

Ecole doctorale SMAER
Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Sujet de thèse - campagne 2017

Laboratoire : ISIR

Etablissement de rattachement : UPMC

Titre de la thèse : La robotique pour l'aide à l'apprentissage du geste chirurgical

Directeur de thèse : Catherine Achard

Mail de contact : catherine.achard@upmc.fr, szewczyk@isir.upmc.fr

Codirection éventuelle : Jérôme Szewczyk

Collaborations dans le cadre de la thèse : projet « Cockpit chirurgical », labex CAMI

Rattachement à un programme : projet « Cockpit chirurgical », labex CAMI

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

Résumé du sujet :

La chirurgie laparoscopique impose la maîtrise d'une gestuelle difficile. En conséquence, les étudiants en chirurgie s'entraînent généralement sur des simulateurs physiques en pratiquant des tâches prédéfinies de manière à améliorer leurs compétences techniques (précision, rapidité, efficacité). A ce jour, ces compétences sont encore évaluées « manuellement » et requièrent la participation d'un chirurgien « expert » qui observe et quantifie différents éléments de l'intervention. Avec les récents progrès technologiques, un nouvel axe de recherche a émergé visant à mesurer automatiquement le niveau de compétences des chirurgiens. Dans cette thèse, nous proposons de changer de point de vue et de développer non pas de simples méthodes d'évaluation des compétences techniques mais des méthodes concrètes d'aide à l'apprentissage du geste chirurgical. Pour cela, nous comptons adresser successivement trois questions scientifiques non encore résolues à ce jour : la modélisation statistique de gestes d'expert, l'estimation automatiquement de la qualité et des défauts à corriger d'une réalisation de geste et le retour d'information (visuelle, haptique,...) à donner à l'utilisateur pour une amélioration en continue de ses performances.

ED SMAER (ED391)

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

☎: 01 44 27 40 71

ed391@listes.upmc.fr

Sujet développé

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

La chirurgie laparoscopique impose la maîtrise d'une gestuelle difficile dans les conditions d'un retour d'information limité : vision 2D indirecte, quasi absence de sensations haptiques. En conséquence, l'apprentissage de la laparoscopie est long et pénible. Cet état de fait impacte le renouvellement des générations de chirurgiens.

Les étudiants en chirurgie par laparoscopie s'entraînent généralement sur des simulateurs physiques en pratiquant des tâches prédéfinies de manière à améliorer leurs compétences techniques (précision, rapidité, efficacité). A ce jour, ces compétences sont encore évaluées « manuellement », en utilisant des échelles de notation standardisées telles que OSATS (Martin 1997). Ces annotations, très chronophages, requièrent la participation d'un chirurgien « expert » qui observe et quantifie différents éléments de l'intervention. Ainsi, par manque de temps ou de personnel, les étudiants en chirurgie ne bénéficient pas d'une évaluation régulière de leurs compétences techniques. De plus, lorsqu'elle a lieu, cette évaluation ne fournit que peu d'éléments à la fois objectifs et quantitatifs permettant au novice de progresser.



Simulateur pour l'entraînement à la laparoscopie (ISIR)

Les récents progrès technologiques permettent maintenant d'envisager des systèmes d'entraînement performants (Ahmidi 2017) et d'accéder à des données précises de mouvement capturées soit par des vidéos, soit par un robot comanipulé (Despinoy 2016). Ainsi, un nouvel axe de recherche émerge actuellement visant à mesurer automatiquement le niveau de compétences des chirurgiens effectuant des tâches de chirurgie par laparoscopie. Beaucoup d'approches mesurent ces compétences techniques avec des statistiques globales telles que le temps d'exécution de la tâche, la distance parcourue par l'outil, la fluidité du mouvement, ... Ces méthodes sont simples à implémenter mais n'informent pas sur l'instant et la nature cinématique des défauts d'exécution et donc ne fournissent que peu d'informations utiles au chirurgien débutant pour se corriger et progresser en continu.

