

Proposition de stage – Année 2024-2025

Niveau du stage : M2

Durée du stage : 4 mois

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : Financement École Doctorale

Responsable du stage : Florian NORTIER

Téléphone : +33 4 72 44 84 34

Email : f.nortier@ip2i.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 339

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Équipe d'encadrement : F. NORTIER – [Équipe Théorie « Particules, Champs & Cordes »](#)

Thématique : Physique théorique des particules

Intitulé du stage : Brisure de la symétrie électrofaible et mélange UV/IR

Modalités de candidature :

Merci d'adresser votre candidature via un e-mail de motivation au responsable du stage en y joignant un CV, et vos relevés de notes de Master et de la dernière année de Licence. Le responsable du stage considèrera uniquement les dossiers des candidat.e.s ayant des bases solides en Physique des Particules Élémentaires, Théorie Quantique des Champs et Théories de Jauge. Les candidat.e.s sélectionné.e.s seront invité.e.s individuellement à un entretien informel avant le choix final.

Description du travail demandé :

L'étude de la brisure électrofaible et du boson de Higgs sont au cœur du programme expérimental européen de physique des particules avec le CERN LHC à Genève. La particularité du boson de Higgs, dans le Modèle Standard (MS) de la physique des particules, est d'être le seul boson scalaire élémentaire. Un tel scalaire léger, et dont la masse n'est pas protégée par une symétrie, n'est pas naturel selon le point de vue moderne des théories quantiques des champs effectives, suggérant ainsi un mécanisme fondamental expliquant cette particularité. Les solutions historiques (la supersymétrie, le Higgs composite et les dimensions supplémentaires compactes) prévoient de nouvelles particules directement accessibles au LHC, lesquelles n'ont pas été mises en évidence jusqu'à ce jour. Trouver une explication à ce paradoxe est aujourd'hui une question centrale en physique théorique des particules, motivant de nouvelles approches avec des signatures expérimentales souvent très différentes.

Le phénomène de classicalisation [1] constitue l'une d'entre elles, prévoyant de la nouvelle physique nécessairement plus lourde que ses prédécesseurs historiques. Cette idée est directement inspirée de

l'hypothèse de formation de trous noirs dans des collisions ultra-planckiennes en gravité [2], réalisant ainsi un intrigant mélange UV/IR [4], où des objets massifs étendus (classicalons/saturons) se désintègrent en un grand nombre de bosons électrofaibles [3] : événements dits "boules de feu". Ce paradigme effectue un pont entre la physique électrofaible et les propriétés de la gravité, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour un cadre unifié des interactions fondamentales, en lien avec les théories des champs non-locales [4-6]. Le programme de recherche sur cette thématique à l'IP2I Lyon consiste à explorer la consistance théorique de la classicalisation dans le secteur électrofaible, ainsi que ses conséquences phénoménologiques au LHC et aux futurs collisionneurs, tels que le CERN FCC.

L'étudiant.e sera intégré.e à la collaboration travaillant sur ce programme de recherche. En fonction de l'état d'avancement du projet en cours, et des intérêts de l'étudiant.e, l'accent sera mis sur une étude formelle (construction de modèles, étude de leurs propriétés) et/ou phénoménologique (calcul d'observables physiques pour les recherches directes et indirectes de nouvelle physique aux collisionneurs de particules). Cette initiation à la thématique permettra une poursuite dans le cadre d'une thèse de doctorat et/ou d'un stage long de recherche durant l'année académique suivante.

Références :

- [1] G. Dvali, G.F. Giudice, C. Gomez, A. Kehagias, "UV-completion by classicalization", *JHEP* **08** (2011) 108, [arXiv:1010.1415](https://arxiv.org/abs/1010.1415)
- [2] G. Dvali, C. Gomez, A. Kehagias, "Classicalization of gravitons and Goldstones", *JHEP* **11** (2011) 070, [arXiv:1103.5963](https://arxiv.org/abs/1103.5963)
- [3] C. Grojean, R.S. Gupta, "Theory and LHC phenomenology of classicalon decays", *JHEP* **05** (2012) 114, [arXiv:1110.5317](https://arxiv.org/abs/1110.5317)
- [4] L. Keltner, A.J. Tolley, "UV properties of Galileons: Spectral Densities", [arXiv:1502.05706](https://arxiv.org/abs/1502.05706)
- [5] L. Buoninfante, J. Tokuda, M. Yamaguchi, "New lower bounds on scattering amplitudes: non-locality constraints", *JHEP* **01** (2024) 082, [arXiv:2305.16422](https://arxiv.org/abs/2305.16422)
- [6] P. Chattopadhyay, F. Nortier, "Ghost-free Electroweak Symmetry Breaking with Weakly Nonlocal Interactions", *Acta Phys. Pol. B* **55** (2024) 8-A2, [arXiv:2311.08311](https://arxiv.org/abs/2311.08311)

