



Université Claude Bernard



Lyon 1

# DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : 16 janvier 2020

Prénom et nom de famille de l'auteur : **Aldo MARZULLO**

Titre de la thèse : « *Apprentissage profond et théorie des graphes pour l'analyse de la connectivité cérébrale dans la sclérose en plaques* »



## Résumé

La sclérose en plaques (SEP) est une maladie chronique du système nerveux central, principale cause de handicap d'origine non traumatique chez l'adulte jeune. Il se caractérise par de nombreux processus de démyélinisation inflammatoire qui provoquent une vaste gamme de symptômes, notamment des déficits cognitifs et invalidité irréversible. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est aujourd'hui l'outil de référence pour le diagnostic de la maladie. L'emploi de techniques d'imagerie avancées comme la spectroscopie par résonance magnétique et l'IRM de diffusion (DTI) sont les principaux outils de détection des altérations autres que les lésions cérébrales visibles. Ces techniques ont également permis de mieux comprendre mécanismes pathologiques dans la substance blanche. En particulier, de nouvelles approches basées sur la représentation d'images IRM utilisant la théorie des graphes ont été appliquées avec succès pour l'étude et la quantification des dommages à la substance blanche.

La dernière décennie a vu l'émergence de prometteuses méthodes d'apprentissage profond pour l'étude des réseaux sociaux. Ces méthodes ont ouvert des perspectives fascinantes en neurosciences pour l'étude de la connectivité structurelle et fonctionnelle du cerveau. Grâce à leur capacité à analyser d'énormes quantités de données et à identifier les relations latentes, ce domaine de l'intelligence artificielle a connu un assez grand succès dans la communauté scientifique et s'applique désormais dans de nombreux contextes, notamment le diagnostic médical.

Dans ce manuscrit, nous présenterons les différentes techniques d'apprentissage profond développées dans ce travail concernant l'analyse des images biomédicales et, en particulier, pour la classification et la caractérisation des patients atteints de SEP. Dans ce contexte, la connectivité structurelle est utilisée pour représenter les patients. En fait, la théorie des graphes est devenue un outil sensible pour la détection des altérations causées par les pathologies cérébrales, et peut être combinée à des techniques d'apprentissage automatique afin d'identifier les propriétés structurelles latentes utiles pour étudier la progression de la maladie.

La première partie de ce manuscrit est consacré à la description de l'état de l'art. Cet état de l'art se focalisera sur les études montrant les effets de la SEP sur les faisceaux de SB grâce à l'emploi de l'imagerie de tenseur de diffusion. Une description des principales techniques d'apprentissage profond sera également fournie, ainsi que des exemples d'applicabilité dans le contexte biomédical.

Dans la seconde partie, deux techniques d'apprentissage profond seront proposées, concernant la génération de nouvelles images IRM du cerveau humain et l'identification automatique du disque optique dans les images du fond oculaire.

Dans la troisième partie, nous présenterons les techniques d'apprentissage profond combinées à la théorie des graphiques que développée dans ce travail pour étudier la connectivité structurelle des patients atteints d'une SEP. Nous présenterons en particulier des modèles de réseaux de neurones basés sur la théorie des graphes pour la classification des patients dans leurs formes cliniques. Une attention particulière sera accordée à l'interprétation de ces modèles afin d'identifier les sous-structures cérébrales potentiellement importantes. Enfin, nous explorerons des approches semi-supervisées et non supervisées pour réduire l'intervention humaine dans les processus de décision.