

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Stratégie efficace de calcul multi-modèles adaptatifs sur larges composants composites aéronautiques

Référence : **MAS-DMAS-2025-20**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024

Date limite de candidature : 01/04/2025

Mots clés

simulation numérique, remaillage et transfert de champs, modèle endommagement/rupture, matériau composite stratifié de plis unidirectionnels

Profil et compétences recherchées

Master recherche ou grande école, spécialisation en simulations non linéaire éléments finis.
Bonnes connaissances de la mécanique de l'endommagement, de la méthode des éléments finis et intérêt pour la réalisation d'essais sur structures.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

En raison de leurs caractéristiques spécifiques élevées, les matériaux composites, essentiellement les stratifiés d'unidirectionnels à fibres de Carbone et matrice thermodurcissable, sont de plus en plus largement employés pour la réalisation de structures primaires de grandes tailles, telles que le caisson central, les ailes ou le fuselage. Le développement de nouveaux composants composites est actuellement effectué essentiellement par essais ce qui implique des coûts et des délais de développement conséquents, limitant ainsi le caractère innovant des pièces composites. Par conséquent, les industriels du domaine aéronautique s'intéressent à la réalisation de simulations prédictives sur larges composants composites. A cette échelle structurale, la taille des problèmes mécaniques étudiés est telle que l'utilisation de modèles matériaux linéaires et de discrétisations éléments finis simplifiés, telles que des éléments coques, est indispensable. Pourtant, dans un contexte d'utilisation croissante de stratifiés composites, il s'avère indispensable de décrire de manière précise l'évolution des différents endommagements et mécanismes de ruine pour estimer la tenue de composants en service, nécessitant ainsi une discrétisation éléments finis précise du matériau composite stratifié dans la structure associée à une loi matériau non-linéaire reposant sur des bases physiques. L'utilisation de ce type de modélisation avancée n'est pas atteignable actuellement à l'échelle de grandes structures, de sorte que le développement de stratégies de calcul spécifiques est aujourd'hui un enjeu majeur pour les concepteurs aéronautiques, l'idée sous-jacente étant de pouvoir ajuster la finesse de modélisation au juste besoin, dans l'espace et dans le temps.

Ce travail de thèse consiste donc à proposer une nouvelle approche numérique d'adaptation multi-modèles, exploitant des algorithmes de remaillage adaptatif fonction de l'état d'endommagement local au sein de la structure composite, associée à des méthodes de décomposition de domaines permettant de limiter les coûts de calcul, tout en prenant en compte la réalité de l'architecture matériau complexe et variable au sein de composants aéronautiques de grandes dimensions.

Le travail de recherche proposé s'articulera principalement autour de 3 axes majeurs:

- Dans un premier temps, les travaux porteront sur la mise en place du problème multi-modèles en espace au sein de la suite logiciel A-set développée par l'ONERA. L'idée consiste à définir, au sein de la structure maillée avec des éléments coques associés à un modèle matériau faiblement non linéaire (généralement élastique), quelques inclusions où la stratification du matériau composite est explicitement décrite (un élément par épaisseur de pli) associée à un modèle d'endommagement et de rupture avancé. Tout d'abord, il s'agira de valider les éléments coques récemment développés dans le code A-set sur différents cas test numériques. Puis, la stratégie proposée nécessite la mise en œuvre d'un couplage pour assurer la liaison entre les éléments coques et solides, présentant des cinématiques différentes.
- Dans un second temps, l'opération d'adaptation du modèle éléments finis en cours de simulation, en fonction de l'évolution de l'endommagement sera considéré en travaillant sur la stratégie remaillage en cours d'essai, le transfert des champs mécaniques sur le maillage actualisé et la mise

à jour de l'équilibre de la structure. Cette étape s'appuiera sur les travaux déjà menés dans une thèse précédente menée à l'ONERA.

- Cette stratégie sera par la suite enrichie afin de permettre l'application de cette méthodologie au sein de structures composites de grandes dimensions. Dans un premier temps, la gestion des arrêts de plis au sein de structures à épaisseurs variables, telles que les panneaux raidis de caisson central, associée à la méthodologie de remaillage coque/solide pli à pli sera considérée en respectant les règles de drapage en vigueur de l'aéronautique. De plus, afin de limiter les temps de calcul sur des composants composites stratifiés de grandes dimensions, des méthodes de calculs hautes performances déjà développées à l'ONERA, seront associées à la stratégie de calcul multi-modèles adaptatif mise en place.
- Enfin, la stratégie de calcul proposée dans cette thèse sera appliquée sur les deux démonstrateurs considérés dans le cadre du projet européen CONCERTO, de type voilure composite stratifiée d'un drone proposé par Dassault Aviation, ou de type Baie de commandes de vol (partie d'un lanceur) proposée par Ariane group, afin de préparer les essais échelle 1 qui seront effectués dans le projet..

Cette thèse porte essentiellement sur des développements numériques permettant de proposer une méthode de simulation adaptée au juste besoin pour un composant industriel donné utilisant des technologies éléments finis avancés pour limiter les temps de simulation. Toutefois, les résultats de cette méthode serviront à préparer des essais sur démonstrateurs en optimisant l'instrumentation associée et de capitaliser les données de l'essai réalisé, impliquant une partie dialogue essai/calcul essentielle pour la validation de la méthodologie proposée. Aussi, ce travail de thèse s'effectuera au sein de l'ONERA entre les unités Modélisation et Caractérisation des Matériaux Composites (MC)² pour les parties analyses d'essais sur pièces composites et la modélisation du comportement, de l'endommagement et de la rupture des matériaux composites et l'unité Modélisation et Simulation en Mécanique des Structures (MS²) pour les aspects mise en œuvre robuste dans un code éléments finis, remaillage, transfert de champs efficaces et les méthodes de calculs hautes performances.

Le financement de cette thèse se fera dans le cadre du projet CONCERTO financé dans le programme européen Clean-Aviation et impliquant de nombreux partenaires industriels, tels que Airbus Operations, Dassault Aviation, Ariane group et d'autres universités européennes telles que l'Université de Porto et de Gérone.

Collaborations envisagées

Airbus Operations, Dassault Aviation, Ariane group

Université de Porto, Université de Gérone

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contacts Johann Rannou / Jean Benezech

Tél. : +33 (0)1.46.73.48.72

Email : johann.rannou@onera.fr

Directeur de thèse envisagé

Nom : Frédéric Laurin

Laboratoire : Université Paris Saclay

Tél. : +33 (0)1.46.73.46.92

Email : frederic.laurin@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>
éventuel :