

Réalisation d'un système d'émission-réception 4 canaux dédié au cerveau de rat pour un système RM à 7T.

Anne-Laure Perrier¹, Denis Grenier², Kevin Tse-Ve-Koon², François Burdin³, Nadine Ravel⁴, Philippe Litaudon⁴, Olivier Beuf²

¹Université de Savoie, IMEP-LAHC, UMR 5130, Le Bourget-du-Lac, France,

²Université de Lyon, CREATIS, CNRS UMR 5220, Inserm U1044, INSA-Lyon, Université Lyon 1, Villeurbanne, France,

³Université de Grenoble, IMEP-LAHC; CNRS UMR 5130; France

⁴Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon; CNRS UMR 5292; Inserm U1028; Université Lyon 1, France
anne-laure.perrier@univ-savoie.fr

Résumé

Un système ainsi qu'une bobine d'émission-réception ont été réalisés pour un système RM à 7 T. Ce système d'émission-réception 4 canaux permet de créer un champ magnétique RF B_1+ polarisé circulairement. La combinaison constructive des phases des 4 canaux a été démontrée par des images RM.

1. Introduction

En Résonance Magnétique (RM), malgré la complexité de l'approche, l'intérêt des bobines d'émission-réception (Tx-Rx) multiéléments va croissant car cette technique permet de cibler la création et la détection du signal RMN dans les seules zones d'intérêt de l'objet étudié. L'objectif étant d'améliorer encore le rapport signal sur bruit des signaux pour augmenter les résolutions spatiale et temporelle. Différentes techniques sont utilisées pour découpler les différents éléments de ces bobines Tx-Rx multiéléments. La technique du découplage des canaux par conducteur commun utilisée pour la conception de bobine deux canaux dédié au petit animal à 17.6 T [1] et pour l'imagerie cardiaque à 7 T chez l'homme [2] est reprise dans ce travail pour réaliser une bobine d'émission-réception constituée de quatre canaux dédié au cerveau de rat à 7 T. Nous présentons dans ce travail la réalisation et la caractérisation de la bobine d'émission-réception à quatre éléments puis le système permettant de réaliser l'émission-réception sur un système RM Bruker à 7 T non pourvu de l'option « multi-transmit » (option permettant l'émission sur plusieurs canaux séparés). Pour finir, nous présentons le résultat d'images RM *in vitro* permettant de valider le système d'émission-réception et de fixer ces limites d'utilisation.

2. La bobine émission-réception constitué de quatre éléments.

Une bobine constituée de quatre éléments, découplés entre eux par la méthode du conducteur commun [3] a été réalisée sur un substrat flexible et collée sur un cylindre de 41 mm de diamètre externe adapté à la tête

du rat. Chaque éléments de la bobine est constitué d'une boucle rectangulaire de dimensions interne 20x24 mm² et externe 28x32 mm². Les inductances des boucles sont réalisées par des rubans de cuivre de 4 mm de large et 35 µm d'épaisseur.

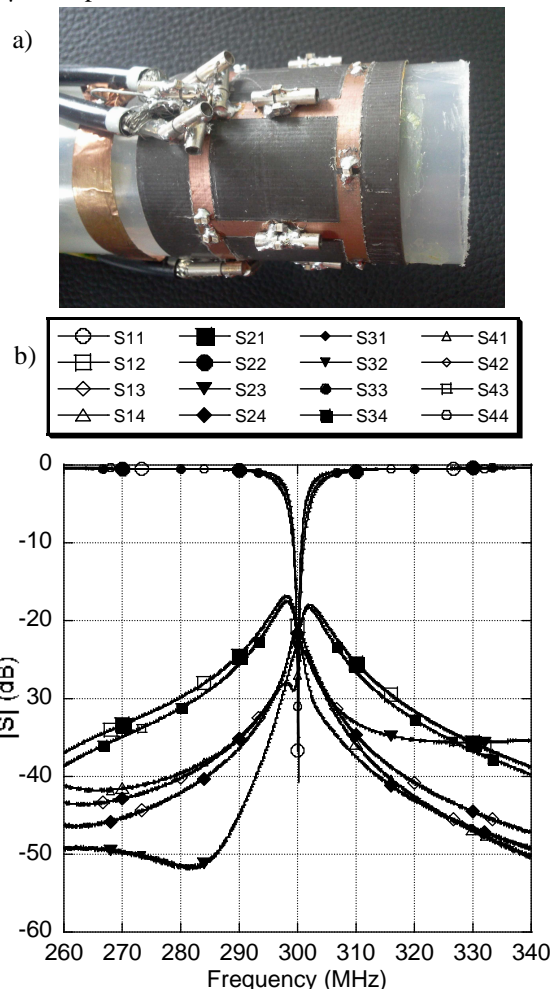


Figure 1. Photographie (a) et caractérisation (b) de la bobine Tx-Rx à quatre éléments.

La bobine Tx-Rx est constituée de 13 condensateurs magnétiques accordables mécaniquement entre 0.8 pF

et 8 pF. Ces condensateurs, capables de supporter les hautes tensions (>500V) lors de l'émission du champ magnétique RF B_1 , permettent à la fois l'accord/adaptation de chaque élément à la fréquence de Larmor mais aussi le découplage entre les éléments. L'ajustement des condensateurs est optimisé en observant les 16 paramètres S de la bobine. Ceux-ci doivent tous être le plus faible possible (en dB) pour avoir à la fois les canaux adaptés et découplés entre eux.

