

# Apprentissage stratégique et interactif de mouvements complexes par des robots

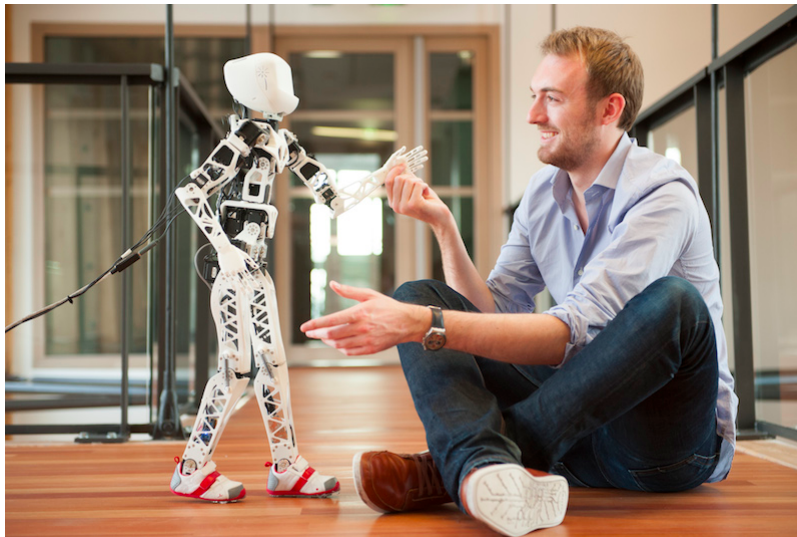
**Directeur de thèse:** Dominique Duhaut, professeur en informatique à l'université de Bretagne-Sud.

**Co-encadrant de thèse:** Mai Nguyen (mai.nguyen@telecom-bretagne.eu), Maître de conférence à Télécom Bretagne, département informatique, équipe IHSEV

**Contact:** Mai Nguyen (mai.nguyen@telecom-bretagne.eu).

**Mots clés:** robotique de service, apprentissage par renforcement, motivation intrinsèque, apprentissage par imitation, robotique développementale

**Prérequis:** programmation scientifique (python, matlab, C++), algorithmique, apprentissage automatique, robotique, impression 3d.



## 1. Contexte

Le vieillissement et la dégradation de l'état de santé de la population sont des sujets préoccupants car il y a un lien fort entre vieillissement et dégradation de la qualité de vie, notamment dû à une perte d'autonomie. Face à ce problème, l'assistance et les soins de santé à domicile constituent deux pistes intéressantes tant du point de vue humain, en répondant au désir des personnes dépendantes de rester chez elles, que du point de vue financier, en offrant des solutions plus confortables et moins onéreuses que l'hospitalisation. Toutes deux nécessitent bien évidemment un accompagnement des personnes dépendantes par du personnel qualifié. Cet accompagnement peut être grandement amélioré grâce à des aides techniques. Parmi celles-ci, les robots de service à la personne permettent d'offrir des services d'assistance à l'utilisateur. Néanmoins, les robots actuels ne font pas assez preuve d'adaptation ni de complexité dans leurs actions pour être déployés dans les domiciles.

Le sujet de cette thèse en **apprentissage robotique** est de **doter un robot de capacités physiques et d'apprentissage afin de caractériser et réaliser un ensemble de mouvements complexes**. Le travail porte donc sur le développement d'algorithmes d'apprentissage interactif pour assimiler et analyser les gestes des experts afin de les qualifier et réaliser des mouvements complexes. Le but est qu'un robot compagnon puisse s'adapter à son environnement et aux besoins des utilisateurs en effectuant des actions de plus en plus complexes.

La thèse cherche à développer une architecture algorithmique pour **apprendre des mouvements complexes de manière stratégique et interactive**. Le robot doit ainsi savoir décomposer le

mouvement complexe en plusieurs parties pour apprendre chacune des parties avant de les assembler pour les reproduire en les adaptant. Le robot non seulement observera des démonstrations, mais décidera quelles informations sont nécessaires pour compléter sa connaissance, et choisira de manière active comment acquérir ces informations et comment interagir avec le démonstrateur humain.

Le projet s'appuie sur l'expertise du groupe IHSEV en apprentissage robotique et en technologies d'assistance à la personne. Les résultats de la thèse permettront à un robot compagnon d'apprendre de manière efficace des mouvements de grande dimensionnalité composés de plusieurs segments. Ce travail constitue un pas vers des robots compagnons capables de monter en compétence pour s'adapter de manière continue à leur environnement et aux exigences des utilisateurs.

