

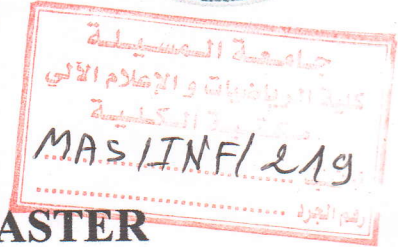
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**  
**FACULTE DES MATHÉMATIQUES ET**  
**DE L'INFORMATIQUE**



**DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE**



**MEMOIRE de fin d'étude**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER**

**Domaine : Mathématiques et Informatique**

**Filière : Informatique**

**Spécialité : Technologie de l'Information et de la Communication**

**Par : GHERBI Besma**

**SUJET**

**Développement d'une interface graphique pour  
la reconstruction en imagerie parallèle**

**Soutenu publiquement le : //2016 devant le jury composé de :**

.....	Université de M'sila	Président
<b>Mr. BENOUIS Mohamed</b>	Université de M'sila	Rapporteur
.....	Université de M'sila	Examineur
.....	Université de M'sila	Examineur

**Promotion : 2015 /2016**

1 Introduction	04
2 principe physique de l'IRM	04
3 Phénomènes de relaxation	06
3.1 Relaxation longitudinale	06
3.2 Relaxation transversale	07
4 Equation de Bloch	08
4.1 Repère tournant	09
5 Détection du signal RMN	10
6 Séquences utilisées en IRM	11
6.1 Séquence écho de spin	11
6.1.1 Temps de répétition $T_R$	11
6.1.2 Temps d'écho $T_e$	12
6.2 Séquence Echo de gradient	12
7 Encodage spatial du signal	13
7.1 Sélection de coupe	13
7.2 Encodage	14
7.2.1 Encodage de phase	14
7.2.2 Encodage de fréquence	15
7.3 Echantillonnage de l'espace $k$	16
8 conclusion	19
<b>Chapitre II : Etat de l'art des méthodes de reconstruction en imagerie parallèle</b>	
1. Introduction	21
2 Principe de l'IRMp	21
2.1 Antennes en réseau phasé	22
3 Intérêt de l'imagerie parallèle en IRM	22
4 Acquisition de l'espace $k$ des images	23
5 Sous-échantillonnage de l'espace $k$	23

6 Reconstruction des images	24
7 Estimation des cartes de sensibilités des antennes	24
8 Reconstruction SENSE	25
8.1 Régularisation de Tikhonov dans le domaine spatial	26
9 Reconstruction SENSE 2D	27
10 Reconstruction GRAPPA	27
11 Reconstruction GRAPPA 2D	30
12 Conclusion	32
<b>Chapitre 3:</b>	
1. Introduction	34
2. Rapport signal sur bruit(SNR)	34
3. L'erreur quadratique moyenne normalisée (NMSE)	34
4. Indice de similarité Structurale moyen(MSSIM)	35
5. Résultats et discussion	36
6. Reconstruction SENSE	36
6.1. Expérience sur l'image fantôme	37
6.1.1 Rapport signal sur bruit (SNR)	38
6.1.2 L'erreur quadratique moyenne normalisée (NMSE)	38
6.1.3 Indice de similarité Structurale moyen(MSSIM)	39
6.1.4 Images reconstruites	39
7 Reconstruction SENSE 2D	42
7.1 Rapport signal sur bruit (SNR )	42
7.2 L'erreur quadratique moyenne(NMSE)	43
7.3 Indice de similarité Structurale moyen( (MSSIM)	43
7.4 Images reconstruites SENSE 2D	44
7.4.1 SENSE 2D sans régularisation	44
7.4.2 SENSE 2D avec régularisation	45
8 Reconstruction SENSE 2D sur les images réelles brain	47
9 Reconstruction GRAPPA 1D	48
9.1 L'erreur quadratique moyenne normalisée (NMSE)	48
9.2 Indice de similarité Structurale moyen(MSSIM)	49
9.3 Images reconstruites	50
10. Reconstruction GRAPPA 2D	51

