

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

DOCTORAT (Arrêté du 25 mai 2016)

Monsieur Wissam ABDALLAH

candidat au diplôme de Doctorat de l'Université d'Angers, est autorisé à soutenir publiquement sa thèse

le 20/10/2021 à 14h00

par visioconférence

sur le sujet suivant :

Analyse des séries temporelles pour la construction d'un modèle de prédiction météorologique

Directeur de thèse : **Monsieur Pierre CHAUVET**

Composition du jury :

Monsieur Pierre CHAUVET, Professeur UCO Université Catholique de l'Ouest Angers, Directeur de thèse

Monsieur Chaouki DIAB, Professeur Institut Supérieur des Sciences Appliquées et économiques, Beyrouth, LIBAN, Examinateur

Madame Nisrine JRAD, Maître de Conférences Université Catholique de l'Ouest Angers, Examinateur

Monsieur Seifedine KADRY, Professeur Noroff University College, Norvège, Rapporteur

Monsieur Mohamad OUEIDAT, Professeur Université Libanaise, Liban, Co-directeur de thèse

Monsieur Mohamed QUAFAROU, Professeur des Universités Aix-Marseille Université, Rapporteur

Monsieur Jean-Marie MARION, Maître de Conférences Université Catholique de l'Ouest Angers, Co-encadrant

Monsieur Nassib ABDALLAH, Docteur Université d'Angers, Membre Invité

Monsieur Tarek SALHAB, Directeur département Climatologie Ministère du transport, Aviation civile, Service météo, Membre Invité

Monsieur Erwan TRANVOUEZ, Maître de Conférences Aix-Marseille Université, Membre invité

Résumé de la thèse

Cette thèse vise à développer des méthodes alternatives pour la prévision météorologique. Elle s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec le service météorologique libanais. Une analyse bibliographique minutieuse a permis d'identifier les différentes approches et méthodes proposées par plusieurs chercheurs dans le domaine des modèles de prédiction météorologique. Comme alternative au calcul numérique et afin d'éviter le recours à des supercalculateurs, une première approche basée sur une méthodologie hybride pour la prévision des températures à court terme, a été proposée. Cette méthode "orientée données" est fondée sur les séries temporelles (STD), plus particulièrement l'utilisation du "modèle autorégressif moyenne mobile saisonnier" (SARMA) avec une parallélisation des tâches de calculs. Les résultats de l'approche proposée ont été confrontés à ceux du modèle numérique ARPEGE dans la prévision de la température minimale quotidienne à Beyrouth. Notre modèle s'est montré efficace et a permis de réduire fortement la consommation de ressources et le temps d'exécution. La méthode SARMA est appliquée à un seul paramètre météorologique. Afin d'intégrer l'interaction entre les différents paramètres météorologiques, un modèle vectoriel autorégressif (VAR) a été développé permettant de surmonter les limitations de SARMA. Cette approche utilisant des séries temporelles multivariées (modèle VAR) paraît être une solution très prometteuse pour les prévisions météorologiques à court terme. Le modèle de parallélisation développé permet de pallier le problème majeur de ressources dans ARPEGE et du temps de calcul dans le modèle ARIMA en raison du nombre élevé de paramètres dans les modèles. Suite à la forte précision obtenue par l'application du modèle VAR sur la station climatique de Beyrouth, une généralisation du modèle a été effectuée afin de prendre en compte les différentes couches virtuelles en fonction de l'altitude. Ainsi, on obtient une nouvelle approche prédictive et mixte qui est une combinaison de trois approches : équations physiques pour générer des séries chronologiques sur plusieurs couches virtuelles de l'altitude, classification ascendante hiérarchique (CAH) et VAR. La solution envisagée regroupe en clusters les données relatives aux paramètres météorologiques ayant les mêmes caractéristiques climatiques ; par conséquent, cette méthode permet de construire un modèle VAR par cluster. Les limites du modèle réalisé sont l'incapacité de prédire des paramètres météorologiques dont la génération de séries temporelles avec l'altitude à travers des équations météorologiques s'avère compliquée (par exemple : la vitesse et la direction du vent, la convection, etc.). Un modèle basé sur un apprentissage profond a été réalisé pour pallier ce problème. Le modèle de base de mémoire à long et court terme "Long Short-Term Memory LSTM" a été appliqué sur les cartes de la température (TT) générées afin de prédire et de fournir des cartes TT sur quatre saisons au Liban. La validation du modèle proposé a été réalisée en utilisant les critères de l'erreur quadratique moyenne et des méthodes métriques, en plus d'une nouvelle méthode originale appelée "reverse pitch mapping". Les résultats expérimentaux révèlent que le modèle proposé donne des résultats prometteurs pour la prédiction du TT sur quatre saisons au Liban, par rapport au modèle VAR de base.