



**HAL**  
open science

## Cartographie du champ électrique radiofréquence dans une bobine RMN volumique

Isabelle Saniour, Gwenaël Gaborit, Lionel Duvillaret, Anne-Laure Perrier,  
Olivier Beuf, Raphaël Sablong

► **To cite this version:**

Isabelle Saniour, Gwenaël Gaborit, Lionel Duvillaret, Anne-Laure Perrier, Olivier Beuf, et al.. Cartographie du champ électrique radiofréquence dans une bobine RMN volumique. 3ème Congrès de la SFRMBM, Mar 2017, Bordeaux, France. 42, pp.1395 - 1402, 2017. hal-01560593

**HAL Id: hal-01560593**

**<https://hal.science/hal-01560593>**

Submitted on 21 Jun 2018

**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.

# Cartographie du champ électrique radiofréquence dans une bobine RMN volumique

Isabelle Saniour<sup>1</sup>, Gwenaël Gaborit<sup>2, 3</sup>, Raphaël Sablong, Lionel Duvillaret<sup>3</sup>, Anne-Laure Perrier<sup>2</sup>, et Olivier Beuf<sup>1</sup>

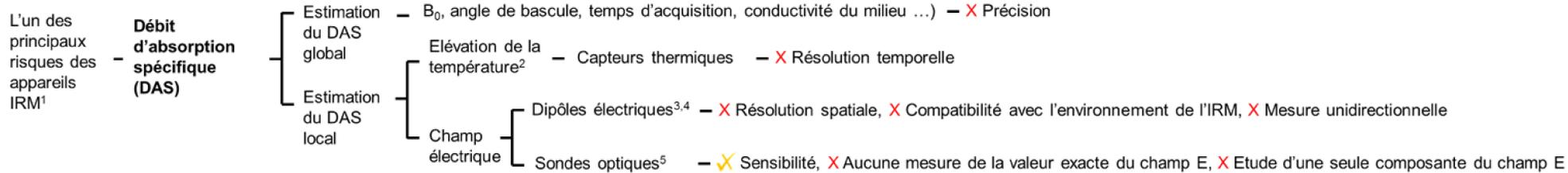
<sup>1</sup>Univ. Lyon, CREATIS ; CNRS UMR 5220 ; INSERM U1206 ; INSA-Lyon ; UJM-Saint Etienne ; Université Lyon1 ; 69616 Villeurbanne, France

<sup>2</sup>Univ. Savoie Mont-Blanc, IMEP-LAHC, UMR 5130, 73376 Le Bourget-du-Lac, France

<sup>3</sup>KAPTEOS, 73800 Sainte-Hélène-du-Lac, France

isabelle.saniour@creatis.insa-lyon.fr

## Introduction

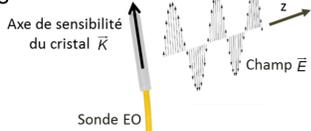


## Matériels et Méthodes

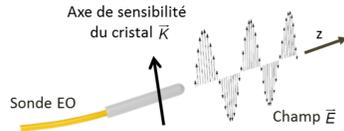
### Sonde électro-optique (EO)

- Cristal non centrosymétrique et isotrope (BSO) change ses indices de réfraction en fonction du champ électrique (E) appliqué (effet Pockels) :  $\delta(\frac{1}{n_i})^2 = \sum_j r_{ij} E_j$
- Modulation de l'état de polarisation du laser ( $\lambda = 1550$  nm) envoyé vers le cristal<sup>6</sup>
- Deux types de sondes diélectriques et non invasives sont utilisés ( $\varnothing = 5$  mm):

