

MESURE DE L'ASYMETRIE AVANT-ARRIERE DANS LES DESINTEGRATIONS LEPTONIQUES DU Z AVEC LE DETECTEUR ATLAS AU LHC. DETERMINATION DE L'ANGLE FAIBLE ET CONTRAINTES SUR LA STRUCTURE DU PROTON.

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

L'existence de toutes les particules prédites par le Modèle Standard de la physique des particules (MS) est établie par l'expérience et nous disposons de suffisamment d'observables pour accéder à tous les paramètres libres du modèle. En particulier, 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 le tester plus avant, en vérifiant par le biais d'ajustements globaux que les valeurs de ces paramètres suivent les relations prédites par la théorie. Un des paramètres fondamentaux du modèle est l'angle de mélange électrofaible. Sa mesure actuelle est une moyenne de résultats obtenus principalement au LEP et au SLC, qui vaut $\sin^2\theta_W^{\text{eff}} = 0.23153 \pm 0.00016$. La figure 1 explicite la motivation qu'il y a à effectuer une mesure précise de ce paramètre : dans le plan $(M_W, \sin^2\theta_W^{\text{eff}})$, les prédictions (ellipses bleues) peuvent être confrontées aux mesures directes en vert. Une éventuelle différence entre mesure et prédiction pourra être interprétée en termes de physique au-delà du MS.

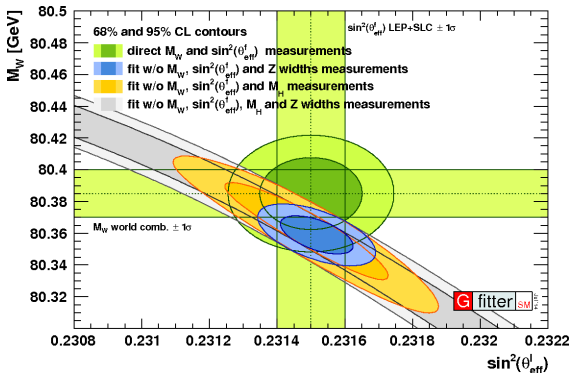


Figure 1 : Contours à 68 % et 95 % de niveau de confiance obtenus par des ajustements du MS. Les régions bleue et grise sont les résultats d'ajustements incluant et excluant les mesures de M_H respectivement. Les bandes vertes indiquent les régions à un écart standard autour des valeurs mesurées pour M_W et $\sin^2\theta_W^{\text{eff}}$ (moyennes mondiales).

Le LHC est maintenant le seul grand accélérateur en fonctionnement et les mesures y sont effectuées dans le contexte de collisions proton-proton. Dans l'expérience Atlas, la valeur de $\sin^2\theta_W^{\text{eff}}$ est extraite, de façon standard, de la mesure de l'asymétrie avant-arrière dans les désintégrations leptoniques du boson Z. Elle est fortement affectée par l'incertitude relative aux densités de partons dans les protons (PDF) qui est l'incertitude dominante. La figure 2 donne les derniers résultats d'Atlas sur $\sin^2\theta_W^{\text{eff}}$ comparés aux autres mesures existantes, le point rouge plein en particulier donne le résultat combiné des analyses d'Atlas et sa barre d'erreur. Cela correspond à $\sin^2\theta_W^{\text{eff}} = 0.2308 \pm 0.0005$ (stat.) ± 0.0006 (syst.) ± 0.0009 (PDF) = 0.2308 ± 0.0012 . Les incertitudes sur les PDF sont aussi dominantes pour les mesures des autres paramètres électrofaibles, comme M_W par exemple. Cette source commune d'incertitude génère également de fortes corrélations entre les mesures des différents paramètres. Non traitées correctement, ces incertitudes et corrélations peuvent compromettre la validité des tests de précision du MS à venir.

