

Internship	Master thesis level (M2) / Final project for engineering school. 1st semester 2023. <i>Les candidatures francophones avec un bon niveau d'anglais sont bienvenues. Sujet en Français page 2. French speaking candidates are welcomed.</i>	
Title	Exploration of metamodeling approaches in impact biomechanics	
Keywords	Metamodeling, Machine learning, Biomechanics, Finite element modelling and simulation	
Work place	LBMC (Biomechanics and Impact Mechanics Lab) UMR_T9406 Univ. Eiffel, Univ. Lyon 1 Bron (near Lyon), France	
Supervising team	Philippe Beillas (philippe.beillas@univ-eiffel.fr), Yoann Lafon, Eric Jacquelin, Denis Brizard, Alexy Mercier	
Application	Send resume, transcript (grades) and explanation about your interest for this topic	

Background: Human Body Model (HBM) based on the finite element method are now widely used in biomechanics. For automotive safety, modern HBM represent all main anatomical structures and can predict the kinematics, interactions with protection systems (e.g. belt force) and injury risks for many loading cases (e.g. Fig 1.). HBM could also describe the human variability (e.g. sex, age, height, weight) and thus help to design more robust and inclusive protection systems. However, because of their high computational cost, HBM are difficult to use to design and optimize protection systems, and even more difficult if trying to describe the explicitly human variability.

Various methods (metamodeling, machine learning, etc.) have been proposed in the literature to decrease the computational requirements when designing and optimizing mechanical structures subjected to impact (Fig 2.).

Objectives and approach to implement: the main objective will be to start investigating the use of such methods for the design of restraint systems based on HBM simulation. The work will start by a literature review to examine which methods could possibly deal with the specificities of the problem (two systems to consider i.e. the protection system to optimize and the HBM with many parameters, difficulty to characterize the human response, etc.). Interactions with industrial partners (including the LAB Peugeot Renault) will help to formulate the problem. Then, a first application will be done using a database of existing simulations in frontal impact (Fig 3.) that will be expanded with new simulations. The application will focus on the modelling of the HBM response (e.g. using a response surface) for the variation of impact conditions (postures, restraint parameters). The parameters to describe the HBM response will need to be selected.

This work may be continued in a PhD program.

Profile of the candidate: mechanical engineering background with an interest for numerical methods, finite element simulation and research. Ability to develop simple programs (e.g. Python). Communication and writing skills in English are required. It is not required to speak French.

Skills Acquired: experience with metamodeling methods, finite element modeling and simulation (Ls-Dyna), impact biomechanics and safety.

References:

[1] Bhattacharyya, B., Jacquelin, E., and Brizard, D. (2022). Stochastic analysis of a crash box under impact loading by an adaptive POD-PCE model. Struct Multidisc Optim 65, 229.
 [2] Grébonval, C., Trosseille, X., Petit, P., Wang, X., and Beillas, P. (2021). Effects of seat pan and pelvis angles on the occupant response in a reclined position during a frontal crash. PLOS ONE.

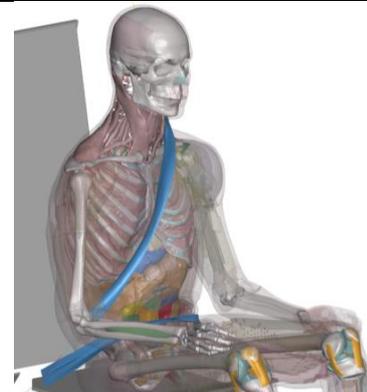


Fig. 1. Belt interaction with detailed model (www.ghbmc.com, over 2.5 million elements) in a simulation run at LBMC. A typical simulation lasts over 12 hours on a cluster.

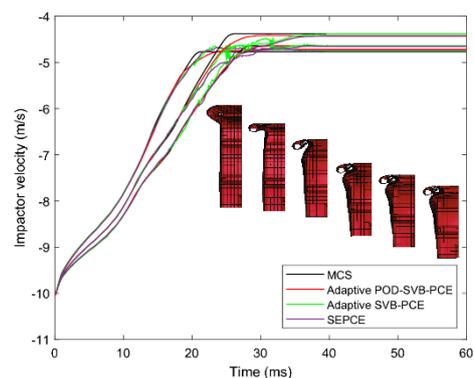


Fig 2. Example of metamodeling application [1]: comparison of the responses predicted using metamodels and actual simulations (MCS). The metamodels are able to predict the response without running new simulations.

