DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **1er octobre 2021**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur UHLRICH Grégoire**

Titre de la thèse : *« Automatisation des calculs perturbatifs à boucle au-delà du Modèle Standard »*

Résumé

Le Modèle Standard (MS) de la physique des particules a été formulé théoriquement au cours du vingtième siècle et achevé dans les années 1970. Depuis lors, toutes les particules prédites par ce modèle ont été observées expérimentalement. La dernière découverte, celle du boson de Higgs en 2012, a confirmé que le MS décrit très bien le monde des particules élémentaires, du moins à des énergies inférieures à 1 TeV. Le moment dipolaire magnétique anomal de l'électron, qui est souvent considéré comme "la prédiction la plus précise de l'histoire de la physique" grâce à des décennies de calculs très complexes, a été prédit jusqu'à dix chiffres significatifs par le MS.

Nous savons cependant que le MS est incomplet et qu'il ne peut pas décrire correctement la physique des particules élémentaires à des énergies plus élevées, typiquement au-delà de 1 TeV. Les études au-delà du modèle standard (AMS) deviendront de plus en plus importantes dans un futur proche avec l'augmentation rapide de la quantité de données provenant de différentes expériences dans le monde. L'étude complète des modèles AMS est en général une tâche extrêmement longue impliquant des calculs difficiles. En pratique il n'est pas possible de faire des prédictions exhaustives dans ces modèles à la main, en particulier si l'on veut effectuer une comparaison statistique avec les données et le MS.

Pour avoir la possibilité d'effectuer des analyses AMS précises et systématiques, il est nécessaire d'automatiser les prédictions théoriques associées. Comme ces calculs ne peuvent être effectués numériquement, il est nécessaire de disposer d'un programme de calculs symboliques capable de calculer les quantités théoriques à partir d'un Lagrangien AMS général qui définit un modèle de physique des particules. Les amplitudes de transition, amplitudes carrées et les coefficients de Wilson à l'arbre et à une boucle doivent être obtenus à partir du Lagrangien afin de fournir un outil phénoménologique polyvalent capable de prédire des observables dans tous les domaines de la physique des particules : physique des saveurs, physique de précision, physique du boson de Higgs, matière noire, ...

Nous présentons comment les calculs discutés ci-dessus peuvent être entièrement automatisés pour des scénarios AMS généraux à travers la présentation de MARTY, le programme C++ que nous avons

développé pour relever ce défi, qui peut devenir un outil très puissant pour la phénoménologie AMS dans tous les domaines de la physique des particules. À travers des exemples de calculs dans des cas particuliers qui reposent sur une grande diversité de techniques, nous montrons ensuite que MARTY est capable de calculer des amplitudes, amplitudes carrées et coefficients de Wilson dans des scénarios AMS généraux, à l'arbre et à une boucle.