Internship offer – Year 2024-2025

Internship level: M2

Duration: 4 months

Possible PhD follow up: Yes

Proposed PhD funding type: Doctoral School Funding

Supervisor: [Florian NORTIER](#)

Phone: +33 4 72 44 84 34

Email: f.nortier@ip2i.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 339

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Mentoring team: F. NORTIER – [Theory Team "Particles, Fields & Strings"](#)

Research field: Theoretical Particle Physics

Internship title: Electroweak Symmetry Breaking & UV/IR Mixing

Application terms:

Please, send your application via a cover email to the internship supervisor, attaching your CV, and Master's and final year Bachelor's marks. The internship supervisor will only consider the applications of Master students with solid fundamentals in Elementary Particle Physics, Quantum Field Theory and Gauge Theories. Selected candidates will be invited individually to an informal interview before the final choice.

Work description:

The study of electroweak (EW) symmetry breaking and the Higgs boson are at the heart of the European experimental Particle Physics program with the CERN LHC in Geneva. The particularity of the Higgs boson, in the Standard Model (SM) of particle physics, is to be the only elementary scalar boson. Such a light scalar, whose mass is not protected by a symmetry, is not natural according to the modern point of view of effective quantum field theories, thus suggesting a fundamental mechanism explaining this particularity. The historical solutions (supersymmetry, composite Higgs and compact extra dimensions) predict new particles directly accessible to the LHC, which have not been discovered to date. Finding an explanation for this paradox is nowadays a central question in theoretical particle physics, motivating new approaches with often very different experimental signatures.

The phenomenon of classicalization [1] is one of them, predicting new physics necessarily heavier than its historical predecessors. This idea is directly inspired by the hypothesis of black hole formation in ultra-Planckian collisions in gravity [2], thus realizing an intriguing UV/IR mixing [4], where massive extended objects (classicalons/saturons) decay into a large number of electroweak bosons [3]: so-called "fireball" events. This

paradigm bridges the gap between EW physics and the properties of gravity, thus offering new perspectives for a unified framework of fundamental interactions, in connection with non-local field theories [4-6]. The research program on this topic at IP2I Lyon consists in exploring the theoretical consistency of classicalization in the EW sector, as well as its phenomenological consequences at the LHC and future colliders, such as the CERN FCC.

The student will be integrated into the collaboration working on this research program. Depending on the progress of the current project, and the student's interests, the emphasis will be on a formal study (construction of models, study of their properties) and/or phenomenological study (calculation of physical observables for direct and indirect searches for new physics at particle colliders). This introduction to the topic will allow for continuation in a doctoral thesis and/or a long research internship during the following academic year.

References :

- [1] G. Dvali, G.F. Giudice, C. Gomez, A. Kehagias, “*UV-completion by classicalization*”, *JHEP* **08** (2011) 108, [arXiv:1010.1415](https://arxiv.org/abs/1010.1415)
- [2] G. Dvali, C. Gomez, A. Kehagias, “*Classicalization of gravitons and Goldstones*”, *JHEP* **11** (2011) 070, [arXiv:1103.5963](https://arxiv.org/abs/1103.5963)
- [3] C. Grojean, R.S. Gupta, “*Theory and LHC phenomenology of classicalon decays*”, *JHEP* **05** (2012) 114, [arXiv:1110.5317](https://arxiv.org/abs/1110.5317)
- [4] L. Keltner, A.J. Tolley, “*UV properties of Galileons: Spectral Densities*”, [arXiv:1502.05706](https://arxiv.org/abs/1502.05706)
- [5] L. Buoninfante, J. Tokuda, M. Yamaguchi, “*New lower bounds on scattering amplitudes: non-locality constraints*”, *JHEP* **01** (2024) 082, [arXiv:2305.16422](https://arxiv.org/abs/2305.16422)
- [6] P. Chattopadhyay, F. Nortier, “*Ghost-free Electroweak Symmetry Breaking with Weakly Nonlocal Interactions*”, *Acta Phys. Pol. B* **55** (2024) 8-A2, [arXiv:2311.08311](https://arxiv.org/abs/2311.08311)