Recherche de Leptoquarks de 1^{ère} génération dans le canal e+jet à DØ



- 1. La physique des Leptoquarks
- 2. DØ et le TeVatron
- 3. Résolution sur l'énergie des jets
- 4. Analyse $LQ_1 \rightarrow eejj$

Eléments de théorie des LQ

1.1 Quelques aspects phénoménoménologiques des LQ

• Le Leptoquark est un boson exotique portant :

- des nombres leptonique *L* et baryonique *B*
- une charge électrique fractionnaire
- une couleur

Les LQ sont scalaires (spin 0) ou vecteurs (spin 1).

- Il est prédit par plusieurs extensions du MS qui connectent secteurs des quarks et des leptons, comme :
 - SUSY avec RPV (les squarks se couplent à $Iq \rightarrow squark = LQ$)
 - GUTs (quarks et leptons dans un même multiplet, couplage avec LQ)
 - modèles composites (préons porteurs de *L* et $B \Rightarrow LQ$)
 - Technicouleur



LQ

- On suppose généralement que L et B sont conservés pour éviter la désintégration du proton.
- In 3 générations de LQ sont prédites par la théorie. On ne considère que les couplages leptons-quarks intragénérationnels (anti FCNC).

Le LQ1 peut se désintégrer selon 2 modes :

$$\beta = Br(LQ \rightarrow eq) \text{ ou } (1-\beta) = Br(LQ \rightarrow vq)$$

$$LQLQ \rightarrow eeqq \qquad \beta^{2}$$

$$LQLQ \rightarrow vvqq \qquad (1-\beta)^{2}$$

$$LQLQ \rightarrow evqq \qquad 2\beta(1-\beta)$$

où q est un quark léger. Dans ce canal, le diagramme de Feynman dominant au TeVatron est : \bar{q} \bar{q}



The contraction of the contracti

1.2 Résultats DØ combinés actuels



- Dans la première partie du Run IIa, avec une luminosité intégrée de 250 pb⁻¹, pour le canal eejj : M_{LO1} > 241 GeV/c² @ 95%CL.
- Mon analyse : poursuivre cette recherche avec L_{Data}≈ 1 fb⁻¹ et déterminer une limite combinée avec le canal evjj.

Dispositif expérimental

2.1 Le TeVatron et DØ

Le TeVatron est un collisionneur pp Anneau principal : 6,28 Km

E_{CM} = 1,96 TeV

- Construit à partir de 1968
- Premier faisceau en 1972
- Découverte du quark top en 1995
- Evidence du single top en 2006





DØ : détecteur généraliste situé à l'un des points de collision du TeVatron

- tests du Modèle Standard (masse du t, W, EW)
- Higgs
- physique du B
- nouvelle physique...

2.2 Le détecteur DØ





 $\eta = -\ln(\tan(\theta/2))$

Le détecteur se compose :

- d'un système de trajectographes
- de calorimètres EM & HAD (U/LAr)
- de chambres à muons
- d'un système de déclenchement



Etude de la résolution des jets

3.1 Etude de la résolution des jets

- But : améliorer la résolution sur l'énergie des jets calorimétriques en pondérant l'énergie des cellules du calorimètre.
- On veut être très sensible aux signatures comportant des jets comme la désintégration du boson de Higgs ou des signaux de nouvelle physique (LQ).
- Une partie de l'énergie des jets calorimétriques est de nature EM, une autre est HAD. Un calorimètre non-compensant (e/π≠1) implique une dégradation de la mesure absolue de l'énergie et de la résolution globale sur cette énergie.
- Les collaborations H1 (1989) et ATLAS (1994) ont développé une technique de pondération de l'énergie des jets cellule par cellule.
- Il s'agit d'une correction de la réponse des composantes de basse énergie (HAD) pour égaler la réponse des cellules de haute énergie (EM).
- Énergie corrigée du jet : $E_{jet}^{corr} = \sum_{i} a_i E_i$ avec *i* les cellules

- Méthode :

 - On minimise la quantité

$$\chi^{2} = \sum_{k=1,N} (E_{corr}^{k} - E_{jet0})^{2} + \lambda \cdot \sum_{k=1,N} (E_{corr}^{k} - E_{jet0})$$

où *N* est le nombre d'evts, λ est un multiplicateur de Lagrange qui contraint l'E pondérée du jet à celle du jet de référence. a_i et $\lambda = f(E^{cell}, E_{jet0})$.

