

Modélisation, Visualisation et Comparaison de Connectomes à l'aide de Graphes

PROJET DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT – DI5

ETUDIANT: CONDETTE CLÉMENT

ENCADRANTS: JEAN-YVES RAMEL, KIEU DIEM HO, NICOLAS MONMARCHÉ

Plan de la présentation

- I – Présentation des connectomes
- II – La nécessité de la connectomique
- III – Apport du projet
- IV – Exemples d'études en connectomique à l'aide de graphes
- V – Plan de développement du projet

I- Présentation des connectomes

- Terme proposé par **Dr. Olaf Sporns** et **Dr. Patric Hagmann** en 2005 (*The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain*, O. Sporns, G. Tononi, R. Kötter 2005)(*From diffusion MRI to brain connectomics*, P. Hagmann, J.P. Thiran, R. Meuli 2005)
- **Connectome** = plan complet des connexions du cerveau.
- La **connectomique** est l'étude des connectomes.

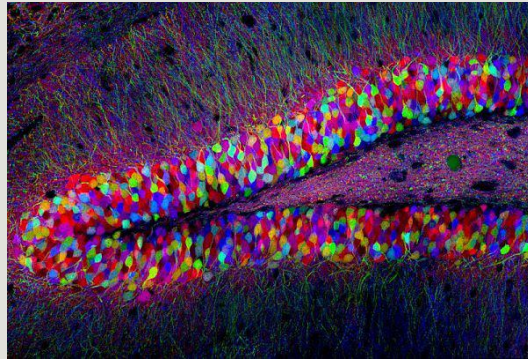
Différentes échelles du cerveau

Etude du cerveau à plusieurs échelles:



