

Proposition de stage – Année 2026

Niveau du stage : M2

Durée du stage : 4 mois

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : École doctorale

Responsable du stage : Aldo Deandrea

Téléphone : 0472448233

Email : deandrea@ip2i.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 : A. Deandrea, M. Khojali

Thématique : Physique théorique des particules et cosmologie

Intitulé du stage : Baryogénèse dans les modèles d'unification asymptotiques (aGUT)

Description du travail demandé :

La grande unification traditionnelle (GUT) se produit lorsque tous les couplages de jauge deviennent identiques à une échelle d'énergie finie. Dans le cadre de l'aGUT, les couplages de jauge tendent asymptotiquement vers la même valeur à haute énergie en raison de la présence d'un point fixe dans les équations d'évolution du groupe de renormalisation. Les modèles aGUT minimaux sont basés sur une symétrie de jauge $SU(N)$ en 5 dimensions. Les modèles aGUT ne nécessitent pas nécessairement de supersymétrie et garantissent la stabilité du proton. Le point fixe ultraviolet apparaît comme asymptotiquement libre dans la théorie effective à 4 dimensions spatio-temporelles, mais n'est pas trivial dans la théorie complète avec des dimensions décompactifiées à haute énergie.

Dans le cadre de ce stage, nous prévoyons d'étudier les implications des contraintes de la physique des particules et de la cosmologie pour la baryogénèse dans les modèles aGUT. Dans les modèles de baryogénèse basés sur les GUT standard, l'asymétrie baryonique de l'Univers est générée par les désintégrations violant la symétrie CP et le nombre baryonique de bosons de jauge ou de Higgs très massifs dans l'Univers primordial. Les contraintes actuelles sur l'échelle de l'inflation et la température de reheating imposent des limites fortes à de nombreux modèles de ce type. Les données suggèrent que l'Univers a été réchauffé après l'inflation à une température de $T \lesssim 10^9 - 10^{13}$ GeV, bien en dessous de l'échelle de la grande unification standard, réduisant

ainsi la production thermique de particules violant le nombre baryonique et la symétrie CP. Les modèles aGUT permettent généralement une échelle plus faible pour ces bosons (liée à la taille de la dimension supplémentaire) et peuvent donc fournir un mécanisme efficace pour générer l'asymétrie baryonique.

Au cours de ce stage, le candidat devra se familiariser avec les bases de l'unification et de l'unification asymptotique, et étudier leurs implications pour la baryogénèse. Le stage sera suivi d'une proposition de thèse comprenant à la fois la construction de modèles et des tests phénoménologiques des modèles aGUT proposés.

References:

T. Alezraa, G. Cacciapaglia, A. Deandrea, *Leptogenesis in five-dimensional asymptotic grand unification models* e-Print: 2503.14397 [hep-ph] Published in: JHEP 08 (2025), 162

G. Cacciapaglia, A.S. Cornell, A. Deandrea, W. Isnard, R. Pasechnik et al. *General vacuum stability of orbifold gauge breaking and application to asymptotic grand unification* e-Print: 2409.16137 [hep-ph] Published in: Phys.Rev.D 111 (2025) 9, 095013

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 2026

Internship level: M2

Duration: 4 months

Possible PhD follow up: Yes

Proposed PhD funding type: Doctoral school

Supervisor: Aldo Deandrea

Phone: 0472448233

Email: deandrea@ip2i.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: A. Deandrea, M. Khojali

Research field: Theoretical Physics : Particle theory and Cosmology

Internship title: Baryogenesis in asymptotic Grand Unification models (aGUT)

Work description:

Traditional Grand Unification (GUT) occurs when all gauge couplings become identical at a finite energy scale. In the aGUT framework, the gauge couplings tend to the same value asymptotically at high energies due to the presence of a fixed point in the renormalization group evolution equations. Minimal aGUT models are based on a $SU(N)$ gauge symmetry in 5 dimensions. aGUT models do not necessarily require supersymmetry and they guarantee the stability of the proton. 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 de-compactified dimensions at high energy.

For this internship, we plan to study the implications of particle physics and cosmology constraints for Baryogenesis in aGUT models. In models of baryogenesis based on standard GUTs, the baryon asymmetry of the Universe is generated through the CP and baryon number violating decays of very massive gauge or Higgs bosons in the early Universe. The present constraints on the scale of inflation and the temperature of reheating put strong limits on many such models. Data suggests that the Universe was reheated after inflation to a

temperature of $T \lesssim 10^9\text{--}10^{13}$ GeV, well below the scale of standard grand unification, and therefore suppressing the thermal production of the baryon number and CP violating particles. aGUT models allow typically a lower scale for these bosons (related to the size of the extra dimension) and therefore can provide an efficient mechanism for generating the baryon asymmetry.

During this internship the candidate will have to familiarise with the basics of Unification and asymptotic unification, and study their implications for baryogenesis. The internship will be followed by a thesis proposal including both model building and phenomenological tests of the proposed aGUT models.

References:

T. Alezraa, G. Cacciapaglia, A. Deandrea, *Leptogenesis in five-dimensional asymptotic grand unification models* e-Print: 2503.14397 [hep-ph] Published in: JHEP 08 (2025), 162

G. Cacciapaglia, A.S. Cornell, A. Deandrea, W. Isnard, R. Pasechnik et al. *General vacuum stability of orbifold gauge breaking and application to asymptotic grand unification* e-Print: 2409.16137 [hep-ph] Published in: Phys.Rev.D 111 (2025) 9, 095013

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]].