

Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon
www.ip2i.in2p3.fr

Proposition de stage – Année 2020-2021

Niveau du stage : M2

Durée du stage : 4 mois

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : ED-PHAST

Responsable du stage : Giacomo Cacciapaglia

Téléphone : 04 72 44 84 34

Email : g.cacciapaglia@ipnl.in2p3.fr

Adresse : IP2i Lyon – Bureau 305

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Equipe d'encadrement : Théorie

Thématique : Physique théorique et ondes gravitationnelles

Intitulé du stage : Ondes gravitationnelles des transitions de phase dans les modèles composites de Higgs

Description du travail demandé :

La première observation des ondes gravitationnelles (OG) par LIGO et VIRGO en 2016 a ouvert une nouvelle fenêtre à travers laquelle nous pouvons étudier la physique de l'Univers. Cela ne se limite pas aux événements astrophysiques comme la collision de trous noirs et d'étoiles à neutrons, mais s'étend également aux événements qui ont eu lieu aux premiers stades de l'évolution cosmologique. Une source possible de OG est l'apparition de transitions de phase. Celui associé à la condensation de la QCD à des températures autour de 150 MeV en est le meilleur exemple. Cependant, bien d'autres peuvent s'être produits à différentes échelles.

Dans ce stage, le candidat explorera la production de OG lors des transitions de phase associées aux modèles composites de Higgs. Elles peuvent survenir à des températures supérieures ou voisines de 10 TeV, et être de premier ou deuxième ordre. Pendant le stage, l'étudiant revisitera le calcul standard du spectre d'OG dans un modèle simplifié qui imite des scénarios composites. Nous compléterons ainsi le modèle standard par des scalaires et des fermions supplémentaires, qui jouent le rôle de résonances composites. Le spectre d'OG obtenu sera ainsi comparé à la sensibilité projetée des mises à niveau de LIGO / VIRGO, et des expériences de prochaine génération.

Le travail de stage sera encadré par l'équipe dirigée par G.Cacciapaglia et A.Deandrea, qui comprend un post-doctorant (A.Iyer) et trois doctorants (S.Vatani, C.Cot et L.Mason). Le projet bénéficiera également de la



Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon

www.ip2i.in2p3.fr

présence à l'IP2i de A.Arbej sur les aspects cosmologiques, et de J.Margueron et H.Hansen pour la comparaison avec les spectres OG générés par la coalescence d'étoiles à neutrons. L'IP2i héberge également un groupe axé sur l'analyse des données des détecteurs d'OG LIGO / VIRGO.

Le stage sera suivi d'un projet de doctorat, où le calcul d'OG sera étendu à un scénario composite plus réaliste. Nous utiliserons également des techniques holographiques appliquées à des cas réalistes. Enfin, la problématique de la baryogenèse et de la genèse de la matière noire associée aux transitions de phase composites sera étudiée.

Références:

W.C.Huang, F.Sannino and Z.W.Wang, *Gravitational Waves from Pati-Salam Dynamics*, arXiv:2004.02332 [hep-ph].

K.Agashe, P.Du, M.Ekhterachian, S.Kumar and R.Sundrum, *Phase Transitions from the Fifth Dimension*, arXiv:2010.04083 [hep-th].

O.Matsedonskyi and G.Servant, *High-Temperature Electroweak Symmetry Non-Restoration from New Fermions and Implications for Baryogenesis*, JHEP **09** (2020), 012
[https://doi.org/10.1007/JHEP09\(2020\)012](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2020)012) [arXiv:2002.05174 [hep-ph]].

C.Cai, H.H.Zhang, G.Cacciapaglia, M.Rosenlyst and M.T.Frandsen, *Higgs Boson Emerging from the Dark*, Phys. Rev. Lett. **125** (2020) no.2, 021801 <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.021801> [arXiv:1911.12130 [hep-ph]].



Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon
www.ip2i.in2p3.fr

Internship offer – Year 2020-2021

Internship level: M2

Duration: 4 months

Possible PhD follow up: Yes

Proposed PhD funding type: ED-PHAST

Supervisor: Giacomo Cacciapaglia

Phone: 04 72 44 84 34

Email: g.cacciapaglia@ipnl.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 305

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Mentoring team: Theory

Research field: Theoretical physics and gravitational waves

Internship title: Gravitational waves from phase transitions in composite Higgs models

Work description:

The first observation of gravitational waves (GW) by LIGO and VIRGO in 2016 has opened a new window through which we can study the physics of the Universe. This is not limited to astrophysical events like the collision of black holes and neutron stars, but also extends to events that took place at the early stages of the Cosmological evolution. A possible source of GWs is the occurrence of phase transitions. The one associated to QCD condensation at temperatures around 150 MeV is the prime example. However, many more may have occurred at different scales.

In this internship, the candidate will explore the production of GWs during phase transitions associated with composite Higgs models. They may occur at temperatures above or around 10 TeV, and be of first or second order. During the internship, the student will revisit the standard calculation of the GW spectrum in a simplified model that mimics composite scenarios. We will thus complement the standard model with additional scalars and fermions, which play the role of composite resonances. The obtained GW spectrum will thus be compared to the projected sensitivity of upgrades of LIGO/VIRGO, and to the next generation experiments.

The candidate's work will be supported by the group lead by G.Cacciapaglia and A.Deandrea, which includes a postdoc (A.Iyer), and three PhD students (S.Vatani, C.Cot and L.Mason). The project will also benefit from the presence at the IP2I of A.Arbey on Cosmological aspects, and of J.Margueron and H.Hansen for the comparison



Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon

www.ip2i.in2p3.fr

with GW spectra generated by neutron star coalescence. The IP2i also hosts a group focused on data analysis of the LIGO/VIRGO GW detectors.

The internship will be followed by a PhD project, where the GW computation will be extended to a more realistic composite scenario. We will also make use of holographic techniques applied to realistic cases. Finally, the issue of baryogenesis and dark-matter-genesis associated to the composite phase transitions will be studied.

References:

W.C.Huang, F.Sannino and Z.W.Wang, *Gravitational Waves from Pati-Salam Dynamics*, arXiv:2004.02332 [hep-ph].

K.Agashe, P.Du, M.Ekhterachian, S.Kumar and R.Sundrum, *Phase Transitions from the Fifth Dimension*, arXiv:2010.04083 [hep-th].

O.Matsedonskyi and G.Servant, *High-Temperature Electroweak Symmetry Non-Restoration from New Fermions and Implications for Baryogenesis*, JHEP **09** (2020), 012
[https://doi.org/10.1007/JHEP09\(2020\)012](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2020)012) [arXiv:2002.05174 [hep-ph]].

C.Cai, H.H.Zhang, G.Cacciapaglia, M.Rosenlyst and M.T.Frandsen, *Higgs Boson Emerging from the Dark*, Phys. Rev. Lett. **125** (2020) no.2, 021801 <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.021801> [arXiv:1911.12130 [hep-ph]].