Cellulaire

nm



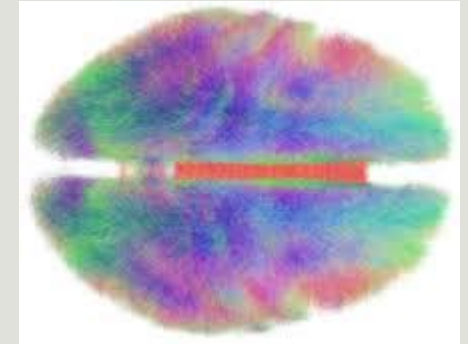
Micro-échelle

nm à μm



Méso-échelle

μm à mm



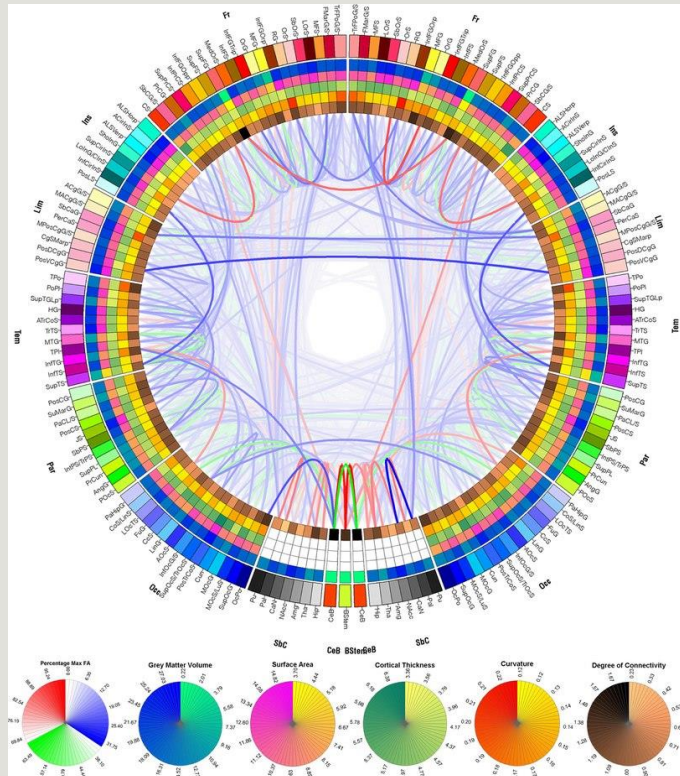
Macro-échelle

mm à cm

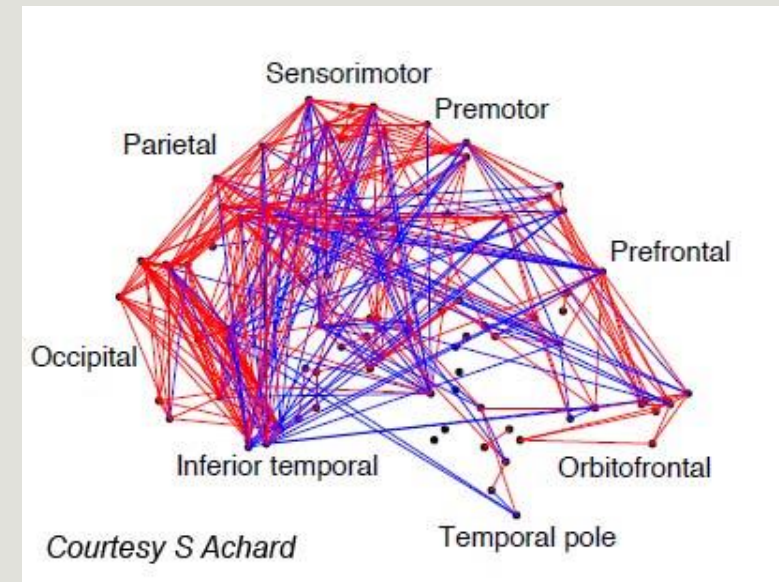
II – La nécessité de la connectomique

- Pour comprendre le fonctionnement du cerveau humain.
- Pour comprendre l'impact de maladies sur le cerveau.
- Dans le futur, pour modéliser des cerveaux artificiels.

