

Sujet de thèse de Doctorat

Simulation d'expériences d'angiographie cérébrale par résonance magnétique

Laboratoires d'accueil

- Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie (ICube), Université de Strasbourg (équipe d'accueil : IMIS ; lieu principal de thèse : Institut de Physique Biologique, site de l'hôpital civil de Strasbourg)
- Laboratoire de Mathématiques de Reims (LMR), Université de Reims

Contexte

En imagerie médicale, la visualisation et la caractérisation *in vivo* des structures vasculaires cérébrales permet le diagnostic et le suivi de nombreuses affections vasculaires (sténoses, anévrismes, malformations artérioveineuses, etc.) et fournit aux praticiens (neurologues, neuroradiologues, neurochirurgiens, etc.) des informations cruciales pour le traitement et le suivi des patients. Parmi les modalités d'imagerie classiquement employées, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) permet d'obtenir de telles informations. En effet, l'IRM permet d'acquérir non seulement des images de l'anatomie des vaisseaux mais encore des images fonctionnelles montrant les flux vasculaires (technique de temps de vol [1] ou de contraste de phase [2]).

Au cours des dernières années, la génération d'images médicales virtuelles [3], obtenues en simulant les processus physiques d'acquisition IRM a permis le développement de cadres d'expérimentation et de validation pour les méthodes de traitement et d'analyse d'images médicales 3D, notamment cérébrales [4]. Si les modalités d'images morphologiques ont été explorées, la génération d'images angiographiques virtuelles reste un domaine de recherche quasi vierge [5], notamment pour des images complètes du cerveau.

Le sujet de thèse proposé s'intègre dans un projet de recherche [6] visant à obtenir, à partir de données d'imagerie réelles, un modèle de l'arbre vasculaire cérébral, incluant les flux circulants, associé à un modèle de génération des images que l'on peut obtenir au moyen de la technique d'IRM. En pratique, des images anatomiques du cerveau et des vaisseaux cérébraux seront acquises puis segmentées et une simulation numérique des flux dans ces vaisseaux sera effectuée. À partir de cette connaissance de l'anatomie des vaisseaux et des flux qui y circulent, des expériences d'angiographie par IRM seront simulées ; la simulation obtenue sera confrontée pour validation aux résultats réellement obtenus par les expériences d'IRM.

Description des objectifs

Le travail attendu consistera à :

- superviser sur le plan méthodologique les acquisitions par IRM d'images cérébrales, tant pour l'anatomie vasculaire que pour la mesure des flux sanguins ;
- mettre en place un outil de simulation des expériences d'IRM à partir des données anatomiques et des données de flux calculés ; cet outil pourra soit être programmé *ex nihilo*, soit s'interfacer avec un outil préexistant de simulation IRM (la nécessité d'une approche lagrangienne sera probablement déterminante dans le choix). Cet outil devra inclure la possibilité de simuler les imperfections liées à l'acquisition (bruit, mouvements, défauts d'uniformité, ...) ainsi qu'aux différents phénomènes physiques mesurés (relaxation, flux pulsatile, diffusion, ...) ;
- assurer l'interface scientifique avec les autres équipes travaillant sur ce projet, en travaillant notamment sur les conditions d'entrée et de sortie pour la simulation numérique des écoulements ;
- confronter les résultats simulés aux résultats mesurés pour apprécier la validité du modèle.

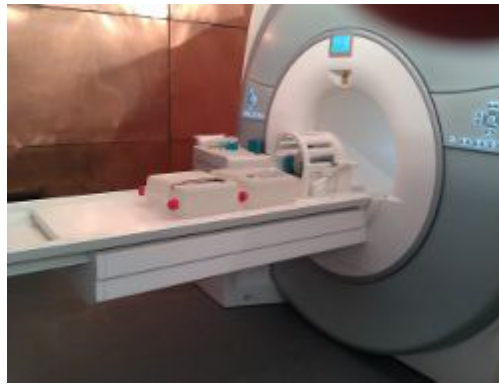


FIGURE 1 – Plate-forme d'imagerie *in vivo* : IRM 3 Tesla.

Cadre et financement de la thèse

Cette thèse de Doctorat se déroulera au sein du projet VIVABRAIN [6], financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), dans le cadre de l'appel d'offre « Modèles Numériques » 2012. Ce projet se déroule sur la période 2013–2016, et inclut donc la durée de la thèse (36 mois, à compter de septembre 2013), de même qu'il assure son financement. Le co-encadrement de la thèse sera assuré par le correspondant scientifique du projet pour le site de Strasbourg, garantissant ainsi la coordination des travaux avec les autres réalisations du projet.

Compétences requises

Le profil idéal du/de la candidat(e) est scientifique ou ingénieur, avec compétences en imagerie médicale et traitement du signal. La connaissance de l'IRM est un atout mais n'est pas indispensable, les connaissances pouvant s'acquérir au cours du stage. Le/la candidat(e) devra avoir de solides compétences en programmation (maîtrise du langage C/C++ et de Matlab souhaitées). Il/elle devra aussi avoir des bases solides en physique.

Compétences acquises lors du travail de thèse

Le/la candidat(e) acquerra une maîtrise de la conception des séquences d'IRM ainsi que des techniques de reconstruction d'images. Il/elle bénéficiera d'un environnement multidisciplinaire (physique de l'IRM, mathématiques du traitement des données, physiologie, neurologie) et apprendra à travailler à l'interface physique-médecine. Il/elle aura accès à une machine d'IRM de 3T de dernière génération dédiée à la recherche (cf. ci-dessus).

Direction de thèse (à contacter pour plus d'informations)

Directeurs :

- Emmanuel Durand, PU-PH, ICube / HUS (e.durand@unistra.fr), docteur en médecine, docteur en sciences (physique)
- Stéphanie Salmon, PR, LMR (stephanie.salmon@univ-reims.fr)

Co-encadrant :

- Benoît Naegel, MCF, ICube, correspondant scientifique du projet VIVABRAIN (b.naegel@unistra.fr)

Références bibliographiques

- [1] S.-E. Kim, D.L. Parker. Time-of-flight angiography. In J.C. Carr, T.J. Carroll, editors, *Magnetic Resonance Angiography*, pages 39–50. Springer New York, 2012.
- [2] C.L. Dumoulin, S.P. Souza, M.F. Walker, W. Wagle. Three-dimensional phase contrast angiography. *Magnetic Resonance in Medicine*, 9(1):139–149 (1989)
- [3] H. Benoit-Cattin, G. Collewet, B. Belaroussi, H. Saint-Jalmes, C. Odet. The SIMRI project: A versatile and interactive MRI simulator. *Journal of Magnetic Resonance*, 173(1):97–115 (2005)
- [4] C.A. Cocosco, V. Kollokian, R.K.-S. Kwan, and A.C. Evans. BrainWeb: Online interface to a 3D MRI simulated brain database. In *Human Brain Mapping*, volume 5 of *NeuroImage*, page S425 (1997)
- [5] S. Lorthois, J. Stroud-Rossman, S. Berger, L.-D. Jou, D. Saloner. Numerical simulation of magnetic resonance angiographies of an anatomically realistic stenotic carotid bifurcation. *Annals of Biomedical Engineering*, 33(3):270–283 (2005)
- [6] VIVABRAIN, virtual angiography simulation from 3D and 3D+t brain vascular models. Projet ANR « Modèles Numériques » 2012.