

Fiche de stage

Sujet du stage : Évaluation automatique des capacités motrices et d'interaction du bébé pour l'identification précoce des troubles du neurodéveloppement.

Encadrant·e : Mohamed Chetouani - Professeur, ISIR Sorbonne Université

Co-encadrant·e : Louis Simon - Doctorant, ISIR Sorbonne Université

Date de début du stage : Avril 2023

Durée du stage : 3 à 4 mois

Niveau d'études souhaité : Master 1 ou équivalent

Laboratoire d'accueil : ISIR (*Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique*), Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75005 Paris.

Personne à contacter

Prénom Nom : Mohamed Chetouani

Tel : +33 01 44 27 63 08

Email : mohamed.chetouani@sorbonne-universite.fr | louis.simon@sorbonne-universite.fr

Envoyer votre candidature par mail, avec [*sujet du stage*] en objet, un CV et une lettre de motivation.

Date limite de dépôt de la candidature : 28 février 2023

Description du stage (en français)

Résumé :

Ce stage s'intègre au sein du projet TECH-TOYS (EraPermed 2021) qui vise à développer une solution technique innovante matérialisée par un baby-gym pour faciliter la détection précoce des Troubles de NeuroDéveloppement (TNDs) chez le bébé. Ladite plateforme sensorisée, déployable à domicile, permettra d'acquérir de façon quantitative des données relatives à l'activité motrice et à l'interaction parents-bébé. Cette récolte de données a pour but d'aider les cliniciens à identifier les individus à risque de développer des TNDs et de prévoir, si nécessaire, une série d'interventions visant à réduire l'impact des troubles sur la future vie de l'individu. TECH-TOYS fait suite au projet CareToys mené par la Fondazione Stella Maris (Pise, Italie) [1].

Issu d'une collaboration pluridisciplinaire débutée en 2022 entre six institutions européennes, le projet TECH-TOYS réunit des experts en psychiatrie, robotique, intelligence artificielle et éthique.

L'ISIR est impliqué dans trois tâches majeures du projet ; a) le développement d'une nouvelle plateforme d'acquisition de données, b) le développement d'un modèle d'apprentissage de représentations pour l'identification de marqueurs numériques et, c) **le développement d'un modèle de précision**. Le présent stage se focalise sur cette dernière tâche.

La médecine de précision désigne le processus de définition d'une pathologie au moyen de techniques génomiques ou encore computationnelles, permettant un ciblage plus précis des différentes formes

Sous la co-tutelle de :

de ladite pathologie. Dans le cadre du projet TECH-TOYS, un outil de médecine de précision numérique sera mis en place afin d'assister les cliniciens dans l'observation et la prise de décision au regard de la détection précoce.

À cet effet, un ensemble d'algorithmes de traitement de données vont être déployés dans le but d'**extraire des signaux intérêts à partir des mesures brutes transmises par les différents capteurs**. Trois compétences clés seront analysées : 1) **Le mouvement**, en particulier le mouvement des membres supérieurs et le mouvement du corps en général [2], 2) **La saisie** d'objets (nombre de saisies au cours du temps et forces appliquées) et 3) **Les interactions dyadiques**, avec par exemple l'analyse du mamanaïs [3], du turn taking ou de la synchronie [4]. Ces trois compétences, entre autres, sont en effet des bons indicateurs cliniques des TNDs, e.g., le General Movement Assessment [5].

Du fait de l'absence d'annotations, la majorité des outils développés durant ce stage feront appel à des méthodes de traitement du signal, e.g., détection de ruptures et estimation à l'aide d'un filtre de Kalman [6], ou à des modèles d'apprentissage statistique nécessitant peu ou pas d'annotations, e.g., Hidden Markov Models [7], SVM, Clustering Spectral ou K-means. Une partie du stage consistera notamment à extraire de façon non supervisée des états moteurs ou dyadiques, par exemple sur la base d'occurrences de motifs ou de relations de causalité [8]. L'objectif est de s'inspirer de travaux d'ingénierie appliqués aux troubles du neurodéveloppement et à l'étude du mouvement en général pour mettre en place deux outils : 1) **un modèle de classification permettant d'identifier si le bébé interagit avec les jouets** (simple toucher, saisie, ...) et 2) **un modèle d'analyse de la posture et du mouvement général du bébé** (quantité de mouvement, position des membres et du tronc, ...).

