

Production des événements $t\bar{t}$ par l'expérience $D\bar{0}$ au Tevatron

Stefania Bordoni (Master 1) et Chloé Gerin (Magistère 1)
de l'Université Paris VII-Denis Diderot
au Laboratoire de Physique des Hautes Energies - LPNHE -
sous la direction d'Ursula Bassler

23 décembre 2006

Abstract : Nous avons étudié la production du quark top dans le canal lepton+jets dans l'expérience $D\bar{0}$ au Tevatron. Afin de préparer la mesure de la section efficace de production différentielle, une sélection des événements top selon le canal électron + jet et muon + jet a été faite.

Dans un deuxième temps, les jets ont été appariés pour reconstruire la masse du boson W, premier pas pour reconstruire les propriétés cinématiques des quarks top produits.

1 Introduction

Les expériences actuelles de physique des particules des hautes énergies ont pour but de confirmer et contraindre, ou d'infirmer le Modèle Standard.

Pour cela, des puissants accélérateurs de particules sont construits, où des particules entrent en collision et peuvent produire, à travers leurs interactions, de nouvelles particules. Ainsi, une des dernières particules prévues par le Modèle Standard a été découverte en 1995 [?] par les expériences CDF et $D\bar{0}$ au Tevatron : le quark top. Le Tevatron est un collisionneur proton-antiproton, situé au Fermilab, proche de Chicago, avec une énergie au centre de masse de $\sqrt{s} = 1.96 \text{ GeV}$, l'énergie la plus élevée jusqu'au démarrage en 2008 d'un collisionneur encore plus puissant, le LHC au CERN, à Genève. D'ici là, le Tevatron est le seul endroit où des quarks

top peuvent être observés. Lors des interactions $p\bar{p}$, des paires de quarks top sont créées via l'interaction forte entre les composantes plus élémentaires des protons, les quarks et les gluons.

Selon le Modèle Standard, le quark top donne un boson W et un quark b dans 99% des cas.

L'analyse des différents produits de désintégration du W induit un classement entre trois canaux[2] :

- le tout-hadronique (statistiquement le plus important) où les W se désintègrent en deux quarks légers ;
- le semi-leptonique où un W se désintègre en un couple lepton-neutrino et l'autre il donne deux jets ;
- le di-leptonique où les deux W se désintègrent chacun en un couple lepton-neutrino.

Nous allons étudier le canal semi-leptonique. En effet, c'est celui qui offre les meilleures possibilités de reconstruction, grâce à la différenciation des deux côtés tout en conservant une bonne statistique. Pour cela, nous avons analysé un lot d'événements simulés, dits de "Monte Carlo (MC)" dans le cadre de l'outil d'analyse de DØ - cafe (version p18.09).

Cette analyse a pour but de vérifier si la production des paires de top produits au Tevatron peut être analysée en terme de section efficace différentielle par rapport à l'énergie transverse du quark top produit.

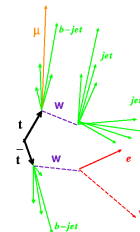


Schéma de désintégration d'une paire $t\bar{t}$, selon le canal semi-leptonique.

2 Détection des particules

Comme nous l'avons déjà anticipé, les événements de physique des particules des hautes énergies sont reconstruits grâce à la détection des objets qui se créent et se désintègrent à partir de la collision initiale. Nous nous sommes focalisé sur la détection des particules caractéristiques du canal semi-leptonique des interactions $t\bar{t}$: $t\bar{t} \rightarrow (Wb)+(Wb) \rightarrow (jj)b + (l \nu)b$ (où le lepton peut être soit un électron soit un muon soit un tau, accompagné par le neutrino correspondant)

La signature est donnée par :

- *Un neutrino* : Il s'agit des seules particules qui échappent à la détection directe à cause de leur faible interaction avec la matière. Ils sont ainsi identifiés avec les valeurs d'énergie manquante mais, puisque la composante le long l'axe du faisceau varie beaucoup, seule l'impulsion transverse de ces particules peut être reconstruite pour chaque événement.