10.1 Rapport signal sur bruit (SNR )	51
10.2 L'erreur quadratique moyenne normalisée (NMSE)	52
10.3 Indice de similarité Structurale moyen(MSSIM)	53
10.4 Images reconstruites	53
11 Reconstruction GRAPPA 2D sur l'image brain	56
12 Conclusion	58
<b>Chapitre 4 :</b>	
1 Introduction	60
2 Présentation du guide	60
3 Réalisation logicielle	60
4 Présentation du simulateur	63
5 Résultats expérimentaux	66
5.1 SENSE	66
5.2. SENSE 2D	68
5.2.1 SENSE 2D sur les images réelles	69
5.3.GRAPPA	70
5.4.GRAPPA 2D	70
5.4.1 GRAPPA 2D sur les images réelles	71
6 Comparaison entre les méthodes	71
7.Conclusion	72
<b>Conclusion générale</b>	74
<b>Bibliographie</b>	75

## INTRODUCTION GENERALE

L'imagerie parallèle est devenue l'approche la plus utilisée en imagerie médicale, notamment pour permettre une imagerie plus rapide que l'imagerie classique. L'IRMp est l'une de ces techniques qui est utilisée afin de permettre des acquisitions plus rapides. ce qui beaucoup de problèmes tel que la perte de temps ou Le temps d'exposition du patient dans environnement IRM et La qualité d'image...etc. Dans ce travail on a essai de minimisé le tempe d'exposition du patient dans environnement IRM aussi amélioration de la qualité limage. L'objectif de ce mémoire est de démontrer différentes approches de reconstruction, L'acquisition des images IRM (conventionnelle) consiste en une répétition d'expériences de RMN élémentaires, soit une succession d'excitations/acquisitions, chacune de ces expériences permettant de recueillir une partie de l'information image, codée en fréquence. Ce processus est séquentiel par nature, et donc relativement lent. Une des questions d'actualité en IRM est donc celle de la réduction du temps d'acquisition des données en conservant une bonne qualité des images. Dans cette optique, des techniques d'imagerie rapide ont été élaborées pour réduire le temps d'acquisition, l'imagerie par résonance magnétique parallèle (IRMp) est l'une de ces techniques qui sont apparues depuis les années 90. Ce type d'imagerie consiste en général à réduire le nombre de lignes acquises de l'espace  $k$  et à utiliser des connaissances a priori sur l'objet ou l'organe imagé en vue de retrouver les données non acquises. Afin de réduire le temps lors de l'acquisition d'une séquence d'image, un sous-échantillonnage a été appliqué dans l'espace  $k$ , à savoir qu'on acquiert qu'une ligne sur  $R$  (facteur d'accélération) lignes. L'objectif de ce mémoire est de développer une interface graphique permettant la reconstruction des images IRM par différentes approches utilisées en imagerie parallèle telles que SENSE, GRAPPA, SENSE2D et GRAPPA2D .Toutes les applications ont été regroupées dans une interface réalisée sur Matlab2013 avec le guide dans le but de faciliter l'exécution des applications.

dans le premier chapitre, nous allons présenter brièvement, le principe physique de l'imagerie par résonance magnétique (IRM). A ce propos, nous allons présenter les différentes étapes de l'acquisition du signal IRM et de la formation d'une image afin de mieux comprendre par la suite le problème de la reconstruction.

Le deuxième chapitre, présente l'état de l'art des méthodes de reconstruction en imagerie parallèle. Nous allons détailler le principe et l'intérêt de l'imagerie par

résonance magnétique parallèle (IRMp). Nous expliquerons le mécanisme de la reconstruction des images par différentes méthodes, soit des méthodes qui ont besoin d'estimer les cartes de sensibilité telle que SENSE ou bien des méthodes utilisant des lignes d'autocélébration telle que GRAPPA, ces deux méthodes sont les plus utilisées dans la pratique clinique.

Dans le troisième chapitre nous présenterons les algorithmes et les résultats de Reconstruction SENSE et GRAPPA. Grâce aux limites de ces deux méthodes de reconstruction, nous allons introduire d'autres méthodes de reconstruction telles que SENSE2D et GRAPPA 2D utilisant un sous échantillonnage selon les deux directions d'encodages de phase et ceci dans le but de réduire le temps de reconstruction ainsi d'améliorer la qualité de l'image. Nous allons détailler les étapes de chaque méthode par lesquelles nous nous sommes passés pour effectuer une reconstruction. Nous définirons aussi les paramètres de performance permettant d'étudier la qualité d'images fournies par ces méthodes de reconstruction. Les images reconstruites seront analysées en étudiant les paramètres suivants : rapport signal sur bruit (SNR), l'erreur quadratique moyenne (NMSE) et l'indice de similarité moyenne (MSSIM).

