



Sujet de la thèse : Assistance robotique pour la ponction lombaire

Établissement d'inscription : INSA LYON

École doctorale : ED 160 EEA de Lyon

Unité de recherche : Laboratoire Ampère, UMR CNRS 5500

Financement : Contrat doctoral établissement

Directeur de thèse : M. Arnaud Lelevé

Domaine et contexte scientifiques :

La ponction lombaire (PL) est un acte médical invasif fréquent, préconisé aussi bien pour le diagnostic (infection du système nerveux central par ex.) que pour la thérapie (ponction lombaire évacuatrice suite à des chirurgies du rachis par ex.). Elle touche ainsi de très nombreuses spécialités et tout médecin en a un jour réalisé une. Pour cela, le médecin doit insérer une aiguille entre les vertèbres du patient éveillé et non-anesthésié dans les espaces interépineux, sous imagerie médicale en cas de difficultés.

Cependant, ces espaces étant en pratique difficiles à déterminer et à atteindre, un manque d'expertise et de précision dans le geste peut mener à de nombreux effets indésirables (simples douleurs lombaires), exceptionnellement graves (la formation d'hématomes périmédullaires nécessitant une prise en charge urgente), et d'échecs dont la majorité serait évitable. Ces effets indésirables apparaissent dans 10 à 50 % des cas selon les études [1-4].

Cet acte est appris dès l'externat (4 ou 5e année de médecine) et seul des essais sur mannequins ou cadavres permettent aux élèves d'apprendre, sans aucun retour sur le geste car la circulation du liquide rachidien n'existe pas pour les cadavres et aucun symptôme ne peut apparaître. Cet acte chirurgical courant est donc appris directement sur patient en conditions stressantes.

Mots-clefs : Robotique médicale, comanipulation, ponction lombaire, asservissement visuel, conception mécanique

Objectifs de la thèse :

Ce projet a pour objectif de développer une plateforme d'assistance à la ponction lombaire intercostale pour soigner des pneumothorax ou des épanchements pleuraux, par exemple et amoindrir les effets indésirables subis par les patient(e)s lors de cet acte.

Cette plateforme s'appuiera sur un système robotique pouvant tenir une sonde échographique, qui permettra, d'une part, de sécuriser le geste du chirurgien à partir du blocage mécanique/robotique d'un porte aiguille, et d'autre part de guider le/la praticien(ne) à partir d'images échographiques. En effet, le robot comanipulera une sonde échographique et, à partir de l'extraction de données de l'image en continu, asservira une région d'intérêt dans l'image pour améliorer les conditions de ponction du personnel hospitalier.

Verrous scientifiques :

Ce projet permettra de lever les verrous scientifiques suivants :

- la définition d'un geste expert et des interactions homme-robot
- l'extraction en continu des données échographiques
- la commande d'un système comanipulé basée image

Contributions originales attendues :

A l'heure actuelle, aucun système n'existe pour assister ce geste quotidien pourtant loin d'être simple et anodin. Les travaux les plus proches sont développés au sein du laboratoire Ampère et portent sur la simulation haptique d'accouchements difficiles / de pose de péridurale / d'apprentissage de la ponction articulaire/ventriculaire sous imagerie échographique [5-6].

Programme de recherche et démarche scientifique proposée :

L'année 1 débutera par l'étude du geste expert courant avec la définition des besoins pour l'utilisateur. Cette problématique aillant déjà été en partie étudiée pour la conception de simulateur de péridurales [5], cela permettrait d'établir un cahier des charges pour la conception du robot prenant en compte les besoins des praticien(ne)s et l'interaction qu'ils/elles devront avoir avec le système avec comme socle de départ le projet de "comanipulation" [8].

En parallèle, une étude de l'état de l'art permettra de s'appuyer sur les travaux récents de la communauté en terme de lois de commande en cobotique et d'algorithmes d'analyse temps réel d'images médicales.

En fin d'année 1, une conception préliminaire permettra d'évaluer plusieurs approches.

