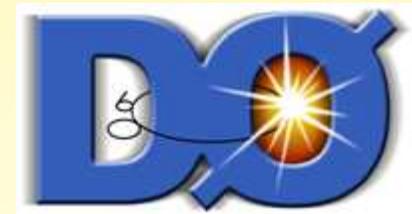


Etudes du quark top au Tevatron



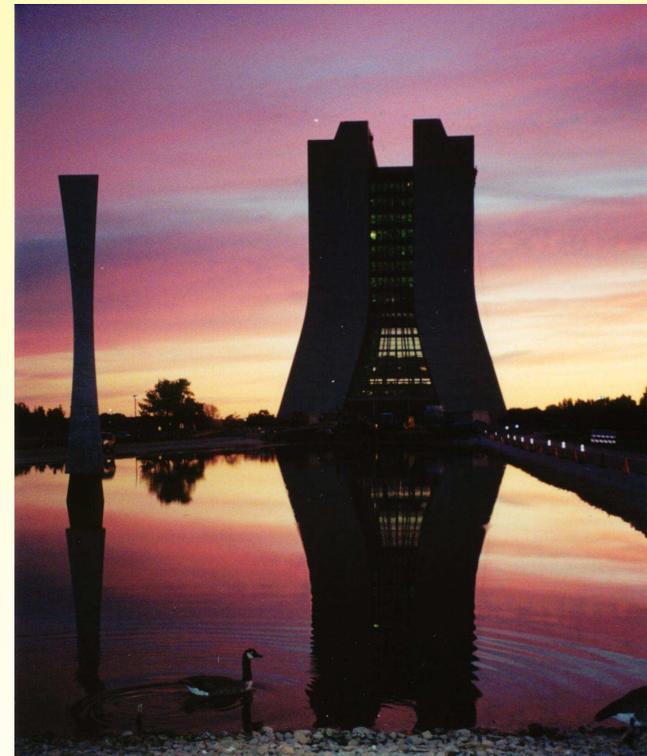
Frédéric Déliot
CEA-Saclay



Séminaire LPNHE, 8 février 2007

Plan de l'exposé

- Introduction
 - pourquoi étudier le quark top ?
 - juste un peu d'histoire
- Le Tevatron
- La production par paire
 - section efficace, recherche résonance $t\bar{t}$
 - masse
 - quelques autres propriétés
- Production électrofaible
- Conclusion



Pourquoi étudier le quark top ?

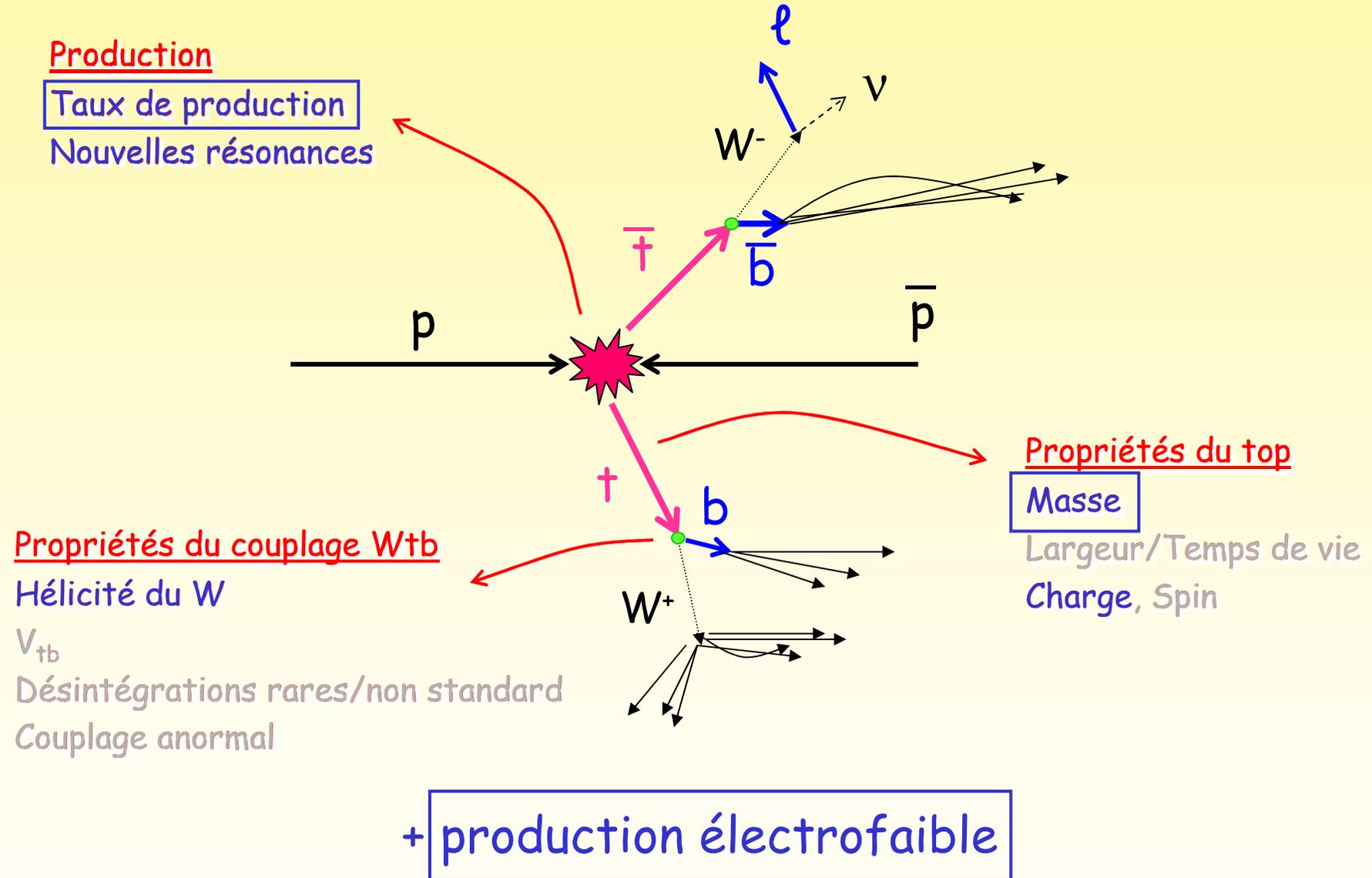
- C'est le quark le plus « jeune »
 - découverte au Tevatron il y a 12 ans
 - beaucoup de propriétés restent à étudier avec précision
- C'est la particule élémentaire la plus lourde
 - ~ 40 fois plus lourde que son partenaire le quark b
 - couplage de Yukawa au boson de Higgs proche de 1
 - seul quark à se désintégrer avant de s'hadroniser: accès à ses propriétés directement

rôle particulier ?

- La physique du quark top est riche



Physique du quark top



Un peu d'histoire

- Premières recherches directes

→ après la découverte du c et du b, recherche de toponium $t\bar{t}$ vers 27 GeV

→ recherches sur collisionneurs e^+e^- :

DESY-PETRA (1980), $\sqrt{s} = 12\text{-}36 \text{ GeV} \Rightarrow M_{\text{top}} > 30 \text{ GeV}$

LEP 1 (1989), $\sqrt{s} = 91 \text{ GeV} \Rightarrow M_{\text{top}} > 45.8 \text{ GeV}$

→ recherches sur collisionneurs $p\bar{p}$:

UA1 et UA2 (1981→1990), $\sqrt{s} = 640 \text{ GeV} \Rightarrow M_{\text{top}} > 69 \text{ GeV}$

Tevatron Run I (1990→1992), $\sqrt{s} = 1.8 \text{ TeV} \Rightarrow M_{\text{top}} > 91 \text{ GeV}$

- Recherches indirectes:

→ mesures de précision des observables sensibles aux corrections radiatives

dépendance quadratique en M_{top}

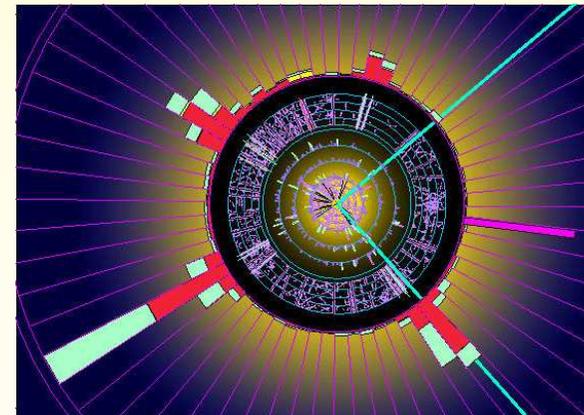
LEP (1994): $M_{\text{top}} = 177 \pm 21 \text{ GeV}$

- Découverte au Tevatron:

→ Tevatron Run I (1995), $\sqrt{s} = 1.8 \text{ TeV}$

$M_{\text{top}} = 176 \pm 8 \text{ (stat)} \pm 10 \text{ (syst)} \text{ GeV (CDF)}$

$M_{\text{top}} = 199 \pm 19 \text{ (stat)} \pm 22 \text{ (syst)} \text{ GeV (D0)}$

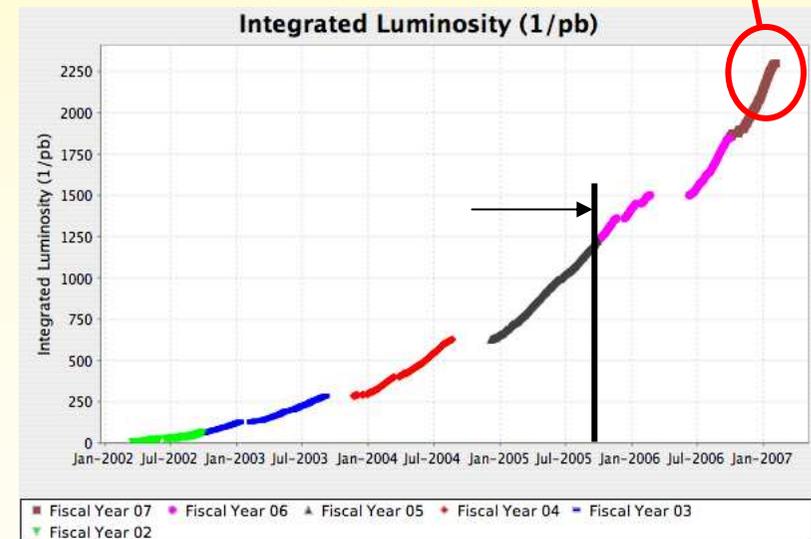


Le Tevatron

- collisionneur $p\bar{p}$, $\sqrt{s} = 1.96 \text{ TeV}$
 - temps de croisement: 396 ns, 36x36 paquets
 - expériences CDF et D0
- période de prise de données:
 - Run I (1993-1996): $L_{\text{fournie}} \sim 120 \text{ pb}^{-1}$ / expérience
 - Run IIa (2002 - mars 2006): $L_{\text{fournie}} \sim 1.5 \text{ fb}^{-1}$
 - Run IIb (août 2006 - 2009): $L_{\text{fournie}} \sim 4 \text{ à } 8 \text{ fb}^{-1}$



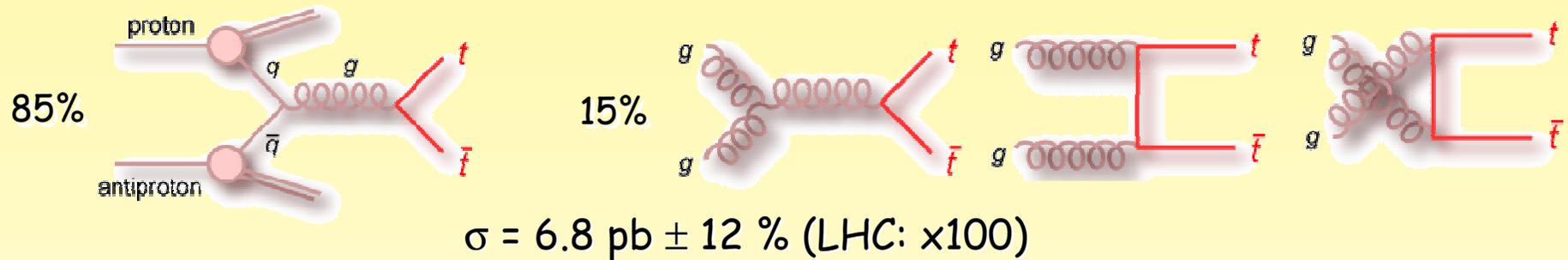
Efficacité typique de prise de données: 85%
Taux de déclenchement au L1=1kHz, L3=50Hz



Dans cette présentation
Résultats avec $L_{\text{enregistrée}} \leq 1 \text{ fb}^{-1}$

Le quark top au Tevatron

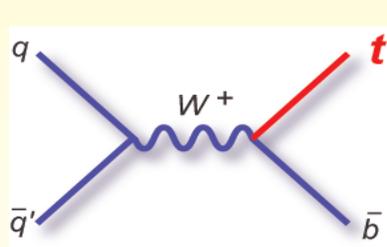
- Mode de production dominant par interaction forte (paire)



