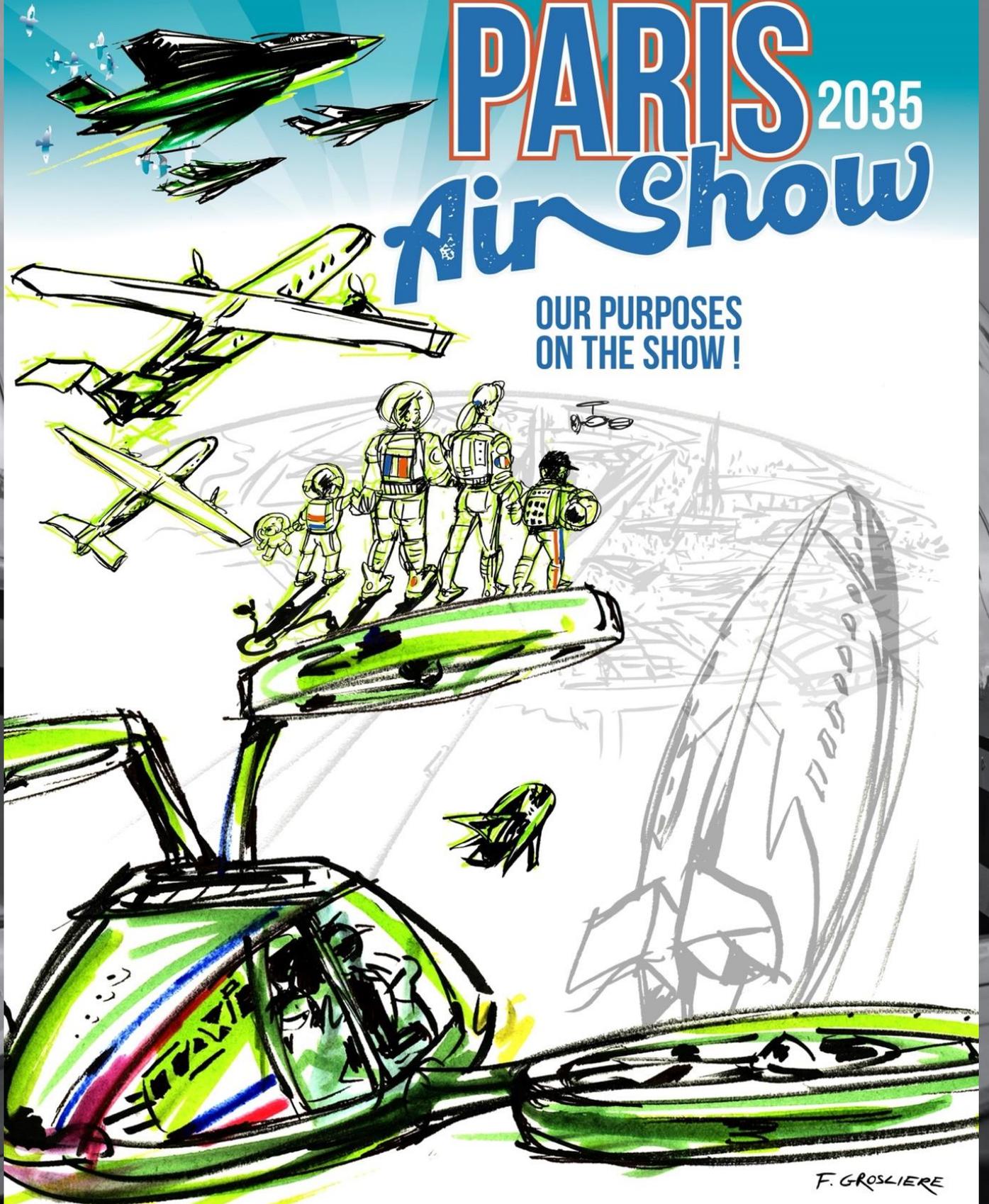


PARIS 2035 Air Show

OUR PURPOSES
ON THE SHOW !



F. GROSLIERE

Introduction

Le Salon du Bourget est l'occasion rêvée de rassembler l'ensemble des acteurs de la filière aéronautique et spatiale. L'aviation est motrice, elle lie les individus. La crise sanitaire a mis en lumière l'importance de ce secteur dans le fonctionnement social et économique de notre planète mondialisée. Le Paris Air Show est le salon le plus attendu au monde tant pour les professionnels que pour le grand public. C'est un lieu privilégié pour les gouvernements du monde entier pour afficher, aux yeux de tous, leur souveraineté aéronautique et spatiale, mais aussi pour les industriels afin de dévoiler leurs nouvelles innovations et nouveaux produits, en espérant repartir avec un carnet de commandes florissant. Alors que la flotte civile arrivera à 20 ans d'activité pour la plupart, la question du renouvellement s'impose, mais il semblerait que certains défis, outre la croissance imposée par le temps, viennent alors s'en mêler. Entre enjeux d'innovations et intégrations des nouvelles technologies, enjeux climatiques, géopolitiques et économiques, le Paris Air Show 2035 semble être l'aube d'une nouvelle période qu'il convient de préparer avec analyse, tact et engagement.

