English version below

Sujet de thèse 2027

Interaction physique personnalisée et proactive entre l'humain et le robot grâce à la prédiction de mouvements humains

1 *Environnement*

Encadrants de thèse:
Nom, Prénom : Brunot WATIER et Eiichi YOSHIDA
Adresse mail : bruno.watier@laas.fr et eiichi.yoshida@rs.tus.ac.jp
Équipe GEPETTO– LAAS-CNRS – Toulouse & Tokyo University of Science

Dates et durée de thèse :
Début de thèse : septembre 2027
Durée : 36 mois
Emplacement : LAAS-CNRS (www.laas.fr, Toulouse, France) & Tokyo University of Science (Tokyo, Japon)

Mots-clés :
Biomécanique, simulation, apprentissage profond, contrôle, robotique

Résumé

Les robots sont de plus en plus envisagés pour assister les humains dans des contextes tels que l'Industrie 5.0, la santé ou les environnements domestiques. Cependant, les interactions physiques homme-robot (pHRI) sûres et naturelles restent difficiles en raison de la forte variabilité des comportements humains. Cette thèse vise à développer un cadre d'interaction physique homme-robot personnalisée et proactive, permettant au robot d'anticiper et de s'adapter en temps réel au comportement de chaque individu. Les transferts d'objets et le transport de charges constitueront les principaux cas d'étude, avec une validation sur des bras robotiques et des robots humanoïdes.

L'hypothèse centrale est que l'analyse et la prédiction en temps réel du comportement humain sont indispensables pour assurer des interactions robustes, sûres et personnalisées. Le projet cherchera ainsi à identifier les stratégies biomécaniques et comportementales mises en œuvre lors de tâches collaboratives, afin de les intégrer à la génération des mouvements du robot, avec une attention particulière portée à la coordination spatiale et temporelle entre les partenaires.

La méthodologie combine biomécanique, analyse du mouvement, vision par ordinateur, robotique, contrôle optimal et apprentissage profond. Dans un premier temps, la collaboration humain-humain sera étudiée à l'aide d'un système de capture du mouvement tridimensionnelle et de capteurs d'effort six axes fixés sur l'objet manipulé. Ces mesures fourniront des données cinématiques et dynamiques synchronisées permettant l'estimation de la cinématique, des forces et des couples articulaires du membre supérieur. L'analyse des données permettra l'identification des mécanismes de coordination, des invariants mécaniques et des régularités de comportement exploitables par un robot. Dans un deuxième temps, ces données serviront à développer un cadre de contrôle optimal inverse (IOC) combiné à l'apprentissage profond permettant d'identifier une fonction de coût décrivant les stratégies de mouvement humain. Ce modèle prédira le mouvement à court terme à partir de la pose actuelle de l'humain et de l'historique récent. Une approche par fenêtre glissante intégrera progressivement les informations propres à chaque individu, permettant au modèle de s'adapter de manière personnalisée à chaque sujet.

Enfin, la perception de l'humain, la prédiction du mouvement et le contrôle robotique seront intégrés dans une architecture unifiée. Un système de vision déjà développé par les partenaires fournira la perception en temps réel de la posture humaine, permettant au robot d'anticiper les mouvements futurs et d'adapter proactivement sa trajectoire. L'approche sera d'abord validée avec des bras robotiques, puis étendue à des robots humanoïdes.

Le principal résultat attendu de cette thèse est un système intégré permettant une interaction physique souple, sécurisée et personnalisée avec un système robotique. La thèse permettra de mieux comprendre les mécanismes biomécaniques et comportementaux de la collaboration humain-hmain, notamment la variabilité inter- et intra-individuelle et les stratégies de coordination. Elle conduira également au développement de modèles IOC et d'apprentissage profond personnalisés capables de prédire le comportement humain à partir d'observations en temps réel. Le cadre proposé permettra ainsi au robot d'adopter un comportement proactif plutôt que purement réactif.

À terme, ce projet vise à proposer un cadre transférable à différentes plateformes robotiques, notamment des manipulateurs fixes ou mobiles et des robots humanoïdes. Les algorithmes et bases de données produits pourront contribuer au développement de robots collaboratifs plus sûrs et naturels et au déploiement d'interactions physiques homme-robot personnalisées dans les environnements de l'Industrie 5.0.

Particularités :

La thèse se déroulera en cotutelle entre la France et le Japon. Des mobilités sont à prévoir.

