

LABO - Axe ou Equipe : Institut Pascal, ISPR, MACCS

Directeur de thèse : Sébastien Lengagne MdC, sebastien.lengagne@uca.fr

Co-encadrant : Benoit Thuilot, MdC, benoit.thuilot@uca.fr

Titre du sujet de thèse: Apprentissage et transfert de compétences pour des applications robotiques

Résumé du sujet de thèse :

Les approches de l'état de l'art pour la planification et le contrôle confèrent aux robots la capacité d'accomplir une variété de tâches. Cependant, certaines missions robotiques, telles que la manipulation d'objets déformables ou l'exécution de tâches dans des environnements non structurés, s'avèrent particulièrement complexes à résoudre via ces méthodes analytiques. Les techniques d'apprentissage basées sur les réseaux de neurones offrent une alternative viable. Néanmoins, ces processus d'apprentissage sont chronophages, énergivores et exigent une expertise humaine pour définir minutieusement les hyper-paramètres permettant un bon apprentissage. Le contexte global des travaux dans lequel s'inscrit ce projet est de concevoir une architecture et une méthode d'apprentissage qui permettent à différents robots ayant des morphologies différentes de partager les fruits de leur apprentissage pour plusieurs tâches, facilitant ainsi l'intégration rapide de nouveaux robots et de nouvelles missions.

Lors des travaux de doctorat Mehdi Mounsif (2017-2020) et Samuel Beaussant (2020-2023), le transfert d'apprentissage a été validé en simulation sur des tâches complexes (dynamiques, de précision ou nécessitant un ordonnancement), ainsi qu'en manipulation réelle sur une tâche de précision en boucle ouverte (sans utiliser en temps réel les informations provenant de capteurs).

Dans le cadre d'applications robotiques, une commande boucle fermée doit être envisagée pour se délivrer des inévitables erreurs de modélisation et répondre aux perturbations. Cela pose des difficultés supplémentaires pour l'apprentissage. Pour une application boucle fermée simple avec des robots réels à 2 ou 3 degrés de liberté, Samuel Beaussant avait proposé une piste pour tenir compte du retard d'actionnement.

Partant de ces premiers résultats prometteurs, l'objectif de cette thèse est de mettre en place un transfert dans le cadre de manipulation en boucle fermée, en adressant les verrous scientifiques suivant :

- Le premier aspect concerne le retard qui constitue le verrou principal au problème de sim2real (transfert de la simulation vers un robot réel). La méthode validée par Samuel Beaussant, se base sur l'hypothèse que chaque robot possède un retard connu et constant et considère des réseaux de neurones simples (couches denses, feed-forward). La mise en place d'une identification de ce retard permettrait une adaptation à des retards non définis. D'autres types de réseau comme les LSTM (Long Short-Term Memory) semblent également adaptés pour résoudre ce problème et constituent une piste d'amélioration de l'UNN.
- Le deuxième aspect se concentrera sur la gestion des limites physiques des robots afin de préserver l'intégrité du robot lors du transfert. Cet aspect porte sur l'étude et le conditionnement (lors de l'apprentissage) du réseau de neurones pour ne pas produire d'actions menant à un risque de détérioration (butée articulaire, couple maximal, auto-collision, ...)
- Le dernier aspect important sera d'intégrer la différence des capteurs dans l'architecture actuelle de l'UNN. Comment peut-on capitaliser au maximum les compétences quand on considère deux robots différents avec le même capteur ou deux robots identiques avec des capteurs différents ?

Ces travaux de thèse seront validés expérimentalement en considérant les robots disponibles à l'Institut Pascal ayant à la fois des structures mécaniques différentes mais également des capteurs différents. Les tâches envisagées sont des tâches d'assemblage, de manipulation d'objets déformables et des tâches dynamiques de saisie.