



HAL
open science

Amélioration du comportement dynamique d'une machine tournante par modification de l'état de surface du système de lubrification

J. Rebufa

► **To cite this version:**

J. Rebufa. Amélioration du comportement dynamique d'une machine tournante par modification de l'état de surface du système de lubrification. Journées scientifiques de Marcoule (JSM 2016), Jun 2016, Bagnols sur cèze, France. hal-02441903

HAL Id: hal-02441903

<https://hal-cea.archives-ouvertes.fr/hal-02441903>

Submitted on 26 Feb 2020

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.

Amélioration du comportement dynamique d'une machine tournante par modification de l'état de surface du système de lubrification

Nom, Prénom : Rebufa Jocelyn

Contrat : CTBU

Responsable CEA : Erick Le Guyadec

Organisme co-financeur : -

Directeurs universitaires : D. Mazuyer, F. Thouverez

Université d'inscription : Ecole Centrale Lyon

Laboratoires d'accueil : DTEC/SEPE/LCED CEA Ecole doctorale : MEGA

Marcoule 30200 Bagnols sur Cèze
et LTDS – ECL 69134 Ecully

Date de début de thèse : 28/10/2013

Master : Master MEGA

Mots clefs : Paliers hydrodynamiques, vibrations fluide-structure, cavitation, texturation de surface, méthodes multi-échelles

I. Contexte

Les utilisations avancées des machines tournantes, comme la miniaturisation des rotors ou les utilisations à très hautes vitesses de rotation, demandent un contrôle des vibrations de plus en plus complet.

Les systèmes de lubrification, comme le palier hydrodynamique, jouent un rôle crucial dans la dynamique globale de la machine, et ont une influence significative sur les vibrations des structures. Afin de prédire les vibrations de l'arbre, les interactions fluide-structure entre le lubrifiant et le rotor doivent être prises en compte. Or, le palier hydrodynamique possède des comportements fortement non-linéaires qui compliquent l'analyse prédictive des vibrations. Par exemple, le phénomène d'instabilité auto-entretenue d'*oil whirl* dû au tournoiement de l'huile autour de l'arbre a fait l'objet de nombreuses recherches et reste relativement complexe à étudier ([1]).

Par ailleurs, les progrès récents de la texturation de surface ont montré un certain nombre d'améliorations de la lubrification hydrodynamique, comme par exemple la réduction du frottement, ou encore l'augmentation de la force de chargement statique soutenue par le palier. En revanche, les effets des différents motifs de texturation sur la dynamique de l'arbre ne sont pas bien connus, et doivent être correctement analysés.

II. Un algorithme multi-physiques et multi-échelles

Dans ce but nous présenterons les résultats d'un algorithme monolithique de résolution non-linéaire du problème couplé de ligne d'arbre tournant sur deux paliers hydrodynamiques ([2]). Le phénomène de cavitation dans le lubrifiant est modélisé par un problème à frontière libre entre deux domaines fluides, régis par les équations de Reynolds pour le film complet, et par le modèle de conservation du débit de Jakobsson-Floberg-Olsson / Elrod-Adams dans la zone de rupture de film. Les équations fluides sont résolues sous forme de problème de complémentarité linéaire, et la pression est projetée sur la structure par une formulation en éléments finis autorisant le désalignement de l'arbre. Le motif de texturation est pris en compte dans un premier temps par une méthode d'homogénéisation multi-échelles de l'équation de Reynolds. L'impact de différentes texturations sur le rotor flexible est étudié à l'aide de méthodes numériques classiques de résolution d'équations non-linéaires, à savoir la méthode d'équilibrage harmonique (HBM), et l'étude de stabilité de solutions périodiques avec les multiplicateurs de Floquet. Les résultats de cet algorithme font l'objet de plusieurs publications ([3], [4]), et mettent en évidence la dépendance du seuil d'instabilité par rapport à la texturation de surface.