« Ce sera peut-être le salon d'ouverture d'une nouvelle époque à la fois dans le civil et le militaire »

Yann Cochenec, rédacteur en chef Air & Cosmos

Sommaire

<i>Introduction</i>	1
<i>Sommaire</i>	1
<i>Les perspectives d'une aviation décarbonée</i>	2
A. Une prise d'engagements forts	2
B. Les sources d'énergie pour l'aviation de demain	3
C. Les travaux industriels : des solutions extra-propulsives	4
<i>Une diversification des acteurs et des concepts, source de changements disruptifs</i>	5
A. Urban Air Mobility	5
B. Améliorer la capacité d'emport pour le fret	6
C. Une redéfinition de la frontière avec l'espace	7
<i>L'innovation pilier de l'industrie de défense moderne</i>	8
A. Un contexte géopolitique catalyseur de l'industrie de défense	8
B. L'innovation : clé du combat de demain	9
<i>Conclusion</i>	10
<i>Bibliographie</i>	

Les perspectives d'une aviation décarbonée

Imaginer le Paris Air Show 2035 c'est ... Comprendre l'évolution du contexte social, politique et économique mondial d'ici une dizaine d'années et comment le secteur se sera adapté pour convaincre face au renouvellement de ses flottes. La contribution du transport aérien au changement climatique est devenue un enjeu politique, à travers une « prise de conscience » de la part d'une partie de la population ; souvent excessive, et que l'on peut juger disproportionnée. Le transport aérien se retrouve désigné comme le symbole d'une mondialisation arrogante et d'une croissance sans limite, allégorie des inégalités sociales.

A. Une prise d'engagements forts

Objectif 2050

2050, c'est la date butoir pour une aviation décarbonée, sans émissions. Cette résolution planétaire a été approuvée le 7 octobre 2022 à Montréal par les 193 pays membres de l'assemblée de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). Cet accord fixe la feuille de route des prochaines décennies pour l'ensemble du secteur aéronautique.

Le dernier rapport du GIEC publié en mars 2023, livre un constat alarmant d'une hausse des températures comprise entre 2,4 et 3,5°C d'ici 2100 si les émissions ne sont pas réduites. Responsable d'environ 2,5 % des émissions anthropiques mondiales de CO₂, le secteur aérien doit se donner les moyens de ses ambitions.

Les bandes de réchauffement de l'aviation¹ ci-dessous ont été mises au point par l'université d'Oxford dans le but de diffuser un message complexe sous une forme simple. Ces couleurs de bandes montrent la contribution en pourcentage des émissions du secteur aérien au réchauffement global de la Terre d'année en année, entre 1980 (1,9 % à gauche) et 2021 (3,7 % à droite).

Un soutien étatique influant

L'enjeu est considérable et l'ensemble de la chaîne de valeur l'a perçu, avec en premier lieu, les gouvernements. Emmanuel Macron a récemment annoncé une enveloppe annuelle de 300 millions d'euros jusqu'en 2030 pour soutenir la conception de l'avion

zéro émission ainsi que 200 millions d'euros réservés au développement et à la production de « Sustainable Aviation Fuel » (SAF). Ce plan faisant écho au programme européen RefuelEU², qui influence aussi sur l'utilisation du SAF, pousse l'industrie du transport aérien à se réinventer vers l'ultra frugalité.

Les lois et engagements pris au niveau européen entre autres permettront de conjuguer les efforts de tous, acteurs institutionnels et privés en créant une atmosphère propice aux changements, qui petit à petit dessine un scénario clair³.

Les différents logiciels de modélisation de l'impact climatique de l'industrie aéronautique permettent alors d'éclaircir ce qui semble difficilement prévisible. Le modèle d'impact sur le climat Cascade⁴, mis au point par Boeing, est un émulateur de la conséquence d'actions sur 4 leviers majeurs qui pourraient conditionner l'évolution de notre industrie et les engagements à venir :

- **La part de renouvellement des avions en « fin de vie » par des aéronefs récents.**
- **L'intégration des dernières technologies disponibles à terme (aérodynamisme, propulsion, systèmes et matériaux).**
- **L'utilisation d'énergies renouvelables.**
- **L'efficacité opérationnelle de l'industrie et des exploitants.**

B. Les sources d'énergie pour l'aviation de demain

L'hydrogène, lubie ou voie royale

L'hydrogène possède deux atouts majeurs. D'une part, la possibilité (au moins théorique) d'être produit de manière totalement décarbonée, d'autre part, un pouvoir calorifique massique extrêmement élevé, trois fois supérieur au kérosène⁵. Les louanges d'ordre politique qui lui sont vouées, le présentent comme la solution pour décarboner l'aviation.