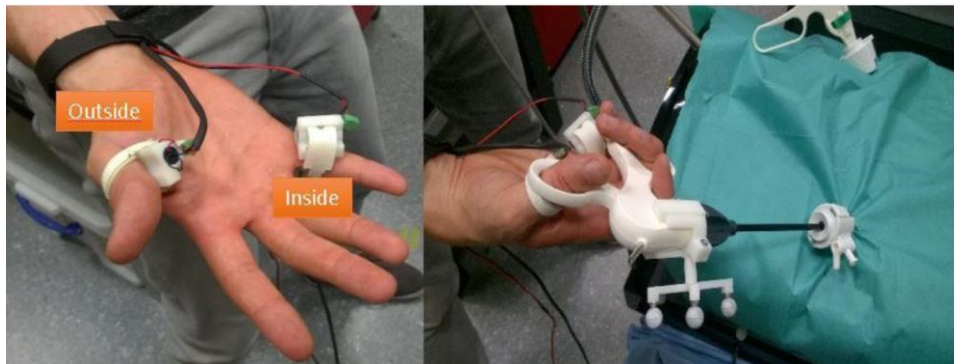
Ecole doctorale SMAER

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Ainsi, d'autres approches (Vedula 2016) (Gao 2016) (Twinanda 2017) ont proposé de travailler à un niveau plus fin en décomposant les tâches chirurgicales en successions de gestes et en évaluant la performance de chaque geste élémentaire. Même si ces approches permettent au novice de connaître les gestes mal évalués, elles n'amènent souvent qu'à une évaluation qualitative assez grossière de chaque geste en 3 niveaux de compétences (expert, intermédiaire, novice) et surtout, ne permettent pas de savoir en quoi le geste est mal réalisé ni comment le corriger.

Dans cette thèse, qui est en rupture par rapport à l'existant, nous proposons de changer de point de vue et de développer non pas de simples méthodes d'évaluation des compétences techniques mais des méthodes concrètes d'aide à l'apprentissage du geste chirurgical. Pour cela, nous comptons adresser successivement trois questions scientifiques non encore résolues à ce jour.

Notre premier objectif consiste à créer un modèle statistique des gestes d'expert (Morel 2016) à partir d'une base de données et des avancées récentes en apprentissage statistique (deep learning par exemple (Wu 2016)). Le second objectif, encore très peu exploré dans la littérature et uniquement dans le domaine sportif (Pirsiavash 2014) (Morel 2016) vise à estimer automatiquement, pour chaque réalisation du geste, sa qualité et ses défauts à corriger. Si beaucoup de méthodes existent pour modéliser un ensemble de réalisations de gestes (HMM, HCRF,...), celles-ci ne permettent pas forcément de réaliser de la reconnaissance en ligne et encore moins, d'estimer la qualité d'un nouveau geste. Le troisième objectif de ces travaux réside dans le retour d'information à donner à l'utilisateur pour une amélioration en continue. Différentes options peuvent être envisagées ici: retour visuel ou tactile (Howard 2014), réalité augmentée (Vera 2014), retour à travers un guidage robotique (Proietti 2017). Pour l'instant, la majorité d'entre-elles servent à l'assistance au geste cinématiquement complexe ou contraint mais n'ont pas été appliquées dans un contexte d'apprentissage ou alors pas dans le domaine de la chirurgie. Ainsi, ce sujet de thèse se situe à la frontière de plusieurs disciplines que sont l'apprentissage statistique, la robotique, la chirurgie et nécessitera une forte composante expérimentale.



Feedback tactile pour la correction du geste en laparoscopie (ISIR)

Cette thèse sera encadrée par deux chercheurs d'horizons différents et très complémentaires issus de deux équipes distinctes de l'ISIR. Il s'agit d'une part d'une chercheuse spécialiste du traitement de l'information et de l'analyse de geste et, d'autre part, d'un chercheur travaillant sur l'assistance robotique au geste chirurgical et notamment son apprentissage. Par ailleurs, la thèse bénéficiera de la présence à l'ISIR de chirurgiens spécialisés en laparoscopie ainsi que de neuroscientifiques notamment impliqués dans la modélisation du geste humain. De plus, les liens établis avec l'école de chirurgie de la Pitié-Salpêtrière donnent accès chaque année à des cohortes de jeunes internes en formation sur le thème de la laparoscopie.

