RECHERCHES DE LEPTOQUARKS

Anne-Fleur Barfuss

GRPHE/UHA

Séminaire IPHC - 3 mars 2009

Introduction

- Le MS n'est pour beaucoup qu'une approximation à basse énergie d'une théorie sous-jacente plus générale.
- Les expériences auprès des grands accélérateurs permettent de tester différentes extensions du MS. Ainsi par exemple, un grand nombre de signatures possibles de nouvelle physique pourraient être détectées dans quelques fb⁻¹ de données du Tevatron puis du LHC.
- Les théories extra-MS : la SUSY est un candidat populaire, mais ne s'est encore pas montrée... De nombreuses autres théories (principalement non-SUSY) seraient observables et à notre portée.

La plupart des théories extra-MS prédisent des interactions lepton-quark transmises par des leptoquarks.

Les questions

- Vous avez dit « leptoquarks »?
- Comment chercher des leptoquarks ?
- Quelles sont les dernières nouvelles du Tevatron ?
- Quelles sont les perspectives au LHC ?

1. Éléments de phénoménologie

Quelques aspects phénoménologiques des LQ

- Les leptoquarks sont des bosons exotiques triplets de couleur qui portent :
 - Nombres quantiques L et B non nuls
 - Charge électrique fractionnaire |Q|=1/3, 2/3, 4/3, 5/3
- Couplage direct des leptoquarks aux leptons (l^{\pm}, v) et aux quarks.



 Depuis 1973, prédits par de nombreuses extensions du MS connectant les quarks et des leptons (GUTs, RPV SUSY, compositeness, ext. Technicolor...)

Des scalaires et des vecteurs

- Classification de Buchmüller-Rückl-Wyler : états LQ = scalaires (spin 0) + vecteurs (spin 1)
- Pour les LQ scalaires, le Lagrangien et la section efficace de production ne dépendent que de M_{LQ} . Mais pour les LQ vecteurs, ils dépendent également de couplages anormaux λ_q et κ_q .

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{S}^{g} &= \sum_{scal} \left[(D_{ij}^{\mu} S^{j})^{\dagger} (D_{\mu}^{ik} S_{k}) - M_{S}^{2} S^{i\dagger} S_{i} \right] \\ \mathcal{L}_{V}^{g} &= \sum_{vect} \left\{ -\frac{1}{2} F_{\mu\nu}^{i\dagger} F_{i}^{\mu\nu} + M_{V}^{2} V_{\mu}^{i\dagger} V_{i}^{\mu} - ig_{s} \left[(1 - \kappa_{G}) V_{\mu}^{i\dagger} t_{ij}^{a} V_{\nu}^{j} \mathcal{G}_{a}^{\mu\nu} + \frac{\lambda_{G}}{M_{V}^{2}} F_{\sigma\mu}^{i\dagger} t_{ij}^{a} F_{\nu}^{j\mu} \mathcal{G}_{a}^{\nu\sigma} \right] \right\} \end{aligned}$$

A.F. Barfuss

Production des LQs dans les collisionneurs

- LQ produits en paires via des couplages de jauge MS (α_s : annihilation q qbar, fusion de gluons), ou en célibataire via des couplages de Yukawa I-q-LQ (λ).
- Au Tevatron, à √s=2 TeV, M_{LQ}=200 GeV, section efficace totale de production :
 σ[paire] = 0.1 pb
 σ[single] = 0.04 pb

Diagramme LO dominant au Tevatron

pour M10>100 GeV/c2

Production LQ célibataire :



Au Tevatron et au LHC, on concentre les études sur la production de paires.

 A HERA, le couplage LQ-l-q est directement impliqué dans la production des LQ : on représente les résultats dans le plan (λ, M_{LQ}).

