

Soutenance de thèse

Xavier CADIOT soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ICA et intitulée «*Couplage dynamique non-linéaire entre la structure principale d'un satellite et le harnais*»

Le 06 janvier 2023 à 14h00, ICA Salle Clément Ader Toulouse

devant le jury composé de

| | | |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| M. Guilhem MICHON | Professeur ISAE-SUPAERO | Directeur de thèse |
| M. Leonardo SANCHES | Ingénieur de recherche ISAE-SUPAERO | Co-directeur de thèse |
| M. Emmanuel FOLTETE | Professeur SUPMICROTECH-ENSMM | Rapporteur |
| M. Jean-Jacques SINOUE | Professeur Ecole Centrale de Lyon | Rapporteur |
| M. Jean-Luc DION | Professeur ISAE-Supméca | |
| M. Basile AUDOLY | Professeur Ecole Polytechnique | |
| M. Aurélien HOT | Docteur CNES | |
| M. Alexandre MOUYSSET | Ingénieur Airbus Defence and Space | |

Résumé : La dissipation de l'énergie vibratoire des structures de satellite est un enjeu majeur de la tenue de la structure aux sollicitations du lancement. Elle est le plus souvent prise en compte sous la forme d'un amortissement modal, très éloigné de l'origine physique de la dissipation. Plusieurs sources de dissipation coexistent : intrinsèque au matériau, dans les interfaces de liaisons ou par couplage fluide-structure. Cependant, les simulations a priori restent imparfaites lorsqu'elles sont comparées aux mesures et certaines sources de dissipation sont oubliées ou sous-estimées. Les structures spatiales possèdent des éléments non-structuraux comme les conduites, certains équipements ou encore les harnais électriques. Ces éléments sont souvent considérés comme des masses réparties dans les simulations, puisqu'ils ne constituent qu'une petite part de la masse totale. Plusieurs travaux de recherche ont montré que ces sous-structures peuvent apporter une part non négligeable de dissipation malgré une faible raideur et donc une faible participation dans la tenue structurelle de l'appareil. Il a été montré qu'ils agissent comme des oscillateurs capables de récupérer une part de l'énergie vibratoire de la structure principale. Dans ce contexte, les travaux menés au cours de cette thèse se focalisent sur le comportement dynamique non-linéaire des éléments non-structuraux, en prenant comme exemple les harnais électriques de satellite. Ainsi, la première contribution est apportée par le développement d'un modèle dynamique de harnais électrique basé sur les équations de la théorie des poutres. Le modèle est défini dans le cas d'une excitation par la base, correspondant au chargement perçu par les harnais lors de l'excitation des panneaux. La technique de résolution utilisée, nommée «Distributed Transfer Function Method» permet d'obtenir la solution analytique exacte du problème poutre. Par ailleurs, la réponse du harnais observée expérimentalement comporte de fortes non-linéarités en fonction de l'amplitude d'excitation. Il est donc nécessaire d'intégrer ce comportement non-linéaire au modèle du harnais. Il s'agit de la deuxième contribution de la thèse. Les paramètres du modèle dynamique sont identifiés en tant que fonction de l'amplitude d'entrée, et un schéma de résolution des équations non-linéaires est développé. Enfin, la dernière contribution est le développement d'une méthode de couplage entre le modèle analytique du harnais et le modèle aux éléments finis de la structure principale. La réponse dynamique issue de cette méthode a été comparée à la réponse expérimentale d'un

système équivalent. Les résultats numériques prédisent de manière satisfaisante la réponse dynamique du système couplé.

Mots-clés : modélisation, expérimentation, dynamique non-linéaire, éléments non-structuraux, satellite

Summary: The dissipation of the vibratory energy of space structures is a major issue in the performance of the structure at launch solicitations. It is most often taken into account in the form of modal damping, far removed from the physical origin of the dissipation. Several sources contribute to dissipation: intrinsic to the material, in the connection interfaces, by fluid/structure couplings, or aeroelastic damping. However, a priori simulations remain imperfect when compared to measurements and some sources of dissipation are forgotten or underestimated. Aeronautical and space structures have non-structural elements such as pipes, some equipment and electrical harnesses. These elements are often considered as point masses in simulations, since they constitute only a small part of the total mass. Several research studies have shown that these substructures can provide a significant part of dissipation despite a low stiffness and therefore a low participation in the structural stability of the device. He has shown that they act as oscillators capable of recovering part of the vibratory energy from the main structure. The objective of this thesis is therefore to focus on the non-linear dynamic behaviour of non-structural elements, taking electrical harnesses as an example. The multitude of harness types will lead to consideration of their stochastic nature. The judicious use of this uncertainty and their dynamics will be examined with interest in order to optimize dissipating performance and increase total depreciation. Recommendations on the type of harness, the fixing interfaces, their tension, their routing, will be as many output parameters. The work will be based on complementary theoretical and experimental approaches, initially on academic cases in order to understand the phenomena involved, and then on space applications.

Keywords: non-structural elements, experimentation, modelling, non-linear dynamics, satellite