

Modelling of a Smart Medical Implant in its environment

LIP6, Sorbonne university

Sylvain FERUGLIO & Julien DENOULET

Project

The spinal cord represents the entrance of the sensory information and the exit of the motor commands of the limbs and the trunk. Its disease can lead to the paralysis of at least one limb.

Current developments in post-traumatic follow-up are mainly focused on non-invasive imaging techniques (MRI, scanner ...). However, these techniques are not satisfactory without the use of complementary approaches. As part of this project, we propose to contribute it by using new technologies.

The project in which this PhD fits is in the field of engineering applied to biomedical. It aims to develop a new approach to the chronic imaging of the spinal cord by the realization of an intelligent implant (biocompatible optoelectronic telecommunicating embedded system) allowing the monitoring of the functional state (chronic measurement of the both electro-physiological and metabolic activities) of the spinal cord [1].

Issues

This biomedical engineering research project is at the interface of physics, electronics, signal processing and medicine. The issues are multiple and can be divided into three main points:

- The first issue is at the project level in which this realization is integrated, namely the functional and anatomical implantable imaging and, more particularly, the detection and the aid to diagnosis and local treatment of spinal cord trauma. Following previous works, the feasibility of this type of imaging has been proven [2-7]. It is of real interest to the world of medicine, since the information obtained was previously inaccessible.
- The second challenge concerns the realization of the system. The multimodal implant must be biocompatible, small size, low consumption and telecommunicant, which requires removing certain technological locks.
- From the different carried out experiments, the modelling of the global system in its biological environment is the third issue of this project. It will lead to a model of this part of the central nervous system and open the door to the development of tools for:
 - o Assistance to doctors and for the in-depth study of the spinal cord;
 - o For rapid prototyping of future other embedded devices.

In this context, this thesis will focus mainly on the last point, namely the multi-physics modelling of the in development device in its operating environment (the associated biological environment) [8, 9], in order to estimate the performance of the heterogeneous system that we want to design and, thus, to help in the choice of the optimum architecture and the associated components.

At first, we will focus on the opto-electronic part of the implant. Then, we will focus on the optical and mechanical parts associated with the biological environment and their evolution

over time, in association with the packaging of the implant. This will involve the development of an experimental bench for carrying out in vitro experiments.

Opening

This project is part of a national collaboration between the Laboratory of Computer Science of Paris 6 (LIP6, UMR 7606), the Laboratory of Biomedical Imaging (LIB, UMR_S 678), the Laboratory of Physics of Lasers (LPL, UMR 7538), the Jean Rond d'Alembert Institute (IJRA, UMR 7538) and various departments of the Pitié-Salpêtrière University Hospital.

It is also envisaged to collaborate with various Canadian universities and some industrialists.

Profile

The candidate must have a pronounced taste for biomedical engineering. He must have a good foundation in physics, electronics and programming. Knowledge of multi-physics simulation tools is a plus. A first experience in the field of integrated sensors and biomedical is desired.

Bibliographical references

- [1] <http://www.smart-labex.fr/SPINALCOM.html>.
- [2] A. Goguin, et al., IEEE Trans. Biomed. Circ. & Syst., 4(5), 329-35, 2010 (<http://140.98.202.19/document/5575363/>).
- [3] A. Goguin, et al., Patent WO/2011/057765, 2011 (<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2011057765>).
- [4] S. Feruglio, et al., IEEE Sensors J., 16(6), 1611-20, 2015 (<http://ieeexplore.ieee.org/document/7329916/>).
- [5] O. Tsiakaka, et al., IEEE NER, France, 2015 (<https://neuro.embs.org/2015/>).
- [6] O. Tsiakaka, et al., JETSAN, France, 2015 (<http://jetsan2015.bmbi.utc.fr>).
- [7] O. Tsiakaka, et al., IEEE EMBC, Italy, 2015 (<http://ieeexplore.ieee.org/document/7319336/>).
- [8] A.R. Ghigo, et al., J. of Comp. Physics, 350, 136-165, 2017 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021999117306162?via%3Dihub>).
- [9] E. Tinet, et al., J. of the Optical Soc. of America A, 13(9), 1903-15, 1996 (<https://www.osapublishing.org/josaa/ViewMedia.cfm?uri=josaa-13-9-1903&seq=0&guid=df3b9d80-0a51-7065-2b1c-e754054b7f2c>).

Modélisation d'un implant médical intelligent dans son environnement

LIP6, Sorbonne university

Sylvain FERUGLIO & Julien DENOULET

Projet

La moelle épinière représente l'entrée des informations sensorielles et la sortie des commandes motrices des membres et du tronc. Son atteinte peut conduire jusqu'à la paralysie d'au moins un membre.