A.F. Barfuss

Désintégration des LQ dans les détecteurs

- Hypothèses pour l'observation :
 - Le LQ se désintègre tout de suite
 - Le couplage λ est renormalisé à $\alpha_{_{EM}}$
 - Ile couplage LQ-I-q conserve L and B (désint. du proton)
 - 3 générations de LQs sont prédites ; on ne considérera ici que les couplages générationnels des LQ avec les fermions (anti FCNC).

$$\overline{q}$$
 \overline{LQ}
 \overline{Q}
 \overline{Q}
 \overline{LQ}
 \overline{q}
 e^+
 LQ
 e^-

2. Résultats de HERA

La fausse alerte de 1997

L'anomalie d'HERA : H1 et ZEUS ont cru observer des LQs

- En 1997, H1 [1] et ZEUS [2] constatent un excès d'événements dans les NC parmi les DIS du collisionneur e+p.
- Résonance à grand x dans M(eq)≈200 GeV pour une valeur de Q² légèrement différente pour H1 et pour ZEUS.
- Données utilisées : 2 ans de prise de données entre 1994 et 1996, √s=300
 GeV, luminosité 20,1 pb⁻¹ pour ZEUS et 14,2 pb⁻¹ pour H1.

• Interprétations : nouveaux bosons de jauge de grande $\frac{\pi}{9}_{10}$ masse, ou squarks de RPVing SUSY, ou leptoquarks. L'explication la plus probable aujourd'hui = fluctuation 1 statistique (2 σ max).



Résultats récents des diffusions ep et des recherches de LQ célibataires.
 Dernier résultat : LQ scalaire 2007.
 [1] H1 Collaboration, Z. Phys. C 74, 191 (1997)
 [2] ZEUS Collaboration, Z. Phys. C74, 207 (1997)

A.F. Barfuss

Recherche de LQ scalaire de 1^{ère}gen à HERA



Résultat H1, HERA I+II (L=449 pb⁻¹) limites sur $M(LQ_1)$ LQ scalaire,

dépend de λ

3. Résultats récents du Tevatron

,

Tevatron: the DØ & CDF experiments



3.1 Recherche de LQ1 en eejj avec DØ

Recherche de LQ de 1-Gen : $LQ_1LQ_1 \rightarrow eejj$

Données

Run IIa : $L = 1.02 \text{ fb}^{-1}$

Bruits de fond EW simulés

- Drell-Yan/Z \rightarrow ee + jets
- $tt \rightarrow 2l 2v 2b$
- Dibosons: ZZ, WZ, WW
- $\gamma^*/Z \rightarrow \tau\tau$ + jets

Les lots sont normalisés entre eux, à la luminosité des données L.

Contribution QCD = multijet

Extraite des données

Étapes de l'analyse

- 1. Choix des conditions de déclenchement et sélection des événements eejj
- 2. Modélisation du fond multijet et normalisation des lots de bruits de fond
- 3. Contrôle de la normalisation sur les evts avec 2 électrons + 1jet
- Contrôle de la normalisation sur les evts avec 2 électrons + 2 jets
- 5. Suppression du fond principal Zee
- 6. Suppression du fond multijet
- 7. Optimisation des coupures sur les distributions de M(ej)
- 8. Détermination des limites sur les masses d'un LQ scalaire et 3 LQ vecteurs

PRD 71, 071104 (2005)





 1^{ere} génération : $LQ_1LQ_1 \rightarrow eejj$



- Bruit de fond principal : $Z \rightarrow ee + jets$
- Électrons
 - ≥ 2 electrons
 - 2 leading electrons: p_{τ} > 25 GeV
 - $|\eta| < 1.1$ or $1.5 < |\eta| < 2.5$

• Jets

- Normalisation : \geq **1** jet (puis \geq 2 jets)
- Leading jet $E_{\tau}(j1)$ > 25 GeV, $|\eta|$ <2.5



Modélisation du bruit de fond multijet

- Bruit de fond instrumental : evts à 4 jets, 2 jets reconstruits comme des électrons.
- On crée un lot contenant 2 "fake" électrons + ≥ 1j
 Ce lot est orthogonal au lot signal.

