

Proposition de thèse – 2022-2025

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

Sujet de thèse : Mesure de la forme du potentiel du boson de Higgs via la production de deux H à l'état final

Directeur de thèse : Maxime Gouzevitch (CR/HDR)

Téléphone : 0660848119

Email : mgouzevi@ipnl.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau XXX
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

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 : α^2 . Mais tout écart à cette prédiction serait synonyme de physique au-delà du Modèle Standard, par exemple la présence d'autres bosons de Higgs.

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. 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.

La thèse portera donc sur le développement de cette mesure 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. Il sera possible aussi d'essayer des algorithmes d'ordinateurs quantiques pour quelques tâches simples.

En parallèle la mesure devra être élargie aux processus plus rares tels que la production associée de deux bosons de Higgs avec des bosons vecteurs ou des quarks top. Ces processus deviennent de plus en plus intéressants au fur et à mesure que l'énergie en centre de masse croît et que la statistique s'accumule. Une partie importante de la thèse serait dédiée à l'interprétation théorique de la mesure dans le cadre des théories au-delà du Modèle standard.

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>

PhD thesis offer – Year 2022-2025

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

Thesis title: Measurement of the shape of the Higgs potential via the production of 2 Higgs bosons

Supervisor: Maxime Gouzevitch (CR/HDR)

Phone: 0660848119

Email: mgouzevi@ipnl.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau XXX
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

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 $\kappa_{HH}^* \rightarrow HH$ [2]. This fundamental parameter is notably responsible for the breaking of the electroweak symmetry during the Big Bang and the possibility of the predominance of matter over antimatter. Its value is predicted by the Standard Model: $\kappa_{HH}^* = 0.13$. But any deviation from this prediction would be synonymous with physics beyond the Standard Model, for example the presence of other Higgs bosons.

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. Accuracy therefore improves with the amount of data accumulated. It will be Run 3 (2022-2024), with in addition a possible passage in energy in the center of mass from 13 to 14 TeV, which will titillate the value predicted by the Standard Model for the first time.

The thesis will focus on the development of this measurement with the data from Run 3. The student would contribute to the data collection and reconstruction. The main goal will be to work on data and improve analysis techniques, notably by generalizing the use of neural networks and machine learning. It will also be possible to try out quantum computer algorithms for a few simple tasks.

At the same time, the measurement should be extended to more rare processes such as the associated production of two Higgs bosons with vector bosons or top quarks. These processes become more and more interesting as the energy in the center of mass grows and the statistics accumulate. An important part of the thesis would be dedicated to the theoretical interpretation of measurement within the framework of theories beyond the Standard Model.

The doctoral student will also be able to contribute 25% of his time to the construction of 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>