

Proposition de stage – Année 2022-2023

Niveau du stage : M2

Durée du stage : 4 mois

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : bourse École Doctorale

Responsable du stage : Aldo Deandrea et Giacomo Cacciapaglia

Téléphone : 0472448233

Email : deandrea@ipnl.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 337

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Equipe d'encadrement : Groupe Théorie et CMS, en particulier A.Deandrea, G.Cacciapaglia

Thématique : Physique Théorique

Intitulé du stage : Future colliders and asymptotic grand unification

Description du travail demandé :

Le projet européen sur les futurs collisionneurs FCC va permettre d'accéder à la fois à la physique de précision dans phase initiale (FCC-ee) et à un nouveau domaine de très haute énergie (FCC-hh). La physique de l'unification est d'habitude à une échelle de très haute énergie, difficilement atteignable aux collisionneurs. Nous avons récemment proposé une nouvelle approche à l'unification, qui ne demande pas une convergence des couplages des forces fondamentales à une échelle particulière, mais qui vise une unification asymptotique, dans le sens que les couplages des forces forte, faible et électromagnétiques convergent vers le même point fixe ultraviolet sans jamais se « croiser » à une échelle particulière. Ces modèles ne nécessitent pas la supersymétrie, garantissent la stabilité du proton, et sont des modèles avec dimensions supplémentaires compactes. Le point fixe ultraviolet apparaît asymptotiquement libre dans la théorie effective à 4 dimensions mais est en réalité non-trivial dans la théorie de-compactifié à haute énergie. Nous avons en particulier construit un modèle minimal basé sur le groupe de jauge SU(5), qui a une très riche phénoménologie qui pourrait être explorée aux futurs collisionneurs. Les masses typiques du premier tier des résonances est de l'ordre de quelque TeV si la particule stable et neutre du modèle constitue la matière noire.

L'objectif de cette proposition de stage est d'étudier la phénoménologie du modèle aux futurs collisionneurs FCC et proposer ensuite des pistes pour les analyses expérimentales en vue

d'établir des limites et des possibilités de découverte. Le candidat devra se familiariser avec les modèles d'unification asymptotique, extraire les observables d'intérêt aux collisionneurs et étudier leur conséquences. Une partie du travail va consister en l'implémentation du modèle asymptotique dans le logiciel FeynRules (Mathematica) et Madgraph pour extraire les résultats numériques pour FCC.

Des interactions avec le groupe CMS local (S.Gascon et al.) seront encouragées sur les détails des expériences du FCC.

Le stage peut déboucher sur un projet de thèse, où nous explorerons en profondeur ces modèles et leur généralisations à d'autres groupes de symétrie. En plus des implications aux collisionneurs et pour la physique de la saveur, nous considérerons les aspects liés à la cosmologie (matière noire et baryogénèse) et à la possibilité de « plonger » ces modèles dans le cadre de la théorie des cordes.

Références:

G. Cacciapaglia, A.S. Cornell, C. Cot and A. Deandrea, *Minimal $SU(5)$ asymptotic grand unification*, Phys. Rev. **D104** (2021) no.7, 075012 [arXiv:2012.14732 [hep-th]].

A.Abdalgabar, M.O. Khojali, A.S. Cornell, G. Cacciapaglia and A. Deandrea, *Unification of gauge and Yukawa couplings*, Phys. Lett. **B776** (2018), 231-235 [arXiv:1706.02313 [hep-ph]].

Internship offer – Year 2020-2021

Internship level: M2

Duration: 4 months

Possible PhD follow up: Yes

Proposed PhD funding type: fellowship of École Doctorale

Supervisor: Aldo Deandrea and Giacomo Cacciapaglia

Phone: 0472448233

Email: : deandrea@ipnl.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 337

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Mentoring team: Theory group and CMS, in particular A. Deandrea, G.Cacciapaglia.

Research field: Particle theory

Internship title: Future colliders and asymptotic gran unification

Work description:

The European FCC project for future colliders will allow to reach both high precision physics in its initial phase (FCC-ee) and a new domain of very high energy (FCC-hh). Physics of Unification models is usually at very high energy, far from the reach of present and future colliders. We have recently proposed a new paradigm for unification which does not require the unification of the gauge couplings at a specific energy scale, and which instead consists in an asymptotic running of the strong, weak and electromagnetic couplings towards the same ultraviolet fixed point, without “crossing” of the coupling at a particular scale. This class of models do not require supersymmetry, guarantee the stability of the proton and contain extra compact dimensions. The ultraviolet fixed point appears as asymptotically free in the effective theory at 4 space-time dimensions, but is non-trivial in the full theory with decompactified dimensions at high energy. We have in particular built a minimal model based on the SU(5) gauge group, with a very rich phenomenology which can be explored at future colliders. The typical mass of the first tier of resonances is in the few TeV range if the stable and neutral particle of the model is the dark matter candidate.

The aim of this internship is to study the phenomenology of the model at FCC in order to propose avenues for the future experimental analyses to establish limits and discovery potential for this class of models. The candidate will have to familiarise with the basics of

Unification and asymptotic unification, extract observables of interest at colliders and study their implications. Part of the work will be devoted to writing and implementing asymptotic unification models in standard software tools used to extract the numerical results for FCC, such as FeynRules (Mathematica) et Madgraph.

References:

G. Cacciapaglia, A.S. Cornell, C. Cot and A. Deandrea, *Minimal $SU(5)$ asymptotic grand unification*, Phys. Rev. **D104** (2021) no.7, 075012 [arXiv:2012.14732 [hep-th]].

A. Abdalgabar, M.O. Khojali, A.S. Cornell, G. Cacciapaglia and A. Deandrea, *Unification of gauge and Yukawa couplings*, Phys. Lett. **B776** (2018), 231-235 [arXiv:1706.02313 [hep-ph]].