

Proposition de thèse – 2023-2026

Thématique : Physique des particules expérimentales

Sujet de thèse : Recherche de violation de CP dans le secteur du quark top avec CMS au Run 3 du LHC

Directeur de thèse : Nicolas Chanon (CMS)

Téléphone : +33 4 72 44 85 01

Email : n.chanon@ip2i.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 115
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Description du travail demandé :

Cette thèse expérimentale s'inscrit dans le groupe CMS (Compact Muon Solenoid), expérience généraliste de physique des particules auprès du collisionneur proton-proton LHC (CERN). Le projet vise à chercher une nouvelle source de violation de CP dans le secteur du quark top, pour expliquer l'excès de matière sur l'antimatière dans l'univers. Le groupe CMS de l'IP2I possède une expertise dans le secteur top reconnue internationalement, tant sur des mesures de précision (section efficace, masse), que sur des recherches au-delà du modèle standard (résonances top-antitop et top-Higgs, test de l'invariance de Lorentz). De plus, le doctorant contribuera aux activités d'instrumentation que mène le groupe sur l'amélioration du trajectographe de CMS pour le LHC Haute Luminosité (HL-LHC), qui suivra l'arrêt prolongé à la fin du Run 3.

La symétrie CP est violée en physique des saveurs légères. Si une nouvelle source de violation de CP était générée dans l'univers à une plus haute échelle d'énergie, elle pourrait bien impacter du secteur du quark top car il est suspecté de jouer un rôle majeur dans les théories au-delà du modèle standard de par sa haute masse. C'est pourquoi une mesure de précision directe de la violation de CP dans le secteur du quark top est d'une grande importance. Pour mettre en évidence de possibles déviations de la symétrie CP dans le secteur top, très petites à l'échelle d'énergie du LHC si elles existent, le cadre phénoménologique d'une théorie effective des champs (EFT) sera utilisé. L'analyse sera conduite avec les données collectées au Run 3 du LHC (2022-2025) à 13 TeV. L'analyse se focalisera sur la production d'un quark top solitaire, très sensible à la violation de CP, et fera suite à l'analyse des données du Run 2 en cours de finalisation dans l'équipe.

La dégradation des performances du détecteur actuel de CMS avec les radiations demandera son remplacement complet pour le HL-LHC, dont le démarrage est prévu en 2029. L'IP2I est chargé d'une partie de la construction des futurs bouchons du trajectographe de CMS, comprenant la construction de structures mécaniques (les « Dees ») refroidis au CO₂ biphasé, et l'équipement des Dees avec des modules de détection en silicium. Le doctorant renforcera l'équipe en contribuant l'équivalent de quelques mois par an aux tests des modules et à la qualification des Dees.

PhD thesis proposal – 2023-2026

Research field: Experimental particle physics

Thesis title: Search for CP violation in the top quark sector with CMS at the LHC Run 3

Supervisor: Nicolas Chanon (CMS)

Phone: +33 4 72 44 85 01

Email: n.chanon@ip2i.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 115
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Work description:

This PhD thesis in experimental physics will be performed within the CMS (Compact Muon Solenoid) group of IP2I. CMS is a multi-purpose experiment in particle physics at the LHC proton-proton collider (CERN). The project aims at searching for a new source of CP violation in the top quark sector, in order to explain the excess of matter over antimatter in the Universe. The CMS group of IP2I has an internationally renowned expertise in the top quark sector, with precision measurements (cross section, top mass), searches beyond the standard model (top-antitop and top-Higgs resonances, tests of Lorentz invariance). Furthermore, the PhD student will contribute to the instrumentation activities of the group on the improvement of the CMS tracker for the High Luminosity LHC (HL-LHC), which will follow the long shut-down at the end of the Run 3.

The CP symmetry is violated in light flavour physics. If a new source of CP violation was to be generated in the Universe at a higher energy scale, it could impact the top quark sector, since it is suspected to play a major role in theories beyond the standard model because of its high mass. Therefore, a direct precision measurement of CP violation in the top quark sector is of utmost importance. In order to evidence possible deviations from CP symmetry in the top quark sector, very small at the energy scale of the LHC if they exist, the phenomenological framework of an effective field theory (EFT) will be used. The analysis will be performed with data collected at the LHC Run 3 (2022-2025) at 13 TeV. The analysis will focus on the production of a single top quark, very sensitive to CP violation, and will follow the analysis of Run 2 data being finalized within the team.

The current CMS tracker will need to be completely replaced for the HL-LHC, to sustain the radiation level induced by the large increase in LHC luminosity. The IP2I is responsible for constructing part of the future tracker endcap of CMS, with the production of mechanical structures (“Dees”) cooled with bi-phase CO₂, and the integration of silicon detector modules onto the Dees. The PhD student will reinforce the team by contributing to an amount equivalent to several months per year in the module tests and Dee qualification.