



Titre : Traitement de données massives et apprentissage automatique explicable dans les unités de soins intensifs néonataux

Mot clés : Prématurité, unités de soins intensifs néonataux, hyperbilirubinémie, sepsis, variabilité cardiaque, traitement des signaux physiologiques, apprentissage automatique, système d'aide à la décision clinique

Résumé : Les nouveaux-nés prématurés sont vulnérables à des complications comme l'hyperbilirubinémie néonatale et le sepsis tardif (LOS), posant des défis importants dans les unités de soins intensifs néonataux (USIN). Malgré les avancées en matière de soins, la détection précoce et la gestion efficace de ces affections restent complexes. Cette thèse, basée sur l'étude CARESS-Premi (NCT01611740), vise à développer des techniques avancées de traitement des données et des modèles interprétables d'apprentissage automatique afin d'améliorer la prise de décision en USIN, via des systèmes de surveillance non invasifs, continus et en temps réel.

Les principales contributions comprennent : (i) une chaîne optimisée de traitement des signaux pour l'analyse ECG en conditions réelles, adaptée aux USIN ; (ii) un modèle mathéma-

tique patient-spécifique pour la caractérisation de la dynamique postnatale de la bilirubine, avec des paramètres comme biomarqueurs potentiels pour détecter les comorbidités associées ; (iii) une estimation non invasive de la bilirubine utilisant des modèles d'apprentissage automatique à effets mixtes intégrant l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) et des informations physiologiques ; (iv) des modèles pour la détection précoce du LOS via l'analyse de la HRV ; (v) la conception, le déploiement et l'évaluation préliminaire d'un système d'aide à la décision clinique (CDSS) *on-the-edge*, intégrant du traitement des signaux en quasi-temps réel et des modèles d'inférence dans un contexte USIN. Ces résultats démontrent le potentiel du traitement avancé des signaux physiologiques combiné à l'apprentissage automatique pour optimiser les soins néonataux.

Title: Massive data processing and explainable machine learning in neonatal intensive care units

Keywords: Preterm, neonatal intensive care units, hyperbilirubinemia, sepsis, heart rate variability, physiological signal processing, machine learning, clinical decision support system

Abstract: Preterm infants are highly vulnerable to complications such as neonatal hyperbilirubinemia and late-onset sepsis (LOS), which pose significant challenges in Neonatal Intensive Care Units (NICU). Despite advancements in neonatal care, early detection and effective management of these conditions remain difficult. Based on the CARESS-Premi project (NCT01611740), the dissertation aims to develop advanced data processing techniques and interpretable machine learning (ML) models to enhance NICU decision-making and neonatal outcomes, by leveraging non-invasive, continuous and real-time monitoring systems.

The main contributions include: (i) an optimized automatic signal processing pipeline for real-life ECG analysis tailored to NICU;

(ii) a patient-specific mathematical model for postnatal bilirubin dynamics characterization in preterm infants, with model parameters serving as potential biomarkers for detecting associated comorbidities; (iii) the knowledge-based non-invasive bilirubin estimation using mixed-effects ML integrating heart rate variability (HRV) analysis and physiological insights; (iv) ML models for LOS early detection using HRV analysis, providing timely alerts before clinical suspicion; (v) the design, deployment and preliminary evaluation of an on-the-edge clinical decision support system (CDSS) integrating quasi-real-time signal processing and ML models in a NICU setting. These results demonstrate the potential of combining advanced physiological signal processing with ML to optimize neonatal care.