

Les hélices de forte puissance : des solutions performantes pour une aviation responsable

Par Jean-François CHANUT

VP/GM, Propeller Systems de Collins Aerospace et président de Ratier-Figeac

Longtemps tapis dans l'ombre de l'aviation à réaction, plus rapide et synonyme de renouveau à la sortie de la Seconde Guerre mondiale, les turbopropulseurs sont en passe de faire leur retour sur le devant de la scène aéronautique, dans un contexte de décarbonation du secteur et plus largement des engagements pris vis-à-vis de l'environnement. Ils ont effectivement de nombreux avantages à faire valoir dans les profils de missions qui leur sont le plus adapté que ce soit dans l'aviation commerciale ou le militaire. L'entité Ratier-Figeac de Collins Aerospace, implantée au cœur du département du Lot, investit depuis des dizaines d'années dans l'amélioration des systèmes hélices de forte puissance, tant sur l'amélioration des appareils existants que sur l'architecture des plateformes du futur. Aérodynamisme, efficacité, confort, fiabilité, réparabilité ou encore recyclabilité, tous les aspects de la vie d'une hélice sont optimisés pour réduire l'impact des systèmes sur l'environnement tout en garantissant aux opérateurs les meilleurs coûts d'opération. En plus de réduire l'impact des équipements qu'elle fabrique, l'entreprise est engagée dans la réduction de son empreinte environnementale locale, via notamment la transformation des infrastructures ou la mobilité douce.



Hélice A400M (© Collins Aerospace).

Alors que dans l'imaginaire populaire, les avions à hélices gardent une connotation un peu «vintage», ces derniers connaissent aujourd'hui un nouvel essor.

Pour beaucoup, ce type d'appareil évoque en effet les débuts de l'aviation, et leur bourdonnement si caractéristique rappelle inévitablement des avions d'un autre temps, comme les Bréguet, Viscount, Douglas DC3 ou Lockheed Constellation.

Pour moi en revanche, ce son est clairement synonyme de futur. Ce futur proche qui verra la prochaine génération d'avions à hélices, sur laquelle nos ingénieurs travaillent déjà conjointement avec nos clients, constructeurs aéronautiques, compagnies aériennes

et forces aériennes, pour développer une aviation plus efficace et plus respectueuse de notre environnement.

La renaissance des avions à hélices

Dans un monde confronté aux réalités du changement climatique, l'industrie aéronautique s'est engagée dans une voie drastique de réduction des émissions de gaz à effet de serre avec pour objectif d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Dans cette perspective, en parallèle des travaux de recherche sur les carburants alternatifs, les innovations technologiques sur les trajectoires, l'efficacité ou la masse des appareils, l'avion

régional à hélices occupe une place importante sur le chemin de la décarbonation. Le groupe RTX, dont notre activité d'hélicier Ratier-Figeac fait partie au sein de Collins Aerospace, s'est particulièrement engagé à soutenir cet objectif à l'horizon 2050, en développant des solutions innovantes dans les matériaux, la connectivité, l'électrification et une propulsion optimisée, notamment hybride.

Mais avant d'aller plus loin, il convient tout d'abord d'analyser l'histoire du développement du turbopropulseur, et de déconstruire quelques idées reçues sur l'avion à hélice. Star de l'aviation jusque dans les années 1940, elle a laissé le devant de la scène après la Seconde Guerre mondiale à l'avion à réacteur, plus rapide. L'appareil turbopropulsé était ainsi relégué à des routes moins prestigieuses ou moins visibles, bien que tout autant utiles. Même s'il s'est constamment amélioré en termes de confort et de coûts, d'aucun prédisait sa disparition progressive... avant que les enjeux économiques, liés au prix du kérosène, et écologiques, liés au dérèglement climatique, ne lui redonnent une nouvelle jeunesse. Et on observe qu'il est aujourd'hui omniprésent tant sur les théâtres militaires que dans l'aviation commerciale court-courrier. Les turbopropulseurs ont ainsi su résister, à force d'améliorations progressives, et s'apprêtent à prendre leur revanche d'une façon plus éclatante.