## 2. Principaux objectifs et résultats attendus

Un nouveau **formalisme** ainsi que de **nouveaux algorithmes d'apprentissage stratégique** seront élaborés dans le cadre de cette thèse. Ce travail sera développé dans le cadre de l'apprentissage robotique et de l'apprentissage par renforcement (Sutton and Barto, 1998). Il s'appuiera sur des méthodes d'apprentissage par imitation (Nehaniv, 2007), d'apprentissage par renforcement inverse (Ng and Russell, 2000) et d'apprentissage interactif. Il utilisera aussi des heuristiques d'apprentissage actif comme la curiosité artificielle (Oudeyer et al, 2007) qui ont récemment prouvé leur efficacité pour l'apprentissage de mouvements simples. Le travail consiste donc à exploiter leur efficacité pour apprendre des mouvements de plus en plus complexes, faisant face aux problèmes d'espaces de grande dimension, d'exploration dans des espaces continus, ainsi que de l'apprentissage de modèles non linéaires, stochastiques et redondants.

Les algorithmes d'apprentissage seront systématiquement évalués sur des plateformes robotiques. Une plateforme robotique potentielle est le robot humanoïde Poppy (<http://poppy-project.org>). Cette plateforme open-source (Lapeyre, 2014) est particulièrement indiquée grâce à son aspect anthropomorphe, et sa conception basée sur l'impression 3D. Ses formes et fonctionnalités pourront donc être adaptées aux mouvements visés et applications développées.

Les algorithmes d'apprentissage seront appliqués pour l'apprentissage de gestes, par exemple d'exercices physiques, de rééducation fonctionnelle, de danse ... Les expérimentations seront menées dans le Living lab Experiment'HAAL de Télécom Bretagne.

## 3. Verrous scientifiques

Des techniques d'apprentissage robotique, tels que l'apprentissage par imitation ou l'apprentissage interactif, ont été développées pour apprendre des mouvements simples, réalisés d'un seul tenant. En dépit de ces résultats positifs et encourageants, peu ont permis d'apprendre des mouvements de grande dimensionnalité composés de plusieurs segments. Dans le cas de ces mouvements complexes, les méthodes classiques font face à des problèmes de fléau de la dimension (Bellman, 1957) ainsi que des problèmes d'exploration d'espaces continus. En outre, le problème est d'autant plus complexe que les robots humanoïdes et anthropomorphes possèdent un nombre de degrés de liberté élevé et évoluent dans un monde réel très aléatoire. Ils doivent donc apprendre des **modèles stochastiques, redondants et inhomogènes**. L'architecture algorithmique de Socially Guided Intrinsic Motivation (Nguyen and Oudeyer, 2013) est une première tentative pour implémenter un système d'apprentissage de tels modèles. Néanmoins, SGIM n'a été utilisé que pour des gestes primitifs et seulement pour un petit nombre de stratégies. Il s'agit de reformuler cette architecture afin que l'apprentissage puisse s'appliquer à un mouvement complexe.

Si l'apprentissage par imitation (Nehaniv, 2007) est une méthode qui permet l'apprentissage de gestes dans certains cas, il nécessite généralement un nombre trop important de démonstrations des spécialistes humains. Inversement, l'apprentissage par renforcement (Sutton, 1998) permet une acquisition de compétences sans effort d'un démonstrateur humain, mais permet difficilement l'apprentissage de gestes complexes. Ainsi, il est important de combiner les deux approches pour construire une stratégie d'apprentissage adaptée. Notre **approche novatrice utilise des heuristiques d'apprentissage inspirées de sciences cognitives pour relever des défis mathématiques**. Elle permettra de construire des robots d'assistance à la personne mieux adaptés aux besoins de plus en plus pressants d'une population vieillissante.

## 4. Références

- Richard Ernest Bellman; Rand Corporation (1957). Dynamic programming. Princeton University Press, Republished: Richard Ernest Bellman (2003). Dynamic Programming. Courier Dover Publications. ISBN 978-0-486-42809-3.
- E. L. Deci. Intrinsic Motivation. Plenum Press, New York, NY, US, 1975.
- M. Lapeyre. Poppy: open-source, 3D printed and fully-modular robotic platform for science, art and education. Theses, Université de Bordeaux, Nov. 2014.
- C. L. Nehaniv and K. Dautenhahn. Imitation and Social Learning in Robots, Humans and Animals: Behavioural, Social and Communicative Dimensions. Cambridge Univ. Press, Cambridge, March 2007.
- S. M. Nguyen. A Curious Robot Learner for Interactive Goal-Babbling: Strategically Choosing What, How, When and from Whom to Learn. *PhD* thesis, INRIA, 2013.
- Sutton, R.; Precup, D. & Singh, S. (1999) Between MDPs and semi-MDPs: A framework for temporal abstraction in reinforcement learning *Artificial Intelligence*, 1999, 112, 181-211.
- Oudeyer P-Y, Kaplan F. and Hafner, V. (2007) Intrinsic Motivation Systems for Autonomous Mental Development, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 11(2), DOI:10.1109/TEVC.2006.890271
- R. S. Sutton and A. G. Barto. Reinforcement Learning: an introduction. MIT Press, 1998.