
Sujet de thèse - campagne 2018

Laboratoire : ISIR

Etablissement de rattachement : Sorbonne Université

Titre de la thèse : ***Contrôle sensorimoteur dans un cockpit chirurgical***

Directeur de thèse : Agnès Roby-Brami

Mail de contact : roby-brami@isir.upmc.fr

Codirection éventuelle : Emmanuel Guigon (ISIR)

Collaborations dans le cadre de la thèse : Marie-Aude Vitrani (ISIR)

Rattachement à un programme : Cockpit chirurgical

Cotutelle envisagée : non

Si oui avec quelle université & quel laboratoire :

Le sujet peut-il être publié sur le site web de l'ED SMAER : oui

Résumé du sujet :

L'augmentation des performances gestuelles en chirurgie cœlioscopique repose sur une compréhension des interactions sensorimotrices dans le « cockpit chirurgical » (environnement technologique comprenant les outils chirurgicaux et différents dispositifs d'aide). Dans ce cadre, l'habileté du chirurgien repose sur la production de gestes précis sous guidage sensoriel (e.g. atteinte de cible, suivi de cible). L'objectif du projet est de décrire les caractéristiques des gestes de précision équivalents à ceux produits dans le cockpit et de construire un modèle computationnel qui rende compte de ces caractéristiques.

ED SMAER (ED391)

Tour 45-46 Bureau 205- case courrier 270- 4, place Jussieu - 75252 PARIS Cedex 05

☎ : 01 44 27 40 71

charlotte.vallin@sorbonne-universite.fr

Sujet développé

(à présenter en 2 ou 3 pages maximum, en précisant notamment le contexte, les objectifs, les résultats attendus)

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une démarche fédératrice et collaborative développée par l'équipe d'accueil autour du « cockpit chirurgical », c'est-à-dire un environnement technologique qui permet l'augmentation des performances gestuelles tout en diminuant la charge cognitive et physique du chirurgien au cours d'une laparoscopie (technique d'endoscopie sur la cavité abdominale). Dans ce cockpit, l'installation des différents dispositifs d'aide ainsi que les contraintes liées au positionnement des trocarts impactent considérablement les gestes du chirurgien : 1. La posture du chirurgien est inconfortable et conduit à de la fatigue posturale ; 2. L'espace visuel (écran) et l'espace de manipulation (instruments) sont disjoints rendant la coordination main-œil difficile ; 3. L'insertion des instruments à travers les trocarts induit un phénomène de « bras de levier » dans la transmission des mouvements et des efforts ; 4. La perception de la profondeur est dégradée. Tous ces facteurs compliquent la réalisation des gestes et la perception des efforts. De ce fait, la charge cognitive et physique est augmentée. Le résultat est que la chirurgie coelioscopique est sous utilisée dans la pratique clinique malgré ses indéniables avantages médicaux par rapport à la chirurgie ouverte.

L'objectif global du cockpit est d'optimiser l'ensemble des interfaces et des interactions humain-machine impliquées dans la production de gestes chirurgicaux. L'objectif plus spécifique de ce projet est de sortir le chirurgien de son cockpit et d'étudier et de modéliser les processus fondamentaux du contrôle sensorimoteur des gestes de précision produit par le chirurgien. Il s'inscrit dans le cadre général de la théorie de l'« opérateur humain », c'est-à-dire une description quantitative, fondée sur la théorie du contrôle, des comportements humains en situation d'interaction avec des interfaces sensorimotrices (revue dans Mulder et coll. 2018). Ce cadre formel est important car il offre une compréhension du contrôle moteur en terme de modélisation. Il n'est cependant pas suffisant pour rendre compte de la production de gestes de précision, en particulier du compromis vitesse/précision (connu et utilisé sous le nom de loi de Fitts dans le domaine des interfaces homme/machine ; Guiard et Olafsdottir 2011). La loi de Fitts indique que la durée d'un mouvement dépend du rapport entre amplitude et précision requise (taille de la cible). Les développements récents sur la modélisation du contrôle moteur, qui mettent l'accent sur les processus de prédiction et d'optimisation et permettent de résoudre les grands problèmes du contrôle moteur (coordination, flexibilité, structure de la variabilité), offrent de nouvelles perspectives pour comprendre le contrôle de la précision des mouvements (Todorov et Jordan 2002 ; Guigon 2010 ; Rigoux et Guigon 2012 ; Guigon et coll. 2018).

