

## Soutenance de thèse

**Pierre-Jean BARJHOUX** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ICA et intitulée «*Vers une résolution efficace de problèmes d'optimisation de structures de grande taille avec variables mixtes catégorielles et continues*»

**Le 31 janvier 2020 à 14h00, Salle des thèses ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Joseph MORLIER	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Pierre DUYSINX	Professeur Ordinaire Université de Liège	Rapporteur
M. Marco MONTEMURRO	Professeur Associé Arts et Métiers ParisTech	
Mme Sonia CAFIERI	Professeure ENAC	
M. Youssef DIOUANE	Professeur Associé ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Michael KOKKOLARAS	Professeur McGill University	Rapporteur

**Résumé :** Dans l'industrie aéronautique, les problèmes d'optimisation de structure peuvent impliquer des changements de matériaux, de types de raidisseurs, et de tailles d'éléments. Dans ce travail, il est ainsi proposé de résoudre des problèmes de grande taille (minimisation de masse) par rapport à des variables mixtes à savoir catégorielles et continues, sujets à des contraintes de stress et de déplacements. Trois algorithmes sont ainsi présentés et discutés dans le manuscrit au regard de cas tests de plus en plus complexes. En tout premier lieu, un algorithme basé sur le "branch and bound" a été mis en place. Une formulation d'un problème dédié au calcul de minorants de la masse optimale est proposée. Bien que l'algorithme permette de trouver des solutions optimales, la tendance du coût de calcul en fonction de l'augmentation du nombre d'éléments est exponentielle. Cette conclusion partielle limite l'applicabilité de la méthode aux problèmes industriels. Le second algorithme s'appuie sur une formulation bi-niveau du problème d'origine, où le problème supérieur consiste à minimiser une approximation au premier ordre du résultat du niveau inférieur. L'évolution du coût de calcul par rapport à l'augmentation du nombre d'éléments et de valeurs catégorielles est quasiment linéaire. Enfin, un troisième algorithme tire parti d'une reformulation du problème mixte catégoriel-continu en un problème bi-niveau mixte avec variables entières continûment relâchables. Cette reformulation permet à l'algorithme de s'appuyer sur un moyen de calcul efficace de linéarisations de l'optimum du niveau inférieur. Les cas tests numériques montrent la résolution d'un problème avec plus d'une centaine d'éléments. Egalement, le coût de calcul est quasi-indépendant du nombre de valeurs de variables catégorielles disponibles par élément.

**Mots-clés :** programmation mixte en nombres entiers, variables de design catégorielles, formulations multiniveaux, problèmes de grande dimension, optimisation de structure, multimatériau

**Summary:** One of the challenges of the aircraft manufacturers consists in optimizing the performances of the aircrafts, pushing the technical limits as far as possible. As this design problem involves complex analyses and many disciplines, multi-disciplinary optimization (MDO) processes need to be developed and implemented. In this multi-disciplinary context, this work is focused on the structural design: the main objective is to enhance the existing strategies and to propose new efficient and performing mathematical process aiming to optimise the structure. This new strategy shall address all industrial needs for composite and multi-material structures sizing at the same time. The solution to this mixed variable optimization problem will make possible to explore new stiffening principles and better material distribution (composite stacking sequences vs. metallic). Finally, this methodology will need to be compliant to the overall MDO process, by providing gradient information for compatibility with aerodynamic optimization.

**Keywords:** mixed integer programming, categorical design variables, multilevel formulation, large scale optimization, structural optimization, multimaterial