

Sujet de thèse 2025

Etude de l'interaction humain-humain lors d'un transfert d'objets

1 Environnement

Encadrants de thèse:

Nom, Prénom : Brunot WATIER, Aurore BONNET-LEBRUN & Hélène PILLET, enseignants/chercheurs

Adresse mail : bruno.watier@laas.fr, aurore.bonnet-lebrun@laas.fr et helene.pillet@ensam.eu

Équipe GEPETTO – LAAS-CNRS – Toulouse & IBHGC – ENSAM - Paris

Dates et durée de thèse :

Début de thèse : octobre 2025

Durée : 36 mois

Emplacement : LAAS-CNRS (www.laas.fr, Toulouse, France) principalement

Lieu de la thèse

La thèse s'effectuera principalement à Toulouse au sein de l'équipe Gepetto du LAAS-CNRS. Elle sera financée dans le cadre de l'ANR CALL.

GEPETTO est une équipe du LAAS-CNRS spécialisée dans l'étude des mouvements anthropomorphes, et possède une grande expérience sur la génération de mouvements de robots humanoïdes. Basée à Toulouse, l'équipe GEPETTO développe des suites logicielles en contrôle pour la commande des robots bipèdes HRP-2, Talos ou encore H1. L'équipe s'intéresse également au mouvement humain et à sa simulation. Elle possède un plateau technique complet d'analyse du mouvement situé au CREPS de Toulouse Midi-Pyrénées.

La thèse sera co-encadrée par Hélène Pillet de l'Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak d'Arts et Métiers ParisTech (IBHGC). L'IBHGC a une expertise reconnue en modélisation personnalisée du système locomoteur. Notamment, l'Institut applique depuis plus de dix ans ses recherches dans le domaine de l'analyse dynamique du mouvement humain. Ces recherches ont porté sur la définition de protocoles spécifiques adaptés à l'étude de situations particulières en laboratoire, sur la modélisation de la cinématique et de la dynamique des segments du sujet sain ou pathologique. Pour mener ces analyses, l'Institut utilise des moyens techniques tels que des systèmes d'analyse 3D du mouvement, des centrales inertielle ou encore des plateformes de force.

Pour les besoins de l'ANR des déplacements à l'université de Sherbrooke (Canada), à l'ENI de Tarbes ou au JRL (AIST-CNRS, Tsukuba, Japan) sont possibles.

2 Contexte et objectifs

Afin d'assurer la plupart des tâches complexes de la robotique du futur, une interaction physique entre l'humain et le robot en continu, appelée couramment pHRI (physical Human-Robot Interaction) [1], [2] s'avère nécessaire. Ce type de robotique peut concerner la co-manipulation d'objets entre l'humain et le robot [3], [4], la robotique d'assistance et de rééducation [5], la robotique d'apprentissage en ligne à partir du geste humain [6] ou les exosquelettes actifs [7]. Ainsi, l'objectif de la thèse consiste à comprendre les stratégies de collaboration humain-humain afin de développer par la suite une stratégie collaborative robotique cohérente.

Effectivement, lorsque l'on cherche à générer des tâches de co-manipulation d'objet entre un humain et un robot de manière à la fois sécurisée et efficace, une voie prometteuse est de s'inspirer des stratégies de coordination entre humains et de les appliquer dans un contexte collaboratif humain-robot. On fait l'hypothèse ici, que la coordination humain-robot sera meilleure grâce à la prise en compte des techniques de collaboration entre humains, qui semblent fluides et intuitives [8].

Le caractère original de cette thèse réside dans le fait d'étudier la stratégie de coordination humain-humain en vue de l'adapter à la commande robotique. Il y a là un challenge majeur en matière d'expérimentations puis de simulations qui devraient permettre d'améliorer la commande et d'anticiper le comportement des robots collaboratifs en les rendant plus proactifs [9] lors de la collaboration.

Cette thèse bénéficie d'un financement de l'Agence Nationale de la Recherche (projet CALL : Cobic Application for handover and Load transport). Elle s'inscrit ainsi dans le cadre des activités de biomécanique de l'équipe Gepetto du LAAS-CNRS. De nature interdisciplinaire, elle sera réalisée étroitement en lien avec des chercheurs en robotique collaborative (cobotique), en vision et sciences des données. A terme, le projet *contribuera* à améliorer le transfert d'un objet puis sa co-manipulation avec un système robotique.