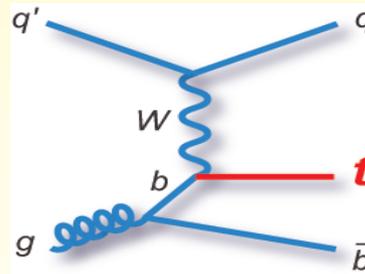
Typiquement pour 1 fb^{-1} :

$$N \times Br \times A = 6800 \times 0.3 \times 0.15 \sim 300 \text{ evts (lepton + jets)}$$

- Mode de production électrofaible (*single top*)



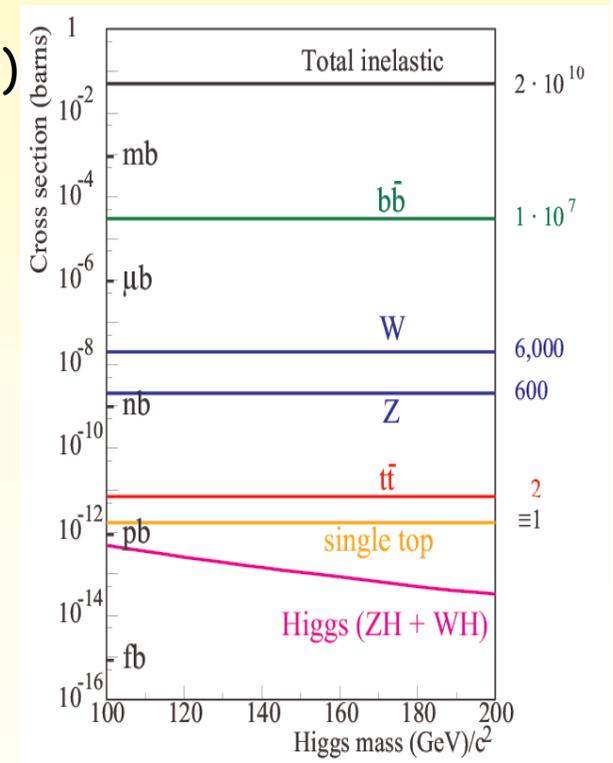
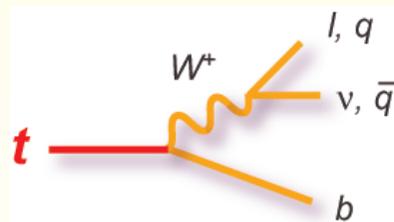
voie s: $\sigma = 0.88 \pm 8\% \text{ pb}$



voie t: $\sigma = 1.98 \pm 12\% \text{ pb}$

- Désintégration

$t \rightarrow Wb: \sim 100 \%$



Signature de la production par paire

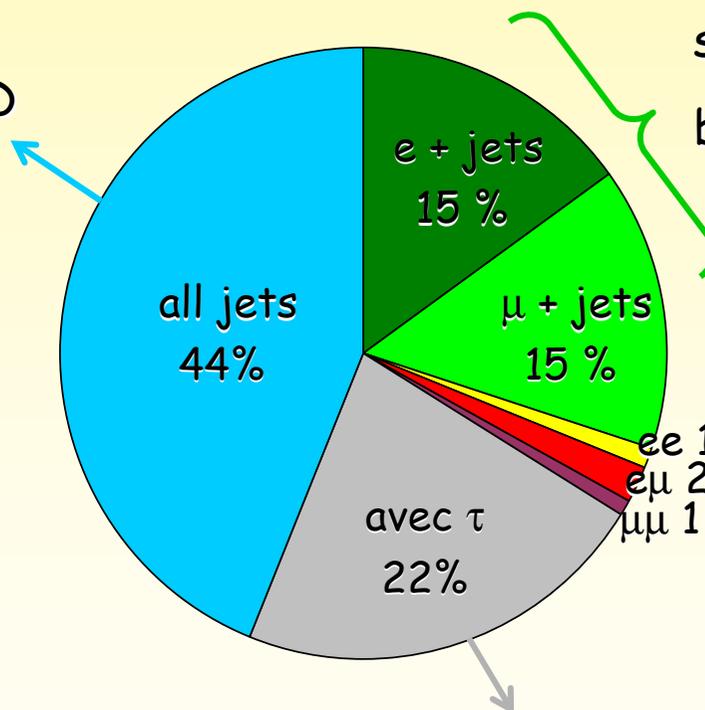
- désintégration du top: $t \rightarrow Wb \sim 100\%$

→ signature suivant les modes de désintégrations du W



forte statistique

bdf difficile: QCD



statistique raisonnable

bdf: W/Z +jets, QCD

faible statistique

peu de bdf:
Z+jets, WW+jets,
Z($\tau\tau$)+jets

difficile à identifier

Mesure de la section efficace $t\bar{t}$

- Intérêt de la mesure

- maîtrise de la sélection $t\bar{t}$ et des bruits de fond

- validation des calculs + dépendance avec M_{top} : $\Delta\sigma(t\bar{t})/\sigma \approx 5\Delta M_{\text{top}}/M_{\text{top}}$

- recherche de phénomènes au delà du MS:

- résonance lourde se désintégrant en $t\bar{t}$

- ex: topcolor, $gg \rightarrow H/A \rightarrow t\bar{t}$ ($m_{H,A} > 2m_t$, faible $\tan\beta$), ...

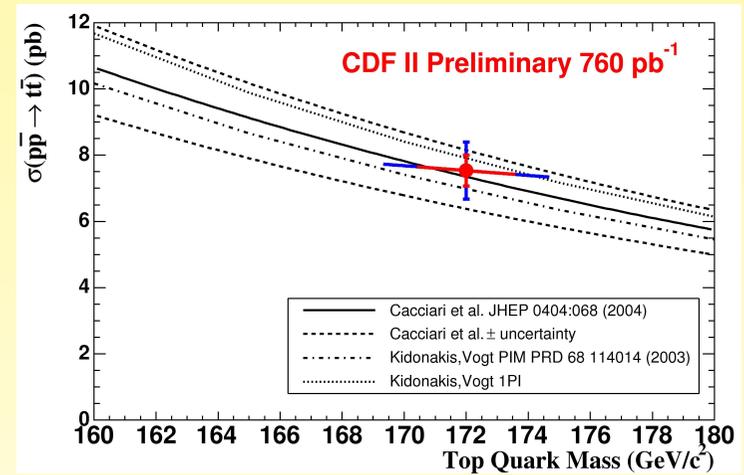
- recherche de pic dans le spectre de masse invariante $t\bar{t}$

- désintégration non standard du top

- ex: $t \rightarrow H^+b$, FCNC (vertex tgq), opérateurs de dimension > 4

- recherche de déviation à $\text{Br}(t \rightarrow Wb) = 100\%$

- (taux de production non standard)



Canal lepton (e, μ) + jets

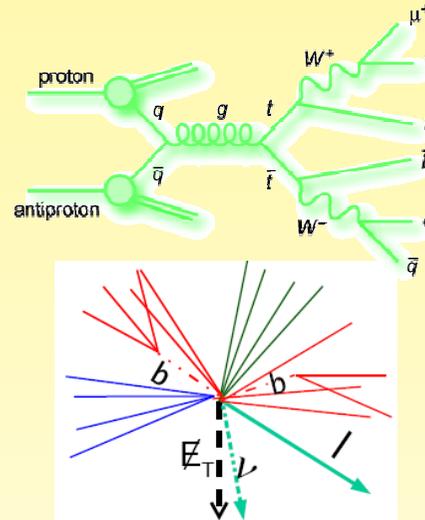
- Signature:

Lepton de haut P_T isolé

Grande E_T

4 jets (2 jets de b)

+ grande énergie,
centrale, sphérique



- Selection:

Trigger lepton (+jets)

$P_T(\ell) > 20 \text{ GeV}$, isolé

$E_T > 20 \text{ GeV}$

$P_T(\text{jet}) > 15 \text{ GeV}$

- 2 stratégies:

→ **topologie**: likelihood ou NN basé sur variables cinématiques (aplanarité, sphéricité, H_T , angles, masses invariantes, ...)

→ **b-tagging** (reconstruction d'un vertex secondaire venant du b)

- Acceptance:

~ 10 % (4 jets, avant tagging)

- typiquement S/B:

1/5 (3 jets, topologique)

2/1 (3 jets, b-tag)

- Bruit de fond:

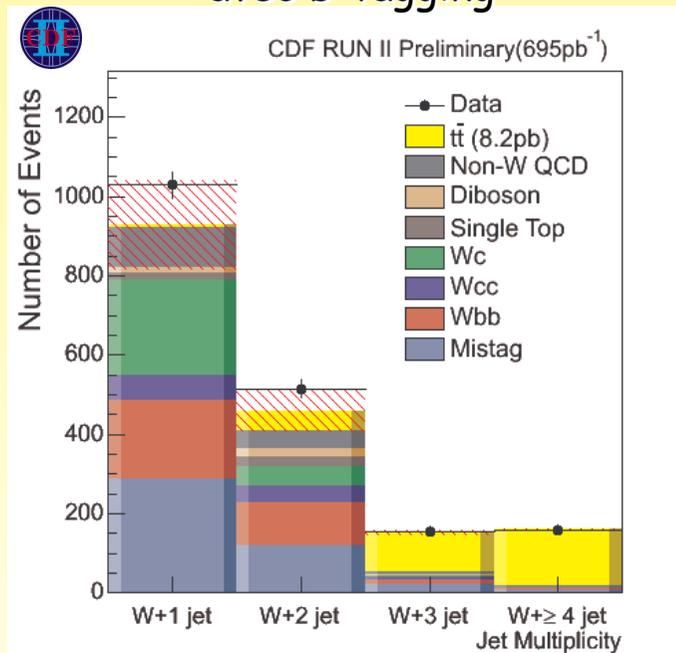
→ W + jets : MC Alpgen, normalisé sur les données

→ non W (QCD) : faux lepton, déterminé dans les données

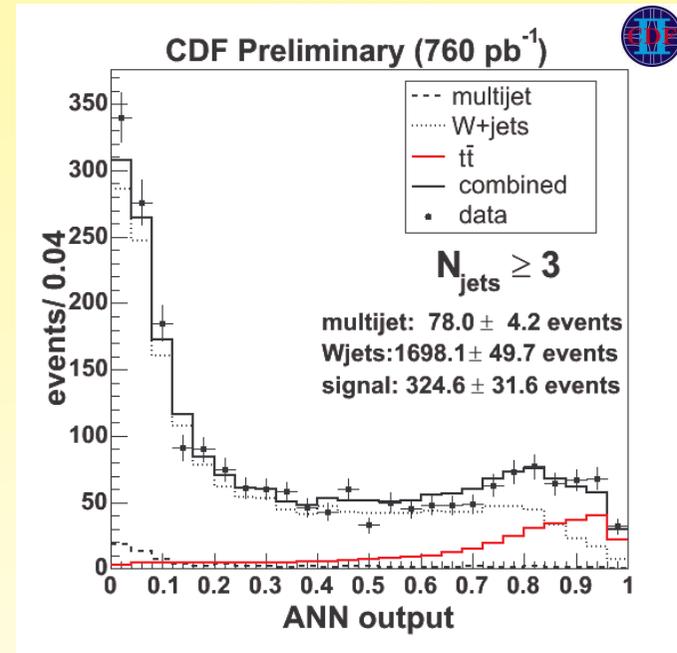
→ diboson, Z +jets : MC, sections efficaces du MS

Résultats du canal lepton + jets

avec b-tagging



avec NN



≥ 3 jets : données: 156, bdf: 53.0 ± 6.3

$\sigma(t\bar{t}) = 8.2 \pm 0.6$ (stat) ± 1.0 (sys) pb

≥ 3 jets : données: 2102, fitted $t\bar{t}$: 324.6 ± 31.6

$\sigma(t\bar{t}) = 6.0 \pm 0.6$ (stat) ± 0.9 (sys) pb

$\sim 18\%$

• **systématiques dominantes:**

→ b-tagging : 6.5 % (b-tag), bdf W+jets : $\sim 10\%$ (NN)

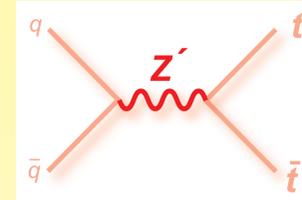
→ PDF : $\sim 5\%$, luminosité : $\sim 6\%$

→ échelle d'énergie des jets (JES) : $\sim 3-8\%$

Recherche de résonance $t\bar{t}$

• Des phénomènes non standard peuvent donner des résonances dans le spectre $t\bar{t}$:

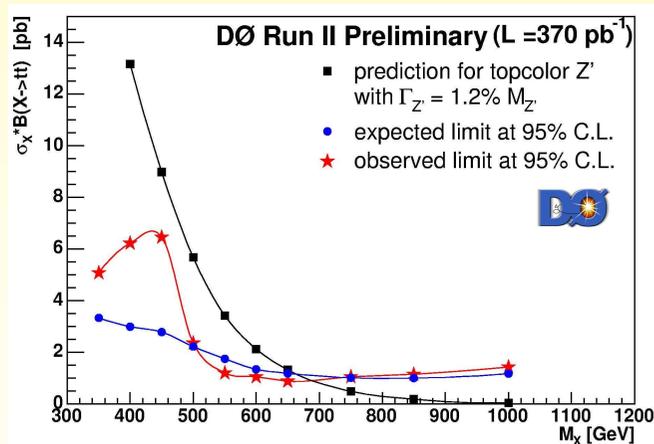
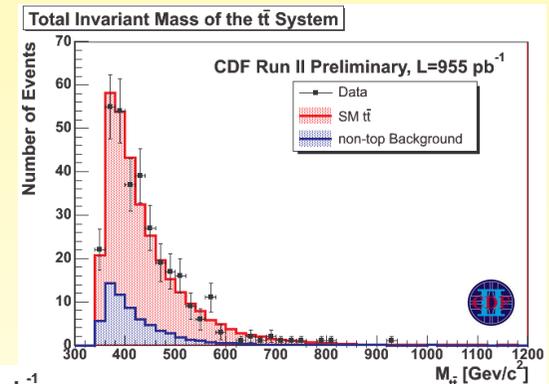
→ Z' , topcolor, KK, ...



