

Abstract: Calibration of the jet energy scale using top quark events at the LHC

De hoge massamiddelpuntsenergie die bereikt wordt in de proton botsingen aan de Large Hadron Collider (LHC) laat toe om nieuwe fenomenen nabij de TeV energieschaal te ontdekken en te bestuderen. De recente start van dit groots experiment bij massamiddelpuntsenergieën van 7TeV markeert een nieuw tijdperk in de elementaire deeltjesfysica. Verschillende studies nabij hadron versnellers zijn gebaseerd op de observatie van jets voortkomend uit de fragmentatie van quarks of gluonen. Een precieze reconstructie van de vier-impuls van deze objecten is cruciaal voor het uitvoeren van het onderzoeksprogramma van het experiment. De studie van verschillende algoritmen voor de reconstructie van jets toont aan dat een gedetailleerde procedure voor het calibreren van de energieën van de gereconstrueerde jets noodzakelijk is. Voor deze calibratie werd in de Compact Muon Solenoid (CMS) collaboratie geopteerd voor een gefactoriseerde aanpak.

Hoewel de top quark sector belangrijk is om nieuwe fysica fenomenen te ontdekken, kan deze ook gebruikt worden voor het begrijpen en het calibreren van de CMS detector en de reconstructie algoritmen. De methode die werd uitgewerkt in deze thesis is opgesteld voor het $pp \rightarrow tt \rightarrow bWbW \rightarrow bqqb\mu\mu$ proces en is getest op gesimuleerde proton botsingen bij een massamiddelpuntsenergie van 10TeV. Specifieke criteria voor het selecteren van deze gebeurtenissen werden ontworpen, in het bijzonder criteria gebaseerd op de isolatie van het muon. Om de massaspectra van het W boson en de top quark in het $t \rightarrow bW \rightarrow bqq$ verval correct te reconstrueren, moeten de waargenomen jets toegekend worden aan de quarks waar ze van komen. Verschillende multivariate technieken werden beschouwd om variabelen te combineren waarmee een onderscheid gemaakt kan worden tussen correcte en verkeerde jet-quark combinaties. Na het toepassen van de selectie criteria worden er 690 signaal en 560 achtergrond gebeurtenissen verwacht voor een geïntegreerde luminositeit van 50 pb^{-1} bij een massamiddelpuntsenergie van 10TeV. Voor 17% van de signaal gebeurtenissen worden de quarks in het $t \rightarrow bW \rightarrow bqq$ verval juist toegekend aan de waargenomen jets.

Een nieuwe en polyvalente calibratietechniek werd ontworpen voor de schatting van de correctiefactoren op de jet energieën voor zowel b quark jets als de jets geassocieerd met de quarks van het verval van het W boson. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een kleinste kwadraten methode waarbij de hypothesen van de W boson en de top quark massa getoetst worden voor elke gebeurtenis afzonderlijk. Met een geïntegreerde luminositeit van 10 pb^{-1} bij 10TeV kunnen de jet energieën gecalibreerd worden met een relatieve statistische onzekerheid van ongeveer 5% voor b quark jets en 3% voor jets geassocieerd met de quarks van het verval van het W boson. De belangrijkste systematische onzekerheid op de correctiefactor van de b quark jet energie is gerelateerd met de nauwkeurigheid van de top quark massa metingen bekomen aan de Tevatron experimenten. Indien rekening gehouden wordt met een verbeterde onzekerheid op de top quark massa van $1\text{GeV}/c^2$ is de overeenkomende systematische onzekerheid op de energieschaal van de b quark jets ongeveer 1%. Andere systematische effecten op de energieschaal zijn kleiner dan 0.7% en 0.5% voor respectievelijk b quark jets en de jets geassocieerd met de quarks van het verval van het W boson.

Met dezelfde methode kan ook een gedifferentieerde schatting van de correctiefactoren op de jet energieën bekomen worden. De differentiatie werd uitgevoerd als functie van het aantal muonen in de b quark jet en als functie van de pseudo-rapiditeit en de transverse impuls van de jets. Met behulp van een hoeveelheid botsingsgegevens overeenkomend met een geïntegreerde luminositeit van 500 pb^{-1} bij een massamiddelpuntsenergie van 10TeV en rekening houdend met zowel de statistische onzekerheid als de systematische onzekerheid gerelateerd aan de nauwkeurigheid op de top quark massa meting wordt een totale onzekerheid van ongeveer 1.8% en 0.7% bekomen op de energieschaal van respectievelijk de b quark jets en de jets geassocieerd met de quarks van het verval van het W boson in vier klassen van de pseudo-rapiditeit of de transverse impuls. Deze geschatte correctiefactoren kunnen toegepast worden op de topologieën van verschillende botsingsprocessen waarvoor een correctie van de jet energieën naar de quark energieën vereist is.

Ongeveer 15 jaar na de ontdekking van de top quark en zelfs zonder de top quark sector te doorgronden, is de top quark één van de belangrijkste ingrediënten geworden voor calibratietechnieken nabij de LHC. De ontworpen methode om de gereconstrueerde jets te calibreren heeft het potentieel om optimaal te presteren voor jets met een transverse impuls tussen 30 en $200\text{GeV}/c$.

