

## Apprentissage et reconnaissance des différents troubles de la marche à l'aide d'un capteur de mouvement : le cas des patients atteints de Sclérose en Plaques

### Encadrement :

[Bellanger, Lise](#), LMJL/ALEA, Université de Nantes

Laplaud, David-Axel, CHU de Nantes, CRTI-Inserm U1064, Université de Nantes

[Stamm, Aymeric](#), LMJL/ALEA, Université de Nantes et CNRS

**Résumé :** Les objectifs sont de proposer de nouveaux algorithmes d'apprentissage statistique adaptés aux données de type séries temporelles de quaternions et de les appliquer à l'étude de la marche chez les patients atteints de Sclérose en Plaques. Le verrou essentiel sera de développer ou d'adapter les méthodes statistiques existantes aux données volumineuses et complexes que sont les quaternions évoluant au cours du temps. Une attention toute particulière sera portée aux méthodes d'apprentissage (i) semi supervisées prenant en compte plus de deux sources d'informations, (ii) non supervisées pour données fonctionnelles et (iii) supervisées pour classer de nouvelles séries temporelles de quaternions dans des groupes prédéfinis.

**Mots clé :** Apprentissage statistique, séries temporelles, quaternions, analyse de données fonctionnelles, Sclérose en Plaques.

### Contexte scientifique

L'étude de la marche à l'aide de capteurs de mouvement est un domaine en plein essor permettant d'envisager d'ici quelques années des systèmes d'évaluation automatiques et intelligents. La Sclérose en Plaques fait partie des pathologies pour lesquelles la marche est impactée. Cependant, dans ce domaine, il y a encore peu de travaux interdisciplinaires conduisant au développement conjoint de méthodes d'apprentissage et d'un dispositif adapté à la maladie.

Dans ce contexte, l'équipe [ALEA](#) du [Laboratoire de Mathématiques Jean Leray](#) (LMJL) UMR CNRS 6629- Université de Nantes travaille sur plusieurs projets associés à l'étude de la marche :

- Un en collaboration de recherche avec l'entreprise nantaise [UmanIT](#) a contribué au développement du dispositif eGait (brevet en cours de dépôt ; eGait, 2021). Ce dispositif est composé d'un système de capteurs de mouvement porté à la hanche, d'un smartphone et d'un algorithme permettant de segmenter le signal puis de construire un biomarqueur appelé *signature de marche* (SdM). Cette SdM caractérise les mouvements (rotation de la hanche mesurée par un *quaternion unitaire*) d'un individu au cours d'un pas moyen et fournit une mesure quantitative et objective de sa démarche à un moment donné. Il est de plus possible de déduire de ce biomarqueur plusieurs informations proposées par certaines autres solutions, y compris celles utilisant un nombre supérieur de capteurs, telles que la durée des cycles de marche, la cadence de pas et la durée relative des phases d'appui et de balancement du pied.
- Plusieurs en collaboration avec le CHU de Nantes
  - Etude ancillaire MYO : cette première étude exploratoire a permis (i) de tester le dispositif eGait sur un nombre réduit de patients, (ii) d'entrevoir l'intérêt du biomarqueur SdM pour mesurer le déficit de marche chez les patients atteints de Sclérose en Plaques (SEP), grâce à la mise en œuvre d'une première méthode d'apprentissage semi-supervisée (Drouin et al, 2021) (iii) de faire émerger des verrous applicatifs et scientifiques.
  - Deux études cliniques à venir financées par deux projets
    - (i) [PEPS AMIES « Mathématiques des objets connectés »](#) (porteur : L. Bellanger) ;
    - (ii) Projet Fondation [ARSEP](#) (Porteur : A. Stamm).

