**Titre français :** Dynamique non linéaire des systèmes mécaniques avec interfaces de contact : application aux interactions aube/carter

**Titre anglais :** Nonlinear dynamics of mechanical systems featuring contact interfaces : application to blade/casing interactions

**Mots clés français :** contact unilatéral, méthodes numériques, algorithmes de contact, méthode de l'équilibrage harmonique, interactions rotor/stator, contacts aube/carter, branches de solutions isolées, principe énergétique de Melnikov

**Mots clés anglais:** unilateral contact, numerical methods, contact algorithms, harmonic balance method, rotor/stator interactions, blade-tip/casing contacts, branches of isolated solutions, Melnikov’s energy principle

**Résumé français**

Avec l'émergence de nombreuses normes environnementales, l'industrie aéronautique doit se conformer à un ensemble de réglementations concernant le rejet de gaz à effets de serre et d'oxydes d'azote. Les équipementiers aéronautiques doivent donc mettre au point des moteurs plus performants, ce qui passe par l'exploration de nouvelles pistes de conception. Les jeux fonctionnels entre les parties fixes et les parties tournantes du moteur sont responsables d'une grande partie des pertes aérodynamiques à chacun des étages de la turbomachine. Par conséquent, la réduction de ces jeux permet une augmentation significative du rendement des turboréacteurs. En revanche, elle s'accompagne également d'un accroissement de la probabilité d'occurrence des contacts structurels entre les têtes d'aubes et le carter. Dans l'optique de garantir la sûreté des avions, il devient alors nécessaire de se doter d'outils numériques permettant de modéliser de tels contacts avec l'objectif d'intégrer les outils non linéaires dans les cycles de conception industriels. Cette thèse s'inscrit dans la lignée des travaux visant à accroître le niveau de modélisation et de compréhension des phénomènes non linéaires dans les turbomachines, et particulièrement les contacts aube/carter. L'objectif principal de cette thèse consiste à fournir une preuve d'applicabilité des méthodes fréquentielles basées sur un algorithme de gestion du contact par lagrangiens augmentés à la configuration hautement non linéaire de contact aube/carter. Par ailleurs, on cherche à mettre en évidence les propriétés inhérentes aux méthodes fréquentielles concernant le respect des différentes conditions de contact unilatéral. Enfin, comme lors de l'étude des systèmes de taille industrielle on détecte de nombreuses branches de solutions isolées, le dernier objectif consiste à mettre au point une procédure de détection de solutions isolées adaptée aux problèmes de contact aube/carter. Pour ces travaux de thèse, une méthode de gestion du contact dans le domaine fréquentiel par lagrangiens augmentés est implémentée et comparée aux stratégies constituant l'état de l'art en ce qui concerne le contact aube/carter. Une très bonne corrélation est obtenue sur les systèmes de taille industrielle, où les stratégies fréquentielles surpassent même les stratégies temporelles de référence en termes d'informations qualitatives obtenues sur la dynamique du système. Les propriétés de gestion du contact intrinsèques des méthodologies utilisées sont mises en évidence sur des systèmes simples, permettant par la même occasion de mettre en lumière une relation asymptotique entre les stratégies fréquentielles se basant sur les méthodes gestion du contact par lagrangiens augmentés d'une part et par multiplicateurs de Lagrange d'autre part. Enfin, une stratégie de recherche de branches de solutions isolées basée sur le principe énergétique de Melnikov est appliquée au contact aube/carter. Cette dernière permet la mise en évidence de nombreuses familles de solutions isolées de manière systématique. De plus, l'application de cette stratégie a mené à une meilleure compréhension des mécanismes responsables de la naissance de branches de solutions isolées. Par ailleurs, un nouveau phénomène responsable de la naissance de branches isolées, pouvant être critique du point de vue de l'intégrité structurelle, est détecté lorsque l'aube subit une excitation surharmonique.

**Résumé anglais**

With the emergence of numerous environmental standards, the aviation industry must comply with a series of regulations regarding greenhouse gases and nitrogen oxides emissions. Aeronautical equipment manufacturers must therefore develop more performant engines, which means exploring new designs. The operational clearances between the fixed and rotating parts of the engine are responsible for a large part of the aerodynamic losses at each stage of the turbomachine. Naturally, reducing these clearances allows for a significant increase in the efficiency of the engine. However, it also comes with a rise in the likelihood of the occurrence of structural contacts between blade-tips and the casing. In order to ensure the safety of the aircraft, it becomes necessary to acquire numerical tools allowing to model such contacts with the objective of integrating nonlinear tools in industrial design cycles. This thesis aims to increase the level of modeling and understanding of nonlinear phenomena in turbomachinery, and particularly blade/casing contacts. The main objective of this thesis is to provide a proof of applicability of frequency methods based on an augmented lagrangian contact management algorithm to the highly nonlinear configuration of blade/casing contact. In addition, one seeks to highlight the properties inherent to the frequency methods regarding their respect of the different unilateral contact conditions. Finally, as many branches of isolated solutions are detected in the analysis of industrial systems, the last objective consists in developing a procedure for the detection of isolated branches of solutions adapted to to blade-tip/casing contact problems. During this thesis, a method of contact management in the frequency domain by augmented lagrangians is implemented and compared to industrial state-of-the-art strategies when it comes to rotor/stator interactions. A very good correlation is obtained on industrial sized systems, where the frequency-based strategies even outperform the reference time domain strategies in terms of qualitative information obtained on the dynamics response. The intrinsic contact management properties of the methodologies are identified on simple systems, allowing in the process to highlight an asymptotic relation between frequency domain methods relying on contact managements by augmented Lagrangians on the one hand and by Lagrange multipliers on the other hand. Finally, a detection strategy for isolated branches of solutions based on Melnikov's energy principle is applied to blade-tip/casing contact problems. The latter allows for the identification of many isolated branches of solutions families systematically. Moreover, the application of this strategy has led to a better understanding of the mechanisms responsible for the birth of branches of isolated solutions. In addition, a new phenomenon responsible for the birth of isolated branches, which may be critical from a structural integrity standpoint, is detected when the blade undergoes an overharmonic excitation.