Fake electrons: <mark>mauvaise forme de gerbe</mark> p_T>25 GeV Ø électron signal p_T>10 GeV



- Les lots de bruits de fond sont normalisés aux données sur la masse M_{ee} (GeV) invariante du DiEM par une méthode de la matrice :
 - 2 zones: 50 < Mee \leq 80 GeV and 80 < Mee \leq 102 GeV
 - in each zone i:

$$Data_{i} = k_{z}^{*}(Z_{i}) + k_{MJ}^{*}(MJ_{i}) + EW_{i} \{ \{ Z_{i} \} \}$$

A.F. Barfuss

Distributions de contrôle avec 1j



Distributions de contrôle avec 2j



- Les processus $\gamma^*/Z \rightarrow ee$ sont le bruit de fond dominant (~91% du bdf total) $T = Z \text{ veto } : M_{ee} > 110 \text{ GeV}$
- Le bruit de fond multijet est principalement contenu dans la région S_{τ} <300 GeV \Im S_T > 400 GeV 10^* Signal M(SLQ) = 250 GeV D0 Run II Preliminary, 1 fb⁻¹ Events/10 GeV Data **10** ⊨ $Z \rightarrow ee$ Multijet $t\bar{t} \rightarrow llvvbb$ $Z \rightarrow \tau \tau$ Dibosons Signal (M_==250 GeV) 10⁻¹ O data event 10⁻² 10⁻³ 500 600 200 300 400 700 100 S_T (GeV) $S_{\tau} = E_{\tau}(e_1) + E_{\tau}(e_2) + E_{\tau}(j_1) + E_{\tau}(j_2)$ après cut $M(e_1) > 110 \text{ GeV}$ A.F. Barfuss Séminaire IPHC - 3/03/09 21

Simulation du signal : LQ scalaires

Scalar LQ signal

- Generated with PYTHIA 6.3
- PDF CTEQ6L1
- σ @ NLO
- 120 < M_{LQ} < 320 GeV

☞ L'acceptance des coupures de sélection atteint un plateau pour M_{LQ} ≥ 280 GeV



Simulation du signal : LQ vecteurs



Les acceptances des LQ scalaires et vecteurs sont comparables (~22%) pour une même masse M_{LQ} = 250 GeV.

Incertitudes systématiques

Source	Background	Signal	
(N)LO cross section PDF (acceptance) JES Jet ID EM ID Normalization Luminosity	+1.2 -1.1% - +1.7 -2.0% 0.4% 0.2% 1.2% -	_* 5% +0.1% -0.5% 0.7% 8% _ 6.1%	
Total	+2.5% -2.6%	±11.3%	

* The error on the theoretical cross section due to PDF is included on figures p35 and 37

Optimisation des coupures

- Bon accord données-simulation pour les evts à haut p_{τ} 2EM+2j.
- Réduction du bruit de fond principal (DY/Z) en appliquant M_{ee} >110 GeV.
- Réduction du bruit de fond multijet par $S_{T}>300$ GeV.
- On fait varier ces deux coupures : M_{ee}>{105, 110, 115, 120} GeV et S_T>{300, 350, 400, 450, 500} GeV.
- Coupures étudiées sur la masse invariante LQ moyenne :

 $\langle M_{ej} \rangle = (M_{ej} 1 + M_{ej} 2) / 2$

 M_{ej} 1 et M_{ej} 2 sont les deux masses invariantes ej choisies de telle sorte que la différence de masse entre LQ et antiLQ soit minimum.

A.F. Barfuss

Détermination de la limite sur la xsec

- ✓ Pas d'excès de données par rapport au Modèle Standard.
- ✓ On utilise Tlimit, outil fréquentiste (s+b)/b, sur les distributions de $\langle M_{ej} \rangle$ pour différentes coupures en M_{ee} et S_{τ} , et pour chaque masse de LQ scalaire.

