

Invitation à la soutenance de thèse

**AERO-STRUCTURAL MULTI-FIDELITY COUPLING METHODOLOGY
FOR THE PRELIMINARY AIRCRAFT DESIGN**

**METHODOLOGIE DE COUPLAGE AERO-STRUCTURE MULTI-FIDELITE
POUR LA CONCEPTION AVION AVANT-PROJET**

Shon MORI

Le 04 avril 2025 à 14h00

En visio conférence uniquement
pour le lien contacter mathieu.balesdent@onera.fr

Membres du jury à voix délibérative :

Pascal LAFON	Professeur, Université de Technologie de Troyes	Rapporteur
Olivier ROUSTANT	Professeur, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse	Rapporteur
Roeland DE BREUKER	Professeur Associé, Université de Technologie de Delft	Examineur
Delphine SINOQUET	Docteur, IFP Energies Nouvelles	Examinatrice

Directeur de thèse : Mathieu Balesdent
Co-encadrants : Loïc Brevault, Sylvain Dubreuil, Cédric Liauzun

Résumé

L'augmentation des exigences environnementales et d'efficacité dans l'aviation nécessite l'exploration de nouvelles configurations d'aéronefs et de méthodologies de conception avancées. Les configurations à aile haubanée à fort allongement (HARSBW) constituent une solution prometteuse permettant de réduire la consommation de carburant et la traînée aérodynamique. Cependant, ces configurations induisent des interactions complexes entre l'aérodynamique et la structure qui requièrent des méthodologies adaptées d'Analyse Multi-Disciplinaire (MDA) et d'Analyse et d'Optimisation Multi-Disciplinaire (MDAO). Cette thèse propose une méthodologie de couplage aéro-structure multi-fidélité combinant la modélisation par modèles de substitution et les techniques de réduction de dimension afin d'améliorer l'efficacité computationnelle tout en préservant la précision. Ce manuscrit propose une revue bibliographique décrivant les défis de la conception des aéronefs et le potentiel des techniques MDAO

pour les surmonter. Un enjeu clé réside dans le coût calculatoire élevé des simulations haute fidélité nécessaires à une MDA précise, justifiant ainsi l'adoption d'approches basées sur la modélisation par modèles de substitution. Pour répondre cette problématique, la thèse développe d'abord des modèles paramétriques pour les simulations aérodynamiques et structurales adaptées aux HARSBW. Ces modèles incluent un modèle de fluide potentiel basse fidélité et un solveur aérodynamique résolvant les équations d'Euler compressibles en haute fidélité, ainsi qu'un modèle de structure linéaire élastique. Ensuite, une méthodologie d'analyse multidisciplinaire (MDA) basée sur un solveur direct est construite et ses performances sont analysées à différents niveaux de fidélité. Les compromis entre coût de calcul et précision sont évalués afin d'établir une référence pour la modélisation par modèle de substitution. À partir des schémas MDA couplés aux solveurs directs en basse et haute fidélité, sont développés des schémas MDA basés sur des modèles de substitution avec réduction de dimension en mono- et en multi-fidélité, combinant la Décomposition Orthogonale aux Valeurs Propres (POD) et la régression par Processus Gaussiens (GP). La méthodologie mise en oeuvre permet de modéliser efficacement les variables de couplage de grande dimension, réduisant considérablement la dépendance aux solveurs haute fidélité coûteux. Le raffinement du modèle de substitution multi-fidélité avec réduction de dimension est ensuite réalisé via un algorithme d'apprentissage actif, qui sélectionne de manière ciblée les données additionnelles dans les régions de forte incertitude pour l'apprentissage de la base POD et des modèles de substitution GP. Cet algorithme garantit que le modèle de substitution reste à la fois efficace en temps de calculs et précis, en adaptant dynamiquement les niveaux de fidélité de l'enrichissement. L'application des algorithmes développés à la configuration HARSBW démontre l'efficacité de la méthodologie proposée pour réduire les coûts de calculs tout en maintenant une précision de haute-fidélité.

Mots clés

Modélisation multi-fidélité, modélisation par métamodèle, analyse multidisciplinaire, aéronefs à aile haubannée, aile à fort allongement