Le turbopropulseur : un avion « écolo-nomique »

Si les turbopropulseurs reviennent depuis quelques temps en grâce chez les exploitants aéronautiques, c'est que ceux-ci présentent des avantages non négligeables comparés aux turboréacteurs de même capacité.

Premièrement, la distance nécessaire au décollage et à l'atterrissage est inférieure à celle requise par les turboréacteurs. Les compagnies ont la possibilité de connecter de plus petits aéroports entre eux, dans des régions moins peuplées et donc de permettre leur développement démographique et économique. De plus, étant moins sensibles aux risques d'ingestions, ces appareils sont également capables d'atterrir sur des pistes non préparées, améliorant de manière significative la logistique et l'accessibilité aux théâtres d'opérations militaires les plus reculés.

Les avions à hélices de génération actuelle consomment entre 30 % et 40 % de kérosène en moins que les avions à réaction de même capacité, émettant d'autant moins de gaz à effet de serre. Déjà en 2019, un ATR 72-600, équipé de nos hélices composites 568F, a réalisé un vol en Suède reliant Halmstad à Stockholm, en quête du « vol parfait » – le vol qui par définition avait pour objectif d'utiliser le moins possible de kérosène et donc d'émettre le moins possible de dioxyde de carbone. Cet appareil était équipé de deux turbopropulseurs Pratt & Whitney Canada PW 127M, alimentés par un carburant incorporant 50 % de biofuel ; au cours de ce vol historique, il a émis 46 % de CO₂ de moins qu'un vol traditionnel.



E-2D Hawkeye (domaine public).

Toujours en 2019, l'US Navy a effectué le plus long vol continu jamais enregistré d'un E-2 Hawkeye (avion radar embarqué sur porte-avions), équipé de deux nouvelles hélices huit pales NP2000 en composites fabriquées dans nos ateliers de Figeac. Le vol de huit heures, rendu possible grâce aux capacités de ravitaillement en vol de l'appareil, a mis en évidence la réduction significative du bruit et des vibrations dans le cockpit engendré par les hélices, permettant aux pilotes d'évoluer dans un environnement moins exigeant. Ce niveau de confort, contribuant à des missions plus longues avec un équipage toujours alerte, est un des avantages du système hélice NP2000.

Par ailleurs, les innovations sur l'hélice NP2000 ont également bénéficié au C-130H Hercules. Un système électronique de contrôle de l'hélice permet là encore de réduire les vibrations et les bruits d'environ 15 dB dans le cockpit. Les pales quant à elles, à l'aérodynamique avancée, augmentent la poussée d'environ 20 % pendant les accélérations à basse vitesse. Cela permet de réduire les distances au décollage et d'améliorer la sécurité de l'équipage. D'autre part, nous avons travaillé à l'amélioration de la maintenance des hélices afin de réduire le temps et les coûts d'entretien de l'ordre de 50 %.



C130 équipé d'hélice NP2000 (© US Air Force).

Les avions à hélices sont également souvent utilisés à des vitesses de croisière plus faibles que celles des jets de capacité équivalente ou supérieure, mais, si cela participe bien sûr à leur frugalité, ce n'est pas une fatalité contrairement à certaines idées reçues. Un A400M équipé de nos hélices vole aujourd'hui jusqu'à 40 000 pieds et à une vitesse maximale de 882 km/h! En d'autres termes, un A400M ne mettrait



Centre d'Excellence Hélice à Figeac (© Collins Aerospace).

que 40 minutes de plus qu'un avion de ligne pour rallier New York depuis Paris !

Forts de notre expérience, nous anticipons les besoins futurs des avions de ligne et prévoyons les futures versions alliant environnement, économie, confort et vitesse.

