HAL
open science

Conversion électro-optique du signal et découplage actif d'un capteur IRM endoluminal à liaison optique

Isabelle Saniour, Reina Aydé, Anne-Laure Perrier, Gwenaël Gaborit, Lionel Duvillaret, Jean Dahdah, Raphaël Sablong, Olivier Beuf

To cite this version:

Isabelle Saniour, Reina Aydé, Anne-Laure Perrier, Gwenaël Gaborit, Lionel Duvillaret, et al.. Conversion électro-optique du signal et découplage actif d'un capteur IRM endoluminal à liaison optique. 2ème Congrès de la SFRMBM, Mar 2015, Grenoble, France. hal-01272115

HAL Id: hal-01272115

https://hal.science/hal-01272115v1

Submitted on 10 Feb 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conversion électro-optique du signal et découplage actif d'un capteur IRM endoluminal à liaison optique

Isabelle Saniour[1], Reina Aydé[1], Anne-Laure Perrier[2], Gwenaël Gaborit[2, 3], Lionel Duvillaret[3], Jean Dahdah[3], Raphaël Sablong[1] et Olivier Beuf[1]

[1]Université de Lyon, CREATIS, CNRS UMR 5220, Inserm U1044, INSA-Lyon, Université Lyon 1, Villeurbanne, France,
[2]Université de Savoie, IMEP-LAHC, UMR 5130, Le Bourget-du-Lac, France,
[3]KAPTEOS, Sainte-Hélène-du-Lac, France.

1. But de l'étude

Une boucle endoluminale radiofréquence (RF) située à proximité de la zone à examiner permet d'avoir localement un rapport signal sur bruit élevé qui peut être mis à profit pour augmenter la résolution spatiale des images de RM. Ce type de capteur permet en particulier d'analyser la paroi de l'intestin qui permettrait d'améliorer le bilan d'extension tumorale [1]. Malheureusement, les câbles coaxiaux, couramment utilisés pour transmettre le signal RMN et le courant nécessaire au découplage actif du capteur de réception, peuvent induire des échauffements des tissus compromettant l'utilisation clinique d'un tel capteur. En effet, le champ électrique $\boldsymbol{E_z}$ accompagnant le champ magnétique RF $\boldsymbol{B_1}$, induit des courants RF le long du câble et augmente ainsi le taux d'absorption spécifique (TAS) local [2]. Afin d'assurer la sécurité du patient, l'utilisation d'une connexion optique est une solution alternative élégante pour supprimer ces risques d'échauffements. La conversion électro-optique (EO) des signaux [3] et le découplage optique [4] sont démontrés sur la base d'un capteur endoluminal.

2. Matériels et méthodes

La conversion électro-optique d'un signal RF utilise un guide d'onde optique réalisé par diffusion titane sur un substrat de niobate de lithium ($Ti:LiNbO_3$) et ajouté à la boucle réceptrice. Un générateur RF génère un signal sinusoïdal à 128.2 MHz avec une puissance d'entrée P_{in} variant de -101 dBm à 14 dBm. Ce signal est envoyé sur une boucle d'émission non adaptée afin de créer un champ magnétique RF d'amplitude variable. La boucle réceptrice, accordée et adaptée à 128,2 MHz (fréquence de résonance du proton pour $\boldsymbol{B_0}$ = 3 T) est placée devant la boucle d'émission. Une force électromotrice $\boldsymbol{\varepsilon}$, proportionnelle à l'amplitude du champ magnétique, est appliquée au guide d'onde. Celui-ci est parcouru par un faisceau laser polarisé linéairement ; par effet Pockels l'état de polarisation du faisceau laser varie en fonction de $\boldsymbol{\varepsilon}$ [3]. Une photodiode rapide permet de récupérer un signal électrique dont la puissance de sortie dépend de $\boldsymbol{\varepsilon}$ et donc de l'amplitude du champ magnétique généré. Par ailleurs, un système de découplage optique a été conçu et construit. Deux photodiodes, placées sur la boucle réceptrice commandent une diode PIN qui assure le découplage de la bobine réceptrice lors de la phase d'émission des ondes RF. L'efficacité du découplage optique a été évaluée dans un système RM à 3T en comparant les images issues de trois capteurs endoluminaux différents: boucle optiquement découplée, boucle de référence et boucle couplée. Ces capteurs sont insérés dans un fantôme cylindrique rempli de 5 g/L d'eau saline.

