HAL
open science

Absorbeurs dynamiques de vibration pour le contrôle de la résonance sol des hélicoptères

Joao Flavio Pafume-Coelho, L. Sanches, Etienne Gourc, Guilhem Michon

To cite this version:

Joao Flavio Pafume-Coelho, L. Sanches, Etienne Gourc, Guilhem Michon. Absorbeurs dynamiques de vibration pour le contrôle de la résonance sol des hélicoptères. Congrès Français de Mécanique, Lyon, France, 2015, Lyon, France. hal-02051916

HAL Id: hal-02051916

https://hal.science/hal-02051916v1

Submitted on 11 Jun 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Absorbeurs dynamiques de vibration pour le contrôle de la résonance sol des hélicoptères.

J. F. COELHO[a], L. SANCHES[b], E. GOURC[b], G. MICHON[a]

a. Université de Toulouse, ICA, ISAE, 10 Av. Edouard Belin, Toulouse - France
b. Universidade Federal de Uberlândia, Laboratorio de Estruturas José Eduardo Tannus Reis – LMEST, Av João Naves de Avila, 2121 – Uberlândia-MG-Brésil

Email adresses : Joao-flavio.PAFUME-COELHO@isae.fr, lsanches@femec.ufu.br, etienne.gourc@gmail.com, Guilhem.Michon@isae.fr.

Ce travail se porte sur une étude numérique de l'influence des absorbeurs dynamiques de vibration sur le phénomène de résonance sol des hélicoptères à rotor articulé. Un modèle linéarisé classique d'un hélicoptère à quatre pales est considéré. Des absorbeurs de vibration sont placés à chaque liaison pivot des pales dans la direction du mouvement de trainé, ses paramètres étant déterminés pour assurer une suppression optimale de la trainé d'une pale isolée en réponse libre. Une étude paramétrique montre que ces paramètres peuvent aussi assurer une réduction de l'instabilité due à la résonance sol.

Mots clefs : hélicoptère ; résonance sol ; rotor articulé ; stabilisation ; absorbeurs de vibration

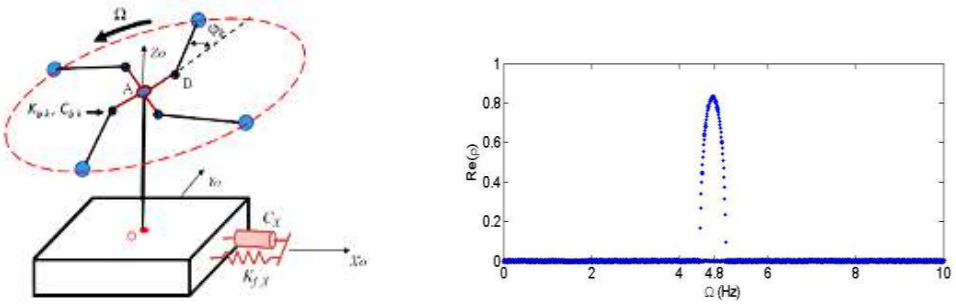
1 Motivation

Le Phénomène de Résonance Sol (PRS) est une instabilité qui peut survenir lorsqu'un hélicoptère est posé au sol et le rotor est en fonction. Elle est due au couplage entre le mouvement de trainé de l'ensemble des pales, dans le plan du rotor, et le mouvement de roulage du fuselage. Ce phénomène est lié à un couplage du rotor et du fuselage avec un apport d'énergie par la rotation du rotor, qui entraine sa destruction. Les rotors aux pales articulés sont plus susceptibles à l'occurrence du PRS. Le contrôle du PRS est actuellement réalisé par des amortisseurs placés dans les pales ainsi que dans le fuselage. Cependant, des objectifs de simplification et de robustesse amènent la recherche vers l'usage d'absorbeurs de vibrations, afin de transférer l'énergie vers un système secondaire.

2 Modèle d'hélicoptère pour le PRS

Une modèle linéarisé classique pour l'étude du PRS, tient compte d'un seul Degré De Liberté (DDL) de translation pour le fuselage et de 2 DDL représentant le mouvement de l'ensemble des pales dans le plan de rotation via les variables de Coleman. L'utilisation en variables de Coleman fait que le système dynamique n'a pas des coefficients à dépendance temporelle.

Le schéma donné à la Fig. 1.a présente le modèle retenu et ses zones d'instabilité (plage de la vitesse du rotor Ω entrainant l'instabilité), à la Fig. 1.b, qui montre la partie réelle de la valeur propre maximale du système en fonction de Ω (amplitude de la zone instable).



(a) (b)

Figure 1 – (a) Modèle de référence d'hélicoptère pour l'étude du PRS, (b) Zone d'instabilité associée.

3 Absorbeur de Vibration proposé

3.1 Dimensionnement dans le cas d'une pale seule

Un Absorbeur de Vibration (AV) à torsion intégré au niveau de la liaison pivot des pales est proposé, voir Fig. 2.

