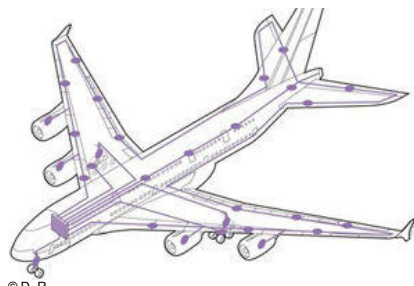


À la recherche de l'avion tout électrique

Le 25 juin 2011 par Hassan Meddah | L'Usine Nouvelle n° 3244



© D. R.

ENQUÊTE Pendant que les derniers modèles d'avions s'exposent au salon du Bourget jusqu'au 26 juin Incontestables, les progrès dans l'électrification des aéronefs devraient permettre de rendre les avions plus "verts". Mais une véritable intégration de l'électrique à bord fait encore défaut.

Attendu pour la première fois sur le tarmac du Bourget, le Boeing 787 sera l'une des vedettes du salon aéronautique. À n'en pas douter, les visiteurs seront séduits par ses lignes épurées, ses ailes fines et ses moteurs économiques... Pourtant, l'un des atouts majeurs de l'appareil échappera au quidam : le 787 est l'avion le plus électrique jamais conçu.

L'A 380 d'Airbus avait déjà ouvert la voie en intégrant les premiers inverseurs de poussée et les actionneurs (de secours) de commandes de vol électriques dès 2005... Mais rarement autant de fonctions à bord n'ont été assurées par cette source d'énergie : avionique, anti-givrage des ailes, démarrage des moteurs au sol, freinage, pressurisation de la cabine...

Au-delà de cet aéronef, la tendance est claire. Les avions embarquent une puissance électrique toujours plus grande : entre l'A330/340, un avion conçu dans les années 1990, et le 787, la puissance électrique est passée de 300 kW à 1 000 kW. L'A380, qui est pourtant 2,5 fois plus lourd que le 787, n'embarque "que" 600 kW.

Pour la prochaine génération d'appareils, les spécialistes estiment que l'ensemble des fonctions pourraient être assurées en mode électrique... à l'exception de la propulsion de l'appareil. Aujourd'hui, un appareil assure 15 % seulement de ses besoins en énergie grâce à l'électricité. C'est dire si le défi technologique posé aux équipes de développement est conséquent !

ÉLIMINER POMPES ET TUYAUTERIES

Si les ingénieurs sont pris d'une soudaine fièvre électrique, c'est parce que ce mode d'alimentation a de multiples avantages. Son principal atout est écologique. Il permet de moins tirer sur les réacteurs - la principale source d'énergie primaire à bord des avions - et de réaliser des gains de masse. Le tout se traduisant in fine par des économies de carburant.

Le câblage électrique, qui viendra remplacer les circuits hydrauliques et pneumatiques en éliminant les pompes et systèmes de tuyauteries, devrait alléger le poids des aéronefs. *"Pour un avion de type moyen-courrier tout électrique, le gain de masse potentiel pourrait se chiffrer en plusieurs centaines de kilos"*, estime Didier Godart, chargé du développement électrique chez Safran.

Pour réduire la consommation des moteurs, les ingénieurs travaillent sur la mutualisation d'énergie délivrée par les trois sources secondaires de l'appareil (alimentées par les réacteurs) : pneumatique, hydraulique et électrique. *"Ces énergies fonctionnent à la manière de silo et ne sont pas transférables d'un poste de consommation à un autre. Ainsi, la puissance hydraulique nécessaire pour manipuler le train d'atterrissage va servir quelques minutes, à l'atterrissage et au décollage. Pour le reste du vol, on la transportera et elle ne sera plus utilisée"*, explique Yannick Assouad, la directrice générale de la branche Aircraft Systems chez Zodiac.

Avec l'avion électrique, les ingénieurs pensent pouvoir commuter facilement le courant d'un équipement à un autre. En clair : ne plus démultiplier les systèmes embarqués de production d'énergie, mais leur donner des fonctions différentes selon l'utilisation de l'appareil.

L'électrification a déjà permis de supprimer les prélèvements d'air comprimé au niveau du moteur et donc les équipements complexes réalisant cette opération. Ainsi, sur le 787, la pressurisation de la cabine et le dégivrage des ailes ne sont plus assurés à partir de l'air chaud prélevé des réacteurs, mais par des moteurs et des compresseurs électriques fournis par l'américain Hamilton Sundstrand.

L'électricité permettra également d'assurer de nouvelles fonctions difficilement réalisables par les dispositifs pneumatiques et hydrauliques. Ainsi, Safran travaille sur une solution inédite de roulage sur piste. L'avion, à la manière des voitures hybrides, ne sera plus propulsé par les réacteurs, surdimensionnés durant cette phase au sol, mais par des moteurs électriques installés directement sur les trains d'atterrissage principaux.

La puissance visée est de 150 kW pour une vitesse de déplacement d'environ 37 km/h. À la clé, jusqu'à 5 % d'économie de carburant par vol. Les premiers essais au sol pourraient avoir lieu en 2013.

Avant de prétendre remplacer l'hydraulique et le pneumatique, les électriciens ont dû relever un double défi. D'abord, gérer les fortes puissances et utiliser des tensions toujours plus fortes (jusqu'à 270 V, voire 540 V...). En effet, avec les fortes tensions, le risque d'arc électrique grandit. Ensuite, convertir le courant électrique et la tension pour alimenter les différentes charges.

