

OFFRE DE STAGE MASTER 2

OPTIMISATION DES PARAMÈTRES DE SÉQUENCES IRM

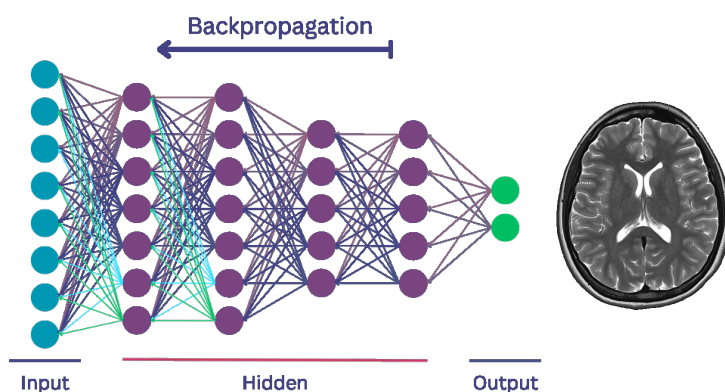
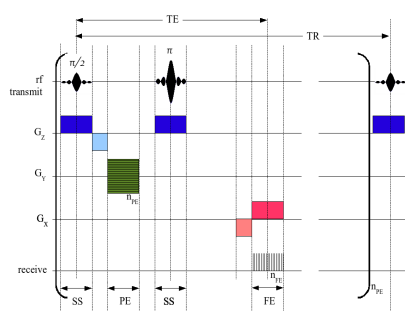
Exploration de l'usage des outils d'apprentissage automatique pour l'optimisation de séquences IRM.

Année universitaire : 2026–2027

Laboratoire : CREATIS (Campus de la Doua, Villeurbanne)

Équipe : MAGICS

Encadrement : Éric VAN REETH (eric.van-reeth@creatis.insa-lyon.fr)



Contexte du stage

Ce stage de 6 mois se déroulera au sein du laboratoire de recherche CREATIS (campus de la Doua, Villeurbanne), centre de recherche dans le **domaine de l'imagerie médicale**. Plus précisément, il sera effectué au sein de l'équipe MAGICS dédiée aux domaines de l'**imagerie par résonance magnétique** et de l'imagerie optique. L'objectif de cette équipe est à la fois de proposer des méthodes innovantes d'acquisition et d'identifier des biomarqueurs pertinents pour le diagnostic clinique. Ce stage s'effectuera en présentiel et sera encadré par **Éric Van Reeth** (enseignant/chercheur). La gratification mensuelle sera de l'ordre de 600 €.

Contexte scientifique

Les séquences IRM sont composées d'un grand nombre d'évènements (impulsions radiofréquences, gradient de champ magnétique, délais) dont le rôle est de générer une image porteuse d'informations utiles pour le diagnostic. En fonction de la valeur des paramètres associés à ces évènements (durée, amplitude, fréquence, ...), l'aimantation qui émane des tissus d'intérêt évolue de manière différente pendant la séquence, produisant *in fine* une image différente. Trouver le jeu de paramètres optimal est donc à la fois une tâche nécessaire et extrêmement difficile du fait :

- de l'inter-dépendance de l'effet de chacun des paramètres,
- du nombre de paramètres à optimiser (plusieurs milliers),
- de la non-convexité du problème d'optimisation,
- des imprécisions sur le modèle physique considéré.

L'équipe MAGICS développe depuis plusieurs années une approche d'optimisation basée sur la théorie du contrôle optimal afin d'optimiser ces paramètres [1]. Cette méthode vise à contrôler la dynamique d'une ou plusieurs trajectoires d'aimantation pendant une séquence IRM de sorte à optimiser un coût dépendant de l'application visée (contraste souhaité, rapport signal-à-bruit, sensibilité à un paramètre physiologique, ...). L'algorithme GRAPE [2], propose une résolution numérique efficace à ce problème. Il repose sur une propagation directe et inverse de chaque trajectoire considérée pour le calcul explicite du gradient du coût par rapport aux variables considérées.

Cette stratégie peut être rapprochée de l'approche utilisée lors de **l'entraînement de réseaux de neurones profonds**, pendant lequel les poids du réseau sont optimisés à partir de la rétro-propagation du coût. Les structures de données Python utilisées dans ce cadre (PyTorch, Jax), permettent en effet grâce au principe de l'**auto-différentiation**, de calculer le gradient du coût par rapport à chaque poids. L'explosion de l'usage des réseaux de neurones profonds a permis un essor important des méthodes d'optimisation associées (Adam notamment). Dans ce contexte, le programme du stage consistera à :

- investiguer l'implémentation du code de contrôle optimal dans un cadre permettant l'utilisation des outils d'optimisation de PyTorch,

- insérer les développements réalisés dans un code Python existant afin de comparer les performances des deux approches,
- valider les résultats obtenus en réalisant des acquisitions sur IRM.

Ces travaux seront menés en **collaboration avec la plateforme d'imagerie PILoT (Figure 1)** hébergée au laboratoire, et contenant notamment 2 IRM pré-cliniques à haut-champ (7T et 11.7T). **Les**



FIGURE 1 – IRM pré-clinique 11.7T de la plateforme PILoT qui pourront permettre de comparer les simulations à de vraies acquisitions.

développements méthodologiques réalisés pendant ce stage seront appliqués sur ces images.

Profil du candidat

Le.a candidat.e est en **dernière année d'école d'ingénieur, ou en Master 2**, et a une solide formation en **mathématiques appliquées et optimisation numérique**. La connaissance de la **physique de l'IRM** est un plus. Une **bonne maîtrise du Python** est obligatoire pour le développement des solutions et la prise en main d'un code existant. Dotée d'un fort esprit d'équipe, la personne recrutée est motivée pour que les résultats issus de son stage soient directement exploitables par l'équipe de recherche. Enfin, un **bon niveau d'anglais** est également attendu.

Contact

Pour candidater, un CV et une lettre de motivation sont à envoyer à :

- Eric VAN REETH (CREATIS) : eric.van-reeth@creatis.insa-lyon.fr

Références

- [1] E. VAN REETH, H. RATINEY, M. LAPERT, S. J. GLASER et D. SUGNY, « Optimal control theory for applications in magnetic resonance imaging, » *Pacific Journal of Mathematics for Industry*, t. 9, n° 1, p. 9, oct. 2017. DOI : 10 . 1186/s40736-017-0034-3
- [2] N. KHANEJA, T. REISS, C. KEHLET, T. SCHULTE-HERBRÜGGEN et S. J. GLASER, « Optimal control of coupled spin dynamics : design of NMR pulse sequences by gradient ascent algorithms, » *Journal of Magnetic Resonance*, t. 172, n° 2, p. 296-305, 2005. DOI : 10 . 1016/j . jmr . 2004 . 11 . 004