#### (1) Sonde longitudinale



#### (2) Sonde Transverse



### Mesure et simulation du champ électrique durant un examen IRM

- Les expériences ont été réalisées dans un système RM préclinique Bruker à 4,7 T
- Une séquence FLASH a été utilisée et les impulsions RF sont de forme Hermite avec une durée d'excitation de 1 ms
- La bobine RMN utilisée a été de type cage d'oiseau ( $\varnothing = 60$  mm)
- La sonde EO a été fixée sur une tige en plastique et installée sur un banc de translation triaxial (Figure 1) pour une mesure locale et précise du champ E
- La modulation de la polarisation a été analysée par des composants optoélectroniques puis convertie en un signal analogique par une photodiode rapide afin d'être visualisée par un analyseur de spectre
- La simulation (méthode des éléments finis) et la modalisation de la bobine cage d'oiseau ont été effectuées avec le logiciel COMSOL Multiphysics®

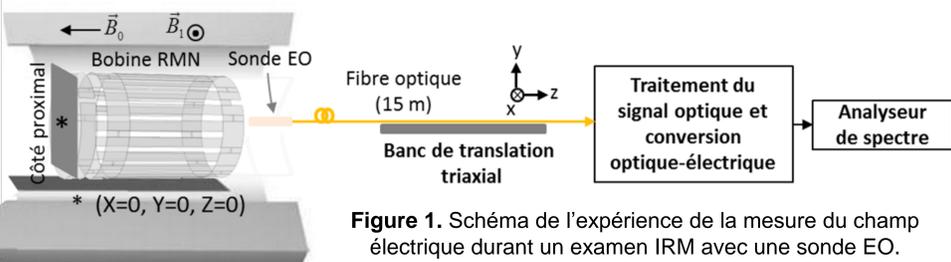


Figure 1. Schéma de l'expérience de la mesure du champ électrique durant un examen IRM avec une sonde EO.

## Résultats et Discussion (I)

### Caractéristiques de la sonde EO

- Excellente linéarité entre l'amplitude du champ E détectée et l'amplitude du champ magnétique générée pour les deux types de sondes (Figure 2)
- Sensibilité(longitudinale) = 0,087 V/m.Hz<sup>-1/2</sup> et Sensibilité(transverse) = 0,27 V/m.Hz<sup>-1/2</sup>
- La sonde longitudinale est plus sensible
- Dynamique de mesure > 1000 V/m

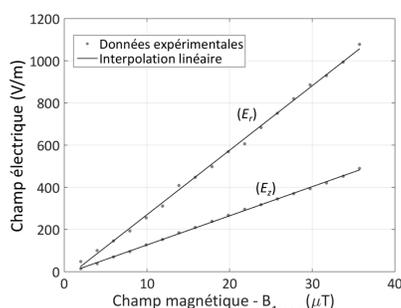


Figure 2. Amplitude du champ E radial (E<sub>r</sub>) et longitudinal (E<sub>z</sub>) en fonction de l'amplitude du champ magnétique RF.

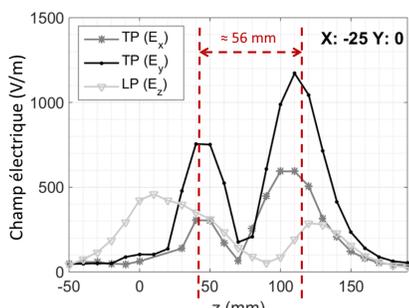


Figure 3. Graphes des trois composantes du champ E mesurées le long de l'axe z.

## Résultats et Discussion (II)

### Cartographie du champ E

- Trois composantes du champ E mesurées le long de l'axe z (Figure 3) avec un pas de 10 mm
- La composante E<sub>y</sub> est dominante (B<sub>1</sub> est linéaire suivant l'axe x)
- Les positions des fortes concentrations: sont z = 45 mm et z = 110 mm
- Cartographies expérimentales et simulées (figure 4)
- E<sub>max</sub> = 1900 V/m à proximité des condensateurs
- E<sub>min</sub> = 100 V/m au centre de la bobine RMN

