

MESURE DU CHAMP ELECTRIQUE PAR SONDE OPTIQUE LORS D'UNE ACQUISITION D'IRM A 7T

Paul Nobre¹, Gwenaël Gaborit^{2,3}, Raphaël Sablong¹, Olivier Beuf¹

¹Univ. Lyon, INSA-Lyon, Université Lyon 1, UJM-Saint Etienne, CNRS, Inserm, CREATIS, UMR 5220, U1294, 69616 Villeurbanne, France

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

³KAPTEOS, 73376 Sainte-Hélène-du-Lac, France

Paul.nobre@creatis.insa-lyon.fr

RÉSUMÉ

(330/350c) Nous proposons dans cette étude une méthode de mesure du champ électrique directe dans un IRM 7T. La mesure absolue et vectorielle est effectuée au moyen d'une sonde électro-optique. La sonde utilisée est entièrement diélectrique, amagnétique et ne perturbe pas l'acquisition de l'image.

MOTS-CLEFS : *IRM ; capteur ; modulateur ; Radiofréquence*

1. INTRODUCTION

Une mesure essentielle pour assurer la sécurité du patient en IRM est celle du Taux d'absorption spécifique (TAS). Cela correspond à la quantité d'énergie absorbée par le milieu à imager rapporté à sa masse. On peut le mesurer directement avec le champ électrique induit ou bien par l'élévation de température qu'il engendre :

$$TAS = \frac{\sigma E^2}{\rho v} = Cc \frac{dT}{dt}$$

Avec σ la conductivité électrique, ρ_v la masse volumique, Cc la capacité calorifique et dT la variation de température pendant un temps dt d'exposition. Les procédures actuelles utilisent la mesure de température [1] pour mesurer le TAS. Cette technique comporte quelques limitations (faible résolution temporelle, nécessité d'isoler l'échantillon, mécanismes de diffusion de température dans le corps).. La mesure de champ électrique ici présentée est vectorielle et permet de mieux comprendre l'origine des échauffements. L'objectif est d'obtenir des mesures du champ électrique pour la mesure du TAS en IRM 7T sans perturber le milieu.

2. MATERIEL ET METHODES

Mesure du champ Electrique

L'ensemble des mesures sont réalisées dans un IRM Bruker préclinique 7T. L'angle de bascule de la séquence (variable de 0 à 90°, proportionnel à la puissance émise) est de 60°. La mesure du champ électrique induit est réalisée avec une sonde électro-optique de la société Kapteos qui repose sur la modulation d'état de polarisation. La sonde comprend un cristal de BSO isotrope de 1mm de long et sa résolution spatiale est meilleure que 1mm³. La sonde est insérée dans un objet test qui est un gel d'agar (4%) constitué de NaCl 5g/l, NiSo4 1.25g/l. Les valeurs du champ E transverses à l'axe du champ magnétique statique sont relevées pendant la séquence d'imagerie. Il existe un champ E dans l'axe du champ magnétique statique, mais sa contribution est négligeable devant celle des champs transverses. Le capteur est placé au centre du cube d'agar lui-même placé au centre de l'IRM. Le signal est moyenné 100 fois à l'analyseur de spectre avec une RBW de 4,3Khz

Calibration

Pour obtenir une valeur de champ électrique E à partir du signal mesuré S , il faut étalonner la sonde. On crée un champ de référence homogène entre deux électrodes séparées par le même gel d'agar utilisé en IRM. Cette méthode fonctionne car la sonde possède une réponse linéaire sur la plage dynamique utilisée [2]. Le signal de modulation est alors mesuré avec un analyseur de spectre et permet de retrouver le facteur d'antennes de la chaîne de conversion électro-optique.

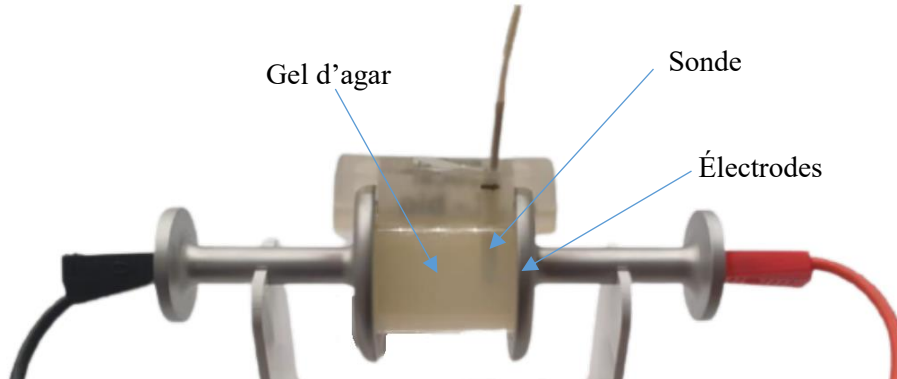


Fig. 1 : Cellule de calibration de la sonde. L'espace inter-électrode est de 40 mm.

