

# Diagnostic des troubles du spectre de l'autisme grâce à des IRM fonctionnelles « resting-state »

Elodie Cussac – Polytechnique Montréal



BrainHack  
School

# Contexte

## Troubles du spectre de l'autisme – TSA ou ASD

Troubles **neurodéveloppementaux**, affecte la communication et les interactions sociales

Prévalence : environ **1 enfant sur 54** aux E-U (Yang et al., 2022)

Diagnostic actuel : évaluations comportementales

## Utilisation d'IRM fonctionnelles resting-state

Mesure du **signal BOLD** dans le cerveau - Cartographier la **connectivité fonctionnelle**

**Resting State** : état spontané

**Troubles du spectre de l'autisme** → **Sous-connectivité** dans certains réseaux, circuits d'empathie et de communication moins développés (Yang et al., 2022 et Hull et al., 2017)

# Problématique & Objectifs

**Comment l'IRM fonctionnelle « resting state » peut-elle être un outil de diagnostic pour les troubles du spectre de l'autisme?**

## Analyse de la connectivité fonctionnelle sur les IRMf

- Comprendre la structure de données des fichiers, explorer les outils
- Identification de premières différences entre les deux groupes

## Classification automatique entre les individus ASD et TD

- Paramètres à définir : Données d'entrée, classifieurs, critères d'évaluation
- Sélectionner la classification optimale

# Données & Outils:



## Base de données ABIDE

IRM fonctionnelles prétraitées

Deux groupes

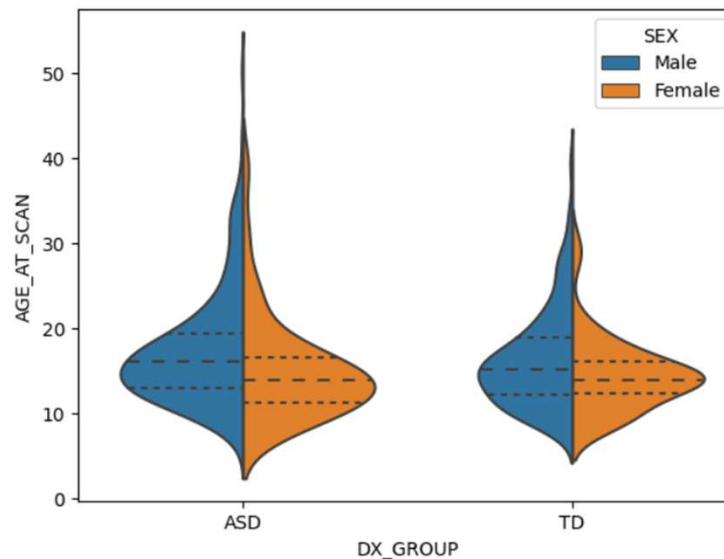
- ASD : Autism Spectrum Disorder
- TD : Typically Developed

## Pour la classification

→ 500 individus

- 242 ASD
- 258 TD

*Âge en fonction du diagnostic et du genre*



**Jupyter Notebook – Python**

**Nilearn** pour l'analyse de données d'IRMf



**Scikit Learn** pour l'apprentissage automatique

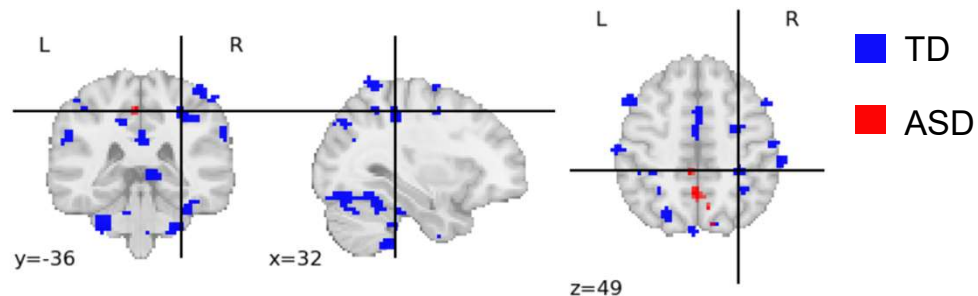
# Méthodes & Résultats – Analyse de la connectivité fonctionnelle

## Démarche basée sur l'article de *Alaerts et al.*

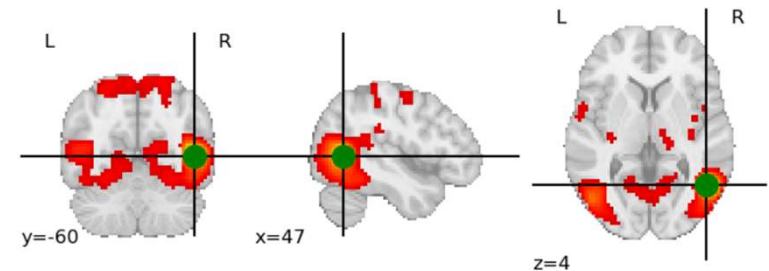
- **Seed** placée dans le sillon temporal supérieur postérieur
- **Observation des corrélations** dans le reste du cerveau chez un individu ASD et un individu TD

