

Fiche de stage

Sujet du stage : Apprentissage d'un mouvement de redressement avec un robot bipède à roues.

Encadrant·e·s : Nicolas Perrin-Gilbert

Date de début du stage : Mars ou Avril 2023

Durée du stage : 6 mois

Niveau d'études souhaité : M2

Laboratoire d'accueil : ISIR (*Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique*), Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75005 Paris.

Personne à contacter

Prénom Nom : Nicolas Perrin-Gilbert

Email : perrin@isir.upmc.fr

Envoyer votre candidature par mail, avec [*sujet du stage*] en objet, un CV et une lettre de motivation / Send your CV and a few words about yourself to Nicolas Perrin-Gilbert. Personal projects (GitHub, website, ...) and/or a transcript of recent grades are a plus.

Date limite de dépôt de la candidature : 31 Mars 2023

Description du stage (en français)

Résumé : L'objectif de ce stage de 6 mois (M2) est d'utiliser l'apprentissage par renforcement pour apprendre un mouvement complexe de redressement avec le robot bipède à roues Upkie. Dans un premier temps, un mouvement robuste sera appris dans un simulateur avec une méthode de "domain randomization", et d'éventuelles modifications physiques du robot seront identifiées afin de rendre le mouvement de redressement plus simple. Ensuite, le robot sera construit avec les éventuelles modifications identifiées, et l'objectif principal du stage sera de concevoir une méthode pratique pour transférer efficacement la compétence apprise sur le robot réel, et pour relever les défis spécifiques liées à ce transfert dans le contexte de la locomotion bipède, c'est-à-dire un type de locomotion dans lequel l'équilibre est toujours instable.

Objectifs du stage : Upkie [1] est un robot bipède à roues développé par Stéphane Caron, chercheur à l'Inria Paris. Avec seulement quelques capteurs, Upkie peut effectuer des mouvements complexes comme conserver l'équilibre sur deux roues. Cependant, s'il tombe, il ne peut pour l'instant pas se relever. Pour trouver un moyen d'accomplir cette tâche, nous commencerons par utiliser l'apprentissage par renforcement en simulation pour à la fois apprendre un mouvement de redressement et pour identifier des modifications physiques du robot qui rendraient un tel mouvement plus facile. Ensuite, le robot sera entièrement reconstruit avec les modifications identifiées (heureusement, il y a des directives claires pour cela car Upkie est un robot "do-it-yourself" [1]).

Sous la co-tutelle de :

Le stage sera divisé en 3 phases :

- Phase 1 : Appliquer des algorithmes d'apprentissage par renforcement pour qu'Upkie soit capable de se relever dans un environnement de simulation. Si nécessaire, identifier de petites modifications d'Upkie qui faciliteraient le mouvement de redressement (par exemple, changer la longueur des jambes, etc.).
- Phase 2 : Construire Upkie, en intégrant les modifications définies dans la phase 1.
- Phase 3 : Concevoir une méthode pour transférer le mouvement de redressement au robot réel. Nous appliquerons des méthodes de l'état de l'art, et nous envisagerons également l'idée de concevoir un curriculum spécifique, c'est-à-dire une série de tâches d'apprentissage de difficulté croissante, basé sur le mouvement appris en simulation.

Si le stage est une réussite et qu'il permet à Upkie de se redresser efficacement, nous soumettrons le résultat de ce travail à une conférence internationale de robotique. Enfin, si le mouvement de redressement s'avère trop difficile, nous simplifierons le problème, par exemple, en envisageant de se redresser à partir d'une position intermédiaire, ou en aidant le robot en le tirant légèrement à la verticale avec un câble.

[1] Upkie (2022), <https://hackaday.io/project/185729-upkie-homemade-wheeled-biped-robot>

Profil recherché : Ce stage de recherche nécessite une expérience en apprentissage profond, mais aussi un intérêt pour le travail avec un vrai robot. La première phase du stage sera entièrement réalisée en simulation, mais l'objectif est de commencer rapidement à construire et tester diverses approches sur le robot réel. Le stage est donc particulièrement adapté aux étudiants de M2 qui veulent s'amuser à travailler avec un vrai robot et veulent également apprendre les diverses compétences utiles en conception et expérimentation robotique. Le stage est pour vous si vous avez un intérêt marqué pour l'apprentissage par renforcement, ainsi qu'un intérêt au moins aussi marqué pour la construction, la réparation et la mise en œuvre de tests sur le robot.

Compétences requises : Une expérience de programmation est requise (principalement en Python, et un peu en C++).

Description du stage (en anglais)

Subject: Learning a stand-up motion with a wheeled biped robot

Abstract: The objective of this 6 months internship (M2) is to apply reinforcement learning to learn a complex stand-up motion with the wheeled biped robot Upkie. First, a robust motion will be learned in a simulator with a "domain randomization" method, and possible physical modifications of the robot will be identified in order to make the stand-up motion simpler. Then, the robot will be built with the identified modifications, and the main objective of the internship will be to design a practical method to efficiently transfer the learned skill to the real robot, and to address the specific challenges related to this transfer in the context of bipedal locomotion, i.e. a type of locomotion in which the balance is always unstable.

Internship Objectives: Upkie [1] is a wheeled biped robot developed by Stéphane Caron, a researcher at Inria Paris. With only few actuator-sensors, Upkie can perform complex motions

Sous la co-tutelle de :

such as balancing itself. However, if it falls, it cannot yet get back up on its wheels. To find a way to perform this task, during the internship we will first apply reinforcement learning in simulation to both learn a stand-up motion and identify potential physical modifications of the robot that would make such a motion easier. Then, the robot will be built entirely from scratch with the identified modifications (luckily, there are clear guidelines for that as Upkie is a "do-it-yourself" robot [1]).

The internship will be divided in 3 phases:

- Phase 1: Apply state-of-the-art reinforcement learning algorithms to learn a policy capable of robust stand-up with Upkie in simulation. If needed, identify small modifications of Upkie that would make a stand-up motion easier (e.g. changing the length of the legs, etc.).

- Phase 2: Build Upkie from scratch, integrating the small modifications defined in phase 1.

- Phase 3: Design a method to transfer the stand-up skill to the real robot. Besides applying state-of-the-art methods for transfer learning, we will consider the idea of designing a specific curriculum (i.e. a series of learning tasks of increasing difficulty) based on the stand-up skill learned in simulation.

If the internship succeeds in learning a stand-up motion with Upkie, we will submit the result of the work to an international robotics conference.

If the stand-up motion ends up being too difficult, we will simplify the problem (e.g. considering stand-up from an intermediate position, or helping the robot by slightly pulling it vertically with a cable).

[1] Upkie (2022), <https://hackaday.io/project/185729-upkie-homemade-wheeled-biped-robot>

Required Profile: This research internship requires experience in deep learning, but also an interest in working with a real robot. The first phase of the internship will be entirely done in simulation, but the goal is to quickly start building and testing various approaches on the real robot. The internship is therefore particularly suitable for M2 students who want to have fun working with a real robot and also want to learn various useful skills in robotic design and experimentation. The internship is for you if you have a strong interest in reinforcement learning, as well as an at least equally strong interest in building, repairing, and implementing tests on the robot.

Required skills : Experience in software programming is required (mainly in Python, and a bit in C++).