Dans le chapitre quatre, nous allons développer un logiciel sous environnement Matlab appliqué à la reconstruction des images IRM par les différentes méthodes de reconstruction : SENSE, GRAPPA, SENSE2D, GRAPPA2D. Nous décrirons toutes les étapes nécessaires par lesquelles nous nous sommes passés pour effectuer une reconstruction. Le logiciel permet d'étudier l'effet de la régularisation sur les méthodes SENSE et GRAPPA, il compare les méthodes SENSE 1D et SENSE 2D ainsi que les méthodes GRAPPA 1D et GRAPPA2D. Les résultats de chaque méthode seront représentés par des paramètres de performance.

## CONCLUSION GENERALE

L'imagerie par résonance magnétique parallèle (IRMp) est une technique d'imagerie médicale sur laquelle se basent plusieurs applications médicales. Mais, la reconstruction des images avec un temps d'acquisition réduits posent un problème chez les médecins, Ceci motive énormément les traiteurs de signal et d'image pour trouver des solutions fiables. Nous avons présenté en premier lieu les étapes les plus importantes pour l'acquisition des images médicales par résonance magnétique, ainsi que les méthodes de reconstruction les plus récentes et les plus efficaces, dans le but d'avoir des images plus rapide que l'IRM classique et afin de garantir le même niveau de diagnostic. Nous avons présenté notre contribution dans le cadre de la reconstruction d'images fantôme ou réelles en IRM parallèle. Dans cette partie, nous avons présenté aussi une étude comparative entre les différents algorithmes de reconstruction utilisées dans ce mémoire. Le but de cette comparaison est de chercher la méthode la plus performante permettant d'améliorer la qualité de l'image reconstruite. Dans la deuxième partie de notre travail, nous avons développé une interface graphique à travers laquelle, l'utilisateur peut agir sur les paramètres d'entrées et reconstruire l'image IRM en choisissant l'une des méthodes de reconstruction utilisées. A travers ces applications l'utilisateur est capable de tester la qualité des images reconstruites visualisés sur l'interface par les différentes méthodes, en agissant sur les boutons permettant de calculer les paramètres évaluant la qualité tels que le SNR, le NMSE et le MSSIM. Les résultats obtenus montrent l'efficacité de chaque algorithme de reconstruction. Par exemple l'algorithme SENSE et GRAPPA partagent presque les mêmes résultats à un facteur d'accélération réduit, lorsque ce dernier augmente, la qualité de l'image se dégrade. Le temps de reconstruction à ce niveau est un peu long. Une méthode de régularisation a été appliqué sur ces deux algorithmes afin de réduire le temps d'acquisition et d'améliorer la qualité des images reconstruites. D'autres amélioration sont été étudiées afin de diminuer la durée d'acquisition, ce sont les méthodes SENSE 2D et GRAPPA 2D. Après la validation de ces études on constate que la reconstruction GRAPPA2D meilleurs que les autres . Comme perspectives : avoir une image de bonne qualité même si le R augmente .