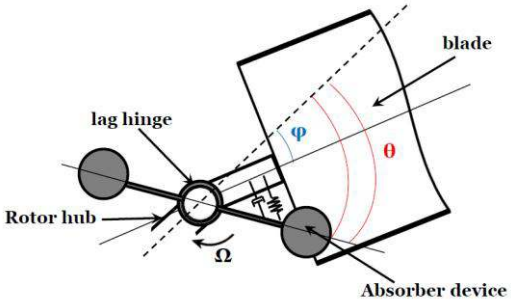


Figure 2 – Schéma représentatif de l'absorbeur de vibration proposé

Etant donné que les pales ont un mouvement de trainé non amortie, la détermination des paramètres des absorbeurs – α (ratio des fréquences naturelles) et ζ (amortissement), produisant une suppression optimale des oscillations suit la méthode classique de Den Hartog, le ratio d'inertie (μ) étant imposé a priori (μ = 10%). Seul le sous-système pale-absorbeur est pris en compte pour ce dimensionnement. L'effet des absorbeurs ainsi dimensionnés sur une pale tournante à Ω fixé est montré à la Fig. 3.

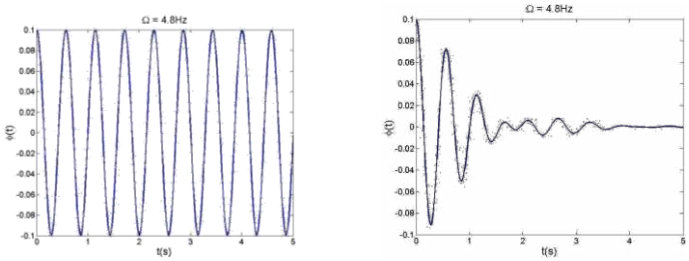


Figure 3 – Réponse libre d'une pale tournant à Ω = 4.8 Hz, sans et avec absorbeur de vibrations.

3.2 Effet sur l'instabilité du système complet

Lorsque des absorbeurs identiques, préalablement dimensionnés suivant la méthode précédente, sont intégrés au modèle du PRS, et le mouvement de son ensemble est exprimé en variables de Coleman, une analyse de valeurs propres est réalisée. Le niveau d'instabilité se réduit, surtout en terme de sévérité (diminution de l'amplitude de la partie réelle de la valeur propre), voir Fig. 4.

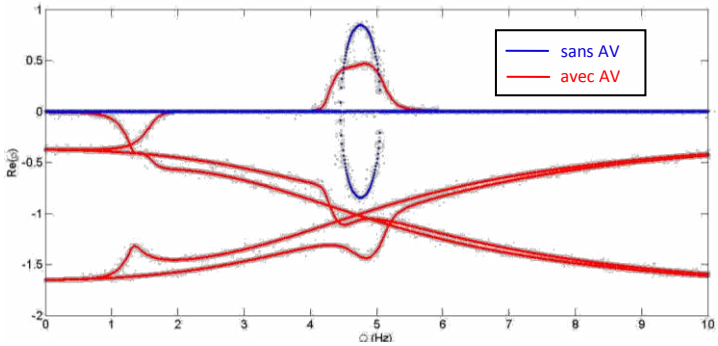


Figure 4 – Comparaison des zones d'instabilité dans le modèle de référence.

3.3 Etude paramétrique

La question qui se pose est de savoir si des absorbeurs qui sont optimaux pour une seule pale tournante le sont aussi pour la stabilisation de l'ensemble du rotor et fuselage. Pour vérifier cela, une étude paramétrique rapportant l'amplitude des zones instables en fonction de α, ζ et μ est réalisée. Les résultats obtenus sont résumés dans la Fig. 5. On constate que l'amortissement joue peu sur l'amplitude des zones instables, tandis que α obtenu précédemment est assez proche de celui permettant une réduction maximale de l'instabilité. Une valeur de μ supérieur à 5% n'a pas d'effet sur l'amplitude des zones. Ainsi, les paramètres déterminés suivant une méthode classique appliquée sur une seule pale tournante sont proches des valeurs entrainant la réduction maximale de l'amplitude des zones instables.

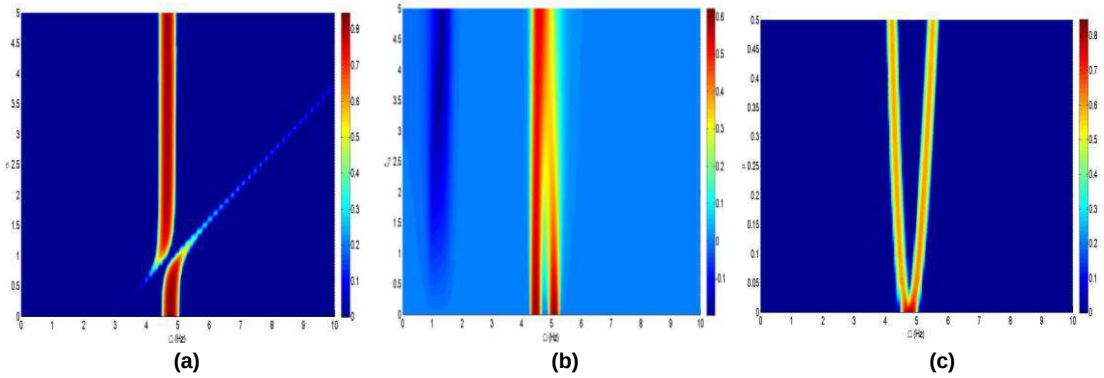


Figure 5 – Evolution des zones d'instabilité en fonction des paramètres de l'absorbeur de vibration : (a) Ratio des fréquences propres, (b) Facteur d'amortissement, (c) Ratio des masses.