Objectifs du stage :

1) Définition des signaux d'intérêts et préparation des données CareToys :

Un ensemble de signaux d'intérêts devront être définis sur la base de la littérature clinique et d'ingénierie tout en tenant compte de la nature des données CareToys. Une phase de pré-processing suivie d'une étape d'analyse préliminaire des données devra être menée.

2) Choix des modèles et tests préliminaires :

La seconde partie du stage consistera à prendre en main les méthodes préalablement identifiées en les appliquant sur des jeux de données simplifiés et/ou similaires au jeu de données CareToys, en veillant à intégrer les contraintes et hypothèses identifiées durant la première partie du stage.

3) Déploiement des modèles et évaluation

La dernière étape du stage se focalisera sur le déploiement des modèles sur les données CareToys, avec potentiellement quelques adaptations, ainsi que sur leurs validations. Cela nécessitera notamment d'annoter une partie de données et de définir un ensemble de métriques pour valider les modèles.

Profil recherché :

Etudiant.e en Master 1 (ou équivalent école d'ingénieur)
Spécialité Robotique / Sciences Cognitives / Informatique

Compétences requises :

Sous la co-tutelle de :

Traitement du signal
Programmation (Python / C++)
Anglais

Compétences souhaitées:

Machine Learning
Intérêt pour le traitement du signal social et ses applications cliniques

Description du stage (en anglais)

Subject: Automatic assessment of infants' motor and interaction skills for early identification of neurodevelopmental disorders.

Abstract:

This internship is part of the TECH-TOYS project (EraPermed 2021) which aims to develop an innovative platform in the form of a baby gym as a way to facilitate early detection of NeuroDevelopmental Disorders (NDDs) in babies. This sensorized platform, which will be deployed at home, will allow the quantitative acquisition of motor and parent-infant related data. This data registration is intended to help clinicians at identifying individuals at risk of developing NDDs and to plan, if necessary, a set of interventions aimed at reducing the impact of the disorders on the individuals' future life. TECH-TOYS is a follow-up to the CareToys project conducted by the Fondazione Stella Maris (Pisa, Italy) [1].

The TECH-TOYS project is a multidisciplinary collaboration between six European institutions which started in 2022 and brings together experts in psychiatry, robotics, artificial intelligence and ethics. ISIR is involved in three major tasks of the project; a) the development of a new data acquisition platform, b) the development of a representation learning model for the identification of digital markers and, c) **the development of a precision model**. This internship focuses on the latter task. Precision medicine refers to the process of defining a pathology by means of genomics or computational techniques, allowing a more precise targeting of the different forms of the pathology. Within the TECH-TOYS project, a digital precision medicine tool will be implemented to assist clinicians during the observation and decision making steps in the early detection process.

To this end, a set of processing algorithms will be deployed in order **to extract relevant signals from the raw measurements transmitted by the different sensors**. Three key skills will be analysed: 1) **Movement**, in particular the movement of the upper limbs and the body in general [2], 2) **Object grasping** (number of grasps over time and applied forces) and 3) **Dyadic interactions**, with for example the analysis of the motherese [3], the turn taking or the synchrony [4]. These three skills, among others, are good clinical indicators of NDDs, e.g., the General Movement Assessment [5].

