

Optimisation multi-objectif sous incertitudes : Application au dimensionnement d'un composant de satellite

F. Massa¹, B. Lallemand¹, T. Tison¹,

¹LAMIH FRE CNRS 3304, Université de Valenciennes, France {franck.massa,bertrand.lallemand,thierry.tison}@univ-valenciennes.fr

Résumé — On présente, dans ce papier, une méthode pour résoudre les problèmes d'optimisation où des incertitudes sont introduites à la fois sur les variables de conception, les données endogènes du modèle éléments finis ainsi que les contraintes d'optimisation. La méthode est formulée selon une formulation ensembliste et a pour objectif de définir un espace de conception optimisé à partir d'une étude de robustesse.

Mots clefs — Optimisation multi-objectif, incertitudes, méta-modèle, robustesse.

1 Introduction

Les simulations par éléments finis sont bien implantées dans le monde industriel et sont devenues incontournables en phase de conception des structures mécaniques. Bien que les modèles numériques soient de plus en plus complexes et réalistes, les résultats obtenus peuvent présenter encore des écarts non négligeables par rapport à la réalité observée. L'utilisation d'une analyse déterministe peut être limitée compte tenu des variabilités à l'origine de la fabrication ou encore de la méconnaissance des données en phase d'avant-projet.

L'objectif de ce papier est de proposer une méthode pour introduire les incertitudes, en considérant une approche ensembliste, sur les différentes données d'un problème d'optimisation, à savoir les variables de conception, les fonctions objectif et les contraintes d'optimisation qui sont définies à partir de solutions mécaniques, obtenues à partir d'un modèle éléments finis, dépendantes de caractéristiques endogènes incertaines.

2 Optimisation multi-objectif sous incertitudes

La méthode proposée pour résoudre ce problème d'optimisation repose sur l'utilisation :

- d'un algorithme génétique (Fig. 1) pour explorer l'espace de conception et définir les sous-ensembles admissibles [1]
- d'une méthode de propagation des incertitudes (Fig. 2) recherchant les évolutions minimales et maximales pour chaque solution mécanique présente dans les contraintes d'optimisation ou fonctions objectif. Dans le cas présent, une méthode exploitant les sensibilités des solutions par rapport aux paramètres incertains est utilisée [2]
- d'un méta-modèle approprié à l'analyse effectuée [3]. Dans cette étude, une projection, sur une base composée de vecteurs issus d'une approche homotopique, est considérée pour approximer les premières fréquences propres [4]
- d'une quantification de la robustesse (Fig. 3) des solutions proposées [1]

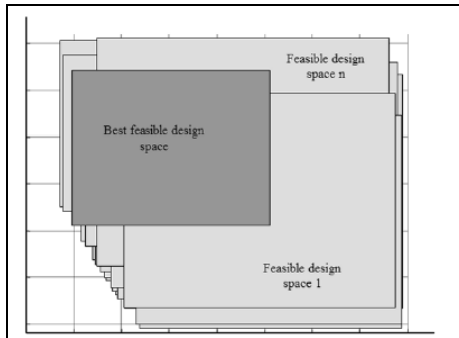


FIG. 1 – Définition des sous-ensembles admissibles

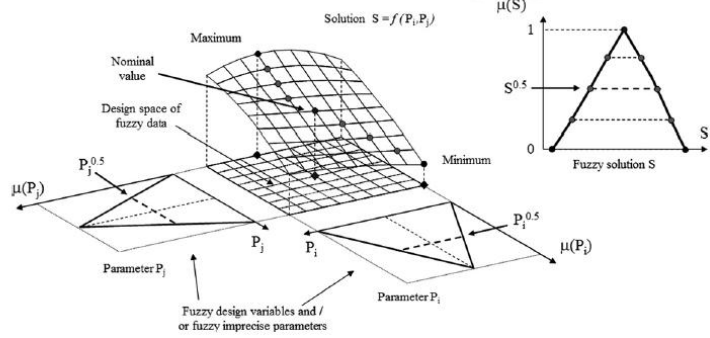


FIG. 2 – Propagation des incertitudes

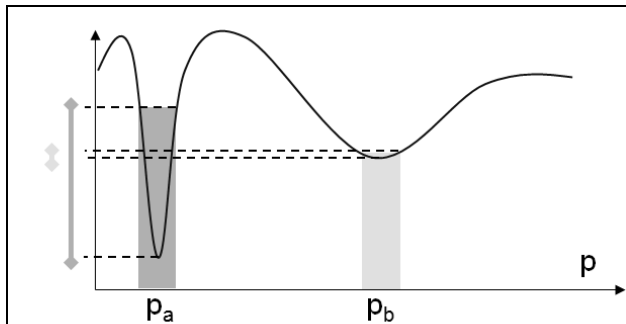


FIG. 3 – Quantification de la robustesse

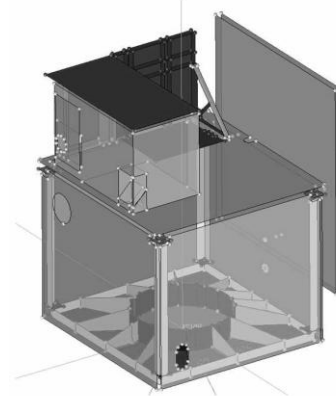


FIG. 4 – Structure étudiée

3 Dimensionnement d'un composant de satellite

La méthode proposée est appliquée sur la partie structure du microsatellite DEMETER (Fig. 4), développée par le CNES, et plus particulièrement sur son panneau inférieur. La problématique est d'optimiser ce plateau tout en respectant des contraintes en raideur, définies à partir des premières fréquences propres. Des variabilités sont introduites sur plusieurs paramètres géométriques et matériels du modèle.

4 Références bibliographiques

- [1] F. Massa, B. Lallemand, T. Tison, Fuzzy multiobjective optimization of mechanical structures. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 195(5-8), pp. 631-643, 2009.
- [2] F. Massa, K. Ruffin, T. Tison, B. Lallemand, A complete method for efficient fuzzy modal analysis. *Journal of Sound and Vibration*, 309(1-2), pp. 63-85, 2008.
- [3] M. Xiao, P. Breitkopf, R. Filomeno Coelho, C. Knopf-Lenoir and M. Sidorkiewicz, Model reduction by CPOD and Kriging: Application to the shape optimization of an intake port, 2010, 41(4), pp. 555-574, 2010.
- [4] F. Massa, K. Ruffin, B. Lallemand, T. Tison, Structural analysis by interval approach, *European Journal of Computational Mechanics*, 17(5-7), pp. 869-880, 2008.