

**Sujet de thèse - campagne 2020**

Laboratoire : ISIR (Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique)

Etablissement de rattachement : Sorbonne université

Titre de la thèse : Dispositif pour la perception de raideur en bout d'instrument en chirurgie laparoscopique.

Directeur de thèse : Marie-Aude Vitrani

Mail de contact : [marie-aude.vitrani@sorbonne-universite.fr](mailto:marie-aude.vitrani@sorbonne-universite.fr)

Codirection éventuelle :

Collaborations dans le cadre de la thèse :

Fabien Vérité, Maître de conférences, ISIR, [verite@isir.upmc.fr](mailto:verite@isir.upmc.fr)

Bernard Bayle, Professeur, ICube, [bernard.bayle@unistra.fr](mailto:bernard.bayle@unistra.fr)

Rattachement à un programme : Demi-financement Labex CAMI obtenu.

Cotutelle envisagée : Bernard Bayle, Professeur, ICube, [bernard.bayle@unistra.fr](mailto:bernard.bayle@unistra.fr)

Si oui avec quelle université & quel laboratoire : Laboratoire ICube de l'université de Strasbourg

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

***Résumé du sujet :***

La chirurgie minimalement invasive est connue pour ses avantages pour le patient. Ces avantages découlent principalement des incisions plus petites qu'elle nécessite comparées à celle d'une chirurgie dite ouverte. Ces incisions permettent l'insertion d'un endoscope et des instruments dans le corps du patient à travers des trocars. Malgré ses avantages certains, la chirurgie minimalement invasive entraîne plusieurs difficultés pour le chirurgien. Notamment la perception des efforts des tissus sur la pointe de l'outil qui est faussée par le fait qu'elle se fasse au travers d'un outil long en passage par un trocar. Le trocar plus ou moins rigide ajoute du frottement et du jeu faussant un peu plus les informations sensorielles qui auraient pu être intégrées.

Nous nous intéresserons dans ce projet plus particulièrement aux systèmes de suppléance sensorielle permettant de fournir l'information mesurée au chirurgien, et à leur intégration dans la pratique de l'utilisateur. L'objectif de cette thèse est de proposer et d'étudier un système de retour sensoriel portable sous forme de bracelet placé sur le bras du chirurgien qui permettrait de renseigner le porteur sur l'effort mesuré en bout d'un outil laparoscopique ou tout autre information aidant à l'accomplissement du geste en venant appliquer des efforts tangentiels sur la peau. Dans un second temps, l'objectif est de poursuivre des travaux commencés sur la perception de raideur en bout d'instrument assistée par un bras robotique manipulateur en plaçant ce retour en complément d'un retour kinesthésique pour affiner la perception de l'efforts en bout d'instruments lors d'une tâche de palpation. Ces systèmes devront permettre d'augmenter les performances d'une tâche de palpation tout en compensant l'effet de levier amené par le passage de l'outil par le trocar.

## Ecole doctorale SMAER

### Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

---

#### Sujet développé

Dispositif pour la perception de raideur en bout d'instrument en chirurgie laparoscopique

#### 1) Contexte et objectifs

La chirurgie minimalement invasive est connue pour ses avantages pour le patient. Ces avantages découlent principalement des incisions plus petites qu'elle nécessite comparées à celle d'une chirurgie dite ouverte [Velanovich2000]. Ces incisions permettent l'insertion d'un endoscope et des instruments dans le corps du patient à travers des trocars. Malgré ses avantages certains, la chirurgie minimalement invasive entraîne plusieurs difficultés pour le chirurgien. La perception des efforts des tissus sur la pointe de l'outil se fait au travers d'un outil en passage par le trocar plus ou moins rigide, qui ajoute du frottement et du jeu faussant un peu plus les informations sensorielles qui auraient pu être intégrées [Picod2004, Zhou2008]. La tendance s'alourdit avec la généralisation de l'accès mini-invasif à pratiquement l'ensemble des spécialités (cathétérisme pour le vasculaire, endoscopie souple pour la gastroentérologie, fibroscopie en urologie etc...).

##### a. Problématique

Nous nous intéresserons dans ce projet plus particulièrement aux systèmes de suppléance sensorielle permettant de fournir l'information mesurée au chirurgien, et à leur intégration dans la pratique de l'utilisateur. Ces dispositifs doivent être intégrables à un bloc opératoire et doivent donc répondre à des problématiques de stérilisation et de sécurité. Ils ne doivent pas perturber le déroulement classique de l'opération et leur utilisation doit être la plus intuitive possible pour ne pas augmenter la charge cognitive du chirurgien [Schostek2008]. Les systèmes de suppléance sensorielle peuvent être classés en fonction du sens qu'ils utilisent pour le retour d'informations. Dans le cas du guidage de geste ou de retour d'effort dans la chirurgie minimalement invasive, il est ainsi possible d'utiliser des retours visuels [Dargahi2003], kinesthésiques [Wagner2007], tactiles [Westbring2010] ou audio [Yao2004] et/ou de les combiner [Howard2016]. Dans ces solutions, les systèmes de retour tactiles présentent l'avantage de pouvoir être placés directement sur l'outil ou le chirurgien et de ne pas interférer avec le reste du bloc opératoire contrairement aux retours visuels et audio qui s'ajoutent à un environnement de travail déjà chargé.