## Comment analyser ces résultats ?

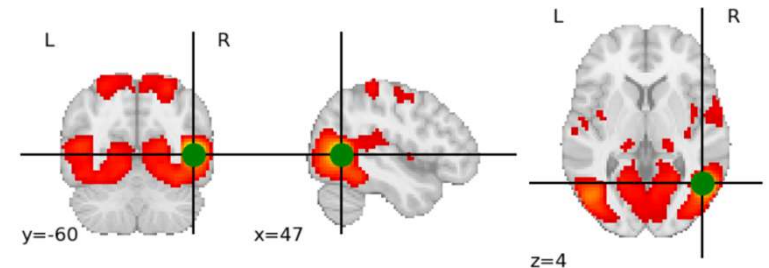
### Superposition des deux images et changement des seuils



### Seed-to-voxel correlation - ASD subject



### Seed-to-voxel correlation - TD subject



Observation des corrélations avec le lobule pariétal inférieur

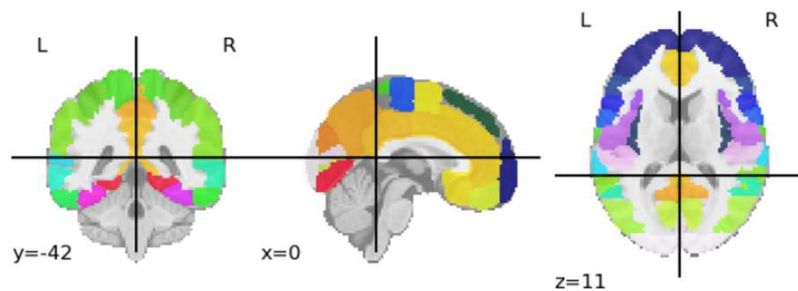
Faible connectivité entre les deux zones → Faible capacité à reconnaître les émotions

# Méthodes – Analyse de la connectivité fonctionnelle

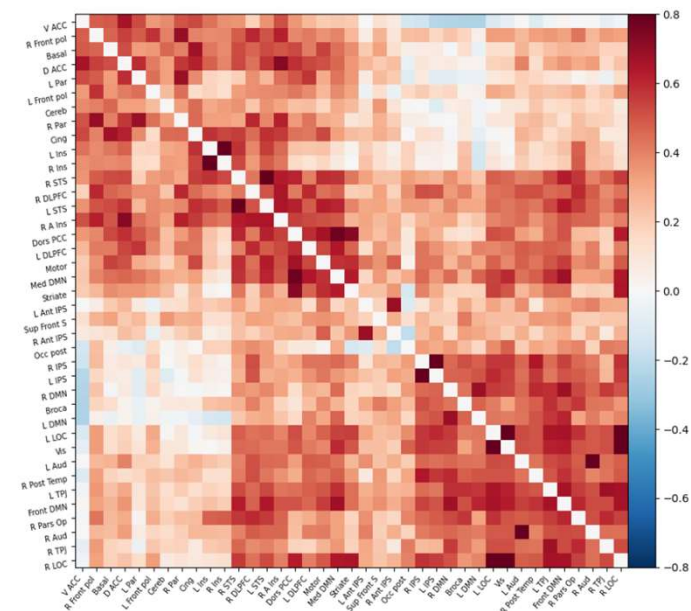
Pour chaque sujet, on peut observer les corrélations entre les différentes zones du cerveau

Application d'un atlas aux données

Matrice de corrélation sur les séries temporelles



*Atlas Harvard Oxford*



*Exemple de matrice de corrélation avec l'atlas  
Harvard Oxford*

# Méthodes - Classification

Données

Base d'entraînement  
– Base de test

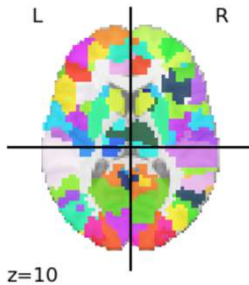
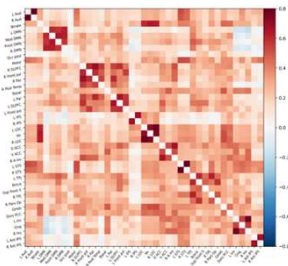
Classifieur

Evaluation du modèle

## 500 sujets

- 242 ASD
- 258 TD

## Matrice de corrélation



## Différents atlas

Harvard Oxford

Destrieux (Plitt et al., 2014)

Basc197 (Yang et al., 2022)

75%

Base de d'entraînement

25%

Base de test

## Validation croisée à 10

plis pour prédire les labels  
de la base d'entraînement

## 4 classifieurs testés

Régression logistique (LR)

Classification naïve

bayésienne (GNB)

Machine à vecteurs support  
(kSVM)

Random Forest (RF)

