



NASA : X57, exploration de la motorisation électrique distribuée sur une base de TECNAM bimoteur P-2007T.

# L'aviation électrique, une vision industrielle

Dans un article précédent, *Piloter* illustre un panorama (incomplet) de l'aviation électrique au travers plusieurs projets et prototypes présentés à Oshkosh (pendant l'Electric Aircraft Symposium ou sur le salon AirVenture).

La multiplication des conférences et autres symposiums en cette fin d'année 2018 a permis de faire un point sur la situation vue par les grandes entreprises mondiales, les Airbus, Boeing et autres Safran...

## La troisième révolution technique de l'aviation

La vision est maintenant partagée par tous : la motorisation électrique constitue la troisième révolution technique de l'aviation : au début du XX<sup>e</sup> siècle, de multiples inventions permettent le vol motorisé piloté, puis, des années 30 à 50, le moteur à réaction ouvre le marché du transport commercial et, en ce début du XXI<sup>e</sup> siècle, la motorisation électrique va permettre à l'industrie aéronautique de passer le cap de la transition énergétique.

Il est fréquent de résumer la motorisation électrique à ses batteries, et au passage de nier tout avenir à ces technologies sur l'argument de leur faible densité énergétique actuelle. La vision devient différente si l'on rappelle que l'aviation électrique est mue par des moteurs électriques qui deviennent alors le cœur de la technologie, tandis que les batteries « ne sont » qu'une source de production électrique embarquée (en toute rigueur on ne stocke pas d'électricité dans une batterie... on y stocke des produits chimiques dont la réaction est susceptible de produire de

l'électricité). Cette vision centrale du moteur électrique (ou plutôt DES moteurs électriques) permet de mieux comprendre les évolutions à venir.

L'aviation électrique exploite cinq caractéristiques principales des moteurs électriques :

- Leur très forte densité de puissance : 5 à 6 kW/kg aujourd'hui, et plus de 10 dans un avenir plus ou moins proche ; à comparer aux 1,2 à 1,5 kW/kg des moteurs à piston (Rotax 912 comme Lycoming IO-540) ou 4 kW/kg pour les turbines PT6.
- Leur très haut rendement énergétique (environ 95 %, contre 30 à 40 % pour les moteurs à carburants carbonés)
- Leur très grande compacité
- Leur très faible coût (tant en acquisition qu'en exploitation)
- L'absence d'émissions « nocives » (CO<sub>2</sub>, Nox... mais aussi de bruit)

Ces caractéristiques permettent d'envisager deux évolutions majeures dans l'architecture des avions :

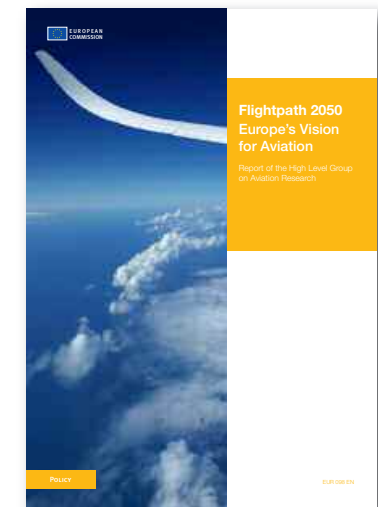
- La propulsion distribuée : la multiplication de moteurs électriques (sans pénalité de masse significative à iso puissance totale) permet de revoir les stratégies de fiabilité (la panne d'un moteur est abordée différemment, si l'avion n'a qu'un autre moteur disponible ou s'il en a 19 autres !)
- Le soufflage (ou l'aspiration) des surfaces : des moteurs placés sur une voilure permettent de la souffler et d'en améliorer le rendement aérodynamique (amélioration directe de la portance et indirecte de la traînée), et des moteurs astucieusement placés sur le fuselage, permettent d'aspirer la couche limite et d'en réduire sa traînée.

## Le cap de la transition énergétique

Le programme européen Flightpath 2050, porté par l'industrie, pose un objectif de réduction absolue des émissions (dans un contexte de croissance attendue du transport aérien) : -75 % de CO<sub>2</sub> par passager-kilomètre, -90 % de Nox et -65 % du bruit perçu. Le tout par rapport aux caractéristiques des avions neufs de 2000.

Mais toutes les études montrent que les améliorations des technologies connues (optimisation des moteurs, allègement des structures d'avion, évolution des opérations aériennes, des opérations au sol, etc.) sont insuffisantes pour tenir ces objectifs. Il nous faut une rupture. Et les promesses de la motorisation électrique semblent être les plus accessibles pour contribuer à cette rupture.

XXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXX



Nous devrions alors voir apparaître dans les trente prochaines années des géométries différentes (en rupture avec le modèle « tube-voilure »), des motorisations électriques alimentées par des sources hybrides (turbine optimisée pour un point unique de fonctionnement, pile à combustible et bien sûr batteries dont la technologie [non-lithium ?] est encore inconnue).



ONERA : AMPÈRE, une étude soufflerie de quadriplace à propulsion distribuée

En attendant, et de façon singulière en retour sur les origines de l'aviation, l'aviation générale redevient un champ exploratoire à ces nouvelles technologies. C'est ainsi que l'on voit tous les grands organismes de recherche (NASA [USA], ONERA [France], DLR [Allemagne], ATI [Royaume-Uni], les Chinois aussi, mais de façon





plus discrète...) développer des plateformes exploratoires basées sur des avions légers.

