

Segmentation et recalage de nuages de points 3D pour la chirurgie orthopédique

Structure d'accueil : L'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) est une unité de recherche mixte dont les tutelles principales sont Sorbonne Université, le CNRS et l'Inserm. L'ISIR est situé dans les locaux de Sorbonne Université (campus Pierre et Marie Curie, Paris 5ème) en plein centre de Paris offrant un cadre de travail exceptionnel. Les chercheuses et chercheurs de l'ISIR s'intéressent aux systèmes intelligents (conception, modélisation et commande) couvrant un large spectre d'applications allant de l'industrie à la santé. Ils explorent l'autonomie de ces systèmes et leur capacité à interagir efficacement avec l'environnement ou les êtres humains. Les disciplines de recherche sous-jacentes sont nombreuses incluant la mécanique, la mécatronique, les théories du contrôle, la perception (vision, haptique, etc.), ainsi que les différentes facettes de l'apprentissage machine.

L'ISIR est organisé en 5 équipes de recherche dont l'équipe RPI-Bio (Robotique, perception et interaction pour le biomédical) que rejoindra la ou le candidat sélectionné

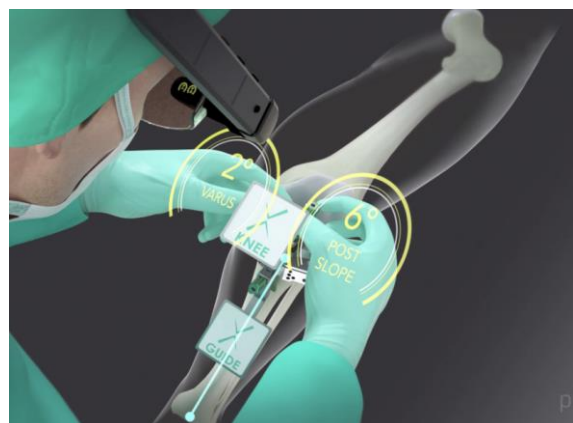
Supervision : Catherine ACHARD, Professeure Sorbonne Université, catherine.achard@sorbonne-universite.fr et Brahim TAMADAZTE, Directeur de Recherche du CNRS, brahim.tamadazte@cnrs.fr

Financement : Allocation de Recherche de l'école doctorale SMAER de Sorbonne Université. Le financement est attribué en fonction du profil et du parcours du candidat qui sera amené à présenter son dossier de candidature devant un jury de sélection.

Contexte :

Cette proposition de thèse s'inscrit dans l'un des axes de recherche de l'équipe RPI-Bio de l'ISIR qui a pour objectif de répondre à l'impératif du geste extrême et maîtrisé sur le vivant (caractérisation, diagnostic, chirurgie, etc.). L'équipe tire parti d'un rapprochement fondamental entre robotique médicale, microrobotique, perception et IA pour développer des approches globales et multidisciplinaires.

Parmi les travaux menés dans l'équipe, une plateforme de réalité augmentée pour la chirurgie du genou (projet ANR MARSurg) est en cours de réalisation. Elle s'appuie sur les apports de la vision par ordinateur et de l'apprentissage machine pour s'affranchir des limites des procédures chirurgicales actuelles. En orthopédie, le positionnement 3D de la prothèse du genou, des structures anatomiques, des outils... doit être estimé avec la plus grande précision pour garantir une valeur ajoutée clinique à cette nouvelle plateforme. La pratique actuelle est dominée par l'utilisation d'instruments métalliques, dits ancillaires, spécifiques à l'implant. Elle est donc invasive et sa précision peut être améliorée.

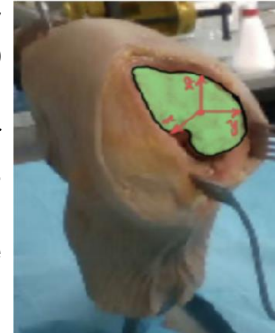


De plus en plus souvent, la procédure chirurgicale est planifiée dans les détails en amont, grâce à l'utilisation d'imagerie préopératoire, puis transposée durant l'intervention sur le patient, ce qui demande un recalage précis entre la modélisation préopératoire et le genou du patient. Ces approches ont permis d'améliorer la procédure du placement des prothèses en orthopédie, mais présentent encore plusieurs problèmes, notamment celui de la précision du recalage, du temps de préparation préopératoire et de réalisation per-opératoire.

Objectifs scientifiques de la thèse :

Dans le cas de la localisation précise du genou, l'objectif est d'identifier les pixels de chaque partie du genou afin de venir recaler un modèle 3D de celui-ci. La ou le doctorant recruté aura donc pour mission de développer des méthodes reposant sur l'apprentissage profond pour localiser et estimer la pose des structures anatomiques et des instruments de chirurgie.

Dans un premier temps, une segmentation sémantique permettra de localiser les objets d'intérêt dans l'image. L'utilisation conjointe d'informations de texture (RGB) et de profondeur, via l'emploi de



caméras RGB-D, devra permettre d'améliorer la précision et la robustesse de la segmentation. Les algorithmes développés devront répondre à deux défis majeurs : d'une part, l'utilisation conjointe d'informations spatiales haute résolution et contextuelles pour obtenir des solutions sémantiquement cohérentes, et d'autre part, la fusion des images RGB et de profondeur, qui ont des contenus très différents. Les nuages de points associés aux différentes régions issues de la segmentation seront recalés avec ceux d'un modèle 3D préopératoire (e.g., CT scan ou IRM), voire d'un modèle générique (e.g., CAO) grâce à un vecteur de caractéristiques associé à chaque point et appris pour répondre au mieux à l'estimation de la transformation rigide entre les deux nuages. Ainsi, si la segmentation et le recalage précis d'images RGB-D sont des défis à part entière, un troisième défi réside dans la fusion de ces deux tâches : dans quelle mesure le modèle 3D et son recalage ne pourrait pas aider la segmentation et vice versa ? Une solution globale, fusionnant ces aspects dans un seul apprentissage pourrait alors être envisagée.

Profil et compétences :

Diplôme de Master en informatique ou en mathématiques appliquées, diplôme d'ingénieurs. Compétences et expérience en machine learning. Bonnes compétences techniques en programmation et familier des bibliothèques d'apprentissage machine.

Mots-clés :

Apprentissage profond, vision par ordinateur, mathématiques appliquées. Des connaissances en robotique seraient un plus.

Modalités de candidature et date limite :

Envoyer votre dossier de candidature (CV, lettre de motivation, relevés de notes de M1 et M2 ou équivalent), **en un seul fichier PDF**, aux adresses mails susmentionnées avant le 25 septembre 2024.