## Validation croisée pour

définir les

hyperparamètres

|              |                 |          |
|--------------|-----------------|----------|
|              | Positive        | Negative |
| Actual value | TP              | FN       |
| Negative     | FP              | TN       |
|              | Positive        | Negative |
|              | Predicted value |          |

$$Accuracy = \frac{TP+T}{TP+FP+TN+FN}$$

$$Sensibilité = \frac{TP}{TP+FN}$$

$$Spécificité = \frac{TN}{TN+F}$$

## Résultats - Classification

|                | LR    | GNB   | kSVM         | RF    |
|----------------|-------|-------|--------------|-------|
| Harvard Oxford |       |       |              |       |
| Accuracy       | 0.629 | 0.547 | 0.629        | 0.576 |
| Sensitivity    | 0.727 | 0.495 | 0.660        | 0.603 |
| Specificity    | 0.525 | 0.602 | 0.597        | 0.547 |
| Destrieux      |       |       |              |       |
| Accuracy       | 0.680 | 0.549 | 0.677        | 0.611 |
| Sensitivity    | 0.732 | 0.464 | <b>0.737</b> | 0.686 |
| Specificity    | 0.624 | 0.641 | 0.613        | 0.530 |
| Basc 197       |       |       |              |       |
| Accuracy       | 0.685 | 0.549 | <b>0.691</b> | 0.605 |
| Sensitivity    | 0.701 | 0.443 | 0.691        | 0.655 |
| Specificity    | 0.669 | 0.663 | <b>0.691</b> | 0.552 |

**Choix du modèle :  
Atlas Basc197 et classifieur SVM**



# Résultats - Classification

Choix du modèle : Atlas Basc197 et modèle SVM

## Modèle sur la base d'entraînement – Scores de cross validation

Accuracy : 69,1%

Sensitivité : 69,1%

Spécificité : 69,1%

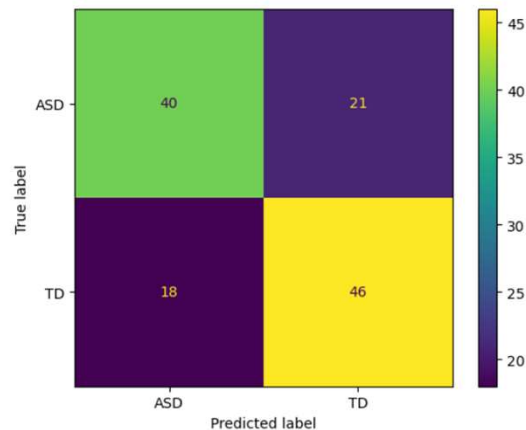
## Généralisation sur la base de test

Accuracy : 68,8%

Sensitivité : 71,9%

Spécificité : 65,6%

```
# SVM
svm = SVC (kernel = 'poly', C=10, degree = 2)
svm.fit(X_train_basc197, y_train_basc197)
y_pred = svm.predict(X_test_basc197)
```



## Dans la littérature

Yang et al., 2022

- Accuracy de **69,16%** avec l'atlas Basc197 et le classifieur kSVM sur 871 sujets du dataset ABIDE (score de CV)
- Ont atteint **69,43%** avec l'atlas Basc444

# Livrables



Fichiers **Jupyter Notebook** :

- *func\_connectivity\_analysis* : Analyse de la connectivité fonctionnelle
- *machine\_learning* : Modèles et résultats de la classification



**README** : Documentation sur la démarche et les résultats obtenus



Regroupé dans un **répertoire Github**

# Conclusion

Difficulté dans le **pré-traitement de données** sur mon sujet initial



Changement pour une **base de données déjà pré-traitées**

**Interprétation** des résultats de l'analyse de la **connectivité** fonctionnelle



Etudier et reproduire ce qui a été fait dans la **littérature**

**Reproductibilité** des résultats de **connectivité** fonctionnelle



Partir de **cas plus simples**

Beaucoup de **possibilités** pour la **classification**



Se baser sur les **modules du cours** et étudier la **littérature**

# Conclusion

## Ce que j'ai appris

- Découverte de la **neuroscience** : Notions de connectivité fonctionnelle et d'analyse d'IRM fonctionnelle
- Utilisation des **outils informatiques** : Terminal, git et github
- Amélioration de mes **compétences de programmation** : Apprentissage automatique, visualisation de données et manipulation de données

# Merci de votre attention !

# Références

- Alaerts, K., Woolley, D. G., Steyaert, J., Di Martino, A., Swinnen, S. P., & Wenderoth, N. (2014). Underconnectivity of the superior temporal sulcus predicts emotion recognition deficits in autism. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(10), 1589-1600. <https://doi.org/10.1093/scan/nst156>
- Hull, J. V., Dokovna, L. B., Jacokes, Z. J., Torgerson, C. M., Irimia, A., & Van Horn, J. D. (2017). Resting-State Functional Connectivity in Autism Spectrum Disorders : A Review. *Frontiers in Psychiatry*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00205>
- Plitt, M., Barnes, K. A., & Martin, A. (2014). Functional connectivity classification of autism identifies highly predictive brain features but falls short of biomarker standards. *NeuroImage : Clinical*, 7, 359-366. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2014.12.013>
- Yang, X., Zhang, N., & Schrader, P. (2022). A study of brain networks for autism spectrum disorder classification using resting-state functional connectivity. *Machine Learning with Applications*, 8, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2022.100290>