

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES HDR

NANTES UNIVERSITE

Spécialité : Santé

Par

Guillaume MICHEL

Robotique et otologie

Étude en robotique fondamentale et clinique pour la chirurgie de l'oreille

Travaux présentés et soutenus à Nantes, le 12 décembre 2025

Unité de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique (LS2N)

Équipe ROMAS

Rapporteurs avant soutenance :

Benoît GODEY	Professeur des Universités Praticien Hospitalier, CHU de Rennes
Stéphane TRINGALI	Professeur des Universités Praticien Hospitalier, HCL Lyon Sud
Nicolas GUEVARA	Professeur des Universités Praticien Hospitalier, CHU de Nice

Composition du Jury :

Président :	
Philippe BORDURE	Professeur des Universités Praticien Hospitalier, CHU de Nantes

Examineurs :	
Emmanuel LESCANNE	Professeur des Universités Praticien Hospitalier, CHU de Tours
Yann NGUYEN	Professeur des Universités Praticien Hospitalier, APHP La Pitié-Salpêtrière
Damien CHABLAT	Directeur de Recherche CNRS, École Centrale de Nantes

Titre : Robotique et otologie

Mots clés : robotique, otologie, implants cochléaires, chirurgie robot-assistée

Résumé : Ce travail de recherche est structuré autour du développement et de l'évaluation de dispositifs robotiques en chirurgie otologique et endoscopique, à l'interface entre ingénierie biomédicale et pratique clinique.

En recherche fondamentale, plusieurs études ont été réalisées autour de la conception d'un robot d'assistance pour la chirurgie endoscopique de l'oreille et du massif facial. Le système développé vise à libérer la main du chirurgien en maintenant l'endoscope de manière stable et sûre, tout en permettant un retrait d'urgence rapide et un nettoyage facilité. L'analyse cinématique approfondie a permis d'optimiser les performances mécaniques du robot en tenant compte de contraintes anatomiques précises, identifiées à partir de données tomodensitométriques. La commande par vision, via un algorithme de tracking visuel, permet un contrôle automatique de la position de l'endoscope sans mobilisation des mains du chirurgien. Ce projet a permis la publication d'un brevet et la réalisation d'un prototype robotisé.

En recherche clinique, le projet robotique étudie l'utilisation du robot RobOtol® dans l'implantation cochléaire. Ce robot français, spécifiquement conçu pour la chirurgie de l'oreille, permet une insertion atraumatique et précise des électrodes cochléaires, avec une réduction des risques de lésions intracochléaires. Une étude multicentrique, prospective et randomisée (ROBIICCA), financée à hauteur de 1,22 M€ (PHRC 2021), est en cours pour comparer les résultats auditifs entre insertion manuelle et robotisée. L'objectif principal est le gain audiométrique à 12 mois (score de discrimination vocale à 60 dB). Ce projet, qui mobilise 13 centres, ambitionne l'inclusion de 550 patients d'ici 2026, et intègre une analyse médico-économique coût-efficacité.

Ce travail vise à créer des liens entre la robotique et l'otologie, en développant différents axes de recherche, dans une perspective de transfert technologique et d'amélioration des pratiques cliniques.

Title : Otology and robotics

Keywords : robotics, otology, cochlear implants, robotic-assisted surgery

Abstract : This research work is structured around the development and evaluation of robotic devices for otologic and endoscopic surgery, at the interface between biomedical engineering and clinical practice.

In the realm of fundamental research, several studies have focused on the design of a robotic assistance system for endoscopic surgery of the ear and paranasal sinuses. The system is intended to free the surgeon's hand by maintaining the endoscope in a stable and secure position, while enabling rapid emergency retraction and facilitated cleaning. In-depth kinematic analysis has allowed for the optimization of the robot's mechanical performance, taking into account precise anatomical constraints derived from CT imaging data. Vision-based control, via a visual tracking algorithm, enables automatic positioning of the endoscope without requiring manual input from the surgeon. This project led to the filing of a patent and the development of a functional robotic prototype.

In clinical research, the robotic project explores the use of the RobOtol® system for cochlear implantation. This French-designed robot, specifically intended for ear surgery, allows for atraumatic and precise insertion of cochlear electrodes, significantly reducing the risk of intracochlear damage. A multicenter, prospective, randomized clinical trial (ROBIICCA), funded with €1.22 million (PHRC 2021), is currently underway to compare auditory outcomes between manual and robot-assisted insertion. The primary endpoint is audiometric gain at 12 months (word discrimination score at 60 dB). Involving 13 centers and aiming to enroll 550 patients by 2026, this project also includes a cost-effectiveness analysis.

This work aims to build a bridge between robotics and otology, developing multiple research pathways with a view to technological transfer and clinical practice enhancement.