### Les carburants avion : un énorme enjeu économique

Avec un peu plus de 20 000 avions de ligne aujourd'hui (la quantité doit doubler d'ici 2040), le *business* mondial du transport aérien pèse entre 800 et 900 milliards de dollars, chaque année. Et les coûts opérationnels des compagnies aériennes comprennent environ 30 % de carburant et 15 % d'achats à l'industrie aéronautique (des avions neufs – ou pas –, des achats de pièces de rechange, des services).

Avec de tels volumes on voit bien l'enjeu d'une proposition d'aéronefs permettant une consommation réduite de carburants (aujourd'hui quasiment tous fossiles).

La motorisation électrique promet une réduction de la consommation de carburants sur 2 axes :

- De nouvelles architectures de propulsion avec des moteurs électriques alimentés à partir de sources hybrides : turbines optimisées pour un régime unique (versus les cas actuels où les turbines ou réacteurs doivent être assez performants à la fois pour la montée et la croisière) ou mégapiles à hydrogène, ou encore toutes solutions non identifiées à ce jour.

- Des nouvelles architectures d'avion tirant parti des soufflages de surfaces aérodynamiques et

DLR : projet HY4, quadriplace électrique alimenté par une pile à hydrogène.

xxxxxx xxxxx xxx  
xxx xxxxx xxx xxx  
xxx xxxxx

xxxxxx xxxxx xxx  
xxx xxxxx xxx xxx  
xxx xxxxx

d'aspiration des couches limites sur les autres. Des 300 milliards de dollars payés par les compagnies aériennes à leurs « sœurs » pétrolières, les constructeurs d'aéronefs (Airbus, Boeing et autres Embraer...) entendent bien pouvoir soutenir quelques « pourcent » en proposant des appareils à moindre consommation. Le transfert de valeur envisagé porte sur près de 50 milliards annuels. Soit l'ordre de grandeur des ventes civiles d'Airbus en 2017 !

De quoi aiguïser les appétits des constructeurs comme celles des motoristes.

Et c'est ainsi que l'on voit apparaître une profonde redistribution des cartes du marché de la première monte d'abord (et plus tard de la maintenance).

### Siemens, un nouvel acteur

Jusqu'au début de 2010, Siemens était quasiment inconnu de l'industrie aéronautique. Il s'agit pourtant de la première capitalisation boursière alle-



mande ! Elle a depuis décidé de pénétrer ce marché en s'associant notamment avec Airbus et Rolls-Royce pour développer des motorisations électriques de plusieurs MW (mégawatts). C'est ainsi que les trois associés développent un système de 2 MW sur un banc volant constitué autour de la plateforme d'un BAe 146. Il s'agit pour eux d'apprendre à maîtriser les flux d'énergie de tels niveaux (pour mémoire, la propulsion du biplace de Pipistrel « Alpha Electro » est de 85 kW, soit 25 fois moins !).



L'architecture proposée est basée sur le remplacement d'un des moteurs Honeywell d'origine par un AE 3007 de Rolls-Royce, intégrant un moteur électrique et une génératrice.

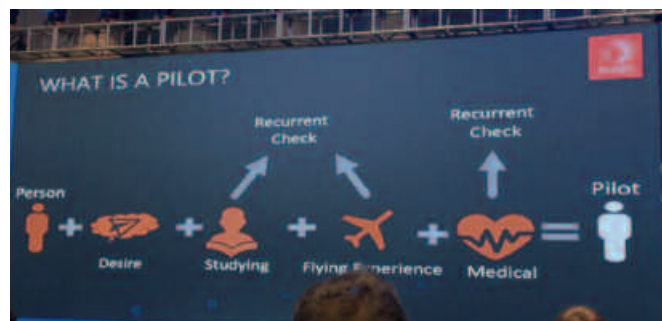
Des témoignages internes font état de puissantes luttes pour conduire à l'affectation des lots de responsabilité : à Rolls-Royce le générateur électrique intégré au *turbofan*, et à Siemens le moteur électrique monté sur le même axe. Ces partages peuvent constituer le point de départ d'un partage industriel prometteur.

Siemens préparerait aussi l'étape suivante : 10 MW ; l'échelle nécessaire pour envisager de remplacer la motorisation de l'A320 ! Il faut savoir que pour de telles puissances, les transferts d'énergie sont compliqués avec de fortes pertes par chaleur dans les câbles, de très fortes émissions électromagné-

xxxxxx xxxxx xxx  
xxx xxxxx xxx xxx  
xxx xxxxx

tiques. Les technologies nécessaires n'existent pas encore, mais l'horizon est celui de 2040 ou 2050...

De son côté, Safran renforce ses partenariats avec Bell (ex-Bell Helicopters) et Boeing. La communication du groupe français est faible sur ces sujets, mais nul doute que les efforts sont de même nature dans un groupe qui maîtrise déjà bon nombre de sujets électriques avec ses filiales qui précédemment s'appelaient Labinal, mais aussi l'intégration de Zodiac qui porte notamment une expertise sur la distribution électrique. Une gamme de moteurs (ENGINEUS) et de générateurs (GENEUS) est en train de naître ; tandis qu'une pile à combustible pour application aéronautique (le projet PIPAA financé par la BPI) devrait pouvoir jouer le rôle d'APU (*Auxiliary Power Unit*, alimentation d'énergie au sol). ■



## ERREURS DE PILOTAGE 12



Jean-Pierre Otelli

# Erreurs de pilotage

Tome 12

Malgré les dénégations de certains, le facteur humain reste le maillon faible de la sécurité aérienne.

Manque de formation... Autosatisfaction dangereuse...

Négligences routinières... Quelles que soient les raisons,

l'homme est presque toujours à l'origine des accidents.

24,35 €

Bon de commande page 7