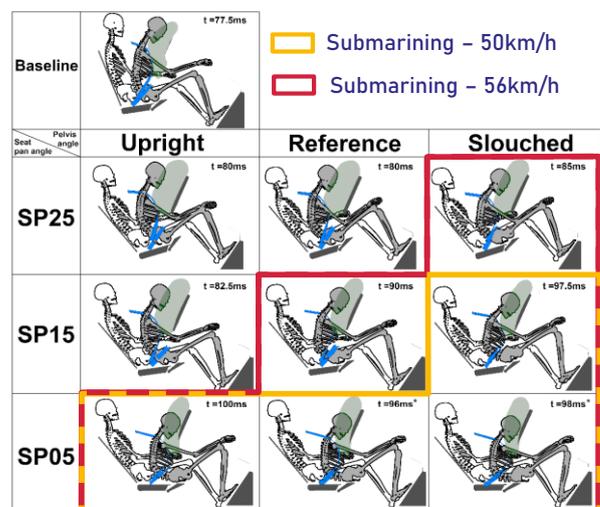


Fig 3. Example of simulations on the effect of posture and seat pan angles (SP) on the kinematics (submarining) of the model Fig 1 [2]. Over 100 simulations are available.

Stage	Niveau Master (M2) / Projet de fin d'études d'école d'ingénieur. 1^{er} semestre 2023. <i>Il n'est pas indispensable de parler français pour ce sujet mais un bon niveau d'anglais est nécessaire.</i>	
Titre	Exploration d'approches utilisant des métamodèles en biomécanique des chocs	
Mots clés	Metamodeling, Machine learning, Biomécanique, modélisation éléments finis et simulation	
Lieu de travail	LBMC (Laboratoire de biomécanique et de mécanique des chocs) UMR_T9406 Univ. Eiffel, Univ. Lyon 1, Bron (près de Lyon), France	
Encadrants	Philippe Beillas (philippe.beillas@univ-eiffel.fr), Yoann Lafon, Eric Jacquelin, Denis Brizard, Alexy Mercier	
Application	Envoyer CV, relevé de notes et explications sur votre intérêt pour ce sujet	

Contexte : Les modèles du corps humain (HBM) basés sur la méthode des éléments finis sont maintenant largement utilisés en biomécanique. Pour la sécurité automobile, les HBM modernes représentent les principales structures anatomiques et peuvent prédire la cinématique, les interactions avec les systèmes de protection (par exemple, la force de la ceinture) et les risques de blessures pour de nombreux cas de chargement (ex : Fig 1). Les HBM pourraient également décrire la variabilité humaine (par exemple le sexe, l'âge, la taille, le poids) et ainsi aider à concevoir des systèmes de protection plus robustes et plus inclusifs. Cependant, en raison de leur coût de calcul élevé, les HBM sont difficiles à utiliser pour concevoir et optimiser des systèmes de protection, et encore plus difficiles si l'on tente de décrire explicitement la variabilité humaine.

Diverses méthodes (métamodèles, apprentissage automatique, etc.) ont été proposées dans la littérature pour réduire les coûts de calcul lors de la conception et de l'optimisation de structures mécaniques soumises à des chocs (ex : Fig 2).

Objectifs et approche : l'objectif principal sera de commencer à étudier l'utilisation de telles méthodes pour la conception de systèmes de retenue basée sur la simulation avec des HBM. Le travail commencera par une revue de la littérature pour examiner quelles méthodes pourraient accommoder les spécificités du problème (deux systèmes à considérer i.e. le système de protection à optimiser et le HBM avec de nombreux paramètres, difficulté à caractériser la réponse humaine, etc.). Des interactions avec des partenaires industriels (dont le LAB Peugeot Renault) aideront à formuler la problématique. Ensuite, une première application sera faite à partir d'une base de données existante de simulations en choc frontal (Fig 3) qui sera enrichie avec de nouvelles simulations. L'application portera sur la modélisation de la réponse HBM (par exemple à l'aide d'une surface de réponse) pour une variation de condition d'impact (postures, paramètres de retenue). Les paramètres pour décrire la réponse HBM devront être sélectionnés.

