

Titre de la thèse : Vers la conception robuste d'aéronefs vis-à-vis du comportement aéroélastique en contexte incertain

Laboratoire d'accueil : FEMTO-ST

Industriels partenaires : VELICA et DAHER

Spécialité du doctorat préparé : Sciences Pour l'Ingénieur

Mots-clefs / Keywords : Conception robuste, dynamique de structures, aéroélasticité, flottement ou flutter, méconnaissances de modèle

Descriptif détaillé de la thèse

En aéronautique, les phénomènes de couplage de modes vibratoires (flottement ou flutter) restent un des principaux risques de destruction en vol d'un aéronef. C'est pourquoi aucun nouvel aéronef ne peut être autorisé à voler sans avoir au préalable effectué des essais de vibration au sol et des analyses de prédiction de flottement par des logiciels dédiés. Les méthodes existantes possèdent de nombreuses limites : le test au sol se fait sur un unique aéronef, souvent un prototype, et aucune variabilité des paramètres, dispersion de fabrication ou encore modifications mineures apportées à l'aéronef ne sont prises en compte par les logiciels de prédiction. Pour dépasser les limites actuelles, les travaux proposés dans cette thèse visent le développement d'une méthodologie de prédiction du flottement fondée sur les simulations numériques permettant de prendre en compte à la fois les variabilités liées aux tolérances de fabrication et les méconnaissances liées au modèle physique et aux essais (données mal connues, charges emportées, etc

La Vérification et Validation de Simulations en Mécanique de Solides (V&V) a émergé à la fin des années 1990 et vise à quantifier l'incertitude dans les prédictions d'un modèle numérique à partir d'essais sur des prototypes physiques. En particulier, cette démarche est basée sur les métriques d'erreur probabilistes afin de prendre en compte les variabilités aléatoires liées à la fabrication de structures mécaniques complexes, l'environnement d'opération, ainsi que les erreurs de mesures. Les outils d'aide à la décision pour la conception de structures seront ainsi mieux informés pour assurer une performance acceptable en environnement incertain. La robustesse de décisions en ingénierie est une préoccupation émergente dans la communauté scientifique et industrielle. Elle permet d'étendre la démarche V&V en prenant en compte les méconnaissances de modèle liées aux incertitudes extra probabilistes relatives par exemple aux lois de comportement des matériaux, aux données mal connues ou encore au niveau de sollicitation mécanique. Cette approche a été investiguée récemment pour étudier l'impact de méconnaissances dans les distributions de probabilité sur l'évaluation fiable de réponses forcées mais à ce jour n'a pas encore été appliquée à la détermination du flottement en aéronautique.

L'enjeu principal de cette thèse est le développement des outils d'aide à la décision permettant d'évaluer la robustesse de prédiction du flottement vis-à-vis des sources dominantes d'incertitudes aléatoires et de méconnaissances de modèle. Plusieurs axes de recherche sont envisagés :

- (1) Dans un premier temps, l'ensemble des paramètres d'entrée pour l'analyse de flottement sera détaillé, comprenant les propriétés mécaniques et matériaux de la structure, le paramétrage des couplages aérodynamiques, mais aussi les paramètres issus des résultats des essais vibratoires au sol.

- (2) Des analyses de criblage et de sensibilité adaptées aux comportements en flottement seront développées permettant de prioriser l'influence des paramètres d'entrée afin de réduire l'espace incertain à un sous ensemble dominant.
- (3) Une méthodologie de planification d'essai à partir du modèle nominal sera élaborée permettant de définir les points de mesure et d'excitation ainsi que les configurations structurales à étudier afin de disposer des informations optimales pour l'analyse de robustesse.
- (4) Un algorithme d'analyse de robustesse sera développé dans le but de quantifier efficacement le niveau d'incertitude qui peut être toléré, pour une conception donnée, avant de rencontrer les instabilités de comportement.

L'analyse de flottement sera basée sur le module SOL 145 du code commercial MSC-NASTRAN. Les outils d'aide à la décision développés dans cette thèse seront validés sur deux avions d'un constructeur aéronautique de pointe afin de confronter les premiers résultats de prédiction du flottement par analyse de robustesse avec des essais réels.

En résumé, au cours de cette thèse, le ou la candidat-e aura l'occasion de :

- Travailler avec les ingénieurs aéronautiques pour dresser une liste de paramètres d'entrée pour une analyse de flottement.
- Développer une méthodologie pour la hiérarchisation des paramètres d'entrées vis-à-vis du flottement.
- Développer une méthodologie de planification d'essai en vibration dédiée aux besoins du projet.
- Développer une méthodologie d'analyse de robustesse efficace vis-à-vis du flottement.
- Participer à la spécification et au développement d'outils métiers permettant de dérouler l'ensemble des méthodologies dans un environnement industriel.

Références bibliographiques

- [1] A. Kuczkowiak, S. Cogan, M. Ouisse, E. Foltête, M. Corus, *Experimental validation of an info-gap uncertainty model for a robustness analysis of structural responses*, Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering (Volume 6, Issue (3), sep 2020
- [2] M. Lokatt, *Aeroelastic flutter analysis considering modeling uncertainties*, J. Fluids Struct., 74 (2017), pp. 247-262

Profil recherché

Le ou la candidat-e intégrera l'équipe [D.SMART](#) du Département Mécanique Appliquée de l'Institut [FEMTO-ST](#). Le ou la candidat-e doit porter un intérêt majeur pour les simulations et mesures vibratoires, l'aéroélasticité, la quantification d'incertitudes et faire état d'un savoir-faire dans au moins deux de ces trois domaines. Des connaissances en programmation MATLAB seront un véritable atout. Le ou la candidat-e évoluera au sein d'une équipe composée de chercheurs, ingénieurs et techniciens, et disposera du soutien des services mécanique et informatique de l'Institut FEMTO-ST, des infrastructures du DMA ainsi que du support des industriels partenaires. Le ou la candidat-e présentera ses travaux génériques dans des conférences internationales et visera à la publication de ses travaux dans des revues internationales. Les résultats particuliers, notamment en termes de développements de code logiciel, seront confidentiels et fournis uniquement aux industriels partenaires.

Compétences visées

- Compétences en analyse vibratoire, aéroélasticité et quantification d'incertitudes
- Motivation, autonomie
- Capacité en gestion de projet, travail en équipe, reporting
- Niveau en langue anglaise

Financement : PLAN FRANCE 2030 opéré par BPI France

Début du contrat : potentiellement à partir du 1^{er} septembre 2023

Salaire mensuel brut : 2450 €

Direction de la thèse :

Emmanuel FOLTÊTE, Professeur des Universités, Supmicrotech ENSMM

Emmanuel.Foltete@femto-st.fr

Encadrement de la thèse :

Co-directeur :

Scott COGAN, Chargé de Recherches HDR, CNRS

Scott.Cogan@univ-fcomte.fr

Co-encadrants :

Pascal GIRARDIN, Directeur Technique, VELICA S.A.S.

pascal.girardin@velica.eu

David FILLON, Stress Leader & Expert in Flutter / Aeroelasticity, DAHER

d.fillon@daher.com

Les candidat.e.s sont invité.e.s à soumettre leur candidature aux superviseurs dont les courriels sont donnés ci-dessus.

La candidature doit contenir les éléments suivants :

- Curriculum Vitae et lettre de motivation
- Relevé de notes de master ou équivalent
- Au moins une lettre de recommandation