



**Romain PAIN**, Doctorant à l'Onera soutiendra ses travaux de thèse :

*Simulation numérique, analyse physique et contrôle d'écoulements massivement décollés.  
Application au buffeting culot et à l'ovalisation de la tuyère sur des configurations de lanceur*

le Vendredi 20 décembre 2013 à 14h00 à l'Onera Meudon

devant le jury composé de :

**RAPPORTEURS**

**Christophe BAILLY**  
**Eric LAMBALLAIS**

Professeur ECL, Lyon  
Professeur Université de Poitiers

**EXAMINATEURS**

**Hadrien LAMBARE**  
**Régis MARCHIANO**  
**Pierre-Elie WEISS**

Docteur Ingénieur CNES, Paris  
Professeur UPMC, Paris  
Docteur Ingénieur, Onera Meudon

**DIRECTEUR DE THESE**

**Sébastien DECK**

Docteur Ingénieur, Onera Meudon

**Résumé**

**Simulation numérique, analyse physique et contrôle d'écoulements massivement décollés. Application au buffeting culot et à l'ovalisation de la tuyère sur des configurations de lanceur.**

Le développement de l'accès à l'espace s'inscrit dans le contexte scientifique et économique actuel comme un enjeu majeur de l'industrie et de la recherche. Un des objectifs principaux est d'augmenter la capacité et le confort de la charge utile pour réduire les coûts de transport vers l'espace. L'exploitation des données en vol du lanceur Ariane 5 a mis en évidence la présence de fluctuations de pression pouvant induire des efforts instationnaires repris par les vérins du moteur Vulcain. Ces efforts s'exercent dans la zone décollée du culot d'un lanceur normalement à l'axe de la poussée, et sont qualifiés de charges latérales. Cette observation conduit à l'étude de deux aspects. Dans un premier temps, la dynamique des écoulements massivement décollés d'arrière-corps, à haut nombre de Reynolds et en régime compressible est considérée au moyen de simulations numériques ZDES. Une analyse approfondie des champs instantanés, moyens et fluctuants est réalisée au moyen de post-traitements avancés. Notamment, le champ tri-dimensionnel de pression fluctuante dans la région du culot fait l'objet d'analyses spectrales (Fourier) et modales (DMD) massives. Ensuite, le contrôle des phénomènes potentiellement nuisibles au confort de la charge utile à savoir le buffeting culot et l'ovalisation de tuyère est abordé. L'analyse physique de l'écoulement sur une géométrie tri-corps permet la conception d'un dispositif de contrôle adapté. Enfin, l'effet de deux dispositifs retenus (quatre jets équirépartis en azimut sur le corps central et augmentation de la section de passage entre les trois corps) est évalué au moyen des outils d'analyse de la dynamique de la configuration non contrôlée.

**Mots clés** : SIMULATION NUMERIQUE; RANS/LES ; ZDES ; TRANSSONIQUE; CONTRÔLE DES ÉCOULEMENTS; CHARGES LATÉRALES ; BUFFETING ; OVALISATION ; CULOT; ARRIÈRE-CORPS ; LANCEUR; DMD; KOOPMAN.

**Numerical simulation, physical analysis and control of massively separated flows. Application to the buffeting phenomenon and nozzle ovalization on launcher configurations.**

In the current scientific and economic framework, access to space has become a great challenge for both the industry and research. One of the main purpose is to increase both the payload capacity and safety in order to reduce space transportation costs. The analysis of flight data from the Ariane 5 launcher has put forward the occurrence of pressure fluctuations leading to unsteady loads on the actuators of the Vulcain engine. These loads occur in the separated zone of the launcher base flow and act normally to the thrust axis. They are referred to as side loads. In the frame of such observations, two aspects are investigated. First, the dynamics of separating/reattaching flows at high Reynolds number and compressible regime is considered by means of numerical simulations of ZDES type. The instantaneous, mean and fluctuating flowfields are scrutinized using advanced post-processing. In particular, massive spectral (Fourier) and modal analyses (DMD) have been performed on the three-dimensional fluctuating pressure field of the base flow. Then, the control of phenomena which results in the buffeting phenomenon and nozzle ovalization is discussed. The physical analysis of the flow around a three-body geometry feeds into the design of an appropriate flow control device. Besides, the same analysis as for the uncontrolled configuration is undertaken in order to determine the effects of the tested devices (four jets equally distributed around the main body and increase of the cross section between the three bodies).

**Keywords** : NUMERICAL SIMULATION ; RANS/LES ; ZDES ; TRANSONIC; FLOW CONTROL; SIDE LOADS; BUFFETING ; OVALIZATION ; BLUFF BODY BASE ; AFTERBODY; LAUNCHER; DMD; KOOPMAN.