The Les 4 meilleures combinaisons $\{M_{ee}, S_{\tau}\}$ sur les 20 testées :

M_{ee} (GeV)	$S_T (\text{GeV})$	Bruit de fond	Signal NLO $(M_{LQ} = 290 \text{ GeV})$
105	350	$3.03 \pm 0.20 \text{ (stat)} \pm 0.08 \text{ (syst)}$	$4.20 \pm 0.08 \text{ (stat)} \pm 0.47 \text{ (syst)}$
110	350	$2.87 \pm 0.19 \text{ (stat)} \pm 0.08 \text{ (syst)}$	$4.14 \pm 0.08 \text{ (stat)} \pm 0.47 \text{ (syst)}$
105	400	$1.63 \pm 0.14 \text{ (stat)} \pm 0.04 \text{ (syst)}$	$4.07 \pm 0.07 \text{ (stat)} \pm 0.46 \text{ (syst)}$
110	400	$1.51 \pm 0.12 \text{ (stat)} \pm 0.04 \text{ (syst)}$	$4.01 \pm 0.07 \text{ (stat)} \pm 0.45 \text{ (syst)}$



A.F. Barfuss



Limite sur la masse du LQ scalaire

et comparaison avec résultats antérieurs



D0 Run II Preliminary, 1 fb⁻¹



Séminaire IPHC - 3/03/09





- 4 types de signaux LQ : 1 scalaire (pythia) et 3 vecteurs (comphep+pythia)
 - Minimal Coupling (MC): $\kappa_q = 1$, $\lambda_q = 0$
 - Yang-Mills (YM): $\kappa_{a}=0, \lambda_{a}=0$
 - Minus-Minus (MM): $\kappa_{q} = -1, \lambda_{q} = -1$
- $\kappa_{q}=0, \lambda_{q}=0$ Q=1/3, $T_{3}=-1/2, \lambda_{eff}=e$ $\kappa_{q}=-1, \lambda_{q}=-1$
- σ_{obs} (MC)= 0.015 pb, σ_{obs} (YM, MM)= 0.013 pb.

D0 Run II Preliminary, 1 fb⁻¹



3.2 Revue des derniers résultats du Tevatron



 1^{ere} génération : $LQ_1LQ_1 \rightarrow VVjj$



Phys. Lett. B 668, 357 (2008)

- 2 jets:
$$E_{\tau}(j1)$$
 et $E_{\tau}(j2)$ >35 GeV, $|\eta|$ <0.8

$$- E_{T}^{miss} > 75 \text{ GeV}$$

- H_{T} et E_{T}^{miss} : cuts optimisées pour l/h M_{LQ}

Résultat : M_{LQ} >214 GeV, $\beta=0$



Bruits de fond :

- contribution principale : $Z \rightarrow vv$ + jets
- W→lv+ jets (rejeté avec veto lepton)
- dibosons, ttbar

Distribution de contrôle de E_{τ}^{miss} avant optimisation :



xsec de production des T-odd quarks





Recherches de LQs : LQLQ→vvjj



Bruits de fond :

- Bdf principal : $Z \rightarrow vv + jets (34\%)$
- W→τν + jets (29%)
- $W \rightarrow \mu v$ + jets (11%)
- Z→ll + jets (1%)
- QCD, top... (8%)

 $H_{\tau} = \Sigma p_{\tau}(jets)$

Résultat : M_{LQ1} , M_{LQ2} >177 GeV, M_{LQ3} >167 GeV





 2^{eme} génération : $LQ_2LQ_2 \rightarrow \mu j \mu j$ (B=1)



Phys. Lett. B 671, 224 (2009) $-2 \text{ jets} : E_{\tau}(j) > 25 \text{ GeV}, |\eta| < 2.5$ $-2 \text{ muons} : E_{\tau}(\mu) > 20 \text{ GeV}$ $-S_{\tau} = E_{\tau}(j1) + E_{\tau}(j2) + E_{\tau}(\mu1) + E_{\tau}(\mu2) > 200 \text{ GeV}$ $-NN \text{ inputs sont } S_{\tau}, M(\mu\mu)^{\min} \text{ et } M(\mu_{i}, j_{i})$ -dibosons, single top (négl.)