Méthodes d'étude des connectomes



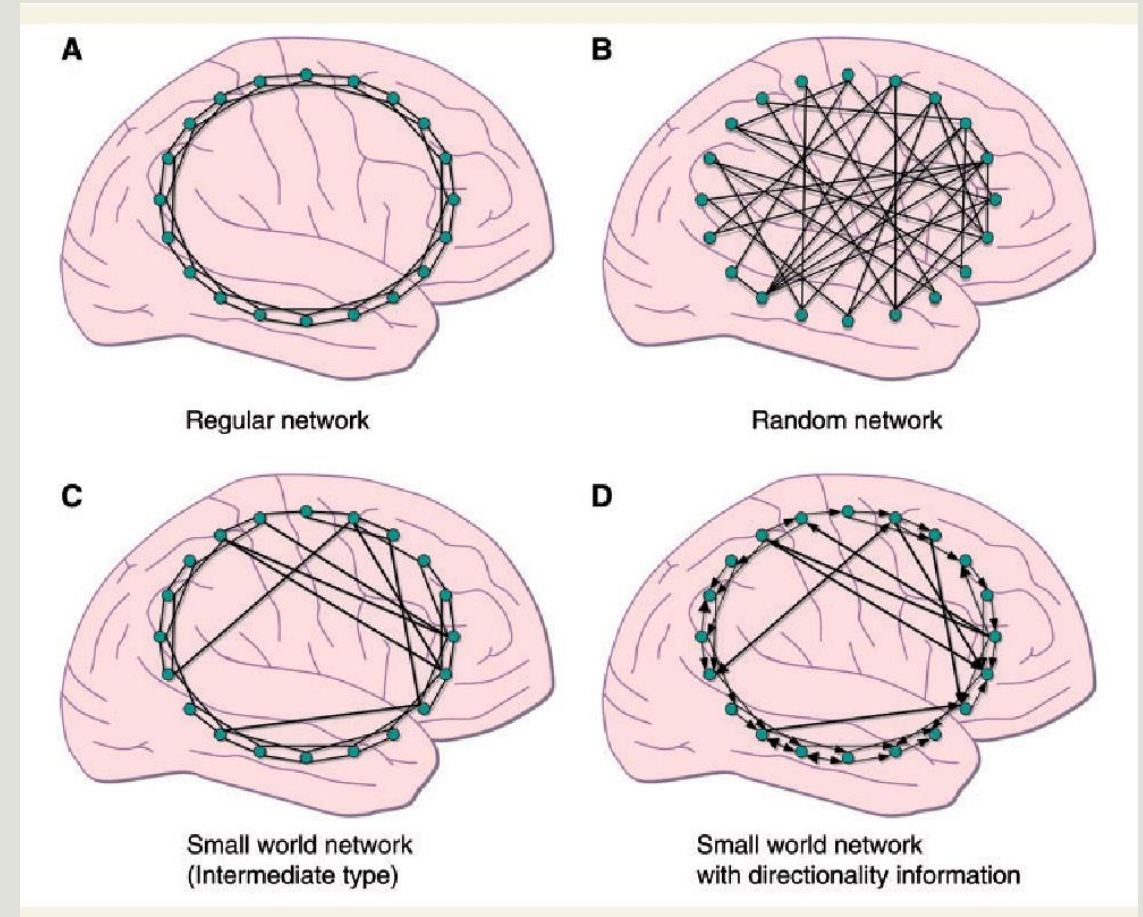
Connectogramme, Wikipédia



Second Brain Connectivity Course -
Grenoble 2015
Neurometrika.org

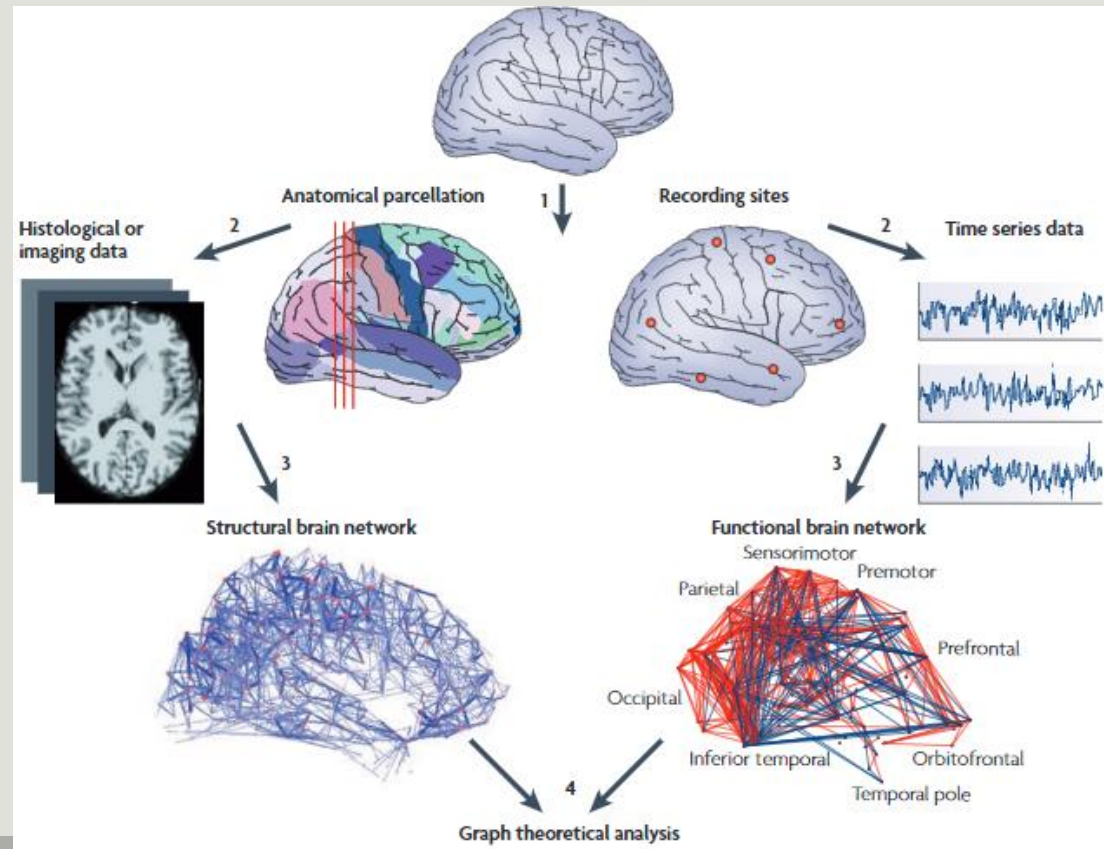
Connectome sous forme de graphe

- Réseau « petit monde ».
- Modèle simple pour représenter un connectome.
- Apporte généralisabilité et interprétabilité.