L'année 2 sera centrée sur la conception et le développement du système robotique de comanipulation d'une sonde échographique et d'une aiguille. Dans ce processus, les ressources à disposition (la plateforme Fluid-Power du laboratoire Ampère et plus particulièrement les bras haptiques Haption 3D/6D), les connaissances, les contacts industriels et l'expertise en robotique médicale du groupe de travail Robotique d'Ampère sont des atouts pour le développement d'un tel système. Un partenariat avec l'entreprise Haption pourrait également être étudié.

En parallèle, il s'agira de mettre au point le traitement d'image échographique avec de la détection automatique de régions d'intérêt et de la définition de zones cibles dans l'image en continu. Ce sujet a été abordé dans des

travaux de recherche sur l'asservissement échographique antérieurs [13] et est au cœur de travaux actuels du doctorat de Benjamin Delbos à Ampère.

Cela permettra par la suite de développer des commandes robotiques basées sur les informations comprises dans l'image pour asservir une position de ponction cible [9-10]. Pour le développement de telles commandes, en plus de l'expertise en robotique du laboratoire [6], des partenariats avec des laboratoires tels que l'ISIR (Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique) à Paris pourraient être envisageables puisqu'ils sont également reconnus nationalement et mondialement pour leurs compétences dans le domaine de la commande basée sur des images échographiques.

Pendant l'année 3 seront évalués les bénéfices pour le/la patient(e) et pour le/la praticien(ne), afin d'optimiser la solution proposée et de proposer des pistes de recherche à développer ultérieurement [11-12]. La fin de cette année sera également consacrée à la rédaction du rapport de thèse et à la préparation de la soutenance.

Pendant ces trois années, le doctorant devra rédiger quelques communications internationales faisant état de son avancement et il est attendu une ou deux publications en revue de ses résultats de recherche.

Références bibliographiques sur le sujet de thèse :

- [1] Salzer J et al. Prevention of post-dural puncture headache: a randomized controlled trial (2020)
- [2] DelPizzo K et al. Risk of Postdural Puncture Headache in Adolescents and Adults. (2020)
- [3] Ljubisavljevic S. Parameters Related to Lumbar Puncture Do not Affect Occurrence of Postdural Puncture Headache but Might Influence Its Clinical Phenotype. (2020)
- [4] A.-M. Rodrigues, et al. Le syndrome post-ponction lombaire (2005)
- [5] Senac T. PériSIM : Un simulateur haptique pour l'apprentissage de l'anesthésie péridurale (2019)
- [6] M. Alamilla Daniel Développement d'un simulateur haptique pour l'apprentissage de la ponction articulaire sous imagerie échographique (2020)
- [7] A. Melnyk Improvement of control algorithms of electric robot manipulators in physical interaction with their environment through the bio-inspired approach. (2014)
- [8] G. Morel et al. Comanipulation – Chapitre du livre Medical Robotics (Jocelyne Troccaz) (2012)
- [9] C. Poquet et al. Ultrasound Probe Comanipulator With Hybrid Actuation Combining Brakes and Motors (2015)
- [10] M.-A. Vitrani et al. Robust Ultrasound-Based Visual Servoing for Beating Heart Intracardiac Surgery (2006)
- [11] Jeremy L Emken et al. Human-robot cooperative movement training: Learning a novel sensory motor transformation during walking with robotic assistance-as-needed (2007)
- [12] David J Reinkensmeyer et al. Can robots help the learning of skilled actions? (2009)
- [13] A.-R. Licona Rodriguez Simulation haptique pour la formation pratique supervisée (2020)

Profil du candidat recherché (prérequis) :

Robotique, automatique, mécanique

Avec compétences en programmation Matlab / C / C++ et 3D

Compétences qui seront développées au cours du doctorat :

Robotique, haptique, co-manipulation, mécanique, rendu 3D temps réel synchronisé, Traitement d'image

Méthodes de travail liées à tout travail de recherche (recherche bibliographique, simulation, expérimentation, rédaction d'articles scientifiques, ...).

Candidature :

Envoyer CV, lettre de motivation et relevé de note (licence, Master 1 et premier semestre de Master 2) à Arnaud Lelevé arnaud.leleve@insa-lyon.fr et Rémi Chalard remi.chalard@insa-lyon.fr

Une lettre de recommandation dans le dossier sera appréciée.