

## ÉLÉMENT DE PORTFOLIO 01



### Publication

## 1 DÉFINITION DE CET ÉLÉMENT

**Titre de l'élément : SpinalCOM**

**URL de l'élément :** <https://hal.science/hal-01782182>

## 2 MOTIVATIONS DU CHOIX DE CET ÉLÉMENT

Le projet SpinalCOM est un projet de recherche transdisciplinaire en ingénierie biomédical présentant des développements matériels et logiciels, associés à des expérimentations in-vivo (modèle porcin, suite à l'obtention des autorisations nécessaires), ex-vivo (sur fantôme et tissus biologiques), in-vitro (grâce au déploiement d'un banc de test) et in-silico (via notamment la modélisation du dispositif dans son environnement, dans une perspective plus large de prototypage virtuel). Dans sa forme actuelle, SpinalCOM se propose de répondre à une réelle problématique de sûreté et de sécurité en per-opératoire, lors d'une chirurgie du rachis, grâce au monitoring en temps réel de l'état fonctionnel de la Moelle épinière (ME). Le projet SpinalCOM s'appuie sur des résultats significatifs acquis, notamment grâce à des expérimentations concluantes sur le gros animal. Nous dénombrons 2 demandes d'autorisation pour des expérimentations animales (saisines) auprès de comités d'éthiques sur la période (ENVA/MESRI 20191 et 20222)

La caractérisation optique de la ME a été réalisée dans différentes configurations et la preuve de faisabilité de ce type de mesure a été faite grâce à des dispositifs développés au LIP6. Deux thèses ont été soutenues sur le sujet en 2018 (Olivier TSIKAKA) et 2022 (Songlin LI). De plus, lors de l'année 2021-22, suite au soutien de l'IUIS, un médecin a été recruté pendant 12 mois au sein du laboratoire, en collaboration avec l'hôpital Armand-Trousseau. Pour faire suite aux actions fructueuses engendrées, un projet de maturation CNRS est en cours d'écriture et deux nouveaux projets de recherche en collaboration avec la médecine ont été initiés. Nous mentionnons également que le projet spinalCOM a obtenu le Silver Award de l'EIT Health en 2018. Le bilan scientifique est de 2 revues et 2 conférences internationales et un article de vulgarisation scientifique.

## 3 PRÉSENTATION DE CET ÉLÉMENT

La ME représente l'entrée des informations sensorielles et la sortie des commandes motrices des membres et du tronc. Son atteinte par des traumatismes ou par des pathologies de nature inflammatoire ou neurodégénérative entraîne des conséquences sensorielles et motrices majeures qui affectent la qualité et l'espérance de vie des patients. La prévalence de ces pathologies est de 28 000 nouveaux cas par an pour l'Europe des 49 pays et 12 000 pour les USA. C'est un marché de plusieurs millions de d'euros, stimulé par le vieillissement de la population et le mode de vie urbain.

La prise en charge des pathologies de la colonne vertébrale et de la ME nécessitent fréquemment de recourir à des interventions chirurgicales. Dans ce cas, le placement d'implants métalliques au plus proche de la ME, la correction de l'anatomie de la colonne vertébrale (suite à une scoliose, par exemple) ou la chirurgie directe de la ME comportent un risque significatif de complications neurologiques et de paralysie transitoire ou définitive des membres. Bien que le risque soit faible, la surveillance des Potentiels Evoqués (PE) est un standard pour toutes corrections liées au rachis.

Cette technique permet de savoir à chaque instant de l'intervention si la fonction de la ME reste bonne et si les contraintes exercées sur la colonne vertébrale sont bien tolérées par les structures nerveuses qui cheminent en son sein. Dans les cas où la fonction de la ME est perturbée par la correction chirurgicale, il est alors possible de diminuer l'importance de la correction pour éviter toute survenue de paralysie au niveau des membres inférieurs. Il s'agit donc d'une technique très importante pour la surveillance des patients durant l'intervention chirurgicale. A ce jour, le monitoring des PE est la seule technique per-opératoire disponible qui permet d'avoir des informations indirectes sur l'état fonctionnel de la ME et donc la stabilité de sa fonction.

Cependant, cette méthode ne permet pas toujours d'identifier un dysfonctionnement métabolique précoce, notamment liées à des phénomènes vasculaires, avant que les fonctions neurologiques ne soient affectées. Pour le moment, il n'existe pas de technique d'imagerie (IRM, échographie doppler ou autre) permettant d'avoir accès en temps réel aux données sur l'état fonctionnel de la ME (e.g., variation temporelle du niveau de perfusion tissulaire). En effet, la majorité des complications neurologiques qui surviennent lors des corrections chirurgicales des déformations de la colonne vertébrale sont d'origine vasculaire (ischémies de la ME) [2]. Il nous paraît donc particulièrement pertinent de proposer un système pour le recueil métabolique en temps réel et l'expression d'une métrique qui pourra aider le chirurgien dans sa prise de décision. Cela permettrait, par exemple, au médecin d'adapter l'intensité de la correction à la tolérance à l'ischémie du tissu nerveux. Dans ce contexte, le projet SpinalCOM a pour ambition de concevoir, puis d'expérimenter un nouveau dispositif médical pour le suivi métabolique de la ME en per-opératoire [1, 3, 4] .

Ce projet présente deux principaux verrous :

- ▶ La réalisation d'un dispositif à très faible encombrement à haute sensibilité de mesure, robuste et adapté au contexte opératoire (stérilisable et utilisable dans un environnement de bloc opératoire)
- ▶ L'exploitation des données : extraction et traitement des différentes données par rapport aux bruits physiologiques et aux signaux parasites.

## 4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Songlin Li, Julien Denoulet, Olivier Tsiakaka, and Sylvain Feruglio. Multi-domain Modeling and Simulation of an Oximeter : PVT Variations Impact of Opto-electronic Devices on the SpO2 Quantification. In *11th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, pages 303–310, Online Streaming, France, July 2021. SCITEPRESS - Science and Technology Publications.
- [2] Nicolas Mainard, Olivier Tsiakaka, Songlin Li, Julien Denoulet, Karim Messaoudene, Raphael Vialle, and Sylvain Feruglio. Intraoperative Optical Monitoring of Spinal Cord Hemodynamics Using Multiwavelength Imaging System. *Sensors*, 22(10) :3840, May 2022.
- [3] Olivier Tsiakaka, Benoit Gosselin, and Sylvain Feruglio. Source–Detector Spectral Pairing-Related Inaccuracies in Pulse Oximetry : Evaluation of the Wavelength Shift. *Sensors*, 20(11) :3302, June 2020.
- [4] Olivier Tsiakaka, Songlin Li, Julien Denoulet, and Sylvain Feruglio. Spinal cord monitoring by NIRS in reflection and transmission modes. In *2021 10th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER)*, Online, Italy, May 2021. IEEE.