Plusieurs gouvernements ont choisi d'investir massivement, en votant en 2020 des plans de 7 et 9 milliards d'euros respectivement pour la France et l'Allemagne, afin de développer des technologies de production dites « vertes » et d'utilisation. C'est dans ce contexte favorable qu'Airbus pousse son programme ZeroE d'avions long-courriers à hydrogène propre d'ici 2035, alors que Universal Hydrogène et ZeroAvia travaillent sur l'aviation légère.

Avec Gullhyver, l'ONERA a présenté en 2023, une maquette référence de l'avion hydrogène sans intégrer les contraintes de faisabilité économique. Elle confirme les verrous technologiques, notamment au niveau du fuselage dont plus de 50 % est utilisé pour le stockage. Hors rupture et découvertes majeures, certains estiment que l'aviation commerciale à l'hydrogène ne devrait pas apparaître avant la seconde moitié du siècle, laissant l'évènement à des phases expérimentales.

Les biocarburants

« L'accélération des SAF est le paramètre le plus critique aujourd'hui »

Guillaume Fauray, Paris Air Forum 2023

Lors d'une table ronde durant le Paris Air Forum 2023⁷, Anne Rigail, PDG d'Air France, a déclaré qu'Air France avait consommé 17% de la production mondiale de SAF en 2022. Une déclaration en demi-teinte qui reflète certes, la volonté, d'investir

massivement dans cette solution, mais qui révèle également des capacités de production actuelles limitées, ne permettant pas de couvrir les besoins mondiaux des flottes.

Le SAF est pourtant la technologie de transition vers une aviation décarbonée permettant des réductions d'émissions considérables. Les efforts sont à poursuivre dans cette direction. Les moteurs Pratt & Whitney par exemple, étant déjà tous certifiés pour des vols à 50% de SAF⁸, il est à prévoir que les motoristes annoncent rapidement des moteurs certifiés à 100 %. En s'engageant pour des aéronefs fonctionnant au 100 % SAF en 2030, Boeing pourrait signer les premiers contrats de commercialisation à l'évènement.

Un point sur l'électrique

Solar Impulse, le premier avion à faire le tour du monde propulsé par un moteur électrique alimenté uniquement à l'énergie solaire : idylle ou révolution ? L'invité d'honneur du salon du Bourget 2011 n'a laissé personne indifférent. Avec des émissions nulles dans son exploitation, les premiers bénéficiaires appartiendront à l'aviation de loisir et régionale, à l'exemple de Pipistrel qui devient en 2020 le premier à certifier un avion de formation entièrement électrique⁹. Même si nous devrions voir apparaître la commercialisation de solutions de roulage au sol électriques tel que le e-taxi de Safran, beaucoup l'ont compris, concevoir des gros-porteurs tout électriques reste limité, pour l'instant, et ce, pour deux raisons :

- **L'énergie massique des batteries est 4 à 6 fois plus faible que celle du kérosène ;**
- **L'électricité employée n'est pas systématiquement verte en fonction du mix énergétique de chaque pays.**

La solution du mix énergétique

Les projecteurs étant rivés sur des modes de propulsion mono-énergie, la solution la plus viable, présentée en fonctionnement au



Bourget 2035 serait donc un ensemble de systèmes propulsifs : l'hybridation. Elle proposerait là un compromis intéressant entre l'électrique et les biocarburants en activant une part calculée de chacun, permettant d'atteindre une efficacité maximale lors des phases en vol ou au sol. En développant EcoPulse¹⁰, Safran, Airbus et Daher comptent bien tester la première chaîne de propulsion hybride électrique dès cet automne. Ce type de projet constitue une réelle base de travail permettant l'élargissement de ce concept à l'aviation commerciale régionale. Nombreux sont les adeptes, Ascendance Flight, ou encore Embraer qui développe un système hybride utilisant le SAF lors du vol et l'électrique pour le roulage de ses E2.

C. Les travaux industriels : des solutions extra-propulsives

L'efficience des matériaux

En 2035, les familles A321neo ou 737max auront 20 ans, l'aéronef qui les remplacera n'est à priori pas entièrement défini, surtout concernant les matériaux employés. Une piste très prometteuse tourne autour des pièces composites et des pièces optimisées par impression additive ; Safran investit avec son Additive Manufacturing Campus.

Afin de s'approcher du 100 % composite permettant un important gain de masse, ces matériaux seront surtout agencés afin d'optimiser leurs capacités. Nous verrons alors l'aboutissement du projet Terra Preta d'Airbus, Hutchinson et Safran. En recyclant la fibre de carbone du Leap A, ils présenteront les pièces moulées par injection pour habiller le fuselage d'un aéronef « Next Generation » ou réaliseront une maquette de l'aile rhomboédrique tant limitée par nos matériaux actuels.

