

## Proposition de thèse – Année 2025-2028

**Directeur** : Maxime Gouzevitch (CR/HDR)

**Téléphone** : 0660848119

**Email** : mgouzevi@mail.cern.ch

**Adresse** : IP2i Lyon – Bureau 121. Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac  
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

**Equipe d'encadrement** : Susanne Gascon (PR), Post-Doc (NN) and Nicolas Chanon (CR/HDR)

**Type de financement envisagé** : Bourse MESRI/ED, européenne

**Thématique** : Physique expérimentale des particules sur collisionneur (CMS au LHC) : Secteur Higgs

**Intitulé de thèse** : Recherche de nouveaux bosons de Higgs et le potentiel scalaire

**Description du travail demandé** : CMS ("Compact Muon Solenoid"), l'une des deux expériences généralistes auprès de l'accélérateur LHC ("Large Hadron Collider") du CERN, a pour objectif l'étude aussi complète que possible du boson de Brout-Englert-Higgs (communément appelé 'boson de Higgs') et de son potentiel (potentiel BEH). L'équipe d'encadrement du stage a fortement contribué à la mise en évidence, en 2012 [1], d'un boson de Higgs dans son canal de désintégration en deux photons. Elle est aussi auteur principal de ma mesure la plus précise à ce jour de l'auto-couplage du boson de Higgs I:  $H^* \rightarrow HH$  [2]. Ce paramètre fondamental est notamment responsable de la brisure de la symétrie électrofaible durant le Big Bang et de l'apparition de la masse et possiblement de la prédominance de la matière sur l'antimatière. Sa valeur est prédite par le Modèle Standard :  $\lambda = 0.13$ . Mais tout écart à cette prédiction serait synonyme de physique au-delà du Modèle Standard, par exemple la présence d'autres bosons de Higgs, notamment bosons de Higgs neutres notés ici X et Y (mais il peut en avoir plus que deux.)

La mesure effectuée par l'équipe IP2i a été basée sur les données du LHC dites de Run II (2016-2018). Actuellement cette constante fondamentale de l'univers est connue avec la précision de 300 %. C'est une mesure délicate puisque la production HH est rare. Il reste donc beaucoup d'espace non contraint pour les contraintes sur la forme du potentiel BEH.

La précision s'améliore donc avec la quantité de données accumulées. Ce sera le Run 3 (2022-2026), avec en plus un passage possible en énergie dans le centre de masse de 13 à 14 TeV, qui permettra de titiller la valeur prédite par le Modèle Standard pour la première fois.

La thèse proposée portera donc sur le développement de la recherche de la production  $H(\rightarrow bb)$   $H(\rightarrow \gamma\gamma)$  avec les données du Run 3 qu'il contribuera à collecter. Dans ce sens là il reprendra le flambeau du thésard actuel qui travaille sur les premières données sur Run 3. Le thésard travaillera aussi sur la combinaison avec le Run 2. Le but principal sera de travailler sur les données et d'améliorer les techniques d'analyse en généralisant notamment l'utilisation des réseaux de Neurones et de l'apprentissage machine. En fonction de ses intérêts le thésard pourrait plutôt collaborer à l'interprétation phénoménologique des résultats obtenus par CMS dans ce domaine où plutôt dans la reconstruction avec l'utilisation extensive des réseaux de neurones.

Le temps restant (25%) sera dédié à une contribution à l'effort de construction du futur trajectographe de CMS pour la phase HL-LHC jusqu'en fin 2026, fin prévue du projet. Le (la) doctorant(e) travaillera à l'IP2I sur les tests des modules de silicium, en particulier des tests à réception, et l'analyse des résultats. Environ 2000 modules seront testés en 2025-2026. Alternativement il pourrait contribuer aux opérations de prise de données CMS pendant Run 3 en particulier pour le tracker de CMS.

La thèse se déroulera à l'IP2I de Lyon. Des déplacements réguliers pour assister à des réunions de collaboration, des ateliers, des écoles et des conférences sont attendus, profitant également de la proximité du CERN.

[1] Phys. Lett. B 716 (2012) 30. <https://arxiv.org/abs/1207.7235>

[2] JHEP 03 (2021) 257. <https://arxiv.org/abs/2011.12373>

## PhD thesis offer – Year 2025-2028

**Supervisor:** Maxime GOUZEVITCH (CR/HDR)

**Phone:** 0660848119

**Email:** [mgouzevi@mail.cern.ch](mailto:mgouzevi@mail.cern.ch)

**Address:** IP2i Lyon – Bureau 121. Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac  
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

**Mentoring team:** Suzanne GASCON-SHOTKIN (PR), Post-Doc (NN), and Nicolas Chanon (CR/HDR)

**Proposed PhD funding type:** MESRI/ED or European or International scholarship

**Research field:** Experimental particle physics with colliders (CMS at the LHC): Higgs sector

**Thesis title:** Search for new Higgs bosons and scalar potential

**Work description:** CMS ("Compact Muon Solenoid"), one of the two general-purpose experiments at the LHC ("Large Hadron Collider") at CERN, has as its goals the characterization of the Higgs boson and measurement of its potential. The internship mentoring team contributed significantly to the discovery in 2012 [1] of a Brout-Englert-Higgs boson (commonly known as a 'Higgs boson') in the diphoton decay channel.

The team also authored the most accurate measurement to date of the Higgs boson self-coupling  $\lambda : H^* \rightarrow HH$  [2]. This fundamental parameter is notably responsible for the breaking of the electroweak symmetry during the Big Bang and the possibly of the predominance of matter over antimatter. Its value is predicted by the Standard Model:  $\lambda = 0.13$ . But any deviation from this prediction would be synonymous with physics beyond the Standard Model, for example the presence of other Higgs bosons, for example the presence of other Higgs bosons, notably neutral Higgs bosons noted here X and Y (but there may be more than two.)

The measurement carried out by the IP2i team was based on data from the so-called Run II LHC (2016-2018). Currently this fundamental constant of the universe is known with an accuracy of 300%. This is a delicate measure since HH production is rare.

The proposed thesis will therefore focus on the search for  $H(\rightarrow bb)$   $H(\rightarrow \gamma\gamma)$  with the Run 3 data that it will help to collect. In this sense, they will pick up the torch from the current PhD student who is working on the first data from Run 3. The PhD student will also work on the combination with Run 2. The main goal will be to work on data and improve analysis techniques, in particular by generalizing the use of neural networks and machine learning. Depending on his/her interests, the doctoral student could rather collaborate in the phenomenological interpretation of the results obtained by CMS in this field or rather in the reconstruction with the extensive use of neural networks.

The remaining 25% of the time will be dedicated to contributing to the construction efforts for the future CMS tracker for the HL-LHC phase, until the end of 2026, the projected completion of the project. The PhD student will work at IP2i on testing the silicon modules, particularly on reception tests and analyzing the results. Approximately 2000 modules will be tested in 2025-2026. Alternatively, they could contribute to CMS data-taking operations during Run 3, particularly for the CMS tracker.



**Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon**

[www.ip2i.in2p3.fr](http://www.ip2i.in2p3.fr)

The PhD work will take place at IP2I in Lyon. Regular travel to attend collaboration meetings, workshops, schools, and conferences is expected, also benefiting from the proximity to CERN.

[1] Phys. Lett. B 716 (2012) 30. <https://arxiv.org/abs/1207.7235>

[2] JHEP 03 (2021) 257. <https://arxiv.org/abs/2011.12373>