

PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE

Laboratoire de rattachement	LBMC
Encadrant référent Ifsttar	Wang Xuguang
Titre de la thèse en français	Investigation expérimentale et simulation numérique de l'interaction occupant/siège pour la conception ergonomique de sièges d'avion
Titre de la thèse en anglais	Experimental investigation and numerical simulation of the occupant / seat interaction for the ergonomic design of aircraft seats
Disciplines de la thèse	Mécanique
Axe du COP	1
Lien avec les thématiques prioritaires de TS2	Homme virtuel
Localisation principale (et secondaire, si besoin, avec temps passés)	Bron, France
Sujet affichable sur le site web (oui/non)	Oui
Le sujet a-t-il déjà été présenté l'an dernier ? (oui/non)	Non
Ecole doctorale (prévision)	Mega
Etablissement d'inscription (prévision)	UCBL (Université Claude Bernard Lyon1)
Directeur (et codirecteur) prévu(s) avec statut et affiliation	Wang Xuguang (DR), Georges Beurier (CR), Yoann Lafon (MCF)
Financement prévu	CIFRE SAFRAN
Cofinancier ou financeur externe	
Employeur du doctorant	SAFRAN Groupe
Commentaires	
Avis du directeur de laboratoire	
Priorité du laboratoire	

Résumé (10000 caractères maximum pour le portail des thèses):

Contexte

Selon un sondage en ligne réalisé par Ahmadpour et al. (2014) sur un échantillon de 158 personnes qui viennent d'effectuer un long voyage (> 4 h), le siège est identifié comme le facteur le plus fréquemment mentionné parmi les 22 qui ont une influence sur le confort des passagers dans les cabines d'avion. De l'analyse de 10 032 retours de la part des passagers aériens en 2009, Vink et Brauser (2011) ont montré que le siège avait un impact substantiel sur l'expérience de confort. En dépit d'un grand nombre d'études sur le confort / inconfort de sièges, il manque toujours des critères quantitatifs ou d'outils numériques pour la conception de siège selon une revue récente par Hiemstra-van Mastrig et ses collègues (2017). Une des causes est que l'interaction entre le siège et l'occupant est très complexe et le confort / inconfort d'assise dépend de nombreux facteurs tels que l'anthropométrie, la posture, la géométrie des sièges, la propriété des matériaux, la durée d'assise et leurs interactions. Comme la plupart des études existantes ont été réalisées en utilisant un siège réel ou un siège expérimental avec un nombre très limité de variables, il est difficile d'isoler les effets d'un paramètre de siège et d'investiguer son interaction avec d'autres variables.

Avec l'objectif de proposer des sièges d'avion du futur plus confortables, plus accessibles et avec un moindre impact environnemental (masse et production), deux projets nationaux, financés par la DGAC et pilotés par Zodiac Seat France (SAFRAN maintenant), leader mondial du marché des sièges d'avion, ont été lancés. En tant qu'un des partenaires de ces 2 projets, le LBMC, un laboratoire de recherche mixte de l'Université Gustave Eiffel (ex IFSTTAR) et de l'Université Claude Bernard Lyon1, a eu pour objectif d'identifier les critères biomécaniques d'évaluation du confort de siège et de développer des recommandations quantitatives pour la conception ergonomique du siège d'avion de la classe économique. Grâce à un siège expérimental multi-réglable spécialement

construits (Beurier et al. 2017), une grande quantité de données ont été collectées auprès d'un échantillon représentatif des passagers d'avion. Des modèles paramétriques ont été développés permettant la prédiction du profil géométrique préféré (Wang et al, 2018b) et la répartition de forces de contact (Wang et al, 2019a) en fonction de l'anthropométrie de l'occupant, des inclinaisons de l'assise et du dossier, et de sa posture. Plus spécifiquement, nous avons défini une surface d'assise compressée optimale permettant une répartition de pression de contact plus uniforme pour accommoder un grand nombre des utilisateurs de siège par une simulation d'une population virtuelle (Wang et al., 2018a). Il faut préciser que cette surface n'est 'optimale' que pour la posture d'assise, dite 'relaxée', ayant les pieds posés au sol, les bras sur les accoudoirs, la tête sur l'appui-tête, le dos bien appuyé sur le dossier. Elle n'est certainement pas optimale pour d'autres postures qu'un occupant pourrait adopter comme par exemple pour dormir. L'ajout d'un coussin mou est nécessaire sur cette surface rigide comme les sièges existants. Par contre, l'utilisation de la surface pré-optimisée comme support de mousse présente à priori deux avantages par rapport aux sièges existants :

- La mousse peut être uniforme sur toute la surface. Ceci pourrait simplifier le procédé de fabrication de l'assise.
- Ayant une surface de support déjà optimisée pour une distribution de pression plus uniforme, une quantité de mousse bien moindre pourrait suffire pour réduire le pic de pression de contact. Ceci pourrait réduire donc le poids du siège.

Par une étude comparative (Wang et al., 2019), nous avons pu confirmer l'utilisation de la surface pré-optimisée comme une piste prometteuse pour améliorer le confort du futur siège.

En parallèle de ces investigations expérimentales à l'aide du nouveau siège expérimental, des modèles en éléments finis (EF) du complexe fesse cuisse ont été développés dans une thèse CIFRE SAFRAN (Savonnet, 2018) pour évaluer la pression de contact sur l'assise et aussi les contraintes et déformations des tissus mous notamment de la zone sous les ischions. Grâce à un modèle géométrique paramétrique des surfaces de la peau et des os développé dans cette thèse, des modèles en EF de différentes dimensions anthropométriques peuvent être facilement générés pour évaluer l'inconfort lié à l'assise.