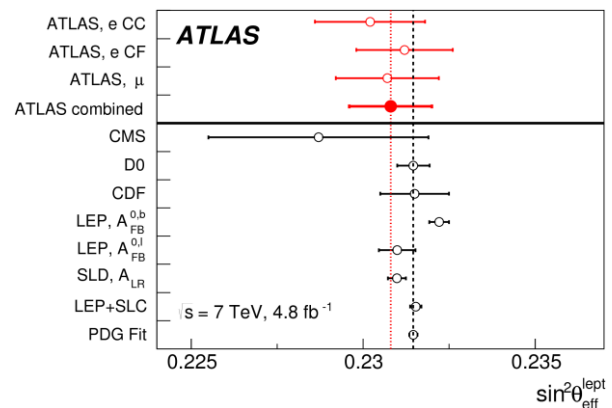


Figure 2 : Comparaison des résultats d'Atlas pour $\sin^2\theta_W^{\text{eff}}$ avec les résultats aux collisionneurs leptoniques LEP et SLC et aux collisionneurs hadroniques avec les expériences CMS, D0, et CDF.

La solution proposée ici consiste à organiser une mesure simultanée de l'angle de mélange électrofaible et des PDF, en exploitant les

distributions angulaires dans les désintégrations muoniques des bosons Z, différenciellement en masse et rapidité du Z, dans les données enregistrées par Atlas à 13 TeV d'énergie dans le centre de masse. Cela permet de séparer les effets purement électrofaibles des incertitudes sur les PDF dans la mesure où les deux mécanismes ont des impacts différents sur l'asymétrie avant-arrière observée. Par exemple, les variations dans les incertitudes des PDF se propagent à l'asymétrie avant-arrière 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.

DESCRIPTION

GROUPE/LABO/ENCADREMENT

Le doctorant travaillera au sein du groupe Atlas du CEA Saclay, au service de physique des particules de l'Irfu (Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers). Le groupe compte 20 chercheurs permanents et une douzaine d'étudiants, doctorants et post-doctorants. Le groupe de recherche sur les mesures de précision qui accueillera le doctorant compte trois chercheurs permanents experts dans le domaine et deux doctorants. Ce groupe travaille en étroite collaboration avec le groupe Modèle Standard d'Atlas au CERN. Par ailleurs, le doctorant bénéficiera de l'expertise en alignement de membres du groupe Atlas-Saclay pour la maîtrise du détecteur nécessaire aux mesures de grande précision.

TRAVAIL PROPOSE

Le sujet de thèse se découpe en trois parties. Les mesures de précision, comme celles de l'asymétrie avant-arrière en fonction de la masse du Z et de sa rapidité, requièrent une calibration précise de l'impulsion des muons et un alignement pointu du détecteur interne d'Atlas. Le premier but peut être atteint avec des techniques standard 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. Dans une première partie du travail de thèse, il s'agira donc pour le doctorant d'enrichir les méthodes d'alignement standard en exploitant une mesure de l'échelle d'impulsion des muons en fonction de leur charge, à partir d'événements $Z \rightarrow \mu\mu$; ainsi que le rapport énergie sur impulsion des électrons et positrons de désintégration de W et Z. Cette activité devrait prendre de l'ordre d'une année et permettra au doctorant de se qualifier comme auteur Atlas.

La deuxième partie consiste en la mesure proprement dite de l'asymétrie avant-arrière bénéficiant de l'alignement amélioré. Cette mesure exploite des techniques standard que la statistique accrue du run 2 permettra d'élargir en la réalisant en intervalles de masse et rapidité du Z. La troisième partie consistera à extraire simultanément l'angle de mélange électrofaible et des contraintes sur les PDF à partir des résultats de l'analyse précédente. Ces deux parties analytiques occuperont les deuxième et troisième années du doctorat.

FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

M2 en physique des hautes énergies, expérimentale ou théorique.

COMPETENCES ACQUISES

Physique des hautes énergies et des détecteurs ; simulation ; analyse statistique et numérique ; programmation.

COLLABORATIONS/PARTENARIATS

Le doctorant travaillera au sein du groupe Standard Model/Electroweak de la collaboration internationale Atlas. Il aura l'occasion de travailler au CERN, d'assister à des conférences internationales et d'y présenter ses résultats.

CONTACT

Nathalie BESSON
CEA-Saclay, DSM/IRFU/SPP
91191 Gif sur Yvette
nathalie.besson@cea.fr
01 69 08 82 74