

Apprentissage profond pour la génération et l'étude de mouvements humains

Niveau : Master 2 ou équivalent.

Durée : 6 mois, poursuite en thèse envisageable.

Mots-clés : Apprentissage profond, apprentissage par renforcement, génération de mouvements humains, Python, PyTorch.

Applications liées au domaine : Santé (e.g. rééducation), Sport, Animations numériques, Robotique.

Laboratoire : Euromov Digital Health in Motion, localisation IMT Mines Alès (Alès, 30100).

Gratification : stage financé par un organisme public (environ 630 euros/mois).

Description :

La recherche amenée par les domaines de la biomécanique et du contrôle moteur a proposé des modèles de contrôle moteur validés par simulations neuromécaniques. Ces derniers se basent sur des hypothèses physiologiquement cohérentes du contrôle moteur dont les simulations sont comparées à des données réelles sur le mouvement humain. Ils simulent et expliquent partiellement des comportements moteurs basiques dans des contextes contrôlés (e.g., marche, course). Ils peinent cependant à expliquer le contrôle moteur dans des environnements dynamiques et complexes et ne sont que partiellement informatifs pour servir la définition de cadres théoriques susceptibles de guider la rééducation.

Votre stage s'inscrit dans le projet DRL2Move qui vise à développer des modèles performants pour simuler et analyser le contrôle moteur chez les sujets sains et pathologiques, cela par exemple afin de perfectionner l'utilisation de dispositifs d'assistance utilisés lors des phases de rééducation physique (e.g. application post-AVC). Les approches que nous considérons se basent sur des techniques d'IA en vue d'obtenir un modèle du système nerveux central, et d'optimiser le contrôle musculaire requis pour réaliser une tâche spécifique.

Nous étudions pour cela des modélisations à base d'apprentissage profond et par renforcement (DRL : Deep Reinforcement Learning), en vue d'obtenir un modèle de contrôle moteur : couplée au moteur physique et à la modélisation biomécanique (modèle musculosquelettique 3D) à partir desquels le modèle est simulé et entraîné, l'IA permet alors d'apprendre un modèle paramétrique du contrôle moteur.

Ces travaux s'inscrivent dans la continuité de travaux récents qui étudient l'apprentissage profond et le DRL pour l'obtention de modèles de contrôle moteur. Nous disposons déjà de moteurs physiques performants (OpenSim) couplés à un environnement de simulation neuromécanique (OpenSim-RL). Ces environnements sont continuellement perfectionnés et utilisés par les chercheurs du domaine (e.g., compétition NeurIPS : Learn to Move).

Objectifs du stage :

- Définir des modèles de Deep Learning ou DRL performants dans des environnements dynamiques et complexes virtuels en tenant compte de caractéristiques propres aux sujets sains et pathologiques via la prise en compte de données sur le mouvement propres à ces sujets. Nous étudions pour cela des techniques variées, notamment à

base d'*imitation* et de *curriculum learning*. La plateforme AIHM d'Alès sera utilisée pour acquérir des données spécifiques sur le mouvement humain (e.g. MOCAP).

- Etudier les modèles de DRL entraînés dans les environnements virtuels précités avec des données réelles sur le mouvement humain (sujets sains et pathologiques).
- [En fonction de l'avancement] Exploiter les modèles de contrôle moteur à base de DRL pour l'obtention de modèles de processus de rééducation pour les sujets lésés dans des contextes post-AVC. Bien qu'encore peu étudiés dans des contextes de compréhension des mécanismes de rééducation, des travaux encourageants sur le DRL ont été proposés, notamment dans des contextes post-AVC.

Des aménagements du sujet sont possibles en fonction des centres d'intérêt des candidats, e.g. focus sur les modèles à base de diffusion, problématiques liées au sport.

Compétences : Apprentissage profond, Apprentissage par renforcement (souhaitable), capacité à développer des modèles en PyTorch.

Encadrement : Sébastien Harispe, Abdelhak Imoussaten, Jacky Montmain, Denis Mottet

Candidature : Envoyer un CV et les notes des deux dernières années à sebastien.harispe@mines-ales.fr, objet du mail [DRL2Move] candidature stage DRL 2023. Auditions au fil des candidatures.

Liens et Références :

Euromov DHM : <https://dhm.euromov.eu/>

localisation IMT Mines Alès : <https://www.imt-mines-ales.fr/>

AIHM (AIHM : Alès Imaging and Human Metrology) : <https://imt-mines-ales.fr/en/node/12376>

Song, S., Kidziński, Ł., Peng, X.B. et al. Deep reinforcement learning for modeling human locomotion control in neuromechanical simulation. *J NeuroEngineering Rehabil* 18, 126 (2021).

Reinkensmeyer, D. J., Guigon, E., & Maier, M. A. (2012). A computational model of use-dependent motor recovery following a stroke: optimizing corticospinal activations via reinforcement learning can explain residual capacity and other strength recovery dynamics. *Neural networks*, 29, 60-69.

Tevet, G., Raab, S., Gordon, B., Shafir, Y., Cohen-Or, D., & Bermano, A. H. (2022). Human motion diffusion model. *arXiv preprint arXiv:2209.14916*.

