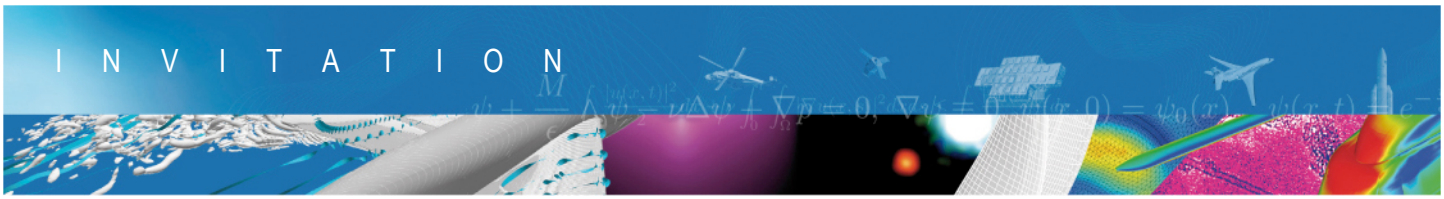

Analyse de sensibilité fiabiliste avec prise en compte d'incertitudes sur le modèle probabiliste

–

Application aux systèmes aérospatiaux

Soutenance de thèse – Vincent CHABRIDON

Lundi 26 novembre 2018, 14h00
Salle Marcel Pierre, ONERA Palaiseau

Devant le jury composé de :

Dr. Mathieu BALESDENT	Ing. de recherche	ONERA, Palaiseau	Co-encadrant
Dr. Jean-Marc BOURINET	MCF-HDR	SIGMA, Clermont-Ferrand	Co-encadrant
Pr. Nicolas GAYTON	Professeur	SIGMA, Clermont-Ferrand	Co-directeur
Dr. Christian GOGU	MCF-HDR	Université Toulouse III	Membre invité
Dr. Bertrand IOOSS	Chercheur senior	EDF R&D, Chatou	Rapporteur
Pr. Béatrice LAURENT-BONNEAU	Professeur	INSA, Toulouse	Examinatrice
Pr. Jérôme MORIO	MR, Prof. ISAE	ONERA & ISAE, Toulouse	Co-directeur
Pr. Carsten PROPPE	Professeur	KIT, Karlsruhe	Rapporteur
Pr. Bruno SUDRET	Professeur	ETH, Zürich	Examinateur

Résumé :
Les systèmes aérospatiaux sont des systèmes complexes dont la fiabilité doit être garantie dès la phase de conception au regard des coûts liés aux dégâts gravissimes qu'engendrerait la moindre défaillance. En outre, la prise en compte des incertitudes influant sur le comportement (incertitudes dites « *aléatoires* » car liées à la variabilité naturelle de certains phénomènes) et la modélisation de ces systèmes (incertitudes dites « *épistémiques* » car liées au manque de connaissance et aux choix de modélisation) permet d'estimer la fiabilité de tels systèmes et demeure un enjeu crucial en ingénierie. Ainsi, la *quantification des incertitudes* et sa méthodologie associée consiste, dans un premier temps, à modéliser puis propager ces incertitudes à travers le modèle numérique considéré comme une « *boîte-noire* ». Dès lors, le but est d'estimer une *quantité d'intérêt* (QoI) fiabiliste telle qu'une probabilité de défaillance. Pour les systèmes hautement fiables, la probabilité de défaillance recherchée est très faible, et peut être très coûteuse à obtenir. D'autre part, une analyse de sensibilité de la QoI vis-à-vis des incertitudes en entrée peut être réalisée afin de mieux identifier et hiérarchiser l'influence des différentes sources d'incertitudes. Ainsi, la modélisation probabiliste des variables d'entrées (incertitude épistémique) peut jouer un rôle prépondérant dans la valeur de la probabilité obtenue. Une analyse plus profonde de l'impact de ce type d'incertitude doit être menée afin de donner une plus grande confiance dans la fiabilité estimée.

Cette thèse traite de la prise en compte de la méconnaissance du modèle probabiliste des entrées incertaines du modèle. Dans ce cadre, un « *double niveau* » d'incertitudes (aléatoires/épistémiques) doit être modélisé puis propagé à travers l'ensemble des étapes de la méthodologie de quantification des incertitudes. Dans cette thèse, le traitement des incertitudes est effectué dans un cadre bayésien où la méconnaissance sur les paramètres de distribution des variables d'entrée est caractérisée par une densité a priori. Dans un premier temps, après propagation du double niveau d'incertitudes, la *probabilité de défaillance prédictive* (PDP) est utilisée comme mesure de substitution à la probabilité de défaillance classique. Dans un deuxième temps, une analyse de sensibilité locale à base de *score functions* de cette PDP vis-à-vis des hyper-paramètres de loi de probabilité des variables d'entrée est proposée. Enfin, une analyse de sensibilité globale à base d'*indices de Sobol* appliqués à la variable binaire qu'est l'indicatrice de défaillance est réalisée. L'ensemble des méthodes proposées est appliqué à un cas industriel de retombée d'un étage de lanceur.

Mots-clés : analyse de fiabilité • probabilité d'événement rare • approches bayésiennes • échantillonnage préférentiel • statistiques non-paramétriques • analyse de sensibilité • systèmes aérospatiaux