NN output utilisé pour déterminer la limite (méthode fréquentiste modifiée)





 2^{eme} génération : LQ,LQ, $\rightarrow \mu \nu j j$ (B=0.5)





3^{ème} génération : LQ₃LQ₃→τbτb



•

Séminaire IPHC - 3/03/09

34



3^{ème} génération : LQ₃LQ₃→τbτb

- Résultats :
 - Use S_{τ} spectrum and 2 subsamples (1 b-tag and \geq 2 b-tags) to set limits
 - For Q=2/3 LQ \rightarrow tv allowed, suppressed by phase space: BR(LQ \rightarrow tv)=(1- β). f_{ps}



 M_{LQ} >201 GeV (β =1) M_{LQ} >210 GeV (β =0.5)



A.F. Barfuss



arxiv:0706.2832v1

L'un des t décroît leptoniquement et l'autre hadroniquement Backgrounds:

0.3 fb-1

- real et or $\mu\tau$ in FS $Z \rightarrow \tau\tau + 2jets$ $tt \rightarrow W(had\tau \nu)bW(l\nu)b$ - misID'd FS particles $tt \rightarrow W(misIDd j)bW(l\nu)b$ $Z \rightarrow ll + 2 jets$ QCD



 $M_{\rm YM}$ >317 GeV $M_{\rm MC}$ >251 GeV

4. Les perspectives

Leptoquarks: Sensitivity



Trigger: High PT lepton based, ~97% efficient



 β is branching ratio of leptoquarks decaying into charged leptons

ICHEP'08, Philadelphia

A.F. Barfuss

Vikas Bansal (Pitt) Séminaire IPHC – 3/03/09 Search for Leptoquarks, Excited Leptons and, Technicolor at the LHC



- Recherche de LQ scalaires de 1ère et 2ème générations
- Production de paires, surtout gg

<u>1ère génération : état final eejj (β=1)</u>

- \geq 2 électrons avec $p_{\tau}(e1)>85$ GeV, $p_{\tau}(e2)>30$ GeV
- \geq 2 jets avec p_{τ} > 50 GeV
- M(ee) > 100 GeV (suppression du fond Z+jets)
- $S_{\tau} = p_{\tau}(e_1) + p_{\tau}(e_2) + p_{\tau}(j_1) + p_{\tau}(j_2) > 400 \text{ GeV} (utilisée par DØ)$
- ISR

<u> 2ème génération : état final µµjj</u>

- Analyse « cut-based » : 1&2Muons, 2 OS μ , objets de haut p_{τ} , S_ τ >400...
- Bruits de fond principaux : $Z \rightarrow \mu\mu$ + jets, ttbar, QCD
- Signal : points LQ entre 250 GeV et 1TeV par pas de 50 GeV (2000 evts) principalement β =1, mais également β =0.5

Conclusion

- Recherche intense de leptoquarks au Tevatron pendant le Runlla. Les 3 générations sont étudiées avec CDF et DØ. La bonne connaissance de tous ces états finals va contribuer à améliorer les recherches de nouvelle physique dans un large champs de canaux d'analyses.
- Toujours pas de signe des leptoquarks, indiquant la présence de nouvelle physique dans nos détecteurs, observé dans 1-2.5 fb⁻¹ de données.
- Avec une luminosité de près de 6 fb⁻¹ collectée au Tevatron, futur prometteur pour les exotics. Plans pour la recherche de LQs à LHC.
- Les différents résultats NP des expériences du Tevatron :

http://www-d0.fnal.gov/Run2Physics/WWW/results/np.htm http://www-cdf.fnal.gov/physics/exotic/exotic.html

Recherches de Leptoquarks

Anne-Fleur Barfuss

GRPHE/UHA

Séminaire IPHC - 3 mars 2009

BACKUP SLIDES

The BaBar detector



- The BaBar detector is made up of 5 subdetectors. From the inside out, they are:
 - * Silicon Vertex Tracker (SVT) position of charged tracks and tracking for very low-energy particles
 - * Drift Chamber (DCH) momentum for charged particles and helps in particle ID through dE/dx measurements
 - Detector of Internally Refected Cerenkov radiation (DIRC) - charged hadron ID
 - * Electromagnetic Calorimeter (EMC) particle ID for electrons, neutral EM particles, and hadrons
 - * Solenoïd B=1.5 T
 - Instrumented Flux Return (IFR) muon * and neutral hadron identification.