**Article:**

- [1] Marie XAVIER, 'Étude quantitative du mouvement de la paroi du coeur à partir d'images ciné-IRM par des méthodes fréquentielles de flux optique', thèsedoct, Instrumentation et Informatique de l'Image, Univ, Bourgogne, 2010.
- [2] B. FERNANDEZ, 'Techniques Adaptatives pour l'Imagerie par Résonance Magnétique des Organes en Mouvement', thèsedoct. Automatique et Trait. Signal. Univ. Henri Poincaré, nancy.230 p, 12 Novembre 2010.
- [3] Josiane Adrienne YANKAM NJIWA, 'Reconstruction d'images de résonance magnétique à partir de l'espace  $k$  partiel', thèsedoct, L'institut National des Sciences Appliquées de Lyon, formation doctorale : Images & Systèmes Ecole doctorale : Electronique, Electrotechnique et Automatique, 2007.
- [4] Maélène Lohéziec, 'Reconstructions Adaptatives pour l'Imagerie par Résonance magnétique des Organes en Mouvement', thèse doct, Automatique et Trait, Signal, Univ. Henri Poincaré, Nancy, p.230, 11 octobre 2011.
- [6] Matt A. Bernstein, Kevin F. King, and Xiaohong Joe Zhou. Handbook of MRI Pulse sequences. Elsevier, 2004.
- [7] M. A. BERNSTEIN, K. F. KING, X. J. ZHOU, 'Handbook of MRI Pulse Sequences', elsevier Academic Press, 2004.
- [8] Liang Z-P, Lauterbur, P.C. Principles of Magnetic Resonance Imaging: A Signal processing Perspective. New York: IEEE Press; 2000.
- [9] P. C. LAUTERBUR, 'Image formation by induced local interactions: Examples employing nuclear magnetic resonance', Nature, 242(5394):190-191, 1973.
- [10] E. M. Purcell, H. C. Torrey, and R. V. Pound, 'Resonance absorption by nuclear magnetic moments in a solid', Phys. Rev, 69(1-2):37-38, Jan 1946.
- [11]: 2D SENSE for Faster 3D Imaging
- [12] Lotfi Chaari, 'Reconstruction d'images pour l'Imagerie par Résonance Magnétique parallèle IRMp', Cycle de Formation des Ingénieurs en Télécommunications, Option : SERCOM, Ecole supérieure des communications, Tunis, 2007.
- [13] Wang J, Kluge T, Nittka M, et al. Parallel acquisition techniques with modified SENSE reconstruction mSENSE. Proceedings of the first Wurzburg workshop on parallel imaging basics and clinical applications. Wurzburg, Germany, 2001

[14] M Uecker, P Lai, M .J Murphy, P Virtue, M Elad, J. M Pauly,SSVasanawala,. and M lustig, 'ESPIRiT: an eigenvalue approach to autocalibrating parallel MRI: Where SENSE meets GRAPPA', MagnReson Med. Doi,10.1002/mrm.24751,2013.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mrm.24751/abstract>

[15] M.Kariche, N.Bouzara. 'simulation des algorithmes pour la reconstruction des images parallèle ', mémoire master, 2015.

[16] Markus Weiger, Klaas P. Pruessmann, Peter Boesiger, '2D SENSE for Faster 3D Imaging', Institute of Biomedical Engineering and Medical Informatics, Univ, ETH Zurich, zurich, Switzerland,2000.

[17] D S. WELLER, S RAMANI, J F NIELSEN, J A FESSLER, 'Monte Carlo SURE-Based parameter Selection for Parallel Magnetic Resonance Imaging Reconstruction', Magnetic Resonance in Medicine, 2013

**site web:**

[5] <http://www.imaio.com/fr/e-Cours/e-MRI/imagerie-parallele/échodespin>

[14] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mrm.24751/abstract>

### **الملخص :**

في هذه المذكرة ناقشنا الأساسيات الفيزيائية لتصوير بالرنين المغناطيسي IRM ، ومختلف الطرق لإعادة بناء صور باستعمال الرنين المغناطيسي المتوازي ، وأجرينا عدة محاكاة على الصور الوهمية والصور الحقيقية لرؤية أداء التطبيق الخاص بنا. فقمنا بتطوير واجهة المستخدم الرسومية في فضل MATLAB المطبق على إعادة بناء صور الرنين المغناطيسي IRM في مجال التصوير المتوازي.

### **Abstract:**

In this paper, we have discussed the basics of MRI, different ways to reconstruct images by the magnetic parallel resonance, we have done several simulations on the virtual images and the real images to see our application performance. We have developed the graphical user interface in MATLAB environment and applied on reconstructing images by the magnetic resonance in parallel imaging.

### **Résumé :**

Dans ce mémoire nous avons évoqué les bases physiques de l'IRM, les différentes méthodes de reconstruction des images par résonance magnétique parallèle, et nous avons effectué plusieurs simulations sur les images fantômes et les images réelles afin voir les performances de notre application. Nous avons développé une interface graphique sous environnement MATLAB appliquée à la reconstruction des images IRM en imagerie parallèle