

Extension d'un logiciel de simulation IRM à des expériences angiographiques

Alexandre Fortin, Stéphanie Salmon, Joseph Baruthio, Maya Delbany, Emmanuel Durand

▶ **To cite this version:**

Alexandre Fortin, Stéphanie Salmon, Joseph Baruthio, Maya Delbany, Emmanuel Durand. Extension d'un logiciel de simulation IRM à des expériences angiographiques. 2ème Congrès de la Société Française de Résonance Magnétique en Biologie et Médecine (SFRMBM 2015), Mar 2015, Grenoble, France. . hal-01701689

HAL Id: hal-01701689
https://hal.univ-reims.fr/hal-01701689

Submitted on 6 Feb 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Extension d'un logiciel de simulation IRM à des experiences angiographiques

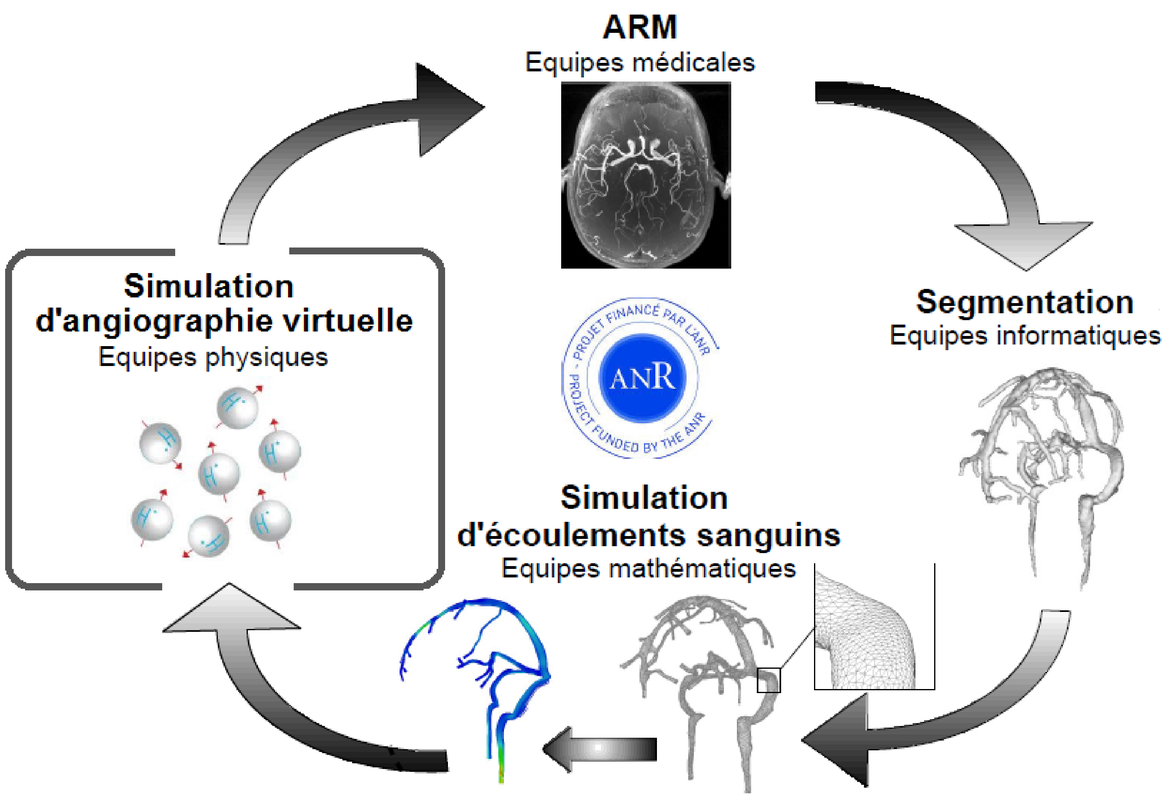
Alexandre FORTIN [1], Stéphanie SALMON [1], Joseph BARUTHIO [2], Maya DELBANY [2], Emmanuel DURAND [2–3]

[1]Université de Reims, LMR, EA 4535, CNRS, ARC 3399 ; [2]Université de Strasbourg, ICube, UMR 7357, CNRS, FMTS ;
[3]Université Paris-Sud XI, IR4M, UMR 8081, CNRS

Motivations

L'angiographie par résonance magnétique est couramment employée en routine clinique. Cependant, aucun parmi les logiciels de simulation IRM les plus avancés (JEMRIS, ODIN, SIMRI) n'offre actuellement d'option pour les flux sanguins, bien que plusieurs méthodes aient été développées pour simuler l'angiographie de manière spécifique [1] [2] [3]. Notre extension du logiciel JEMRIS a donc pour but de proposer à la communauté un outil complet pour l'angiographie virtuelle, incluant par ailleurs tous les avantages de ce simulateur IRM moderne.

