

## Thèse Cifre ICA - Safran Aircraft Engines (Villaroche)

# Etude de la robustesse de liaisons boulonnées de carters d'un moteur aéronautique sous sollicitations sévères

### Résumé :

Parmi les innovations dans les turboréacteurs de nouvelle génération figurent les structures composites tissées 3D. Dans de nombreuses applications telle que la ligne des carters fan, ces structures sont assemblées à des pièces composites ou métalliques à travers des liaisons boulonnées. L'optimisation de ces interfaces est une des difficultés majeures rencontrées actuellement, car il n'existe pas de méthodes de conception simples pour le calcul de ces assemblages. En effet, leur dimensionnement s'appuie sur des méthodes numériques 3D lourdes à mettre en place et des essais expérimentaux qui s'avèrent très coûteux.

L'objectif de ces travaux de thèse est de développer une méthode simplifiée facilitant la conception initiale de l'assemblage dans une approche de pré-dimensionnement. Un premier modèle a été évalué, mais pour une seule configuration géométrique d'assemblage, pour un cas de charge particulier et avec des hypothèses de comportement simplifiées [1] [2]. Ces travaux devront s'étendre à d'autres configurations géométriques et mécaniques de moteurs. Certaines configurations moteur intègrent des éléments technologiques (entretoise, contreplaque) qui peuvent répondre à des contraintes thermiques, mécaniques et/ou de montage. Afin d'améliorer la précision et la robustesse de la méthode, les travaux initiaux ont montré qu'il est nécessaire de modéliser la plasticité du boulon et le premier endommagement du composite, d'intégrer des chargements combinés (traction, efforts tranchants ou torsion, températures) et d'améliorer les algorithmes de contact. En conséquence, il est nécessaire d'enrichir le modèle en tenant en compte de ces différents éléments.

Pour les effets technologiques, cette intégration peut être réalisée de manière explicite, en ajoutant des éléments représentatifs de ces pièces, ou de manière implicite, en intégrant leur comportement mécanique dans la raideur des pièces assemblées et du boulon. La localisation du premier endommagement dans les zones de raccordement doit être également mieux modélisée.

Afin de prendre en compte des non-linéarités matériaux plus représentatives du comportement physique de l'assemblage, il s'agira aussi d'intégrer un comportement endommageable de la partie composite tissé [3], [4], et élastoplastique [5] des pièces métalliques. La sensibilité aux paramètres de ces modèles sera réalisée pour l'étude de la robustesse des modélisations proposées.

Enfin, pour les aspects modélisation, les hypothèses sur les conditions aux limites devront être redéfinies afin de pouvoir prendre en compte les phénomènes de glissement et de décollement et la méthode de modélisation des contacts doit être améliorée afin de rendre le modèle plus robuste. Des méthodes comme l'algorithme d'Uzawa [6] seront à étudier afin de vérifier que ce type d'algorithme peut éliminer des problèmes numériques de non convergence.

Des études paramétriques faisant intervenir des ratios de dimensions géométriques, des chargements et différentes propriétés matériaux, devront être réalisées, afin de valider la robustesse du nouveau modèle de calcul exploitable en phase de conception préliminaire.

Ces travaux de thèse coupleront de la modélisation numérique structurale non-linéaire et de l'exploitation de plusieurs essais expérimentaux réalisés à différents niveaux d'échelle (caractérisation, essais monofixation et multifixations).

**Mots clés :** Modélisation simplifiée, Méthode des éléments finis, Assemblages boulonnés, Composite, Exploitation d'essais expérimentaux.

## Thèse Cifre :

Cette thèse Cifre sera réalisée avec la société SAFRAN Aircraft Engines localisée sur le site de Villaroche. La personne recrutée sera à 60% à Villaroche et 40% à Toulouse.

## Durée :

36 mois avec un démarrage prévisionnel octobre 2021.

## Laboratoire d'accueil :

Le laboratoire d'accueil est l'Institut Clément Ader (ICA), CNRS UMR 5312, au sein du groupe Modélisation des Systèmes et Microsystèmes Mécaniques (MS2M), à Toulouse.

<http://institut-clement-ader.org/>

## Ecole Doctorale :

Ecole doctorale d'inscription MEGeP (Mécanique, Energétique, Génie civil & Procédés)

<https://www.adum.fr/as/ed/page.pl?site=megep&page=inscription>

## Candidature :

Pour candidater à cette offre de thèse, merci d'envoyer :

- Un CV actualisé,
- Une lettre de motivation soulignant l'adéquation avec le projet de recherche,
- Les relevés de notes obtenus dans le cadre d'un master ou/et d'un diplôme d'ingénieur,
- Une ou deux lettres de recommandation.

## Personnes à contacter :

- Alain Daidié : [alain.daidie@insa-toulouse.fr](mailto:alain.daidie@insa-toulouse.fr)
- Frédéric Lachaud : [frederic.lachaud@isae-superaero.fr](mailto:frederic.lachaud@isae-superaero.fr)

## Références bibliographiques :

- [1] W. El Masnaoui, C. Paleczny, A. Daidié, F. Lachaud, "Bolted Metal-3D Woven Composite joints: Experimental Study and Innovative Semi-Analytical Model Development", Les Assemblages Mécaniques, Colloque SUPMECA, Saint-Ouen, France, 2-3 Juillet, 2019.  
<https://sf2m.fr/events/les-assemblages-mecaniques-evolutions-recentes-et-perspectives/>
- [2] W. El Masnaoui, A. Daidié, F. Lachaud, C. Paleczny, "Semi-analytical model development for preliminary study of 3D woven Composite/Metallic flange bolted assemblies", Composite Structures, Vol 255, 2021, pp. 112906 1-15. DOI: 10.1016/j.compstruct.2020.112906
- [3] C. Hochard, N. Lahellec, C. Bordreuil "A ply scale non-local fibre rupture criterion for CFRP woven ply laminated structures", Composite Structures, Vol. 80 n°3, 2007, pp. 321-326. DOI: 10.1016/j.compstruct.2006.05.021
- [4] B. Montagne, F. Lachaud, E. Paroissien, D. Martini, F. Congourdeau, "Failure analysis of single lap composite laminate bolted joints: Comparison of experimental and numerical tests", Composite Structures, Vol. 238, 2020, pp. 111949 1-13. DOI: 10.1016/j.compstruct.2020.111949
- [5] R. Verwaerde, P.A. Guidault, P.A. Boucard, "A nonlinear finite element connector for the simulation of bolted assemblies", Computational Mechanics, Vol. 65, 2020, pp. 1531-1548. DOI: 10.1007/s00466-020-01833-1
- [6] Y. Kanno, "An accelerated Uzawa method for application to frictionless contact problem", Optimization Letters, Vol 14 n°7, 2020, pp. 1845-1854. DOI: 10.1007/s11590-019-01481-2