



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Monsieur Mamoune BENAIDA

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

Le 11 juillet 2026 à 11h00 au Grand Amphi à l'ENSIAS de Rabat

Intitulé de la thèse

**Ensemble-Based Machine and Deep Learning approaches
for Blood Glucose Level Forecasting**

Président :

Pr. Bouchaib BOUNABAT, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Ali IDRI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Co-Directeur de thèse :

Pr. Ibtissam ABNANE, MCH, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Soumiya ZITI, PES, Faculté de Sciences de Rabat, Université Mohammed V

Pr. Aziza CHAKIR, MCH, Faculté des Sciences juridiques, économiques et sociales, Université Hassan II,
Casablanca

Pr. Mohammed LAZAAR, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat,

Examineur(s) :

Mohammed RADOUANE, MCH, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat.



Résumé:

Le diabète de type 1 (DT1) est une maladie auto-immune chronique entraînant la destruction irréversible des cellules bêta du pancréas, conduisant à une carence absolue en insuline et une dépendance à vie à l'insulinothérapie exogène. Les systèmes de surveillance continue du glucose (SCG) génèrent des séries temporelles denses de mesures glycémiques interstitielles, offrant une opportunité précieuse pour la prédiction automatisée de la glycémie (PAG). Des prévisions précises à court terme (prédiction mono-pas, PMP, cinq minutes) et à moyen terme (prédiction multi-pas, PMuP, trente minutes) permettent d'anticiper les excursions glycémiques et d'adapter les décisions thérapeutiques de manière proactive. Cette thèse présente une investigation systématique des approches fondées sur l'apprentissage automatique, l'apprentissage profond et les méthodes d'ensemble pour la PAG, évaluées sur des données SCG issues de 108 patients pédiatriques atteints de DT1, selon un protocole rigoureux de validation croisée par avance pas à pas. Trois contributions progressives sont développées. Premièrement, six modèles individuels, AR, SVR, DBN, CNN, LSTM et GRU, sont comparés sous les régimes PMP et PMuP selon cinq stratégies, révélant la complémentarité des architectures évaluées. Deuxièmement, des ensembles par empilement combinant ces modèles avec des méta-apprenants RF, AdaBoost, LR et MLP surpassent largement les modèles individuels, atteignant un RMSE de 3,28 mg/dL en PMP et de 1,34 mg/dL en PMuP avec la stratégie DirRec. Troisièmement, des ensembles hétérogènes avancés optimisés par optimisation par essais particuliers (PSO), optimisation bayésienne et recherche aléatoire, agrégés par pondération par rang inverse, confirment l'intérêt de combiner diversité architecturale et diversité d'optimisation. Sur l'ensemble des expériences, PSO s'impose comme la stratégie d'optimisation la plus efficace. Ces résultats soutiennent l'intégration de tels systèmes dans les outils d'aide à la décision clinique et les dispositifs de pancréas artificiel.

Mots-clés:

Diabète de type 1 ; Prédiction de la glycémie ; Surveillance continue du glucose ; Apprentissage automatique ; Apprentissage profond ; Apprentissage par ensemble ; Optimisation des hyperparamètres ; Préviation de séries temporelles ; Pancréas artificiel.



Abstract:

Type 1 Diabetes Mellitus (T1DM) is a chronic autoimmune disease causing irreversible destruction of pancreatic beta cells, resulting in absolute insulin deficiency and lifelong insulin dependency. Continuous glucose monitoring (CGM) systems generate dense time series of interstitial glucose measurements, enabling data-driven blood glucose level (BGL) forecasting. Accurate short- and mid-term predictions at five-minute (one-step-ahead, OSF) and thirty-minute (multi-step-ahead, MSF) horizons can help patients and clinicians anticipate glycaemic excursions and make proactive therapeutic decisions. This thesis presents a systematic investigation of machine learning, deep learning, and ensemble-based approaches to BGL forecasting, evaluated on CGM data from 108 paediatric T1DM patients using a rigorous walkforward cross-validation protocol. Three progressive contributions are developed. First, six single models, namely AR, SVR, DBN, CNN, LSTM, and GRU, are benchmarked under both OSF and five MSF strategies, revealing the complementary strengths of different architectures. Second, stacked ensembles combining these models with Random Forest, AdaBoost, Linear Regression, and MLP meta-learners substantially outperform individual models, achieving an RMSE of 3.28 mg/dL for OSF and 1.34 mg/dL for MSF with the DirRec strategy. Third, advanced heterogeneous ensembles optimized via Particle Swarm Optimization (PSO), Bayesian Optimization, and Random Search, and aggregated through inverse rank weighting, further demonstrate the benefit of combining architectural and optimization diversity. Across all experiments, PSO consistently yields the best-performing models and ensembles. The results support the integration of ensemble-based BGL forecasting into clinical decision support systems and artificial pancreas devices.

Keywords:

Type 1 Diabetes Mellitus; Blood Glucose Forecasting; Continuous Glucose Monitoring; Machine Learning; Deep Learning; Ensemble Learning; Hyperparameter Optimization; Time Series Forecasting; Artificial Pancreas.