



Compréhension physique et simulation numérique avancée du
phénomène hélicoptère Tail-Shake
*Physical understanding & advanced numerical simulation of the
helicopter Tail-Shake phenomenon*

Soutenance de thèse – Miguel Torrente Pardo

Vendredi 01 avril 2022 à 14 H 00
Salle AY-02-63 – Centre Onera Meudon
et visioconférence (vcm02.onera.fr – 144.204.6.2 – 01 46 23 50 84)

Devant le jury composé de :

- **Directeur de Thèse :**
 - * Michel COSTES (Chercheur Scientifique), ONERA DAAA/MSAT, Meudon, France
- **Rapporteurs :**
 - * Eric GONCALVES (Professeur des Universités), ENSMA DFTC, Chasseneuil-du-Poitou, France
 - * Smaïne KOUIDRI (Professeur des Universités), ENSAM LIFSE, Paris, France
- **Examineurs :**
 - * Paola CINNELLA (Professeur des Universités), Sorbonne Université Institut d'Alembert, Paris, France
 - * Marilyn SMITH (Professor), Georgia Institute of Technology VLRCOE, Atlanta, USA
- **Encadrants :**
 - * Caroline LIENARD (Ingénieur), Airbus Helicopters ETGA, Marignane, France
 - * Damien DESVIGNE (Ingénieur), Airbus Helicopters ETGA, Marignane, France
 - * Ronan BOISARD (Ingénieur de recherche), ONERA DAAA/H2T, Meudon, France

---0---

Résumé / Abstract

Le Tail-Shake est un phénomène aéroélastique pouvant se produire sur les hélicoptères conventionnels et engendrer de fortes nuisances sur l'équipage et les passagers sous forme de vibrations basse fréquence. Il est dû à l'impact du sillage émis par différents éléments de l'hélicoptère sur ses ensembles arrière, excitant alors les modes propres de la structure. Le but de ces travaux est de développer une méthodologie numérique avancée permettant la capture fidèle des sillages émis par les parties non-tournantes, qui se caractérisent par une signature spectrale large-bande. Différentes modélisations de la turbulence ont été évaluées via leur application à deux cas tests académiques : un ellipsoïde allongé et un cylindre installé sur une plaque plane. L'écoulement autour de ces deux configurations présente en effet des similarités et une complexité analogue à celui autour des parties non-tournantes. Ces études ont permis d'identifier l'approche Scale Adaptive Simulations (SAS) avec le modèle de turbulence DRSM SSG/LRR- ω comme la plus prometteuse.

.../...

Cette modélisation permet une prévision fidèle des différents types de décollements rencontrés, ainsi que de la convection des sillages soumis à de fortes interactions. Elle s'appuie pour cela sur un comportement proche des méthodes hybrides RANS/LES plus classiques, en résolvant les échelles les plus énergétiques de la turbulence, mais à moindre coût. De même, l'utilisation du schéma numérique Vorticity Confinement (VC) améliore la convection des structures tourbillonnaires, grâce à la réduction de la dissipation introduite par les schémas numériques. La modélisation DRSM-SAS avec et sans VC a ensuite été appliquée à un cas d'hélicoptère réel sans parties tournantes. Les simulations ont mis en évidence la complexité des sillages impliqués dans le phénomène de Tail-Shake. D'autre part, l'analyse des écoulements a démontré la difficulté à prévoir l'apparition du phénomène à partir de l'identification des fréquences prépondérantes à la naissance des décollements. Enfin, des simulations réalisées autour de la maquette du même hélicoptère ont démontré que les essais en soufflerie à petite échelle (1:10 environ) ne permettent pas de reproduire précisément les décollements et les interactions de sillage à l'origine du Tail-Shake.

Tail-Shake is an aeroelastic phenomenon which may occur on conventional helicopters, generating low-frequency vibrations, that may be a strong source of discomfort for the cabin crew and the passengers. This phenomenon is due to the structural eigenmodes excitation by the wakes coming from different helicopter elements and impacting its rear parts. The present work is aimed at developing an advanced numerical methodology that enables to predict the complex wakes coming from the non-rotating parts, characterized by a broadband spectral signature. Different turbulence-modeling strategies have been assessed using two academic test cases: a prolate spheroid and a finite cylinder on a ground plate. The flow around both configurations presents similarities and a analogous complexity to the one around non-rotating helicopter parts. The Scale Adaptive Simulation (SAS) approach with the DRSM SSG/LRR- ω turbulence model results in an accurate prediction of the different types of flow separation, as well as of the convection of the wakes subject to strong interactions. This methodology relies on a close behavior to the one of classic hybrid RANS/LES methods, solving the most energetic turbulence scales, but at a lower cost. Moreover, the Vorticity Confinement (VC) numerical scheme enhances the eddies convection, by reducing the numerical dissipation of the schemes. The DRSM-SAS with and without VC modeling have then been applied to a real helicopter case without rotating parts. These numerical simulations highlighted the complexity of the wakes involved in the Tail-Shake phenomenon. The analysis has also demonstrated the difficulty of predicting the Tail-Shake phenomenon based on the dominant frequencies associated to the different flow separations. Lastly, numerical simulations using a reduced mock-up of the same helicopter have shown that such small-scaled wind-tunnel tests (about 1:10) do not allow to accurately reproduce flow separations and wakes convection involved in the Tail-Shake phenomenon.

Mots clés / Key words

HELICOPTERES, PHENOMENE DE TAIL-SHAKE, SIMULATIONS CFD, TURBULENCE, RANS, HRLES, SAS, VORTICITY CONFINEMENT

HELICOPTERS, TAIL-SHAKE PHENOMENON, FLOW SEPARATION, WAKE CONVECTION, CFD SIMULATIONS, TURBULENCE, RANS, HRLES, SAS, VORTICITY CONFINEMENT