Les développements actuels en matière de suivi post-traumatique sont essentiellement tournés vers des techniques d'imagerie non-invasive (IRM, scanner, ...). Cependant, ces techniques ne sont pas satisfaisantes, sans l'utilisation d'approches complémentaires. Dans le cadre de ce projet, nous nous proposons d'y contribuer par l'emploi des nouvelles technologies.

Le projet dans lequel s'intègre cette thèse se situe dans le domaine de l'ingénierie appliquée au biomédical. Il a pour ambition de développer une nouvelle approche d'imagerie chronique de la moelle épinière par la réalisation d'un implant intelligent (système embarqué opto-électronique biocompatible télécommunicant) permettant le monitoring de l'état fonctionnel (mesure chronique de l'activité électro-physiologique et métabolique) de la moelle épinière [1].

Enjeux

Ce projet de recherche d'ingénierie biomédical est à l'interface de la physique, de l'électronique, du traitement du signal et de la médecine. Les enjeux sont multiples et peuvent se scinder en trois principaux points :

- Le premier enjeu se situe au niveau projet dans lequel s'intègre cette réalisation, à savoir l'imagerie fonctionnelle et anatomique implantable et, plus particulièrement, la détection et l'aide au diagnostic et au traitement local des traumatismes médullaires. Suite aux précédents travaux réalisés, la faisabilité de ce type d'imagerie a été prouvée [2-7]. Elle présente un intérêt réel pour le monde de la médecine, puisque les informations obtenues n'étaient jusqu'alors pas accessibles.
- Le second défi concerne la réalisation du système. L'implant multimodal devra être à la fois biocompatible, faible encombrement, faible consommation et télécommunicant, ce qui demande de lever certains verrous technologiques.
- A partir des différentes expérimentations réalisées, la modélisation du système globale dans son environnement biologique est le troisième enjeu de ce projet. Elle conduira à un modèle de cette partie du système nerveux central et ouvrira la porte au développement d'outils pour :
 - L'aide aux médecins et pour l'étude approfondie de la moelle épinière ;
 - Pour le prototypage rapide de futurs dispositifs embarqués.

Dans ce contexte, cette thèse portera principalement sur le dernier enjeu, à savoir la modélisation multi-physique de dispositif en cours de développement dans son environnement de fonctionnement (milieu biologique associé) [8, 9], afin de pouvoir estimer les performances du système hétérogène à concevoir et ainsi aider au choix de l'architecture optimum et des composants associés.

Dans un premier temps, nous nous centrerons sur la partie opto-électronique de l'implant. Puis, nous focaliserons sur les parties optique et mécanique associées au milieu biologique et leur évolution dans le temps, en association avec la prise en compte du packaging de l'implant. Cela passera par le développement d'un banc expérimental pour la réalisation d'expérimentations in vitro.

Ouverture

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une collaboration nationale entre le Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6, UMR 7606), le Laboratoire d'Imagerie Biomédicale (LIB, UMR_S 678), le Laboratoire de Physique des Lasers (LPL, UMR 7538), l'institut Jean Rond d'Alembert (IJRA, UMR 7538) et différents services du CHU de la Pitié-Salpêtrière.

Il est aussi envisagé de collaborer avec différentes universités canadiennes et certains industriels.

Profil

Le candidat doit avoir un gout prononcé pour l'ingénierie biomédical. Il devra avoir de bonnes bases en physique, électronique et en programmation. Une connaissance des outils de simulation multi-physiques est un plus. Une première expérience dans le domaine des capteurs intégrés et du biomédical est souhaitée.

Références bibliographiques

- [1] <http://www.smart-labex.fr/SPINALCOM.html>.
- [2] A. Goguin, et al., IEEE Trans. Biomed. Circ. & Syst., 4(5), 329-35, 2010 (<http://140.98.202.19/document/5575363/>).
- [3] A. Goguin, et al., Patent WO/2011/057765, 2011 (<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2011057765>).
- [4] S. Feruglio, et al., IEEE Sensors J., 16(6), 1611-20, 2015 (<http://ieeexplore.ieee.org/document/7329916/>).
- [5] O. Tsiakaka, et al., IEEE NER, France, 2015 (<https://neuro.embs.org/2015/>).
- [6] O. Tsiakaka, et al., JETSAN, France, 2015 (<http://jetsan2015.bmbi.utc.fr>).
- [7] O. Tsiakaka, et al., IEEE EMBC, Italy, 2015 (<http://ieeexplore.ieee.org/document/7319336/>).
- [8] A.R. Ghigo, et al., J. of Comp. Physics, 350, 136-165, 2017 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021999117306162?via%3Dihub>).
- [9] E. Tinet, et al., J. of the Optical Soc. of America A, 13(9), 1903-15, 1996 (<https://www.osapublishing.org/josaa/ViewMedia.cfm?uri=josaa-13-9-1903&seq=0&guid=df3b9d80-0a51-7065-2b1c-e754054b7f2c>).