

ÉLÉMENT DE PORTFOLIO 02



Projet ou collaboration

1 DÉFINITION DE CET ÉLÉMENT

Sommeil : analyse automatique de stades du sommeil et aide au diagnostique

2 MOTIVATIONS DU CHOIX DE CET ÉLÉMENT

Le thème de l'analyse et l'exploration du sommeil est un sujet multi-disciplinaire tant au niveau scientifique que au niveau clinique-médicale [1–5]. Pour cela il s'inscrit dans une collaboration au niveau du laboratoire entre plusieurs équipes, l'équipe LFI¹ et l'équipe ACASA². Au niveau clinique-médicale nous avons collaborer avec l'unité du sommeil au sein du Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, à Paris (faculté des sciences).

3 PRÉSENTATION DE CET ÉLÉMENT

Trois projets se sont succédé sur ce thème.

3.1 Projet AEP (Automated Embedded Polysomnography, 2014-2018)

L'objectif du projet est d'étudier et de développer un système pour la classification automatique des stades du sommeil et la détection des apnées prenant en compte les artefacts des signaux physiologiques et les caractéristiques de l'individu. La thèse de Mme Chen Chen et les travaux de post-doctorat de M. Adrien Ugon sont associés à ce projet. **Originalité et résultats** : pour rendre le système autonome, nous avons déterminé et évalué avec des techniques d'apprentissage (algorithme évolutif et corrélation croisée) la singularité de l'individu. L'avantage majeur apporté par la formalisation et la fusion symbolique est la possibilité pour le médecin d'être toujours celui qui génère la connaissance formalisée et qui valide le modèle symbolique associé. Dans l'interprétation des signaux physiologiques une collaboration avec Mme Giovanna Morgavi (CR-CNR-Italie) a porté sur la conception d'un système cognitif pour la classification automatique du sommeil basé sur l'exploitation du portrait de phase pour la représentation des grapho-éléments, caractéristiques de l'analyse du sommeil. Dans la continuité de ce projet, une collaboration et une phase de transfert technologique a été réalisé avec la société Bioserenity afin d'évaluer notre logiciel avec les autres solutions du marché pour la classification automatique des stades du sommeil à partir de signaux polysomnographiques. Le projet AEP est aujourd'hui terminé. Bilan : 2 revues, 8 conférences internationales, 4 dépôts logiciels, organisation du séminaire "Sleep Disorders Day : From Functional Exploration to the Management of Sleep Disorders" – Séminaire IUIS Sorbonne Université, 1 base de données, *Gold standard* annotées à l'aveugles par deux cliniciens différents (un pneumologue et un neurologue). Cette base est composée de 200 patients avec des index d'apnée différents et 5 sujets sains observés sur trois nuits consécutives.

3.2 Projet ACAP (Automatic Cycling Alternating Pattern, 2020-2021)

Ce projet porte sur l'analyse de l'instabilité et de la perturbation du sommeil par détection automatique des *cycling alternating pattern* (CAP). Il s'inscrit dans une collaboration avec l'Université de Pise (Italie). Le CAP est un pattern électro-physiologique typique du sommeil non paradoxal (NREM) caractérisé par la répétition de séquences d'événements EEG d'activation et inactivation bien différenciées de l'activité de base. Cette analyse est aujourd'hui la seule mesure pour établir de manière objective la qualité du sommeil et elle est très chronophage pour le médecin. Dans la continuité des travaux sur le projet AEP et à partir d'un ensemble de règles non formelles, l'objectif du projet est de formaliser les critères de lecture des signaux EEG pour l'identification automatique des CAPs par fusion symbolique. Pour la validation nous utilisons la base de données dédiée de PhysioNet (CAP Sleep Database). Ces travaux s'effectuent en collaboration avec Maria-Paola Tramonti Fantozzi, qui a passé une période

1. Learning, Fuzzy and Intelligent systems

2. Agents Cognitifs et Apprentissage Symbolique Automatique

de quatre mois en 2020 comme post-doctorante au sein de l'équipe SYEL en partenariat avec le Dipartimento di Ricerca Traslazionale e delle Nuove Tecnologie in Medicina e Chirurgia de l'Université de Pise et le BioRobotics Institute, Scuola Sant'Anna à Pise (Italie).

