



Proposition de sujet de stage M2

Année 2026-2027

Théorie quantique des champs et anomalies

Mots-clefs : théorie quantique des champs ; EFT ; anomalies quantiques ; hydrodynamique ; espace-temps courbe ; gravité.

Description :

La théorie quantique des champs fournit un langage commun à la physique des particules, à la matière condensée et à la cosmologie. Elle permet de décrire les interactions des systèmes quantiques et d'étudier comment leurs symétries gouvernent les phénomènes physiques, en présence de champs extérieurs, à température finie ou dans un espace-temps courbe. Les théories effectives des champs offrent une approche moderne et systématique pour mener ces calculs, en s'appuyant sur les symétries et les échelles d'énergie pertinentes dans chaque contexte.

Les théories effectives des champs (EFT) permettent ainsi d'identifier les interactions essentielles et d'en déduire les conséquences observables. Cette démarche fournit un cadre commun pour étudier les particules élémentaires, les propriétés thermodynamiques et hydrodynamiques des milieux quantiques, ainsi que les champs en présence de gravité.

Les anomalies quantiques constituent un exemple remarquable de la portée de cette approche. Elles traduisent le fait que certaines symétries classiques ne sont plus préservées au niveau quantique et peuvent ainsi modifier les lois de conservation ou les propriétés d'échelle d'une théorie. Loin d'être de simples subtilités du formalisme, elles relient des phénomènes physiques à première vue très éloignés. Les anomalies chirale et conforme interviennent notamment dans l'étude des réponses des milieux quantiques à des champs extérieurs et ouvrent des perspectives pour comprendre de nouveaux phénomènes de transport en matière condensée. En espace-temps courbe, l'anomalie conforme établit également un lien profond entre théorie quantique des champs, géométrie et rayonnement de Hawking.

Ce stage propose d'explorer le rôle des anomalies quantiques dans ces différents contextes, à travers les méthodes des théories effectives. Le volet théorique s'appuiera sur la formulation par intégrale de chemin et le calcul d'actions effectives en présence de champs extérieurs, dans des milieux à température ou densité finies, ou sur des fonds gravitationnels. L'enjeu sera de comprendre comment les propriétés quantiques des symétries se manifestent dans les courants, le transport d'énergie et les réponses collectives des systèmes étudiés.

Inscrit dans le prolongement des travaux [1–4], ce sujet offre une formation aux méthodes contemporaines de la physique théorique, à l'interface entre physique des particules, cosmologie et matière condensée. Il mettra l'accent sur le lien entre calcul de théorie des champs et interprétation physique, avec pour fil conducteur l'émergence de phénomènes observables à partir de principes fondamentaux. Ce stage s'inscrit naturellement dans la perspective d'une poursuite en thèse sur ces thématiques.



9 Chemin de Bellevue - BP 110 - ANNECY-LE-VIEUX
F-74941 ANNECY CEDEX FRANCE
Téléphone : 04 50 09 16 80 • <https://lapth.cnrs.fr/> • contact@lapth.cnrs.fr



Profil recherché

Le stage s'adresse à un étudiant ou une étudiante de Master 2 en physique théorique, ou de niveau équivalent, disposant d'une formation approfondie en théorie quantique des champs. Une bonne maîtrise du formalisme lagrangien, des symétries et des méthodes perturbatives est attendue, ainsi qu'une familiarité avec la formulation de la théorie quantique des champs par intégrale de chemin.

Le goût pour les calculs analytiques, la rigueur mathématique et l'interprétation physique des résultats seront essentiels.

