

Résumé

L'une des principales sources d'inconfort dans un hélicoptère sont les vibrations transmises par le rotor à la structure de l'appareil. En vol d'avancement, des efforts aérodynamiques cycliques sont subis par l'ensemble des pales en tête rotor et génèrent de très fortes vibrations basse fréquence (aux alentours des 17Hz) transmises aux passagers via la boîte de transmission principale puis le fuselage lui-même. Afin de garantir le confort des membres d'équipage et des passagers, de nombreux systèmes antivibratoires ont été conçus. Ces systèmes sont généralement passifs car la majorité de l'énergie vibratoire transmise à la structure se situe à une fréquence unique ω_c correspondant à $b\Omega$ avec b le nombre de pales et Ω la fréquence de rotation du rotor. Cependant, les appareils modernes évoluent et le régime rotor jusqu'alors fixe durant toutes les phases de vol varie à présent pour des préoccupations de performances et de consommation (variation de l'ordre de +/-10% autour de $b\Omega$). Cette nouvelle contrainte dans la conception des hélicoptères rend pertinente la technologie des systèmes antivibratoires actifs, pouvant s'adapter à la sollicitation en termes d'amplitude et fréquence. Lors de ces travaux de thèse, la suspension passive SARIB de Airbus Helicopters basée sur le principe du DAVI (Dynamic Antiresonant Vibration Isolator) est modifiée afin d'être rendue active par ajout d'une partie actuation/commande. La théorie des lois et algorithmes de contrôle utilisés dans ces travaux, est présentée en détail afin de poser solidement les bases du contrôle actif du prototype de suspension conceptualisé ici à savoir le contrôle FXLMS (adaptatif) et le contrôle optimal LQG. Afin de simuler le fonctionnement du système, un modèle tridimensionnel de la suspension active est construit, couplé à la structure souple de l'hélicoptère (NH90). Sur ce modèle sont alors appliquées les différentes lois de commande introduites auparavant et leurs performances comparées dans différents cas de chargement en tête rotor et surtout pour différentes fréquences de sollicitation. De même, pour chaque algorithme, différentes localisations des capteurs d'erreur sont étudiées afin de converger vers une configuration optimale. Les simulations démontrent que l'algorithme FXLMS feedforward est très bien adapté au contrôle des perturbations harmoniques et permet de réduire très significativement le niveau vibratoire du plancher cabine, sans réinjection parasite dans le reste de la structure. Une comparaison de l'efficacité du SARIB actif avec les systèmes d'absorbeurs en cabine est ensuite effectuée pour démontrer la pertinence d'utiliser le principe du DAVI comme base d'un système actif. Les travaux de cette thèse traitent également des essais réalisés en laboratoire sur le prototype échelle 1 de la suspension SARIB active avec contrôle FXLMS.

-

-

- **Titre traduit**

Active control of a helicopter main gearbox suspension system

-

Résumé

One of the main causes of discomfort in helicopters are the vibrations transmitted from the rotor to the structure. In forward flight, the blades are submitted to cyclic aerodynamic loads which generate low frequency (around 17Hz) but high energy mechanical vibrations. These vibrations are transmitted from the rotor to the main gearbox, then to the structure and finally to the crew and passengers. In order to maintain acceptable comfort for crew members and passengers, a lot of antivibration devices have been developed since the last 30 years. These systems are generally passive because most of the mechanical energy transmitted to the structure is at only one frequency ω_c which is equal to the product $b\Omega$ with b the number of blades and Ω the rotor rotational speed. However, modern helicopters evolve and the rotor rpm, which has always been considered as fixed during flight is now a function of time, depending on the flight phases in order to increase performances and reduce energy consumption (variation bandwidth of Ω +/- 10%). This new constraint on the design of helicopters makes the active antivibration technology completely relevant with its capacity to adapt in terms of amplitude and frequency to the perturbation. During this thesis, the passive suspension called SARIB from Airbus Helicopters, based on the DAVI principle (Dynamic Antiresonant Vibration Isolator) is modified in order to implement active components and command (actuation). The theory of the control algorithms used in this thesis is presented in detail in order to define the theoretical tools of the active DAVI control which are : FXLMS control (adaptive control) and LQG (optimal control). To simulate the complete system, a 3D multibody model of the active suspension has been set up, coupled to a the flexible structure of a NH90 (Airbus Helicopters). On this model are applied the different control algorithms presented before and their performances are compared for different loads with variable frequency on the rotor hub. In the same way, different locations for the error sensors in the structure are studied to find the optimal control configuration. The simulations show that the FXLMS algorithm is well suited for the control of harmonic perturbations and reduce significantly the dynamic acceleration level on the cabin floor, without parasite reinjection on other parts of the structure. A comparison of the active SARIB with classical cabin vibration absorbers is also made in terms of efficiency in order to show the advantages of using the DAVI system as a base for an active antivibration device. Finally, this thesis also presents the experiments realized in the dynamics laboratory of Airbus Helicopters on a 1:1 scale prototype of the active SARIB suspension with FXLMS control. The results demonstrate the efficiency of the active suspension architecture and control algorithms.