

Fiche de stage

Sujet du stage : Apprentissage de la saisie d'objets en robotique – réseau d'excellence européen

Encadrant : Stéphane Doncieux

Date de début du stage : janvier ou février 2024

Durée du stage : 6 mois

Niveau d'études souhaité : Actuellement en Master 2, ou de dernière année d'école d'ingénieur.

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

Personnes à contacter

Prénom Nom : Stéphane Doncieux, Johann Huber, François Hélénon

Email : stephane.doncieux (arobase) isir.upmc.fr ; johann.huber (arobase) isir.upmc.fr ; helenon (arobase) isir.upmc.fr

Envoyer votre candidature par mail, avec [*apprentissage_saisie_objets*] en objet, un CV et une lettre de motivation. Il est fortement recommandé de joindre également un ou plusieurs projet(s) personnel(s) (github, etc...).

Description du stage (en français)

Résumé :

L'apprentissage de la saisie d'objets en robotique fait l'objet d'une attention croissante depuis plusieurs années, justifiée par les forts enjeux scientifiques et pratiques qui lui sont associés [1]. Si l'environnement est parfaitement déterministe, le problème est relativement simple : il s'agit de commander un bras manipulateur pour atteindre des positions précises, et ouvrir ou fermer le préhenseur. Mais ces approches se limitent à des scénarios très fortement contraints. Malgré les efforts de grands acteurs universitaires et industriels, **réaliser de la saisie d'objet en environnement non-contrôlé est une tâche encore irrésolue**, et soumise à de nombreuses difficultés [2].

D'une part, il s'agit d'un **problème d'exploration difficile** : il est très délicat de produire des saisies réussies avec un robot tant que l'on ne dispose pas d'un contrôleur efficace, autrement dit, tant que le problème n'est pas résolu. D'autre part, les **expériences sur robots réels sont coûteuses, lentes, et sujettes à de nombreux problèmes d'intégration et de maintenance**. L'apprentissage en simulation est donc préférable, mais le **décalage entre simulation et réalité** aboutit souvent à des problèmes de transférabilité des politiques entraînées en simulation.

Le moyen le plus commun d'aborder ce problème est de le **simplifier en le considérant comme une tâche d'estimation de position de saisie sur un objet**. D'abord sous la forme de prédictions de positions dans le plan, limitant la saisie à des mouvements du haut vers le bas

Sous la co-tutelle de :

[3], puis en ouvrant le problème à l'estimation de positions 6-DoF (position et orientation du préhenseur) [4]. Cependant, ces méthodes imposent de fortes hypothèses sur la structure du préhenseur, qui limitent ces travaux à des pinces parallèles ou à des préhenseurs pneumatiques.

Les algorithmes de **qualité-diversité** [5] sont des méthodes d'apprentissage évolutionnaire visant à générer des solutions performantes à un problème donné. De récents résultats de l'équipe ont montré que ces méthodes pouvaient permettre de générer de **grands jeux de données** de saisies diverses et robustes [6], qui peuvent être transférés sur **robot réel** [7] et généralisés à l'ensemble de l'espace opérationnel du robot [8].

Objectifs du stage :

EuROBin [9] est un **réseau d'excellence de robotique en Europe**, regroupant industriels et institutions publiques. En novembre prochain aura lieu le 2^e évènement EuROBin au cours de la conférence Humanoïds à Nancy. Là-bas se déroulera une **compétition coopérative**, où seront valorisées les équipes qui réaliseront des tâches spécifiques avec des robots en exploitant des travaux d'autres équipes européennes.

L'objectif de ce stage est de s'appuyer sur les travaux antérieurs de l'équipe [10] pour **étendre ces résultats aux robots engagés dans la compétition EuROBin**. Il s'agit d'étudier les préhenseurs de chaque équipe engagé, d'adapter les résultats à ces préhenseurs, et de s'assurer que les partenaires européens puissent les exploiter sur leur robot pour améliorer leurs capacités de saisie.

Profil recherché :

Nous invitons les étudiants et étudiantes ayant un solide parcours académique en **Intelligence Artificielle, Apprentissage Automatique** ou en **Science des données** pour la **Robotique** à proposer leur candidature.

Formation : Actuellement en Master 2, ou de dernière année d'école d'ingénieur.

Compétences :

Requises : Python, traitement de données, algorithmes d'apprentissages (théorie : méthodes classiques, apprentissage profond, CNN ; pratique : framework IA comme PyTorch), mesures et visualisation (matplotlib, seaborn).

Optionnelles : Simulateurs robotiques (PyBullet, Isaac Gym ...), vision par ordinateur, algorithmes évolutionnaires, parallélisation de calculs (CPU et GPU).

Transversales : Appétence pour l'ingénierie orientée R&D, ou la recherche. Curiosité, esprit de synthèse. Initiative dans la recherche, développement de code robuste, clair et réutilisable.

Références:

[1]Hodson R. A gripping problem: designing machines that can grasp and manipulate objects with anything approaching human levels of dexterity is first on the to-do list for robotics. In: Nature; 2018.

[2] Kleeberger, K., Bormann, R., Kraus, W., & Huber, M. F. (2020). A survey on learning-based robotic grasping. Current Robotics Reports, 1(4), 239-249.