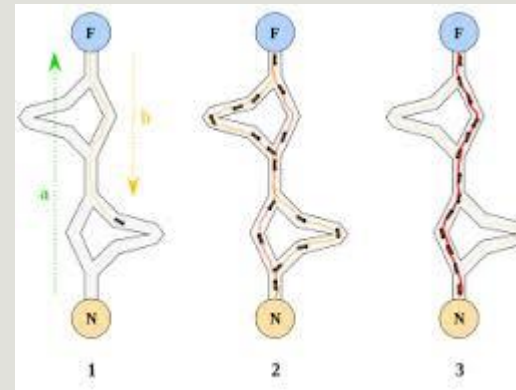
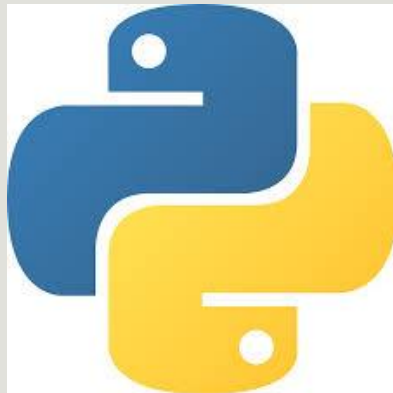
Construire un graphe de connectome

Deux type de connectomes: **fonctionnel** et **structurel**



III – Apport du projet

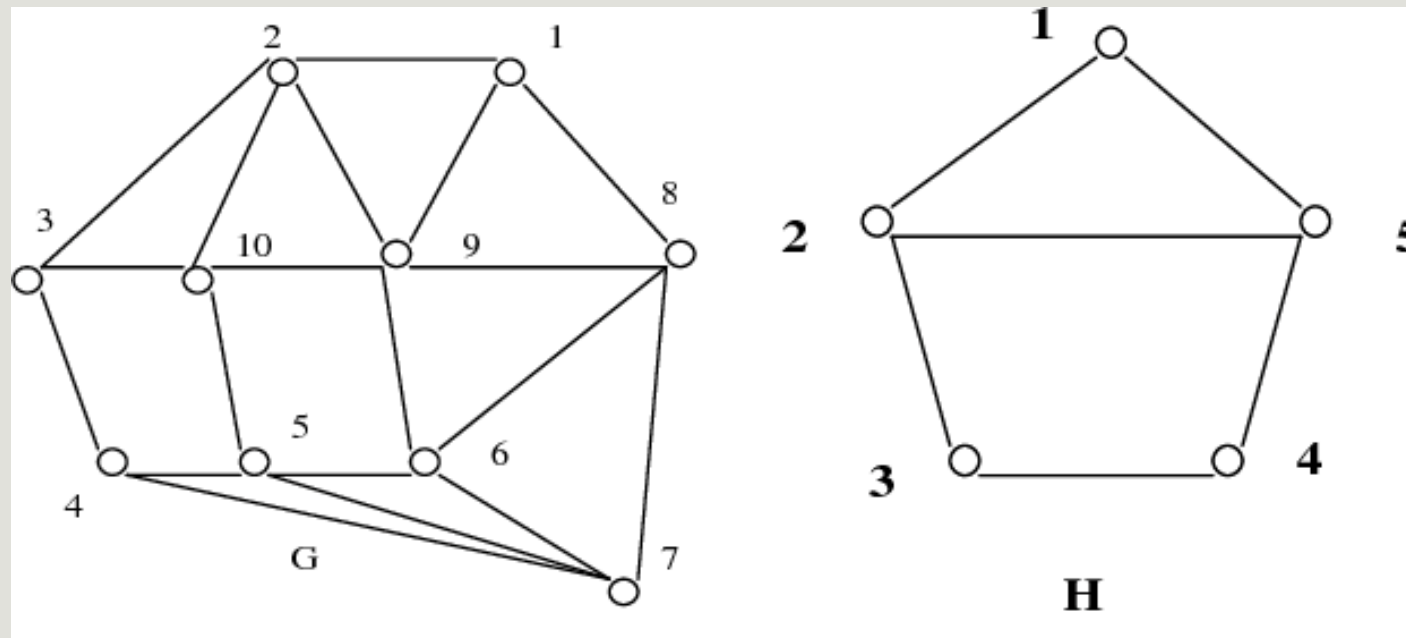
- Transformer les données de connectomes en graphe.
- Visualisation de connectomes sous forme de graphe.
- Manque d'outils pour graphes compatibles avec nos algorithmes.



