'utilisation d'hydrogène liquide, soit avec des piles à combustible (projets Hycarus¹⁴ et APU¹⁵), soit plus simplement, directement comme carburéacteur. Ce dernier cas permettrait de conserver l'architecture thermodynamique des propulseurs actuels, leur excellent rapport poids/puissance et leur fiabilité. Pour un long courrier, cette solution conduirait à des avions 30% moins lourds, 25% moins puissants, d'un diamètre de fuselage 15% plus grand, avec 20% de surface alaire en moins et une vitesse optimale autour de Mach 0,7.

Les tendances d'augmentations de la température entrée turbine, du taux de compression, du taux de dilution et du diamètre de la soufflante avec la généralisation des réducteurs vont se poursuivre. Des innovations sont toutefois pressenties comme les propfans. Par exemple : l'Open Rotor de Safran et ses hélices très hautes vitesses en fibres de carbone tissées en





HORS-SÉRIE AÉRONAUTIQUE ► TECHNOLOGIES

3D. Mais à l'opposé, l'inflation des tailles et la réduction du bruit imposeront certainement un repositionnement des moteurs et de nouvelles nacelles.

Suppression des hublots

Malgré les déboires commerciaux de l'A380, la saturation des infrastructures aéroportuaires¹⁶, l'augmentation du trafic et la densification des mégapoles, imposeront nécessairement une augmentation de la capacité des avions. L'obligation d'améliorer le confort des classes économiques, particulièrement sur les vols longs, réclamera des aménagements intérieurs plus judicieux. La raison opèrerait pour la suppression des hublots. Pourtant, les constructeurs nous gratifient de nombreux projets de cabines à toits panoramiques. La digitalisation et la personnalisation des espaces passagers se poursuivront.

Mais les hubs n'ont d'avenir, qu'associés à une nouvelle offre de transport régional performante, économique et peu consommatrice en slots¹⁷. La solution consiste donc à développer les activités à décollage et atterrissage verticale ou très court.

Par ailleurs, l'urbanisation et la saturation des infrastructures terrestres rendent imminentes l'existence d'une offre aéro-



Jean-Michel Schulz.

nautique urbaine. Dans un premier temps sous forme de taxis volants comme l'Ehang 184 ou le Vahana, mais à plus long terme, des modèles d'une capacité plus importante, comme le concept FlightCoach, pourraient pénétrer les centres villes et faire la liaison avec les hubs ou compléter l'offre en « point to point » vers des « focus cities », qui génèreraient finalement un nouveau réseau secondaire de mini-hubs.

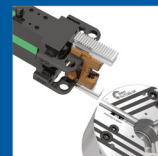
Serrez, pour gagner.



ÉTAUX
5 AXES



SYSTÈMES
POINT ZÉRO



INDUSTRIE
4.0



LUNETTES
HYDRAULIQUES



MANDRINS ET
APPLICATIONS

orientium® 04/2018



TECHNOLOGIES DE SERRAGE INDUSTRIEL

smwautoblok.fr





HORS-SÉRIE AÉRONAUTIQUE ▶ TECHNOLOGIES

L'augmentation du trafic, le développement de l'aviation urbaine et l'essor parallèle des drones ne pourront être gérés qu'au travers de l'intelligence artificielle¹⁸ et l'ATM 4D¹⁹. Les récents essais de l'US Air Force sur les essais de drones le préfigurent. Le pilote se contente de désigner son point d'arrivée. Les machines gèrent les positions et distances avec les autres aéronefs et adaptent automatiquement leur plan de vol pour s'y rendre sans accident. La charge de travail des pilotes diminue et ils deviennent les superviseurs d'un système complexe automatisé. Il est donc probable que le nombre de pilote se réduise encore, d'abord en « one pilot flying »²⁰, puis un seul pilote dans le cockpit, ensuite un système sans pilote qui rejoindrait la technologie des drones démontrée par Dassault sur son nEUROn. Dans les deux derniers cas, la supervision de pilotes multi avions au sol, qui reprendraient la main en cas de défaillance, sera à développer et à sécuriser.

