ETH zürich

ETH Library

Electron reconstruction and electroweak processes as tools to achieve precision measurements at a hadron collider: from CDF to CMS

Doctoral Thesis

Author(s):
Giolo-Nicollerat, Anne-Sylvie

Publication date:
2004

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-004923766

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Dissertation ETH Nr. 15788

Electron reconstruction and electroweak processes as tools to achieve precision measurements at a hadron collider: from CDF to CMS

A dissertation submitted to the
Swiss Federal Institute of Technology Zürich

for the degree of
Dr. Sc. ETH Zürich

presented by
Anne-Sylvie Giolo-Nicollerat
Dipl.-Phys. Lausanne University
born June 5th. 1978 in Lausanne, Switzerland
Citizen of Switzerland

Prof. Felicitas Pauss (examiner)
Prof. Zoltan Kunszt (co-examiner)
Dr. Michael Dittmar (co-examiner)

- 2004 -

Abstract

Precision measurements are an important aspect of hadron colliders physics program. This thesis describes a method, together with a first application, of how to achieve and use precision measurements at the LHC. The idea is to use reference processes to control the detector systematics and to constrain the theoretical predictions. We chose as reference processes single W and Z production, selected through their decays into electrons. The study presents results for both the CDF experiment at the Tevatron (USA), for which a data analysis was performed and the CMS experiment at the future CERN LHC (Switzerland) for which Monte Carlo simulations were done.

In the first part, we determine the luminosity of the data collected by the CDF detector between February 2002 and May 2003, using the $p\bar{p} \rightarrow W \rightarrow e\nu$ and $p\bar{p} \rightarrow Z \rightarrow ee$ processes. The obtained total luminosity of 125.5 ± 0.6 (stat.) $\pm$ 7.1 (syst.) pb^{-1} is in good agreement with the 'traditional' luminosity measurement of 125.5 ± 7.3 pb^{-1}. Due to the high statistics of W and Z events at the LHC, a more precise relative luminosity measurement can be performed by CMS, reducing the error on the luminosity determination perhaps to about 1%, thus allowing accurate cross sections determinations.

In a second step we show, using a full detector simulation, how leptonic W and Z events can be identified with CMS, concentrating on the electron reconstruction and identification. Different selection variables for electrons are defined and systematic errors issues are discussed.

Finally, the potential of CMS to perform precision measurements is illustrated using the leptonic decays of a hypothetical Z' boson. For the first time we demonstrate how well the Z' properties can be constrained at the LHC combining well-known variables like the cross section times branching ratio, the forward backward charge asymmetry on and off peak. We also show that the Z' rapidity distribution can be used to constrain the Z' couplings to the quarks. Z' bosons from different theoretical models can be discriminated for Z' masses up to 2-2.5 TeV, assuming an integrated luminosity of 100 fb^{-1}.

Résumé

Les mesures de précision représentent un aspect important du programme de physique des collisionneurs hadroniques. Ce travail de thèse présente une méthode avec une première application permettant de faire de telles mesures avec le LHC. L'idée est d'utiliser des réactions de référence pour contrôler aussi bien les erreurs systématiques liées au détecteur que les prédictions théoriques. Dans ce cas précis, les réactions de référence choisies sont la production de W et de Z, ces derniers étant sélectionnés à l'aide de leur désintégration en électrons. Cette étude présente des résultats pour deux expériences : CDF, situé sur l'anneau du Tevatron aux USA, où nous avons procédé à une analyse de données et CMS, sis sur le futur LHC du CERN en Suisse, pour lequel des simulations Monte Carlo ont été effectuées.

Premièrement, nous avons mesuré la luminosité des données collectées par CDF entre février 2002 et mai 2003 en utilisant les réactions suivantes: $p\bar{p} \rightarrow W \rightarrow e\nu$ et $p\bar{p} \rightarrow Z \rightarrow ee$. Nous avons trouvé une luminosité totale de 125.5 ± 0.6 (stat.) $\pm$ 7.1 (syst.) pb^{-1} en accord avec le résultat obtenu de manière traditionelle, soit 125.5 ± 7.3 pb^{-1}. Grâce au nombre important de W et de Z produits au LHC, il pourrait être possible de réduire l'incertitude sur la luminosité relative à moins de 1%, permettant ainsi d'augmenter la précision des mesures de sections efficaces.

Dans un second temps, nous avons étudié la manière d'identifier les désintégrations leptoniques des événements W, Z avec CMS en se concentrant plus spécifiquement sur la reconstruction des électrons et leur identification. Diverses variables ont été définies pour sélectionner les électrons et différentes sources potentielles d'incertitudes systématiques sont discutées.

Finalement pour illustrer le potentiel de CMS pour effectuer des mesures de précision, une étude de la détermination des propriétés d'un hypothétique Z' a été conduite. Après la découverte du Z' en utilisant sa désintégration en leptons, ses propriétés peuvent êtres restreintes à l'aide des observables suivantes bien connues: la section efficace multipliée par la largeur du Z', l'asymétrie de charge avant-arrière au sommet et à côté du pic de masse. Ces observables ont été combinées pour la première fois pour étudier la sensitivité du LHC. Nous avons également montré que la distribution de rapidité du Z' peut aussi être utilisée pour determiner le couplage du Z' aux quarks. Il devrait être possible avec CMS de distinguer les Z' de différents modèles pour des masses inférieures à 2-2.5 TeV avec une luminosité de 100 fb^{-1}.