Propulsion nouvelle et aérodynamisme

Dans la continuité des données acquises avec le GE36 de SNECMA, l'Open Fan

s'apprête à renaître. En agrandissant le diamètre du propulseur sans être limité par la nacelle, le taux de dilution est en fine augmenté. Le projet RISE¹¹ (Revolutionary Innovation for Sustainable Engine), mené par Safran, GE Aviation et CFM, vise à concevoir le moteur nouvelle génération. Sa parfaite compatibilité au SAF, sans fermer la porte à l'hydrogène en fait un incontournable pour le show de 2035 ayant en ligne de mire l'avion commercial de 2050. Parallèlement à l'optimisation des moteurs, rendre les ailes plus longues, plus fines et plus légères est l'une des plus grandes opportunités d'amélioration. C'est le sujet du projet de démonstrateur TTBW « transsonique à aile haubanée » confié par la NASA à Boeing permettant d'atteindre des « Aspect Ratio » très intéressants.

Le 4.0 au service de l'avion du futur

En se conformant à des standards, tels que l'ISO 14001, les maillons de la chaîne de conception et de fabrication choisiront de se réinventer avec une méthode de management et de production nouvelle. Airbus avec son programme Wings of Tomorrow¹² (WoT) scrute l'intrication des parties concernées pour la production d'ailes composites en grandes séries tout en identifiant les goulots technologiques à anticiper. Safran de son côté emploie sa méthode Diagnostic 4.0 et les outils Lean pour se transformer petit à petit. Paris Air Show 2035 fera place aux présentations des dernières innovations de production, de miniaturisation, de l'agencement connecté au sein de l'usine 4.0. Enfin, les derniers logiciels travaillant la DATA, seront couplés à l'IA, agissant comme catalyseur, présentant l'ensemble comme l'or du 21^{ème} siècle. Alors, les systèmes de maintenance prédictive permettront aux compagnies d'anticiper le remplacement de pièces avant leur dégradation comme le projette Minebeamitsumi et ses pièces connectées.



Une diversification des acteurs et des concepts, source de changements disruptifs

Imaginer le salon du Bourget 2035 c'est ... Proposer un tableau plus diversifié avec toujours en phare de l'innovation des grands constructeurs historiques. Si les activités de certification ont récemment diminué pour les avions conventionnels, elles ont augmenté pour les nouveaux segments de marché (par exemple, les drones ou la mobilité aérienne urbaine), symbole d'une diversification du secteur aéronautique vers d'autres modes de transports aéroportés.

A. Urban Air Mobility

Les VTOL au sein d'un contexte facilitant

L'Urban Air Mobility (UAM) se définit comme un nouveau système de transport aérien plus vert, plus sûr et désengorgeant pour les environnements urbains. Réelle nouveauté, la FAA ou l'EASA ont besoin de premières lignes directrices pour fixer ce qu'est l'U-Space aux drones : son cadre d'exploitation. L'OACI lors de sa « 40^{ème} session de travail »¹³ :

“The concept of urban air mobility has become more significant [...] Due to the novelty, the aviation regulatory systems around the world lack in established regulations due to non-availability of ICAO Standards.”

Le concept UAM semble bénéficier d'atouts majeurs. Une massive création d'emplois, jusqu'à 90 000 selon l'EASA d'ici une décennie, un marché porteur, estimé à plus de 4,2 milliards d'euros, en font de réels arguments. Dès lors, une question se pose, quelles différences relèvera-t-on avec les démonstrations du Paris Air Show 2023 ?

Alors que plus de 500 concepts sont connus¹⁴, les VTOL tirent leur épingle du jeu autour d'un marché : celui du taxi drone sur des axes prédéfinis. Comme le confirme une étude de marché commandée par la NASA aux entreprises Crown Consulting Inc et McKinsey & Company¹⁵, la mise en place semble plus aisée, viable financièrement.

Le schéma Air Mobility du Bourget 2035

Prévues à l'origine pour les Jeux Olympiques de Paris, des liaisons en taxi drones seront possibles au Bourget. Cette deadline correspond aux Roadmaps données par l'EASA, et les plus gros constructeurs¹⁶ qui visent une certification avant 2028. Volocopter, acteur du Bourget 2023, pourrait être la compagnie exploitante face à un évènement grossissant, permettant alors un désengorgement des liaisons ferroviaires et automobiles. Malgré tout, l'avenir semble être à l'automatisation. L'environnement machine étant d'une telle complexité, le besoin d'asservissement se fait cruellement sentir en allant de la gestion des accélérations au contrôle total comme les travaux d'Uber le montrent. Dans cette lignée, Wisk est donc clairvoyant.

Au vu de l'enjeu de l'intégration de ce type de technologies, les états et des délégations internationales annonceront collaborer avec l'une des quelques entreprises se partageant le secteur des solutions « clé en main », intégrant la totalité du nécessaire à l'exploitation de l'UAM : plateformes de prise en charge et contrôle, appareils et procédures. Les potentiels clients auront alors la possibilité de souscrire, au Bourget, à une sorte de web de structures interconnectées améliorant l'efficacité et diminuant les risques de telles manœuvres.

Turbulences pour la concurrence !