Due to the absence of annotations, most of the tools developed during this internship will use signal processing methods, e.g., break detection and Kalman filter estimation [6], or machine learning models that require little or no annotations, e.g., Hidden Markov Models [7], SVM, Spectral Clustering, or K-means. Part of the internship will consist in extracting in an unsupervised way, motor or dyadic states, e.g based on pattern occurrences or causal relationships [8]. The objective is to draw inspiration from research in engineering applied to neurodevelopmental disorders and to the study of movement in general to implement two tools: 1) **a classification model to identify whether the baby interacts with the toys** (simple touch, grasping, ...) and 2) **a model to analyse the infant's posture and general movement** (amount of movement, limb and trunk position, ...).

Sous la co-tutelle de :

Internship Objectives:

1) Definition of signals of interest and CareToys data preprocessing:

A set of signals of interest will have to be defined based on the clinical and engineering literature while taking into account the nature of the CareToys data. A pre-processing phase followed by a preliminary data analysis phase will also be conducted.

2) Model selection and preliminary tests:

The second part of the internship will consist in testing the previously identified methods by applying them on simplified datasets and/or datasets similar to the CareToys dataset, while taking into account the previously identified constraints and assumptions.

3) Model deployment and evaluation

The last phase of this internship will focus on the deployment and the validation of the tested models on the CareToys data. This will require annotating a part of the data and defining a set of metrics to validate the models.

Required Profile:

Master 1 Student (or equivalent engineering school program)
Major in Robotics / Cognitive Science / Computer Science

Required skills :

Signal Processing
Programming (Python / C++)
English

Advised skills :

Machine Learning
Interests in social signal processing and its clinical applications

Références

Sous la co-tutelle de :

[1] F. Cecchi *et al.*, « CareToy: An Intelligent Baby Gym: Home-Based Intervention for Infants at Risk for Neurodevelopmental Disorders », *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 23, n° 4, p. 63-72, déc. 2016, doi: [10.1109/MRA.2015.2506058](https://doi.org/10.1109/MRA.2015.2506058).

[2] M. Airaksinen *et al.*, « Automatic Posture and Movement Tracking of Infants with Wearable Movement Sensors », *Sci Rep*, vol. 10, n° 1, Art. n° 1, janv. 2020, doi: [10.1038/s41598-019-56862-5](https://doi.org/10.1038/s41598-019-56862-5).

[3] A. Mahdhaoui *et al.*, « Computerised home video detection for motherese may help to study impaired interaction between infants who become autistic and their parents », *Int J Methods Psychiatr Res*, vol. 20, n° 1, p. e6-e18, févr. 2011, doi: [10.1002/mpr.332](https://doi.org/10.1002/mpr.332).

[4] E. Delaherche, M. Chetouani, A. Mahdhaoui, C. Saint-Georges, S. Viaux and D. Cohen, "Interpersonal Synchrony: A Survey of Evaluation Methods across Disciplines," in *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 3, no. 3, pp. 349-365, July-September 2012, doi: 10.1109/T-AFFC.2012.12.

[5] M. Hadders-Algra, « General movements: A window for early identification of children at high risk for developmental disorders », *J Pediatr*, vol. 145, n° 2 Suppl, p. S12-18, août 2004, doi: [10.1016/j.jpeds.2004.05.017](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2004.05.017).

[6] A. Rihar, M. Mihelj, J. Pašič, J. Kolar, et M. Munih, « Infant trunk posture and arm movement assessment using pressure mattress, inertial and magnetic measurement units (IMUs) », *J Neuroeng Rehabil*, vol. 11, p. 133, sept. 2014, doi: [10.1186/1743-0003-11-133](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-133).

[7] T. Westeyn, K. Vadas, X. Bian, T. Starner, et G. D. Abowd, « Recognizing mimicked autistic self-stimulatory behaviors using HMMs », in *Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05)*, oct. 2005, p. 164-167. doi: [10.1109/ISWC.2005.45](https://doi.org/10.1109/ISWC.2005.45).

[8] H. Kanazawa *et al.*, "Open-ended movements structure sensorimotor information in early human development," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 120, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1073/pnas.2209953120