Yuan, Y., Song, J., Iqbal, U., Vahdat, A., & Kautz, J. (2022). PhysDiff: Physics-Guided Human Motion Diffusion Model. *arXiv preprint arXiv:2212.02500*.

Liu, S., Lever, G., Wang, Z., Merel, J., Eslami, S. M., Hennes, D., ... & Heess, N. (2021). From motor control to team play in simulated humanoid football. *arXiv preprint arXiv:2105.12196*.

Sébastien Harispe

Associate Professor [IMT Mines Alès](#) - France

EuroMov Digital Health in Motion, Univ. Montpellier, IMT Mines Alès

Phone : +33 (0)4 34 24 62 82

Deep learning for the generation and study of human movements

Level: Master 2 or equivalent.

Duration: 6 months, PhD possible.

Laboratory: Euromov Digital Health in Motion, location IMT Mines Alès (Alès, 30100).

Keywords: Deep learning, reinforcement learning, human motion generation, Python, PyTorch.

Domain related applications: Health (e.g. rehabilitation), Sport, Computer animations, Robotics.

Gratification: internship financed by a public organization (about 630 euros/month).

Description :

Research in biomechanics and motor control has proposed motor control models validated by neuromechanical simulations. These models are based on physiologically consistent hypotheses of motor control whose simulations are compared to real data on human movement. They simulate and partially explain basic motor behaviours in controlled contexts (e.g. walking, running). However, they struggle to explain motor control in dynamic and complex environments and are only partially informative for the definition of theoretical frameworks to guide rehabilitation.

Your internship will be part of the DRL2Move project, which aims to develop efficient models to simulate and analyse motor control in healthy and pathological subjects, for example in order to improve the use of assistive devices used during physical rehabilitation (e.g. post-stroke application). The approaches we are considering are based on AI techniques to obtain a model of the central nervous system, and to optimise the muscle control required to perform a specific task.

To this end, we are studying deep learning and deep reinforcement learning (DRL) modelling to obtain a motor control model: coupled with the physical motor and biomechanical modelling (3D musculoskeletal model) from which the model is simulated and trained, AI can then be used to learn a parametric model of motor control.

This work is in line with recent work studying deep learning and DRL for obtaining motor control models. We already have powerful physical motors (OpenSim) coupled with a neuromechanical simulation environment (OpenSim-RL). These environments are continuously improved and used by researchers in the field (e.g. NeurIPS: Learn to Move competition).

Aims :

- To define efficient Deep Learning or DRL models in dynamic and complex virtual environments by considering characteristics specific to healthy and pathological subjects via the consideration of movement data specific to these subjects. To this end, we are studying various techniques, particularly those based on imitation and curriculum learning. The AIHM platform in Alès will be used to acquire specific data on human movement (e.g. MOCAP).
- Study the trained models in the above-mentioned virtual environments with real human movement data (healthy and pathological subjects).

- [depending on progresses] Exploit the DRL-based motor control models to obtain rehabilitation process models for injured subjects in post-stroke settings. Although still little studied in the context of understanding rehabilitation mechanisms, encouraging work on DRL has been proposed, particularly in post-stroke contexts.

The subject can be adapted to the candidates' interests, e.g. focus on diffusion-based models, problems related to sport.

Skills: Deep learning, reinforcement learning (desirable), ability to develop models in PyTorch.

Team : Sébastien Harispe, Abdelhak Imoussaten, Jacky Montmain, Denis Mottet

Application: Send a CV and grades for the last two years to sebastien.harispe@mines-ales.fr, subject of email [DRL2Move] application for DRL 2023 internship. Auditions as applications are received.

Links and References:

Euromov DHM : <https://dhm.euromov.eu/>

location IMT Mines Alès : <https://www.imt-mines-ales.fr/>

AIHM (Alès Imaging and Human Metrology) : <https://imt-mines-ales.fr/en/node/12376>

Song, S., Kidziński, Ł., Peng, X.B. et al. Deep reinforcement learning for modeling human locomotion control in neuromechanical simulation. *J NeuroEngineering Rehabil* 18, 126 (2021).

Reinkensmeyer, D. J., Guigon, E., & Maier, M. A. (2012). A computational model of use-dependent motor recovery following a stroke: optimizing corticospinal activations via reinforcement learning can explain residual capacity and other strength recovery dynamics. *Neural networks*, 29, 60-69.

Tevet, G., Raab, S., Gordon, B., Shafir, Y., Cohen-Or, D., & Bermano, A. H. (2022). Human motion diffusion model. *arXiv preprint arXiv:2209.14916*.

Yuan, Y., Song, J., Iqbal, U., Vahdat, A., & Kautz, J. (2022). PhysDiff: Physics-Guided Human Motion Diffusion Model. *arXiv preprint arXiv:2212.02500*.

Liu, S., Lever, G., Wang, Z., Merel, J., Eslami, S. M., Hennes, D., ... & Heess, N. (2021). From motor control to team play in simulated humanoid football. *arXiv preprint arXiv:2105.12196*.

Sébastien Harispe

Associate Professor IMT Mines Alès - France

EuroMov Digital Health in Motion, Univ. Montpellier, IMT Mines Alès

Phone : +33 (0)4 34 24 62 82