Quelques aspects phénoménologiques des LQ

- Prédits par de nombreuses extensions du MS connectant secteurs des quarks et des leptons (GUTs, compositeness, extended Technicolor...).
- Les leptoquarks sont des bosons exotiques triplets de couleur qui portent :
 - Nombres quantiques L et B non nuls
 - Charge électrique fractionnaire Q=1/3, 2/3, Diagramme LO dominant au Tevatron 4/3, 5/3
 pour M₁₀>100 GeV/c²
- Couplage direct des leptoquarks aux leptons (l $^{\scriptscriptstyle\pm}$, v) et aux quarks.
- Devraient être produits principalement en paires dans les collisionneurs via des couplages de jauge MS (α_s: annihilation q qbar, fusion de gluons), ou en célibataire via des couplages de Yukawa I-q-LQ. Au Tevatron (puis au LHC), on concentre les études sur la production de paires. A.F. Barfuss





Production LQ célibataire :



44

Production de paires vs single LQ

- Ref: J.L. Hewett and T. Rizzo, PRD 36, 3367 (1987)
 Leptoquark-boson signals at e⁺e⁻ colliders
- Production de paires q q
- + Diagramme avec un SLQ
- Couplage LQ-I-q : $\lambda^2_{eff}/4\pi = \mathbf{k}\alpha_{EM} \ (\alpha_{EM} = 1/128)$ Que doit valoir **k** pour que la XS de single prod. soit aussi grande que la XS de la pair prod. ?





- Si $\Delta |\exp-SM| < 10\% \Rightarrow \text{contraint } k (grâce à \sigma[e^+e^- \rightarrow q \overline{q}] et A_{FB})$
- $M_{LQ} \leq 40 \text{ GeV} \Rightarrow k < 0.1$ $M_{LQ} \leq 200 \text{ GeV} \Rightarrow k < 1$ $M_{LQ} \geq 450 \text{ GeV} \Rightarrow k \leq 5$

 $\begin{array}{l} \underline{Conclusion:} \text{ il est conservatif de prendre} \\ k=1 \text{ au Tevatron} \\ M_{LQ}=200 \text{ GeV}, \lambda_{eff}^{2}/4\pi = \alpha_{EM} \Rightarrow \sigma_{S}/\sigma_{P} = 0.4 \\ LHC: M_{LQ}=1\text{TeV}, \lambda_{eff}^{2}/4\pi = \alpha_{EM} \Rightarrow \sigma_{S}/\sigma_{P} = 1 \end{array}$

LQ phenomenology (II)

F=3B+L

Scalar and vector LQs

- Leptoquarks couple to leptons and quarks:
 - helicity left or right
 - $\lambda_{eff}^2 = \lambda_{L,R}^2(lq) + \lambda_L^2(vq)$
 - Lagrangian and production cross section for vector LQs depend on anomalous couplings λ_{G} and κ_{G}

$$\mathcal{L}_{S}^{g} = \sum_{scal} \left[(D_{ij}^{\mu} S^{j})^{\dagger} (D_{\mu}^{ik} S_{k}) - M_{S}^{2} S^{i\dagger} S_{i} \right]$$