Une photographie de la bobine Tx-Rx est présentée sur la Figure 1a ; les paramètres S de celle-ci chargée par un cylindre d'eau salée sont présentés en Figure 1b. Ces mesures présentent l'adaptation des 4 canaux avec $|S_{ii}| < -20\text{dB}$ à 300 MHz (fréquence de Larmor pour $B_0=7\text{ T}$) et le découplage des canaux deux à deux ($|S_{ij}| < -20\text{dB}$ à 300 MHz).

3. Le système d'émission-réception quatre canaux.

Le système RM Bruker à 7 T pour lequel est conçue la bobine Tx-Rx est un système pourvu d'une seule voie d'émission Tx et de 4 voies de réceptions pour le proton. Dans ce travail, l'objectif était de créer un champ B_1 d'émission polarisé circulairement afin de comparer les images obtenues avec la bobine Tx-Rx à 4 éléments à des images obtenues avec une bobine Rx à 4 éléments ; l'émission étant générée par une bobine commerciale.

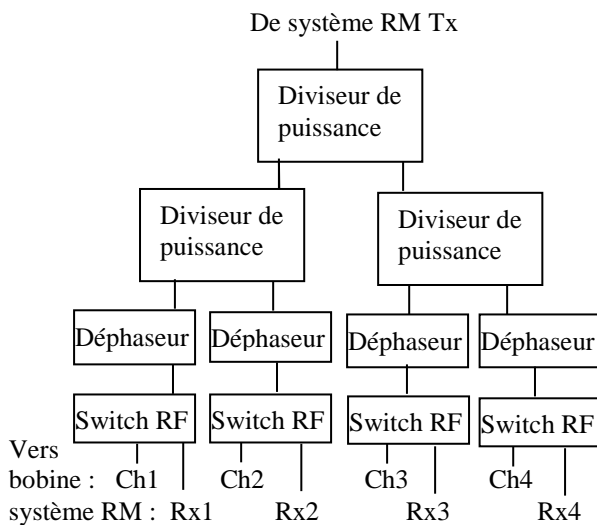


Figure 2. Principe du système Tx-Rx 4 canaux.

Nous avons réalisé un système permettant de partager le signal d'émission Tx en 4 signauxphasés de manière constructive pour générer le signal B_{1+} d'émission. Les signauxphasés sont envoyés sur la bobine Tx-Rx présentée dans le paragraphe précédent via les 4 boucles (notées Ch1 à Ch4). Le signal RMN polarisé circulairement dans le sens opposé à B_{1+} est récupéré par cette même bobine et envoyé sur les 4 canaux de réception du système RM (Rx1 à Rx4). Quatre interrupteurs RF permettent de commuter entre les modes d'émission et de réception. Ces interrupteurs étant commandés par le courant de découplage fourni par le système RM. Le principe du système Tx-Rx est présenté sur la Figure 2. Les diviseurs de puissances [4] et les

déphaseurs [5] ont été réalisés sur du substrat FR4. Les déphaseurs ont été optimisés pour être réglables sur une très large plage de phase avec des pertes minimisées en utilisant des condensateurs accordables mécaniquement entre 0.8 pF et 8 pF ; leur adaptation et leur phase sont réglés à l'aide d'un VNA puis restent fixes pendant les tests par IRM.

4. Test du système par IRM

Le système Tx-Rx a été testé par IRM afin de vérifier la combinaison constructive du signal d'émission. Trois combinaisons de phase ont été validées par une séquence écho de gradient ; donnant un signal homogène comparable à celui obtenu à l'aide d'une bobine Rx. Par contre une séquence écho de spin a montré les problèmes d'inhomogénéités de B_1 liés aux boucles de surface limitant l'utilisation de la bobine Tx-Rx.

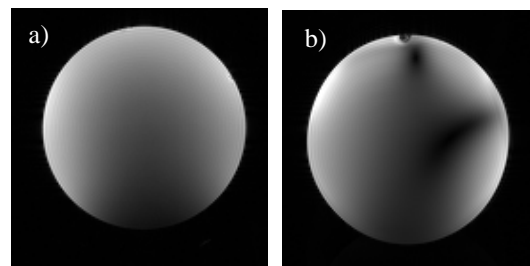


Figure 3. Images acquises par une séquence écho de gradient, d'un cylindre d'eau salée issues d'une recombinaison de phase de B_1 a) constructive et b) non constructive.

5. Conclusion

Ce travail a permis de valider par IRM le système Tx-Rx avec des recombinaisons constructives du signal d'émission B_{1+} en nous faisant prendre conscience de la complexité de l'émission multicanaux par des boucles de surfaces. Des études supplémentaires pour cartographier B_1 en fonction de la puissance d'émission sont indispensables pour pouvoir utiliser ce système Rx-Tx dans un contexte préclinique. Des simulations électromagnétiques seraient aussi nécessaires pour visualiser le champ magnétique RF d'émission B_1 .

6. Remerciements

Ce travail a été financé par l'ANR (#ANR-07-NEURO-030). 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).

7. Bibliographie

- [1] D. Gareis et al., Concepts M.R. Part B, M.R. Eng. 29B:20-27 (2006).
- [2] M.A. Dieringer et al., JMRI 33:736-41 (2011).
- [3] A.L. Perrier et al., Electronics Letters 49: 815816 (2013).
- [4] A.-L. Perrier et al., MOTL 50: 72-75 (2008).
- [5] F. Burdin et al., Progress in Electromagnetics Research Symp. (2013).