



Joint Robotics Laboratory (JRL), AIST-CNRS, Tsukuba, Japan

## SUJET DE STAGE 2023 - 2024

---

**Mot(s)-clé(s)** : biomécanique, robotique, locomotion, instabilité, critères de chute

**Responsables du sujet** : Mehdi Benallegue, Hélène Pillet et Bruno Watier

**E-mail**: [mehdi.benallegue@aist.go.jp](mailto:mehdi.benallegue@aist.go.jp), [helene.pillet@ensam.eu](mailto:helene.pillet@ensam.eu); [bruno.watier@laas.fr](mailto:bruno.watier@laas.fr)

**Durée du Stage** : 5-6 mois

**Niveau** : DUT  Licence  Master/ Ingénieur

Nombre d'Etudiants : Monôme  Binôme

**Possibilité d'Indemnisation** : Oui  Non

**Titre du Stage** : *Analyse de différents critères de chute lors de la locomotion bipède*

### **Introduction**

Ce stage s'inscrit dans la cadre de l'ANR BAC2WALK porté par l'IBHGC et le LAAS-CNRS dédié à la conception de systèmes embarqués permettant l'analyse du risque de chute temps réel. Ces systèmes doivent permettre de mesurer le nombre maximal de paramètres pertinents en étant parallèlement le moins intrusif possible. Dans ce contexte, l'une des questions fondamentales reste de savoir quels sont ces paramètres à analyser. En fonction, les concepteurs de ces dispositifs doivent faire des choix de matériels permettant d'obtenir une précision suffisante et une détermination complète des paramètres explorés. L'objet de ce stage est ainsi de comparer différents paramètres d'instabilité de la locomotion puis de sélectionner le plus pertinent. Ce travail devrait alors être la base d'un cahier des charges précis pour la conception d'un dispositif d'étude des risques de chute.

### **Projet de recherche**

De précédents travaux ont proposé des critères de chute lors de la locomotion bipède (Bailly et al., 2018; Herr & Popovic, 2008; Hof et al., 2005; Neptune & Vistamehr, 2019). Ces travaux ont souvent permis de mettre en évidence l'instabilité de la locomotion et rappellent que certaines limites dans les variables dynamiques des bipèdes sont à respecter sous peine de chute que ce soit sur des structures arborescentes complexes tels que les robots humanoïdes (Fig. 1.a) ou les sujets humains (Fig. 1.b). Toutefois, les limites de ces variables restent encore un sujet ouvert et de nombreuses équipes continuent d'approfondir cette question.

Ce stage, en trois temps, consistera ainsi à comparer ces différents critères de chute et à proposer les variables mécaniques à mesurer.

Dans un premier temps, le stage vise à recueillir une base de données homogène de la mécanique de la locomotion bipède auprès des partenaires du projet. Ces paramètres (moment cinétique, trajectoires de centre de masse, etc.) serviront de base au calcul des différents critères d'instabilité de la locomotion. Ces bases de données incluront des données de robots bipèdes, de sujets sains et/ou pathologiques.

Dans un second temps, il conviendra de coder (Matlab et/ou Python) les différents critères et de comparer les résultats fournis par chacun d'entre eux.

Dans un troisième temps, des préconisations devront être faites quant aux paramètres permettant de détecter les risques de chute et ce, de manière la plus anticipée possible.

