

Proposition de sujet de thèse Année 2025

Titre	Objectivation d'inconfort d'assise par une investigation biomécanique
Titre en anglais	Biomechanical investigation of sitting discomfort
Laboratoire– Référent	LBMC – Xuguang Wang, Directeur de recherche
Directeur du laboratoire	David Mitton
Spécialité de la thèse	Biomécanique
Site principal	Bron
Etablissement d'inscription	Université Gustave Eiffel
Ecole doctorale	Ecole Doctorale MEGA (ED 162) - Mécanique, énergétique, génie civil, acoustique
Directeur de thèse prévu (s)	Xuguang Wang (xuguang.wang@univ-eiffel.fr), George Beurier
Type de financement prévu	Chaire industrielle ANR HBM4SEAT (2025-2029)

Contexte

La conception de siège pour le transport est un processus complexe qui doit maximiser le confort d'assise tout en respectant diverses contraintes (ex : poids lié à l'empreinte carbone, réponse mécanique en cas d'accident). Le confort étant actuellement principalement évalué par des testeurs, la **chaire industrielle ANR (HBM4SEAT)** réunissant le LBMC et des industriels majeurs des transports ferroviaire, aérien et routier a pour objectif de **développer des connaissances et une plateforme de simulation numérique open source pour évaluer numériquement le confort** des sièges utilisés dans les transports et ainsi faciliter la conception de sièges plus confortables et performants. En pratique, des modèles du corps humain en éléments finis capables de simuler l'assise d'une population d'utilisateurs seront mis en place, et leurs réponses seront interprétées en termes d'inconfort que les utilisateurs pourraient percevoir.

L'un des verrous des outils existants de simulation pour évaluer le confort de sièges est le manque de critères objectifs basés sur les paramètres biomécaniques. La recherche des critères objectifs d'évaluation de l'inconfort au LBMC se repose en grande partie sur un dispositif expérimental unique, le siège expérimental (dit 'conformateur'), qui est capable de reproduire un large panel des sièges utilisés dans les transports et de mesurer les forces de contact (<https://clap.univ-eiffel.fr/videos/the-conformateur-experimental-seat-for-seating-comfort-experimentation/>). L'une des originalités de ce dispositif est de pouvoir contrôler la surface d'assise. Celle-ci est composée de 52 vérins à tête rotulée équipée chacune d'un capteur de force triaxial afin d'obtenir la répartition des forces de contact. Avec ce siège expérimental, une grande quantité de données a été collectée avec des participants volontaires. Des modèles paramétriques ont été développés, permettant d'optimiser la conception du futur siège en fonction de l'anthropométrie de l'occupant, des inclinaisons de l'assise et du dossier, et de sa posture (Wang et al. 2018 ; 2019, 2021, 2023). Plus récemment, une matrice de 263 vérins hydrauliques a été ajoutée pour contrôler la répartition de pression de contact sur le dossier en faisant varier la géométrie de la surface de contact. Ce nouveau dispositif nous permettra de mieux comprendre plus spécifiquement le confort du dossier qui est largement sous étudié jusqu'à présent.

En parallèle des investigations sur les configurations de siège préférées (ou de moindre d'inconfort) par des utilisateurs, une approche de modélisation biomécanique du corps humain a aussi été adoptée au LBMC pour estimer des paramètres biomécaniques qui sont difficilement mesurable directement (Theodorakos et al., 2018, Liu et al., 2023, Feng et al., 2024).

Le travail proposé se déroulera dans un l'environnement projet de la chaire avec des interactions avec trois autres doctorants travaillant sur la modélisation géométrique de population d'usagers de transports, la modélisation en éléments finis des tissus mous, et la modélisation musculosquelettique, des post doctorants et les acteurs industriels.

Objectifs

Le présent travail de thèse a pour objectif principal de développer des critères objectifs pour évaluer l'inconfort d'assise basés sur des réponses biomécaniques du corps humain telles que la force musculaire, la pression de contact et cisaillement entre le corps et le siège, la déformation de tissus mous, etc.

Approches

Pour identifier les variables biomécaniques pertinentes liées à l'inconfort en position assise, une large gamme de configurations de sièges sera testée à l'aide du siège reconfigurable du LBMC. Les participants et les conditions de test seront définis pour couvrir les scénarios d'application spécifiés par les industriels impliqué dans le projet. Ils doivent inclure à la fois les configurations de sièges préférées choisies par les participants et celles a priori inconfortables afin de garantir une grande variation dans la perception de l'inconfort en matière d'assise. En plus des mesures effectuées par le siège expérimental (géométrie du siège, forces de contact), d'autres dispositifs expérimentaux telles que le scanner corporel 3D et le système de capture de mouvement seront utilisées pour collecter des informations anthropométriques et des postures pour des analyses biomécaniques. Des questionnaires seront conçus pour recueillir la perception subjective de l'inconfort.

