Compréhension des mécanismes des arcs de défaut dans les réseaux électriques embarqués aéronautiques des futurs avions bas carbone

Contexte scientifique et technologique

A chaque nouvelle génération d'avion, on assiste à une augmentation de la puissance électrique embarquée. Cette évolution vise à améliorer le confort des passagers, réduire les coûts (diminution de la masse des aéronefs) et atténuer l'impact sur l'environnement (baisse des émissions de CO₂) avec l'objectif à terme de développer des aéronefs à propulsion hybride ou électrique. Les futurs avions seront donc plus électriques, du réseau de distribution jusqu'au réseau propulsif. La puissance électrique disponible va continuer à augmenter, avec de nouvelles conditions de réseau AC et DC (en particulier HVDC).

Ces évolutions technologiques engendrent de nouvelles contraintes, notamment l'accroissement des risques d'apparition d'arcs de court-circuit au sein d'un faisceau de câbles ou entre un câble et son environnement, en particulier la structure de l'avion, et d'« arc tracking » (déplacement d'un arc électrique le long des câbles) au sein du réseau électrique embarqué. Les industriels du secteur aéronautique développent aujourd'hui de nombreuses études et activités de recherche et développement afin de mieux comprendre les effets des arcs électriques de défaut dans les réseaux embarqués et leurs interactions avec des matériaux et dispositifs adjacents (équipements et structures internes, fuselage, ...) dans un environnement composite (voilure en fibre de carbone en remplacement des alliages métalliques), avec de nouveaux type de harnais filaires (câbles en aluminium, plus léger, en remplacement du cuivre) et des conditions de pression variables (zone pressurisées et non pressurisées).

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans le cadre de cette problématique puisqu'ils concernent l'étude théorique et expérimentales des arcs électriques transitoires au sein des réseaux embarqués en environnement aéronautique.

Travail à réaliser

L'objectif de la thèse est de mieux comprendre les mécanismes physiques liés aux arcs de défaut séries et parallèles dans les réseaux embarqués aéronautiques, pour des configurations représentatives des installations avions. L'étude de l'arc et de son interaction avec les matériaux environnants sera réalisée par une approche théorique, avec le développement d'une modélisation magnétohydrodynamiques (MHD) 2D et 3D transitoire, au moyen du logiciel Comsol Multiphysics®, afin d'évaluer l'influence du type de câble (cuivre, aluminium), de la distance inter-électrodes, de l'épaisseur des câbles (jauge AWG), de la protection des câbles (composition de la gaine isolante), de la pression (au sol ou à l'altitude de certification), du courant (AC ou DC, intensité et forme de l'onde de courant), et de quantifier les différents termes d'échange d'énergie (transfert radiatif, conduction, convection) entre le plasma et son environnement. Les travaux à réaliser porteront également sur des calculs de propriétés électriques et thermiques du plasma (propriétés thermodynamiques et radiatives et coefficients de transport), qui constituent des données indispensables au développement des modèles MHD. Enfin, la thèse comprendra un volet expérimental avec des mesures électriques, des mesures de flux rayonné, et de l'imagerie rapide. Les campagnes d'essais seront réalisées pour différentes configurations (forme de l'impulsion de courant, pression liée à l'altitude, caractéristiques des câbles, type d'isolant des câbles, ...). Les données expérimentales obtenues seront comparées aux résultats issus des modèles pour validation.

Cette thèse doit permettre un apport de connaissances scientifiques et technologiques, afin d'aider les industriels à dimensionner leurs dispositifs de protection et optimiser les installations des faisceaux de câbles dans les futures générations d'aéronefs.

Cadre de la thèse

Ce travail de thèse sera réalisé dans le cadre d'une collaboration académique entre le Laboratoire Laplace à Toulouse et le Laboratoire GREMI à Orléans.

Support et financement

Ce sujet de thèse est financé par l'Université de Toulouse (Ecole Doctorale GEETS) dans le cadre de la Graduate school EAGLE (Electrification of Aircraft Graduate school of Toulouse), intégrée dans le projet PEGASE (Processus d'Elaboration Généralisé de l'Avion Sans Emission) qui est lauréat de l'AMI-CMA France 2030.

Contacts

LAPLACE :

Yann Cressault (cressault@laplace.univ-tlse.fr)

Flavien Valensi (valensi@laplace.univ-tlse.fr)

Philippe Teulet (teulet@laplace.univ-tlse.fr)

GREMI :

Jean-Marc Bauchire (jean-marc.bauchire@univ-orleans.fr)