3 Étapes de la thèse

Pour atteindre les objectifs présentés ci-dessus, la thèse proposée devra assurer au moins les étapes suivantes :

1. Etat de l'art des travaux de l'interaction physique humain-humain en général et particulièrement ceux visant à des stratégies de commande robotique collaborative bio-inspirée
2. Mise en place d'expérimentations biomécaniques humain-humain de transfert et de co-manipulation de charges
3. Étude et extraction d'informations de coordination humain-humain
4. Simulation du comportement humain

Le contenu de la thèse est résumé sur le schéma de la figure 1. La figure 2 présente le cas d'étude en interaction humain-humain et humain-robot. La figure 3 présente le rétroplanning envisagé de la thèse.

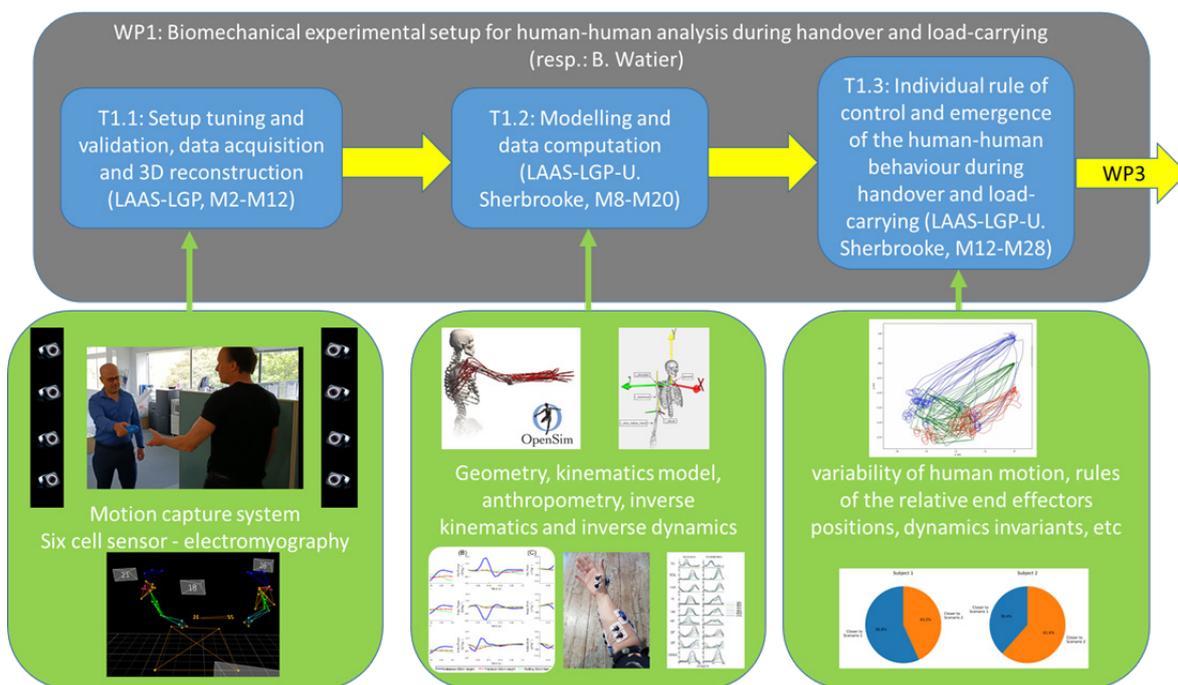


Fig. 1 : Schéma de principe des différentes étapes de la thèse : expérimentations, analyse puis éléments de simulation du mouvement humain

4 Mots Clefs

Biomécanique, expérimentations humain-humain, transfert de charge, interaction humain-robot, modélisation, simulation.

5 Profil et candidature

Le(a) candidat(e) pour la thèse doit posséder un diplôme de master 2 ou en fin d'étude d'ingénieur avec une expérience en recherche en (bio)mécanique. Il(elle) doit avoir des compétences en programmation python et/ou

Matlab. Des connaissances en contrôle, robotique et un goût pour l'expérimentation seraient un plus. La maîtrise de l'anglais est indispensable.

