

## Proposition de thèse – 2022-2025

**Thématique** : Physique des particules

**Sujet de thèse** : Tester l'universalité des leptons dans le secteur du quark top avec CMS au LHC

**Directeur de thèse** : Nicolas Chanon

**Téléphone** : +33 4 72 44 85 01

**Email** : [n.chanon@ip2i.in2p3.fr](mailto: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 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).

L'universalité de saveurs des leptons dans le Modèle Standard (MS) prédit que les trois types de leptons chargés (électrons, muons et taus) interagissent tous de la même manière avec les autres particules, modulo leurs différences de masse. Or les indices qui mettent en défaut ce comportement se multiplient dans le secteur du quark beau (voir les récentes mesures à LHCb [1] des désintégrations  $B \rightarrow K^{(*)} \ell^+ \ell^-$  où des tensions entre prédictions théoriques et résultats expérimentaux sont observées. Ces anomalies pourraient être les premiers signes d'une découverte de physique au-delà du MS avec de nouvelles interactions fondamentales entre quarks et leptons.

Ces anomalies impliquent indirectement le quark top dans la boucle du processus  $B \rightarrow K^{(*)} \ell^+ \ell^-$ . Cette thèse propose donc de tester l'universalité de saveur des leptons directement dans le secteur du quark top, afin d'aborder le problème d'un nouveau point de vue. Le quark top est suspecté de jouer un rôle majeur dans les théories au-delà du MS de par sa haute masse. Pendant la thèse, les données de collisions proton-proton à 13 TeV du Run 2 et 3 du LHC collectées à l'expérience CMS seront analysées, en se focalisant sur la production d'une paire de quarks tops associée à une paire de leptons ( $t\bar{t} + \ell^+ \ell^-$ ). Dans un premier temps, une étude phénoménologique sera conduite pour explorer les signaux attendus. Une mesure de précision du processus sera ensuite effectuée, à l'aide d'outils du type réseaux de neurones (apprentissage profond) pour séparer le signal du bruit de fond. Cette analyse visera particulièrement la production des deux leptons hors du pic  $t\bar{t}Z(\rightarrow \ell^+ \ell^-)$  et comparera la production des saveurs  $t\bar{t} + e^+ e^-$  et  $t\bar{t} + \mu^+ \mu^-$ . Elle sera enfin interprétée avec la théorie effective des champs et des modèles de physique au-delà du MS (leptoquarks ou boson  $Z'$ ) et reliée aux anomalies observées dans le secteur du quark beau.

Dans le cadre de la thèse, le doctorant utilisera le logiciel ROOT, et programmera en python ou en C++. La thèse sera effectuée en collaboration avec d'autres groupes du CERN (probablement DESY). Des aptitudes au travail en collaboration seront très appréciées dans CMS.

[1] LHCb Collaboration, "Test of lepton universality in beauty-quark decays", arXiv :2103.11769.