##### b. Objectifs de la thèse

En termes de dispositif de retour tactile pour renseigner le chirurgien sur l'effort en bout d'outil, des dispositifs de déformation de la peau peuvent présenter un intérêt important. En effet, la charge cognitive sera plus faible pour le chirurgien dans la mesure où le canal de perception reste celui de la perception d'un effort [Schorr2013]. Des dispositifs complexes permettant de bouger localement un effecteur placé contre la peau en 3 dimensions [Lim2015] [Kamikawa2018a] [Kamikawa2018b] voire 6 dimensions [Quek2015a] [Quek2015b] ont montré leur efficacité en termes de suppléance sensorielle pour le guidage/retour de force dans le cadre de la chirurgie téléopérée où le retour kinesthésique est pour le moment proscrit par mesure de sécurité/instabilité. Il a par ailleurs été montré qu'un stimulateur déformant latéralement la peau pouvait aider au guidage de la main dans le plan [Guinan2013] [Norman2014]. A notre connaissance, aucun retour avec des efforts tangentiels n'a encore été testé dans le cadre d'une manipulation directe.

L'objectif de cette thèse est de proposer et d'étudier un système de retour sensoriel portable sous forme de bracelet [Stanley2012, Caswell2012] placé sur le bras du chirurgien qui permettrait de

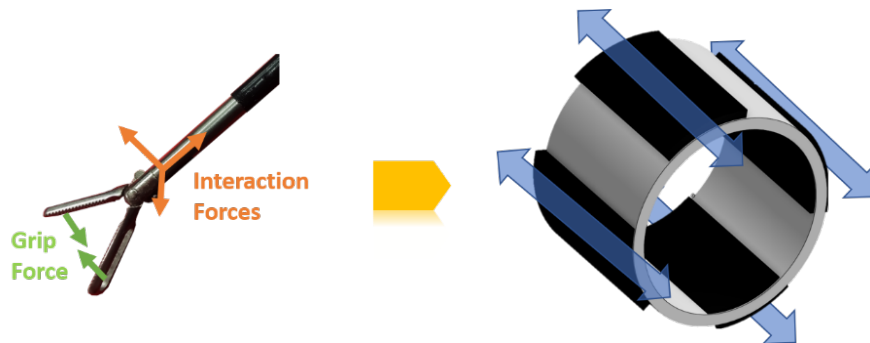
renseigner le porteur sur l'effort mesuré en bout d'un outil laparoscopique ou tout autre information aidant à l'accomplissement du geste en venant appliquer des efforts tangentiels sur la peau (voir figure 1). L'objectif est de poursuivre des travaux commencés sur la perception de raideur en bout d'instrument assistée par un bras robotique comanipulateur [Schmitt2019].

## 2) Sujet détaillé

Les objectifs seront dans un premier temps d'étudier la localisation/orientation optimale des stimuli sur le bras et si l'orientation optimale dépend de la direction des efforts ou de la position/orientation du bras. On tentera d'évaluer la charge cognitive de ce type de retour en le comparant à un retour visuel. L'objectif sera, dans la mesure du possible, d'identifier les avantages de ce type de retour comparé à un retour visuel ou un retour kinesthésique.

Nous verrons dans un second temps comment le stimulus peut être affiné/spécialisé à une tâche comme le maintien d'un effort ou la palpation. Ainsi, en fonction du geste pratiqué, on pourra imaginer des différences de stimuli en termes d'amplitude/vitesses/spatialisation.

Enfin, et après cette preuve de concept ; nous étudierons comment ce feedback peut être spécialisé à une application chirurgicale en particulier. On étudiera l'adaptation de ce retour à la chirurgie minimalement invasive où le retour viendra cette fois se placer en complément d'un retour kinesthésique pour affiner la perception de l'efforts en bout d'instruments lors d'une tâche de palpation. Il sera particulièrement intéressant d'étudier l'intégration de ce type de retour pour compléter/augmenter les retours et les services fournis par des bras à retour d'effort comme ceux du projet « Surgical Cockpit » du LABEX CAMI porté par Marie-Aude Vitrani.



*Fig1 : Concept de retour tactile par efforts tangentiels appliqués sur le bras. 4 actionneurs peuvent déformer localement la peau, la combinaison de ces 4 stimuli appliqués indépendamment et dans des sens différents permettra la création de retours riches.*

1	Appropriation du contexte médical, de l'augmentation sensorielle et des dispositifs tactiles	6 mois
2	Étudier les vitesses / amplitudes de déformation envisageables. Etude comparative de la charge cognitive de ce type de retour par rapport à une absence de feedback ou un feedback visuel	6 mois
3	Création de retours complexes (couples, efforts multiaxiaux ...) pour la chirurgie laparoscopique pour la perception de raideur en bout d'instrument en complément d'un retour kinesthésique	18 mois
4	Publication et rédaction du mémoire (6 mois)	6 mois

### 3) Collaborations

- ISIR, Equipe Agathe : encadrement principal de la thèse, apport de compétences en étude du bouclage sensorimoteur, physiologie, haptique.
- ICube, équipe Automatique, Vision et Robotique : Apport de compétence en mécanique et robotique.

