



Université Claude Bernard



# DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **14 septembre 2021**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur COT Corentin**

Titre de la thèse : **Applications des équations du Groupe de Renormalisation : Des théories de Grande Unification à l'épidémiologie**

## Résumé



Depuis son développement il y a presque cent ans, le principe du Groupe de Renormalisation a permis de repousser les limites de notre compréhension de la physique au delà de l'échelle atomique et d'en prédire les aspects qu'elle présenterait en allant vers l'infiniment petit. Il a aidé à la réalisation d'importantes améliorations de notre compréhension de divers domaines de la physique, de la théorie quantique des champs à la physique du solide. Le Groupe de Renormalisation décrit l'invariance des observables par rapport à l'échelle d'énergie considérée et permet d'étudier l'évolution que cela induit sur les constantes de couplages en fonction de cette échelle. Une des plus importantes prédictions qu'il amène est la théorie de Grande Unification dans laquelle les interactions fondamentales (électromagnétisme, interaction faible et forte) ne devienne plus qu'une unique force émanant à haute énergie. Cette possibilité permettrait de décrire la physique des premiers instants après le Big Bang selon des lois simples se basant sur une unique symétrie. Bien que les théories de grande unification standards voient cette unification comme un point d'intersection entre les courbes d'évolution des couplages, ma thèse propose de la voir comme un procédé asymptotique pour lequel les couplages de jauge tendent à s'unifier en étant amenés vers un point fixe commun dans l'ultra-violet. La grande unification asymptotique introduit de nouvelles particules permettant de s'affranchir de la désintégration du proton, d'avoir un candidat à la matière noire et de reproduire l'asymétrie baryonique observée dans l'Univers. Le modèle minimal en  $SU(5)$  avec une dimension supplémentaire compactifiée sera présenté en détail, mais de plus grand groupes de symétrie permettraient d'introduire de nouveaux aspects prometteurs à la théorie.

En parallèle, le groupe de renormalisation a aussi été employé pour étudier la pandémie de COVID-19 qui a débuté à la fin de l'année 2019 et qui est toujours un sujet d'inquiétude au moment où cette thèse est rédigée. Grâce à une nouvelle méthode appelée Groupe de Renormalisation épidémique inspirée par le formalisme de la théorie quantique des champs, il permet d'intégrer des procédés complexes, comme la distanciation sociale ou l'interaction entre régions grâce à l'utilisation d'équations différentielles simples. Alors que les derniers modèles d'épidémiologie développés deviennent de plus en plus précis, leur complexité croissante les rend plus gourmands en temps d'exécution et moins transparents pour comprendre les scénarios de propagation, de son côté, l'équation du groupe de renormalisation épidémique n'a besoin que de deux paramètres dans une unique équation différentielle pour reproduire l'évolution d'une unique vague épidémique. Bien que cette méthode soit assez simple pour pouvoir réaliser une analyse détaillée sur un ordinateur portable en peu de temps, elle a montré une grande précision même pour des prédictions sur plusieurs mois. De nouveaux ajouts peuvent, de plus, y être intégrés aisément permettant de décrire par exemple des vagues multiples, l'apparition de variants mais aussi la vaccination.

Les points de vues originaux offerts par les équations du groupe de renormalisation permettent donc d'ouvrir de nouvelles frontières à l'étude de la théorie quantique des champs pour laquelle elle a été développée à la base, mais aussi pour l'épidémiologie. Ces méthodes pourraient même être étendues à des domaines bien plus variés tels que l'économie ou la chimie.

*Thèse de Corentin COT  
Soutenue publiquement le 14/09/2021*