Candidature :

Des détails sur le sujet sont fournis ici : https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=toulouse&matricule_prop=76642

Pour postuler : https://edd-projets.utoulouse.fr/

Thesis topic 2027

Personalized and Proactive Physical Human-Robot Interaction through Human Motion Prediction

2 *Environnement*

Thesis supervisors:
Surname, Name : Bruno WATIER and Eiichi YOSHIDA
E mail : bruno.watier@laas.fr and eiichi.yoshida@rs.tus.ac.jp
GEPETTO team– LAAS-CNRS – Toulouse & Tokyo University of Science

Dates and duration of the PhD:
Start of PhD: September 2027
Duration: 36 months
Location: LAAS-CNRS (www.laas.fr, Toulouse, France) & Tokyo University of Science (Tokyo, Japan)

Keywords :
Biomechanics, simulation, deep learning, control, robotics

Résumé

Summary (4000 characters)
Robots are increasingly considered for collaborative tasks in Industry 5.0, healthcare, and domestic environments. However, safe and natural physical human–robot interaction (pHRI) remains challenging because human behaviour is highly variable and difficult to predict. In industrial applications, robot motions must also be anthropomorphic and understandable to human partners. This Ph.D. project aims to develop a comprehensive framework for personalised and proactive physical human–robot interaction, enabling robots to anticipate and adapt to individual human behaviour in real time. Handover and load-carrying tasks will provide the main experimental testbed, with validation on robotic arms and humanoid platforms.
The central hypothesis of this project is that real-time analysis and prediction of human behaviour are essential for robust, safe and personalised interaction. The project will investigate how the biomechanical and behavioural strategies used by humans during collaborative tasks can be extracted and integrated into robot motion generation.
The research will follow an interdisciplinary methodology combining biomechanics, human movement analysis, computer vision, robotics, inverse optimal control (IOC), and deep learning. First, human–human collaboration will be experimentally analysed using a three-dimensional motion-capture system and six-axis force sensors mounted on the handled object. These measurements will provide synchronized kinematic and kinetic data wich will be used to estimate joint forces and torques at the upper limb. Data analysis and machine-learning methods will then identify coordination mechanisms, mechanical invariants and behavioural patterns that are sufficiently consistent to be exploited by robots. In a second stage, the experimental database will be used to develop an inverse optimal control framework combined with deep learning to identify an optimal cost function representing human movement strategies. The resulting model will predict the near-future motion of a human partner from their current pose and recent movement history. A sliding-window approach will progressively incorporate individual information, allowing the prediction model to adapt to each person's behaviour rather than relying exclusively on average human motion.
Finally, perception, human modelling, movement prediction and robot control will be integrated into a unified architecture. A vision-based system developed by the project partners will provide real-time human pose estimation, allowing the robot to anticipate the partner's future movement and proactively adapt its end-effector trajectory. The approach will first be validated with robotic arms and subsequently extended to humanoid robots. The final validation will combine object handover and load carrying into a continuous collaborative task.
The expected outcome is a complete proof-of-concept system for soft, safe, human-like and personalised physical interaction. Scientifically, the project will provide a better understanding of the biomechanical and behavioural mechanisms underlying human–human collaboration, including inter- and intra-individual variability and coordination strategies. It will also deliver personalised IOC and deep-learning models capable of predicting human behaviour

from real-time observations. At the robotics level, the framework will enable proactive rather than purely reactive robot behaviour and will be evaluated through quantitative comparisons between human and robot-generated trajectories.
Ultimately, the project aims to provide a transferable framework applicable across different robotic platforms, including fixed-base and mobile manipulators and humanoid robots. The resulting algorithms and datasets could support the development of safer and more natural collaborative robots and contribute to the deployment of personalised pHRI strategies in realistic Industry 5.0 environments.

Special features:
The PhD research will be conducted under a joint supervision arrangement between France and Japan. Travel is to be expected.

Application:
Further details on this subject are available here:
https://adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=toulouse&matricule_prop=76642
To apply: https://edd-projets.utoulouse.fr/

