



La foudre constitue le principal phénomène naturel générateur de perturbations électromagnétiques. Les avions sont particulièrement exposés à ces environnements comparés aux systèmes terrestres. La croissance du nombre de systèmes électroniques dans les avions et l'introduction de matériaux « exotiques » dans la constitution du fuselage imposent une évolution de l'étude des effets d'une telle agression. L'institut Carnot XLIM, en collaboration avec la société Dassault Aviation, développe des outils permettant la modélisation des effets de la foudre sur les avions d'affaires Falcon.

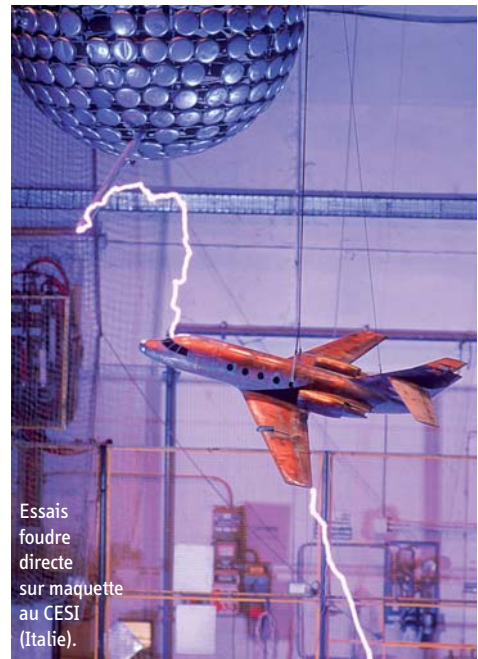
TEXTE : EMMANUEL PERRIN, DOCTORANT CIFRE XLIM-DASSAULT AVIATION, FABRICE TRISTANT, RESPONSABLE TECHNIQUE VULNÉRABILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE CHEZ DASSAULT AVIATION, ALAIN REINEIX, DIRECTEUR DE RECHERCHE AU CNRS-INSTITUT CARNOT XLIM, CHRISTOPHE GUIFFAUT, CHARGÉ DE RECHERCHE AU CNRS-INSTITUT CARNOT XLIM. PHOTOS : DR.

Foudre

Modélisation au service de la protection électromagnétique des avions

La foudre est un phénomène naturel dangereux pouvant avoir un impact important sur les systèmes électriques : destruction ou dysfonctionnement des équipements. La foudre, ce n'est pas seulement des éclairs entre le sol et un nuage, mais aussi des éclairs entre deux nuages ou encore à l'intérieur même d'un nuage. Ces derniers se produisent à plusieurs kilomètres d'altitude et rendent vulnérable tout avion naviguant dans une telle zone. Cet événement est loin d'être exceptionnel car, en moyenne, un avion civil est foudroyé toutes les 1500 heures de vol. Lorsqu'un avion est foudroyé, son fuselage est ainsi parcouru par de forts courants de quelques centaines de kA. Les effets peuvent se décomposer en deux familles :

- les effets directs : échauffement thermique (dû aux forts courants sur la peau de l'avion) associé à une onde de choc pouvant conduire à une dégradation mécanique de la peau de l'avion aux points d'entrée et de sortie de la foudre,
- les effets indirects résultent de la pénétration à l'intérieur du fuselage des courants et de champs électromagnétiques. Ces phénomènes induisent aux interfaces des équipements des tensions et des courants susceptibles de provoquer des dommages irréversibles ou des dysfonctionnements.



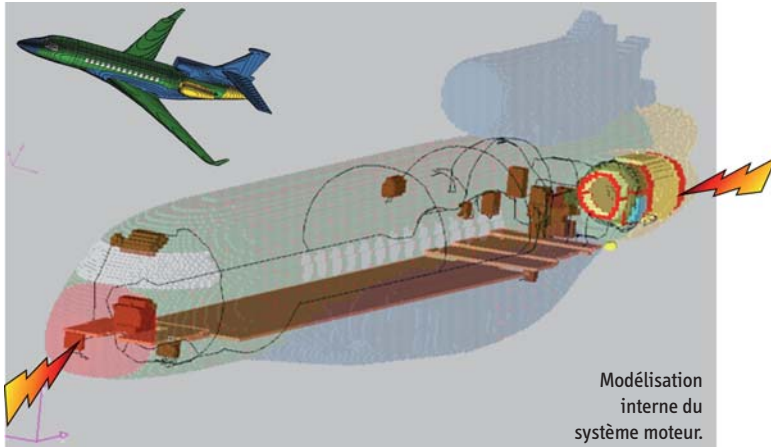
Essais foudre directe sur maquette au CESI (Italie).