Aux États-Unis, Joby Aviation et Archer semblent avoir de réelles clés en main. Soutenus respectivement par Delta Airlines et la NASA ainsi que United Airlines et Stellantis, leur avenir paraît tracé au vu de leur cotation en bourse et leur structure d'entreprise. Sur un autre créneau, le projet Wisk, soutenu par Boeing, avec sa caractéristique de pilotage autonome ferait sa première démonstration, montrant sa capacité face à différents obstacles lors du show de 2035. Pourquoi ne pas imaginer alors une signature de contrat entre ADP Group et Boeing pour l'intégration du projet sur l'aéroport du Bourget ? Propice à l'aviation d'affaire, ce serait alors la première porte vers une globalisation du taxi-VTOL autonome outre-Atlantique.

Tireront leur épingle du jeu, ceux qui répondront aux défis à venir : acceptation sociale, solidité économique pour subvenir le temps de s'imposer, diplomatie avec les états, fiabilité...

B. Améliorer la capacité d'emport pour le fret

Un besoin croissant

Dans un rapport annuel paru en 2022, Boeing met en avant le besoin croissant et à venir concernant le fret aérien. Basée sur la croissance économique moyenne et l'augmentation de la production, la charge de la demande internationale pour le fret est estimée à environ 4 % selon divers acteurs du marché¹⁷.

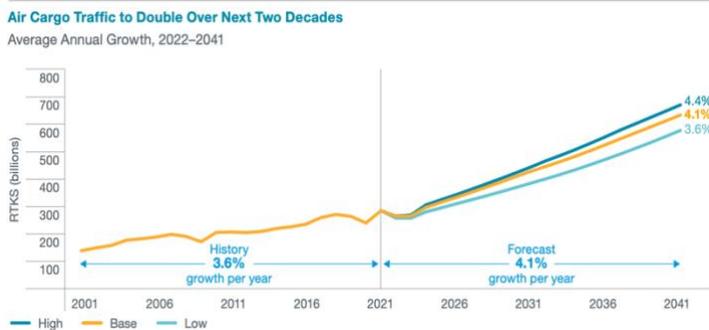


Figure 2 - Boeing Air Cargo Review - World Air Cargo Forecast 2022-2041

Les dirigeables et l'hélium

En 1852, Henri Giffard, fait voler le premier ballon, équipé d'un moteur et d'une hélice ; le dirigeable était né. Bien rangés depuis le crash du LZ Hindenburg, les plus légers que l'air sont-ils à l'aube de leur renaissance ?

Flying Whales¹⁸ a choisi de se pencher sur le sujet avec le LCA60T. Avec une charge utile de 60 tonnes, c'est surtout sa capacité à accéder à des lieux reculés et infrastructures réduites qui en fait sa force. Projetant une production pour 2026 et grandement soutenue par l'industrie (Safran Electrical & Power notamment) ainsi que les collectivités, un aspect vient tempérer ce rythme de croisière : L'hélium. Voici donc une ressource très convoitée dont les stocks s'amoinrent avec le temps. L'hélium, dont la production est assurée par les États-Unis, le Qatar, l'Algérie et la Russie épuisent leurs stocks et ferment leurs vannes¹⁹. L'instabilité géopolitique régnante entre ces puissances mondiales fait planer le doute concernant sa disponibilité à long terme. Si les entreprises de ce secteur démontrent la faisabilité d'une telle logistique au sol, elles pourraient se montrer avec une charge utile plus conséquente et un système de levage amélioré, force de leur offre.

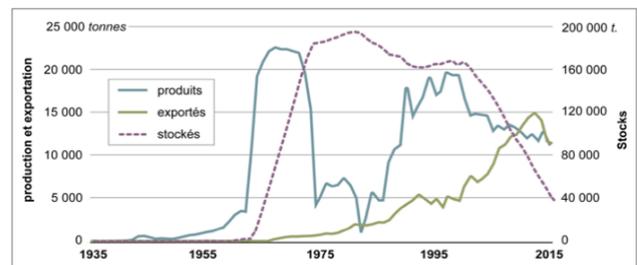


Figure 3 - Productions, exportations américaines d'hélium depuis 1930 Helium Statistics U.S. Geological Survey (2015).



Les ailes volantes

Les dirigeables ne sont pas les seuls à pouvoir transporter des charges. Si les ailes volantes ont du mal à séduire en matière d'exploitation commerciale civile, elles ont cependant tous les avantages répondant au transport cargo. Bénéficiant d'un volume difficilement égalable, elle est également plus économe et émet moins de CO₂ qu'un avion traditionnel par son aérodynamisme. EENUEE²⁰ l'a bien compris et propose désormais une aile volante qui peut se convertir en aile de transport. Capacité réduite tout de même, mais 2035 pourrait être le théâtre d'un volume augmenté avec des capacités d'emport démultipliées pour la nouvelle génération d'ailes volantes. Le concept étant nouveau, tout reste alors à mettre en œuvre en s'affranchissant des concepts propres aux avions.

