

Résumé de thèse Arnaud Maury

« Inférence Basée sur Simulation pour l'étude du boson de Higgs hors-résonance se désintégrant en quatre leptons dans l'expérience ATLAS et déploiement d'un Filtrage par Somme Gaussienne pour la trajectographie d'électron »

La découverte du boson de Higgs a été annoncée conjointement par ATLAS et CMS le 4 juillet 2012, confirmant le mécanisme du Modèle Standard (MS) pour la génération de masse des particules élémentaires. Cette résonance à 125 GeV du boson de Higgs a été découverte via plusieurs canaux de désintégration, dont le canal $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell$ ($H^*4\ell$). L'étude du boson de Higgs hors-résonance, au-dessus de 180 GeV, fournit un aperçu inédit de ses propriétés, dont l'intensité de signal hors-résonance μ , la largeur totale de désintégration Γ_H , et divers couplages à hautes énergies de centre de masse. Cependant, le boson de Higgs hors-résonance est difficile à mesurer en raison de sa nature non résonnante, de l'importance des bruits de fond et des interférences quantiques destructives remarquablement importantes.

L'Inférence Basée sur Simulation (NSBI) est un ensemble de techniques statistiques basées sur l'apprentissage automatique (ML) permettant la mesure de paramètres fondamentaux par estimation du maximum de vraisemblance, à l'aide de l'estimation par réseaux de neurones de rapports de vraisemblance, événement par événement. La NSBI permet ainsi d'utiliser l'ensemble des informations multidimensionnelles de l'état final, contrairement aux analyses traditionnelles en Physique des Hautes Énergies où les données sont regroupées dans des histogrammes à l'aide de statistiques sommaires de faible dimension, entraînant une perte de sensibilité statistique. Une nouvelle analyse NSBI de la production du boson de Higgs hors-résonance dans le canal $H^*4\ell$ a été réalisée en utilisant 139fb-1 de données de collision pp à $\sqrt{s}=13$ TeV, recueillies par l'expérience ATLAS pendant le Run 2 du LHC. Il est montré que la NSBI est particulièrement bien adaptée pour traiter des interférences quantiques et qu'elle est sensible à de subtiles signaux non résonnants.

En raison de l'interférence quantique, les intervalles de confiance statistiques ne sont pas asymptotiques et doivent être déterminés par construction de Neyman. La NSBI étant une analyse événement-par-événement tandis que les analyses PHE traditionnelles sont basées sur des histogrammes, une nouvelle méthode pour la construction de Neyman des intervalles de confiance a été développée, utilisant des pseudo-expériences événement-par-événement. Une série de diagnostics visant à démontrer la robustesse de la méthode est détaillée. Dans les ensembles de données considérés, les événements à poids négatif posent notamment de sérieux défis.

En vue de la phase de Haute Luminosité (HL-LHC), le détecteur ATLAS est en cours de modernisation, laquelle comprend la construction d'un Trajectographe Intérieur (ITk) inédit, entièrement en silicium. L'environnement intense du HL-LHC nécessitera d'importantes améliorations en matière de calcul informatique. ACTS est un logiciel libre développé pour la trajectographie de particules, conçu pour le multithreading avec une maintenabilité durable du code, offrant ainsi de meilleures performances. Il est prévu qu'ACTS devienne le logiciel de trajectographie d'ATLAS pour le HL-LHC.

Compte tenu du rayonnement de freinage (bremsstrahlung), la trajectographie des électrons avec l'algorithme standard du Filtre de Kalman (KF) n'est pas optimale, tandis que l'algorithme de Filtrage par Somme Gaussienne (GSF) est mieux adapté. L'algorithme ACTS GSF nouvellement développé est dans un premier temps validé dans ACTS standalone. Dans un second temps, l'ACTS GSF est déployé dans Athena, la plateforme logicielle d'ATLAS, et est validé sur des simulations du HL-LHC.