LES COMPOSITES ALLÈGENT L'AVION MAIS COMPLIQUENT L'ÉVACUATION DU COURANT Foudre

Certaines évolutions technologiques récentes ont conduit les avionneurs à prendre en compte cet environnement dès la phase de conception de l'avion. Nous considérerons en particulier :

- les systèmes électroniques liés aux fonctions critiques (commandes de vol, contrôle moteur, avionique...). Leur protection nécessite une prise en compte de l'environnement tant au niveau des spécifications des équipements que de leurs installations,





Carnot XLIM, en partenariat avec la société Dassault Aviation, développe un « outil d'aide à la certification » via une modélisation électromagnétique complète de l'avion. Depuis quelques années, les avions sont conçus de manière numérique avec les outils de conception assistée par ordinateur et de Product Lifecycle Management, tels que CATIA-ENOVIA de Dassault Système. A partir de cette maquette numérique, l'institut Carnot XLIM élabore un prototype entièrement virtuel (modèle électromagnétique) du Falcon sur lequel il est possible de calculer les contraintes subies par les équipements de l'avion pendant un coup de foudre. Les premiers résultats (courants calculés dans un réacteur et dans l'empennage) sont en bon accord avec les essais réalisés sur avion au titre de la certification. À plus long terme, les possibilités offertes par le prototypage numérique sont nombreuses :

- l'apparition de matériaux composites constituant certaines parties de l'aéronef : fuselage, ailes, tronçons avant ou arrière, etc. Jusqu'à présent, les fuselages étaient métalliques, permettant une évacuation optimale des courants provoqués par la foudre vers le point de sortie. Depuis quelques années, les matériaux composites sont de plus en plus présents sur les avions civils. Il est vrai que ces matériaux offrent certains avantages : réduction du nombre de pièces, gain en masse et en temps de fabrication... Néanmoins, un désavantage notable les caractérise : ils n'évacuent pas les courants aussi bien que le métal du fait de leur plus faible conductivité électrique.

- prévoir dès la phase de design de l'avion les effets de la foudre sur les équipements et, ainsi, pouvoir identifier et corriger avant la phase de fabrication les éventuels problèmes,
- simuler aisément différents points d'entrée et de sortie de la foudre (nez-aile, nez-moteur, aile-empennage...) et observer les « pires cas »,
- augmenter l'efficacité des essais réels de certification par une meilleure connaissance en amont des phénomènes électromagnétiques,
- diminuer la durée des essais sur l'avion en complétant la mesure par la modélisation (zone difficile d'accès par la mesure, câblage similaire dans une même zone, etc.).

Le projet bénéficie à la fois des compétences aéronautiques de Dassault Aviation et des connaissances électromagnétiques de l'institut Carnot XLIM. Ainsi, la qualité des premiers résultats permet d'espérer à long terme le développement d'un outil complet de prototypage numérique d'avions face aux perturbations électromagnétiques. La collaboration permet à l'institut Carnot d'effectuer une réelle recherche en amont, via le développement de codes numériques de pointe, et à l'industriel d'obtenir des outils novateurs le guidant dans la conception d'aéronefs. ▲

• REPÈRES LE RÉSEAU DES INSTITUTS CARNOT

►►► Le réseau des instituts Carnot, animé par l'Association des instituts Carnot, regroupe 13 000 chercheurs qui se sont engagés à développer les partenariats de recherche avec les entreprises. www.instituts-carnot.eu.

I DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'AIDE À LA CERTIFICATION Foudre

Avant la commercialisation d'un aéronef, l'avionneur doit garantir la sécurité de son avion en s'appuyant sur un processus de certification. En effet, pour l'ensemble des systèmes critiques de l'avion, une démonstration est réalisée alliant des essais d'équipements, des essais de systèmes et des essais sur aéronefs. L'ensemble de ces travaux est présenté et discuté avec les autorités de certification European Aviation Safety Agency (EASA) et Federal Aviation Administration (FAA).

Ces essais avion nécessitent des moyens de mesure lourds et coûteux. De plus, la disponibilité de l'avion est souvent précieuse, surtout en fin de programme. L'institut