Algorithme de colonie de fourmis, Wikipédia

Appariement multivoque pour les connectomes

- Algorithme qui permet d'associer un sommet à plusieurs.
- Permet une comparaison de graphes de cerveaux.



Subgraph Matching using neural networks, 2012

IV - Exemples d'études en connectomique à l'aide de graphes

Etudes portant sur les connectomes structurels:



Sex differences in structural connectome,
(Ingalhalikar, et al., 2014)



Abnormal Structural Networks Characterize Major Depressive Disorder: A Connectome Analysis, (Mayuresh, Alex, Leanne, & Stuart, 2014)

Applications de la théorie des graphes en connectomique

Etudes portant sur les connectomes fonctionnels:



Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity (Finn, et al., 2015)



Using connectome-based predictive modeling to predict individual behavior from brain connectivity (Finn, Shen, & Scheinost, 2017)

Applications de la théorie des graphes en connectomique

Etudes portants sur des pathologies:



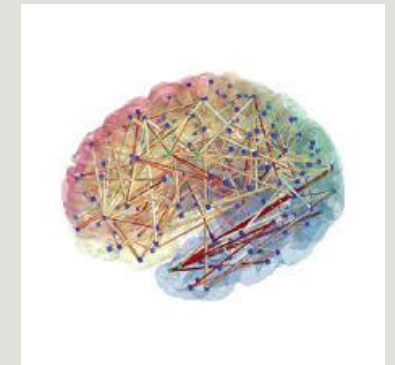
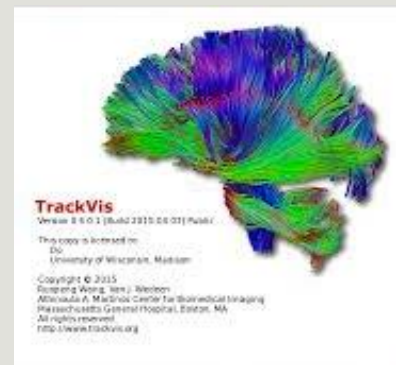
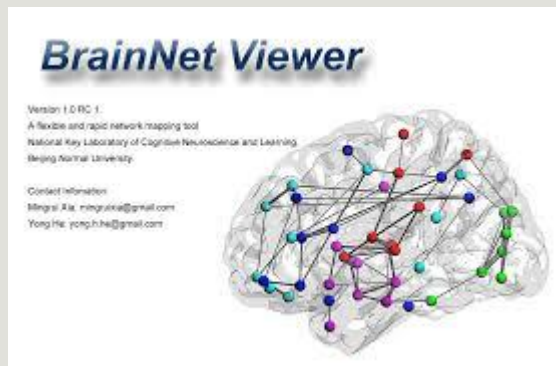
Structural Brain Connectome and Cognitive Impairment in Parkinson Disease (Sebastiano, et al., 2016)



Disrupted Functional Brain Connectome in Individuals at Risk for Alzheimer's Disease (Wang, et al., 2013)

Outils et logiciels pour l'étude des connectomes

- Visualisation: Brain Net Viewer, Trackvis, Connectome Workbench, Connetome Mapper