Pour candidater à cette thèse, merci d'envoyer votre CV et une lettre de recommandation à aurore.bonnet-lebrun@laas.fr, bruno.watier@laas.fr et helene.pillet@ensam.eu

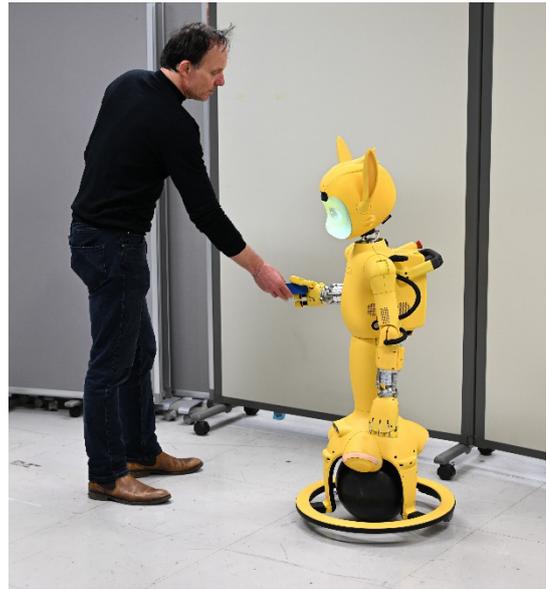


Fig. 2 : Cas d'étude envisagée de l'ANR CALL : transfert et co-manipulation d'objet



Fig. 3 : rétroplanning envisagé du travail de thèse

6 Bibliographie

- [1] A. De Santis, B. Siciliano, A. De Luca, et A. Bicchi, « An atlas of physical human – robot interaction », *Mechanism and Machine Theory*, vol. 43, p. 253-270, 2008, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2007.03.003.
- [2] B. Navarro, A. Fonte, P. Fraisse, G. Poisson, et A. Cherubini, « In Pursuit of Safety: An Open-Source Library for Physical Human-Robot Interaction », *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 25, n° 2, p. 39-50, 2018, doi: 10.1109/MRA.2018.2810098.
- [3] L. Peternel, N. Tsagarakis, et A. Ajoudani, « Towards multi-modal intention interfaces for human-robot co-manipulation », in *2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, oct. 2016, p. 2663-2669. doi: 10.1109/IROS.2016.7759414.
- [4] M. Mujica, M. Crespo, M. Benoussaad, S. Junco, et J.-Y. Fourquet, « Robust variable admittance control for human–robot co-manipulation of objects with unknown load », *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 79, p. 102408, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102408>.
- [5] C. Lauretti, F. Cordella, E. Guglielmelli, et L. Zollo, « Learning by Demonstration for Planning Activities of Daily Living in Rehabilitation and Assistive Robotics », *IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS*, vol. 2, n° 3, p. 1375-1382, 2017.
- [6] S. Ikemoto, H. Ben Amor, T. Minato, B. Jung, et H. Ishiguro, « Physical human-robot interaction: Mutual learning and adaptation », *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 19, n° 4, p. 24-35, 2012, doi: 10.1109/MRA.2011.2181676.
- [7] H. D. Lee, B. K. Lee, W. S. Kim, J. S. Han, K. S. Shin, et C. S. Han, « Human-robot cooperation control based on a dynamic model of an upper limb exoskeleton for human power amplification », *Mechatronics*, vol. 24, n° 2, p. 168-176, 2014, doi: 10.1016/j.mechatronics.2014.01.007.
- [8] I. Maroger, M. Silva, H. Pillet, N. Turpin, O. Stasse, et B. Watier, « Walking paths during collaborative carriage do not follow the simple rules observed in the locomotion of single walking subjects », *Scientific Reports*, vol. 12, n° 1, p. 15585, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-19853-7.
- [9] J. Xia, D. Huang, Y. Li, et N. Qin, « Iterative learning of human partner's desired trajectory for proactive human–robot collaboration », *International Journal of Intelligent Robotics and Applications*, vol. 4, n° 2, p. 229-242, 2020, doi: 10.1007/s41315-020-00132-5.