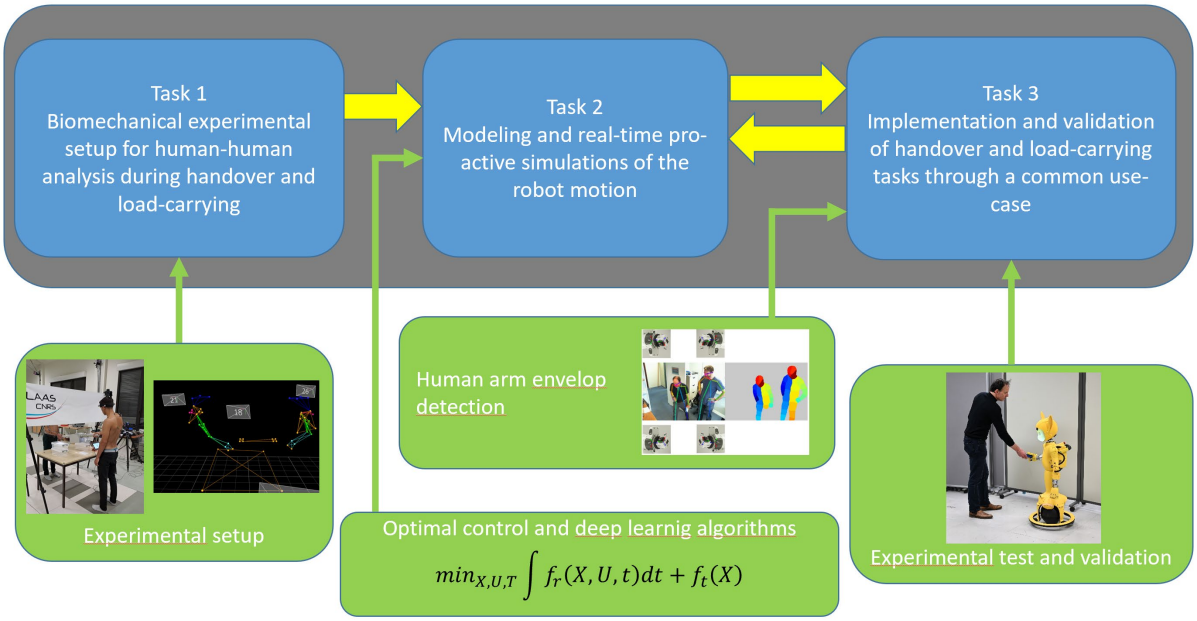


Figure 1 : The methodological framework of this Ph.D. in three interconnected steps

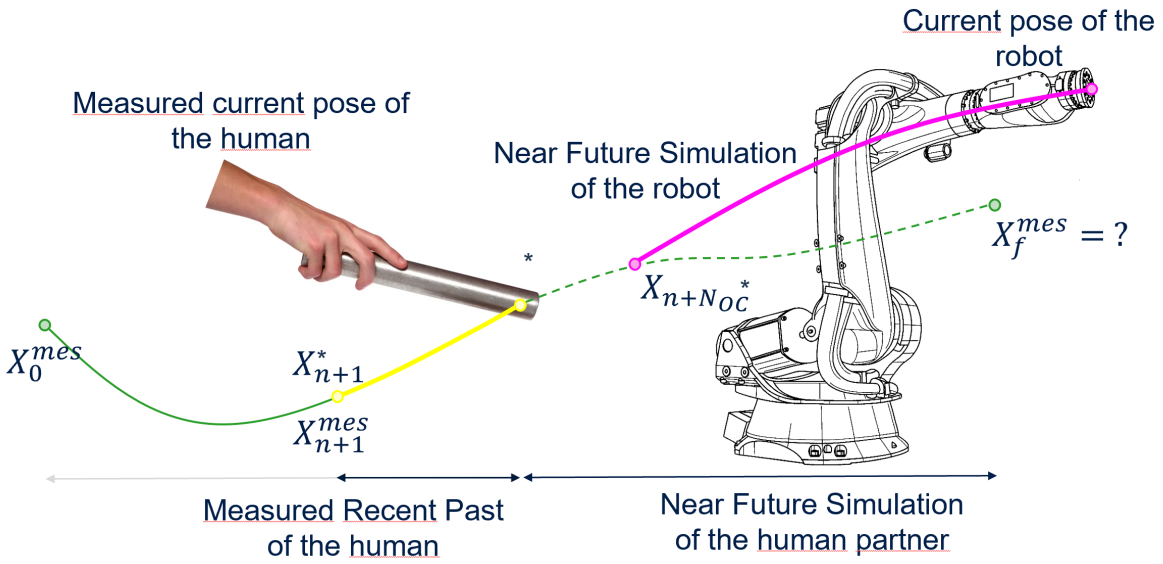
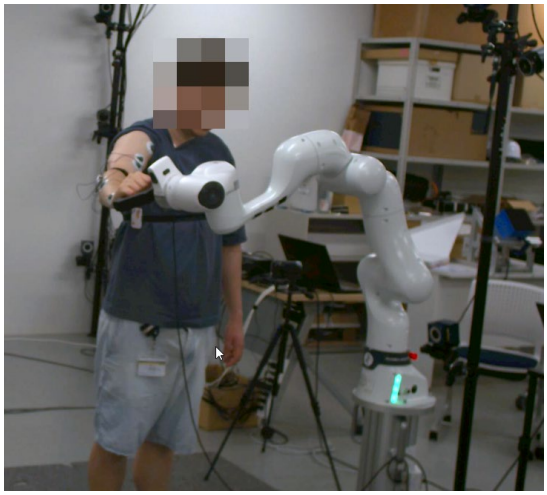


Figure 2 : Optimal Control model coupled with deep learning algorithm will predict the near-future human hand trajectory from the current pose and recent movement history for pro-active robot control



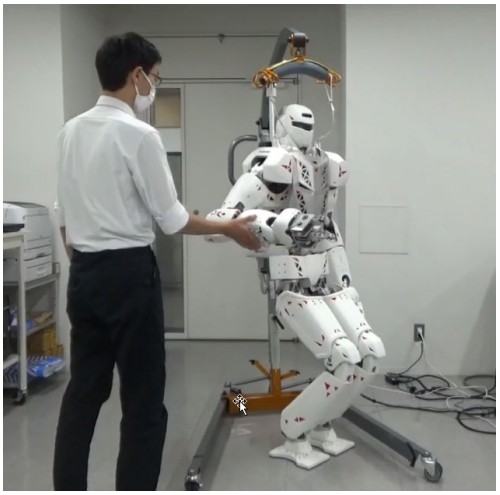


Figure 3 : The robot arm (Franka) and humanoid robot (Kaleido) at the Tokyo University of Science physically interacting with a person will be used in this Ph.D. project.