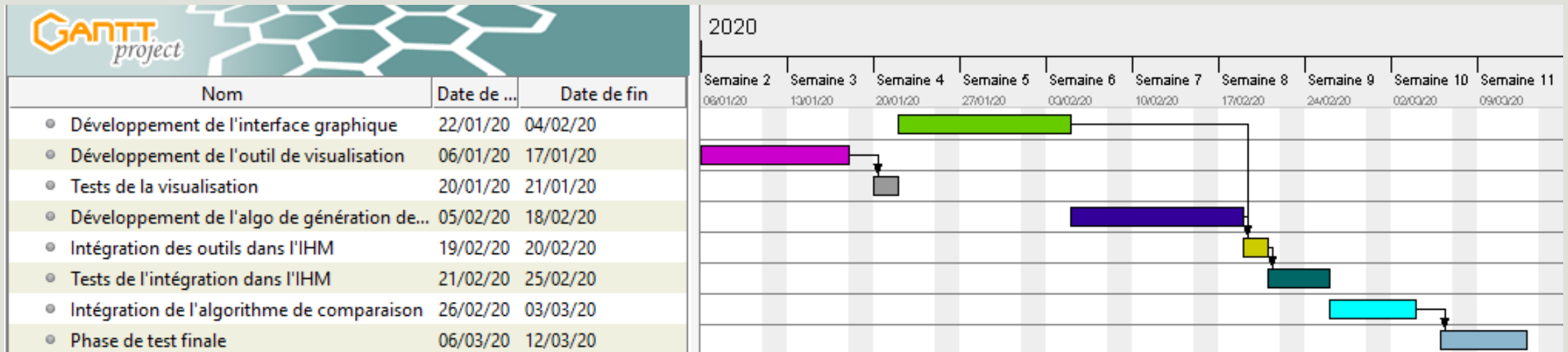


- Analyse: FSL, MRtrix, FreeSurfer



V- Plan de développement du projet

- Un plan de développement préalable a été proposé:



- Client sur place, une méthode de type SCRUM.
- Un livrable fourni a chaque fonctionnalité développée.

Conclusion du S9

- Recherches sur les connectomes et tests sur des échantillons.
- Reste le développement des différentes fonctionnalités.
- Retards sur la définition du sujet et des besoins.

Sources

<http://braingraph.org>

http://www.scholarpedia.org/article/Small-world_network

O. Sporns, G. Tononi, R. Kötter (2005) ,*The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain*

P. Hagmann, J.P. Thiran, R. Meuli (2005) ,*From diffusion MRI to brain connectomics*

Danielle, S. B., & Edward, T. B. (2017). *Small-World Brain Networks Revisited*

DC, V. E. (2013). The WU-Minn human connectome project: an overview. *Neuroimage*. Retrieved from Human Connectome Project:
<http://www.humanconnectomeproject.org/>

De Vico Fallani, F., Richiardi, J., Chavez, M., & Achard, S. (2014). *Graph analysis of functional brain networks: practical issues in translational neuroscience*

Finn, E., Shen, X., & Scheinost, D. (2017). *Using connectome-based predictive modeling to predict individual behavior from brain connectivity*

Finn, E., Shen, X., Scheinost, D., Rosenberg, M., Chun, M., X., P., & Constable, R. (2015). *Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity*

Ingalhalikar, M., Smith, A., Parker, D., D. Satterwhaite, T., A. Elliot, M., Ruparel, K., . . . Verma, R. (2014). *Sex differences in structural connectome*

Mayuresh, S., Alex, F., Leanne, M., & Stuart, M. (2014). *Abnormal Structural Networks Characterize Major Depressive Disorder: A Connectome Analysis*

Sebastiano, G., Federica, A., Elka, S., Silvia, B., Martijn, P. v., Tanja, S., . . . Massimo, F. (2016). *Structural Brain Connectome and Cognitive Impairment in Parkinson Disease*

Wang, J., Zuo, X., Dai, Z., Xia, M., Zhao, Z., Zhao, X., . . . He, Y. (2013). *Disrupted Functional Brain Connectome in Individuals at Risk for Alzheimer's Disease*

Busbice T. (2018) *Artificial Connectomes*