• Recherche dans le canal ℓ +jets avec b-tagging

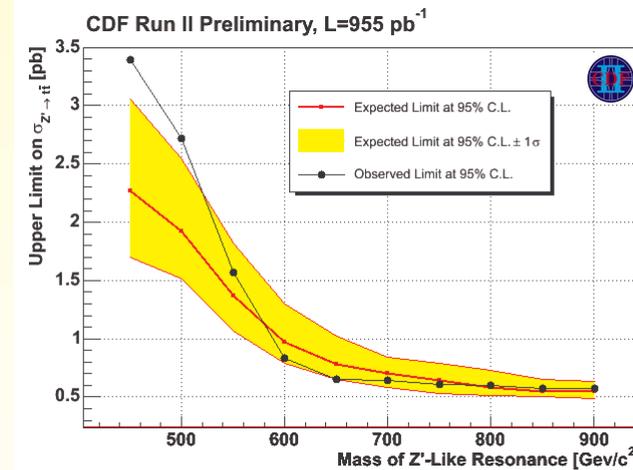
→ reconstruction du spectre $t\bar{t}$ par un fit cinématique

→ modèle de phénomène nouveau : boson neutre lourd avec les mêmes couplages que le Z^0



Leptophobic topcolor Z'

$M_{Z'} < 680 \text{ GeV}$ à 95% CL ($\sigma \sim 1 \text{ pb}$)

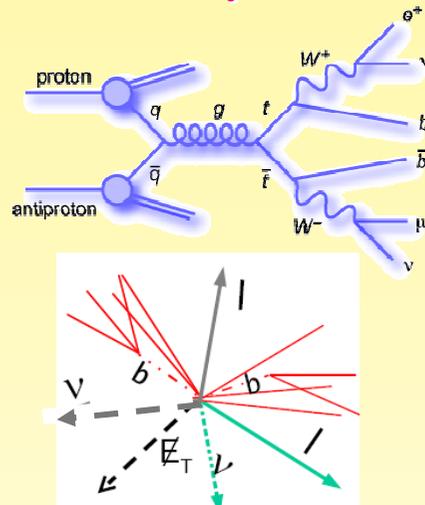


Pour $M_{Z'} = 700 \text{ GeV}$, $\sigma < 0.64 \text{ pb}$ à 95% CL

Canal dilepton (e, μ)

- Signature:

- 2 leptons de haut P_t isolé
- Grande E_T
- 2 jets de b
- + grande énergie, centrale, sphérique



- Selection:

- Trigger (di)lepton (+jets)
- $P_t(\ell) > 15-20 \text{ GeV}$, isolé
- $(E_T > 20-25 \text{ GeV})$
- $P_t(\text{jet}) > 15 \text{ GeV}$

- stratégie complémentaire:

→ lepton + track : trace isolée

besoin du b-tagging pour augmenter la pureté

- Acceptance:

~ 15 %

- typiquement S/B:

2/1

- Bruit de fond:

→ Z + jets : $Z \rightarrow ee/\mu\mu$ + faux E_T ou $Z \rightarrow \tau\tau$, MC Alpgen, normalisé sur les données

→ faux lepton (QCD) : déterminé dans les données

→ diboson (WW, WZ) : MC, sections efficaces du MS

Méthode de mesure des efficacités des leptons

- un exemple: efficacité de trigger muon

- mesurée dans les données à partir d'événements $Z^0 \rightarrow \mu\mu$
- méthode *tag and probe* : un muon de contrôle et un muon de test
- basée sur le fait qu'on peut obtenir un échantillon *pur* de Z^0 en utilisant un seul muon complètement identifié
- on applique les efficacités mesurées dans les données sur le MC

- exemple de trigger pour le canal $t\bar{t} \rightarrow e\mu$ dans D0 :

- trigger utilisé $e\mu$ (non prescalé):

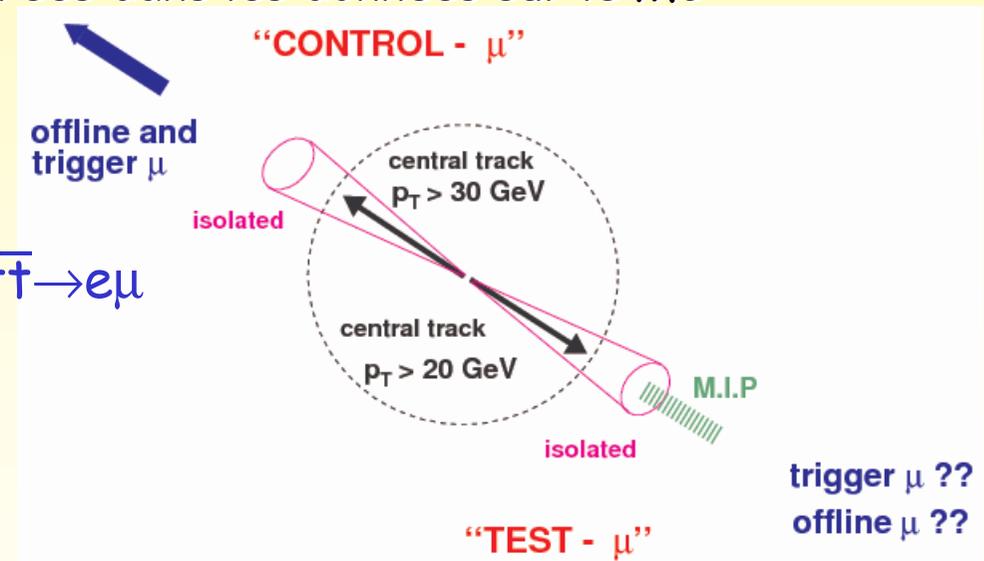
- L1: $\mu + E_t(\text{EM}) > 6\text{GeV}$

- L2: $P_t(\mu) > 5\text{GeV} + E_t(\text{EM}) > 6\text{GeV}$

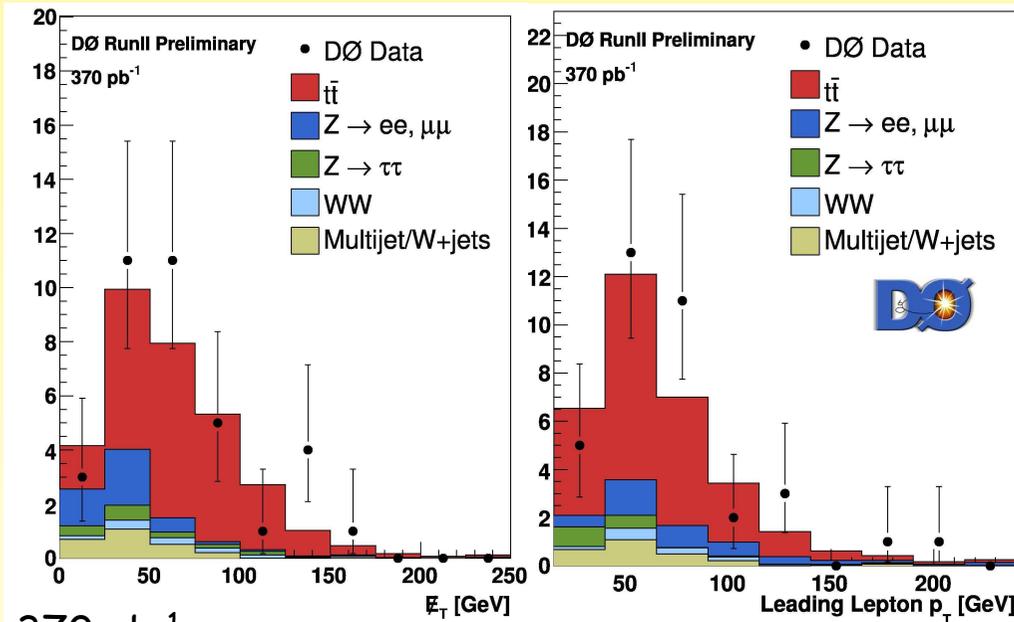
- L3: $P_t(\text{trace}) > 5\text{GeV} + E_t(\text{EM}) > 12\text{GeV}$

- efficacité sur le signal $t\bar{t}$: $\varepsilon \sim 70\%$

- (amélioration possible: OR de triggers)

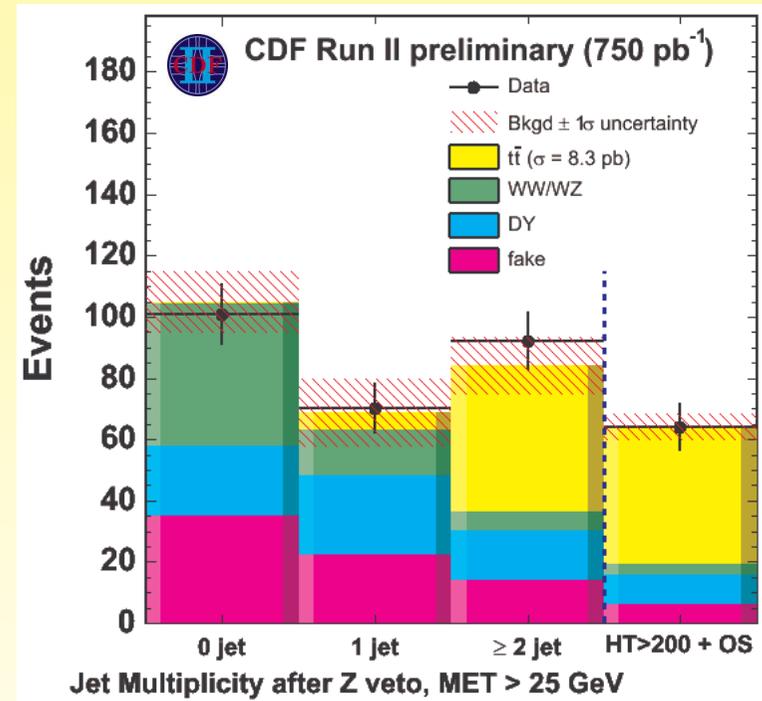


Résultats du canal dilepton



370 pb⁻¹:

$$\sigma(t\bar{t}) = 8.6 \pm 1.8 \text{ (stat)} \pm 1.1 \text{ (sys)} \pm 0.6 \text{ (lumi)} \text{ pb}$$



750 pb⁻¹:

$$\sigma(t\bar{t}) = 8.3 \pm 1.5 \text{ (stat)} \pm 1.0 \text{ (sys)} \pm 0.5 \text{ (lumi)} \text{ pb}$$

~ 22%

- **systématiques dominantes:**

→ luminosité : ~ 6%

→ efficacité de trigger sur les leptons : ~ 5%

→ échelle d'énergie des jets (JES) : ~ 3-5%

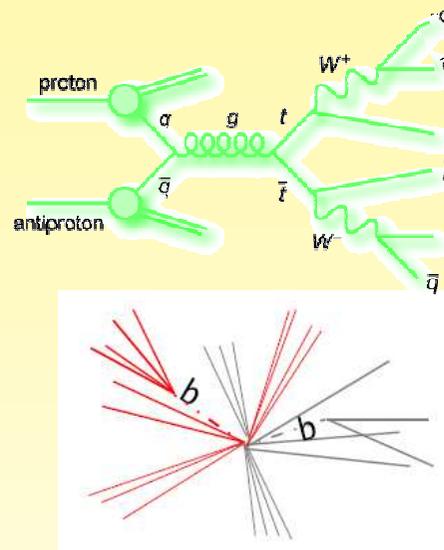
→ modélisation MC du bdf : ~ 3%

Canal hadronique

- Signature:

6 jets dont 2 jets de b

+ grande énergie, centrale, sphérique



- Selection:

Multijet trigger

(4 jets, $P_T > 10-25 \text{ GeV}$
+ CDF: $H_T > 125 \text{ GeV}$)

Au moins 6 jets

D0: $P_T(\text{jet}) > 45-20 \text{ et } 15 \text{ GeV}$

aplanarité, sphéricité, ...