3. RESULTATS ET PERSPECTIVES

Pour les deux axes transverses sont mesurés le pic central de l'impulsion avec une dynamique supérieure à 30dB et les deux raies latérales avec une dynamique supérieure à 10dB.

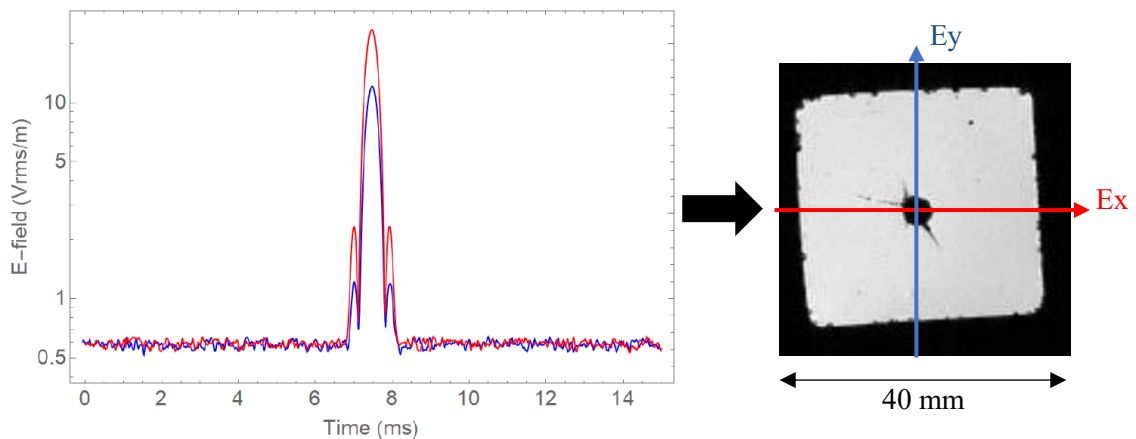


Fig. 2 : Champ électrique horizontal (en rouge) et vertical (bleu) dans le cube d'agar. À droite, l'image obtenue du cube par l'IRM.

En comparant avec une acquisition sans la sonde, on constate que l'image ne présente pas d'artefacts visibles. Pour améliorer la sensibilité du dispositif, une sonde avec un cristal de 5mm sera ultérieurement utilisée. Le prochain objectif sera de caractériser un implant dont l'usage est validé à 3T pour vérifier son comportement à 7T. En augmentant le champ magnétique statique, on augmente la fréquence du champ radiofréquence (RF) et les effets de résonance dans les milieux conducteurs. Il est également recommandé par les normes de se placer dans le cas le plus défavorable, en passant l'angle de bascule de la séquence à 90° et en s'éloignant du centre du tunnel. Par ailleurs une nouvelle cellule de calibration haute fréquence est en développement pour améliorer la précision de l'étalonnage.

4. CONCLUSION

Les mesures directes de champ E sont rare en IRM, L'énergie absorbée par unité de masse est généralement déduite d'une mesure de variation de température. En mesurant le champ E sans perturber le champ magnétique, il devient possible de s'affranchir de contraintes liées aux mesures

de températures, notamment les effets de convection des fluides pour les procédures de caractérisation de compatibilité IRM de dispositifs médicaux [3].

Remerciements : Ce projet est financé par la région Auvergne Rhône-Alpes et le LabEx PRIMES (ANR-11-LABX-0063). Les expériences ont été réalisées sur la plateforme PILOT, membre du réseau France Life Imaging (ANR-11-INBS-0006)

REFERENCES

- [1] P. Kaiser, "A New Optical Fib ASTM F2182-19e2, Standard Test Method for Measurement of Radio Frequency Induced Heating On or Near Passive Implants During Magnetic Resonance Imaging, ASTM International, www.astm.org
- [2] Gaborit, G « A Nonperturbative Electrooptic Sensor for in Situ Electric Discharge Characterization ». IEEE Transactions on Plasma Science 41, n° 10 2851-57. <https://doi.org/10.1109/TPS.2013.2257874>.
- [3] Kainz, W. « MR Heating Tests of MR Critical Implants ». Journal of Magnetic Resonance Imaging 26, n° 3 450-51. <https://doi.org/10.1002/jmri.21020>.