L'innovation au service de la décarbonation

La feuille de route technologique des hélices de Ratier-Figeac vise à l'amélioration continue et à l'optimisation des systèmes d'hélices non seulement pour diminuer leur impact environnemental, mais également pour offrir un meilleur confort aux équipages ainsi qu'aux passagers et garantir aux exploitants les coûts d'opérations les plus faibles.

Nos ingénieurs continuent de travailler aux avancées technologiques de l'hélice. Raison pour laquelle Collins Aerospace a investi 32 millions d'euros sur notre site de Figeac pour bâtir un nouveau centre d'excellence, qui a été inauguré en 2021 en présence du Premier ministre français. C'est dans ce centre de pointe que la prochaine génération d'hélices sera conçue, fabriquée, testée et certifiée grâce notamment aux nombreux moyens d'essais.

De plus, Ratier-Figeac est investie dans de nombreux programmes de recherche européens. Dans le cadre d'« Horizon Europe Clean Aviation », nous participons aux projets HERA et HE-ART dont le but est de travailler sur la mise en œuvre d'architectures et de systèmes de propulsion d'avion hybride électrique. Dans le cadre du projet HE-ART, nous avons la responsabilité du «work package» hélice, qui consiste au développement d'un prototype d'hélice intégrant des nouvelles technologies pour plusieurs de ses modules et qui sera installé sur le démonstrateur de moteur à

propulsion hybride. L'ensemble sera ensuite soumis à une campagne d'essais au sol sur banc moteur.

Nous sommes également très investis dans des programmes de recherche français financés par la DGAC (direction générale de l'Aviation civile).

On citera notamment le projet PARIDES coordonné par l'avionneur ATR concernant, entre autres, l'hybridation de la propulsion et l'optimisation aéroacoustique du système hélice en prenant en compte les contraintes d'installation sur avion pour maximiser son efficacité énergétique tout en en réduisant les émissions sonores.



Hélice ATR à l'assemblage (© Collins Aerospace).

PHAROS est un autre projet français qui concerne, lui, le développement de nouvelles technologies pour les différents modules d'hélices, de nouveaux matériaux métalliques et composites, de nouvelles architectures de contrôle hélice, le développement des méthodes et outils de conception novateurs basés sur la modélisation, la simulation et l'optimisation dans les domaines de l'aéroacoustique, des systèmes de contrôle, des chocs ou encore de la conception mécanique. Ce projet concerne également de nouveaux procédés

de fabrication qui seront indispensables pour pouvoir assurer les montées en cadence à venir sur ce marché, notamment mais pas uniquement pour ce qui concerne la fabrication composite pour laquelle l'automatisation demeure un réel défi. D'autres travaux visent quant à eux à effectuer de la maintenance prédictive en surveillant et analysant, *via* des données analytiques, l'état de la pale ou de l'hélice en opération, afin de pouvoir établir un diagnostic préventif des besoins de maintenance et optimiser ainsi les opérations.

Il y a bien sûr une complète cohérence entre les différents projets. PHAROS s'attachant par exemple au développement des nouvelles technologies de modules et composants. Des projets comme PARIDES ou HE-ART se concentrant eux sur l'optimisation de l'intégration du système hélice avec l'avion et la motorisation hybride de propulsion. La démonstration de la maturité des nouvelles technologies hélices au niveau ensemble propulsif et avion passera d'ailleurs par une phase d'essais en vol à l'horizon 2026-2028.

Plus largement mais toujours au sein de RTX, Collins Aerospace et Pratt & Whitney travaillent également à un programme de démonstrateur de vol hybride électrique. En juin 2023, les équipes de recherche ont réalisé avec succès le premier test de puissance du moteur électrique de 1 mégawatt (MW), développé par Collins, associé à un moteur thermique, développé par Pratt & Whitney, et à une hélice fournie par Ratier-Figeac. Ce système de propulsion hybride électrique vise à démontrer une amélioration de 30 % du rendement énergétique et une réduction des émissions de CO₂ par rapport aux turbopropulseurs régionaux les plus modernes aujourd'hui.

