



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **08 juillet 2021**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur TORTEROTOT Lucas**

Titre de la thèse : *Recherche de bosons de Higgs supplémentaires de haute masse se désintégrant en paire de taus dans l'expérience CMS au LHC à l'aide du machine learning*

Résumé



Malgré plusieurs décennies de prédictions expérimentalement vérifiées, le modèle standard (SM) souffre de lacunes que des théories allant au-delà (BSM, Beyond SM) tentent de combler. L'une d'entre elles, l'extension supersymétrique minimale du modèle standard (MSSM), prédit l'existence de cinq bosons de Higgs dont trois neutres. Le plus léger, h , doit correspondre au boson découvert en 2012. Les deux autres, H et A , sont de haute masse et additionnels par rapport au SM. Leur phénoménologie au LHC motive l'étude des événements avec une paire de leptons τ .

Dans ce contexte, les événements récoltés par la collaboration CMS de 2016 à 2018 lors des collisions de protons du LHC avec une énergie dans le centre de masse de 13 TeV, correspondant à une luminosité intégrée de 137 fb^{-1} , sont exploités dans cette thèse.

Les jets sont des objets physiques omniprésents lors des collisions au LHC. Leur calibration à l'aide d'événements contenant un photon et un jet ($\gamma + \text{jet}$) est présentée ainsi que les résultats obtenus pour l'année 2018. Cette étude est directement utilisée dans la calibration officielle de la collaboration CMS.

Aucun excès significatif correspondant aux bosons H et A par rapport aux bruits de fond attendus n'est observé dans l'analyse des événements avec une paire de τ . Des limites d'exclusion sur le produit de la section efficace de production de H et A avec leur rapport de branchement aux τ sont donc données en fonction de leur masse pour les modes de production par fusion de gluon ou en association avec des quarks b . Ces limites sont comprises entre 15 pb à 110 GeV et 3×10^{-4} pb à 3,2 TeV pour la fusion de gluons et entre 1,2 pb à 110 GeV et 3×10^{-4} pb à 3,2 TeV en association avec des quarks b . Dans le scénario M_h^{125} , ces limites se traduisent en une région d'exclusion dans le plan $(m_A, \tan \beta)$. Les valeurs de m_A inférieures à 600 GeV sont exclues. Cette limite passe à 2 TeV pour $\tan \beta \approx 50$. Dans le scénario M_{H1}^{125} (CPV), cette région est donnée dans le plan $(m_{H\pm}, \tan \beta)$. Les valeurs de $m_{H\pm}$ inférieures à 400 GeV sont exclues. Lorsque $\tan \beta \approx 20$, l'exclusion s'étend jusqu'à $m_{H\pm} \approx 1,4$ TeV.

Pour les analyses dans lesquelles une particule se désintègre en $\tau^+ \tau^-$, comme celle présentée dans cette thèse, la reconstruction de la masse d'une paire de τ est cruciale. Les neutrinos issus des

désintégrations des τ compliquent cette tâche car ils sont invisibles dans le détecteur. Le *machine learning* apporte une solution. Le modèle obtenu dans cette thèse permet de reconstruire la masse d'une paire de τ de 50 GeV à 800 GeV avec une résolution de 20 % à 50 GeV, 26 % à 250 GeV et 22 % à 800 GeV. Ce modèle est 60 fois plus rapide et propose une meilleure description du boson Z que l'algorithme SVFIT actuellement utilisé au sein de la collaboration CMS.

Mots clés

Higgs, CMS, Jets, Calibration, Tau, Reconstruction de la masse, Réseau de neurones, Régression.