

SONDE ELECTRO-OPTIQUE POUR LA MESURE QUANTITATIVE DU CHAMP ELECTRIQUE RADIOFREQUENCE DURANT UN EXAMEN IRM

Isabelle Saniour (1), Gwenaël Gaborit (2,3), Lionel Duvillaret (3), Anne-Laure Perrier (2), Olivier Beuf (1)

1. Univ. Lyon, CREATIS ; CNRS UMR 5220 ; INSERM U1206 ; INSA-Lyon ; UJM-Saint Etienne ; Université Lyon1 ; 69616 Villeurbanne, France ; 2. Univ. Savoie Mont-Blanc, IMEP-LAHC, UMR 5130, 73376 Le Bourget-du-Lac, France ; 3. KAPTEOS, 73800 Sainte-Hélène-du-Lac, France

Introduction

La mesure en temps réel du champ électrique E associé au champ magnétique radiofréquence (RF) au cours d'un examen d'imagerie par résonance magnétique (IRM) est nécessaire pour évaluer de manière directe le taux d'absorption spécifique (TAS) local et surveiller les échauffements éventuels des tissus du patient. Des dipôles électriques [1], [2] et plus récemment des sondes fondées sur un procédé optique [3] sont les deux types de capteurs qui permettent de déterminer la distribution du champ E pendant un examen IRM. Les mesures sont effectuées soit à proximité des capteurs RF de transmission et/ou de réception soit à proximité d'implants ou prothèses. Les méthodes optiques se sont avérées plus adaptées à l'environnement de l'IRM et plus performantes en termes de résolutions spatiale et temporelle. Cependant, aucune mesure quantitative de la valeur du champ E n'a été obtenue. Dans ce papier, nous présentons, la mesure quantitative des trois composantes du champ E à l'intérieur d'une bobine volumique RF sur un système RM préclinique à 4.7 T en utilisant une sonde électro-optique (EO).

Méthodes

La sonde EO utilisée est constituée d'un cristal biréfringent dont les propriétés optiques changent en présence d'un champ E . Le cristal utilisé est isotrope autorisant la mesure simultanée des deux composantes transverses (E_x et E_y) du champ E pour une coupe $\langle 111 \rangle$ du cristal [4]. Une diode laser ($\lambda=1.55\mu\text{m}$) délivre une puissance optique vers le cristal via une fibre à maintien de polarisation. L'état de polarisation du laser est modulé en fonction du champ E puis traité par des composants optoélectroniques afin d'être converti en un signal électrique et visualisé sur un analyseur de spectre. La sonde EO a été utilisée pour mesurer et déterminer la distribution du champ E dans l'air à l'intérieur d'une bobine volumique RF. Une séquence FLASH a été utilisée avec une impulsion de forme hermite ayant une durée d'excitation de 1ms.

Résultats

La figure 1 montre la linéarité des mesures de champ E en fonction de l'amplitude du champ magnétique RF. Cette linéarité est observée pour les composantes radiales E_r et longitudinale E_z avec une dynamique qui excède 1000V/m pour la composante radiale. La figure 2 présente les trois composantes du champ E mesurées le long de l'axe z . Deux fortes concentrations

de toutes les composantes du champ E apparaissent à 5 cm et 11 cm le long de z .

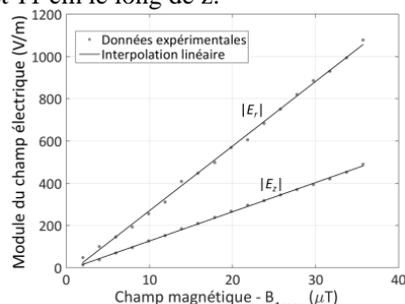


Figure 1: Module du champ E radial $|E_r|$ et longitudinal $|E_z|$ en fonction de l'amplitude du champ magnétique RF.

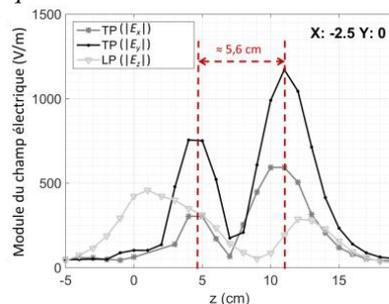


Figure 2: Cartographie des trois composantes du champ E mesurées le long de l'axe z avec un pas de 1cm.

Discussion

Une sonde EO fondée sur l'effet pockels a permis de mesurer quantitativement les trois composantes du champ E durant un examen IRM. L'excellente linéarité de la sonde a été démontrée avec une dynamique qui excède 1000 V/m pour la composante E_y . Les fortes concentrations du champ E correspondant à la position des condensateurs de la structure de la bobine en cage d'oiseau. Cette sonde pourrait être utilisée également dans un milieu biologique pour le control du TAS.

Références

1. H. C. Taylor, et al., Phys. Med. Biol.,42:1395-1402, 1997.
2. P. Nordbeck, et al., Magn. Reson. Med.,60:312-319, 2008.
3. S. Reiss, et al., Phys. Med. Biol., 60:4355-4369, 2015.
4. G. Gaborit, et al., IEEE Trans. Plasma Sci.,42:1265-1272.

Remerciements

Nous remercions la région Rhône-Alpes, la DGA et le LabEX PRIMES (ANR-11-IDEX-0007) pour leurs soutiens financiers.