Cependant, les études menées jusqu'à présent présentent plusieurs lacunes majeures :

- Le dossier du siège expérimental (dit 'conformateur') du LBMC étant simplifié en trois appuis ponctuels aux niveaux lombaire, dorsal et cervical, seule une étude du profil dans le plan symétrique avec seulement trois points de contact est possible. Il n'est donc pas possible d'étudier l'influence de la surface du dossier comme ce que nous avons pu faire avec la surface d'assise.
- Bien que la solution avec une surface de support de mousse pré-optimisée soit prometteuse, une exploration plus systématique des caractéristiques du coussin (épaisseur, densité, etc...) est manquante, notamment en regard des pressions différentes s'appliquant sur l'assise et le dossier par exemple, pouvant nécessiter des caractéristiques de souplesse, déformation ou densité différentes.
- L'évaluation de l'inconfort est faite soit sur une très courte durée d'assise ou sur une durée maximale de 50 minutes, ce qui peut être insuffisant pour un moyen et long courrier dont la durée des vols dépasse 4 heures.
- Les modèles en éléments finis se limitent à la partie fesse cuisse. Pour évaluer le siège complet, ils doivent s'étendre au corps complet.
- Le support de mousse étant obtenu à partir d'une posture d'assise de référence, l'influence de la variation posturale doit être prise en compte dans le processus d'optimisation du coussin.

A part les lacunes des études menées jusqu'à présent au LBMC, la compréhension des causes d'inconfort et les critères objectifs pour évaluer l'inconfort d'assis font toujours défaut. Grâce aux simulations numériques à l'aide d'un modèle biomécanique du corps humain, des paramètres non directement mesurables (e.g. déformation de tissus mous) pourront être exploités pour la définition des critères d'évaluation en complément de ceux habituellement utilisés comme la distribution de pression.

Objectifs

Le présent projet a pour objectif principal de poursuivre le développement d'outils de simulation numérique pour l'évaluation ergonomique d'un siège complet y compris le dossier et les coussins. Plus spécifiquement, nous visons à

- Mettre en place une procédure de simulation avec des modèles du corps entier de différente anthropométrie
- Mener une étude paramétrique sur la surface du dossier optimale préférée en fonction de l'inclinaison de l'assise et du dossier et de l'anthropométrie du corps comme pour la surface d'assise à l'aide du conformateur.
- Mener des investigations par simulation numérique et expérimentale pour déterminer des critères objectifs d'évaluation ergonomique de l'interaction entre occupant et siège, qui seront utilisés pour déterminer les paramètres du siège, notamment ceux des mousses.

Approches proposées

Des études expérimentales avec des volontaires seront menées à l'aide du siège expérimental du LBMC. Pour mieux comprendre les mécanismes d'inconfort et réduire le nombre d'essais, le projet recourra aussi à la simulation numérique avec des modèles du corps humain en éléments de différentes dimensions anthropométriques.

Profil du candidat

Master en mécanique ou biomécanique. Une expérience en modélisation du corps humain en éléments-finis ou expérimentation avec des volontaires sera un plus. Bonne maîtrise de la programmation en Matlab et analyse statistique de données.

References :

- Ahmadpour, A., Lindgaard, G., Robert, J.M. and Pownall, B., 2014. The thematic structure of passenger comfort experience and its relationship to the context features in the aircraft cabin, *Ergonomics*, 57:6, 801-815, DOI: 10.1080/00140139.2014.899632
- Beurier, G., Cardoso, M., and Wang, X., 2017. A new multi-adjustable experimental seat for investigating biomechanical factors of sitting discomfort. SAE Technical Paper 2017-01-1393, doi:10.4271/2017-01-1393
- Hiemstra-van Mastrigt, S., Groenesteijn, L., Vink, P., and Kuijt-Evers, L.F., 2017. Predicting Passenger Seat Comfort and Discomfort on the Basis of Human, Context and Seat Characteristics: A Literature Review. *Ergonomics* 60, no. 7 (July 3, 2017): 889–911. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1233356>.
- Savonnet, L., (2018). Développement d'un outil numérique personnalisable pour l'évaluation de l'inconfort et de la fatigue du passager d'avion (Development of a scalable digital tool for the discomfort and fatigue assessment of the aircraft passenger). Université Claude Bernard-Lyon I, Lyon
- Vink, P. and Brauser, K., 2011. Aircraft interior comfort and design. CRC Press, Taylor and Francis Group
- Wang X. and Beurier X., 2018a. Determination of the optimal seat profile parameters for an airplane eco-class passenger seat. SAE Technical Paper 2018-01-1324. doi:10.4271/2018-01-1324
- Wang X., Cardoso M. and Beurier G., 2018b. 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., 2019a. Seat/occupant contact forces and their relationship with perceived discomfort for economy class airplane seats. *Ergonomics*, <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2019.1600050>
- Wang, X., Beurier, G., Zhao, M., Obadia, J.M., 2019b. Objective and subjective evaluation of a new airplane seat with an optimized foam support. 2nd International Comfort Conference, Delft, August 29-30, 2019

Mots-clefs: siège d'avion, confort, biomécanique, expérimentation, modélisation en éléments finis

Contact: Merci d'envoyer le CV, la lettre de motivation, les notes durant le cursus universitaire et les lettres de recommandation à: xuguang.wang@univ-eiffel.fr