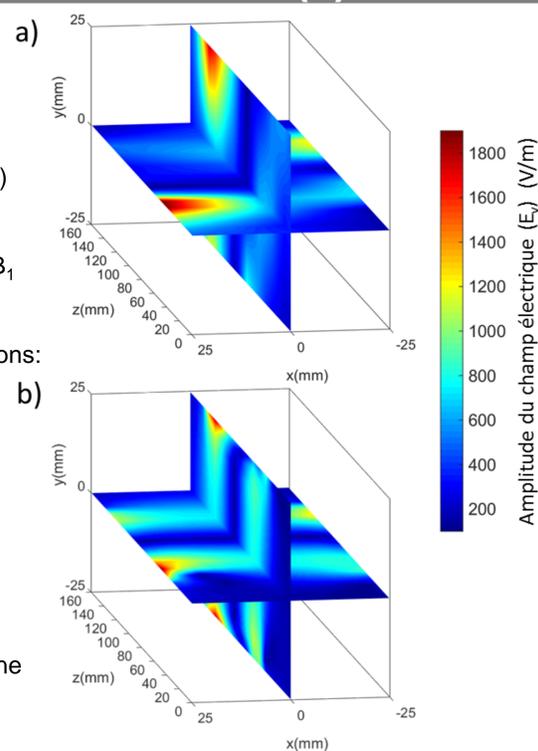


Figure 4. Cartographies expérimentales (a) et simulées (b) de l'amplitude de la composante y du champ E (plans xz et yz).

- Cartographie 3D simulée (figure 5)
- Placement des fortes concentrations à proximité des condensateurs et du port d'excitation RF

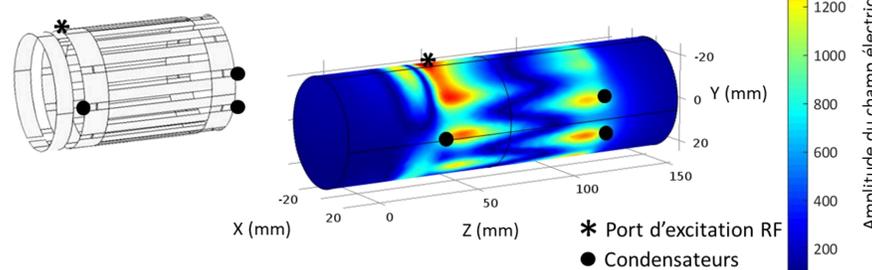


Figure 5. Modélisation de la bobine RMN et simulation 3D de la distribution du champ E

## Conclusions et Perspectives

- Mesure quantitative des trois composantes du champ E RF par une sonde EO
- Vérification des performances et des caractéristiques de la sonde EO (linéarité, sensibilité et dynamique de mesure) dans l'environnement de l'IRM
- Le champ E se concentre principalement à proximité des condensateurs et du câble coaxial transmettant l'excitation RF
- La distribution et la valeur du champ E mesurées par la sonde EO sont en accord avec les simulations
- Cette sonde peut remplacer les méthodes thermiques pour le control du DAS local

## Références

1. FDA, Criteria for Significant Risk Investigations of Magnetic Resonance Diagnostic Devices - Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff, 2014
2. T. Kawamura, et al., IEEE Trans. on Microw. Theory Techn., vol. 57, n.10, pp. 2508–2514, Oct. 2009
3. H. C. Taylor, et al., Phys. Med. Biol., vol. 42, n. 7, pp. 1395–1402, 1997
4. P. Nordbeck, et al., Magn. Reson. Med., vol. 60, n. 2, pp. 312–319, Aug. 2008
5. S. Reiss, et al., Phys. Med. Biol., vol. 60, n. 11, pp. 4355–4369, Jun. 2015.
6. L. Duvillaret et al., JOSA B, vol. 19, n.11, pp. 2704–2715, 2002

Remerciements: Les auteurs remercient la région Auvergne Rhône-Alpes, la DGA et le LabEX PRIMES (ANR-11-IDEX-0007) pour leurs soutiens financiers.