## Problématique

Notre hypothèse est que la SdM individuelle pourrait constituer un marqueur numérique (donc objectif), plus spécifique du déficit ambulateur pour les patients atteints de SEP. Ces données se présentent sous la forme de *séries temporelles de quaternions* (Piórek, 2018). Elles peuvent aussi être vue sous l'angle des *données fonctionnelles* (Ramsay & Silverman, 2005). Les méthodes d'apprentissage non supervisé (pour les plus connues : méthodes de clustering de type par partition ou hiérarchique) ou supervisé (pour les plus connues : KNN, Random Forest, Support Vector Machine (SVM), réseaux de neurones, ...) associées aux séries temporelles ne permettent pas toujours de traiter directement le type de données étudié dans ces travaux de thèse (Lin et al., 2012 ; Rani & Sikka, 2012 ; Bagnall et al., 2017). Elles devront donc être étendues pour prendre en compte les propriétés mathématiques particulières des données de type quaternion.

Les principaux objectifs à atteindre dans ce travail de thèse sont :

1. La découverte de patterns de SdM ; par des *méthodes d'apprentissage non supervisé ou semi supervisé* ;
2. La reconnaissance des patterns de SdM associés aux groupes établis en Objectif 1 à l'aide de *méthodes d'apprentissage supervisé*.

Les deux études cliniques (AMIES et ARSEP) serviront de supports applicatifs au travail de thèse pour obtenir SdM, données cliniques (e.g. EDSS) et charge lésionnelle. Il est aussi envisagé des *études de simulation* pour générer des données de type SdM puis comparer les performances des méthodes d'apprentissage.

**Profil recherché :** Master (ou Ecole d'ingénieur) avec spécialisation en science des données, statistique, des connaissances en apprentissage statistique et un fort intérêt pour l'interdisciplinarité. Bon niveau en programmation R.

**Financement :** [Projet Aiby4](#)

**Date de début :** octobre 2021

**Lieu de la thèse :** Université de Nantes, [LMJL](#)

**Modalités de candidature :** Envoyer avant le 01/05/2021 un CV, une lettre de motivation, les relevés de notes des deux dernières années ainsi qu'une lettre de recommandation à [lise.bellanger@univ-nantes.fr](mailto:lise.bellanger@univ-nantes.fr) et [aymeric.stamm@math.cnrs.fr](mailto:aymeric.stamm@math.cnrs.fr).

## Références :

- Bagnall A., Bostrom A., Large J., Lines J. (2017). The great time series classification bake off: a review and experimental evaluation of recent algorithmic advances. *Data Mining and Knowledge Discovery*, **31**: 606–660. doi: 10.1007/s10618-016-0483-9
- Bellanger L., Chevreuil L., Drouin P., Laplaud DA., Stamm A. (2021). Détecter les troubles de la marche, *Bibliothèque Tangente*, Vol. **73**, pp. 94-101.
- Drouin P., Stamm A., Chevreuil L., Graillot V., Barbin L., Gourraud P.-A., Laplaud DA., Bellanger L., Compromise-based clustering for quaternion time series: application to gait analysis in multiple sclerosis. *International Journal of Approximate Reasoning IJAR* (special issue "Time Series Clustering and Classification"). Soumis.
- eGait (2021). Dépôt d'une demande de brevet (N° FR 2100309) pour le dispositif e-Gait : *Méthode et dispositif de détermination d'un cycle de marche*. 13 janvier 2021. Inventeurs : Drouin P., Bellanger L., Stamm A., Chevreuil L., Graillot V.
- Lin, J., Williamson, S., Borne, K. D., debar, D. (2012). *Pattern recognition in time series* in Advances in Machine Learning and Data Mining for Astronomy Boca Raton FL:CRC, 617-646.
- Piórek M. (2018). *Analysis of Chaotic Behavior in Non-linear Dynamical Systems: Models and Algorithms for Quaternions*, **160**, New York: Springer.
- Ramsay J. O., Silverman B.W. (2005). *Functional data analysis*, 2nd ed., New York: Springer.
- Rani S., Sikka G. (2012). Recent Techniques of Clustering of Time Series Data: A Survey. *International Journal of Computer Applications* 52(15):1-9. doi: International Journal of Computer Applications **52**(15):1-9. doi: 10.5120/8282-1278.