Dans un second temps, on modélise l'impact de la texturation par résolution de l'équation de Navier-Stokes laminaire à l'échelle locale nous permettant de pondérer l'équation de Reynolds globale par des facteurs de flux. Ainsi, la possibilité de recirculation dans les aspérités, et donc la non-validité des équations de Reynolds est mise en avant pour certaines texturations.

III. Mise en évidence expérimentale de la stabilisation de l'oil whirl

Afin de confronter les résultats de la simulation à la réalité, un banc d'essai a été développé (banc PHAT). Ce banc d'essai a permis de montrer que la texturation de surface peut avoir un effet majeur dans la stabilisation du phénomène auto-entretenu d'oil whirl. La figure 1 illustre l'augmentation de la plage de stabilité par utilisation de la texturation de surface laser. Toutefois, le modèle théorique de validation des équations de Reynolds ne semble pas prédire une telle modification de la stabilité du système. Le modèle incluant les recirculations par moyennage de l'équation de Navier-Stokes pourraient éventuellement expliquer cette différence.

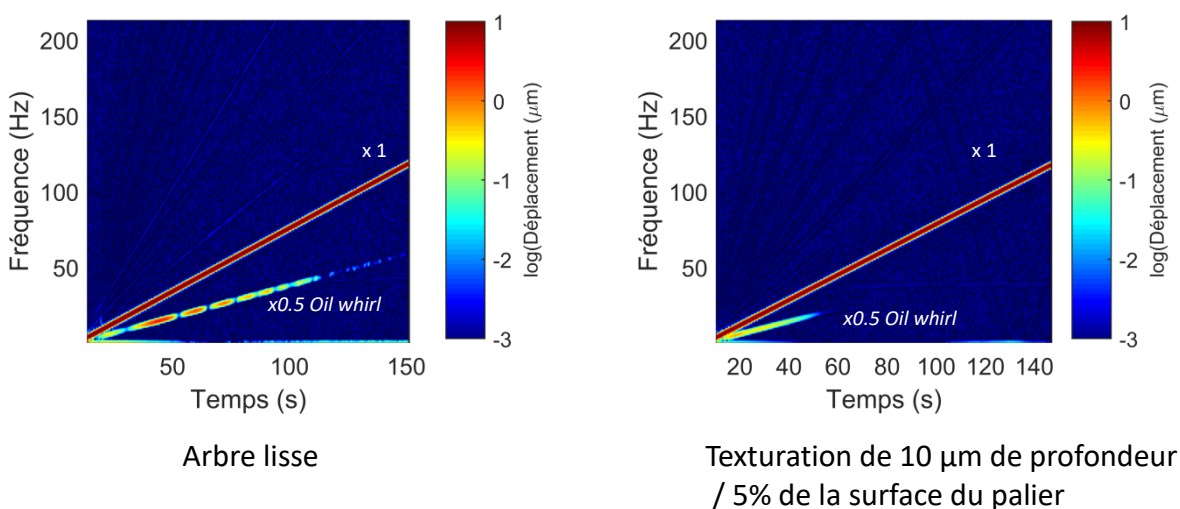


Figure 1 – Diagramme cascade de la réponse vibratoire mesurée sur l'arbre en réponse à une rampe en vitesse (fréquence synchrone représentée en rose)

IV. Références

- [1] J. W. Lund, E. Saibel, « Oil Whip Whirl Orbits of a Rotor in Sleeve Bearings », J. Manuf. Sci. Eng., vol. 89, n° 4, p. 813-823, nov. 1967.
- [2] J. Rebufa, « Utilisation de la texturation de surface pour améliorer le comportement dynamique lié à la lubrification des machines tournantes flexibles : un algorithme d'étude multi-physiques et multi-échelles », Rapport technique CEA, décembre 2015.
- [3] J. Rebufa, F. Thouverez, E. Le Guyadec, D. Mazuyer, *Effects of textured journal bearings on vibrations of lightweight rotors*, Proceedings of Vibration in Rotating Machinery 11, Manchester 2016
- [4] J. Rebufa, F. Thouverez, E. Le Guyadec, D. Mazuyer, *Effects of textured journal bearings on flexible rotordynamic systems (submitted to Journal of Tribology)*