Cartographie du champ électrique radiofréquence dans une bobine RMN volumique

Isabelle Saniour¹, Gwenaël Gaborit^{2, 3}, Lionel Duvillaret³, Anne-Laure Perrier², et Olivier Beuf¹

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

²Univ. Savoie Mont-Blanc, IMEP-LAHC, UMR 5130, 73376 Le Bourget-du-Lac, France ³KAPTEOS, 73800 Sainte-Hélène-du-Lac, France

But de l'étude

Le taux d'absorption spécifique (TAS) permet d'estimer l'énergie absorbée par les tissus du patient durant un examen IRM qui est traduit par les échauffements locaux. Le TAS est lié notamment au champ électrique (E) associé au champ magnétique (B1) radiofréquence (RF) et d'une manière indirecte à l'élévation de la température. Les capteurs utilisés pour la mesure du champ E ont une réponse plus rapide et une sensibilité bien supérieure que les capteurs thermiques. Les dipôles électriques^{1, 2} et plus récemment des sondes fondées sur un procédé optique³ sont les deux types de capteurs qui permettent de mesurer le champ E. Néanmoins aucune mesure quantitative de la valeur du champ électrique n'a été obtenue et seule une composante du champ E a été étudiée. Dans ce papier, nous présentons les cartographies du champ E à l'intérieur d'une bobine volumique mesurées par une sonde électro-optique et simulées par une méthode des éléments finis.

Matériel et méthodes

Les expériences ont été réalisées en utilisant une sonde électrooptique (EO) dans un système RM préclinique Bruker à 4.7 T. La sonde est constituée d'un cristal biréfringent qui change ses indices de réfraction en fonction du champ E appliqué. Une diode laser ayant une polarisation incidente (λ =1,55µm) est envoyée vers le cristal. La variation des indices de réfraction du cristal induit une modulation de l'état de polarisation du laser qui sera analysée en temps réel et convertie en un signal électrique analogique par l'intermédiaire de composants optoélectroniques pour être visualisé ensuite sur un analyseur de spectre. Une séquence FLASH a été utilisée avec une impulsion de forme hermite ayant une durée d'excitation de 1ms. La simulation du champ E a été faite à l'aide du logiciel COMSOL Multiphysics en utilisant la méthode des éléments finis. La bobine d'émission/réception utilisée est une cage d'oiseau avant un diamètre intérieur de 60 mm (figure 2 a)). Les condensateurs sont placés sur les côtés proximal et distal. Les mesures expérimentales et les simulations ont été effectuées dans l'air.

Résultats

Les trois composantes du champ E ont été mesurées le long de l'axe de z. La figure 1 montre que les fortes concentrations du champ E sont localisées à deux endroits (Z=4 cm et Z= 11cm) pour toutes les composantes. La figure 2 b) représente les cartographies expérimentales du champ E suivant les deux plans XZ et YZ. La distribution du champ E n'est pas uniforme et les fortes concentrations du champ E se trouvent aux positions Z = 4 cm et 11 cm. Le résultat de la simulation est présenté dans la figure 2 c). Les fortes concentrations du champ E (environ 1900 V/m) sont principalement situées à proximité des condensateurs puis diminuent progressivement pour avoir 100 V/m au milieu de la cage d'oiseau.



Figure 1. L'amplitude des trois composantes du champ E mesurées le long de l'axe z. Les composantes Ex et Ev sont mesurées à l'aide d'une sonde transversale et la composante Ez est mesurée par une sonde longitudinale.



Figure 1. a) Schéma de la cage d'oiseau. b) Cartographie 2D du champ E mesurée par la sonde EO suivant les plans XZ et YZ. c) Simulation 3D de la distribution du champ E à l'intérieur de la cage d'oiseau.

Discussion

La distribution et la valeur du champ E mesurée par la sonde EO est similaire aux simulations. Les fortes concentrations du champ E sont situées à proximité des condensateurs et surtout à côté du port de l'excitation RF qui modélise le câble coaxial. Ces premiers résultats obtenus dans l'air prouve que la sonde est suffisamment sensible pour être utilisée dans un milieu biologique et effectuer des mesure de TAS.

Références

1. H. C. Taylor, et al., Phys. Med. Biol., vol. 42, n° 7, p. 1395–1402, 1997. 2. P. Nordbeck, et al., Magn. Reson. Med., vol. 60, n° 2, pp. 312–319, Aug. 2008. 3. S. Reiss, et al., , Phys. Med. Biol., vol. 60, n° 11, p. 4355–4369, Jun. 2015. Remerciements

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