



Mesure de l'angle faible avec Atlas à 13 TeV

Spécialité Physique corpusculaire des accélérateurs

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil

Candidature avant le 29/06/2018

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BESSION Nathalie](mailto:Nathalie.Besson@cea.fr)
+33 1 69 08 82 74
nathalie.besson@cea.fr

Résumé

Ce stage est un stage de pré-thèse. Il consistera en la familiarisation de l'étudiant avec le détecteur Atlas et les données, plus particulièrement il s'agira d'enrichir les méthodes d'alignement du détecteur interne en exploitant une mesure de l'échelle d'impulsion des muons en fonction de leur charge, à partir d'événements de désintégration de Z en deux muons ; ainsi que le rapport énergie sur impulsion des électrons et positrons de désintégration de W et Z.

Sujet détaillé

L'existence de toutes les particules prédites par le Modèle Standard de la physique des particules est établie par l'expérience. Des mesures fines des masses et des couplages des particules les plus massives, le W, le Z, le boson de Higgs et le quark top, permettent de tester plus avant le modèle, en vérifiant que les valeurs de ces paramètres suivent les relations prédites par la théorie. Une meilleure précision sur la mesure de l'angle de mélange électrofaible bénéficierait fortement à ces tests.

Avec le LHC comme seul grand accélérateur en fonctionnement, les futures mesures de ces paramètres électrofaibles seront fortement affectées par l'incertitude relative à la structure interne des protons qui en constituent les faisceaux. Ces incertitudes dominent déjà les mesures de l'angle de mélange faites aux collisionneurs hadroniques. Cette source d'incertitude, commune aux différents paramètres, génère de fortes corrélations entre leurs mesures. Non traitées correctement, ces incertitudes et corrélations peuvent compromettre la validité des tests de précision à venir.

La solution proposée ici consiste à organiser une mesure simultanée de l'angle de mélange électrofaible et des densités partoniques dans le proton (PDFs), en exploitant les distributions angulaires dans les désintégrations muoniques des bosons Z, différenciellement en masse et rapidité. Cela permet de séparer les effets purement électrofaibles des incertitudes sur les PDFs dans la mesure où les deux mécanismes ont des impacts différents sur l'asymétrie avant-arrière observée, de la mesure de laquelle l'angle de mélange électrofaible est déduit. Par exemple, les variations dans les incertitudes des PDFs se propagent à l'asymétrie maximale dans les régions en masse invariante loin du pic, alors que les variations en asymétrie induites par l'angle de mélange électrofaible ont un effet maximal au pic.

Ces mesures de précision requièrent une calibration précise de l'impulsion des muons et un alignement extrêmement pointu du détecteur interne d'Atlas. Le premier but peut être atteint avec des techniques standards alors que le second demande une étude dédiée. L'alignement standard publié par Atlas permet d'obtenir une excellente résolution sur l'impulsion des traces et leurs paramètres d'impact mais des biais résiduels affectent la flèche des traces des particules. Ces biais de flèche occasionnent des biais sur l'impulsion qui dépendent de la charge de la particule et augmentent linéairement avec son énergie, avec pour conséquence une distorsion de l'asymétrie avant-arrière. Un algorithme d'alignement permettant de réduire ces biais est nécessaire, incluant par exemple, comme proposé ici, une mesure dépendante de la charge des échelles d'impulsion des électrons et des muons de désintégration de Z et de W. Le programme de recherche proposé commence donc par une analyse de l'alignement du détecteur interne d'ATLAS.

Mots clés

Physique des particules, modèle standard, secteur électrofaible, mesure de précision

Compétences

Analyse de données dans le framework d'Atlas

Logiciels

C++, root

Weak angle measurement with 13 TeV Atlas data

Summary

This traineeship is supposed to be followed by a PhD. It will consist for the student to get familiar with the Atlas detector and data. More specifically, the student will work on improving the standard inner detector alignment using a measurement of the muon momentum scale as a function of the muon charge from Z to $\mu\mu$ decay events, as well as the energy to momentum ratio of electron/positron from Z and W decays.

Full description

The existence of all particles predicted by the Standard Model of particle physics is established by experience. Precise measurements of the masses and couplings of the most massive particles, the W, Z, Higgs boson and top quark allow to further test model, by checking that these parameter values follow the relationships predicted by the theory. A better accuracy on the measurement of the electroweak mixing angle would strongly benefit to these tests.

With the LHC the only large accelerator in operation, future measurements of these electroweak parameters will be strongly affected by the uncertainty on the internal structure of protons the LHC beams consist of. These uncertainties already dominate the mixing angle measurement performed at hadronic colliders. This source of uncertainty, common to the various parameters, generates strong correlations between measurements. Not treated properly, these uncertainties and correlations may compromise the validity of precision tests to come.

The solution proposed here is a simultaneous measurement of the electroweak mixing angle and parton density functions in the proton (PDFs), by exploiting the angular distributions in the muonic decays of the Z boson, differentially in mass and rapidity. This allows to separate the purely electroweak effects from the PDF uncertainty since the two mechanisms have different impacts on the observed forward-backward asymmetry, from which the mixing angle is deduced. For example, variations in the uncertainties of PDFs spread to the asymmetry maximally in regions far from the invariant mass peak, while asymmetry variations induced by electroweak mixing angle have a maximum effect at the peak.

These precision measurements require accurate calibration of the muon momentum and an extremely sharp alignment of the ATLAS inner detector. The first goal can be achieved with standard techniques while the second requires a dedicated study. Standard alignment published by ATLAS allows to obtain an excellent resolution on the momentum of the tracks and their impact parameters, but residual biases affect the sagitta of the particle tracks. These sagitta biases cause biases on the momentum which depend on the particle charge and increase linearly with its energy, resulting in a distortion of the forward-backward asymmetry. An alignment algorithm to reduce these biases is necessary, including, for instance, as proposed here, a charge-dependent measurement of electron and muon momentum in Z and W decays.

Therefore, the proposed program begins with a work on the ATLAS inner detector alignment.

Keywords

Particle physics, standard model, electroweak sector, precision measurement

Skills

Data analysis in the ATLAS framework

Softwares

C++, root