

**Titre:** Une description améliorée de la forme de distribution de masse du boson  $Z$ , et une première analyse simultanée des paramètres électrofaibles et des fonctions de distribution des partons avec l'expérience ATLAS au LHC

**Mots clés:** ATLAS, Fonctions de Distribution de Partons, Paramètres électrofaibles, Statistique, Calorimètre, Étalonnage

**Résumé:** Le travail rapporté dans cette thèse est présenté en deux parties. La première est centrée sur l'étude d'une technique d'étalonnage nouvellement proposée, tandis que la seconde décrit les résultats des premiers ajustements combinés  $m_W$ +PDF effectués dans ATLAS.

Le calorimètre électromagnétique à argon liquide est étalonné en examinant la distribution en masse du boson  $Z$  dans le canal diélectrons. En utilisant les échantillons d'événements correspondant aux mesures de 2018, une nouvelle technique d'étalonnage Monte Carlo a été mise en œuvre avec l'objectif d'absorber le désaccord restant entre les formes de masse des données mesurées et leur simulation. La méthode consiste en une correction de la résolution en énergie électron par électron, paramétrée en fonction de la pseudorapacité de l'électron et du moment transverse. L'ajustement final a permis d'améliorer l'accord entre les données et le MC, en faisant passer le  $\chi^2$  de 2323 à 122 pour 100 degrés de liberté. La même technique d'étalonnage a été répétée par la suite avec des passes spéciales à faible empilement à 13 TeV, pour étudier son impact sur la mesure de la masse du boson  $W$ .

Dans le cadre des études de minimisation mises en œuvre pour l'étalonnage, une nouvelle méthode statistique a été proposée afin de traiter les discontinuités dans une courbe  $\chi^2$  multidimensionnelle produite par la comparaison entre les his-

togrammes de deux échantillons. La méthode est basée sur la paramétrisation de l'histogramme pertinent via une forme fonctionnelle continue, qui est utilisée pour estimer un  $\chi^2$  par rapport à l'autre histogramme. Cette méthode permet de mettre en œuvre l'ajustement des 40 paramètres utilisés pour définir la correction de la résolution.

L'étude combinée  $m_W$  et PDF vise principalement à déterminer la corrélation entre les deux mesures. L'étude porte sur les sections efficaces des bosons  $W$  mesurées par les données à faible empilement en fonction du moment transverse du lepton ( $p_T^\ell$ ), utilisé pour sonder la dépendance de  $p_T^\ell$  en fonction de  $m_W$ ; pour les besoins de cette étude, des pseudo-données à  $m_W^{\text{nom}} 80.4$  GeV ont été utilisées à la place des mesures réelles. La contrainte de la partie PDF a été mise en œuvre comme une extension de l'ajustement ATLASpdf21, qui utilise uniquement les données ATLAS (en plus des sections efficaces DIS de HERA). Les études combinées ont révélé une influence importante des PDF sur la valeur ajustée de  $m_W$ , conduisant à des décalages de  $m_W^{\text{fit}}$  (par rapport à  $m_W^{\text{nom}}$ ) qui dépendent de la forme des pseudo-données. Les ajustements combinés finaux de  $m_W$ +PDF sur les pseudodonnées (qui incluent toutes les sources systématiques pertinentes) ont montré un décalage de  $\Delta m_W = (-7 \pm 23)$  MeV avec une corrélation globale de  $\rho_{m_W} \approx 0.39$ .

**Title:** An improved description of the  $Z$ -boson mass lineshape, and a first joint analysis of electroweak parameters and parton distribution functions with the ATLAS experiment at the LHC

**Keywords:** ATLAS, Parton Distribution Functions, Electroweak parameters, Statistics, Calorimeter, Calibration

**Abstract:** The work reported in this thesis is presented in two parts. The first is focused on the study of a newly proposed calibration technique, while the second describes the results of the first combined  $m_W$ +PDF fits performed in ATLAS.

The Liquid Argon electromagnetic calorimeter is calibrated by looking at the mass lineshape of the  $Z$ -boson in the di-electron channel. Using the event samples corresponding to 2018 measurements, a newly proposed Monte Carlo calibration technique was implemented with the objective of absorbing the remaining disagreement between the mass lineshapes of the measured data and its simulation. The method consists of an electron-by-electron energy resolution correction, parametrised as functions of electron pseudorapidity and transverse momentum. The final fit improved the data-to-MC agreement, improving the  $\chi^2$  from 2323 to 122 for 100 degrees of freedom. The same calibration technique was later repeated with special low pile-up runs at 13 TeV, studying its impact in the measurement of the mass of the  $W$ -boson.

As part of the minimisation studies implemented for the calibration, a new statistical method was proposed in order to treat discontinuities in a multidimensional  $\chi^2$  curve produced by the histogrammed comparison between two sam-

ples. The method is based on the parametrisation of the relevant histogram via a continuous functional form, which is used to estimate a  $\chi^2$  against the other histogram. This method allows to implement the fit of the 40 parameters used to define the resolution correction.

The combined  $m_W$  and PDF study aims primarily to determine the correlation between both measurements. The study revolves around the low pile-up inclusive  $W$ -boson cross sections as a function of lepton transverse momentum ( $p_T^\ell$ ), used to probe the dependency of  $p_T^\ell$  as a function of  $m_W$ ; for the purpose of this study, pseudodata at  $m_W^{\text{nom}} = 80.4$  GeV was used instead of real unfolded measurements. The constraining of the PDF part was implemented as an extension of the ATLASpdf21 fit, which only uses ATLAS data (on top of HERA DIS cross sections). Combined studies revealed an important influence of the PDF on the fitted value of  $m_W$ , leading to shifts of  $m_W^{\text{fit}}$  (with respect to  $m_W^{\text{nom}}$ ) that depend on the shape of the pseudodata. The final combined  $m_W$ +PDF fits on pseudodata (which includes all the relevant sources of systematic) retrieved a shift of  $\Delta m_W = (-7 \pm 23)$  MeV with a global correlation of  $\rho_{m_W} \approx 0.39$ .