

Avis de Soutenance

Madame Wanda ISNARD

Physique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
Classification and construction de modèles de grande unification asymptotique

Travaux dirigés par Monsieur Aldo DEANDREA et Monsieur Giacomo CACCIAPAGLIA

Soutenance prévue le **vendredi 19 juin 2026** à 13h00
Lieu : Amphithéâtre Dirac, Bâtiment Dirac, 4 rue Enrico Fermi, 69100 Villeurbanne

Composition du jury proposé

M. Aldo DEANDREA	Professeur des universités	Lyon 1 Université	Directeur de thèse
Mme Nuria RIUS	Professeure	Université de Valence (Espagne)	Rapporteure
Mme Jessica TURNER	Professeure associée	Université de Durham (Royaume-Uni)	Rapporteure
M. Gino ISIDORI	Professeur	Université de Zurich (Suisse)	Examineur
M. Giacomo CACCIAPAGLIA	Directeur de recherche	CNRS Paris	Co-directeur de thèse
M. François GIERES	Professeur des universités	Lyon 1 Université	Examineur

Mots-clés : Dimensions Supplémentaires, Unification, Brisure de symétrie, Renormalisation

Résumé :

Bien que le modèle standard de la physique des particules ait été testé avec une précision remarquable, plusieurs considérations théoriques et phénoménologiques suggèrent l'existence d'une nouvelle physique. Une idée particulièrement séduisante est que la structure de jauge du modèle standard provient d'un groupe de jauge unique à haute énergie, conduisant à l'unification des interactions de jauge. Dans les théories de grande unification conventionnelles, cette symétrie unifiée doit être brisée via un mécanisme de type Higgs, nécessitant généralement des champs scalaires dans de grandes représentations, ce qui peut compromettre la cohérence de la théorie aux hautes énergies. Dans cette thèse, nous étudions un cadre alternatif fondé sur le paradigme de l'unification asymptotique, dans lequel les constantes de couplage de jauge ne se rejoignent pas à une échelle finie, mais évoluent plutôt vers un point fixe ultraviolet commun sous l'effet du groupe de renormalisation. Cette approche ouvre la possibilité de construire des théories unifiées bien définies aux hautes énergies sans recourir à des secteurs scalaires étendus. Les constructions en dimensions supplémentaires fournissent un cadre naturel pour réaliser de tels scénarios, puisque l'évolution en loi de puissance des couplages peut les conduire vers un point fixe commun tout en

améliorant potentiellement le comportement ultraviolet de la théorie. Un aspect central de ce travail est la mise en œuvre de la brisure de symétrie dans des théories de jauge en dimensions supérieures. Nous étudions en détail des constructions d'orbifolds dans un espace temps plat à cinq dimensions, où les symétries de jauge sont réduites par des identifications discrètes de l'espace supplémentaire, ainsi que le mécanisme de Hosotani, dans lequel la brisure de symétrie de jauge est induite dynamiquement par des holonomies associées aux champs de jauge dans les dimensions supplémentaires. Ces éléments permettent de construire des modèles d'unification jauge-Higgs, dans lesquels le champ de Higgs émerge de degrés de liberté de jauge en dimensions supérieures. Sur cette base, nous réalisons une analyse systématique de la structure du vide et de la stabilité de tels modèles, en identifiant les conditions nécessaires à l'obtention de théories cohérentes et compatibles avec la phénoménologie. En particulier, nous construisons des modèles explicites fondés sur les groupes de jauge $SU(6)$, $SU(8)$ et $SO(10)$, qui présentent une unification asymptotique et des schémas de brisure de symétrie réalistes. Nous étendons également cette analyse aux groupes de jauge exceptionnels, en montrant que des constructions minimales basées sur E_6 ou E_7 ne peuvent atteindre la stabilité sans ingrédients supplémentaires, tels que la supersymétrie ou d'autres corrections. Ces résultats fournissent des indications concrètes pour la construction de théories unifiées viables en dimensions supplémentaires au-delà du modèle standard.

Summary:

Although the Standard Model of particle physics has been tested to remarkable precision, several theoretical and phenomenological considerations point towards the existence of new physics. A particularly appealing idea is that the Standard Model gauge structure originates from a single, unique gauge group at high energies, leading to the unification of gauge interactions. In conventional Grand Unified Theories, this unified symmetry must be broken through a Higgs-like mechanism, typically requiring scalar fields in large representations, which can jeopardize the consistency of the theory at high energies. In this thesis, we investigate an alternative framework based on the paradigm of asymptotic unification, in which the gauge couplings do not meet at a finite scale but instead flow towards a common ultraviolet fixed point under renormalization group evolution. This approach opens the possibility of constructing unified theories that remain well-defined at high energies without relying on large scalar sectors. Extra-dimensional constructions provide a natural setting for realizing such scenarios, as the power-law running of couplings can drive them towards a common fixed point while potentially improving the ultraviolet behavior of the theory. A central aspect of this work is the implementation of symmetry breaking in higher-dimensional gauge theories. We study in detail orbifold constructions in five dimensional space time, where gauge symmetries are reduced through discrete identifications of the extra-dimensional space, as well as the Hosotani mechanism, in which gauge symmetry breaking is dynamically induced by holonomies associated with extra dimensional gauge fields. These ingredients allow for the construction of Gauge Higgs Unification models, where the Higgs field emerges from higher-dimensional gauge degrees of freedom. Building on this framework, we perform a systematic analysis of the vacuum structure and stability of such models, identifying the conditions under which consistent and phenomenologically viable theories can be realized. In particular, we construct explicit models based on $SU(6)$, $SU(8)$, and $SO(10)$ gauge groups that exhibit asymptotic unification and realistic symmetry-breaking patterns. We further extend this analysis to exceptional gauge groups, demonstrating that minimal constructions based on E_6 or E_7 cannot achieve stability without additional ingredients, such as supersymmetry or further corrections. These results provide concrete guidance for the construction of viable extra dimensional unified theories beyond the Standard Model.