CDF: NN ($H_T, M_{jj}, M_{jjj}, \text{angles}, \dots$)

Rôle essentiel du b-tagging

Combinatoire importante

- Acceptance:

~ 2-4 %

- typiquement S/B:

1/2 (CDF) - 1/4 (D0)

- Bruit de fond:

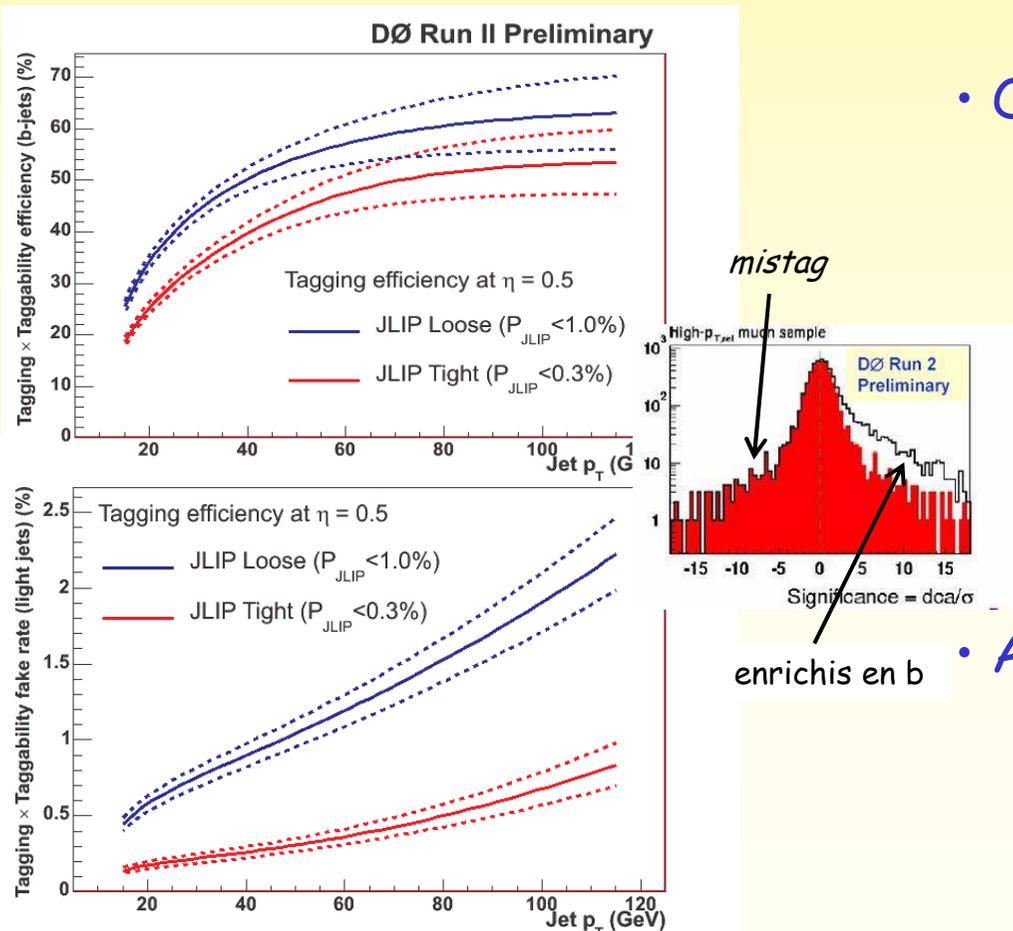
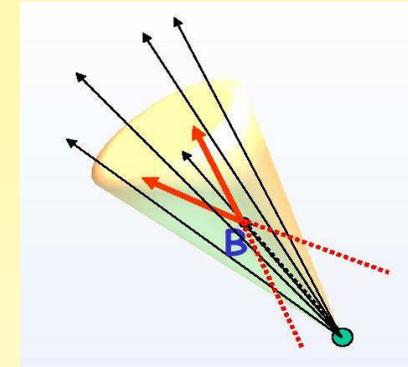
→ QCD : déterminé dans les données (données 4 jets)

Etiquetage des quarks b

- propriétés des quarks b:

→ les hadrons b volent avant de se désintégrer ($c\tau \sim 0.5\text{mm}$)

→ les hadrons b peuvent se désintégrer semi-leptoniquement: $b \rightarrow \mu\nu c$



- On utilise pour le b-tag:

→ le fait que les traces issues du b ont un grand paramètre d'impact

→ qu'on a reconstruit un vertex secondaire

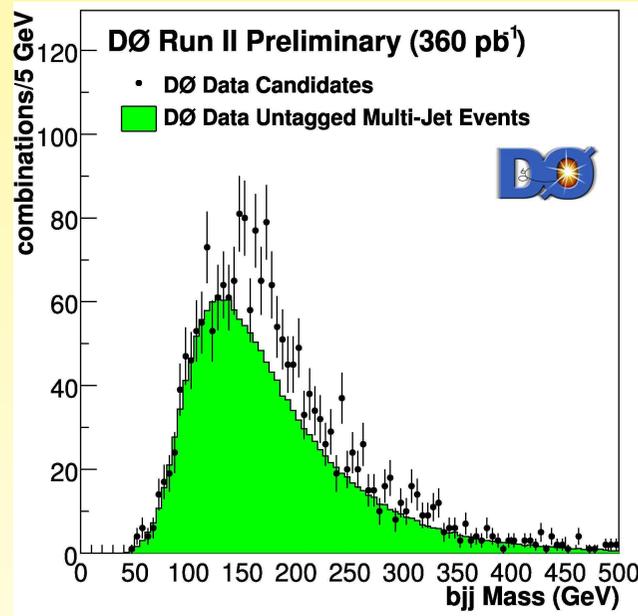
→ qu'il y a un μ dans un jet

→ combinaison de tous ces critères dans un NN

- Au Tevatron typiquement:

→ $\epsilon \approx 50\%$ pour 0.6-1% de mauvaise identification (mesurée dans les données)

Résultats du canal hadronique

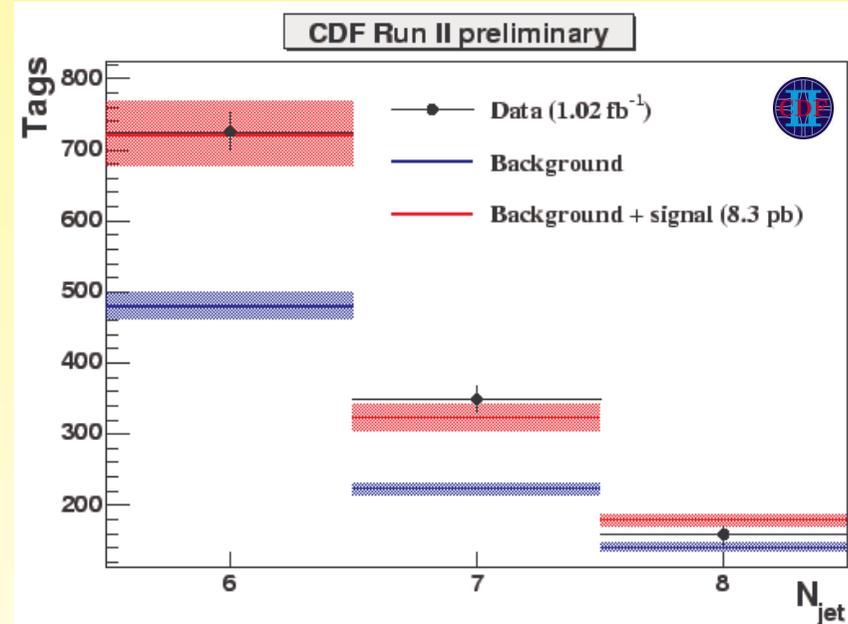


360 pb⁻¹:

$$\sigma(t\bar{t}) = 12.1 \pm 4.9 \text{ (stat)} \pm 4.6 \text{ (sys)} \text{ pb}$$

• **systematiques dominantes:**

- échelle d'énergie des jets (JES) : ~ 15%
- efficacité de b-tagging : ~ 18%
- D0: soustraction du bdf : ~ 25 %

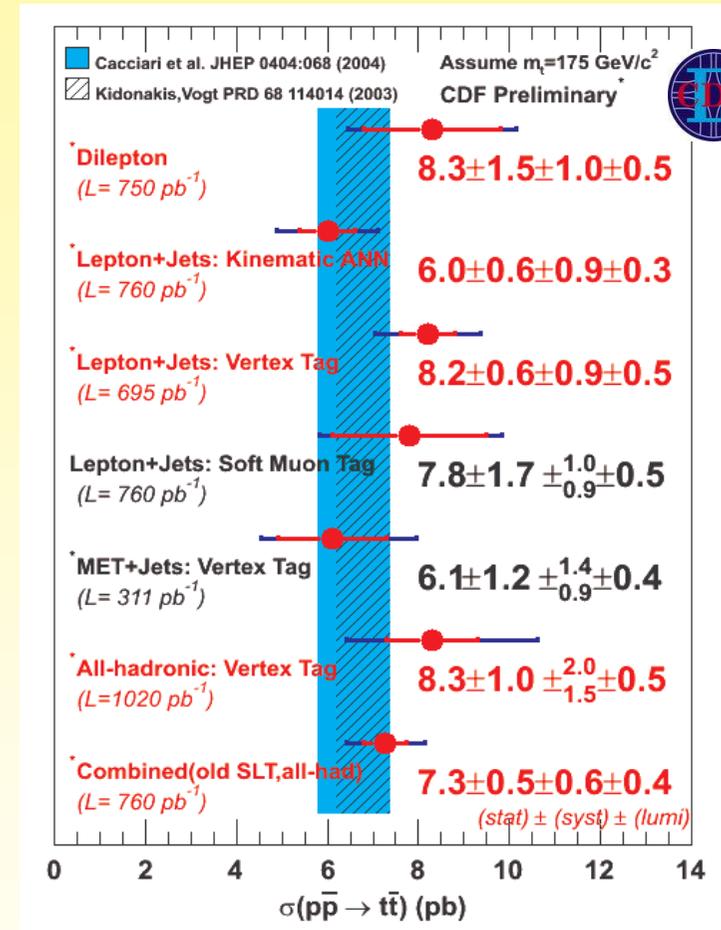
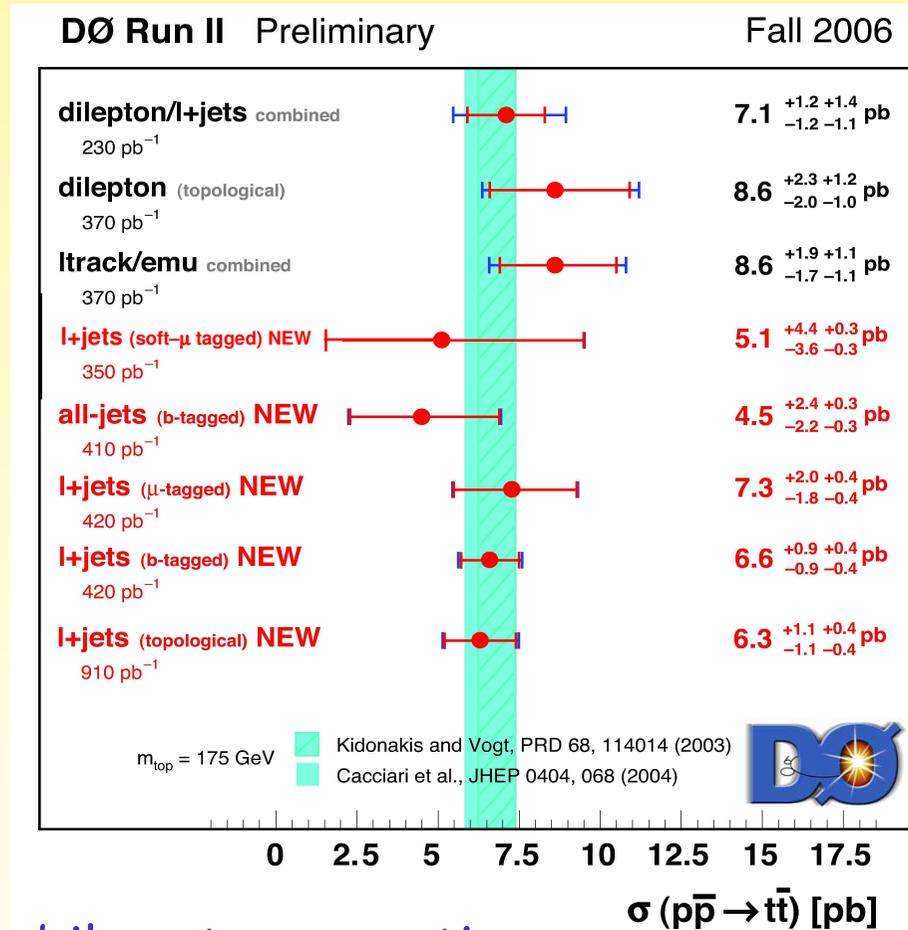


1.02 fb⁻¹:

$$\sigma(t\bar{t}) = 8.3 \pm 1.0 \text{ (stat)} \overset{+1.0}{-1.5} \text{ (sys)} \pm 0.5 \text{ (lumi)} \text{ pb}$$

~ 25%

Résumé des mesures actuelles de section efficace $t\bar{t}$



• bilan et perspectives:

- actuellement : $\Delta\sigma_{t\bar{t}}/\sigma \sim 12 \%$ (\sim théorie), plus dominé par la statistique
- perspectives: si même systématique, 4 fb⁻¹: $\Delta\sigma_{t\bar{t}}/\sigma = 10 \%$
- LHC: 5-10% avec 10 fb⁻¹