- *Au moins un lepton*¹ :

Les électrons sont reconnus pour leur courte interaction et ils présentent une gerbe dans le calorimètre associée à une trace laissée dans le trajectographe.

Les muons sont les particules les plus pénétrantes, reconnues par la basse ionisation qu'ils produisent. Ils sont identifiés grâce au spectromètre à muons ;

- *Au moins quatre jets* :

Les quarks n'ont jamais été observés isolés puisqu'ils hadronisent dans de temps très courts (de l'ordre de 10^{-23} s), c'est-à-dire qu'ils se combinent avec d'autres quarks en formant d'autres particules composées : les mésons (couple $q\bar{q}$) et les baryons (combinaison de trois quarks et/ou anti-quarks)². Ces sont ces dernières particules qui sont détectées puisque elle laissent une gerbe très énergétique dans le calorimètre.

¹Dans les événements MC utilisés le cas où le lepton était un tau n'ont pas été pris en compte puisque très difficiles à détecter.

²Le Top est le seul quark qui se désintègre avant d'hadroniser

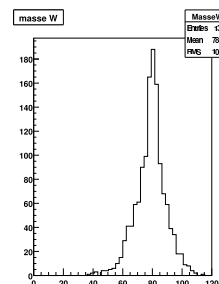
3 Description de l'analyse

Dans le canal semi-leptonique, puisque les produits de désintégration des deux W sont différents, on peut distinguer le "W leptonique" qui suit le processus $W \rightarrow l + \nu$ du "W hadronique" qui suit la désintégration $W \rightarrow j + j$.

Le *côté leptonique* joue un rôle fondamental pour l'identification des événements considérés intéressants. En fait la présence d'un neutrino et d'un lepton de haute énergie transverse sont caractéristiques de ce canal. Le *côté hadronique* est intéressant pour la reconstruction de la masse du top : lors des collisions $p\bar{p}$, plusieurs processus d'interactions ont lieu. Tous les événements qui ne participent pas à la production des paires top constituent ce qu'on appelle le "bruit de fond". La combinaison des 2 jets légers pour obtenir la masse du W et, successivement, des trois jets pour reconstruire la masse du top, permettent une bonne distinction du signal du bruit de fond.

L'outil $D\theta$ - cafe, permet de sélectionner les événements en posant des coupures sur les grandeurs standards normalement utilisées (nombre des particules, énergie (E), impulsion transverse (Pt), Eta, Phi ...). Les coupures que nous avons posées sont tout à fait générales, mais elles prennent en compte la signature caractéristique du canal semi-leptonique. La première coupure posée a été celle sur la valeur minimale de l'énergie transverse man-

quante, puisque la présence d'un neutrino est indispensable pour ce type de désintégration. Ensuite, on a sélectionné les événements qui présentent au moins un électron (ou un muon) avec une énergie d'au moins 20 MeV et au moins quatre jets. Pour reconstruire la masse du W on a considéré toute les combinaisons possibles de couples de jets parmi les 4 les plus énergétiques de chaque événement. La comparaison de la valeur de masse obtenue pour chaque combinaison avec la valeur nominale PDG ($m_W = 80.425 \pm 0.038$ GeV[3]) permet d'identifier les deux jets provenant du W et donc de les étiquetter comme jets légers.



De même, en combinant les trois jets et en comparant la valeur de masse obtenue avec la valeur PDG ($m = 174.3 \pm 5.1$ GeV [3]), nous arrivons à identifier le jet b appartenant au côté hadronique. Par exclusion, le jet restant des 4 initialement pris en compte, est identifié comme le jet de b du côté leptonique. Une reconstruction de la masse du W et du quark top de ce côté donnerait une estimation qualitative de la sélection faite.

Références

- [1] Aspects de la physique hadronique [...] - soutenance d'habilitation de U. Bassler (2003)
- [2] Mesure de la section efficace de production de paires de quarks top/anti-top [...] - thèse de Doctorat J.R. Vlimant (2005)

[3] PDG, Particle Physics booklet (2004)