L'originalité de ces travaux réside dans le traitement de bas niveau sur les dérivations classiques d'un tracé polysomnographique afin d'appliquer une méthode symbolique qui émule la méthode visuelle du médecin dans l'analyse des tracées EEG. L'approche est globale, au contraire des méthodes existantes qui sont sur une seule dérivation EEG. Le projet ACAP est aujourd'hui terminé. Une nouvelle collaboration en 2023 avec l'Instituto Politécnico Natiocional, Centro de Investigación en Computación, Université Mexique portera sur la détection des CAP par la mise en œuvre des techniques de traitement automatique du langage naturel et de reconnaissance de formes sur les données symboliques. Bilan : 1 revue internationale.

3.3 Projet Émotions et Sommeil (depuis septembre 2020)

Le projet porte sur l'analyse et la reconnaissance automatique des émotions dans les rêves à l'aide du modèle du sommeil paradoxal lucide chez les patients narcoleptiques. La thèse du Dr. Jean-Baptiste Maranci, psychiatre, est à la base de ce projet et il a obtenu un poste d'accueil au LIP6, suite à l'appel à candidatures Postes d'Accueil 2020 pour Assistants Hospitalo-Universitaires, Chefs de Clinique Assistants, Praticiens Hospitaliers Contractuels et Praticiens Hospitaliers, organisé par l'Assistance Publique - Hôpitaux de Paris (AP-HP). Ce poste d'accueil permettra au Dr. Maranci d'effectuer pendant deux ans une activité de recherche au sein de l'équipe SYEL sous ma supervision. Ce projet s'inscrit dans une nouvelle collaboration avec le Prof. Isabelle Arnulf, chef de service de l'unité du sommeil au sein du Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, à Paris.

L'originalité de ces travaux est : i) obtenir pour la première fois la valence émotionnelle d'un rêve sans avoir à réveiller le dormeur et de pouvoir la localiser avec une bonne résolution temporelle sur un tracé polysomnographique ; ii) prédire la valence émotionnelle d'un rêve avec des modèles d'inférence (arbres et forêts floues, SVM4, réseau de neurones (PMC5)) obtenus par apprentissage sur une base de données déjà existante. Les travaux du Dr. Maranci contribueront au transfert de connaissances entre les équipes des deux facultés de Sorbonne Université (Médecine et Science). Bilan : 2 revues internationales (Nature) sont en cours de soumission. 1 base de données annotées avec plus des 30 micro-sommeil de 30 minutes et annotations par rêveur lucide et questionnaire.

4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Chen Chen, Adrien Ugon, Chenglu Sun, Wei Chen, Carole Philippe, and Andrea Pinna. Towards a hybrid expert system based on sleep event's threshold dependencies for automated personalized sleep staging by combining symbolic fusion and differential evolution algorithm. *IEEE Access*, 7 :1775–1792, 2018.
- [2] Amina Kotti, Adrien Ugon, Karima Sedki, Brigitte Seroussi, Jean-Gabriel Ganascia, Patrick Garda, Jacques Bouaud, Andrea Pinna, Isabelle Arnulf, and Carole Philippe. Nouvelle technique d'analyse automatique des polysomnographies : approche symbolique avec intégration de préférences. *Médecine du Sommeil*, 14(1) :41, 2017. SI : 14/1 - Mars 2017 - Congrès du Sommeil novembre 2016.
- [3] Maria Paola Tramonti Fantozzi, Ugo Faraguna, Adrien Ugon, Gastone Ciuti, and Andrea Pinna. Automatic cyclic alternating pattern (cap) analysis : Local and multi-trace approaches. *Plos one*, 16(12) :e0260984, 2021.
- [4] Adrien Ugon, Amina Kotti, Brigitte Séroussi, Karima Sedki, Jacques Bouaud, Jean-Gabriel Ganascia, Patrick Garda, Carole Philippe, and Andrea Pinna. Knowledge-based decision system for automatic sleep staging using symbolic fusion in a turing machine-like decision process formalizing the sleep medicine guidelines. *Expert Systems with Applications*, 114 :414–427, 2018.
- [5] Adrien Ugon, Carole Philippe, Amina Kotti, Marie-Amélie Dalloz, and Andrea Pinna. Automatic sleep stages classification combining semantic representation and dynamic expert system. In *MEDINFO 2019 : Health and Wellbeing e-Networks for All*, volume 264, pages 848–852, 2019.