



Sujet de stage Master 2023-2024

Intelligence artificielle, graphes et entropie

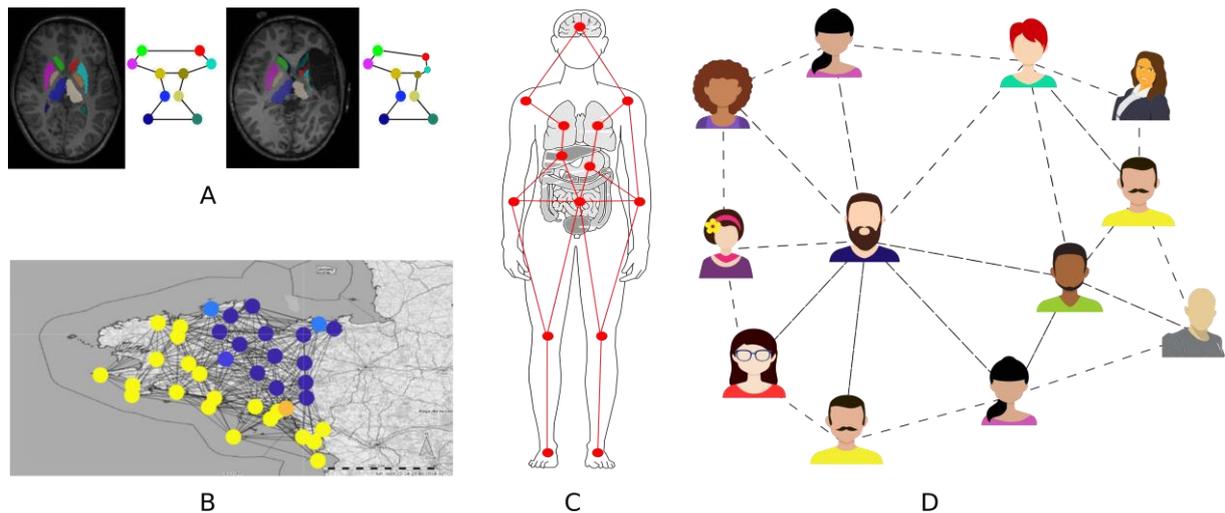


Figure 1 : Quelques exemples d'utilisation des graphes : en santé avec les relations entre des structures anatomiques (A-C), en météorologie avec des réseaux de stations météorologiques (B) et dans les réseaux sociaux (D).

Les graphes sont des structures présentes dans de multiples domaines d'application (voir figure 1) et sont au cœur de beaucoup de travaux de recherche en intelligence artificielle, notamment avec l'apprentissage profond sur graphes (Bacciu *et al.*, 2020; Coupeau P. *et al.*, 2022; Coupeau P. *et al.*, 2023). Ces graphes sont par ailleurs au cœur de récents travaux dédiés à la mesure de leur entropie, correspondant à la notion d'irrégularité de la structure et/ou de la distribution des attributs sur les arêtes et les nœuds. La mesure de l'entropie (ou de l'irrégularité) d'un graphe pourrait permettre d'affecter un score de désordre à une structure : désordre structurel des structures anatomiques d'un patient ayant eu un AVC (voir figure 1-A), désordre "météorologique" (voir figure 1-B) ou encore désordre social (voir figure 1-D).

L'objectif du sujet proposé est de combiner apprentissage profond sur graphes et entropie pour apprendre à déterminer l'entropie d'un graphe plutôt que de s'appuyer sur une mesure *ad hoc* comme ceci est actuellement considéré (Jabila-Carrasco *et al.*, 2021). Plus précisément, l'objectif sera de proposer une architecture de réseau de neurones sur graphes ("graph neural network" - GNN) permettant d'apprendre l'entropie (en vérifiant les propriétés de l'entropie "classique") et de comparer les résultats obtenus à des méthodes *ad hoc*.

La première partie du travail consistera à étudier les travaux réalisés au sein LARIS, dont une partie des recherches porte sur les GNNs (Coupeau *et al.*, 2022; Coupeau *et al.*, 2023) et l'entropie (Borin *et al.*, 2021; Azami *et al.*, 2019; Humeau-Heurtier *et al.*, 2016). La seconde partie du travail consistera à proposer une architecture de GNN, dans le cas de graphes synthétiques, et comparer les performances

avec les mesures récentes d'entropie. La troisième partie du travail s'intéressera à appliquer cette architecture à des graphes associés au désordre anatomique structurel cérébral d'enfants de 7 ans ayant subi un AVC (collaboration avec le CHU d'Angers – voir figure 1– A - Coupeau *et al.*, 2023). Les programmes seront réalisés en Python, en particulier avec les bibliothèques Pytorch-geometric et Networkx.

Le stage se déroulera au laboratoire LARIS (Polytech Angers).

Contacts :

Jean-Baptiste Fasquel (jean-baptiste.fasquel@univ-angers.fr)

Anne Heurtier (anne.heurtier@univ-angers.fr)

Références :

Azami H., Li P., Arnold S.E., Escudero J., Humeau-Heurtier A., “Fuzzy entropy metrics for the analysis of biomedical signals: assessment and comparison”, IEEE Access, vol. 7, pp. 104833-104847, 2019.

Bacciu D., Errica F., Alessio M., Podda M., “A gentle introduction to deep learning for graphs”, Neural Networks, 2020,

Borin A.M.S. Jr, Humeau-Heurtier A., Silva L.E.V., Murta L.O. Jr, “Multiscale entropy analysis of short signals: the robustness of fuzzy entropy-based variants compared to full-length long signals”, Entropy, vol. 23, n°12, article 1620, 2021.

Coupeau P., Fasquel J.-B., Dinomais M., “On the relevance of edge-conditioned convolution for GNN-based semantic image segmentation using spatial relationships”, International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications, 2022

Coupeau P., Fasquel J.-B., Demas J., Hertz-Pannier L., Dinomais M., “Detecting cerebral palsy in neonatal stroke children: GNN-based detection considering the structural organization of basal ganglia”, IEEE International Symposium on Biomedical Imaging, 2023

Humeau-Heurtier A., Wu C.W., Wu S.D., Mahé G., Abraham P., “Refined multiscale Hilbert-Huang spectral entropy and its application to central and peripheral cardiovascular data”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 63, pp. 2405-2415, 2016.

Jabila-Carrasco J. S., Tan, C., Escudero, J. “Permutation Entropy for Graph Signals”, IEEE Transactions on Signal and Information Processing over Networks, vol. 8, pp. 288-300, 2022.