

Offre de thèse : **Conception et développement d'un simulateur haptique pour l'apprentissage de la spasticité**

Durée :	CDD 36 mois (Sept. 2024-Sept. 2027)
Financement :	ANR HASPA
Salaire :	~2250 € brut / mois (+ complément si activités d'enseignement)
Domaines :	Robotique, Mécatronique, Automatique
Laboratoires :	Ampère (http://www.ampere-lab.fr/) - INSA Lyon SYMME (https://www.univ-smb.fr/symme) - USMB Annecy
Ecole doctorale :	Ecole doctorale EEA de Lyon (ED 160 EEA) INSA de Lyon, Université de Lyon
Encadrants :	Richard Moreau (richard.moreau [at] insa-lyon.fr) Luc Marechal (luc.marechal [at] univ-smb.fr)
Mots clés :	Robotique médicale, conception mécatronique, haptique, spasticité

Domaine et contexte scientifiques

Ce sujet relève du domaine de la robotique médicale, plus précisément de simulation haptique pour l'apprentissage de gestes médicaux, et répond directement à l'attente de la Haute Autorité de Santé : "Jamais la première fois sur un patient".

La spasticité correspond à un trouble du système nerveux central et est caractérisé par des contractions musculaires involontaires se traduisant par une raideur des membres. Cette pathologie touche environ 15 millions de personnes dans le monde. La spasticité, en association avec d'autres symptômes, est susceptible d'augmenter la douleur et de réduire considérablement la mobilité des personnes atteintes de maladies neurologiques [Brown, 1994]. Pour évaluer la sévérité de ce symptôme, le degré de résistance opposé aux mouvements rapides est quantifié à l'aide de l'échelle d'Ashworth modifiée (MAS - Modified Ashworth Scale) qui est l'outil clinique le plus universellement utilisé [Bohannon, 1987].

La réalisation du diagnostic consiste à poser un score MAS pertinent lors d'une manœuvre de mobilisation des membres. La formation se fait pour actuellement par compagnonnage directement sur les patients lésés. Outre les problèmes éthiques que posent ce type de formation, le degré de spasticité peut évoluer au cours de la séance d'évaluation du diagnostic (modifiant ainsi le score MAS du patient) ce qui rend encore plus difficile la transmission du savoir-faire. A l'heure actuelle, il n'existe pas de simulateurs permettant de s'entraîner à ce geste.

Pour répondre à ce besoin, le projet HASPA, financé par l'ANR, a pour objectif de développer un simulateur haptique d'apprentissage du membre inférieur pour proposer un outil innovant à la formation et à l'entraînement des praticiens.

Objectif de la thèse

L'objectif principal de la thèse est de concevoir et prototyper un simulateur haptique physique permettant de simuler différents cas de spasticité et ainsi permettre aux jeunes praticiens de se former sans risque. Dans le cadre de ce doctorat, il s'agit donc de concevoir un membre inférieur à 3 degrés de liberté reproduisant la cheville, le genou et la hanche. Ce prototype devra intégrer des capteurs et des actionneurs afin de reproduire le comportement spastique des muscles.

Verrous scientifiques

- Établir un cahier des charges en collaboration avec des experts de santé.
- Concevoir et commander en raideur une interface haptique reproduisant le membre inférieur
- Piloter le prototype pour simuler les différents cas de spasticité
- Généraliser les méthodes employées dans l'objectif de concevoir un simulateur du membre supérieur

Contributions originales attendus

- Proposer un simulateur haptique performant avec un actionnement innovant
- Intégrer des exercices pédagogiques

Programme de recherche et démarche scientifique proposée

Conception mécatronique : Suite à une analyse de l'activité professionnelle des praticiens réalisée par une partie des partenaires du projet HASPA, un cahier des charges devra être réalisé. Cette étape consiste à définir comment représenter technologiquement (systèmes mécaniques, actionneurs, capteurs...) les fonctionnalités nécessaires ou souhaitées sur le simulateur pour permettre un apprentissage pertinent et enregistrer les gestes effectués.

Un travail de conception globale du simulateur physique d'un membre inférieur devra être mené. Il s'agira de concevoir une structure mécanique hôte pour l'intégration des actionneurs et des capteurs, et d'organiser la fabrication de l'enveloppe externe représentant un membre inférieur avec des matériaux de type élastomère.

Commande : Concernant l'actionnement, deux pistes sont envisagées. La première concerne l'utilisation de muscles pneumatiques afin de contrôler les différents segments du membre inférieur. L'intérêt des muscles pneumatiques réside dans leur faible rapport masse/puissance et dans leur forme anthropomorphe. Il s'agira de venir les piloter de manière antagoniste afin de contrôler la raideur des articulations. La seconde piste consiste à concevoir un actionneur hybride intégrant à la fois un frein magnéto-rhéologique (développé par un des partenaires du projet) et un actionneur pneumatique ou électrique pour contrôler la compliance du système et profiter des avantages de chacun.

Validation

La dernière partie du doctorat sera consacrée à une campagne de mesure à réaliser aux Hospices Civils de Lyon (HCL) afin de tester le prototype *in situ* en tant que simulateur d'apprentissage. Des essais seront réalisés avec des praticiens experts et novices afin d'enregistrer les gestes réalisés par ces 2 populations. L'analyse des données devrait permettre de définir des critères qui seront liés à la courbe d'apprentissage du geste et qui devront différencier ces 2 populations selon des critères qui seront à définir et qui seront liés à la courbe d'apprentissage du geste.

expérimentale :

Enfin la

Lieu de travail :

Ce travail sera réalisé au sein de 2 laboratoires mécatroniques. La partie conception sera réalisée en partenariat étroit avec le laboratoire SYMME (<https://www.univ-smb.fr/symme/>) situé à l'Université Savoie Mont Blanc à Annecy et la partie commande sera quant à elle réalisée principalement au laboratoire Ampère (<http://www.ampere-lab.fr/>) à l'INSA de Lyon. Enfin, la campagne de mesure sera réalisée également à Lyon sur la plateforme Mouvement & Handicap de l'hôpital Henry Gabrielle qui est un partenaire du projet.

Collaborations extérieures : CEA-List / HCL

Profil souhaité

Titulaire d'un Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur en Robotique, Mécatronique, Génie Mécanique avec une spécialisation en automatique ou dans un domaine qui concerne la conception, modélisation et le développement de systèmes pour le médical.

Une maîtrise de SolidWorks ou Catia (ou équivalent) est exigée ainsi que des compétences en instrumentation. Des compétences en modélisation sont souhaitées et la programmation en MATLAB ou Python seront appréciées.

Candidatures :

Les dossiers de candidatures devront être envoyés aux encadrants par e-mail en indiquant exactement "HASPA PhD Application" dans l'objet.

Le dossier devra contenir les pièces, documents suivants :

- un CV détaillé,
- une lettre de candidature expliquant les motivations pour s'engager dans une thèse, traiter le sujet proposé et montrer les liens entre le profil du/de la candidat(e) et les thèmes du sujet de thèse,
- les relevés de notes (Licence, Master 1 et premier semestre de Master 2 ou Ecole d'ingénieur)

lettres de
les noms de personnes dans le domaine de la recherche académique qui recommandent
le/la candidat(e).
recommandation ou, à défaut,

Références bibliographiques

[Bohannon, 1987] R. Bohannon, M. Smith. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther.*, 1987, 67(2):206-207

[Brown, 1994] Brown P., Pathophysiology of spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 1994, 57:773-777.