C. Une redéfinition de la frontière avec l'espace

L'âge d'or des start-ups de lanceur

Depuis 1961, et la première section espace, le spatial fait partie intégrante du salon où l'on compte désormais en plus d'Ariane Group, une présence davantage marquée des start-ups. 2035 sera la période de transition pour beaucoup de ces entreprises dont plusieurs auront effectué leurs premiers vols commerciaux et commenceront à trouver leur rythme de croisière, de quoi permettre de dégager les premiers

bénéfices. Le succès sera alors pour ceux qui seront capables de casser le prix de l'accès à l'orbite. En effet, le coût d'accès à l'espace est en forte baisse depuis le début de la conquête spatiale comme le montre une étude de l'université d'Oxford, ouvrant la porte au déploiement de nouvelles constellations de satellites et au développement de projet plus ambitieux comme le programme lunaire ARTEMIS auquel l'Europe participe activement.

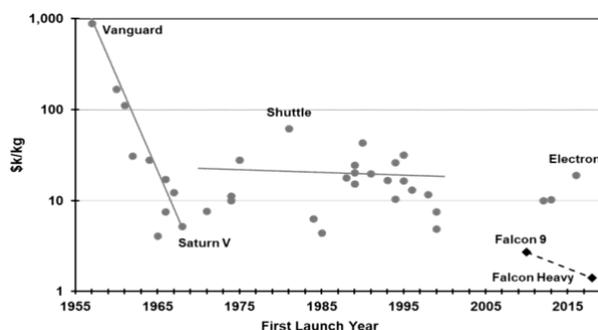


Figure 4 – Évolution du coût d'accès à l'espace en USD par kg – Université d'Oxford

Un accès à l'espace facilité

Parier sur l'avenir, c'est ce que tentent de faire beaucoup d'entreprises de services pour faciliter l'accès à l'espace. C'est par exemple le cas d'Astros, ou de Ride, qui, à l'image d'une agence de voyage propose de prendre en charge la logistique d'envoi du satellite en orbite. Ces entreprises prévoient un futur où l'envoi d'un tel engin dans l'espace sera comparable à l'envoi d'un colis.

Interview : Yann Cochenec, rédacteur en chef - Air & Cosmos

Le secteur aéronautique est très régulièrement confronté à la critique publique, selon vous d'ici 10 à 20 ans, la perception par le grand public pourrait-elle avoir radicalement changé ?

« Ce n'est pas le mode de transport le problème, mais le carburant qu'il utilise, [...], à cette période le routier sera vert. Il est clair que l'aérien devra bouger et il faut que d'ici 10 ans, il soit capable de montrer qu'il a réussi à réduire ses émissions de CO₂, autrement, on le pointera à nouveau du doigt. »

Quelles sont les futures innovations militaires qui nous permettrons de conserver notre souveraineté ?

« Je pense que l'orbite basse pourrait être envahie par le militaire. Nous pouvons très bien imaginer des petites navettes qui y circulent avec deux personnes à bord, pour surveiller, détruire des satellites ennemis [...] Le Rafale Standard F5, c'est un avion qui permettra de faire la jonction avec son avion successeur aux alentours de 2040 : le futur NGF »



L'innovation pilier de l'industrie de défense moderne

Imaginer le salon du Bourget 2035... C'est enfin prévoir l'évolution d'un lieu privilégié de démonstration de sa souveraineté, où les gouvernements évaluent les possibilités de coopération et de partenariats. C'est une véritable fenêtre ouverte sur l'avenir, où les innovations pour le combat de demain sont dévoilées, permettant d'imaginer les technologies qui façonneront le futur du combat aérien.

A. Un contexte géopolitique catalyseur de l'industrie de défense

Un changement de paradigme

Récemment, le conflit en Ukraine a mis en lumière un tournant géostratégique majeur qui conduit à un changement de paradigme complet en matière de défense. L'Europe a redécouvert la réalité d'une guerre de haute intensité (en présence d'une puissance nucléaire). Ce conflit a mis en évidence des faiblesses dans le modèle de défense actuel. Le maintien d'une supériorité opérationnelle des armées se fera uniquement par une transformation pour anticiper les sauts technologiques et ses usages dans des domaines comme l'espace, la cybersécurité ou les drones.

« Je veux que notre outil militaire s'adapte pour répondre aux crises d'aujourd'hui et de demain, ainsi qu'aux nouveaux modes de conflictualité »

C'est en ces termes que le président français Emmanuel Macron a lancé la LPM 2019-2025 avec une réelle volonté d'investir et de renforcer le secteur de la défense.

Quel modèle économique pour la défense ?

L'objectif fixé par le gouvernement est clair, porter le budget de la défense à 2 % du PIB français. Une étude du Cercle des Économistes, déclare obtenir un multiplicateur de dépense publique sur le PIB de 2 au bout de 10 ans dans la défense²¹. Cela signifie que chaque milliard d'euros investi dans la Base Industrielle et Technologique de Défense (BITD) génère 2 milliards d'euros d'activité (PIB) supplémentaires au bout de 10 ans.