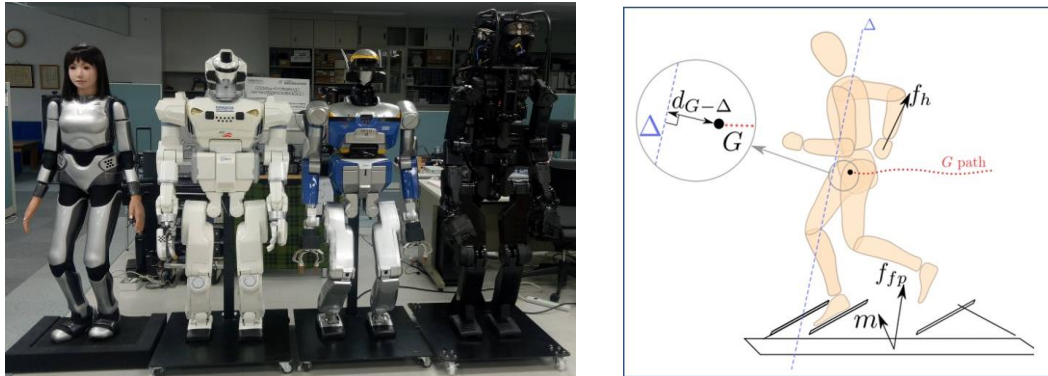


Figure 1 : a/ Les plateformes de robotique bipède du JRL (AIST-CNRS) et b/ illustration d'un critère d'instabilité de la locomotion selon Bailly et al. (2018).

La synthèse de ce travail fera l'objet d'un article en anglais qui devra être soumis dans une revue scientifique.

### Contexte du Stage

Cette étude se fera en équipe et principalement sous la supervision de Bruno Watier au sein de du Joint Robotics Laboratory (JRL). Le(a) candidat(e) devra avoir une bonne expérience de développement en informatique (Python et/ou Matlab) et une excellente connaissance de la mécanique générale. Des compétences en biomécanique du système musculosquelettique ou en robotique seront un plus largement appréciés. Le projet pouvant déboucher sur une poursuite d'étude en thèse, l'objectif professionnel du candidat sera demandé. Anglais indispensable.

Le JRL (AIST-CNRS) est une unité internationale du CNRS dédiée à la génération de mouvements de systèmes robotiques complexes. Leader dans son domaine, elle possède une grande expérience sur l'étude du mouvement humain et la génération de mouvements de robots humanoïdes. Basée à Tsukuba au Japon, le JRL possède de nombreux robots humanoïdes bipèdes (HRP-2, HRP3, HRP-4, HRP-5 ou encore Friends) ainsi que des plateformes expérimentales et numériques dédiés à l'analyse expérimentale et la simulation du mouvement.

Pour postuler, merci d'envoyer CV et lettre de motivation à : [mehdi.benallegue@aist.go.jp](mailto:mehdi.benallegue@aist.go.jp), [helene.pillet@ensam.eu](mailto:helene.pillet@ensam.eu); [bruno.watier@laas.fr](mailto:bruno.watier@laas.fr)



Joint Robotics Laboratory (JRL), AIST-CNRS, Tsukuba, Japan

*INTERNSHIP PROPOSAL 2023 - 2024*

---

**Key words :** biomechanics, robotics, locomotion, instability, fall risk criteria

**Supervisors :** Mehdi Benallegue, H el ene Pillet et Bruno Watier

**E-mail:** [mehdi.benallegue@aist.go.jp](mailto:mehdi.benallegue@aist.go.jp), [helene.pillet@ensam.eu](mailto:helene.pillet@ensam.eu); [bruno.watier@laas.fr](mailto:bruno.watier@laas.fr)

**Duration :** 5-6 month

**Level :** DUT  Bachelor  Master/ Engineer

**Number of student :** one  two

**funding :** Yes  No

**Internship title :** *Analysis of various criteria to detect fall risk during biped locomotion*

**Introduction**

This internship is part of the ANR BAC2WALK project, led by IBHGC and LAAS-CNRS, dedicated to the design of embedded systems for real-time fall risk analysis. These systems must be able to measure the maximum number of relevant parameters, while at the same time being as not disturbing as possible. In this context, one of the fundamental questions is which parameters to analyze. As a consequence, the designers of these devices must make choices of equipment that will enable them to obtain sufficient precision and a complete determination of the parameters explored. The aim of this internship is therefore to compare different locomotion instability parameters and then select the most relevant. This work should then form the basis of precise specifications for the design of a fall risk study device.