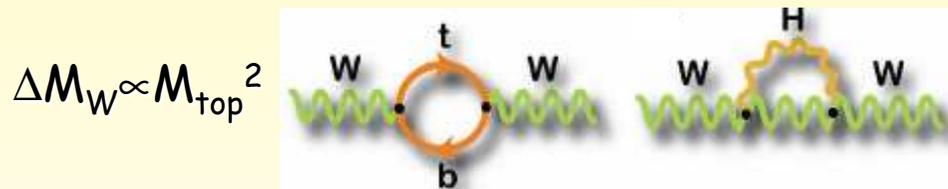
Mesure de la masse du quark top

• Intérêt de la mesure

→ Les observables électrofaibles dépendent fortement de la valeur de la masse du top (via les corrections radiatives)

⇒ Haute précision sur M_{top} requise pour :

- tests de précision du Modèle Standard (MS)
- contraintes sur la masse du boson de Higgs au sein du MS
- grande sensibilité à la physique au-delà du MS



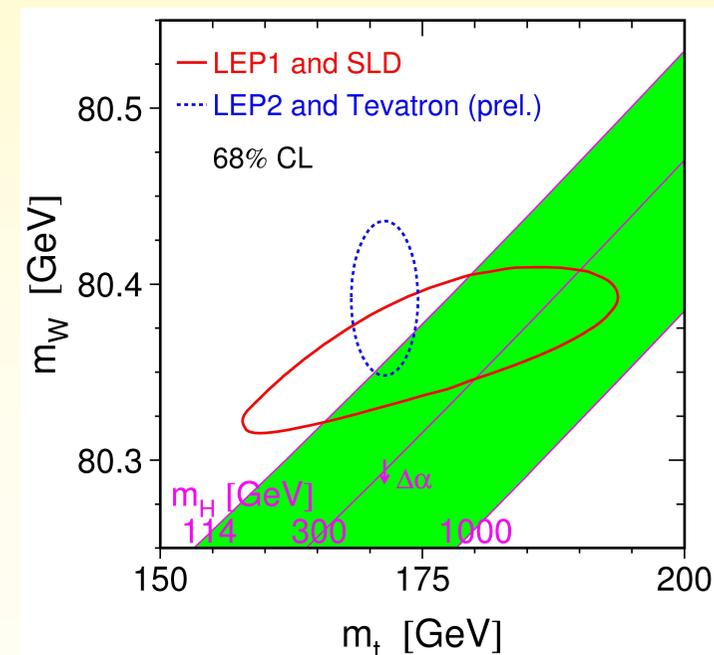
→ actuellement ($\Delta M_{\text{top}} \sim 2 \text{ GeV}$, $\Delta M_W \sim 25 \text{ MeV}$)

$$m_H = 80^{+36}_{-26} \text{ GeV} \quad (\Delta m_H / m_H \sim 40\%)$$

→ avec $\Delta M_{\text{top}} \sim 1 \text{ GeV}$, $\Delta M_W \sim 15 \text{ MeV}$

même valeur de $\Delta\alpha$ et $M_{\text{top}} = 175 \text{ GeV}$

$$m_H = 63^{+22}_{-18} \text{ GeV} \quad (\Delta m_H / m_H \sim 30\%)$$



Pourquoi est-ce une mesure difficile ?

- Pas seulement une reconstruction de masse invariante:

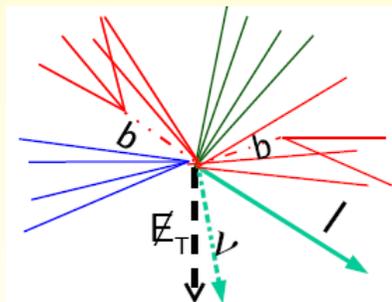
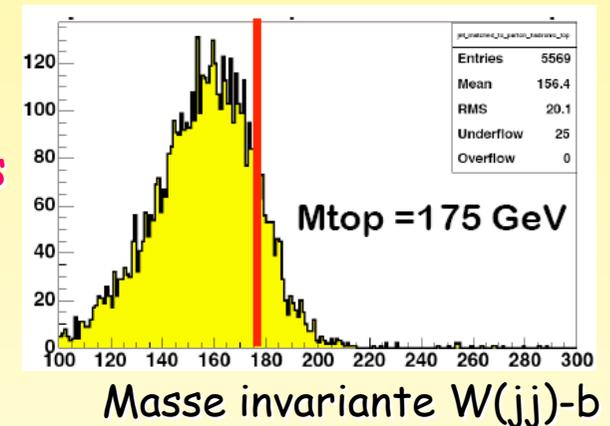
→ l'énergie mesurée des jets n'est pas l'énergie des quarks issus du top

⇒ Nécessite d'une bonne **correction de l'énergie des jets** et d'une bonne modélisation des *extra jets*

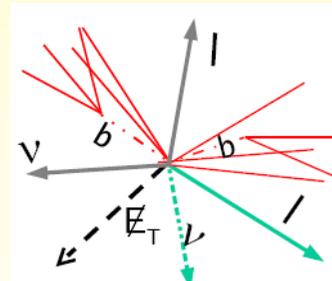
- Toutes les particules de l'état final ne sont pas mesurées (et il y a 2 tops)

→ neutrino(s) non détecté(s)

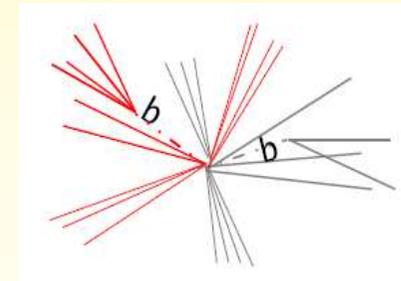
→ combinatoire (**importance du b-tag pour la réduire**)



1 ν , sur-contraint
 (⇒ calibration in situ JES)
 Combinatoire (1 btag): 6
Canal en or



2 ν , sous-contraint
 bdf et Br petit
 Combinatoire : 2



sur-contraint
 bdf et Br grand
 Combinatoire : 90

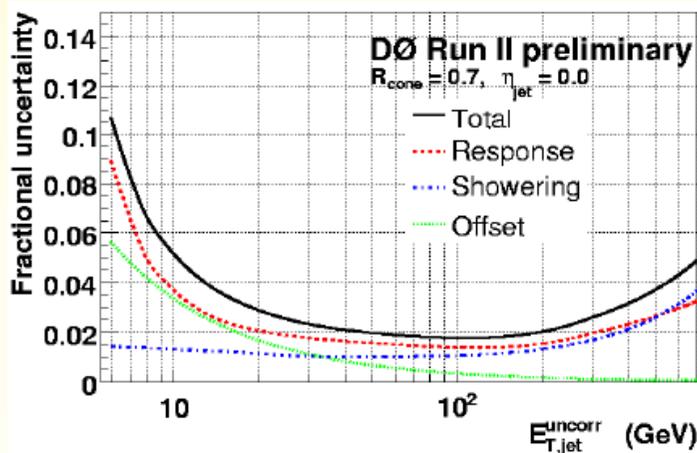
Echelle d'énergie des jets dans D0 (JES)

• L'énergie mesurée dans le calorimètre ($\Delta R < 0.5$) n'est pas l'énergie partonique, il faut tenir compte de:

- particules hors du cône
- différence de réponse entre h/ γ
- occupation dans le calorimètre: pile-up, bruit, interactions multiples (MI)

• déterminée avec :

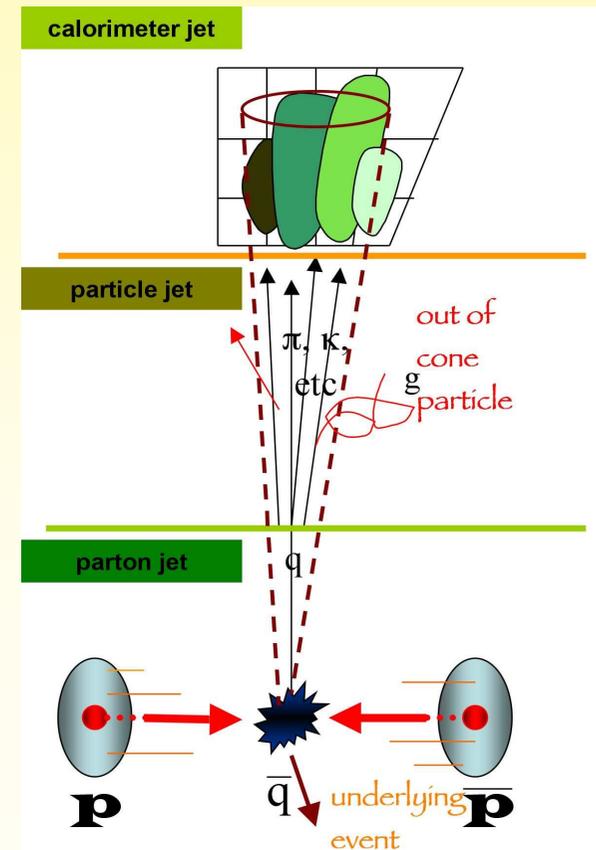
- événements γ +jets, Z+jets, zero/minimum biais, MC, ...



Typiquement incertitude ~ 2-4%

$$E_{\text{jet}}^{\text{corr}} = \frac{E_{\text{jet}}^{\text{reco}} - O}{R_{\text{jet}} S}$$

Offset (MI, bruit, pile-up)
 Réponse du calorimètre
 Showering (taille fixe du cône)



Deux méthodes principales de mesure de la masse du top

• template

→ reconstruction d'une observable cinématique bien choisie

→ création de *template* MC de cette observable pour différentes masses du top (signal + bdf)

→ likelihood fit pour choisir le meilleur *template* et extraire M_{top}

avantages:

→ tous les effets simulés sont pris en compte

→ relativement simple

désavantages:

→ choix d'une seule observable

→ tous les evts ont le même poids

• élément de matrice

→ construction d'une probabilité par evt en utilisant l'élément de matrice $t\bar{t}$ → 6 corps (signal + bdf)

→ intégration sur les variables non mesurées

→ calibration de la mesure sur MC

→ likelihood avec cette probabilité pour extraire M_{top}

avantages:

→ meilleur pouvoir statistique

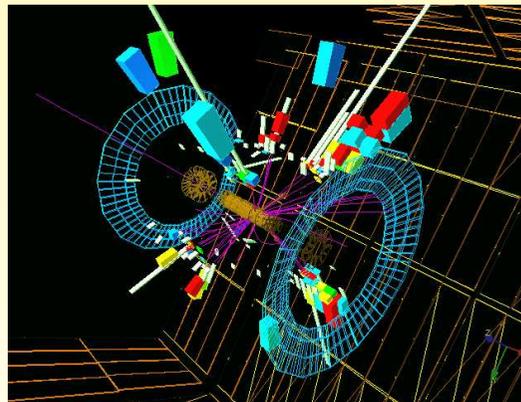
→ toute la cinématique de l'evt est prise en compte

→ poids selon les evts

désavantages:

→ gourmand en CPU

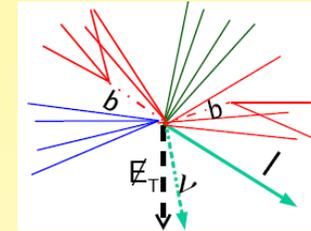
→ pas de paramétrisation de la réponse de tous les objets



Méthode de la matrice (canal ℓ +jets)

- construction d'une probabilité par événement:

→ à partir de la section efficace différentielle



$$P_{evt}(x; M_{top}, JES, f_S) = f_S \cdot P_{tt}^-(x; M_{top}, JES) + (1 - f_S) P_{bdf}(x; JES)$$

$$P_{tt}^-(x; M_{top}, JES) = \frac{1}{Acc \times \sigma} \int d^6 \sigma(y; M_{top}) f(q_1) f(q_2) W(x, y, JES) dq_1 dq_2$$

élément de matrice
LO \times espace des
phases 6 corps

PDF

fonctions de transfert
(proba d'avoir l'état
partonique y quand on
mesure x)

→ Likelihood : $\prod P_{evt}$

→ $W = W_{jet} (\times W_{\mu})$

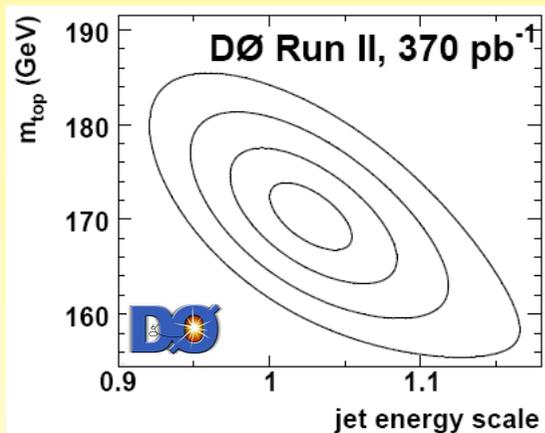
- par le canal lepton+jets:

→ bdf: W +jets

→ fit à la fois la fraction de signal f_S , la correction JES ($M_{jj}=M_W$) et M_{top}

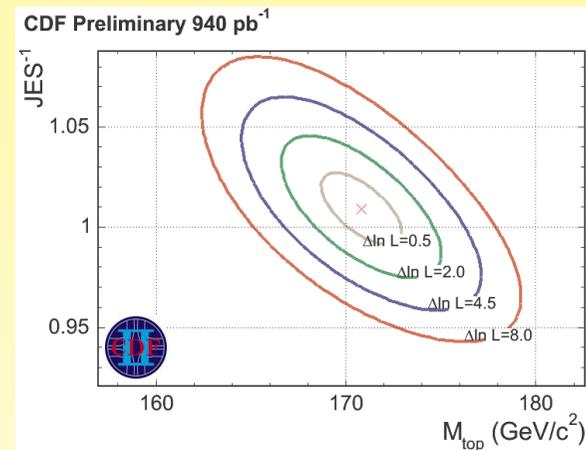
→ le fit de JES permet de réduire l'erreur systématique

