

Formation Spécialisée MASTERE DMS Design des Matériaux et des Structures

OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2021/2022

Encadrement

Fabien CASENAVE et Brian STABER (SAFRAN), Pierre KERFRIDEN et Laurent Lacourt (CDM – Mines ParisTech)

Titre

Machine learning pour la sélection des lois de comportement en mécanique non linéaire des structures

Contexte

Le groupe Safran est un leader mondial dans la conception, la fabrication et la maintenance de moteurs et d'équipements aéronautiques et spatiaux. Comme dans de très nombreux domaines industriels, la simulation numérique est un outil incontournable pour le dimensionnement et la certification de pièces mécaniques. En mécanique des structures, la construction du modèle de comportement est de première importance pour obtenir des prédictions fidèles des phénomènes en jeu. Ce projet DMS se place dans ce contexte : nous cherchons à développer un ensemble d'outils qui permettraient, à partir de données expérimentales, de choisir le bon modèle de comportement et de calibrer ses paramètres.

Objectif et travail proposé

Etant données des courbes expérimentales liées à des essais sur une éprouvette d'un nouveau matériau, trouver le ou les types de modèles adaptés à la modélisation éléments-finis de ce matériau par des méthodes de sélection bayésienne et d'apprentissage statistique.

Les grandes étapes du stage sont les suivantes :

- Etude bibliographique (éventuellement restreinte au contexte de la mécanique des solides) :
 - Régression et classification bayésienne;
 - Méthode de machine learning pour la réduction de dimension et la classification, les références [1-4] constitueront un point de départ de la recherche biblio;
- Prise en main du code de calcul par éléments finis Z-set ;
- Exécuter le programme technique proposé ci-dessous ;
- Proposer des perspectives liées à ce travail.

Programme technique :

étape 1 - Sélection bayésienne :

- Récupérer un ensemble de courbes expérimentales, correspondant à la solution d'un essai élémentaire (torsion, tension) sur une éprouvette. Si des données expérimentales ne sont pas disponibles, nous pourrions en générer numériquement ;

- Recenser les modèles principaux dans la librairie de lois de comportement Z-mat du code Z-set ;
- Résoudre un problème d'optimisation (ou problème inverse) pour identifier les paramètres de chaque loi en exécutant un modèle éléments-finis (simulé avec la loi correspondante), en minimisant l'erreur par rapport aux courbes expérimentales ;
- Se donner un prior uniforme pour le problème de classification: $1/N$ avec N le nombre de modèles ;
- A partir du posterior, évaluer la classe d'appartenance la plus probable pour ces données expérimentales, voir Section 3.4 de [5].

étape 2 - Apprentissage statistique pour la sélection de modèle

- Extraction de fonctionnalités principales pour identifier des caractéristiques "matériaux" à partir de n'importe quel essai 1D (ces fonctionnalités devront être invariantes par rapport au type d'essai, donc caractériser la réponse incrémentale du matériau plutôt que la réponse globale à un essai donné) ;
- Validation.

Profil demandé

De bonnes connaissances en mécanique des matériaux et des structures. Une première expérience en machine learning et en programmation en Python serait un plus.

Références bibliographiques

- [1] Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning. springer, 2006.
- [2] Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2001). The elements of statistical learning (Vol.1, No. 10). New York: Springer series in statistics.
- [3] Murphy, K. P. (2012). Machine learning: a probabilistic perspective. MIT press.
- [4] Ruiz, A.P., Flynn, M., Large, J. et al. The great multivariate time series classification bake off: a review and experimental evaluation of recent algorithmic advances. Data Min Knowl Disc 35, 401-449 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10618-020-00727-3>
- [5] Fitt, D., Wyatt, H., Woolley, T.E. et al. Uncertainty quantification of elastic material responses: testing, stochastic calibration and Bayesian model selection. Mech Soft Mater 1, 13(2019). <https://doi.org/10.1007/s42558-019-0013-1>, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42558019-0013-1.pdf>