Projet tremplin recherche

Classification de signaux physiologiques cardiaques par des méthodes d'analyse de séries temporelles

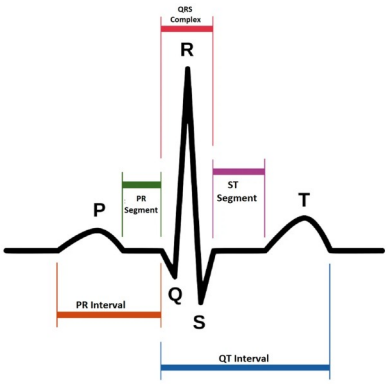
Structures de Recherche de rattachement : LVMT/ENPC-Univ. Gustave Eiffel, ESIEE/LIGM et LOMA/CNRS

Contacts : Pierre Argoul (pierre.argoul@univ-eiffel.fr), Jean-François Bercher (jf.bercher@esiee.fr)

et Françoise Argoul (francoise.argoul@u-bordeaux.fr)

Contexte

L'électrocardiogramme (ECG) est actuellement le biosignal le plus couramment utilisé pour la détection rapide des maladies cardiovasculaires. L'ECG est une représentation graphique de l'activité électrique du cœur, et il est utilisé pour identifier diverses maladies et anomalies cardiaques telles que l'arythmie, la fibrillation atriale, les infarctus du myocarde [1].



Un signal ECG se compose de complexes PQRS et d'ondes T , comme le montre la figure ci-contre. L'analyse des variations de ces ondes permet de diagnostiquer de nombreuses maladies cardiaques. Les appareils ECG sont sûrs et peu coûteux. Cependant, le bruit et d'autres facteurs, appelés artefacts, peuvent produire des pics dans les signaux ECG. Ces artefacts peuvent être dus aux mouvements du corps des patients, la perte de contact entre les électrodes et le thorax, ou les interférences des câbles électriques. Par conséquent, le bruit et les artefacts doivent être éliminés des signaux ECG pour garantir des analyses ECG précises. Différentes transformées ont été utilisées pour le prétraitement des signaux ECG afin d'éliminer le bruit et les artefacts, et l'une des transformées les plus couramment utilisées est la transformée en ondelettes [2]. Plusieurs algorithmes ont été rapportés précédemment pour détecter les ondes P, le complexe QRS et les ondes T, afin de réaliser des signaux ECG exempts de bruit et d'artefacts, et ils ont été validés sur la base de données d'arythmie MIT-BIH. Néanmoins, la plupart de ces algorithmes se limitent à un petit nombre de paramètres pour caractériser ces complexes. En parallèle, on assiste à un très fort développement des méthodes d'IA appliquées à la classification des séries temporelles [4], qui pourront être examinées dans ce contexte.

Le projet sera suivi conjointement par

Pierre Argoul du Laboratoire Ville, Mobilité Transport (Univ. Gustave Eiffel, Ecole des Ponts et Chaussées

Expertise sur les analyses temps-fréquence de signaux

Jean-François Bercher du Laboratoire d'Informatique Gaspard Monge (CNRS, Ecole des Ponts, Univ. Gustave Eiffel)

Expertise sur les approches sciences des données et IA

Françoise Argoul du Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine (Université de Bordeaux, CNRS)

Expertise sur les analyses des signaux physiologiques en particulier des signaux cardiaques.

Travail envisagé

OBJECTIFS :

- d'effectuer un état de l'art de la littérature; de comparer les différentes méthodes de détection des complexes PQRS-T publiées, et les tester leur performance si les programmes sont en open-source.
- d'étendre les méthodes déjà publiées et/ou validées, en particulier sur la base MIT-BIH, en proposant des méthodes d'apprentissage machine, éventuellement basées sur des analyses temps-fréquence des données, pour l'extraction de la variabilité, et de la complexité structurelle des signaux cardiaques [3]
- de reproduire des approches de régression récemment publiées afin d'améliorer modèles de *machine learning* et d'IA dans le contexte de ces signaux cardiaques

- puis, à partir de ces résultats, de proposer une ou plusieurs solutions et architectures fonctionnelles de programmes de classification des données cardiaques,
- Enfin, si le temps le permet, l'étudiant s'intéressera à la mise en œuvre en temps réel et adaptative permettant de réaliser une surveillance continue (*monitoring*).

Profils attendus :

Le profil recherché est celui d'un.e étudiant.e en informatique, science des données ou mathématiques appliquées (filières DSIA, AIC, INFO, ..) , curieux et ouvert sur les applications à des domaines transdisciplinaires (santé, médecine).

Poursuite en stage et au-delà envisageable.

Contacts : Pierre Argoul (pierre.argoul@univ-eiffel.fr), Jean-François Bercher (jf.bercher@esiee.fr) et Françoise Argoul (francoise.argoul@u-bordeaux.fr)

References :

[1] G. Attuel, E. Gerasimova-Checkine, F. Argoul, H. Yahia & A. Arneodo, Multifractal desynchronization of the cardiac excitable cell network during atrial fibrillation. I. Multifractal analysis of clinical data, *Front Physiol.* 8 (2018) 1139

[2] A. Guillet, A. Arneodo & F. Argoul. Tracking rhythms coherence from polysomnographic records: A time-frequency approach. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 7 (2021) 624456.

[3] S. Aziz, S. Ahmed & M.S.Alouini, ECG-based machine-learning algorithms for heartbeat classification, *Sci. Rep.* 11 (2021) 18738.

[4] https://timeseriesclassification.com/index.php