

Sujet de thèse

Capteurs et sondes de champs électromagnétiques à liaisons optiques pour la sécurité en IRM

Date : A partir d'Octobre 2019

Contexte scientifiques:

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 bénéfice / 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 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 [3-6].

Ainsi, relever ce défi de santé publique d'un diagnostic plus performant et sûr passe par l'élaboration d'une solution technologique innovante pour ces capteurs IRM endoluminaux.

Objectifs:

Dans ce contexte, le projet proposé a deux objectifs :

- 1- Réaliser une conversion électro-optique au sein du capteur de Résonance Magnétique (RM) pour pallier les problèmes de sécurité du patient en remplaçant les liaisons galvaniques par des liaisons optiques [7-9]
- 2- Caractériser et valider les sondes de champ électrique développées par la société KAPTEOS dans le domaine de l'IRM préclinique puis clinique, afin de contrôler en temps réel le DAS local et de caractériser la distribution du champ électrique induit à travers les bobines et les capteurs d'imagerie par RM [10].

Contribution originale attendue

Le/la doctorant(e) recruté(e) contribuera principalement à la conception, la caractérisation électronique et optique du guide d'onde pour la conversion ainsi que de sa mise en œuvre sur un imageur IRM clinique. Cette étape sera réalisée au Centre Léon Bérard dans le service d'imagerie diagnostique dirigée par le Pr Frank Pilleul et membre de CREATIS.

Consortium et encadrement scientifique :

Cette thèse de doctorat sera réalisée 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 Sainte-Hélène du Lac avec des déplacements très réguliers (2 à 4 fois par mois) à Lyon.

Profil et compétences du candidat recherché :

- Physicien avec des bonnes compétences en optique intégrée, matériaux, instrumentation, ...
- Connaissance de l'IRM voulant s'investir en ingénierie pour la santé et travailler dans un milieu interdisciplinaire
- Maîtrise d'outils de programmation (Matlab, ...) et de simulation (HFSS, Comsol, ...)
- Autonome, dynamique
- Bon niveau oral et écrit en anglais.

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, 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).
- [9] 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).
- [10] I. Saniour, G. Gaborit, A.L. Perrier, L. Gillette, G. Revillod, 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).

Contacts:

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

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