

Proposition de thème d'allocation doctorale – équipe ExSeCo

Titre : Optimalité et apprentissage : influence de la fiabilité des informations sensorielles sur l'apprentissage d'une tâche séquentielle

Directeurs : Yannick Blandin à 50% / co-directrice : Cécile Scotto à 50%.
Pas d'autre encadrement en thèse

Présentation de la thématique

Les apprentissages sensorimoteurs sont essentiels au développement et à la modification des mouvements que nous effectuons dans notre environnement. De récents travaux ont pu montrer que des règles probabilistes pouvaient permettre de prédire les caractéristiques de ces apprentissages sensorimoteurs (approche Bayésienne, Körding & Wolpert, 2004). Lors d'un apprentissage sensorimoteur, la sélection et l'intégration des informations sensorielles issues des différents systèmes est essentielle. Dans l'équipe ExSeCo nous avons pu montrer que la nature du feedback module le processus d'apprentissage sensorimoteur (Blandin, Toussaint, & Shea, 2008) et suggérer un rôle de la fiabilité de l'information dans la pondération de ces informations (Robin, Toussaint, Blandin, & Vinter, 2004).

L'approche Bayésienne permet de modéliser cette pondération (Ernst & Banks, 2002) et de prédire comment le mouvement est perçu (Moscatelli, Scotto, & Ernst, soumis ; Scotto, Moscatelli, Pfeiffer, & Ernst, en prép.) ou réalisé (e.g., Körding & Wolpert, 2004). Néanmoins, nous sommes rarement en train d'exécuter un mouvement discret de façon isolée. En effet, la majorité de nos interactions avec l'environnement sont constituées de séries de mouvements discrets (i.e., mouvements séquentiels). L'apprentissage de mouvements séquentiels se traduit par un regroupement progressif des mouvements en sous-éléments permettant à la séquence motrice d'être réalisée plus rapidement et de façon plus fluide (Boutin, Blandin, Massen, Heuer, & Badets, 2014). Ce regroupement (chunk) correspond au passage d'un mode de planification et de contrôle de type sériel-discret à un mode continu. Hikosaka et al. (1999; 2002) ont pu montrer que la séquence motrice est initialement représentée de façon visuo-spatiale (positions des effecteurs et/ou des stimuli) puis, sous l'effet de la pratique, de façon motrice (activations musculaires et articulaires via les informations haptiques).

Les travaux déjà réalisés (notamment par l'équipe ExSeCo) se sont largement intéressés aux conditions d'apprentissage (organisation de la pratique, observation, imagerie) de tâches sérielles-discrètes mais peu de travaux existent sur les conditions optimales d'apprentissage de tâche séquentielles-continues. L'objectif principal de la thèse sera donc d'investiguer ces conditions optimales d'apprentissage de tâches séquentielles grâce à l'approche Bayésienne. Nous faisons l'hypothèse que la fiabilité des feedbacks intrinsèques et extrinsèques module nos capacités d'apprentissage et notamment la réalisation des regroupements moteurs.

Dans ce projet, deux niveaux d'analyse seront envisagés. Premièrement, nous analyserons l'influence de la fiabilité de ces feedbacks sur le temps de production de la séquence motrice dans son ensemble. Deuxièmement, cette influence sera questionnée au cours de la séquence elle-même afin de spécifier ces modifications sur les différents chunks associés à la phase de planification (premier chunk) ou de contrôle. Le paradigme utilisé sera composé d'une tâche de production de séquence motrice alors que la fiabilité de l'information visuelle et/ou tactile sera manipulée sur la position de la main (curseur) et/ou de la cible. Pour cela nous utiliserons une interface visuelle couplée à un dispositif haptique développé par l'Institut des Sciences du Mouvement (ISM) de Marseille. Ce dispositif haptique permet de contrôler la friction et la texture d'une surface et donc de rendre l'information tactile plus ou moins fiable. Cette fiabilité tactile et visuelle pourra être manipulée au fil des répétitions de la séquence motrice. En effet, il a été montré que pour réduire la dépendance à un feedback et augmenter les capacités de rétention il était nécessaire de diminuer la fréquence de présentation de ce feedback (« fading » ; Kovacs & Shea, 2011). Nous faisons l'hypothèse d'un apprentissage optimal si ce « fading » est