■ Paramétrisation possible : énergie des cellules ⇒ binning



Développement d'un algorithme de cône simplifié, outil d'optimisation pour le calcul des poids correctifs.

- Résultats :
 - On extrait les coefficients de correction pour 3 zones : EM, FH, CH.



EM

FH

CH

old data old simple fit

new simple fit

new better fit

200

160 180

particle jet E (GeV)

new best fit

- On compare avec le cas usuel corrigé par la JES : la résolution gagne entre 2 et 10% avec la meilleure paramétrisation.
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
 0.94
- Conclusion :
 - Un outil a été développé pour pondérer l'énergie des cellules du calorimètre dans le but d'améliorer la résolution sur l'énergie des gerbes hadroniques.

0.86

20

weighted res / corr res

- Dans la première phase de l'étude, on a démontré que la résolution peut être améliorée jusqu'à 10% sur des événements Monte-Carlo.
- Il reste à tester cette méthode sur les données

Recherche des LQ de 1^{ère} génération

Lots de données

```
Run IIa = 4 ans de prise de données, L = 1049,45 \text{ pb}^{-1}
```

Simulation Monte Carlo du MS électrofaible

On utilise des fichiers générés par ALPGEN et PYTHIA Ils sont normalisés en luminosité (section efficace / nombre d'evts)

- Drell-Yan/Z→ee + jets
- Dibosons : ZZ, WZ, WW
- Ζ→ττ
- tt→2l2v

Contribution multijets

Evénements avec 4 jets dont 2 sont reconstruits comme des électrons. Contribution extraite des données.

4.2 Présélection des événements

• Système de déclenchement

Triggers pour single électron

• Qualité des données

Les événements reconnus comme bruités (~9%) sont rejetés

- Electrons
 - − ≥ 2 électrons *tight* : fraction électromagnétique, isolation, Lhood (trace) et bonne forme de gerbe (χ^2 <12)</p>
 - Grande impulsion transverse ($P_T > 20$ GeV), zone de détection
- Vertex primaire centré et au moins 3 traces
- Jets
 - ≥ 2 jets de grande impulsion transverse dans $|\eta| < 2.5$.
 - Correction de l'échelle d'énergie des jets
 - Séparation électrons-jets ($\Delta R(jet-électron) > 0.5$)

4.3 Calcul du fond Multijets

- Le fond multijets est un fond instrumental dû à une mauvaise identification des jets. Sur 4 jets que comptent ces événements, 2 sont reconstruits comme des électrons, *tight* ou faux.
- "faux" électrons : fraction électromagnétique, isolation, Lhood inversé et mauvaise forme de gerbe (χ² >12). On construit un lot de données qui contient des événements avec 2 "faux" électrons : ≥ 2Fe + ≥ 2j. Ce lot est orthogonal au lot utilisé pour rechercher le signal.
- La normalisation du fond multijets est faite sur la distribution de la masse invariante des 2 électrons de plus grand p_T, par la méthode dite de la matrice :
 - on choisit 2 zones : 50 < Mee < 75 GeV et 80 < Mee < 102 GeV
 - dans chaque zone i, on a : $Data_i = k^*(QCD_i) + k'^*(SMEW_i)$

k = 0.0032 k' = 0.92

4.4 Quelques distributions de contrôle



A.F. Barfuss













Perspectives

- Dernières étapes de sélection : étudier et optimiser les coupures sur la S_T, veto sur le 3^{ème} électron, confirmation des jets par les traces, etc.
- Combinaison avec le canal ejj + MET. Analyse en cours.
- Les outils utilisés sont certifiés et communs et permettront un passage à l'analyse des données du RunIIb par la modification de quelques paramètres de configuration.
- \Rightarrow combinaison sur 2 fb-1 ??
- Soutenance : ~juin

