

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Laboratoire de rattachement	LBMC
Encadrant référent Ifsttar	Bertrand FRECHEDE
Titre de la thèse en Français	Contribution à l'amélioration d'un modèle EF du cou pour des simulations robustes et bio-fidèles
Titre de la thèse en Anglais	Contribution to the improvement of a FE neck model for robust and bio-fidelic simulations
Disciplines de la thèse	Mécanique, Biomécanique
Axes du COP 2017-2020	Axe 1 : Transporter efficacement et se déplacer en sécurité Objectif 2 : Renforcer la sécurité et l'ergonomie des déplacements
Lien avec les thématiques prioritaires de TS2	L'homme virtuel ; la mobilité de l'homme fragilisé, vieillissement et handicap ; la santé et la mobilité au quotidien
Lien avec le projet fédérateur de TS2	Voyageur virtuel
Localisation principale (et secondaire, si besoin, avec temps passés)	LBMC Site Ifsttar de Bron
Ecole Doctorale (prévision)	MEGA (Mécanique, Energétique, Génie Civil, Acoustique)
Etablissement d'inscription (prévision)	Université Lyon 1
Directeur (et codirecteur) prévu(s) avec statut et affiliation	Laurence Cheze, PU UBCL – TS2, LBMC Bertrand Fréchède, MCF UCBL – TS2, LBMC
Financement prévu	Contrat doctoral
Co-financeur ou financeur externe	
Employeur du doctorant	Ifsttar

Sujet

Contexte : Le LBMC développe des modèles numériques volumiques de comportement par Eléments-Finis (EF) pour des applications en choc automobile, en ergonomie et en orthopédie. Dans ces deux derniers domaines, les équipes 'Biomécanique et Ergonomie' et 'Biomécanique et Orthopédie' du LBMC développent depuis plusieurs années des modèles musculo-squelettiques personnalisés visant à terme à pouvoir représenter un sujet virtuel, son état physiologique et ses pathologies spécifiques. Le projet Européen DEMU2NECK a ainsi abouti au développement d'un modèle EF du cou qui s'inscrit dans une telle démarche. Les résultats de ce travail ont permis de mettre en avant le potentiel apporté par la modélisation d'actions musculaires volumiques, dans le but de mieux rendre compte des sollicitations biomécaniques engendrées au sein du rachis cervical au cours de tâches de la vie courante. Ce potentiel concerne tout spécialement la capacité à mieux représenter des sujets présentant des spécificités, comme la dégradation d'une capacité musculaire et fonctionnelle chez le sujet pathologique ou âgé. Ses enjeux applicatifs concernent l'aide à la conception de dispositifs médicaux (ex. implants ou prothèses rachidiens) par le biais d'essais cliniques '*in-silico*', mais peuvent également viser le transfert vers des applications en lien avec l'ergonomie ou l'évaluation virtuelle du risque lésionnel de l'occupant automobile dans des configurations d'accidents encore mal définies (ex. d'une meilleure prise en compte du comportement postural de l'occupant en phase de pré-crash pour les futurs véhicules autonomes).

Objectifs : Afin de pouvoir envisager le développement de telles applications et à terme d'essais biomécaniques ou cliniques virtuels, il est impératif de poursuivre le travail entrepris sur la robustesse du modèle musculaire actif, portant à la fois sur sa vérification numérique et sur sa validation dans une démarche de type VV&UQ (Verification Validation and Uncertainty Quantification), mise en place récemment par le biais d'un axe thématique transverse commun aux équipes du LBMC. Cette démarche est aussi soutenue par l'Ifsttar avec le financement d'un master en alternance. Dans le cadre de la thèse, le travail consistera à :

- Améliorer la robustesse de la modélisation des muscles EF du cou. La prise en compte des efforts musculaires actifs n'existant à ce jour pas dans ce type de modèles, cet objectif forme le cœur du travail exploratoire de recherche et des publications attendues ; il pourra cibler plusieurs niveaux :
 - o L'évaluation et l'amélioration de la formulation et de l'implémentation du modèle de muscle actif actuellement utilisé dans le code de calcul LSDyna (matrice passive 3D couplée à des éléments 1D de type Hill),
 - o L'évaluation de l'estimation des distributions d'activations/d'efforts musculaires par le biais d'une boucle de calcul (co-simulation) intégrant une modélisation parallèle en multi-corps dynamique,
 - o La contribution à l'obtention de données de validation musculaire in-vivo en dynamique permettant de mieux valider ces distributions.
- Poursuivre l'intégration des approches de personnalisation développées au sein du LBMC sur la base de l'imagerie médicale.
- Poursuivre la validation et l'amélioration de la bio-fidélité du modèle, et l'appliquer à des cas d'études de pathologies (dégénérescence ou dystonie musculaire) et à l'évaluation comparative de solutions technologiques du domaine de l'arthrodèse et de l'arthroplastie cervicales.

Mots-clés et disciplines concernées

Modélisation, Eléments-Finis, VV&UQ, Musculo-squelettique, Rachis, Rachis cervical, Muscle, Simulation.

Exemple de travail précédent sur le sujet

Howley, S. *Développement et approche de personnalisation d'un modèle numérique musculaire déformable du cou*, Thèse de Doctorat, Université de Lyon, 2014.

Fréchède, B, Kamdem Joutsa, F, Dumas, R. 2016. *Multi-objective optimisation to assess muscle forces in a musculoskeletal model of the cervical spine*. 22nd Congress of the European Society of Biomechanics ESB2016, July 10-13 2016, Lyon, France

Encadrement, moyens humains et matériels

L'étudiant sera accueilli au sein de l'équipe 'Biomécanique et Orthopédie'. Il sera encadré par un Professeur et un Maître de Conférences possédant des compétences complémentaires en modélisation EF et corps-rigides et une expérience de plusieurs co-encadrements sur la thématique. Il aura accès aux licences industrielles HyperWorks/Radioss et LS-DYNA ainsi qu'au cluster de calcul du P2CHPD du Département de Mécanique de l'Université Lyon 1.

Profil du candidat recherché

De profil mécanicien, titulaire d'un Master ou équivalent avec d'excellents résultats, le candidat devra présenter une expérience en modélisation EF et/ou en modélisation de type corps-rigides solides, ainsi que des compétences et un intérêt pour la programmation (Matlab, Scilab, Python, ...). Un background en biomécanique constituera également un point fort de la candidature.