



**Sujet de thèse : « Optimisation de trajectoires multi-outils par apprentissage profond pour la chirurgie percutanée et la SEEG »**

Lieu : ICUBE/IMAGeS, Université de Strasbourg (<https://icube.unistra.fr>)

Directeur(s) de Thèse : Caroline Essert (<http://dpt-info.u-strasbg.fr/~essert>)

Date de début : 01/09/2020

Durée : 3 ans

Rémunération : Montant égal à l'allocation ministérielle (approx. 1680€ bruts par mois).  
Possibilité de mission d'enseignement en complément (env. 400 €/mois)

Descriptif du sujet :

Dans ce sujet de thèse, nous proposons d'étudier de nouvelles méthodes pour l'assistance automatisée à la planification préopératoire de chirurgie percutanée, permettant un placement optimal de nombreuses aiguilles ou électrodes. Pour cela, nous envisageons de développer des méthodes basées sur des algorithmes par apprentissage profond. L'objectif est de proposer une stratégie optimale d'intervention, spécifique au patient et au type d'opération concerné, grâce à un calcul automatique qui se basera à la fois sur l'expertise du domaine, sur des données préopératoires, sur des données rétrospectives servant à l'entraînement, et sur une simulation et une prédiction précise des effets attendus du traitement.

En chirurgie, la planification de l'intervention est une étape décisive. Les chances de réussite d'une opération chirurgicale dépendent fortement d'une bonne préparation et du choix de la stratégie la plus appropriée. De nos jours, le praticien se repose principalement sur l'image pour établir cette stratégie. Quelques jours avant l'intervention, des images scanner (CT) ou IRM du patient sont acquises, et le praticien élabore son plan d'intervention à partir de ces ensembles de coupes 2D pré-opératoires. C'est un travail difficile car le praticien doit se représenter mentalement un modèle tridimensionnel de l'anatomie du patient, et de la position des structures ciblées. Dans le cas d'une intervention consistant à insérer une aiguille ou une électrode pour traiter ou analyser une pathologie, il doit évaluer une trajectoire tridimensionnelle sûre qui maximisera l'efficacité. Lorsqu'il doit planifier les trajectoires de nombreuses aiguilles ou électrodes en simultané, la tâche se complique encore en raison des interactions entre outils.

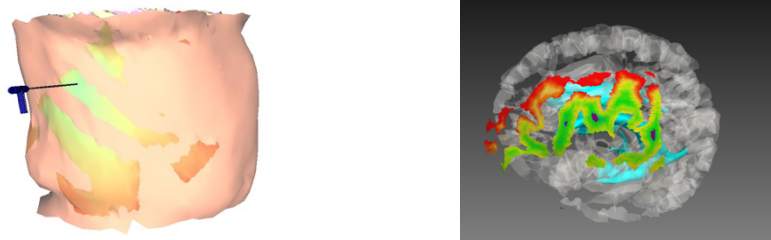
Le travail de thèse s'appuiera sur des résultats précédents de l'équipe IMAGeS de ICUBE, au sein de laquelle sont développées depuis plusieurs années des méthodes pour l'optimisation de trajectoires. Il se fera en collaboration avec plusieurs partenaires académiques et hospitaliers. Dans cette thèse, des techniques par apprentissage profond basé sur nombreux cas rétrospectifs seront considérées. L'apprentissage profond interviendra à plusieurs niveaux. Premièrement, il sera utilisé afin de faciliter l'annotation des cas rétrospectifs, en permettant une segmentation automatique des positions des aiguilles ou des électrodes et leurs contacts métalliques. Deuxièmement, les cas annotés seront utilisés pour l'entraînement de réseaux afin de proposer des solutions pour les cas nouveaux. La difficulté sera d'utiliser ces méthodes non pas pour classifier une solution potentielle comme valide ou pas, mais en prospectif pour la proposition des solutions. Par ailleurs, on étudiera également des méthodes traditionnelles d'optimisation multi-objectifs, notamment basées sur les fronts de Pareto et des algorithmes évolutionnaires, capables de supporter un grand nombre de variables à optimiser, et de le faire en temps compatible avec la routine clinique. Les deux types d'approches seront comparées en termes d'efficacité et de précision.

Une autre difficulté dans ce type de planning est qu'il existe souvent non pas une seule solution optimale mais plusieurs solutions de qualité comparable. Un défi est alors de savoir

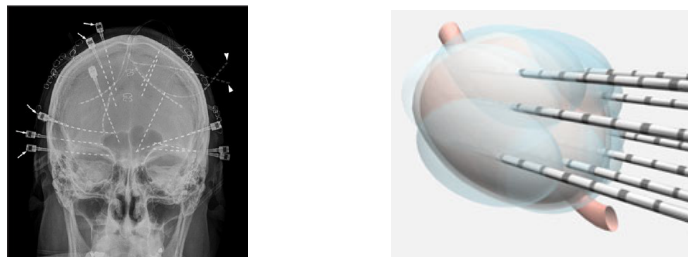
comment visualiser facilement les solutions possibles et permettre une exploration interactive intuitive des solutions pour faciliter la prise de décision. Une tâche de ce travail de recherche sera donc également d'étudier des techniques d'interactions innovantes pour le parcours de solutions potentielles.

Au niveau applicatif, les recherches seront concentrées principalement sur deux types d'interventions chirurgicales : la cryoablation de tumeurs par voie percutanée (tumeurs rénales et tumeurs desmoïdes), et le placement d'électrodes d'enregistrement de SEEG en neurochirurgie pour le traitement de l'épilepsie. Nous garderons cependant à l'esprit dans ce travail l'idée de généricité par la formalisation qui a jusqu'ici guidé les travaux de l'équipe en planification chirurgicale.

Ce travail conceptuel nécessitera une immersion du candidat dans le milieu chirurgical, dans les domaines de l'apprentissage profond, des algorithmes évolutionnaires, de la modélisation géométrique par contraintes et la formalisation, de l'optimisation multi-critères, de la simulation, de l'interaction, ce qui en fait un sujet pluridisciplinaire.



*Travaux antérieurs sur la planification de trajectoires d'outils chirurgicaux*



*SEEG (à gauche) et cryoablation (à droite)*

Les différentes méthodes proposées dans le travail de recherche seront implémentées dans le logiciel de planning et seront comparées. Une attention particulière sera donnée à la présentation des solutions de façon intuitive et ergonomique. Une validation clinique « a posteriori » sera effectuée en collaboration avec les praticiens du CHU de Strasbourg pour la partie cryoablation, et des CHU de Rennes, Strasbourg, et de la Pitié Salpêtrière à Paris pour la partie neurochirurgie, et en collaboration avec des équipes de recherche du LTSI à Rennes de l'ICM à Paris, et du SPL à Boston.

Profil : Master recherche en informatique. Un très bon niveau en programmation en C++ est requis. De bonnes aptitudes en communication et un bon niveau d'anglais sont souhaités. Une expertise en informatique graphique et en méthodes d'apprentissage profond est souhaitée. Une expertise en méthodes numériques serait un plus.

Pour postuler : Envoyez un CV, lettre de motivation, le rapport de stage de master, relevés de notes de master **avec le classement** (rang), et les noms et coordonnées d'au moins 2 personnes pouvant vous recommander à Caroline ESSERT : [essert@unistra.fr](mailto:essert@unistra.fr)

**NB : les candidatures incomplètes sans informations de classement de promo ne seront pas prises en compte.**