Contexte : projet ANR VIVABRAIN*

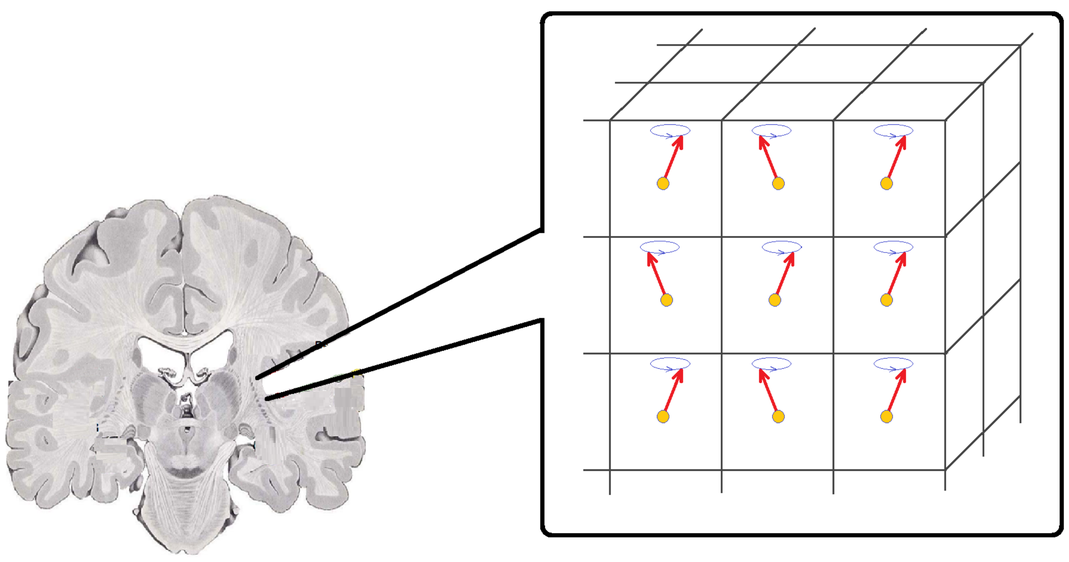


Le simulateur JEMRIS

JEMRIS est un logiciel avancé de simulation IRM en langage C++, open-source et librement modifiable [4]. Plusieurs GUI Matlab optionnelles offrent une grande liberté pour la conception de séquences originales, comprenant des gradients et impulsions de formes arbitraires, ainsi que la gestion des divers paramètres de simulation. De nombreux facteurs d'off-resonance sont pris en compte tels que déplacement chimique, termes de Maxwell, susceptibilité magnétique... ainsi que d'autres phénomènes accompagnant éventuellement le processus d'imagerie (diffusion moléculaire, bruit gaussien, mouvements du patient...).

Principe : sommation d'isochromates

L'échantillon à imager est découpé en sous-volumes supposés présenter des propriétés physiques uniformes : temps de relaxation $T1$, $T2$, $T2*$, aimantation à l'équilibre M_0 et susceptibilité magnétique χ. Le signal produit par chacun de ces isochromates est ensuite calculé numériquement et sommé sur l'ensemble de l'échantillon.



Calcul du signal RM

Le signal mesurable émis par chaque isochromate est obtenu par résolution numérique des équations de Bloch.

⇒ **Equations de Bloch :** Evolution temporelle de l'aimantation macroscopique

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = \gamma \mathbf{M} \times \mathbf{B} - \hat{\mathbf{R}}(\mathbf{M} - \mathbf{M_0})$$

$\mathbf{M}$ *l'aimantation du tissu,* γ *le rapport gyromagnétique de l'hydrogène,* $\mathbf{B}$ *le champ magnétique externe,* $\hat{\mathbf{R}}$ *la matrice de relaxation contenant les temps T1 et T2.*

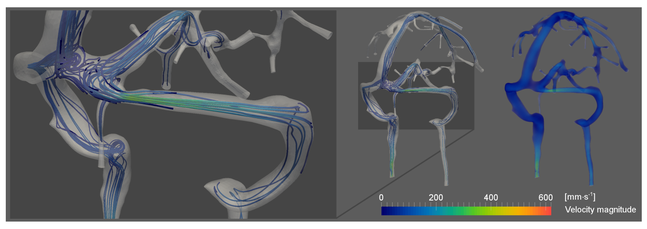
Le terme de champ magnétique $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ contient l'ensemble des évènements de la séquence (gradients et impusions RF). Son expression est donnée par :

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}, t) = [\mathbf{G}(t).\mathbf{r} + \Delta B(\mathbf{r}, t)].\mathbf{e_z} + \mathbf{B_{RF}}(\mathbf{r}, t)$$

$\mathbf{G}(t)$ *la séquence de gradients,* $\mathbf{r}$ *la position de l'isochromate,* $\Delta B(\mathbf{r}, t)$ *les écarts de champ dus à l'off-resonance et aux non-uniformités de gradients,* $\mathbf{B_{RF}}(\mathbf{r}, t)$ *la séquence d'impulsions RF.*

Prise en compte des mouvements fluides

La manière la plus simple de simuler les mouvements, en particulier les flux sanguins, consiste à rendre la position des isochromates variable au cours du temps : $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$. Ceci suppose de déterminer en amont les trajectoires de chaque particule par des simulations de mécanique des fluides.