LQ	Spin	F	I_3	Q_{em}	$\lambda_L(lq)$	$\lambda_R(lq)$	$\lambda_L(\nu q)$	Couplages
S_1	0	-2	0	+1/3	g_{1L}	g_{1R}	$-g_{1L}$	$\bar{q}_L^c l_L$ ou $\bar{u}_R^c e_R$
\tilde{S}_1	0	-2	0	+4/3	0	\tilde{g}_{1R}	0	$\bar{d}_R^c e_R$
			+1	+4/3	$-\sqrt{2}g_{3L}$	0	0	
\vec{S}_3	0	-2	0	+1/3	$-g_{3L}$	0	$-g_{3L}$	$\bar{q}_L^c l_L$
			-1	-2/3	0	0	$\sqrt{2}g_{3L}$	
			+1/2	+4/3	g_{2L}	g_{2R}	0	
$V_{2\mu}$	1	-2						$\bar{d}_R^c \gamma^\mu l_L$ ou $\bar{q}_L^c \gamma^\mu e_R$
			-1/2	+1/3	0	g_{2R}	g_{2L}	
			+1/2	+1/3	\tilde{g}_{2L}	0	0	
$\tilde{V}_{2\mu}$	1	-2						$\bar{u}_R^c \gamma^\mu l_L$
			-1/2	-2/3	0	0	\tilde{g}_{2L}	
			+1/2	+5/3	h_{2L}	h_{2R}	0	
R_2	0	0						$\bar{u}_R l_L$ ou $\bar{q}_L e_R$
			-1/2	+2/3	0	$-h_{2R}$	h_{2L}	
			+1/2	+2/3	\tilde{h}_{2L}	0	0	
\tilde{R}_2	0	0						$\bar{d}_R l_L$
			-1/2	-1/3	0	0	\tilde{h}_{2L}	
$U_{1\mu}$	1	0	0	+2/3	h_{1L}	h_{1R}	h_{1L}	$\bar{q}_L \gamma^\mu l_L$ ou $\bar{d}_R \gamma^\mu e_R$
$\tilde{U}_{1\mu}$	1	0	0	+5/3	0	\tilde{h}_{1R}	0	$\bar{u}_R \gamma^\mu e_R$
			+1	+5/3	$\sqrt{2}h_{3L}$	0	0	
$\vec{U}_{3\mu}$	1	0	0	+2/3	$-h_{3L}$	0	h_{3L}	$\bar{q}_L \gamma^\mu l_L$
			-1	-1/3	0	0	$\sqrt{2}h_{3L}$	

$$\mathcal{L}_{V}^{g} = \sum_{vect} \left\{ -\frac{1}{2} F_{\mu\nu}^{i\dagger} F_{i}^{\mu\nu} + M_{V}^{2} V_{\mu}^{i\dagger} V_{i}^{\mu} - ig_{s} \left[(1 - \kappa_{G}) V_{\mu}^{i\dagger} t_{ij}^{a} V_{\nu}^{j} \mathcal{G}_{a}^{\mu\nu} + \frac{\lambda_{G}}{M_{V}^{2}} F_{\sigma\mu}^{i\dagger} t_{ij}^{a} F_{\nu}^{j\mu} \mathcal{G}_{a}^{\nu\sigma} \right] \right\}$$

A.F. Barfuss

Run I results



FIG. 12. The 95% C.L. upper limits on the vector leptoquark pair production cross section from the *eejj* channel and the LO predictions for Yang-Mills (YM), minimal vector (MV), and minimum cross section (MCS) couplings as a function of leptoquark mass for (a) $\beta = 1$ and (b) $\beta = \frac{1}{2}$.



Beta = 1/2

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_{LO1} > 242 GeV/c² @ 95%CL
- CDF, au Run IIa, avec une luminosité intégrée de 203 pb⁻¹,
 - $\begin{array}{ll} \beta = 1 \; (eejj) & : \ M_{LQ1} > 236 \; GeV/c^2 @ \; 95\%CL \\ \beta = 0.5 \; (evjj) & : \ M_{LQ1} > 205 \; GeV/c^2 @ \; 95\%CL \\ \beta = 0.1 \; (vvjj) & : \ M_{LQ1} > 145 \; GeV/c^2 @ \; 95\%CL \\ \end{array}$
- ZEUS (2000), avec une luminosité intégrée de 47.7 pb⁻¹, RPV squarks scal. : $M_{LQ1} > 204 \text{ GeV/c}^2 @ 95\%$ CL

• ZEUS + H1 (2004), de 47.7 pb⁻¹, L_{e+p}= 115 pb⁻¹, L_{e-p}= 17 pb⁻¹



SCALAR LEPTOQUARKS WITH F=0 (S_{1/2,L})