**Research project :**

Previous works have proposed criteria for falling during bipedal locomotion (Bailly et al., 2018; Herr & Popovic, 2008; Hof et al., 2005; Neptune & Vistamehr, 2019). These works have often highlighted the instability of locomotion and remind us that certain limits in the dynamic variables of bipeds must be respected to avoid falling, whether on complex tree-like structures such as humanoid robots (Fig. 1.a) or human subjects (Fig. 1.b). However, the limits of these variables are still an open question, and many teams are continuing to investigate this issue.

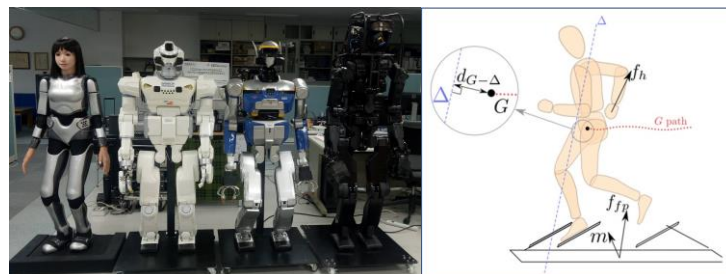


Figure 1 : a/ Biped robots of the JRL (AIST-CNRS) and b/ Illustration of one of the instability criterion (taken from Bailly et al. 2018)



Joint Robotics Laboratory (JRL), AIST-CNRS, Tsukuba, Japan

This internship is composed of three steps to reach the objectives of comparing different fall criteria and proposing the mechanical variables to be measured.

Initially, the aim is to collect a homogeneous database on the mechanics of bipedal locomotion from the project partners. The parameters (angular momentum, center-of-mass trajectories, etc.) will serve as the basis for calculating the various locomotion instability criteria. The databases will include data from bipedal robots, and from healthy and/or pathological subjects.

Secondly, the different criteria will be implemented in a code (Matlab and/or Python) and the results compared.

In the third part, recommendations will be made as to the parameters that can be used to detect the risk of falling, as early as possible.

The synthesis of this work will be the subject of an article in English, to be submitted to a scientific journal.

### **Context of the internship**

This study will be carried out as part of a team, mainly under the supervision of Bruno Watier at the Joint Robotics Laboratory (JRL). The candidate should have good development experience in computer science (Python and/or Matlab) and an excellent knowledge of general mechanics. Skills in biomechanics of the musculoskeletal system or robotics would be greatly appreciated. As the project may lead to a PhD, the candidate's professional objective will be requested. English essential.

The JRL (AIST-CNRS) is an international CNRS unit dedicated to motion generation for complex robotic systems. Being a leader in its field, it has extensive experience in the study of human motion and the generation of humanoid robot motions. Based in Tsukuba, Japan, the JRL has numerous bipedal humanoid robots (HRP-2, HRP3, HRP-4, HRP-5 and Friends) as well as experimental and digital platforms dedicated to experimental analysis and motion simulation.

To apply, please send your CV and covering letter to: [mehdi.benallegue@aist.go.jp](mailto:mehdi.benallegue@aist.go.jp), [helene.pillet@ensam.eu](mailto:helene.pillet@ensam.eu); [bruno.watier@laas.fr](mailto:bruno.watier@laas.fr)



Joint Robotics Laboratory (JRL), AIST-CNRS, Tsukuba, Japan

## ***Bibliography***

- Bailly, F., Carpentier, J., Pinet, B., Soueres, P., & Watier, B. (2018). A Mechanical Descriptor of Human Locomotion and its Application to Multi-Contact Walking in Humanoids. *2018 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob)*, 350-356. <https://doi.org/10.1109/BIOROB.2018.8488125>
- Herr, H., & Popovic, M. (2008). Angular momentum in human walking. *Journal of Experimental Biology*, *211*(4), 467-481. <https://doi.org/10.1242/jeb.008573>
- Hof, A. L., Gazendam, M. G. J., & Sinke, W. E. (2005). The condition for dynamic stability. *Journal of Biomechanics*, *38*(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.03.025>
- Neptune, R. R., & Vistamehr, A. (2019). Dynamic Balance During Human Movement : Measurement and Control Mechanisms. *Journal of Biomechanical Engineering*, *141*(7), 070801. <https://doi.org/10.1115/1.4042170>