En parallèle de la recherche et à propos des nouveaux développements, Ratier-Figeac a récemment été sélectionnée par l'entreprise Deutsche Aircraft pour fournir l'hélice de leur avion D328eco™. Il s'agit pour nous d'adapter une hélice existante au cahier des charges spécifique de cet avion. Son entrée en service est planifiée pour fin 2026. Le D328eco contribuera à la décarbonation de l'aviation à court terme de par son aptitude à fonctionner avec des carburants alternatifs de type SAF et de par sa capacité à remplacer des avions plus anciens ou de type jet de taille similaire.

Nous pourrions encore citer parmi les projets en cours la modification d'une hélice existante pour la société Universal Hydrogen pour l'adapter à leur concept innovant de pack de propulsion électrique pouvant être installé sur des avions en service, dans le cadre de rétrofits.

Qu'il s'agisse de modifications incrémentales d'appareils existants ou de sujets de recherche pour les plateformes du futur, Ratier-Figeac est moteur dans l'innovation. Ces futures hélices devraient bénéficier, tout en réduisant davantage leur empreinte sonore et les vibrations qu'elles génèrent, d'une efficacité aérodynamique augmentée, synonyme de réduction d'émissions de CO₂, d'une haute fiabilité et d'une maintenance optimisée garantissant aux

opérateurs la disponibilité de l'avion et une réduction des coûts d'opération.

Un engagement fort pour l'environnement

Au niveau industriel, nous investissons également fortement pour améliorer nos processus et notre impact environnemental sur l'ensemble du cycle de vie de nos produits. Les exigences environnementales sont considérées dès les premières phases de conception. Cette analyse est utile, entre autres, dans le choix des matériaux qui doivent permettre de tenir les exigences techniques pendant la conception, la fabrication, la vie opérationnelle, la maintenance et le recyclage des équipements en fin de vie. À titre d'exemple, des travaux sur les thermoplastiques recyclables sont menés pour de potentielles applications sur les hélices ou certains composants du système.

La certification ISO14001 que Ratier-Figeac a obtenue est d'ailleurs une reconnaissance des actions mises en place pour le management environnemental.

La responsabilité environnementale de l'entreprise passe également par la décarbonation du site de production. Là encore, de nombreux investissements ont été réalisés ces dernières années. De l'isolation thermique des infrastructures au plan de mobilité douce proposé aux employés, de la gestion des déchets au développement des circuits courts pour la cantine de l'entreprise, ce sont quelques-unes des actions qui ont permis à Ratier-Figeac sur la dernière décennie de considérablement réduire son empreinte environnementale : réduction de la consommation de gaz de 57 % ainsi que de la consommation d'eau de 42 % alors que l'activité a connu une hausse de 54 % sur la même période !



Hélice A400M (© Collins Aerospace).

En conclusion

Notre entreprise Ratier-Figeac, forte de ses 120 ans d'expérience et grâce à ses employés motivés et performants, est un des fers de lance de l'aviation responsable, en France et au sein de Collins Aerospace. Parce que nous sommes implantés dans une nature lotoise verdoyante et accueillante ; parce que nos

collaborateurs sont soucieux de notre empreinte environnementale industrielle ; parce que nos clients aviateurs mettent au point des avions toujours plus performants et économes ; parce que le développement économique, social et culturel des territoires est un facteur de progrès et de paix dans toutes les régions du monde ; parce que les passagers exigent des déplacements responsables, confortables et bon marché.

Pour toutes ces raisons convaincantes, nous sommes totalement engagés vers le développement d'hélices

de nouvelle génération en collaboration étroite avec notre groupe, avec la filière aéronautique et au sein de notre communauté locale.

Les avions à hélices sont définitivement une solution d'avenir ; Ratier-Figeac possède la vision, l'expertise et l'énergie pour continuer à innover et améliorer, permettant ainsi à l'hélice de redevenir le futur de l'aviation commerciale et militaire.