En conclusion, les idées ne manquent pas et judicieusement associées laissent présager un deuxième siècle flamboyant pour l'industrie aéronautique. Pour concrétiser ces concepts, dont certains existent depuis déjà un certain temps, des efforts financiers importants devront être pressentis dans la recherche et les transitions technologiques rapidement initiées, pour accumuler l'expérience nécessaire à leurs validations. Il reste cependant une grande inconnue, concernant la réactivité et l'adaptabilité des organismes de certification, lorsque ces nouvelles technologies n'auront pas encore totalement fait leurs preuves.

Jean-Michel Schulz

- (1) Association aéronautique et astronautique de France
- (2) Aviation Noise Impact Management through novel Approaches, piloté par l'ONERA

- (3) Data for Safety engagé par l'EASA
- (4) Advisory Council for Aviation Research and innovation in Europe
- (5) Partenariat de développement signé en 2018 entre Hexcel (fibres de carbone) et Arkema (poudres PEKK)
- (6) Impression 3D de matériaux anisotropes évolutifs dans le temps, travaux avancés du MIT
- (7) Breakthrough Laminar Aircraft Demonstration in Europe
- (8) Etude expérimentale en collaboration CNRS, INP Toulouse et Airbus
- (9) Low-Boom Flight Demonstrator
- (10) Subsonic Ultra-Green Aircraft Research, High (open rotor), Volt (hybride) et Freeze (GNL) de Boeing
- (11) Biokérosène de Total et d'Amyris
- (12) Carburants alternatifs pour l'aéronautique
- (13) Modélisation du comportement des carburants aéronautiques classiques et alternatifs
- (14) HYdrogen Cells for AiRborne Usage : de Zodiac Aerotechnics, CEA, Dassault Aviation et Air Liquide
- (15) Liebherr Aerospace et General Motors développent une pile à combustible pour remplacer les groupes auxiliaires de puissance (APU)
- (16) Lors du sommet mondial du transport aérien de 2017, l'IATA (International air transport association) a alerté sur une crise imminente des infrastructures et sur l'insuffisance des plans d'investissements
- (17) Créneaux de décollages et d'atterrissages
- (18) Le 14 mai 2018, l'ONERA, l'ISAE-SUPAERO et l'ENAC, ont signé une fédération de recherche commune autour d'une question centrale concernant la conception, la certification et l'intégration des nouvelles fonctions de l'intelligence artificielle.
- (19) Air Traffic Management avec optimisation des trajectoires 4D (3D + temps).
- (20) 2 pilotes dans l'avion par sécurité, mais un seul au travail quelle que soit la phase de vol.

Impression 3D : des recherches sur la céramique

L'INP de Toulouse travaille à l'élaboration d'une matière première spécifique pour la fabrication additive de pièces aéronautiques en céramique.

Coordonné par le Cirimat (Centre inter-universitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux), le projet Doc-3D-Ceram, qui regroupe un consortium d'universités et d'industriels européens autour de la fabrication additive de céramique, ambitionne de couvrir le spectre de la fabrication additive de céramique, depuis l'élaboration de la matière première jusqu'aux tests de produits commercialisable, pour les industries de l'aérospatial et de la santé.

Qu'il s'agisse de moteurs d'avion, structures spatiales, miroirs de satellites, la céramique est très utilisée du fait de ses qualités (faible densité, résistance à la torsion, à la chaleur, à l'usure), signale l'INP Toulouse. Toutefois, cet organisme de recherche toulousain souligne que ces techniques de fabrication (non additive) des pièces en céramique présentent une série d'inconvénients : temps de fabrication, déformation lors du durcissement, faible rendement, coût, usure des outils pendant l'usinage, etc. Alors que l'impression 3D en céramique pourrait pallier à ces inconvénients. D'où le projet de recherche Doc-3D-Ceram, dans lequel les enseignants-chercheurs de Toulouse INP-Ensiacet comptent créer une matière première spécifique pour l'impression 3D en céramique, à coût réduit. Ils devront notamment déterminer la composition et la taille de grain, pour que la poudre de céramique se prête au mieux à l'impression 3D, indique l'INP. Doté de 3,5 millions d'euros, le projet, financé par l'Union européenne dans le cadre du programme H2020, réunit six partenaires académiques, sept industriels et l'association de certification des normes dans le domaine.

J.M.

A3373