A.F. Barfuss



0.4 fb-1

3^{ème} génération : LQ₃LQ₃→vvbb

Phys. Rev. Lett. 99, 061801 (2007)

- 2 jets $E_{\tau}(j1)$ et $E_{\tau}(j2) > 35$ GeV, $|\eta| < 0.8$
- $-E_{T}^{miss}$ > 75 GeV
- cuts sur H_{τ} et E_{τ}^{miss} optimisées pour l/h M_{LQ}

Résultat : M_{LO3} >229 GeV, $\beta=0$

Bruits de fond :

- Bdf princ. : W/Z→I/vv + jets légers (95%)
- -W/Z + HF(5%)
- QCD, fake E_t^{miss} (3%)
- dibosons, ttbar, single top (3%)



A.F. Barfuss



0.2 fb-1

1^{ère} et 2^{ème} gen. LQs à CDF

- Phys. Rev. Lett. 72, 051107 (2005)
 - ejej, ejvj combinés
 - M_{LQ} > 236 GeV ($\beta = 1$)
 - M_{LQ} > 205 GeV ($\beta = 0.5$)
 - MLQ > 145 GeV (β = 0.1)



🗎 Phys. Rev. D 73, 051101 (2006)

- μjμj, μjvj combinés
- M_{LQ} > 226 GeV ($\beta = 1$)
- M_{LQ} > 208 GeV ($\beta = 0.5$)
- M_{LQ} > 143 GeV (β = 0.1)



Search For Second Generation Scalar Leptoquarks

Séminaire IPHC - 3/03/09



1^{ère} génération : LQ, LQ, →eejj



- Coupures en M(ee) et S_{τ} étudiées : meilleure limite M(ee)>110 GeV et $S_{\tau}>400$ GeV ne reste aucun événement de données, bdf total est 1.5 ± 0.1 (stat) ± 0.12 (syst).
- <M_{ej}>=(M_{ej}1+M_{ej}2)/2 variable utilisée pour déterminer la limite sur la xsec (où M_{ei}1 et M_{ej}2 minimisent la différence de masse LQ-LQ)
- Pas d'excès observé. Méthode fréquentiste modifiée pour déterminer la limite



Limit on vector LQs

- Vector signal: 3 samples of events with M_{LQ}=250 GeV. These samples will be used to determined a limit at a larger mass scale. But acceptances vs M_{SLQ} reach a plateau at M_{LQ} > 280 GeV. Acceptance at 250 GeV is smaller, thus our result conservative.
- We apply M_{ee} >110 GeV and choose five cut values on S_{T}

$S_{T}>$ {300, 350, 400, 450, 500} GeV

• Limits are set using TLimit; the number of events is taken as input.

S_{T} cut (GeV)	>300	>350	>400	>450	>500
backgrounds	5.3 ±0.4	2.9 ±0.2	1.5 ±0.1	0.8 ± 0.1	0.4 ±0.02
MM acc (%)	23.8 ±0.4	23.4 ±0.4	22.2 ±0.4	19.9 ±0.4	16.8 ±0.3
MM exp. σ (pb)	0.026	0.024	0.018	0.021	0.018
YM acc (%)	24.4 ±0.4	23.9 ±0.4	22.5 ±0.4	19.9 ±0.4	16.6 ±0.3
YM exp. σ (pb)	0.025	0.023	0.018	0.021	0.018
MC acc (%)	22.5 ±0.4	21.9 ±0.4	20.2 ±0.4	17.4 ±0.3	13.9 ±0.3
MC exp. σ (pb)	0.028	0.025	0.020	0.024	0.022

The cut at $S_T > 400$ GeV gives the best limit σ_{exp}

Détermination de la limite sur la xsec

The 4 best {M_{ee}, S_T} combinations over 20:



☞ In the scalar case, the cuts {M_{ee}>110 GeV, S_T>400 GeV} give the best limit σ_{exp} for ~all the LQ masses.

A.F. Barfuss

Optimization of cuts



Signal simulation: scalar vs vector



Technicolor: Sensitivity



Recherche de LQ scalaires de 1^{ère} gén. avec, CMS