La LPM, récemment approuvée par le Sénat, confirme cette tendance à investir dans ce secteur. Avec un total de 413,3 milliards d'euros²² sur la période 2024-2030, elle prévoit en premier lieu une modernisation de ses ressources matérielles. Dans un second temps elle prépare aux conflits de demain, investissant notamment 10 milliards d'euros dédiés à l'innovation

pour penser l'armée du futur et développer les démonstrateurs de nouvelles technologies.

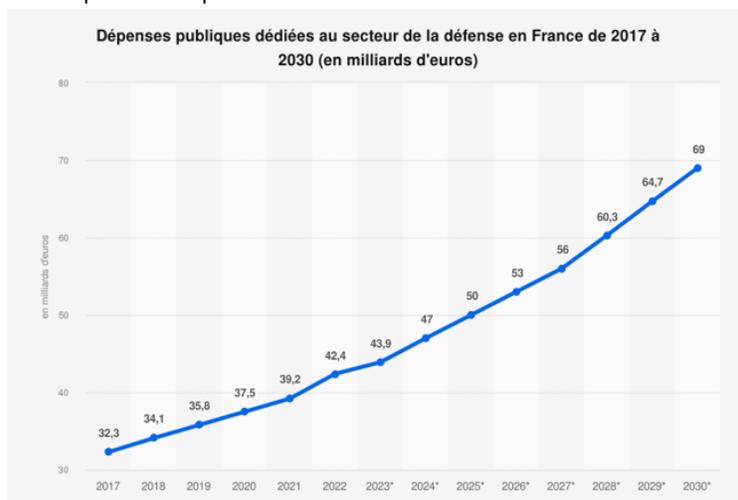


Figure 5 - Graphique de l'évolution du budget annuel de la défense française 2017-2030 – Statista



B. L'innovation : clé du combat de demain

Zoom sur un programme ambitieux, le SCAF

Dans ce contexte de tension géopolitique, l'ère est à l'innovation pour maintenir une armée moderne et souveraine. Le Système de Combat Aérien du Futur²³ (SCAF) développé communément par la France, l'Allemagne et l'Espagne en est l'exemple parfait. C'est un nouvel ensemble de combat collaboratif alliant la puissance d'un avion de combat 6^{ème} génération, la multitude d'une flotte de drones autopilotés par l'intelligence artificielle et l'interopérabilité grâce au cloud de combat. Ce système de combat du futur, opérationnel à l'horizon 2040, annonce Philippe Koffi, ingénieur en chef de l'armement à la DGA (Direction Générale de l'Armement), sera capable d'œuvrer sur tous types de terrains et de faire face aux futures menaces.

Le 15 septembre 2022, la phase 1B a été lancée pour développer et tester les démonstrateurs¹⁰. Mais c'est seulement à partir de la phase 3, qui devrait débuter aux alentours de 2030, que l'on pourra assister aux premiers essais en vol laissant entrevoir la possibilité d'une présentation officielle 5 ans plus tard au Salon du Bourget.

Cette odyssee ne peut être réalisée sans les nombreuses entreprises telles que Airbus, Dassault Aviation et MBDA qui participent au projet et travaillent en coopération sur la conception du New Generation Fighter (NGF)

ainsi que des plateformes de combat comme les « Remote Carrier ». Cette capacité technologique à déporter des capteurs et de l'intelligence perturbera les doctrines d'emploi des plateformes habitées connectées²⁴. Les "meutes" de groupes hétérogènes d'effecteurs agissant en collaboration dans diverses situations, y compris sous des règles d'engagement strictes, seront un moyen crédible et flexible pour saturer, tromper ou éliminer l'ennemi tout en ciblant plusieurs objectifs dans des environnements complexes.

L'ère de l'interopérabilité

Face à l'évolution vers des conflits de plus en plus décentralisés, les systèmes de combat doivent impérativement adopter des capacités collaboratives pour garantir des interventions rapides et efficaces en tout point du globe. L'interopérabilité devient le maître-mot des futurs systèmes de combat. Néanmoins, le développement à rallonge du SCAF va nécessiter de faire durer le Rafale. En effet, 2040 est une date très optimiste pour sa mise en service, le Rafale a encore de beaux jours devant lui, il est destiné à vivre encore 30 ans en parallèle du NGF, au-delà de 2050.

« L'avion doit évoluer avec son temps »

Évoquait E. Trappier, PDG de Dassault Aviation, lors d'une interview à propos du Rafale. Sa modernisation est déjà en marche, le standard F5 prévu pour 2035 va



apporter des améliorations majeures au Rafale²⁵. Il se verra doté à l'instar du NGF d'une première itération de capacités d'interopérabilité avec un premier drone de combat furtif accompagnateur. En intégrant un tel effecteur déporté directement issu des enseignements du projet de démonstrateur Neuron, le Rafale F5 verra sa force de destruction et de pénétration décuplées autant que ses chances de survie en milieu hostile.