Ce travail pourrait se poursuivre par une thèse de doctorat.

Profil du candidat : formation en mécanique avec un intérêt pour les méthodes numériques, la simulation par éléments finis et la recherche. Capacité à développer des programmes simples (ex : Python). Des compétences en communication et en rédaction en anglais sont indispensables.

Compétences acquises : expérience avec des métamodèles, modélisation et simulation par éléments finis (Ls-Dyna), biomécanique des chocs et sécurité.

Références : [1] Bhattacharyya, B., Jacquelin, E., and Brizard, D. (2022). Stochastic analysis of a crash box under impact loading by an adaptive POD-PCE model. Struct Multidisc Optim 65, 229.

[2] Grébonval, C., Trosseille, X., Petit, P., Wang, X., and Beillas, P. (2021). Effects of seat pan and pelvis angles on the occupant response in a reclined position during a frontal crash. PLOS ONE.

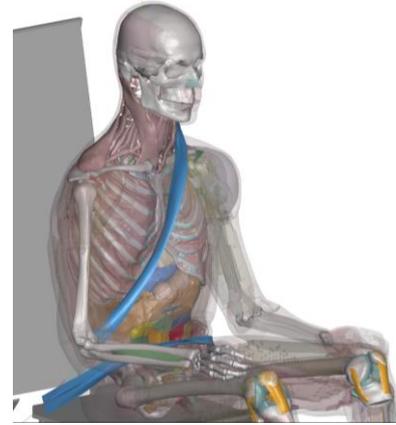


Fig. 4. Exemple d'interaction entre ceinture et HBM détaillé (www.ghbmc.com, plus de 2,5 millions d'éléments). Une simulation typique dure plus de 12 heures sur un cluster.

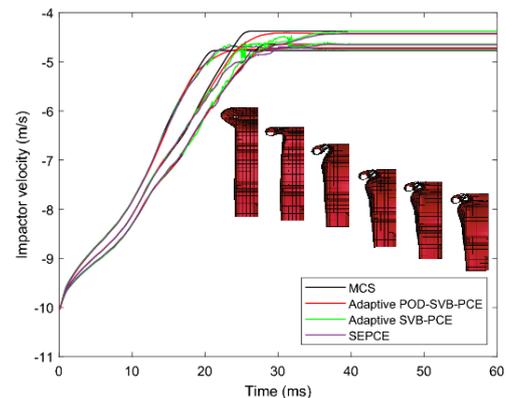


Fig 5. Exemple d'application de métamodèles [1] : comparaison des réponses prédites à l'aide de métamodèles et de simulations réelles (MCS). Les métamodèles sont capables de prédire la réponse sans exécuter de nouvelles simulations.

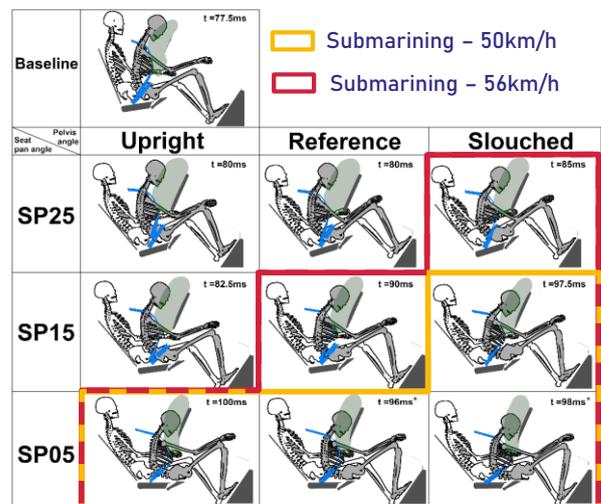


Fig 6. Exemple de simulations sur l'effet de la posture et des angles d'assise (SP) sur la cinématique (sous-marinage) du modèle Fig 1 [2]. Plus de 100 simulations sont disponibles.