

**Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Virtual Shaker Testing:  
Modelling, vibration analysis, and experimental validation of an electrodynamic  
shaker model coupled to a test specimen[BR]- Integration Internship**

**Auteur :** Adam, Caroline

**Promoteur(s) :** Golinval, Jean-Claude

**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/2268.2/14589>

---

*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.*

---

---

# Virtual Shaker Testing:

## Modelling, vibration analysis, and experimental validation of an electrodynamic shaker model coupled to a test specimen

---

### Abstract:

The aim of this master thesis is to develop a virtual shaker testing. It allows to predict coupling phenomena between a structure to be tested and the shaker.

The first objective is to model the shaker. To do so, a lumped parameter model is used. The shaker is modelled by three degrees of freedom: the vertical translations of the coil, the table and the body of the shaker. Taken from the literature, the equations of this model are written. They are then implemented in *Simulink* software. To simulate the dynamics of the shaker, the parameters of this model first need to be identified. A method is therefore developed to compute the mechanical and electrical model parameters. Simulations of shaker vibrations can finally be performed in *Simulink*. These simulations are validated by experimental vibration tests.

The second objective of this work is to couple the model of a specimen to the model of the shaker in order to simulate a complete shaker test. In a first time, the specimen is numerically synthesised by a finite element model. An experimental modal analysis is performed to validate the model of the specimen. When this model is validated, a superelement is extracted and is introduced in the *Simulink* shaker model. A complete test of the shaker/specimen assembly can finally be simulated. The simulations are compared with an experimental test. It is shown that the method gives satisfying results for a small shaker (for example a 445-N shaker) but is less conclusive for a large shaker (such as a 120-kN shaker). The second method consists in building an experimental model of the specimen. To do so, the frequency-based substructuring theory is used to create an experimental superelement. As for the first method, it is introduced in the *Simulink* shaker model and a complete test is simulated. This method gives similar results to the first one.

**Keywords:** Virtual shaker testing, Electrodynamic shaker, Lumped parameter model, Parameter identification, Model updating, Testing prediction.



---

## Pot vibrant virtuel: Modélisation, analyses de vibration et validation expérimentale d'un modèle de pot vibrant électrodynamique couplé à un spécimen de test

---

### Résumé:

Le but de ce mémoire est d'établir un pot vibrant virtuel. Cela permet de prédire les phénomènes de couplage entre la structure à tester et le pot vibrant.

Le premier objectif de ce travail est de modéliser le pot vibrant. Pour cela, un modèle de paramètres généralisés est utilisé. Le pot vibrant est alors modélisé par trois degrés de liberté: les translations verticales de la bobine, de la table et du corps. Tirées de la littérature, les équations de ce modèle peuvent être écrites. Elles sont ensuite implémentées dans le programme *Simulink*. Pour simuler la dynamique du pot vibrant, les paramètres impliqués dans le modèle doivent d'abord être déterminés. Une méthode est donc développée afin d'identifier les paramètres électriques et mécaniques du modèle. Les simulations de vibration du pot peuvent enfin être réalisées. Celles-ci sont finalement validées par des essais expérimentaux.

Le deuxième objectif de ce travail est de coupler le modèle d'une structure à tester au modèle du pot vibrant. Dans un premier temps, l'objet est modélisé numériquement par une méthode d'éléments finis. Une analyse modale expérimentale est réalisée pour valider ce modèle. Quand un modèle fiable est obtenu, un super-élément est créé et est ensuite introduit dans le modèle *Simulink* du pot vibrant. Un test complet d'une structure fixée sur le pot peut donc être simulé. Les simulations sont ensuite comparées à des tests expérimentaux pour valider la méthode. Il en est conclu que cette méthode prédit bien les vibrations sur un petit pot vibrant (d'une force de 445 N) mais n'est pas concluante sur un plus gros (d'une force de 120 kN). La seconde méthode consiste à construire un modèle expérimental de la pièce à tester. Pour ce faire, la méthode de la sous-structuration basée sur la fréquence est utilisée. Cela permet en fait de créer un super-élément expérimental. Il peut ensuite être couplé au modèle *Simulink* du pot vibrant et un test complet peut enfin être simulé. Cette méthode donne des résultats assez similaires à la première méthode.

**Mots clés:** Pot vibrant virtuel, pot vibrant électro-dynamique, modèle à paramètres généralisés, identification de paramètres, amélioration de modèle, prédiction d'essai.