Résultat du canal ℓ +jets (ME)



370 pb⁻¹:

$$M_{\top} = 170.3^{+4.1}_{-4.5} (\text{stat+JES})^{+1.2}_{-1.8} (\text{sys}) \text{ GeV}$$



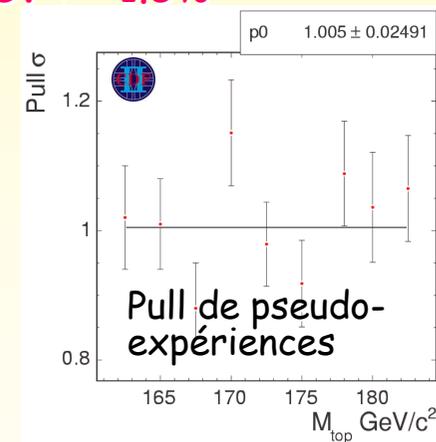
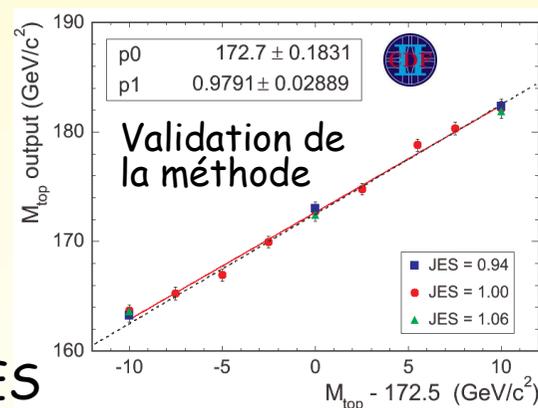
940 pb⁻¹:

$$M_{\top} = 170.9 \pm 2.2 (\text{stat+JES}) \pm 1.4 (\text{sys}) \text{ GeV}$$

2.6 GeV : ~ 1.5%

• **systematiques dominantes:**

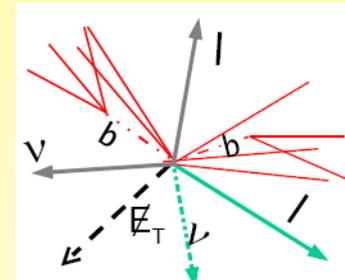
- JES résiduel
- fragmentation des b / b-JES
- ISR/FSR



Mesure de la masse du top dans le canal dilepton

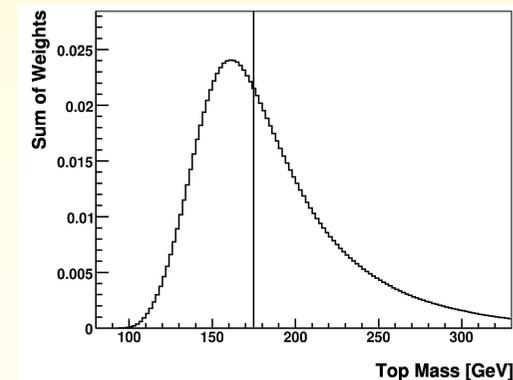
- Méthode de la matrice:

- même technique que pour le canal lepton+jets
- moins de contraintes (2ν) \Rightarrow une intégration en plus
- pas de calibration in-situ de JES possible ($2 W \rightarrow \ell \nu$)
- bdf: WW +jets, Z +jets



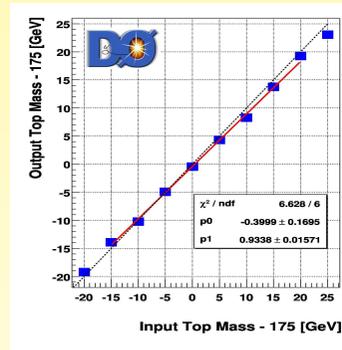
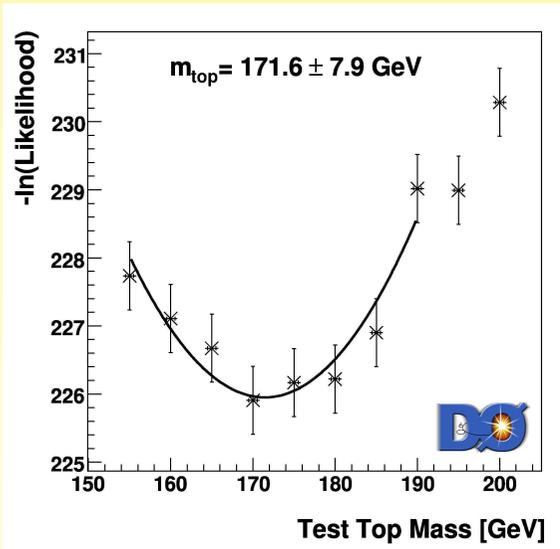
- Méthode neutrino weighting: (*template avec E_T*)

- E_T mesurée comparée avec E_T calculée pour une hypothèse de M_{top} et $2 \eta_\nu$
- cette comparaison donne un poids par événement en intégrant sur η_ν
- les poids des événements de données sont fittés à des *templates* MC signal + bdf pour déterminer M_{top}

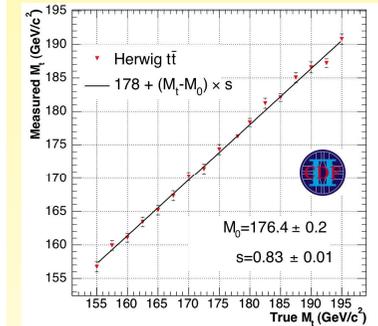
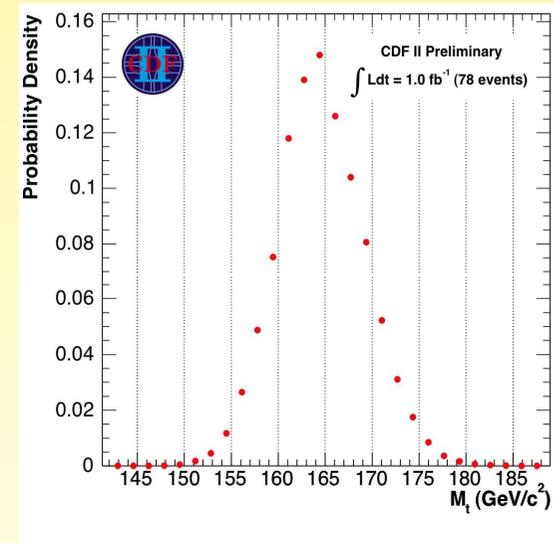


Résultat du canal dilepton

$e\mu$
Neutrino weighting



dilepton
élément de matrice



835 pb^{-1} :

$$M_{\text{t}} = 171.6 \pm 7.9 \text{ (stat)} \text{ } ^{+5.1}_{-4.0} \text{ (sys)} \text{ GeV}$$

• systématiques dominantes:

→ JES

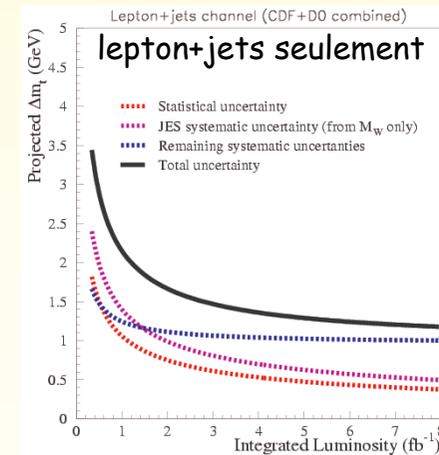
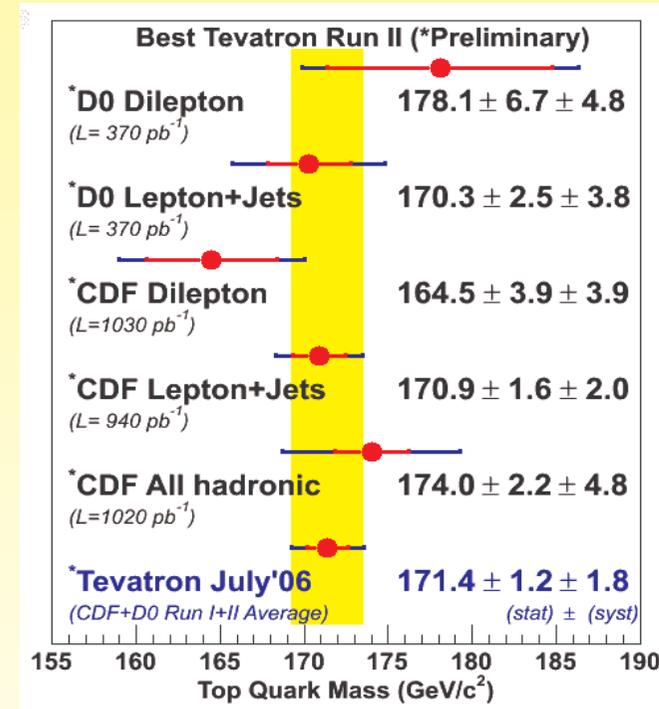
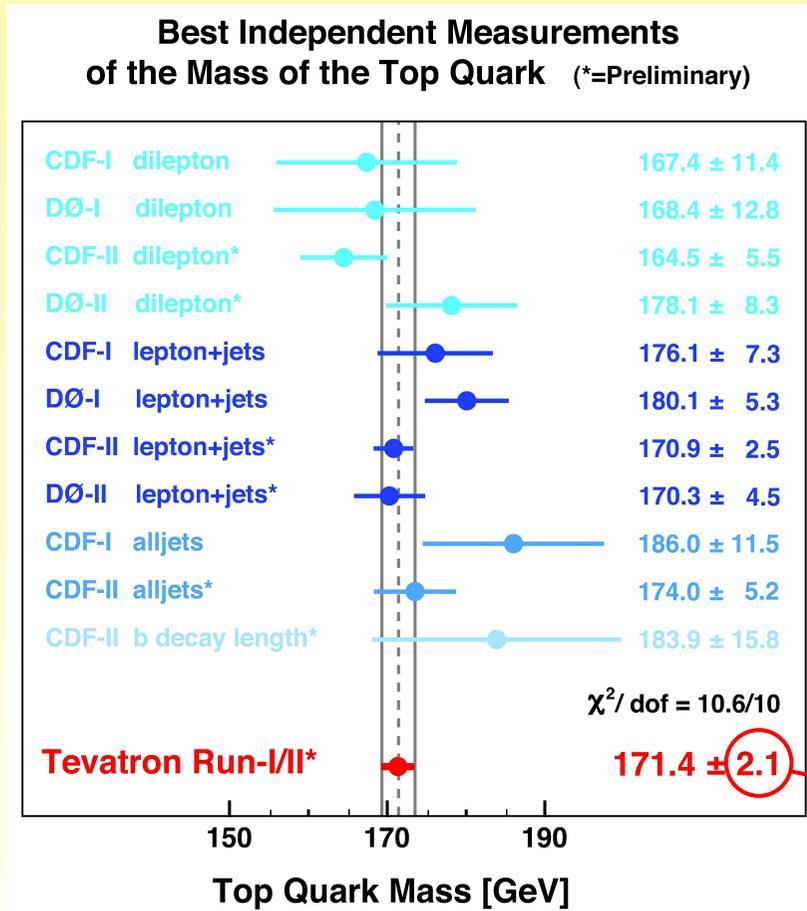
→ modélisation du bdf

1.0 fb^{-1} :

$$M_{\text{t}} = 164.5 \pm 3.9 \text{ (stat)} \pm 3.9 \text{ (sys)} \text{ GeV}$$

