

Proposition de stage – Année 2025-2026

Niveau du stage : Master 2

Durée du stage : 4 mois

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : Concours de l'École Doctorale PHAST ou d'une grande école (ENS, X)

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 – Pôle « [Théorie des 2 Infinis](#) »

Thématique : Physique théorique des particules

Intitulé du stage : *Mécanisme de Higgs et mélange ultraviolet-infrarouge*

Modalités de candidature :

Les personnes intéressées adresseront leur candidature par e-mail, en transmettant :

- une lettre de motivation,
- un curriculum vitae académique détaillé,
- les relevés de notes depuis la dernière année de licence ou équivalent.

Conditions de recevabilité :

Les candidat.e.s devront avoir suivi des cours en *Théorie Quantique des Champs* et en *Physique des Particules* de niveau Master 2 avant le début du stage.

Processus de sélection :

Les candidat.e.s présélectionné.e.s seront invité.e.s à un entretien individuel d'ordre informel (en visioconférence ou en présentiel), préalablement au choix définitif.

Contexte du sujet de stage :

L'étude de la brisure électrofaible et du boson de Higgs occupe une place centrale dans le programme expérimental européen de physique des particules, notamment au CERN, à Genève, avec le Grand Collisionneur de Hadrons (LHC). Dans le cadre du Modèle Standard (MS), le boson de Higgs se distingue comme le seul boson scalaire élémentaire. Or, la légèreté de cette particule, dont la masse n'est protégée par aucune symétrie,

apparaît non naturelle au regard des théories effectives des champs. Cette particularité suggère l'existence d'un mécanisme fondamental sous-jacent, encore non élucidé.

Les solutions historiques proposées — telles que la supersymétrie, les modèles de Higgs composite ou les dimensions supplémentaires — prédisaient l'émergence de nouvelles particules directement accessibles au LHC. Pourtant, aucune observation expérimentale n'a confirmé leur existence à ce jour. Résoudre ce paradoxe constitue désormais un enjeu majeur en physique théorique des particules, incitant à explorer des approches innovantes, souvent associées à des signatures expérimentales inédites.

Parmi ces approches, le phénomène de classicalisation [1] se distingue en proposant une nouvelle physique nécessairement plus lourde que celle envisagée par les modèles historiques. Cette idée s'inspire directement de l'hypothèse de formation de trous noirs dans des collisions ultra-planckiennes en gravité [2], illustrant un intrigant « mélange ultraviolet-infrarouge » [4]. Dans le contexte d'une application à la brisure électrofaible, de nouvelles interactions impliquant le champ de Higgs dominant aux hautes énergies, conduisant à la formation d'objets massifs étendus (dits « classicalons »). Ces derniers se désintègrent en un grand nombre de bosons électrofaibles [3], générant des événements dits « boules de feu ». Ce paradigme établit un pont conceptuel entre la physique électrofaible et les propriétés de la gravité, ouvrant ainsi des perspectives inédites pour une théorie unifiée des interactions fondamentales, en lien avec les théories des champs non-locales [4-6].

Le programme de recherche mené à l'IP2i Lyon vise à explorer la cohérence théorique de la classicalisation dans le secteur électrofaible, ainsi que ses implications phénoménologiques au LHC et dans les futurs collisionneurs, tels que le FCC du CERN.

Encadrement du stage et perspectives :

L'étudiant.e sélectionné.e sera intégré.e à l'équipe de recherche travaillant sur ce programme. Selon l'avancement du projet et les intérêts scientifiques de l'étudiant.e, les travaux pourront porter sur :

- une étude formelle (construction de modèles, analyse de leurs propriétés),
- une approche phénoménologique (calcul d'observables pour les recherches directes et indirectes de nouvelle physique dans les collisionneurs).

Cette immersion dans la thématique offrira une initiation au sujet de recherche, permettant une poursuite naturelle vers une thèse de doctorat ou un stage long 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 2025-2026

Internship level: Master 2

Duration: 4 months

Possible PhD follow up: Yes

Proposed PhD funding type: PHAST Doctoral School Competition or from “grandes écoles” (ENS, X)

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 – [Research Team “Theory of the 2 Infinities”](#)

Research field: Theoretical Particle Physics

Internship title: *Higgs Mechanism & Ultraviolet-Infrared Mixing*

Application Procedures:

Prospective candidates should submit their application via email, including the following materials:

- A cover letter,
- A comprehensive academic curriculum vitae,
- All transcripts from the final year of their undergraduate degree (or equivalent).

Eligibility Requirements:

Applicants must have completed graduate-level coursework in *Quantum Field Theory* and *Particle Physics* prior to the commencement of the internship.

Selection Process:

Shortlisted candidates will be invited to participate in an informal individual interview, conducted either via videoconference or in person, as part of the final selection process.

Internship Topic Context:

The investigation of electroweak symmetry breaking and the Higgs boson occupies a central position in the European experimental particle physics program, particularly at CERN in Geneva, where the Large Hadron Collider (LHC) is operational. Within the framework of the Standard Model (SM), the Higgs boson is distinguished as the sole elementary scalar particle. However, the relative lightness of this particle—whose mass lacks

protection by any known symmetry—appears unnatural within the context of effective field theories. This puzzle suggests the existence of an as-yet-unidentified fundamental mechanism.

Historically, proposed solutions—such as supersymmetry, composite Higgs models, or theories invoking extra dimensions—have predicted the emergence of new particles that should have been accessible at the LHC. To date, however, no experimental evidence has confirmed their existence. Addressing this paradox has become a major challenge in theoretical particle physics, necessitating the exploration of innovative approaches, often characterized by unprecedented experimental signatures.

Among these novel approaches, the phenomenon of classicalization [1] is particularly notable for proposing new physics at energy scales necessarily higher than those considered in traditional models. This concept draws direct inspiration from the hypothesis of black hole formation in ultra-Planckian collisions in gravitational physics [2], exemplifying an intriguing form of "ultraviolet-infrared mixing" [4]. When applied to electroweak symmetry breaking, new interactions involving the Higgs field dominate at high energies, leading to the formation of extended massive objects known as "classicalons". These objects decay into a large number of electroweak bosons [3], producing distinctive "fireball" events. This paradigm establishes a conceptual link between electroweak physics and gravitational properties, thereby opening new avenues for a unified theory of fundamental interactions, particularly in connection with non-local field theories [4–6].

The research program at IP2I Lyon aims to explore both the theoretical consistency of classicalization in the electroweak sector and its phenomenological implications for the LHC and future colliders, such as CERN's Future Circular Collider (FCC).

Internship Supervision and Outlook:

The selected intern will join the research team engaged in this program. Depending on the project's progress and the student's scientific interests, the internship may focus on:

- A formal study (model construction and analysis of their theoretical properties),
- A phenomenological approach (calculation of observables for direct and indirect searches for new physics at colliders).

This immersion in the research topic will provide a solid foundation for further academic pursuits, facilitating a natural transition to a doctoral thesis or an extended internship in 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)