

Évaluation de la surpression générée par l'explosion électrique des protections foudre

A. Bigand¹, J.M. Bauchire², C. Espinosa¹, H. Rabat²

¹ *Université Fédérale de Toulouse MP, Institut Clément Ader CNRS 5312, ISAE-SUPAERO, 3 Rue Caroline Aigle, 31400 Toulouse*

² *Université d'Orléans, Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés CNRS 6606, 6 Avenue Parc Floral, 45100 Orléans*
mél: audrey.bigand@isae.fr

La foudre est un phénomène naturel et imprévisible dû à la génération de charges dans les nuages, produisant un champ électrique intense conduisant à des éclairs de courants extrêmement élevés combinés à de très hautes tensions, de durée de quelques microsecondes à quelques millisecondes [1]. Dans ce contexte, les avions peuvent être frappés par la foudre durant leur vol.

Le mécanisme d'endommagement des structures en carbone des avions est un phénomène multi-physique complexe. L'un des principaux contributeurs est la surpression générée par la vaporisation rapide de la protection métallique lors d'un coup foudre. Cette protection recouvre les surfaces composites de l'avion afin de dériver le courant de la foudre du carbone et limiter le dommage. Cette protection métallique est souvent un maillage de cuivre qui explose en quelques microsecondes sous l'action du courant de foudre dû au chauffage par effet Joule. Cette explosion génère une surpression importante et soudaine à la surface du composite [2].

Afin d'étudier ce phénomène, deux campagnes d'essais innovantes ont été menées. La première, dans laquelle une impulsion de courant de foudre est injectée dans un fil, représentant une partie élémentaire du maillage, a permis d'étudier la surpression générée par l'explosion d'une maille de la protection foudre et son temps d'apparition. En complément, la densité de courant a été évaluée dans chaque fil du maillage et le chauffage joule calculé pour prédire le temps d'explosion. Ce modèle, qui servira à construire un profil de pression, a été comparé aux résultats d'essai. Au cours de ces essais dans lesquels le fil explose avant d'entrer dans l'état plasma, des caméras à haute vitesse ont permis d'enregistrer l'expansion du métal, et des capteurs de pression installés à quelques centimètres de distance ont mesuré l'amplitude de la pression et la forme d'onde. Dans la deuxième campagne d'essai, le courant électrique a été injecté en conduction sous différentes impulsions foudre dans des éprouvettes faites d'une plaque de fibre de verre sur laquelle une protection foudre a été impliquée avec, ou non, une peinture par-dessus pour simuler un confinement. Cela a permis d'étudier le déplacement et la contrainte générés sur des plaques de fibres de verres à cause de la vaporisation de la protection foudre confinée ou libre.

Les résultats de ces expériences vont permettre de construire un profil de surpression dynamique dans le temps et dans l'espace à appliquer sur la structure composite de l'avion, en fonction du type de protection et de l'épaisseur de peinture, pour ensuite analyser les dommages associés.

Références

- [1] EUROCAE, "ED-84 - Aircraft lightning environment and related test waveforms", (July 2013).
- [2] A. Bigand, C. Espinosa, J.M. Bauchire, F. Flourens and F. Lachaud "Estimation of the load produced by the electro-thermal behaviour of lightning strike protection layers on a composite panel". ECCM18, Athens, Greece, June 2018.