Notre extension de JEMRIS permet à présent de simuler des flux sanguins en spécifiant une trajectoire particulière pour chaque isochromate.

Résultats de simulation

- ARTEFACTS DE FLUX

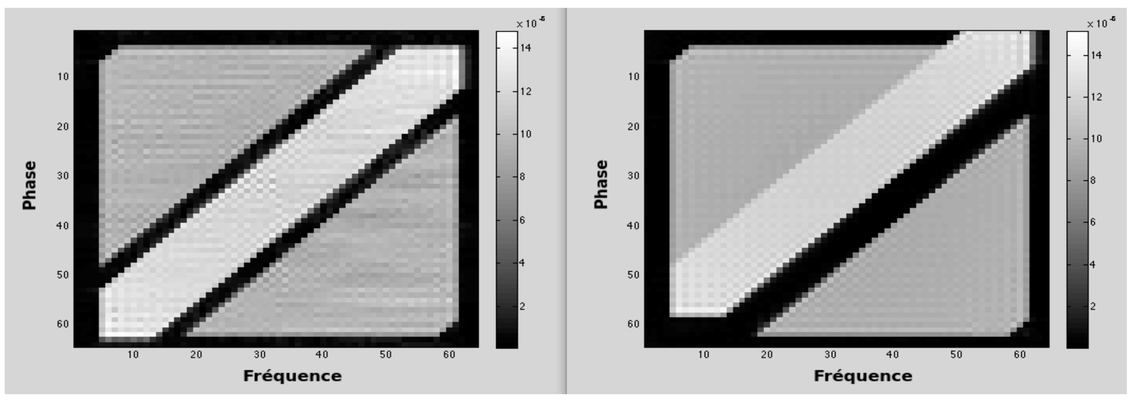


Figure: *L'artéfact de déplacement est un artéfact de flux bien connu en IRM. Il est ici simulé au moyen d'un écoulement bouchon dans un tuyau rectiligne orienté obliquement. (Gauche) Image sans artéfact, grâce à une séquence compensée en flux. (Droite) Artéfact de déplacement sur séquence non compensée ; le fluide apparaît décalé par rapport au tuyau en raison du mouvement des spins entre le codage de phase et celui en fréquence.*

- VELOCIMETRIE PAR CONTRASTE DE PHASE

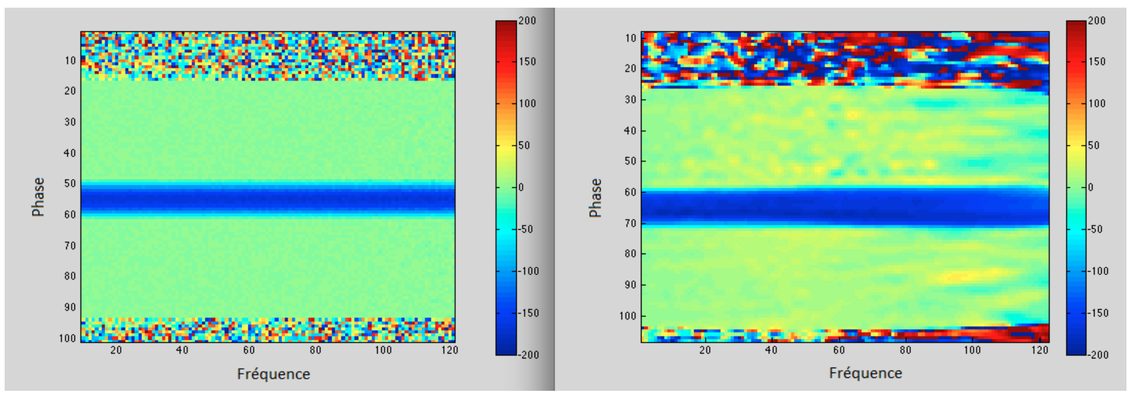


Figure: *Carte vélocimétrique d'écoulement dans un tuyau rectiligne, en coupe longitudinale. L'image simulée est ici comparée à une image réelle acquise sur un fantôme physique d'écoulement, dans des conditions physiques semblables. En bleu : écoulement. En vert : structures statiques. (Gauche) Image simulée. (Droite) Fantôme physique.*

* http://icube-vivabrain.unistra.fr

[1] Marshall I. Journal of Magnetic Resonance Imaging. 31(4) (2010) 928-934
[2] Lorthois S. Annals of Biomedical Engineering 33(3) (2005) 270-283
[3] Jurczuk K. Magnetic Resonance Imaging 31(7) (2013) 1163-1173
[4] Stocker T. Magnetic Resonance in Medicine 64(1) (2010) 186-193

Mars 2015