Un besoin de résilience

Le contexte actuel incite à revoir la feuille de route, le besoin de résilience revient sur le devant de la scène. Cela doit passer par une forte relocalisation des moyens de production, notamment sur les composants dits critiques. En avril dernier le Parlement européen a ainsi conclu un accord avec les États membres pour doubler la capacité de production de semi-conducteurs en Europe. Il faut aussi diversifier les moyens d'approvisionnement de matières premières rares comme le titane et les superalliages très utilisés dans le secteur aéronautique, le recyclage des métaux serait une des solutions pour réduire cette dépendance vis-à-vis des pays producteurs.

Conclusion

En imaginant le Paris Air Show 2035, on se rend compte que ce salon, accueillant chaque année des centaines de milliers de visiteurs, professionnels et grand public, est et sera un marqueur des grandes évolutions de l'aéronautique, qui :

- ⇒ Reflétera l'évolution d'une industrie en plein renouveau, s'alignant sur le consensus environnemental établi aujourd'hui, où l'aviation décarbonée n'est finalement pas uniquement une histoire de carburant et de réduction de la consommation ;
- ⇒ Présentera les nouveaux produits commercialisables tant du côté des gros constructeurs, pour renouveler leur flotte, que du côté des sociétés émergentes proposant des versions abouties de leurs concepts actuels tel que les VTOL ou les avions hybrides ;
- ⇒ Marquera la transition vers les systèmes de combat collaboratifs, mobilisant tout le spectre de défense aéronautique pour développer les prochaines innovations. L'ensemble œuvrant pour la mise en œuvre du chasseur 6^{ème} Génération et de ses effecteurs, nécessaires au maintien d'une souveraineté irréfutable.

« C'est le plus grand et le plus beau salon du monde »

Gille Fournier, 2023, Directeur du salon du Bourget

L'innovation outil de souveraineté

L'innovation devient le point de départ de l'industrie de défense et permet de marquer son avance face aux autres nations. La France se distingue par ses remarquables avancées dans le domaine de l'ypersonique, notamment sur le planeur V-max et sur l'arme de dissuasion ASN-4G, destinée à succéder à l'ASMPA.

Les instituts de défense ont maintenant pour habitude d'utiliser le salon comme une vitrine de leurs nouvelles capacités. Plusieurs autres innovations²⁶ pourraient être présentées en 2035 :

- **Des communications laser entre les plateformes collaboratives utilisant les satellites comme relais ;**
- **La furtivité des chasseurs grâce à la technologie plasma formant un film protecteur autour de l'appareil ;**
- **L'utilisation dans les structures des aéronefs de la nanotechnologie et des matériaux intelligents qui permettraient de capter des informations à 360° ;**
- **Des capacités de « Edge Computing » intégrées dans l'avion lui permettraient d'analyser les données en temps réel.**

Bibliographie

Les perspectives d'une aviation décarbonée

- [1] EASA, 2022, RAPPORT ENVIRONNEMENT DE L'AVIATION EUROPEENNE 2022
- [2] Conseil de l'union européenne, 2022, RefueLEU Aviation Plan
- [3] GIFAS/DGAC, 2023, Feuille de route « ARTICLE 301 » de décarbonation de l'aérien
- [4] Boeing, 2022, Cascade tool
- [5] Eric Dautriat, 2021, L'avion à hydrogène : Ambition ou illusion ?
- [6] Salon du Bourget 2023 : Paris Air Lab
- [7] Paris Air Forum, 2023, Avion/train/bateau, y aura-t-il de l'énergie verte pour tous ?
- [8] Air-Cosmos, février 2023, Article - ATR et Pratt Whitney vers le 100% SAF
- [9] Air-Cosmos, juin 2023, numéro spécial Salon du Bourget 2023
- [10] Safran, Communiqué Juin 2023, Le démonstrateur Ecopulse prend forme
- [11] Safran, PressKit Juin 2023, Safran tackles the climate challenge
- [12] Airbus, 2023, Wings Of Tomorrow - Hub to accelerate next wings generation

Une diversification des acteurs et des concepts, source de changements disruptifs

- [13] OACI, Juillet 2019, Compte Rendu 40ème assemblée de travail
- [14] VTOL.org, VFS Electric VTOL Aircraft Directory reaches 500 Concepts
- [15] Crown Consulting & McKinsey, UAM & VTOL Market Study
- [16] EASA, EASA UAM Full Report
- [17] Boeing, Boeing World Air Cargo Forecast 2022
- [18] Flying Whales, Flying Whales - Le dirigeable
- [19] IFRI, Juin 2022, Hélium : les nouvelles géographies d'une ressource critique
- [20] EENUEE, EENUEE Planes

L'innovation pilier de l'industrie de défense moderne

- [21] IHEDN, 2020, Impact économique de la défense
- [22] Senat, 2023, Lois de Programmation Militaire 2024 - 2030
- [23] DSI, juillet 2023, Hors-série 90 : Aviation de combat L'épreuve du feu
- [24] Ministère des Armées, 2023, Le SCAF est bien plus qu'un avion
- [25] CAIA, 2021, n°123 Coopération aéronautique européenne
- [26] Xavier Tytelman, 2023, Aviation du futur : que sait faire un chasseur de 6e génération