



Demande d'Allocation de Thèse Ministère V3MQI 2020

Robustesse de la fidélité des prédictions et la conception de structures « auto-architecturantes »

Scott COGAN
Chargé de Recherche, CNRS
Taux d'encadrement 50%
scott.cogan@univ-fcomte.fr

Emmanuel FOLTÊTE
Professeur, ENSMM
Taux d'encadrement 50%
emmanuel.foltete@femto-st.fr

Description de la demande

Dans le prolongement de la démarche globale de la Vérification et Validation de Simulations (V&V) [1, 2], la conception robuste de fonctionnalités en dynamique des structures s'appuie sur le **paradigme du prototypage virtuel** à base de modèles physiques, ainsi que sur la notion de Quantified Margin of Uncertainty (QMU) [3,4]. Les décisions de conception sont prises dans le but de satisfaire les contraintes sur les performances requises (environnement vibroacoustique, confort d'une charge utile, tenue en fatigue, d'éléments critiques, etc) tout en restant robustes vis-à-vis des diverses sources d'incertitudes affectant le comportement de la structure et son environnement. Les méconnaissances correspondant aux erreurs de modélisation dominent souvent les autres, et conduisent à des écarts importants entre calculs et essais. Cette situation est aggravée par le fait que les essais de validation et de recalage sont généralement effectués dans les conditions simplifiées afin d'éliminer l'introduction de phénomènes mal maîtrisés. L'extrapolation de la fidélité de la simulation hors domaine de validation s'avère, dans ce cas, extrêmement délicate. Deux stratégies sont envisagées pour élargir les possibilités en Vérification et Validation de Modèles : une première voie vise à étendre les approches basées sur le prototype numérique en explorant la robustesse de prédictions dans des domaines différents des conditions de caractérisation expérimentales, une seconde voie plus exploratoire vise à s'affranchir ou réduire le recours au prototypage virtuel en développant des structures « auto-architecturantes » d'avantage basées sur le modèle physique.

Objectifs scientifiques de la thèse

Cette thèse comporte deux volets :

1. Dans un premier temps, il s'agit de développer des **indicateurs de robustesse** pour la fidélité d'une prédiction **hors domaine de validation** à partir des essais disponibles dans un autre domaine [5,6]. Ces indicateurs devront permettre de prendre en compte les évolutions de conditions aux limites ainsi que les nouvelles interactions physiques absentes lors des essais de validation. Cependant, une **robustesse faible** est attendue pour les



nombreuses applications d'intérêt industriel, ce qui met en défaut le paradigme de prototypage virtuel sans avoir recours à des marges de sécurité très importantes.

2. Dans le deuxième volet, une nouvelle stratégie de conception dédiée aux structures élastodynamiques sera développée en s'appuyant sur le **paradigme de structures « auto-architecturantes »**. Il s'agit d'asservir les moyens de fabrication à des mesures vibratoires *in situ* afin d'atteindre l'architecture structurale ayant les performances recherchées. Il y a deux originalités dans cette démarche par rapport à l'état de pratique actuel : (1) le couplage intime entre le processus de fabrication et le comportement dynamique **mesuré en temps réel** ; (2) la mise en situation du prototype physique avec ses conditions aux limites et ses sollicitations extérieures réelles. En particulier, cette approche devrait permettre de s'affranchir des difficultés rencontrées dans le prototypage virtuel induites par les verrous de modélisation physique et de mieux maîtriser les marges de sécurité.

Dans le cadre de cette thèse, les moyens de fabrication additive-soustractive seront couplés avec les mesures de vibrations, notamment sans contact (optiques), afin d'implémenter ce processus de conception « auto-architecturant » à l'échelle macroscopique.

Plan des travaux

Les grandes étapes des travaux sont planifiées comme suit :

1. État de l'art du prototypage virtuel basé sur les modèles physiques.
2. Développement d'indicateurs de robustesse de la fidélité des prédictions hors domaine de validation.
3. État de l'art sur les processus « auto-architecturants » dans la nature et l'industrie ».
4. Implémentation d'un processus de conception auto-architecturantes avec les applications statiques et dynamiques.

Profil du candidat recherché

Le candidat recherché est titulaire d'un master ou d'un diplôme d'ingénieur. Idéalement, il possède des compétences en modélisation, simulation numérique et essais en dynamique des structures et en multiphysique (couplage électromécanique). Il possède des compétences ou est motivé pour en développer en programmation pour la simulation numérique et en informatique en temps réel (exemple : Arduino) pour des activités telles que le pilotage d'une machine de fabrication additive ou d'une chaîne de mesure vibratoire. Il est intéressé pour travailler à la fabrication assistée de structures par technologie additive.