Thales produit ainsi des convertisseurs capables de transformer de l'alternatif en continu, tout en ajustant son intensité ou sa tension de sortie. *"À bord du 787, notre équipement de conversion transforme le 230 V alternatif en 540 V continu. On peut ainsi bénéficier de plus arandes puissances en utilisant des*

La propulsion électrique s'attaque à l'aviation légère

L'équivalent d'une consommation de 0,6

...entier. On peut ainsi bénéficier de plus grandes performances en amontant les courants relativement plus faibles", indique Christophe Bruzy, le directeur technique des activités électriques de Thales.

LA RÉDUCTION DE MASSE, UNE COURSE SANS FIN

Les électriciens n'ont fait qu'une partie du chemin. D'une part parce que l'avion 100 % électrique n'existe pas encore. Le 787 contient encore trois circuits hydrauliques et l'A 380 deux. *"Ils restent des avions "hybrides" mêlant différents circuits d'énergie. Avec l'électricité comme type d'énergie unique, les gains seront plus significatifs"*, estime Didier Godart de Safran. D'autre part, même le 787, l'avion le plus avancé dans le domaine, affiche un bilan énergétique à peine plus avantageux qu'un avion traditionnel.

De fait, l'architecture électrique des avions est loin d'être optimisée. Aujourd'hui, il faut quasiment reproduire pour chaque équipement (ailes, inverseurs de poussée, freins, gouvernes...), une chaîne électrique complète. Dans cette architecture, les gains sont limités. Si demain, on sait mutualiser une partie des éléments de cette chaîne électrique, la donne change complètement.

Le potentiel est toutefois là. Le réseau électrique a vocation à irriguer l'ensemble de l'avion et à délivrer la puissance électrique là où elle est nécessaire, au moment où il le faut, de manière dynamique. Mais la tâche est plus compliquée qu'il n'y paraît. *"Les charges ne demandent pas la même puissance électrique et n'ont pas le même temps de fonctionnement"*, prévient Didier Godart de Safran.

Au-delà de l'architecture optimale, les électriciens sont confrontés à d'autres défis. Comme la réduction de masse, une course sans fin. C'est particulièrement vrai dans l'électronique de puissance. Thales et Safran veulent ainsi optimiser l'encombrement et la densité des électroniques de puissance des moteurs et générateurs électriques. *"Aujourd'hui, un boîtier d'électronique de puissance de 1 kg permet de générer 1,5 à 2 kW. Nous voulons améliorer cette performance d'un facteur 8 voire 10 d'ici à trois ans"*, ambitionne Didier Godart.

Ainsi, un boîtier de 20 kg qui délivre 40 kW, (soit la puissance nécessaire à l'inverseur de poussée) pourrait se réduire à une masse de 2 kg ! Volontaire, l'équipementier a mobilisé 150 millions d'euros sur six ans pour son programme de recherche d'avion plus électrique. Pour relever le défi de la génération électrique, Thales mise, lui, sur une nouvelle génération de matériaux magnétiques dits à haute limite élastique. *"Ils sont capables de résister à des contraintes thermiques et mécaniques plus fortes"*, indique Christophe Bruzy.

Cette course à la densification d'énergie crée à son tour un problème : la dissipation de la chaleur. En fonctionnement, le réseau électrique subit des pertes dégagées sous la forme de chaleur qu'il faut absolument évacuer. Les experts du domaine travaillent sur des puces d'électronique de puissance en carbure de silicium capables de fonctionner même soumises à des températures élevées. Par ailleurs, les laboratoires travaillent à la fois sur des systèmes de refroidissement à air et liquide.

L'ENJEU DE LA SÉCURITÉ

La fiabilité et la sécurité électrique constituent un enjeu de recherche fondamental. À ce titre, le dysfonctionnement électrique survenu sur un 787 durant la phase des essais en vol en novembre 2010, obligeant à un atterrissage d'urgence, a rappelé les gageures dans ce domaine.

Spécialiste de la distribution et de la commutation électrique, Zodiac s'y attelle et travaille à renforcer la redondance et la reconfiguration des chemins électriques. Mais pas seulement. *"On veut pousser la sécurisation au-delà. On travaille sur des technologies de détection et d'extinction d'arc électrique"*, explique Yannick Assouad chez Zodiac.

La génération d'avions au fuselage constitué de matériaux composites complique encore plus la tâche. Ces derniers ne sont pas conducteurs et n'assurent pas le retour à la masse comme un fuselage aluminium. Autant de défis qui amènent certains à remettre en cause le tout électrique.

"Le départ de feu sur le 787 amène à s'interroger sur la pertinence de cette option. L'industrie automobile avait également choisi cette direction, avant de faire machine arrière au début des années 2000, faute d'une maîtrise suffisante de la technologie", rappelle Philippe Herrerias de Vinci Consulting. Il oublie de dire que les études ont été en partie abandonnées à cause de la réglementation. La loi obligeait les constructeurs à doubler tout système électrique par un système mécanique. Avec de telles contraintes, difficile de rentabiliser une nouvelle technologie...

...équipement sans consommation de 100 litre aux 100 Km par passager avec une vitesse de croisière maximale de 235 km par heure... Qui dit mieux ? C'est la performance de l'avion-concept électrique eGenius, qui a réalisé son vol inaugural le 25 mai 2011. D'une envergure de 17 mètres et d'une masse maximale au décollage de 850 kilos, le biplace était propulsé uniquement à l'aide d'un moteur de 60 kW de puissance électrique. Il a été conçu par l'institut de design d'avion de l'université de Stuttgart.