Sous la co-tutelle de :

- [3] Lenz, I., Lee, H., & Saxena, A. (2015). Deep learning for detecting robotic grasps. *The International Journal of Robotics Research*, 34(4-5), 705-724.
- [4] Newbury, R., Gu, M., Chumbley, L., Mousavian, A., Eppner, C., Leitner, J., ... & Cosgun, A. (2022). Deep Learning Approaches to Grasp Synthesis: A Review. *arXiv preprint arXiv:2207.02556*.
- [5] <https://quality-diversity.github.io/>
- [6] Huber, J., Héli on, F., Coninx, M., Amar, F. B., & Doncieux, S. (2023). Quality Diversity under Sparse Reward and Sparse Interaction: Application to Grasping in Robotics. *arXiv preprint arXiv:2308.05483*.
- [7] Huber, J., Héli on, F., Watrelot, H., Amar, F. B., & Doncieux, S. (2023). Domain Randomization for Sim2real Transfer of Automatically Generated Grasping Datasets. *arXiv preprint arXiv:2310.04517*.
- [8] Héli on, F., Huber, J., Amar, F. B., & Doncieux, S. (2023). Learning to Grasp: from Somewhere to Anywhere. *arXiv preprint arXiv:2310.04349*.
- [9] <https://www.eurobin-project.eu/>
- [10] <https://qdgrasp.github.io/>

Description du stage (en anglais)

Subject: Learning to grasp in robotics – european network of excellence

Abstract:

Learning to grasp in robotics has received increasing attention for several years, justified by the high scientific and practical stakes associated with it [1]. This problem is quite simple in a deterministic environment: it consists in controlling a manipulator arm to reach precise positions and open or close the gripper. But these approaches are limited to heavily constrained scenarios. Despite the efforts of major academic and industrial players, **performing object grasping in an uncontrolled environment is still an unsolved task** [2].

First, it is a **hard exploration problem**: it is very difficult to make the robot produce successful grasps until an effective controller is available - in other words, until the problem is solved. Second, **experiments with real robots are expensive, slow, and subject to many integration and maintenance problems**. Training policies in simulation is therefore preferable, but the **reality gap** often makes the generated solutions inefficient on a real robot.

The most common way to tackle this problem is **to simplify it by considering it as a grasp pose estimation task**. This was first done in the form of in-plane position predictions, limiting the policies to top-down movements [3], and more recently by doing 6-DoF pose estimation (gripper position and orientation) [4]. However, these methods impose strong assumptions on the gripper structure, limiting the related works to parallel grippers or suction grippers.

Quality-diversity algorithms [5] are evolutionary learning methods designed to generate high-performance solutions to a given problem. Recent results from the team have shown that these methods can be used to **generate large datasets** of diverse and robust inputs [6], which can be transferred to **real robots** [7] and generalised to the whole robot's operational space [8].

Internship Objectives:

EuROBin [9] is a **network of excellence in robotics in Europe**, bringing together private companies and public institutions. In November, the 2nd EuROBin event will take place during

Sous la co-tutelle de :

the Humanoids conference in Nancy. A **cooperative competition** will be held there, in which teams will be rewarded for carrying out specific tasks with robots by exploiting the work of other European teams.

The aim of this internship is to build on the team's previous work [10] to **extend these results to the robots entered in the EuROBin competition**. The aim is to study the grippers of each team involved, to adapt the results to these grippers, and to ensure that the European partners can exploit them on their robots to improve their gripping capabilities.

Required Profile:

Students with a strong academic background in Artificial Intelligence, Machine Learning or Data Science for Robotics.

Skills:

Required : Python, data science, machine learning (theory : standard methods, DL, CNN ; in practice : AI framework (PyTorch, ...)), measurement and visualisation (matplotlib, seaborn).

Optional : Robotics simulators (PyBullet, Isaac Gym ...), Computer vision, evolutionary algorithms, high performance computing (CPU et GPU).

References:

[1]Hodson R. A gripping problem: designing machines that can grasp and manipulate objects with anything approaching human levels of dexterity is first on the to-do list for robotics. In: Nature; 2018.

[2] Kleeberger, K., Bormann, R., Kraus, W., & Huber, M. F. (2020). A survey on learning-based robotic grasping. *Current Robotics Reports*, 1(4), 239-249.

[3] Lenz, I., Lee, H., & Saxena, A. (2015). Deep learning for detecting robotic grasps. *The International Journal of Robotics Research*, 34(4-5), 705-724.

[4] Newbury, R., Gu, M., Chumbley, L., Mousavian, A., Eppner, C., Leitner, J., ... & Cosgun, A. (2022). Deep Learning Approaches to Grasp Synthesis: A Review. *arXiv preprint arXiv:2207.02556*.

[5] <https://quality-diversity.github.io/>

[6] Huber, J., Héli n, F., Coninx, M., Amar, F. B., & Doncieux, S. (2023). Quality Diversity under Sparse Reward and Sparse Interaction: Application to Grasping in Robotics. *arXiv preprint arXiv:2308.05483*.

[7] Huber, J., Héli n, F., Watrelot, H., Amar, F. B., & Doncieux, S. (2023). Domain Randomization for Sim2real Transfer of Automatically Generated Grasping Datasets. *arXiv preprint arXiv:2310.04517*.

[8] Héli n, F., Huber, J., Amar, F. B., & Doncieux, S. (2023). Learning to Grasp: from Somewhere to Anywhere. *arXiv preprint arXiv:2310.04349*.

[9] <https://www.eurobin-project.eu/>

[10] <https://qdgrasp.github.io/>