

---

**Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Nonlinear vibrations in a piccolo tube: Study of the correspondence between experimental and numerical results[BR]- Integration Internship**

**Auteur :** Lejoly, Raphaël

**Promoteur(s) :** Kerschen, Gaetan

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

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

**Année académique :** 2021-2022

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/14369>

---

*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.*

---

# Master Thesis: Nonlinear vibrations in a piccolo tube: Study of the correspondence between experimental and numerical results

University of Liège - School of Engineering and Computer Science  
Master of Science (MSc) in Aerospace Engineering

*Author:* LEJOLY Raphaël

*Academic advisor:* KERSCHEN Gaëtan

*Academic year:* 2021 - 2022

## **Abstract:**

Nonlinear behaviours are inherent to today's aerospace industry due in part to the many contemporary constraints. This master thesis focuses on the study of such a non-linearity by investigating the behaviour of a piccolo tube subjected to different types of external excitations. For this purpose, experimental tests are conducted on the corresponding physical structure on the one hand. On the other hand, similar results are attempted to be obtained using *NI2D*, a numerical simulation software adapted to the study of nonlinearities. This study is also in the continuation of results obtained in previous analyses. To this purpose, the structure is studied when subjected to sine sweep and randoms excitations. Methods are also implemented to extract and compare the stress levels to which the tube is subjected. The obtained results confirm the previous sine sweep findings. The methods used also allow a good correspondence between the two types of results for random excitations. Limitations must, however, be taken into account, in this case, when nonlinearity is reached due to a numerical over-representation of harmonics triggering. Finally, similar stress levels can be achieved for numerical tests and simulations outside resonance peaks. However, due to discrepancies, other numerical methods should be considered to obtain the stresses in the frequency band of the resonance peak, such as directly computing this data on a whole time signal. This could moreover allow the correspondence of the two types of stress results for random excitation.

## **Abstract (french version):**

Les comportements non-linéaires sont inhérents à l'industrie aérospatiale actuelle, en partie dus aux nombreuses contraintes contemporaines. Ce mémoire de master se concentre sur l'étude d'une telle non-linéarité en étudiant le comportement d'un tube piccolo soumis à différents types d'excitations externes. Pour ce faire, des essais expérimentaux sont réalisés sur la structure physique correspondante d'une part. D'autre part, des résultats similaires sont tentés d'être obtenus en utilisant *NI2D*, un logiciel de simulation numérique adapté à l'étude des non-linéarités. Cette étude s'inscrit également dans la continuité de résultats obtenus lors d'analyses précédentes. Pour ce faire, la structure est étudiée en étant soumise à des excitations en balayage sinus et aléatoires. Des méthodes sont également mises en œuvre pour extraire et comparer les niveaux de contraintes auxquels le tube est soumis. Les résultats obtenus confirment les conclusions précédentes sur les balayages sinus. Les méthodes utilisées permettent également une bonne correspondance entre les deux types de résultats pour des excitations aléatoires. Des limites doivent cependant être prises en compte, dans ce cas, lorsque la non-linéarité est atteinte en raison d'une sur-représentation numérique du déclenchement des harmoniques. Enfin, des niveaux de contrainte similaires peuvent être atteints pour les essais et les simulations numériques en dehors des pics de résonance. Cependant, en raison de divergences, d'autres méthodes numériques devraient être envisagées pour obtenir les contraintes dans la bande de fréquence du pic de résonance, comme le calcul direct de ces données sur un signal temporel complet. Ceci pourrait d'ailleurs permettre la correspondance des deux types de résultats de contraintes pour une excitation aléatoire.