Références

[1] R. Larue, A. Marchon, J. Quevillon et D. Saviot, Anomalous Transport from Effective Field Theory. arXiv:2605.15968

[2] R. Larue, J. Quevillon et D. Saviot, Examining the Anomalous Nature of Chiral Effects in Thermodynamics. arXiv:2507.02079

[3] R. Larue, J. Quevillon et R. Zwicky, Gravity-gauge Anomaly Constraints on the Energy-momentum Tensor. arXiv:2312.13222

[4] R. Larue et J. Quevillon, The Universal One-Loop Effective Action with Gravity. arXiv:2303.10203

Ouverture vers un sujet de thèse : OUI

Responsable(s) de stage :

Nom	Prénom	Adresse mail	Équipe
Quevillon	Jérémie	jeremie.quevillon@lapth.cnrs.fr	Physique des particules

Les candidats doivent contacter le responsable de stage par email.





Master 2 Research Internship

Academic year 2026–2027

Quantum Field Theory and Anomalies

Keywords: quantum field theory; EFT; quantum anomalies; hydrodynamics; curved spacetime; gravity.

Description:

Quantum field theory provides a common language for particle physics, condensed matter physics and cosmology. It describes the interactions of quantum systems and allows us to investigate how their symmetries govern physical phenomena in the presence of external fields, at finite temperature or in curved spacetime. Effective field theories offer a modern and systematic approach to these calculations, based on the symmetries and energy scales relevant to each setting.

Effective field theories (EFTs) thus allow us to identify the essential interactions and derive their observable consequences. This approach provides a common framework for studying elementary particles, the thermodynamic and hydrodynamic properties of quantum media, and fields in the presence of gravity.

Quantum anomalies provide a striking example of the scope of this approach. They arise when certain classical symmetries are no longer preserved at the quantum level, and can therefore modify a theory's conservation laws or scaling properties. Far from being mere subtleties of the formalism, they connect seemingly very different physical phenomena. In particular, chiral and conformal anomalies play a role in the response of quantum media to external fields and open up avenues for understanding new transport phenomena in condensed matter physics. In curved spacetime, the conformal anomaly also establishes a profound connection between quantum field theory, geometry and Hawking radiation.

This internship will explore the role of quantum anomalies in these different settings using effective field theory methods. The theoretical work will draw on the path-integral formulation and the calculation of effective actions in the presence of external fields, in media at finite temperature or density, or on gravitational backgrounds. The aim will be to understand how the quantum properties of symmetries manifest themselves in currents, energy transport and the collective responses of the systems under study.

Building on the work in Refs. [1–4], this project offers training in contemporary methods of theoretical physics at the interface of particle physics, cosmology and condensed matter physics. It will emphasise the connection between quantum field theory calculations and their physical interpretation, with a focus on how observable phenomena emerge from fundamental principles. This internship naturally leads towards a PhD project on these topics.



9 Chemin de Bellevue - BP 110 - ANNECY-LE-VIEUX
F-74941 ANNECY CEDEX FRANCE
Téléphone : 04 50 09 16 80 • <https://lapth.cnrs.fr/> • contact@lapth.cnrs.fr



Candidate profile

The internship is intended for a student in the second year of a Master's degree in theoretical physics, or at an equivalent level, with a strong background in quantum field theory. A good command of the Lagrangian formalism, symmetries and perturbative methods is expected, together with familiarity with the path-integral formulation of quantum field theory.

An interest in analytical calculations, mathematical rigour and the physical interpretation of results will be essential.

References

- [1] R. Larue, A. Marchon, J. Quevillon and D. Saviot, Anomalous Transport from Effective Field Theory. arXiv:2605.15968
- [2] R. Larue, J. Quevillon and D. Saviot, Examining the Anomalous Nature of Chiral Effects in Thermodynamics. arXiv:2507.02079
- [3] R. Larue, J. Quevillon and R. Zwicky, Gravity-gauge Anomaly Constraints on the Energy-momentum Tensor. arXiv:2312.13222
- [4] R. Larue and J. Quevillon, The Universal One-Loop Effective Action with Gravity. arXiv:2303.10203

Opportunity to continue with a PhD: YES

Internship supervisor:

<i>Surname</i>	<i>First name</i>	<i>Email address</i>	<i>Research group</i>
Quevillon	Jérémie	jeremie.quevillon@lapth.cnrs.fr	Particle physics

Applicants should contact the internship supervisor by email.

