

## Soutenance de thèse

**Enrico STRAGIOTTI** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ICA et intitulée «*Conception et optimisation de structures lattice modulaires pour des applications aérospatiales*»

**Le 27 mars 2024 à 14h00, ONERA CHATILLON**

devant le jury composé de

M. Joseph MORLIER	ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. François-Xavier IRISARRI	ONERA	Co-directeur de thèse
M. Pierre DUYSINX	Université de Liège	Rapporteur
M. Jun WU	Delft University of Technology	Rapporteur
M. Cédric JULIEN	ONERA	Co-encadrant de thèse
Mme Anita CATAPANO	Bordeaux INP	Examinatrice

**Résumé :** Dans l'industrie aérospatiale, il existe une demande continue pour des aérostructures plus légères, motivée par la nécessité d'améliorer l'efficacité énergétique et les performances globales de l'avion. Par conséquent, le secteur aérospatial connaît actuellement deux changements majeurs : l'adoption d'avions à hydrogène et électriques, visant à développer des technologies aéronautiques plus propres et durables. Ces évolutions offrent des opportunités pour explorer des concepts innovants tels que l'aile volante ou les ailes haubanées transsoniques, s'éloignant de la configuration traditionnelle tube-et-aile. Une approche prometteuse pour répondre à ces demandes est l'utilisation de structures modulaires en treillis, reconnues pour leurs propriétés ultralégères et leur modularité. La conception modulaire offre divers avantages, notamment l'assemblage de grandes structures à partir de modules répétitifs plus petits, faciles à fabriquer, la réparabilité sur le terrain et l'assemblage rapide pour des structures temporaires. L'objectif de cette thèse est de développer une méthodologie de conception et d'optimisation pour des aérostructures ultralégères et modulaires. Initialement, nous avons réalisé une revue de la littérature existante pour identifier la base algorithmique la plus adaptée à l'optimisation de structures monolithiques (non modulaires). Après une comparaison approfondie, nous avons sélectionné l'approche nommée Truss Topology Optimization (TTO), qui utilise des barres comme élément de discrétisation de la structure. Cependant, la formulation classique du TTO présente des limitations, telles que l'incapacité à traiter les contraintes de flambage, à prendre en compte plusieurs cas de charge, à limiter l'élancement minimum et à assurer la compatibilité mécanique. Pour surmonter ces défis, nous avons formulé une approche globale et développé un algorithme innovant d'optimisation en deux étapes. Cela implique d'utiliser un problème simplifié pour générer une solution initiale, qui sert de point de départ pour l'optimisation à l'aide d'une formulation complète. La deuxième partie de la thèse se concentre sur l'adaptation de la formulation monolithique proposée pour modéliser des structures modulaires. Initialement, nous nous concentrons sur l'optimisation de la topologie d'une structure entièrement modulaire, où un seul module est répété tout au long du design. Nous examinons comment les hyperparamètres, tels que le nombre de sous-domaines et la complexité des modules, affectent les performances mécaniques de la structure. Ensuite, nous explorons un scénario plus complexe en optimisant plusieurs topologies de modules et leur disposition dans la structure. Cela est réalisé grâce à une nouvelle stratégie de résolution basée sur une approche Discrete Material Optimization (DMO), utilisant un optimiseur à descente de gradient. En abordant les défis de la conception légère

et de la modularité dans les aérostructures, cette recherche vise à contribuer à l'évolution continue des technologies aérospatiales et à améliorer l'efficacité et les performances des futurs avions.

**Mots-clés** : structures architecturées, fabrication additive, optimisation topologique

**Summary**: This thesis studies the design and the optimization of architected structures for aircraft. Unlike traditional aeronautical structures which assemble a low number of parts with very different function and geometry, architected structures are made up of an assembly of a large number of identical patterns repeated in space. These structures have many advantages in terms of modularity, tolerance to damage, reparability, integration of sensors (health check), or actuators (morphing).

**Keywords**: lattice structures, topology optimization, additive manufacturing

