

Sujet de Master et/ou PFE

Prototype de capteur radiofréquence à liaisons optiques pour l'IRM

Date : A partir de Février 2019

Contexte scientifique:

Malgré certaines contre-indications liées à la présence de prothèses, pacemakers ou actes chirurgicaux récents, l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) présente un excellent rapport bénéfique / risque. Néanmoins, le développement de systèmes IRM à toujours plus haut champ magnétique statique entraîne une augmentation des effets des champs électromagnétiques radiofréquences sur les patients. Ces effets se traduisent par une augmentation du débit d'absorption spécifique (DAS) qui peut être localement renforcé par l'introduction d'éléments conducteurs à l'intérieur de la bobine d'émission [1]. C'est en particulier le cas des capteurs miniatures endoluminaux qui ont pourtant seuls la capacité d'accéder localement à l'analyse fine des parois digestives. En effet, la haute sensibilité de ces capteurs permet de visualiser les tissus dans leur voisinage avec une résolution spatiale dans le plan d'une centaine de micromètres [2]. Cette haute définition de l'image est cruciale pour effectuer l'analyse fine de la paroi dans le cas du cancer colorectal, lequel figure aujourd'hui en France comme la seconde cause de décès du cancer. En région Auvergne-Rhône-Alpes, ce cancer représente près de 2000 décès et 5000 nouveaux cas dépistés par an. Toutefois, l'usage de ces capteurs endoluminaux de réception entraîne des risques pour le patient en raison du DAS local induit par le champ électrique radiofréquence en présence du câble reliant le capteur au système d'imagerie et qui peut entraîner des échauffements locaux élevés. Parce que ces capteurs ont le potentiel de fournir un vrai bénéfice pour le patient, il est nécessaire de s'affranchir des risques en supprimant ces échauffements induits [3-7].

Objectif:

Dans ce contexte, l'objectif du stage sera de réaliser et tester sur fantômes à 4,7T, une première chaîne complète de détection et transmission de signaux IRM. Ce système prototype comprendra un modèle de capteur de Résonance Magnétique, un convertisseur électro-optique éprouvé mais non miniaturisé, des liaisons optiques [8-10] et un module eoSense de la société KAPTEOS, lequel a déjà été impliqué avec succès dans une application connexe de caractérisation de champ électrique radiofréquence au sein d'imageur préclinique de ce type [11-12].

Contribution originale attendue :

Le/la candidate(e) recruté(e) contribuera principalement à la conception et la caractérisation du capteur magnétique couplé au convertisseur électro-optique ainsi qu'à la mise en œuvre de l'ensemble sur l'imageur IRM préclinique de la plateforme Pilot adossée au laboratoire CREATIS.

Consortium et encadrement scientifique :

Ce stage sera réalisé dans le cadre du projet EOSIRM financé par la région Auvergne-Rhône-Alpes impliquant un consortium tripartite constitué de deux laboratoires que sont CREATIS (Lyon) et l'IMEP-LAHC (Le Bourget-du-Lac) et d'une entreprise de haute technologie KAPTEOS (Sainte-Hélène du Lac).

Les encadrants seront Gwenaël Gaborit (IMEP-LAHC, Kapteos), Raphaël Sablong et Olivier Beuf (CREATIS). Le travail sera principalement réalisé à Lyon, mais nécessitera des déplacements à Sainte-Hélène du Lac.

Profil et compétences du candidat recherché :

- Physicien/ne avec des bonnes compétences en optique intégrée, électronique radiofréquence, matériaux, instrumentation,
- Connaissance de l'IRM
- Volonté de s'investir en ingénierie pour la santé et de travailler dans un milieu interdisciplinaire
- Maîtrise d'outils de programmation (MatLab, Mathematica...) et de simulation (HFSS, Comsol, ...).
- Autonomie, dynamisme
- Bon niveau oral et écrit en anglais.

