

## **Modélisation computationnelle de l'apprentissage moteur**

**Encadrant :** Olivier Sigaud, ISIR, UPMC

### **Contexte :**

En 2012, une thèse menée à l'ISIR a permis de proposer un modèle computationnel des mouvements d'atteinte permettant d'expliquer le choix d'un temps de mouvement particulier sur la base d'un compromis coût-bénéfice (Rigoux&Guigon, 2012). Ce modèle échoue cependant à rendre compte du compromis vitesse-précision qui caractérise aussi ce type de mouvements (Fitts 1954) et dont un autre modèle rend compte (Dean 2007).

Des travaux préliminaires ont permis de proposer et valider un nouveau modèle qui explique simultanément les deux compromis. Ce modèle, qui n'est pas encore publié, repose sur des outils d'apprentissage artificiel (*machine learning*) qui sont au coeur de la compétence de l'encadrant (Marin et al. 2011,2012, Stulp&Sigaud 2012). Des travaux expérimentaux avec des sujets humains sont en cours pour confronter ce modèle à des données empiriques et le coeur du stage sera consacré à cette confrontation.

Par ailleurs, le recours à des outils d'apprentissage artificiel dans ce contexte ouvre de nouvelles perspectives pour la modélisation computationnelle de l'apprentissage moteur. Il devrait notamment être possible de modéliser des processus mis en évidence dans (Izawa et al. 2008) et (Diedrichsen et al. 2010). Ces perspectives pourraient faire l'objet d'une thèse.

Par ailleurs, le stage fait l'objet d'un financement dans le cadre du Labex SMART et la confrontation aux données empiriques est réalisée dans le cadre du projet européen CODYCO.

### **Objectifs :**

L'objet du stage est double. D'une part, il s'agit de consolider les résultats obtenus avec le modèle préliminaire afin d'atteindre le niveau de qualité qui permettra de soumettre à un journal à impact élevé de neurosciences expérimentales et/ou théoriques. D'autre part, il s'agit de confronter les résultats des simulations aux données expérimentales qui auront été obtenues par ailleurs.

En pratique, le stagiaire devra s'approprier les outils développés par ses prédécesseurs. Il s'appuiera notamment sur un simulateur de bras à deux degrés de liberté doté de 6 muscles et sur des bibliothèques d'apprentissage artificiel qui seront mis à sa disposition. Il devra ensuite reproduire et consolider les travaux réalisés précédemment pour obtenir des résultats expérimentaux statistiquement fiables, et travailler à la mise en correspondance des données simulées et des données empiriques.

En perspective, le stagiaire pourra commencer à explorer de nouvelles propriétés du modèle afin d'étendre le champ de sa capacité explicative à d'autres phénomènes d'apprentissage moteur, ce qui supposera de tester le modèle dans de nouveaux cadres expérimentaux simulés.

### **Profil recherché :**

Le stage sera l'occasion d'acquérir une solide compétence sur les méthodes d'apprentissage artificiel, l'optimisation stochastique, le traitement statistique des données et le contrôle moteur humain. Une connaissance élémentaire d'au moins l'un de ces domaines est requise. Par ailleurs, le

caractère expérimental du stage implique une bonne capacité de réalisation, avec en particulier un bon niveau en programmation en C++ et/ou en python. Un élève ingénieur effectuant un master de recherche et intéressé par une thèse dans ce domaine après son stage serait le candidat idéal.

### Références :

- Dean, M., Wu, S.-W., and Maloney, L. T. (2007). Trading-off speed and accuracy in rapid, goal-directed movements. *Journal of Vision*, 7(5):112.
- Diedrichsen, J., White, O., Newman, D., and Lally, N. (2010). Use-dependent and error-based learning of motor behaviors. *Journal of Neuroscience*, 30(15):5159-5166.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6):381-391.
- Izawa, J., Rane, T., Donchin, O., and Shadmehr, R. (2008). Motor adaptation as a process of reoptimization. *Journal of Neuroscience*, 28(11):2883-2891.
- Marin, D., Decock, J., Rigoux, L., and Sigaud, O. (2011). Learning cost-efficient control policies with XCSF: generalization capabilities and further improvement. In *Proceedings of the 13th annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, pages 1235-1242. ACM.
- Marin, D. and Sigaud, O. (2012). Towards fast and adaptive optimal control policies for robots: A direct policy search approach. In *Proceedings Robotica*, pages 21-26, Guimaraes, Portugal.
- Rigoux, L. and Guigon, E. (2012). A model of reward- and cost-based optimal decision making and motor control. *PLoS Computational Biology*.
- Stulp, F. and Sigaud, O. (2012). Path-integral policy improvement with covariance matrix adaptation. In *Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning (ICML'2012)*, Edinburgh, Scotland.
- Trommershäuser, J., Maloney, L. T., and Landy, M. S. (2003) Statistical decision theory and the selection of rapid, goal-directed movements. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision*, 20(7):1419-1433.
- Trommershäuser, J., Maloney, L. T., and Landy, M. S. (2003b). Statistical decision theory and trade-offs in the control of motor response. *Spatial vision*, 16(3-4):255-275