ED SMAER (ED391)

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

☎: 01 44 27 40 71

ed391@listes.upmc.fr

Ecole doctorale SMAER

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Du point de vue thématique, cette thèse s'inscrit parfaitement dans le contexte du labex Computer Assisted Medical Intervention (CAMI). En particulier, la thèse présentée ici pourra s'appuyer sur les ressources techniques et humaines (ingénieur) du projet « Cockpit chirurgical » qui porte sur l'amélioration générale des conditions d'intervention et de l'apprentissage du geste chirurgical.

Références

- Ahmidi, N., Tao, L., Sefati, S., Gao, Y., Lea, C., Bejar, B., ... & Hager, G. D. «A Dataset and Benchmarks for Segmentation and Recognition of Gestures in Robotic Surgery.» *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2017.
- Despinoy, F., Bouget, D., Forestier, G., Penet, C., Zemiti, N., Poignet, P., & Jannin, P. «Unsupervised trajectory segmentation for surgical gesture recognition in robotic training.» *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* (Despinoy, F., Bouget, D., Forestier, G., Penet, C., Zemiti, N., Poignet, P., & Jannin, P. (2016). Unsupervised trajectory segmentation for surgical gesture recognition in robotic training. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 63(6), 1280-1291.), 2016: 63(6), 1280-1291.
- Gao, Y., Vedula, S. S., Lee, G. I., Lee, M. R., Khudanpur, S., & Hager, G. D. «Unsupervised surgical data alignment with application to automatic activity annotation.» *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2016. 4158-4163.
- Howard, T., & Szewczyk, J. «Visuo-haptic feedback for 1-d guidance in laparoscopic surgery.» *5th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics*. 58-65, 2014.
- Martin, J., Regehr, G., Reznick, R., MacRae, H., Murnaghan, J., Hutchison, C. «Objective structured assessment of technical skill (osats) for surgical residents.» *British Journal of Surgery*, 1997: 84 (2) (1997) 273-278.
- Morel, M., Kulpa, R., Sorel, A., Achard, C., & Dubuisson, S. «Automatic and Generic Evaluation of Spatial and Temporal Errors in Sport Motions.» *In 11th International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 2016)*. 2016.
- Pirsiavash, H., Vondrick, C., & Torralba, A. «Assessing the quality of actions.» *European Conference on Computer Vision*. 2014. 556-571.
- Proietti, T. and Morel, G. and Roby-Brami, A. and Jarrasse, N. «Comparison of different error signals driving the adaptation in assist-as-needed controllers for neurorehabilitation with an upper-limb robotic exoskeleton.» *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, . 2017.
- Twinanda, A. P., Shehata, S., Mutter, D., Marescaux, J., de Mathelin, M., & Padoy, N. «Endonet: A deep architecture for recognition tasks on laparoscopic videos.» *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2017: 36(1), 86-97.
- Vedula, S. S., Malpani, A., Ahmidi, N., Khudanpur, S., Hager, G., & Chen, C. C. G. «Task-level vs. segment-level quantitative metrics for surgical skill assessment.» *Journal of surgical education*, 2016: 73(3), 482-489.
- Vera, A., Russo, M., Mohsin, A., Tsuda, S., Augmented reality telementoring (ART) platform: a randomized controlled trial to assess the efficacy of a new surgical education technology, *Surg Endosc* (2014) 28:3467-3472.
- Wu, D., Pigou, L., Kindermans, P. J., Le, N. D. H., Shao, L., Dambre, J., & Odobez, J. M. «Deep dynamic neural networks for multimodal gesture segmentation and recognition.» *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 2016: 38(8), 1583.