



Caractérisation de l'impact de la variabilité matériau sur les paramètres de lois de comportement composites

Soutenance de thèse – Clément LABOULFIE
16 novembre 2023 – 9h30

Salle Contensou - ONERA Châtillon

Devant le jury composé de :

Rapporteur	CHAMOIN Ludovic - Professeur,	ENS Paris-Saclay
Rapporteur	GOGU Christian - Professeur,	ISAE Paris-Saclay
Examinatrice	CHEVREUIL PLESSIS Mathilde - Maître de Conférences,	Université de Nantes
Examineur	GUILLAUMAT Laurent - Professeur,	ENSAM
Directeur de thèse	LE RICHE Rodolphe - Directeur de Recherche,	CNRS
Co-encadrant	IRISARRI François-Xavier - Directeur de Recherche	ONERA/DMAS
Co-encadrant	BREVAULT Loïc - Ingénieur de Recherche	ONERA/DTIS

Résumé

De nombreuses techniques de calibration de modèle permettent de prendre en compte l'impact des erreurs de mesures, mais plus rarement celui de la variabilité matériau sur les paramètres de modèle, celle-ci étant significative dans le cas des composites. L'objectif de ce travail est de mettre en place une méthode de calibration pour estimer l'influence de la variabilité sur les paramètres de lois complexes de comportement composite. Le cadre d'application statistique des méthodes usuelles de quantification d'incertitudes est d'abord analysé dans une revue bibliographique. L'application de ces méthodes à des répétitions d'essais de traction monotone illustre l'importance de la variabilité matériau et les limites des méthodes usuelles pour son estimation. Pour caractériser son impact sur les propriétés du matériau, le cadre des approches par population, déjà mis en œuvre dans des problématiques de mécanique des structures, est adopté. On se concentre en particulier sur les modèles à effets-mixtes, caractérisés par une importante souplesse d'utilisation. Ces méthodes sont mises en œuvre pour démontrer leur pertinence sur un modèle élémentaire, et tester leurs réglages et hypothèses. Deux points sont spécifiquement étudiés : le nombre d'individus, déterminant pour garantir la confiance sur les estimations de la variabilité matériau, et la complexité de la modélisation de la variabilité (notamment la prise en compte des dépendances statistiques entre paramètres de modèles). Cette étude est réalisée sur un modèle de comportement élastique endommageable uniaxial simple avec quatre paramètres à identifier. Pour aborder des modèles mécaniques plus avancés, nous proposons une stratégie de calibration séquentielle, compatible avec les modèles à effets-mixtes. La méthode, appliquée sur des données synthétiques puis réelles, permet, par rapport à une application classique des effets-mixtes, d'estimer avec une précision équivalente la variabilité matériau en divisant environ par deux le nombre d'appels au modèle. Enfin, les distributions calibrées sont propagées pour estimer l'effort à rupture d'une plaque composite perforée, sollicitée en traction, ce qui illustre l'ensemble de la chaîne de quantification d'incertitudes, depuis leur estimation jusqu'à leur propagation.

Mots clés

Calibration de lois de comportement composites, variabilité, modèles à effets mixtes.