5.5 GeV : ~ 3.3%

Résumé des mesures actuelles de masse du top



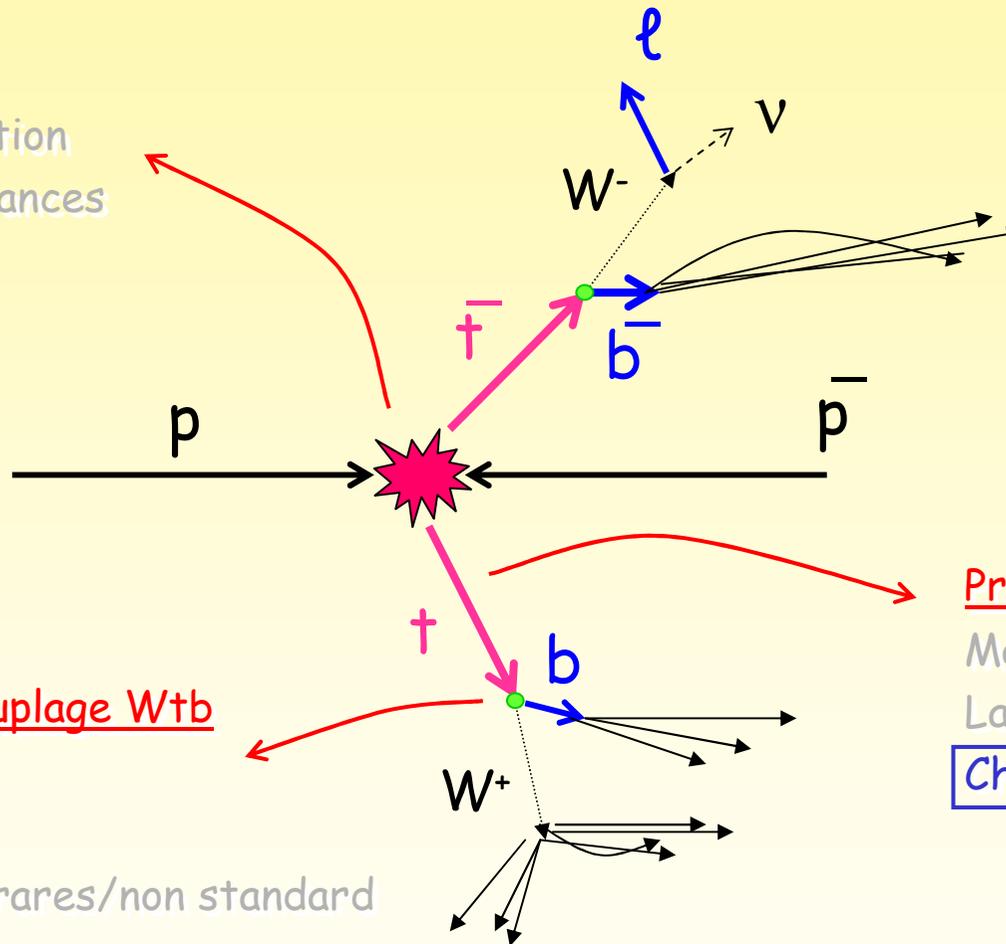
- perspectives:

- $\Delta M_{\text{top}} < 1.5 \text{ GeV}$ à la fin du RunII
- challenging pour le LHC

Autres propriétés du quark top

Production

Taux de production
Nouvelles résonances



Propriétés du couplage Wtb

Hélicité du W

V_{tb}
Désintégrations rares/non standard
Couplage anormal

Propriétés du top

Masse
Largeur/Temps de vie
Charge, Spin

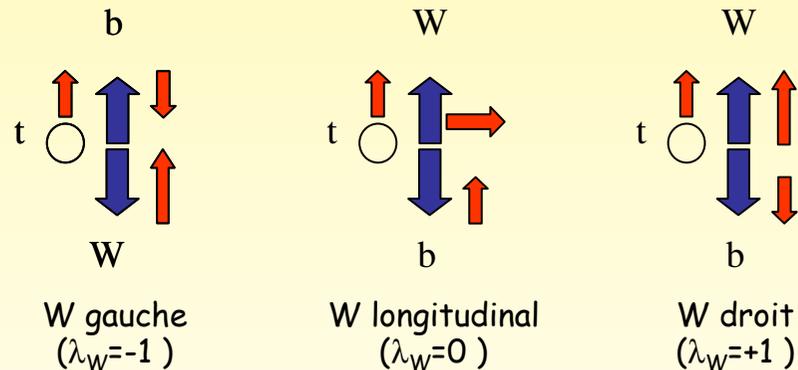
Mesure de l'hélicité du W

- structure V-A du couplage faible dans le MS:

- pas de W avec une hélicité $h_W=+1$ dans la désintégration du top

- désintégration du top: test de structure V-A de l'interaction faible à une échelle proche de l'échelle de brisure EW

- test présence de V+A dans le couplage Wtb

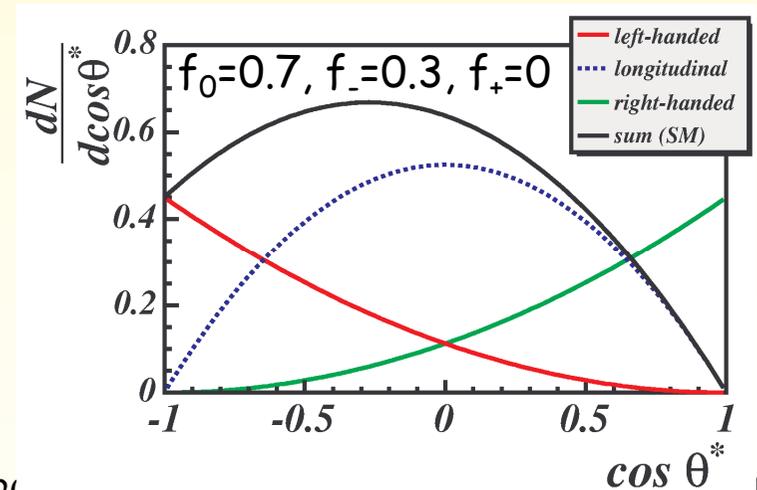


- choix de l'observable reliée à h_W

- Pt des leptons

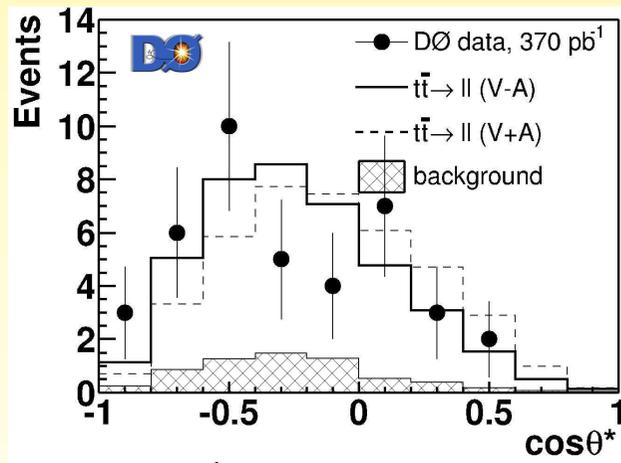
- dans le ref du cdm du W, angle entre la direction du lepton et la direction de vol du W dans le ref cdm du top de vol : $\cos\theta^*$

- masse invariante lepton-b: M_{lb}^2



Résultat des mesures d'hélicité du W

- canal lepton+jets (+ dilepton):
 - avec et sans b-tagging
 - fit cinématique pour reconstruire le top et le W
 - $f_0 = 0.7$ fixé pour extraire f_+

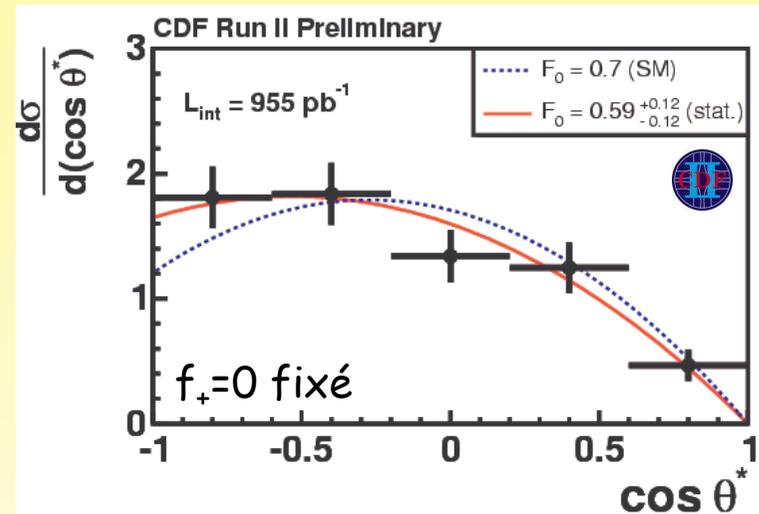


370 pb⁻¹:

$$f_+ = 0.056 \pm 0.08 \text{ (stat)} \pm 0.057 \text{ (sys)}$$

$$f_+ < 0.23 \text{ à } 95\% \text{ CL}$$

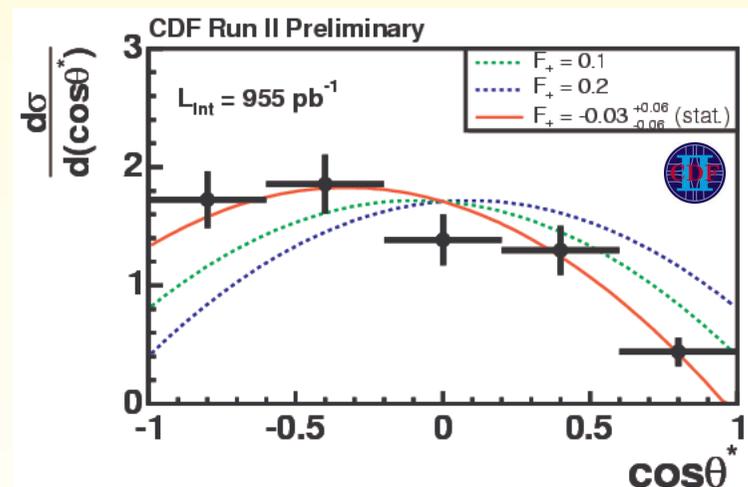
- systématiques dominantes:
 - JES
 - masse du top



955 pb⁻¹:

$$f_+ = -0.03 \pm 0.06 \text{ (stat)}^{+0.04}_{-0.03} \text{ (sys)}$$

$$f_+ < 0.10 \text{ à } 95\% \text{ CL}$$



Mesure de la charge du quark top

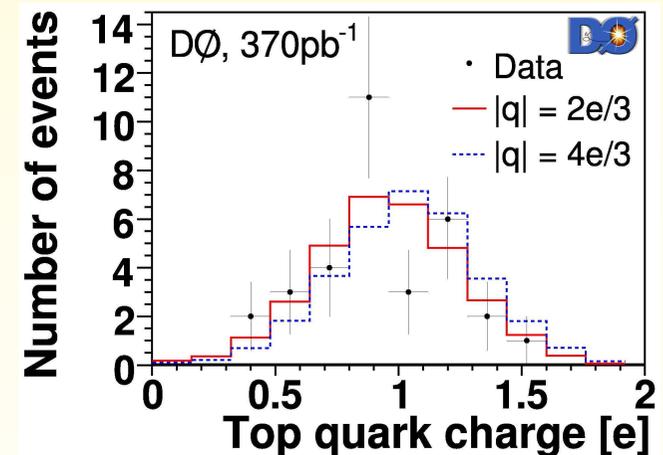
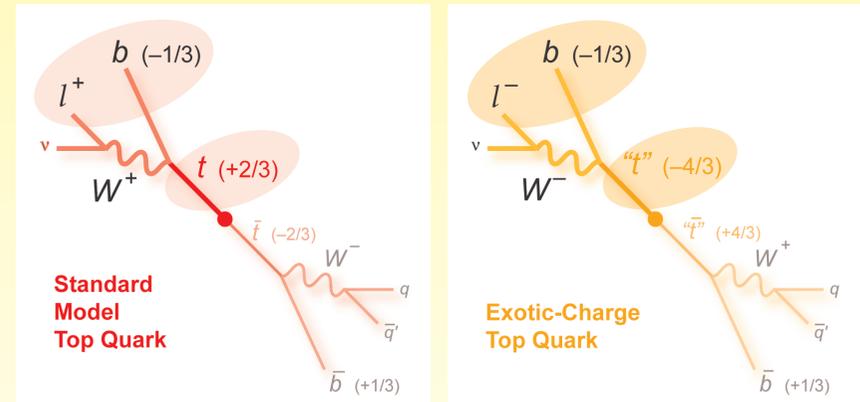
- Est-ce que le quark top découvert au Tevatron est le top du MS ?
 - $Q_t = +2/3$?
 - modèle avec une 4^{ème} famille: doublet (Q_1, Q_4) de charge $(-1/3, -4/3)$
Le quark découvert à Fermilab pourrait être Q_4
(et le quark du MS reste à découvrir)

- Mesure de la charge du top
 - canal lepton+jets avec 2 b-tag
 - bdf principal: $Wb\bar{b}$, single top
 - association du bon quark b au lepton par un fit de la masse du top
 - charge du top:

$$Q_1 = |q_\ell + q_{b\ell}|, \quad Q_2 = |-q_\ell + q_{bh}|,$$

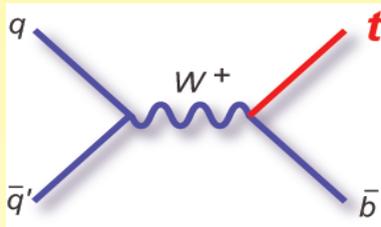
$$\rightarrow \text{estimation de la charge du jet: } q_{jet} = \frac{\sum_i q_i \cdot p_{Ti}^{0.6}}{\sum_i p_{Ti}^{0.6}}$$

- Résultats:
 - $|q|=4/3$ exclu à 92% CL
 - fraction de quark exotique: $f < 0.8$ à 90% CL

