

**Stage de M2 Recherche
2017-2018**

Date : A partir de Février 2018 (jusqu'à fin juillet 2018) (début négociable)

Laboratoire : CREATIS

Equipe : RMN et optique : De la mesure aux biomarqueurs

Encadrants : Olivier Beuf, Eric Van Reeth

Co-encadrement: Hélène Ratiney, Raphaël Sablong

Titre : Développements pour l'exploitation d'antenne de surface endoluminale en mode émission/réception

Ce sujet de Master s'inscrit dans le contexte des projets en instrumentation RMN de l'équipe 5 de CREATIS qui développe différents capteurs adaptés à des applications IRM et notamment des capteurs endoluminaux ultrasensibles pour les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin. Les travaux récemment publiés ont démontré sur un modèle murin d'inflammation colique l'intérêt d'utiliser ces sondes endoluminales, pour leur gain en rapport signal sur bruit de 1 à 2 ordres de grandeur par rapport à un capteur « corps entier ». Cependant les sondes endoluminales développées jusqu'ici opéraient en mode unique de réception ; ce qui pose des questions de sécurité. En effet la concentration de champ électrique le long des conducteurs et induite lors de l'émission par la bobine volumique externe associée, provoque un échauffement qui peut être très important. Un moyen de s'affranchir de cette limitation serait d'utiliser ces antennes - ou bobine de champ proche- en émission-réception. Ici, nous souhaitons en explorer les limites et avantages en réalisant les développements nécessaires à leurs mises en œuvre.

En effet, si Les antennes endoluminales de surface, en émission/réception (E/R), présentent l'avantage d'être très sensibles, le volume sensible offert représenté par la distribution du champ radiofréquence B1 est plus petit et non uniforme par rapport à une excitation par une bobine volumique. Ainsi, afin d'utiliser des antennes de surface en E/R et de profiter de leur gain de sensibilité substantiel, l'excitation RF doit à être 'robuste' à ces inhomogénéités (qui dans un cadre conventionnel d'acquisition IRM génèreraient des artefacts délétères ruinant toute analyse quantitative post-acquisition). Ces dernières années, les impulsions radio-fréquence adiabatiques ont fait l'objet d'une attention particulière pour un usage à des champs magnétiques statiques de plus en plus intenses (7T pour l'homme, $\geq 11.7T$ pour le petit animal), elles sont peu sensibles aux non-uniformités du champ RF et possèdent une large bande passante, ce qui est utile pour atténuer les artefacts de déplacement chimique. Différentes méthodes et algorithmes ont été publiés ou brevetés pour le design de ces impulsions. Les techniques de contrôle optimal (CO) appliquées aux équations de Bloch, permettent de générer de nouvelles familles d'impulsions (contrôle) pour un critère donné (e.g maximum de signal) et selon certaines contraintes (e.g inhomogénéités des champs magnétiques). Celles-ci font l'objet de développements récents dans l'équipe en collaboration avec le laboratoire interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (D. Sugny) et l'université de Munich (S. Glaser), dans le cadre du projet franco-allemand Explosys (ANR-DFG).

Le projet de Master se concentrera sur le développement, la caractérisation et la mise en œuvre sur imageur d'antennes endoluminales biocompatibles (taille, physiologie colique et environnement humide) vis-à-vis de leur application sur petit animal et en mode émission/réception. Pour ces antennes, différentes impulsions RF (adiabatiques/générées par CO)

seront évaluées et comparées, en termes d'uniformité des excitations et de sensibilité afin de d'exploiter au mieux leur potentiel. Les expérimentations se feront in vitro voire in vivo selon le degré d'avancement du projet, sur un imageur à 4,7T.

Ce stage permettra au candidat de manipuler et de mettre en pratique les principes physiques de base de l'acquisition d'une image IRM, de l'instrumentation à la création du signal. Ce travail requiert des bases en électronique analogique et en simulations numériques. Une formation sur les principes de l'IRM est recommandée. Ce travail suppose un goût pour l'expérimentation pour des applications biomédicales.

Références

1. Dorez, H., R. Sablong, L. Canaple, H. Saint-Jalmes, S. Gaillard, D. Moussata, and O. Beuf, *Endoluminal high-resolution MR imaging protocol for colon walls analysis in a mouse model of colitis*. Magma, 2016. **29**(4): p. 657-69.
2. Dorez, H., H. Ratiney, L. Canaple, H. Saint-Jalmes, S. Gaillard, D. Moussata, R. Sablong, and O. Beuf, *In vivo MRS for the assessment of mouse colon using a dedicated endorectal coil: initial findings*. NMR in biomedicine, 2017.
3. Detti, V., D. Grenier, E. Perrin, and O. Beuf, *Assessment of radiofrequency self-heating around a metallic wire with MR T1-based thermometry*. Magnetic resonance in medicine, 2011. **66**(2): p. 448-55.
4. Tannus, A. and M. Garwood, *Adiabatic pulses*. NMR in biomedicine, 1997. **10**(8): p. 423-34.
5. Moore, J., M. Jankiewicz, H. Zeng, A.W. Anderson, and J.C. Gore, *Composite RF pulses for B1+-insensitive volume excitation at 7 Tesla*. Journal of magnetic resonance, 2010. **205**(1): p. 50-62.
6. Balchandani, P., J.M. Pauly, and D.M. Spielman, *Algorithm for adiabatic pulse design using the Shinnar Le-Roux transform*. 2013, Google Patents.
7. Skinner, T.E., T.O. Reiss, B. Luy, N. Khaneja, and S.J. Glaser, *Application of optimal control theory to the design of broadband excitation pulses for high-resolution NMR*. Journal of magnetic resonance, 2003. **163**(1): p. 8-15.
8. Van Reeth, E., H. Ratiney, M. Tesch, S.J. Glaser, and D. Sugny. *Optimizing MRI contrast with B1 pulses using optimal control theory*. in *2016 IEEE 13th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*. 2016. IEEE.