

## Stage de Master 2

### Etude de la variabilité des données de marche issues d'un système de capteurs de mouvement

**Merci d'envoyer un CV ainsi que les coordonnées d'au moins une personne de référence à :**

lise.bellanger@univ-nantes.fr et aymeric.stamm@cnrs.fr

#### Contexte

L'utilisation de dispositifs médicaux connectés pour caractériser l'état de santé des patients à l'aide de biomarqueurs numériques permet d'envisager une mesure plus fine, régulière et représentative de l'impact de la maladie dans la vie quotidienne du patient que les examens médicaux « classiques ».

#### Objectifs

Le Laboratoire de Mathématiques Jean Leray de Nantes Université et l'entreprise UmaniT ont développé un dispositif d'évaluation quantifiée de la marche à l'aide d'un système de capteurs de mouvement (demande de brevet, 2021) composé d'une application smartphone communiquant par Bluetooth avec un capteur de mouvement de type IMU (Inertial Central Unit). Ce dernier mesure la rotation de la hanche au cours du temps sous la forme de séries temporelles de quaternions (généralisation des nombres complexes en 4 dimensions) et permet de construire un biomarqueur appelé « signature de marche » (SdM), propre à chaque personne. La SdM caractérise la rotation de la hanche d'un individu au cours d'un cycle de marche moyen à l'aide de séries temporelles de quaternions unitaires. La variabilité des SdM entre individus dépend de plusieurs facteurs: démarche individuelle, position du capteur au niveau de la hanche, pathologie,...

L'objectif de ce stage, financé par le [cluster DELPHI](#), est de : (i) recenser les méthodes statistiques permettant d'isoler ces facteurs de variabilité, (ii) proposer des solutions pour corriger les SdM et ne conserver que la variabilité due à une pathologie sous-jacente. Le résultat attendu est la construction d'une étape de prétraitement des données SdM, préalable indispensable aux méthodes de machine learning. Cette approche sera appliquée à différents jeux de données (patients atteints de sclérose en plaques, volontaires).

**Mots clés :** Human Gait analysis ; wearable sensors system ; experimental design ; quaternion time series; ANOVA using distance matrices ; machine learning ; functional data analysis.

#### Références :

- Anderson, M.J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, **26**: 32-46.
- Bellanger L., Chevreuil L., Drouin P., Laplaud D.A., Stamm A. (2021) Peut-on détecter des troubles de la marche avant qu'ils ne soient perceptibles ? *Revue Tangente*, Hors série Bib73 de la "Bibliothèque Tangente" sur Maths et emploi en entreprise.
- Brard R., Bellanger L., Chevreuil L., Doitau F., Drouin P., Stamm A. (2022). [A Novel Walking Activity Recognition Model for Rotation Time Series Collected by a Wearable Sensor in a Free-Living Environment](#). *Sensors*, **22**(9), 3555. doi: 10.3390/s22093555.
- Drouin P., Stamm A., Chevreuil L., Graillot V., Barbin L., Gourraud P.-A., Laplaud D.-A., Bellanger L. (2022). [Semi-supervised clustering of quaternion time series: application to gait analysis in multiple sclerosis using motion sensor data](#). *Statistics in Medicine*, 1-24. doi: 10.1002/sim.9625
- Frechette M. L., Meyer B. M., Tulipani, L. J., et al. (2019) Next steps in wearable technology and community ambulation in multiple sclerosis. *Current neurology and neuroscience reports*, vol. 19, no 10, 1-10.
- Muro-De-La-Herran A, Garcia-Zapirain B, Mendez-Zorrilla A. (2014) Gait analysis methods: An overview of wearable and nonwearable systems, highlighting clinical applications. *Sensors*; 14(2): 3362-3394.
- Piórek M. (2019) Analysis of Chaos for Quaternion Time Series. In: Springer.

#### Profil du candidat

- Master 2 : en statistique ;
- Connaissance des outils de programmation (R, C/C++, MySQL) ;
- Anglais scientifique (être capable de faire la veille bibliographique dans des revues scientifiques) ;
- Motivé par les sujets autour de l'e-santé ; intérêt pour le travail interdisciplinaire ;
- Autonomie et capacités de vulgarisation.

#### Précisions pratiques

- **Lieu :** [Laboratoire de Mathématiques Jean Leray](#) (LMJL) UMR 6629 - Nantes Université
- **Gratification :** selon le barème en vigueur soit environ 580 €/mois
- **Durée du stage :** 6 mois (date de démarrage à discuter) ;
- **Encadrement :** Lise Bellanger ([lise.bellanger@univ-nantes.fr](mailto:lise.bellanger@univ-nantes.fr), Univ Nantes) ; Aymeric Stamm ([aymeric.stamm@cnrs.fr](mailto:aymeric.stamm@cnrs.fr), CNRS)