### Références bibliographiques

- [Velanovich2000] Velanovich V. Laparoscopic vs open surgery: a preliminary comparison of quality-of-life outcomes. *Surg Endosc* 2000;14:16–21.
- [Picod2005] Picod, G., Jambon, A. C., Vinatier, D., & Dubois, P. (2005). What can the operator actually feel when performing a laparoscopy? *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, 19(1), 95–100.
- [Zhou2008] Zhou, M., Perreault, J., Schweitzberg, S. D., & Cao, C. G. L. (2008). Effects of experience on force perception threshold in minimally invasive surgery. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, 22(2), 510–515.
- [Schostek2009] Schostek, S., Schurr, M. O., & Buess, G. F. (2009). Review on aspects of artificial tactile feedback in laparoscopic surgery. *Medical Engineering and Physics*, 31(8), 887–898.
- [Dargahi2003] Dargahi, J., & Najarian, S. (2003). An endoscopic force-position sensor grasper with minimum sensors. *Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, 28(3–4), 155–161.
- [Wagner2007] Wagner, C. R., Stylopoulos, N., Jackson, P. G., & Howe, R. D. (2007). The Benefit of Force Feedback in Surgery: Examination of Blunt Dissection. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 16(3), 252–262.
- [Westebring2010] Westebring-Van Der Putten, E., Hajian, M., Goossens, R., Van Den Dobbelen, J., & Jakimowicz, J. (2010). A laparoscopic grasper handle with integrated augmented tactile feedback, designed for training grasp control. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*.
- [Yao2004] Yao, H.-Y., Hayward, V., & Ellis, R. E. (2004). A tactile magnification instrument for minimally invasive surgery. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention--MICCAI 2004*, 10(July), 89–96.
- [Howard2016] Howard, T., & Szewczyk, J. (2016). Improving Precision in Navigating Laparoscopic Surgery Instruments toward a Planar Target Using Haptic and Visual Feedback. *Frontiers in Robotics and AI*, 3(June).
- [Schorr2013]. Schorr, S. B., Quek, Z. F., Romano, R. Y., Nisky, I., Provancher, W. R., & Okamura, A. M. (2013). Sensory substitution via cutaneous skin stretch feedback. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, (January), 2341–2346.
- [Lim2015] Lim, S.-C., Lee, H.-K., & Park, J. (2015). Role of combined tactile and kinesthetic feedback in minimally invasive surgery. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 11(3), 360–374.
- [Kamikawa2018a] Kamikawa, Y., & Okamura, A. M. (2018a). Comparison Between Force-Controlled Skin Deformation Feedback and Hand-Grounded Kinesthetic Force Feedback for Sensory Substitution. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(3), 2174–2181.
- [Kamikawa2018b] Kamikawa, Y., Enayati, N., & Okamura, A. M. (2018b). Magnified Force Sensory Substitution for Telemanipulation via Force-Controlled Skin Deformation, 4142–4148.
- [Quek2015a] Quek, Z. F., Schorr, S. B., Nisky, I., Provancher, W. R., & Okamura, A. M. (2015a). Sensory substitution of force and torque using 6-DoF tangential and normal skin deformation feedback. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2015–June(June), 264–271.
- [Quek2015b] Quek, Z. F., Schorr, S. B., Nisky, I., Provancher, W. R., & Okamura, A. M. (2015b). Sensory Substitution and Augmentation of Forces and Torques Using Tactile Skin Deformation Feedback. *Transactions on Haptics*, 8(2), 209–221.
- [Guinan2013] Guinan, a. L., Hornbaker, N. C., Montandon, M. N., Doxon, a. J., & Provancher, W. R. (2013). Back-to-back skin stretch feedback for communicating five degree-of-freedom direction cues. *2013 World Haptics Conference (WHC)*, 13–18.
- [Norman2014]. Norman, S., Doxon, A., Gleeson, B., & Provancher, W. (2014). Planar Hand Motion Guidance Using Fingertip Skin-Stretch Feedback. *IEEE Transactions on Haptics*, 1–1.
- [Stanley 2012] Stanley, A. A., & Kuchenbecker, K. J. (2012). Evaluation of tactile feedback methods for wrist rotation guidance. *IEEE Transactions on Haptics*, 5(3), 240–251.
- [Caswell2012] Caswell, N. a., Yardley, R. T., Montandon, M. N., & Provancher, W. R. (2012). Design of a forearm-mounted directional skin stretch device. *2012 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, 365–370.
- [Schmitt2019] Using comanipulation with active force feedback to undistort stiffness perception in laparoscopy. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2019-May, 3902–3908.