



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**

**Madame Somaya SADIK**

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'Ingénieur

**Spécialité** : Mathématiques Appliquées aux Sciences de l'Ingénieur

**Le Jeudi 25 juillet 2024 à 10h00 au Grand Amphi à l'ENSAM de Rabat**

**Intitulé de la thèse**

### **Compressed Sensing for Financial Data Analysis and Portfolio Optimization**

**Président :**

Pr. Lahcen AZRAR, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Benayad NSIRI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Co-Encadrant de thèse :**

Pr. Mohamed ET-TOLBA, PES, Institut National des Postes et Télécommunications, Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Nabila RABBAH, PES, ENSAM, Université Hassan II, Casablanca

Pr. El Hassan IBN EL HAJ, PES, Institut National des Postes et Télécommunications, Rabat

Pr. Moulay Ahmed FAQIHI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Examineur :**

Pr. Taoufiq BELHOSSINE DRISSI, MCH, FS-Aïn Chock, Université Hassan II, Casablanca



**Résumé :** La finance quantitative joue un rôle central sur les marchés financiers modernes, utilisant des outils mathématiques et statistiques pour analyser et gérer les risques. Cependant, son efficacité peut être desservie par la présence de données bruitées et de grande dimension, en particulier dans deux secteurs clés : la prévision financière et l'optimisation de portefeuille. Cette thèse explore le potentiel de la technique de compressed sensing (CS) et de la parcimonie comme solutions innovantes pour relever ces défis et, en fin de compte, améliorer la prévision financière et la gestion de portefeuille.

La prévision financière vise à prédire les valeurs futures de variables financières, telles que les cours des actions ou les taux de change, en utilisant des données passées et des informations pertinentes. De plus, l'optimisation de portefeuille recherche l'allocation optimale du capital entre différents actifs afin de maximiser les rendements et de minimiser les risques. Cette thèse étudie l'efficacité de la CS et de la parcimonie pour relever les défis mentionnés ci-dessus dans ces domaines. La CS représente une approche innovante dans le traitement du signal qui permet de reconstruire des signaux de grande dimension à partir d'un nombre limité de mesures, en exploitant le concept de parcimonie. La parcimonie fait référence à la présence d'un nombre limité d'éléments non nuls dans un signal. En réduisant efficacement la dimensionnalité tout en préservant les caractéristiques clés, la CS offre une approche prometteuse pour surmonter les défis de données qui compromettent la prévision financière et l'optimisation de portefeuille.

La recherche présentée dans cette thèse explore l'intégration des techniques de CS dans divers aspects de la finance quantitative. Nous étudions l'application de la technique de compressed sensing bayésienne (BCS) pour la diminution du bruit dans les modèles de prévision financière. L'efficacité du BCS sera comparée aux algorithmes de récupération classiques afin d'évaluer son impact sur l'amélioration de la précision des prévisions. Nous étudions également comment l'introduction de contraintes de parcimonie et de nouvelles reformulations améliorent la sélection de portefeuille à moyenne réversion grâce à la programmation semi-définie positive. L'objectif est de tirer parti du concept de parcimonie pour développer des stratégies de sélection de portefeuille supérieures. En outre, une nouvelle approche avec des poids adaptatifs au sein d'un terme de régularisations sera proposée pour favoriser

la parcimonie et améliorer les performances du problème d'optimisation de portefeuille à moyenne-variance régularisé. Cette approche vise à remédier aux limitations des méthodes traditionnelles d'optimisation de portefeuille. L'efficacité de l'apprentissage par dictionnaire comme méthode de débruitage dans des scénarios univariés et multivariés pour la sélection de portefeuille sera étudiée. De nouveaux algorithmes d'apprentissage par dictionnaire seront proposés, et leur impact sur la performance du portefeuille sera évaluée par des simulations.

**Mots-clés:** Compressed Sensing, Financial Data Analysis, Noise Removal, Portfolio Optimization, Time Series Modeling.

**Abstract:**

Quantitative finance plays a central role in modern financial markets, applying mathematical and statistical tools to analyze and manage risk. However, its effectiveness can be hindered by the presence of noisy and high-dimensional data, especially in two key sectors: financial forecasting and portfolio optimization. This thesis explores the potential of compressed sensing (CS) and sparsity as innovative solutions to address these challenges and ultimately enhance financial forecasting and portfolio management.

Financial forecasting aims to predict future values of financial variables using past data and relevant information, such as stock prices. Additionally, portfolio optimization seeks optimal capital allocation across various assets to maximize returns and minimize risk. This thesis investigates the efficacy of CS and sparsity in tackling the challenges above within these fields. CS is a novel signal processing method that reconstructs high-dimensional signals from few number of measurements, capitalizing on the concept of sparsity. Sparsity pertains to the existence of only a few non-zero elements in a signal. By effectively reducing dimensionality while preserving key features, CS offers a promising approach to overcoming the data challenges that compromise financial forecasting and portfolio optimization.

The research presented in this thesis explores the integration of CS techniques into various aspects of quantitative finance. We explore employing Bayesian compressed sensing (BCS) for noise reduction in financial forecasting models. The effectiveness of BCS will be compared with classical recovery algorithms to assess its impact on improving prediction accuracy. We also investigate how the introduction of sparsity constraints and novel reformulations enhance mean-reverting portfolio selection through semi-definite programming. The goal is to leverage the sparsity concept to achieve superior portfolio selection strategies. In addition, a novel approach with adaptive weights within a regularization term will be proposed to promote sparsity and improve the performance of the regularized mean-variance portfolio framework. This approach aims to address the limitations of traditional methods in portfolio optimization. The effectiveness of dictionary learning as a denoising method in both univariate and multivariate scenarios for portfolio selection will be investigated. Novel algorithms for dictionary learning will be proposed, and their impact on portfolio performance will be evaluated through simulations.

**Keywords:** Compressed Sensing, Financial Data Analysis, Noise Removal, Portfolio Optimization, Time Series Modeling.