

Avis de Soutenance

Monsieur Anele NCUBE

Physique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Application des réseaux neuronaux profonds à la théorie des perturbations des trous noirs et au-delà de la phénoménologie du Modèle standard

dirigés par Monsieur Aldo DEANDREA et Monsieur Alan CORNELL
Cotutelle avec l'université "Université de Johannesburg" (Afrique Du Sud)

Soutenance prévue le **vendredi 30 janvier 2026** à 14h00

Lieu : Amphithéâtre DIRAC Campus LyonTech-la Doua Bâtiment Paul DIRAC 4 Rue Enrico Fermi 69100
Villeurbanne

Composition du jury proposé

M. Aldo DEANDREA	Université Claude Bernard Lyon 1	Directeur de thèse
M. Sunil MAHARAJ	Université du KwaZulu-Natal (Afrique du Sud)	Rapporteur
M. William HOROWITZ	University of Cape Town	Rapporteur
Mme Viola SORDINI	CNRS Lyon	Examinatrice
Mme Farvah MAHMOUDI	Université Claude Bernard Lyon 1	Examinatrice
M. Alan CORNELL	Université de Johannesburg (Afrique du Sud)	Directeur de thèse
M. Felix BRÜMMER	Université de Montpellier	Examineur
Mme Silvia MANCONI	Sorbonne Université Paris	Examinatrice
M. Rhameez HERBST	Université de Johannesburg (Afrique du Sud)	Invité
M. Hua-sheng SHAO	CNRS Paris	Invité

Mots-clés : Réseaux de neurones profonds, Physique gravitationnelle, Au-delà de la phénoménologie du modèle standard

Résumé :

Les différents phénomènes physiques de la physique des particules et de la relativité générale présentent des concepts physiques et formulations mathématiques qui se recoupent, ce qui les rend accessibles aux capacités d'approximation de fonctions universelles des réseaux neuronaux profonds (NN), quelle que soit la nature du problème ou le type d'analyse considéré. En relativité générale, la théorie des perturbations des trous noirs (BH) introduit des problèmes de valeurs propres analytiquement insolubles, par exemple les équations de perturbation des trous noirs de Kerr et Schwarzschild-Tangherlini. Les solutions sont des fréquences de mode quasi-normal (QNM) grâce auxquelles l'équivalent de la spectroscopie pour les trous noirs peut être réalisé à l'aide de signaux d'ondes gravitationnelles. Plus précisément, afin de déterminer avec précision la masse et le spin d'un trou noir sur la base de la théorie des perturbations des trous noirs, des travaux récents sur les simulations des trous noirs de Kerr ont mis en évidence l'importance des harmoniques, c'est-à-dire

des fréquences QNM avec des taux d'amortissement plus élevés que le mode fondamental. Dans la phénoménologie au-delà du modèle standard (BSM), nous nous concentrons sur l'amélioration des recherches de la contrepartie supersymétrique du muon (c'est-à-dire le « smuon ») en raison de son faible taux de production prévu lors de la deuxième phase d'exploitation du LHC. Les recherches antérieures sur l'état final multileptonique de cette particule n'ont pas été concluantes et ont donc motivé la nécessité de techniques de sélection d'événements plus approfondies (c'est-à-dire des « discriminateurs ») afin d'améliorer la sensibilité de la recherche. Sur un sujet connexe, nous envisageons la construction de modèles dans la phénoménologie BSM, qui implique l'analyse numérique du laplacien intégré dans des espaces extra-dimensionnels (dont les plus intéressants et les moins étudiés sont ceux à courbure négative). Nous nous concentrons sur la résolution du laplacien sur la variété nilpotente de dimension 3 (le « tore tordu » noté M_3), qui a déjà été utilisé comme exemple simplifié pour la phénoménologie de la matière noire. Pour relever les défis de l'analyse numérique dans la théorie des perturbations des trous noirs et la phénoménologie BSM, des réseaux neuronaux informés par la physique (PINN) sont utilisés comme solveurs numériques. Nous avons montré que les PINN pouvaient approximer les QNM des trous noirs de Kerr et Schwarzschild-Tangherlini avec une erreur quadratique moyenne relative (RMSE) inférieure à 1%, au moins pour les fréquences harmoniques basses dans le premier cas, par rapport à la méthode des fractions continues de Leaver. De plus, les PINN ont été utilisées pour résoudre le laplacien sur des espaces périodiques tordus présentant des aspects communs avec la 3-nil variété, y compris le ruban de Möbius. De même, les valeurs propres du laplacien dans les trois cas considérés ont été calculées avec précision (avec une RMSE inférieure à 0.5%). Pour M_3 , des recommandations ont été formulées pour une mise en œuvre pragmatique des PINN dans un cas aussi complexe. Les mêmes techniques étaient également au centre de la classification binaire utilisant des réseaux neuronaux pour améliorer la recherche de smuons. Grâce à des réseaux neuronaux entraînés sur deux régions de signaux (c'est-à-dire les régions de masse smuon faible et élevée), un gain de sensibilité par rapport à une approche de sélection d'événements basée sur le veto du jet central a été obtenu. En outre, des limites d'exclusion projetées pour les recherches dans le cadre de la troisième phase d'exploitation du LHC et de la prochaine expérience HL-LHC ont été obtenues. À un stade final, les gains potentiels en termes de sensibilité ont été étudiés dans la région la plus difficile du rapport de masse comprimé en utilisant une nouvelle architecture basée sur les réseaux neuronaux (i.e. TabNet).