

**Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Forced Response Analysis  
of a Rotordynamic System with Bearing Clearance Nonlinearity[BR]- Integration internsh**

**Auteur :** Ernotte, Guilain

**Promoteur(s) :** Salles, Loïc

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil en aérospatiale, à finalité spécialisée en "aerospace engineering"

**Année académique :** 2024-2025

**URI/URL :** <https://gitlab.com/drti/pyharm>; <http://hdl.handle.net/2268.2/24839>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

## Informations sur ce travail de fin d'études

- Titre** Analyse de la réponse forcée d'un système rotodynamique avec non-linéarité due au jeu des paliers
- Sous-titre** Amélioration de la gestion des bifurcations dans un solveur d'équilibrage harmonique open source
- Auteur** Guilain ERNOTTE
- Promoteur** Pr. Loïc SALLES
- Résumé** Cette thèse de master vise l'obtention du diplôme de master ingénieur civil en aérospatiale. Les travaux s'appuient sur une étude de cas proposée par Safran Tech, un groupe de recherche au sein de Safran S.A.. L'objectif initial de cette étude est l'analyse de la réponse forcée d'un système rotodynamique présentant un comportement vibratoire non linéaire, dû à la présence d'un jeu entre l'un des paliers et son logement. Ces jeux sont volontairement dimensionnés et généralement remplis d'huile, formant un palier à film mince. Cette configuration introduit un amortissement entre le palier et son logement. En cas de déséquilibre rotorique anormal, la bague extérieure du palier peut entrer en contact avec la paroi interne du logement.
- Le système rotorique est analysé à l'aide de pyHarm, un solveur Harmonic Balance open source développé par Safran Tech. L'étude révèle que ce solveur est incapable de calculer la réponse en fréquence du système pour certaines configurations. Après investigation, il apparaît que pyHarm ne traite pas tous les points de bifurcation potentiels de la réponse en fréquence, au-delà des simples bifurcations de type « fold ».
- Par conséquent, l'objectif principal de cette thèse est d'améliorer les capacités de gestion des bifurcations de pyHarm. Pour ce faire, le mécanisme de détection des bifurcations a été refondu. De plus, deux techniques numériques ont été implémentées pour faciliter la transition entre les différentes branches de solutions de la réponse en fréquence. La première technique consiste à introduire de petites perturbations dans la dynamique du système, tandis que la seconde traite l'équation de bifurcation algébrique.
- Usage d'IA** L'auteur a utilisé l'IA générative de manière limitée pour la rédaction de ce rapport, uniquement pour trouver des synonymes ou reformuler certains de ses propres paragraphes. Aucune IA n'a été employée dans le développement du code informatique.
- Mots-clés** rotodynamique, vibration non linéaire, Harmonic Balance, continuation numérique, bifurcation, embranchement, stabilité, pyHarm