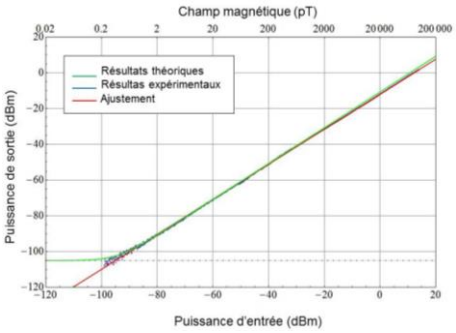

Figure 1. La puissance électrique de sortie mesurée en fonction de la puissance électrique d'entrée et du champ magnétique correspondant.

3. Résultats

La figure 1 illustre la bonne linéarité de la conversion EO avec une dynamique dépassant les 100 dBm. Le champ magnétique détecté est compris entre 0,3 pT à -104 dBm (bruit électronique) et 2×10^5 pT à 14 dBm. Par ailleurs, La boucle découplée optiquement ne modifie pas l'uniformité du signal de l'image acquise avec une bobine volumique (Figure 2a). De plus, l'image est similaire à celle obtenue avec la boucle de référence (Figure 2b). La boucle non découplé déforme le champ $\boldsymbol{B_1}$ et entraîne des variations locales d'intensité.

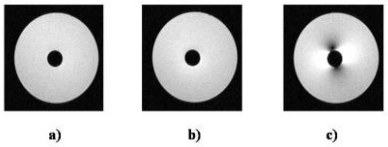

Figure 2. Images de RM acquises avec une séquence GRE et une bobine volumique avec différents capteurs endoluminaux placés au centre d'un fantôme cylindrique : a) Boucle optiquement découplée. b) Boucle de référence. c) Boucle couplée.

4. Discussion

En utilisant un guide d'onde EO, un signal RF est converti en un signal optique puis traité optiquement. Les résultats ont démontré une excellente linéarité et sensibilité. En outre, le concept de découplage optique a montré une uniformité du rapport signal sur bruit dans les images sans une concentration du champ $\boldsymbol{B_1}$. En se basant sur ces résultats, un capteur endoluminal combinant les deux systèmes décrits est en conception (Figure 3). En parallèle un travail théorique et expérimental sur l'optimisation du bruit de la chaîne de conversion électro-optique est en cours.

5. Remerciements

Nous remercions la région Rhône-Alpes (ADR ARC2) et la DGA (projet SNIFER) pour leur soutien financier. Ce travail a été mené dans le cadre du LabEX PRIMES de l'Université de Lyon, au sein du programme «Investissements d'Avenir» (ANR-11-IDEX-0007).

6. Références

[1] O. Beuf, *et al*., *Journal of Magnetic Resonance Imaging,* vol. 20, p. 90-96, 2004.
[2] V. Detti, *et al*., *Magnetic Resonance in Medicine,* vol. 66, p. 448-455, 2011.
[3] R. Aydé, *et al* , *IEEE Photonics Technology Letters ,* vol. 26, p. 1266- 1269, 2014.
[4] R. Aydé, *et al*., *ESMRMB*, Toulouse, France, 2013.

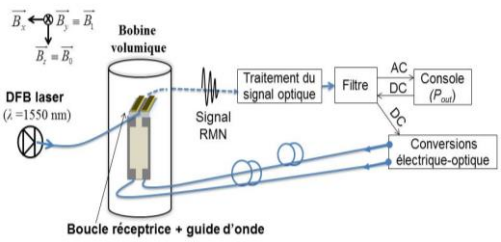

Figure 3. Schéma de principe de la mise en œuvre du capteur à liaison optique combinant la conversion EO et le découplage optique.