Poursuite en thèse

Ce travail de stage est vu comme une étape clé visant à réaliser un ensemble prototype, lequel servira de référence pour les étapes ultérieures : miniaturisation, intégration des fonctions de couplage et de conversion électro-optiques, et tests in vivo. Ceci fera en effet l'objet d'un travail de doctorat. A noter que le financement de cette future thèse est d'ores et déjà acquis.

Références bibliographiques :

- [1] W. R. Nitz, A. Oppelt, W. Renz, C. Manke, M. Lenhart, and J. Link, "On the heating of linear conductive structures as guide wires and catheters in interventional MRI," *J. Magn. Reson. Imaging*, vol. 13, no. 1, pp. 105–114, 2001.
- [2] O. Beuf, F. Pilleul, M. Armenean, G. Hadour, and H. Saint-Jalmes, "In vivo colon wall imaging using endoluminal coils: Feasibility study on rabbits," *J. Magn. Reson. Imaging*, vol. 20, no. 1, pp. 90–96, 2004.
- [3] J. Yuan, J. Wei, and G. X. Shen, "A direct modulated optical link for MRI RF receive coil interconnection," *Journal of Magnetic Resonance*, vol. 189, no. 1, pp. 130–138, Nov. 2007.
- [4] O. G. Memis, Y. Eryaman, O. Aytur, and E. Atalar, "Miniaturized fiber-optic transmission system for MRI signals," *Magn. Reson. Med.*, vol. 59, no. 1, pp. 165–173, Jan. 2008.
- [5] L. Duvillaret, S. Rialland, and J.-L. Coutaz, "Electro-optic sensors for electric field measurements. I. Theoretical comparison among different modulation techniques," *J. Opt. Soc. Am. B*, vol. 19, no. 11, pp. 2692–2703, 2002.
- [6] S. Reiss, A. Bitzer, and M. Bock, "An optical setup for electric field measurements in MRI with high spatial resolution," *Phys. Med. Biol.*, vol. 60, no. 11, pp. 4355–4370, Jun. 2015.
- [7] R. Ayde, G. Gaborit, P. Jarrige, L. Duvillaret, R. Sablong, A. L. Perrier and O. Beuf, Potentialities of an Electro-Optic Crystal Fed by Nuclear Magnetic Resonant Resonant Coil for Remote and Low-Invasive Magnetic Field Characterization, *IEEE Sensors Journal* 13(4):1274-1280 (2013).
- [8] R. Ayde, these 2015 <https://www.theses.fr/2015LYO10003>
- [9] R. Ayde, G. Gaborit, J. Dahdah, L. Duvillaret, N. Courjal, C. Guyot, R. Sablong, A.L. Perrier and O. Beuf. Unbiased Electro-Optic Waveguide as a Sensitive Nuclear Magnetic Resonance Sensor, *Photonics Technology Letters*, 26(12):1266-1269 (2014).
- [10] I. Saniour, R. Ayde, A-L. Perrier, G. Gaborit, L. Duvillaret, R. Sablong, O. Beuf, Active optical-based detuning circuit for receiver endoluminal coil, *Biomed. Phys. Eng. Express*, 2 February 2017, 3(2).
- [11] I. Saniour, G. Gaborit, AL. Perrier, L. Gillette, G. Revillod, R. Sablong, L. Duvillaret and O. Beuf, "Electro-optic probe for real time assessments of RF electric field produced in a MRI scanner: experimental measurements and simulations at 3 and 4.7 Tesla, *NMR Biomed.* 31(1) (2018).
- [12] I. Saniour, thèse 2017 <https://www.theses.fr/2017LYSE1330>

Contacts:

Les candidatures, composées d'un CV détaillé, des relevés de notes et classements des formations suivies et d'une lettre de motivation mettant en avant les adéquations du parcours et des compétences du candidat, sont à adresser à :

olivier.beuf@creatis.insa-lyon.fr, raphael.sablong@univ-lyon1.fr et gwenael.gaborit@univ-smb.fr