

---

## Sujet de thèse

Laboratoire : Institut Fresnel

Encadrement : Rémi ANDRE ([remi.ANDRE@univ-amu.fr](mailto:remi.ANDRE@univ-amu.fr)), Julien WOJAK ([julien.wojak@univ-amu.fr](mailto:julien.wojak@univ-amu.fr)) et Mouloud ADEL ([mouloud.adel@univ-amu.fr](mailto:mouloud.adel@univ-amu.fr))

Adresse : Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Tel : 06 73 46 10 45

Titre : Méthodes de diagonalisation conjointe et de décompositions tensorielles pour la détection précoce de la maladie d'Alzheimer par analyse d'images scintigraphiques.

Description :

La maladie d'Alzheimer est la maladie neurodégénérative la plus fréquente chez les personnes âgées. On estime qu'au moins 30 millions de personnes sont touchées par cette pathologie [1]. Bien qu'il n'existe aucun traitement efficace à ce jour, on peut espérer retarder le début de la maladie et/ou atténuer les risques de la contracter en détectant suffisamment tôt des déficiences cognitives légères. Plusieurs modalités d'imagerie médicale telles que l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM), l'IRM fonctionnelle ou encore la Tomographie par Emission de Positron (TEP) permettent d'identifier de manière précoce des changements se produisant dans le cerveau. L'examen TEP au FluoroDésoxyGlucose (TEP-FDG) est un outil puissant pour la détection précoce de la maladie d'Alzheimer. En effet, ce dernier est capable de mesurer la consommation de glucose dans le cerveau et permet ainsi d'observer des anomalies métaboliques avant que la structure anatomique du cerveau soit modifiée [2].

Les techniques d'aide au diagnostic clinique basées sur des approches d'apprentissage automatique sont aujourd'hui en plein essor. Un grand nombre de méthodes ont été développées particulièrement pour la détection de la maladie d'Alzheimer [3]. Ces méthodes se décomposent généralement en deux étapes : l'extraction d'attributs et la classification. L'extraction d'attributs étant utilisée en amont de la classification dans le but d'éliminer l'information redondante.

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans la continuité des travaux effectués lors de la thèse de Xiaoxi Pan [4] et en cohérence avec le récent recrutement Rémi ANDRE au sein de l'équipe GSM en tant que maître de conférences. Le but étant de poursuivre l'effort de recherche de notre équipe sur le développement de méthodes d'Intelligence Artificielle pour la détection précoce de la maladie d'Alzheimer par analyse d'images TEP-FDG. Il s'agira alors principalement de développer et de mettre en œuvre des algorithmes de diagonalisation conjointe de matrices et/ou de décompositions tensorielles le contexte médical précédemment décrit.

Notre première piste de recherche concerne l'utilisation d'algorithmes de diagonalisation conjointe de matrices par similitude pour effectuer l'étape de classification en utilisant un jeu de données d'images tridimensionnelles labélisées, recalées et normalisées.

La diagonalisation conjointe de matrices par similitude consiste à décomposer un ensemble de matrices dans la même base de vecteurs propres. L'idée est de construire pour chaque classe un ensemble de matrices. Ces ensembles de matrices sont construits à partir de moments statistiques calculés sur plusieurs régions d'intérêt extraites des images. La diagonalisation conjointe de ces différents ensembles constitue alors une étape d'apprentissage de la base de vecteurs propres commune à chacune des classes. Ainsi pour un nouvel individu, l'étape de prédiction consiste à estimer la base de vecteurs propres correspondant à son image TEP-FDG et à comparer cette base à celles estimées lors de l'étape d'apprentissage.

Notre seconde piste de recherche concerne l'utilisation de méthodes de décomposition tensorielle pour l'étape d'extraction d'attributs. Les décompositions tensorielles permettent de tenir compte de la multimodalité, ce qui en fait des outils pertinents pour l'analyse des images médicales en trois dimensions [5]. La décomposition Canonique Polyadique (CP) est l'une des décompositions tensorielles les plus utilisées (notamment pour ses propriétés d'unicité). Cette décomposition multilinéaire, qui est une généralisation de la diagonalisation conjointe de matrices, consiste à décomposer un tenseur en un ensemble de matrices facteurs. Un jeu d'images TEP-FDG peut être considéré comme un tenseur à quatre dimensions. Trois dimensions correspondent alors au domaine spatial et la dernière dimension correspond au domaine des patients. Après les étapes de recalage et de normalisation, la composante spatiale des images ne devrait plus être un paramètre permettant de discriminer les patients. La décomposition CP pourrait alors être utilisée dans le cadre de l'extraction d'attributs pour éliminer la redondance de l'information spatiale.

Références :

[1] C. Patterson, "World Alzheimer Report 2018 : the state of the art of dementia research : new frontiers." *Alzheimer's Disease International*, London, UK, 2018.

[2] L. Mosconi, V. Berti, L. Glodzik, A. Pupi, S. De Santi, and M. J. Leon, "Pre-clinical detection of Alzheimer's disease using FDG-PET, with or without amyloid imaging." *J. Alzheimer's Dis.*, vol. 20, no. 3, pp. 843-854, 2010.

[3] S. Rathore, M. Habes, M. A. Iftikhar, A. Shacklett, C. Davatzikos, "A review on neuroimaging-based classification studies and associated feature extraction methods for Alzheimer's disease and its prodromal stages," *NeuroImage*, vol. 155, pp. 530-548, 2017.

[4] X. Pan et al., "Multi-View Separable Pyramid Network for AD Prediction at MCI Stage by 18F-FDG Brain PET Imaging," in *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 40, no. 1, pp. 81-92, 2021.

[5] A. Kodewitz, "Methods for large volume image analysis applied to early detection of Alzheimer's disease by analysis of FDG-PET scans", *Ph.D. thesis*, Université d'Évry, 2013.