

Proposition de thèse – Année 2023-2026

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)

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 $H^* \rightarrow HH$ [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 (2022-2024), 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.

Un résultat récent obtenu par le laboratoire IP2I en collaboration avec une équipe de l'Inde, basé sur les données du Run 2 a montré un excès significatif de 3.8 sigma local et 2.8 sigma global dans l'état final $X \rightarrow Y(\rightarrow bb) H(\rightarrow \gamma\gamma)$ où $M_X \sim 650$ GeV et $M_{Y-} \sim 90-100$ GeV [3]. Il est intéressant de noter que cet excès corrobore d'autres excès locaux observés $Y(\rightarrow \gamma\gamma)$ avec $M_{Y-} \sim 96$ GeV [4] dans une analyse menée par le group IP2I, $Y(\rightarrow \tau\tau)$ avec $M_{Y-} \sim 100$ GeV [5] et $X \rightarrow WW$ avec $M_X \sim 650$ GeV [6].

La thèse proposée portera donc sur le développement de la recherche $X \rightarrow Y(\rightarrow bb) H(\rightarrow \gamma\gamma)$ avec les données du Run 3 qu'il contribuera à collecter. 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 thésard pourra aussi contribuer 25 % de son temps à la construction des chambres à muons RPC pour la mise à jour du détecteur CMS en vue du futur LHC à haute luminosité : HL-LHC.

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

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

[3] CMS-PAS-HIG-21-011. <https://cds.cern.ch/record/2815230>

[4] Phys. Lett. B 793 (2019) 320. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.03.064>

[5] Submitted to JHEP. <https://arxiv.org/abs/2208.02717>

[6] CMS-PAS-HIG-20-016. <https://cds.cern.ch/record/2803723>

PhD thesis offer – Year 2023-2026

Supervisor: Maxime GOUZEVITCH (CR/HDR)

Phone: 0660848119

Email: 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)

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 λ : $H^* \rightarrow HH$ [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, 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.

A recent result obtained by the IP2I laboratory in collaboration with a team from India, based on Run 2 data, showed a significant excess of 3.8 local sigma and 2.8 global sigma in the final state $X \rightarrow Y(\rightarrow bb) H(\rightarrow \gamma\gamma)$ where $M_X \sim 650$ GeV and $M_Y \sim 90-100$ GeV [3]. Interestingly, this excess corroborates other observed local excesses $Y(\rightarrow \gamma\gamma)$ with $M_Y \sim 96$ GeV [4] in an analysis conducted by the IP2I group, $Y(\rightarrow \tau\tau)$ with $M_Y \sim 100$ GeV [5] and $X \rightarrow WW$ with $M_X \sim 650$ GeV [6]

The proposed thesis will therefore focus on the search for $X \rightarrow Y(\rightarrow bb) H(\rightarrow \gamma\gamma)$ with the Run 3 data that it will help to collect. 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 doctoral student will also be able to contribute 25% of his time to the construction of the RPC muon chambers for the update of the CMS detector for the future high-luminosity LHC: HL-LHC.

- [1] Phys. Lett. B 716 (2012) 30. <https://arxiv.org/abs/1207.7235>
- [2] JHEP 03 (2021) 257. <https://arxiv.org/abs/2011.12373>
- [3] CMS-PAS-HIG-21-011. <https://cds.cern.ch/record/2815230>
- [4] Phys. Lett. B 793 (2019) 320. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.03.064>
- [5] Submitted to JHEP. <https://arxiv.org/abs/2208.02717>
- [6] CMS-PAS-HIG-20-016. <https://cds.cern.ch/record/2803723>