

Validation du principe de conversion de champ magnétique RF par une technique électro-optique adaptée à l'IRM endoluminale

Reina Ayde¹, Anne-Laure Perrier¹, Raphael Sablong¹, Lionel Duvillaret³, Gwénael Gaborit^{2,3}, Olivier Beuf¹

¹Université de Lyon ; CREATIS; CNRS UMR 5220; Inserm U1044; INSA-Lyon; Université Lyon 1, Villeurbanne, France,

²IMEP-LAHC, UMR CNRS 5130, Université de Savoie, Campus Scientifique, 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France,

³Kapteos, Savoie Technolac 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

Introduction

L'exploration de zones profondes par IRM chez l'homme utilisant des capteurs externes ne permet pas toujours de réaliser des images avec une résolution spatiale suffisante. L'acquisition d'images de résolution spatiale submillimétrique peut être réalisée avec des capteurs endoluminaux placés au plus proche de la zone à explorer. Les développements de ce type de capteur ont été compromis par des aspects liés à la sécurité du patient en raison des échauffements localisés qui ont lieu avec une liaison galvanique reliant le capteur au système d'imagerie. Quelques équipes ont développé des capteurs déportés avec une transmission par fibre optique [1]. Par contre, l'utilisation de ces méthodes optiques reste limitée par des problèmes d'encombrement et la nécessité d'alimentation à l'intérieur du capteur endoluminal. Dans ce travail nous présentons une expérience permettant de mesurer un champ magnétique à l'aide d'un capteur RMN classique couplé à un cristal électro-optique (EO). Les cristaux EO présentent un indice de réfraction qui dépend linéairement de l'amplitude d'une composante du champ électrique appliquée au cristal, via l'effet Pockels. Cette propriété permet de les utiliser comme détecteurs diélectriques passifs, dédiés à la mesure vectorielle et non perturbatrice de champs électriques [2]. L'expérience est réalisée à 127 MHz, en vue de la réalisation d'une sonde endoluminale à 3T.

Matériel et Méthode

L'expérience, présentée sur la figure 1, a été réalisée pour valider la conversion du champ magnétique en un signal électrique. Une boucle circulaire en cuivre de 10 cm de diamètre constitue l'émetteur de champ magnétique large bande. Cette émetteur est alimenté par un synthétiseur RF fournissant un signal de fréquence 127 MHz et une puissance variant entre -60 dBm et 14 dBm. Cette puissance électrique est transformée en champs magnétique par l'émetteur. Le capteur présenté sur la figure 2a) représente un capteur RMN de base à connexion galvanique, il est adapté à 50 Ω pour une fréquence de 127 MHz. Ce capteur, placé devant la boucle émettrice RF, transforme le champ magnétique en ddp. Cette ddp est appliquée sur les deux faces opposées d'un cristal EO (LiNbO₃) à l'aide de deux électrodes en cuivre. Une diode laser ($\lambda=1.55 \mu\text{m}$) émet un faisceau optique vers le cristal EO. La polarisation du faisceau est modulée en fonction de la ddp appliqué au cristal. On utilise une lame demi-onde pour placer nos mesures au maximum de linéarité et de sensibilité puis une lame quart-d'onde pour garder uniquement la modulation par effet Pockel. Cette modulation est convertie en un signal électrique à l'aide d'une photodiode. Ce signal modulé est amplifié et envoyé vers un analyseur de spectre.

Résultats

La figure 2b) présente la puissance mesurée (P_{OUT}) par l'analyseur de spectre en fonction de la puissance émise par le synthétiseur (P_{IN}). Le second axe des abscisses présente le champ magnétique B_x produit par la puissance P_{IN} , au centre de la boucle émettrice. La courbe montre une dynamique de mesure de plus de 60 dB, une bonne linéarité et un champ magnétique minimal détectable de 163 pT.

Conclusion

L'amplitude du champ magnétique RMN à mesurer en IRM étant compris entre nano et micro Tesla, ces résultats montrent la faisabilité de réalisation d'une sonde dédiée à l'IRM par voie endoluminale utilisant une transmission optique.

Remerciement : Les auteurs remercient la région Rhône-Alpes (ADR, projet CIBLE) et la DGA (projet RAPID SNIFER) pour le soutien financier.

Références

- [1] J. Yuan, J. Wei, G. X. Shen, "A 4-channel coil Array Interconnection by analog Direct Modulation Optical Link For 1.5-T MRI", IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 27, pp.1432, October 2008.
- [2] 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, pp.2692, November 2002.

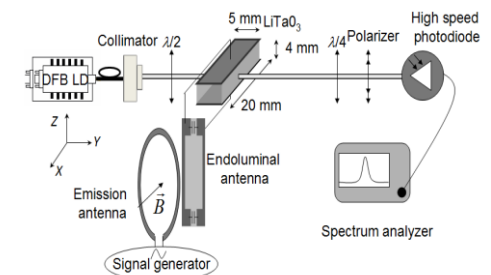


Fig.1 : Schéma d'expérience de capteur de champ magnétique par cristal Electro optique

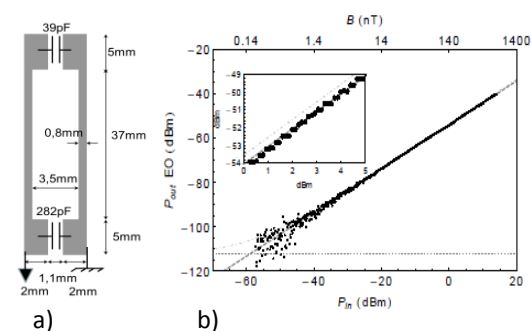


Fig.2 : a) capteur de base b) Courbe de Linéarité