BACKUP SLIDES

1. Production des LQ au TeVatron et modes de désintégration

- Modes de production :
 - $q\bar{q}\rightarrow LQ+\bar{LQ}$
 - qg \rightarrow LQ+ \overline{LQ}
 - gg \rightarrow LQ+ \overline{LQ}
- Decay :
- si $\beta = Br(LQ \rightarrow lq)$
- et $1-\beta = Br(LQ \rightarrow vq)$ $\cdot LQ\overline{LQ} \rightarrow llqq \beta^2$
 - $LQ\overline{LQ} \rightarrow vvqq$ $(1-\beta)^2$
 - $LQLQ \rightarrow lvqq$ $2\beta(1-\beta)$





A.F. Barfuss - 21/06/05

2.3 Autres résultats

- DØ (123 pb⁻¹, M_{LQ}>225 GeV/c²) + CDF (110 pb⁻¹, M_{LQ}>213 GeV/c²), pour le canal eejj : M_{LQ1} > 242 GeV/c² @ 95%CL
- CDF, au Run IIa, avec une luminosité intégrée de 203 pb⁻¹,
 - $\begin{array}{ll} \beta = 1 \; (eejj) & : \ M_{LQ1} > 236 \; \text{GeV/c}^2 @\; 95\%\text{CL} \\ \beta = 0.5 \; (evjj) & : \ M_{LQ1} > 205 \; \text{GeV/c}^2 @\; 95\%\text{CL} \\ \beta = 0.1 \; (vvjj) & : \ M_{LQ1} > 145 \; \text{GeV/c}^2 @\; 95\%\text{CL} \end{array}$
- ZEUS (2000), avec une luminosité intégrée de 47.7 pb⁻¹, RPV squarks scal. : $M_{LQ1} > 204 \text{ GeV/c}^2 @ 95\%$ CL







A.F. Barfuss

2.4 Signal : Leptoquarks 1gen

2 générateurs Monte Carlo pour 2 types de LQ :

• CompHep+PYTHIA : vecteurs (paramètres de couplages anormaux LG et KG dont dépend la section efficace)

• PYTHIA : scalaires (α_s gluon splitting)

Т	'né	or	ie

Sections efficaces théoriques de production de paires de LQs scalaires

 M_{LQ} > 100 GeV : gg << qq

 $M_{LQ} = 250 \text{ GeV} : gg \approx qq/20$

LQ vecteurs : σ jusqu'à 10 pb La plus faible σ vecteur $\approx \sigma$ scalaire *10

M _{LQ}	σ NLO (pb)
140	2.28
160	1.02
180	0.492
200	0.250
220	0.131
240	0.0705
250	0.0456

2.5 Prévisions



Events with the highest ST



Run 214878 Evt 13970760

E scale: 67 GeV



3'. Accessing jet cells

- To access the cells that belong to a jet*, a simplified version of the jet cone algorithm has been implemented. 4 steps:
 - Get the PV position
 - For a given cell, build a 4-vector (E, 3-distance to PV)
 - Build towers of cells for a given (ieta, iphi)
 - Compute $\Delta R_{Y,\phi}$ (tower i, reco jet) and compare with 0.7 to determine whether the ith tower belongs to the jet*.

* The leading selected TMBJet, in this case

The particle jet energy bins are defined in "statistically interesting regions" of the unweighted distribution:



3. Alphas (cont'd)

- Weight for the remaining jet energy (i.e. not in CCEM, CCFH or CCCH) as a function of the Eptclj bin = α_{rest}
- Lagrange multiplier constraining the corrected jet energy to the particle jet energy = λ



2. Method memento

 We reconstructed the jet energy with an emulated cone algorithm with no splitting/merging. A cut on the reco jet smw =0 will further be applied to reduce bias

(see plot: recomputed jet E vs reco jet E for central jets and smw=0).



- The energy of each cell is ready to be weighted by the corresponding alpha(cell energy [density], particle jet energy)
- We usually choose to compute the alphas for 4 "depths": EM, FH, CH and the "rest".