établi sur une base individuelle, c'est-à-dire ici grâce au niveau de fiabilité des réponses de chaque sujet. Enfin, nous souhaiterions manipuler la quantité de pratique afin de questionner, cette fois ci, l'influence de la fiabilité des connaissances sensorimotrices que les sujets acquièrent au cours des répétitions. Cela permettra aussi de voir dans quelle mesure la quantité de pratique influence le type de codage réalisé (visuo spatial vs moteur).

Justification de la priorité de la thématique

La majorité de nos actions est constituée d'actions continues, composées de sous-actions plus ou moins indépendantes les unes des autres. Comprendre comment ces actions complexes sont apprises constitue un enjeu majeur au plan théorique et offre des pistes d'applications dans le domaine de l'éducation, la rééducation et la performance.

La nature des tâches à apprendre, leur niveau de complexité, les feedbacks sensoriels (e.g., visuels, proprioceptifs, auditifs) disponibles sont autant de variables qui influencent les représentations sensorimotrices (voir Sigrist, Rauter, Riener, & Wolf, 2013). Le recours à l'approche Bayésienne permettra de comprendre/modéliser l'évolution du rôle des différentes informations sensorielles dans l'élaboration et la consolidation des représentations sensorimotrices et viendra compléter les connaissances acquises grâce à nos travaux antérieurs reposant sur une approche expérimentale classique. Les résultats permettront de proposer des pistes pour l'élaboration de protocoles optimaux pour l'apprentissage et de répondre à un certain nombre d'interrogations : Faut-il rendre les feedbacks extrinsèques saillants et à quel stade d'apprentissage? Sur quelle base diminuer leur utilisation pour optimiser la rétention ? Quelle est le rôle des informations ajoutées? Ce travail sera réalisé en collaboration avec l'équipe de biorobotique de l'ISM qui étudie notamment le lien entre la mécanique (e.g., frottements, vibrations, forces) et la perception tactile pour créer des dispositions haptiques innovants (collaborateur : Michaël Wiertelowski).

Bibliographie

- Blandin, Y., Toussaint, L., & Shea, C. H. (2008). Specificity of practice: Interaction between concurrent sensory information and terminal feedback. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *34*(4), 994–1000. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.4.994>
- Boutin, A., Blandin, Y., Massen, C., Heuer, H., & Badets, A. (2014). Conscious awareness of action potentiates sensorimotor learning. *Cognition*, *133*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.05.012>
- Ernst, M. O., & Banks, M. S. (2002). Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion. *Nature*, *415*(6870), 429–433. <https://doi.org/10.1038/415429a>
- Hikosaka, O., Nakahara, H., Rand, M. K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K., ... Doya, K. (1999). Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends in Neurosciences*, *22*(10), 464–471. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(99\)01439-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(99)01439-3)
- Hikosaka, O., Nakamura, K., Sakai, K., & Nakahara, H. (2002). Central mechanisms of motor skill learning. *Current Opinion in Neurobiology*, *12*(2), 217–222. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(02\)00307-0](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(02)00307-0)
- Körding, K. P., & Wolpert, D. M. (2004). Bayesian integration in sensorimotor learning. *Nature*, *427*(6971), 244–247. <https://doi.org/10.1038/nature02169>
- Kovacs, A. J., & Shea, C. H. (2011). The learning of 90° continuous relative phase with and without Lissajous feedback: External and internally generated bimanual coordination. *Acta Psychologica*, *136*(3), 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.12.004>
- Robin, C., Toussaint, L., Blandin, Y., & Vinter, A. (2004). Sensory Integration in the Learning of Aiming toward “Self-Defined” Targets. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *75*(4), 381–387. <https://doi.org/10.1080/02701367.2004.10609171>
- Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., & Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, *20*(1), 21–53. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8>