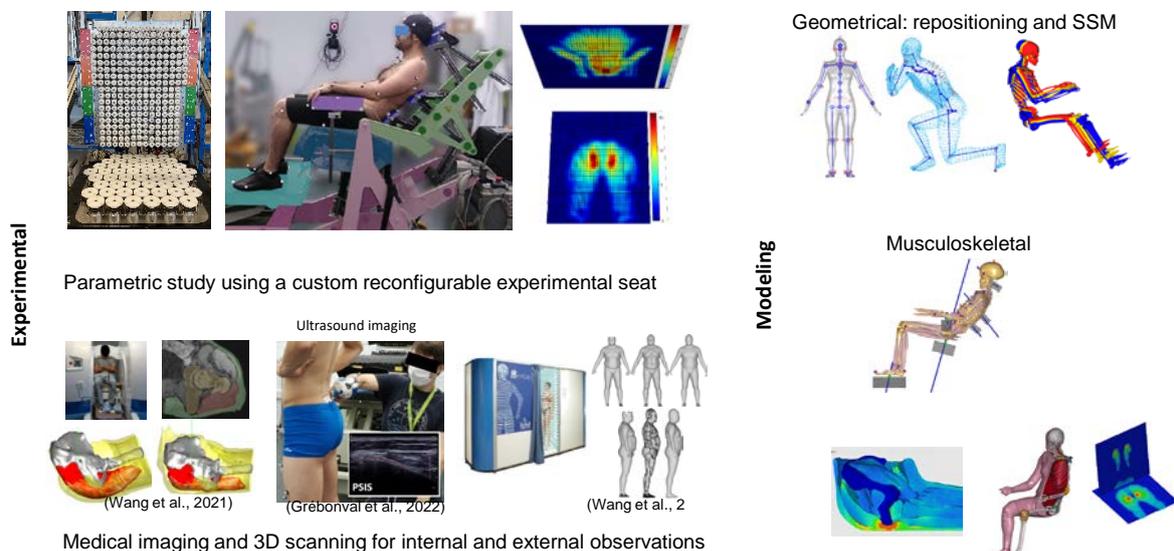


Fig.1 Différents moyens expérimentaux et de modélisation utilisés dans le projet HBM4SEAT

Les effets de l'anthropométrie, des paramètres du siège et d'autres facteurs tels que l'activité et la durée sur les réponses subjectives et les variables biomécaniques seront étudiées. Les variables biomécaniques comprennent (1) celles qui peuvent être directement mesurées, telles que les forces de cisaillement et les répartitions de pression de contact, et (2) les variables internes du corps estimées à l'aide de la modélisation biomécanique en étroite collaboration avec des

chercheurs en simulation biomécanique en éléments-finis et musculosquelettique, telles que les forces musculaires ou articulaires et les déformations des tissus mous. Les relations potentielles entre les variables biomécaniques objectives et les évaluations subjectives seront explorées.

Références

- Hu, F., Theodorakos, I., Andersen, M.S., Dumas, R., Wang, X., 2024. Effects of lumbar lordosis on Spine loads during seating: a simulation study. 49ème Congrès de la Société de Biomécanique, 29-31 Octobre, Compiègne, France
- Liu, S., Beillas, P., Ding, L., Wang, X., 2023. PIPER adult comfort : an open-source full body human body model for seating comfort assessment and its validation under static loading conditions, *Front. Bioeng. Biotechnol.*, 30 May 2023. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1170768>
- Theodorakos, I., Savonnet, L., Beurier, G., and Wang, X., 2018. Can computationally predicted internal loads be used to assess sitting discomfort? Preliminary results. In *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, Florence, Italy, August 26-30, 2018
- Wang X., Cardoso M. and Beurier G., 2018. Effects of seat parameters and sitters' anthropometric dimensions on seat profile and optimal compressed seat pan surface. *Applied Ergonomics* 73 (2018) 13–21
- Wang X., Cardoso M., Theodorakos I., Beurier G., 2019. A parametric investigation on seat/occupant contact forces and their relationship with initially perceived discomfort using a configurable seat. *Ergonomics*, 62:7, 891-902, DOI: 10.1080/00140139.2019.1600050
- Wang X., Beurier G., Zhao M., Obadia J.M., 2021. Objective and subjective evaluation of a new airplane seat with an optimally pre-shaped foam support. *Work* 2021, 68(s1):S257-S271. doi: 10.3233/WOR-208024.
- Wang, X., Grébonval, C., Beillas, P., 2023. Effect of seat back angle on preferred seat pan inclination for the development of highly automated vehicles, *Ergonomics*, DOI: 10.1080/00140139.2023.2236818

Connaissances acquises

Les connaissances et compétences acquises sont transversales et ont de nombreuses applications en biomécanique que ce soit en lien avec la santé ou les transports : expérimentation avec des volontaires (mise en place, analyse statistique de données), analyse biomécanique de posture et de mouvement, modélisation biomécanique en éléments finis et musculosquelettique, anthropométrie, recherche collaborative académique et industrielle.

Profil recherché

Formation en M2 biomécanique ou d'ingénieur en mécanique, avec une forte motivation pour la recherche ayant bonne connaissance en traitement et analyse des données et de programmation en Matlab/Python. Connaissances en modélisation musculo squelettique et en éléments finis souhaitées.

Mots clés

(In)confort, Siège, Anthropométrie, Observation expérimentale, Biomécanique