Ce projet s'organise autour de 3 axes :

1. Une démarche expérimentale dans laquelle un sujet humain produit des mouvements de précision (atteinte de cible, suivi de cible) à travers une interface de contrôle à propriétés variables (isométrique/déplacement, impédance, délai, gain, stabilité, retours sensoriels, ...). L'objectif est de quantifier la dynamique et la cinématique des actions en fonction de la précision requise et des propriétés de l'interface. Une attente spécifique est la mise en évidence d'un processus « universel » (dans le sens, commun à toutes les situations) de contrôle intermittent (Guigon et coll. 2018) avec une influence possible de la stabilité des interactions (Gollee et coll. 2017).
2. Une démarche théorique pour expliquer les données expérimentales par un modèle de contrôle (Guigon et coll. 2018). Les modèles courants expliquent la formation des mouvements amples et rapides, et la loi de Fitts associée (Harris et Wolpert 1998 ; Guigon et coll. 2008) sans rendre compte du changement de la forme des mouvements en fonction de la précision requise (apparition de multiples pics de vitesse pour les mouvements les plus lents). L'objectif est de proposer un nouveau modèle du contrôle des mouvements de précision.
3. Une mise en situation dans le cockpit pour proposer des améliorations dans les interfaces et les interactions.

Le calendrier prévisionnel est le suivant :

- année 1 : travail bibliographique sur le contrôle moteur et la modélisation, familiarisation avec l'environnement expérimental et les méthodes de traitement des données, construction du protocole expérimental ;
- année 2 : acquisition et traitement des données, construction d'un modèle ;
- année 3 : mise en situation dans le cockpit, interprétation des résultats, rédaction d'articles et de la thèse.

ED SMAER (ED391)

Tour 45-46 Bureau 205- case courrier 270- 4, place Jussieu - 75252 PARIS Cedex 05

☎ : 01 44 27 40 71

charlotte.vallin@sorbonne-universite.fr

Ce projet s'appuie sur une collaboration bien rodée entre chercheurs de compétences complémentaires (Proietti et coll. 2017 ; Guigon et coll. 2018) et une interaction bien maîtrisée entre expérience et modélisation (Cos et coll. 2015 ; Guigon et coll. 2018). Les retombées attendues concernent non seulement le cockpit chirurgical mais également une meilleure compréhension des processus du contrôle moteur et les possibilités de nouveaux projets d'équipe dans le développement d'aides technologiques à la réduction du handicap (prothèse, orthèse ; Jarrassé et coll. 2017 ; Proietti et coll. 2017).

Références

Cos I, Girard B, Guigon E (2015) Balancing out dwelling and moving: Optimal sensorimotor synchronization. *J Neurophysiol* 114(1):146-158 — Gollee H, Gawthrop PJ, Lakie M, Loram ID (2017) Visuo-manual tracking: Does intermittent control with aperiodic sampling explain linear power and non-linear remnant without sensorimotor noise? *J Physiol (Lond)* 595(21):6751-6770 — Guiard Y, Olafsdottir HB (2011) On the measurement of movement difficulty in the standard approach to Fitts' law. *PLoS One* 6(10):e24389 — Guigon E, Baraduc P, Desmurget M (2008) Computational motor control: Feedback and accuracy. *Eur J Neurosci* 27(4):1003-1016 — Guigon E (2010) Active control of bias for the control of posture and movement. *J Neurophysiol* 104(2):1090-1102 — Guigon E, Chafik O, Jarrassé N, Roby-Brami A (2018) Experimental and theoretical study of velocity fluctuations during slow movements in humans. Preprint — Harris CM, Wolpert DM (1998) Signal-dependent noise determines motor planning. *Nature* 394(6695):780-784 — Jarrassé N, Nicol C, Touillet A, Richer F, Martinet N, Paysant J, de Graaf JB (2017) Classification of phantom finger, hand, wrist, and elbow voluntary gestures in transhumeral amputees with sEMG. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 25(1):68-77 — Rigoux L, Guigon E (2012) A model of reward- and effort-based optimal decision making and motor control. *PLoS Comput Biol* 8(10):e1002716 — Mulder M, Pool DM, Abbink DA, Boer ER, Zaal PMT, Drop FM, van der El K, van Paassen MM (2018) Manual control cybernetics: State-of-the-art and current trends. *IEEE Trans Hum Mach Syst*, sous presse — Proietti T, Guigon E, Roby-Brami A, Jarrassé N (2017) Modifying upper-limb inter-joint coordination in healthy subjects by training with a robotic exoskeleton. *J Neuroeng Rehabil* 14(1):55 — Todorov E, Jordan MI (2002) Optimal feedback control as a theory of motor coordination. *Nat Neurosci* 5(11):1226-1235.