

## Soutenance de thèse

**Lisa FOURNIER** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'Institut Clément Ader et intitulée « *Identification du comportement dynamique des éléments non-structuraux couplés à une structure aérospatiale* »

**Le 3 décembre 2024 à 14h00,  
Salle Clément Ader 3 rue Caroline Aigle 31400 Toulouse**

devant le jury composé de

M. Guilhem MICHON	ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Eric CHATELET	INSA Lyon	Rapporteur
M. Morvan OUISSE	SUPMICROTECH-ENSMM	Rapporteur
Mme Enora DENIMAL	INRIA Saclay	
M. Simon FOUCAUD	CNES	
M. Adrien PELAT	Université du Mans	
M. Leonardo SANCHES	Airbus	Invité

**Résumé :** La prédiction précise des dissipations vibratoires des structures aérospatiales est essentielle pour le dimensionnement des structures, qui subissent des sollicitations extrêmes lors des lancements. Ces structures complexes comprennent une structure principale supportant les charges et divers éléments non-structuraux, assurant le bon fonctionnement du système. Les structures aérospatiales intègrent de nombreux éléments non-structuraux tels que les harnais électriques, les protections thermiques, les lignes fluidiques et divers équipements. La masse de ces éléments, représentant souvent de 10 à 30% de la masse totale des engins spatiaux, n'est pas négligeable. Cependant, leur comportement dynamique n'est pas pris en compte dans les modèles globaux, seule une masse statique répartie étant considérée. Des études récentes ont révélé que les éléments non-structuraux présents dans les engins spatiaux peuvent amortir significativement la structure globale. Cela explique les différences observées entre les modèles numériques et les résultats expérimentaux pour les vibrations de grande amplitude. Dans cette thèse, afin d'améliorer les modèles prédictifs des structures aérospatiales, une méthode d'identification spécifique est nécessaire. L'objectif est de proposer une approche inverse pour identifier le comportement dynamique des éléments non-structuraux à partir d'une connaissance approfondie de la structure principale et d'essais vibratoires sur la structure couplée. Pour ce faire, une étude et une modélisation précise de la structure principale sont réalisées grâce à une caractérisation dynamique expérimentale et à un modèle éléments finis. Des essais expérimentaux sur la structure couplée, c'est-à-dire sur la structure principale avec les éléments non-structuraux attachés, sont également menés afin de comprendre l'influence dynamique qu'ont les éléments non-structuraux sur les structures complexes. La combinaison du modèle de la structure principale seule et des essais sur la structure complète permet, grâce à une modélisation du couplage dynamique, de mettre en place une méthode d'identification inverse du comportement dynamique des éléments non-structuraux seuls. Enfin, cette thèse propose une étude approfondie sur les équipements attachés via des systèmes d'accroches repositionnables qui sont un type d'élément

non-structural très peu étudié dans la littérature, afin d'enrichir la compréhension des comportements dynamiques fortement non-linéaires de ces éléments.

**Mots-clés :** Dynamique des structures, Méthode inverse, Amortissement

**Summary:** Accurate prediction of the vibration dissipation of aerospace structures is essential for the dimensioning of structures, which are subjected to extreme stresses during launches. These complex structures comprise a main load-bearing structure and various non-structural elements, which ensure that the system functions correctly. Aerospace structures incorporate numerous non-structural elements such as electrical harnesses, thermal protection, fluid lines, and various equipment. The mass of these elements, often representing 10 to 30% of the total mass of spacecraft, is not negligible. However, their dynamic behaviour is not taken into account in global models, only a distributed static mass being considered. Recent studies have revealed that the non-structural elements present in spacecraft can significantly dampen the overall structure. This explains the differences observed between numerical models and experimental results for large-amplitude vibrations. In this thesis, in order to improve predictive models of aerospace structures, a specific identification method is required. The aim is to propose an inverse approach for identifying the dynamic behaviour of non-structural elements based on in-depth knowledge of the main structure and vibration tests on the coupled structure. To achieve this, the main structure is studied and modelled in detail using experimental dynamic characterization and a finite element model. Experimental tests on the coupled structure, i.e. the main structure with the non-structural elements attached, are also carried out in order to understand the dynamic influence that non-structural elements have on complex structures. The combination of the model of the main structure alone and the tests on the complete structure makes it possible, thanks to dynamic coupling modelling, to set up a method for the inverse identification of the dynamic behaviour of non-structural elements alone. Finally, this thesis proposes an in-depth study of equipment attached via repositionable fastening systems, a type of non-structural element that has been little studied in the literature, in order to enrich our understanding of the highly non-linear dynamic behaviour of these elements.

**Keywords:** Structural dynamics, Inverse method, Damping