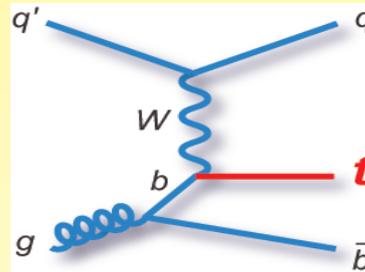


La production électrofaible

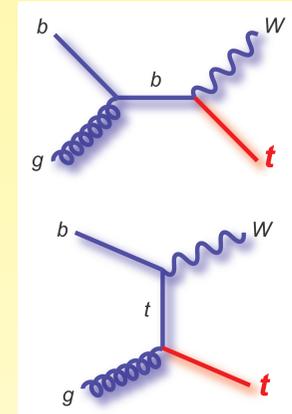
• Mode de production



voie s: $\sigma = 0.88 \pm 8\%$ pb
 état final: $\ell\nu b\bar{b}$



voie t: $\sigma = 1.98 \pm 12\%$ pb
 état final: $\ell\nu bq$



Wt : $\sigma = 0.09 \pm 26\%$ pb

→ recherche dans les désintégrations leptoniques du W venant du top

• Intérêt de la mesure

→ mesure directe de V_{tb} ($\sigma \propto |V_{tb}|^2$)

→ sensible à des processus non standard (W' , FCNC, V+A)

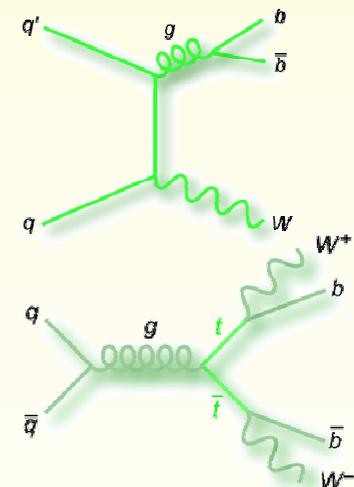
→ bdf important pour la recherche de Higgs

• Difficultés

→ faible section efficace, fort bdf: $W+b\bar{b}$, $t\bar{t}$, QCD

→ technique d'analyse multivariable

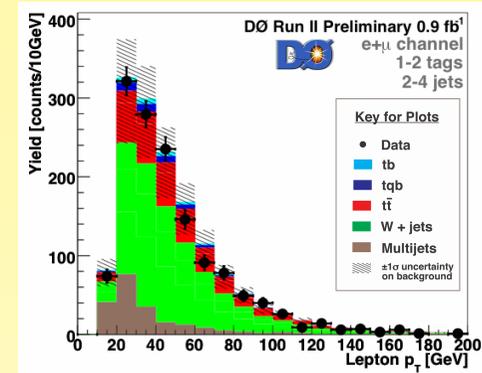
→ recherche au Tevatron depuis 2001 ...



Sélection

- Signature

- trigger : lepton + jet
- un seul lepton isolé de haut Pt (15-18 GeV)
- énergie transverse manquante ($E_T > 15$ GeV)
- de 2 à 4 jets ($p_T > 25, 20$ ou 15 GeV)
- au moins un jet étiqueté b



CDF Run II Preliminary, L=955 pb⁻¹
Event yield in W+2jets



Source	Event Yields in 0.9 fb ⁻¹ Data Electron+muon, 1tag+2tags combined		
	2 jets	3 jets	4 jets
<i>tb</i>	16 ± 3	8 ± 2	2 ± 1
<i>tqb</i>	20 ± 4	12 ± 3	4 ± 1
<i>t\bar{t} → ll</i>	39 ± 9	32 ± 7	11 ± 3
<i>t\bar{t} → l+jets</i>	20 ± 5	103 ± 25	143 ± 33
<i>W+b\bar{b}</i>	261 ± 55	120 ± 24	35 ± 7
<i>W+c\bar{c}</i>	151 ± 31	85 ± 17	23 ± 5
<i>W+jj</i>	119 ± 25	43 ± 9	12 ± 2
Multijets	95 ± 19	77 ± 15	29 ± 6
Total background	686 ± 131	460 ± 75	253 ± 42
Data	697	455	246

signal attendu: ~ 40 evts

A*Br = 2 - 3 %

<i>s</i> -channel	15.4 ± 2.2
<i>t</i> -channel	22.4 ± 3.6
<i>tt</i>	58.4 ± 13.5
Diboson	13.7 ± 1.9
Z + jets	11.9 ± 4.4
<i>Wbb</i>	170.9 ± 50.7
<i>Wcc</i>	63.5 ± 19.9
<i>Wc</i>	68.6 ± 19.0
Non-W	26.2 ± 15.9
Mistags	136.1 ± 19.7
Single top	37.8 ± 5.9
Total background	549.3 ± 95.2
Total prediction	587.1 ± 96.6
Observed	644

Analyses multivariables

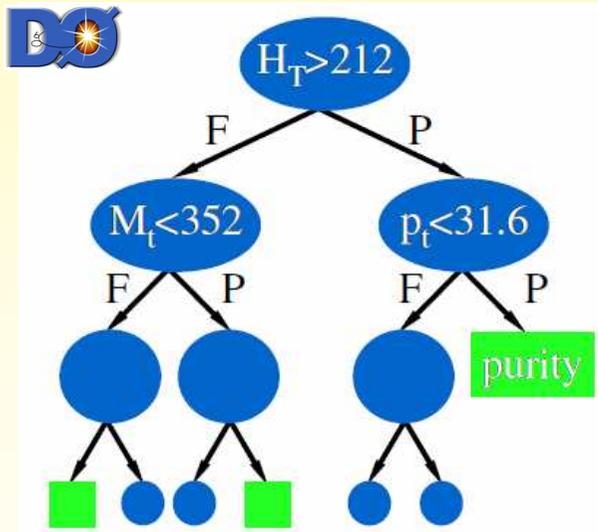
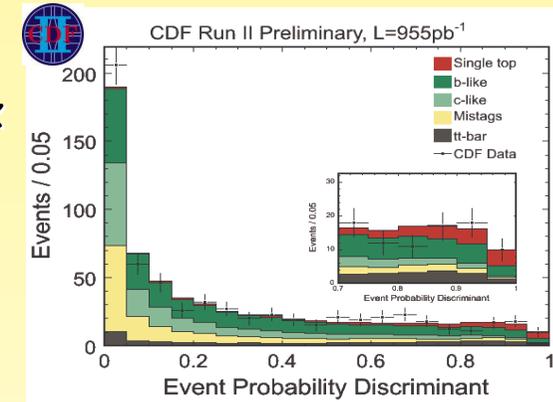
- Méthode

- Likelihood
- *Boosted Decision trees*
- Élément de matrice
- Réseau de neurones

- Decision tree avec 49 variables

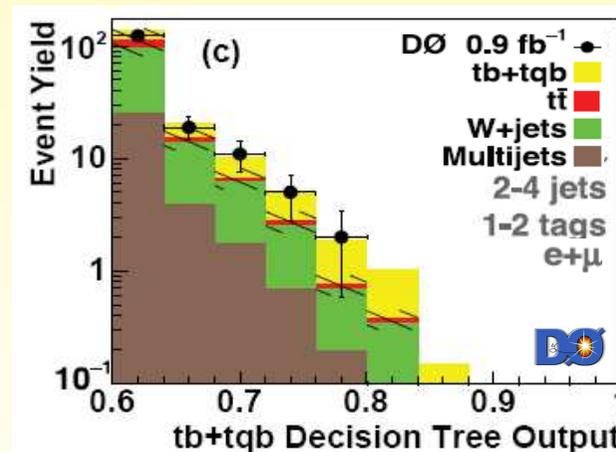
- cinématique des objets, de l'evt, corrélations angulaires

CDF matrix element



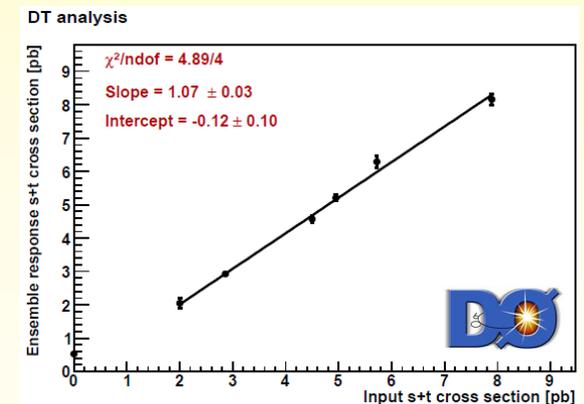
A chaque nœud, choix de la meilleure variable et de la valeur de la coupure

Entraînement sur 1/3 du MC



Binned likelihood sur la sortie du DT pour mesurer la section efficace

Cross check: ensemble testing



Sensibilité/Résultats

• Attendue:

→ Probabilité pour que le bdf fluctue pour donner au moins $\sigma_{SM} = 2.9$ pb

	Sensibilité attendue
Decision tree	2.1 σ
Matrix element	1.8 σ
NN	1.3 σ

	Sensibilité attendue
Matrix element	2.5 σ
Likelihood	2.0 σ

• Résultats:

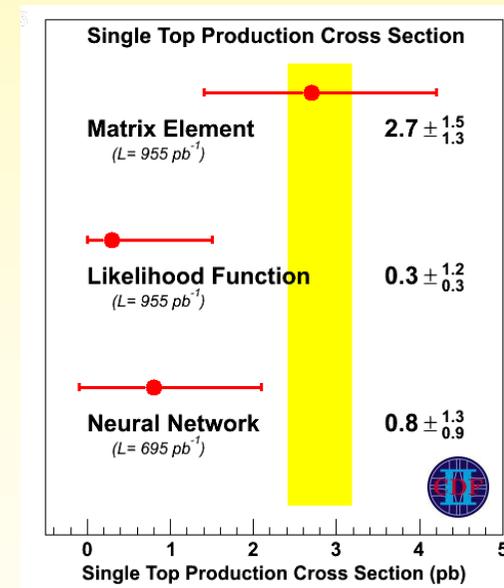
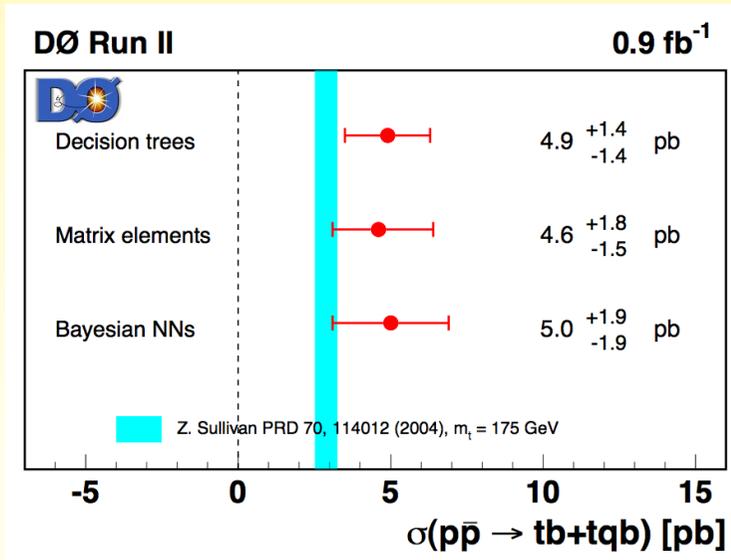
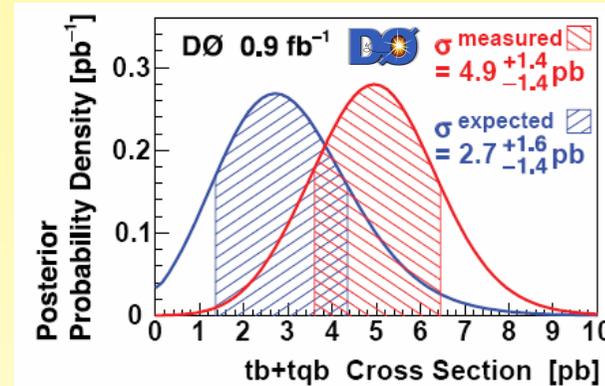
	Mesure (voie s + t)	Signification
Decision tree	4.9 ± 1.4 pb	3.4 σ
Matrix element	4.6 ^{+1.8} _{-1.5} pb	2.9 σ
NN	5.0 ± 1.9 pb	2.4 σ

	Mesure (voie s + t)	Signification
Matrix element	2.7 ^{+1.5} _{-1.3} pb	2.3 σ
Likelihood	0.3 ^{+1.2} _{-0.3} pb	
NN	0.8 ^{+1.3} _{-0.9} pb	

Résultats de la recherche de *single top*

Première indication à 3σ de la production de top électrofaible
(hep-ex/0612052)

Probabilité pour que $\sigma_{SM} = 2.9$ pb donne la valeur mesurée: 11%

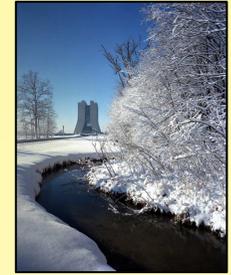


• Première mesure directe de V_{tb} :

$$\rightarrow |V_{tb}| = 1.3 \pm 0.2$$

$$\rightarrow 0.68 < |V_{tb}| \leq 1 \quad (0 \leq |V_{tb}| \leq 1)$$

Conclusion



- Avec le Run II du Tevatron, la physique du quark top est entrée dans le domaine de la physique de précision:

→ la statistique n'est plus le facteur limitant pour les mesures de section efficace et de masse (canal lepton+jets)

- Le Modèle Standard est testé dans le secteur du top

- première indication de la présence de single top
- masse du top (contraintes indirectes sur le Higgs)
- propriétés et couplages du quark top
- limites sur des processus non standard



- Le Run IIb vient juste de commencer

→ on attend au moins 5x plus de luminosité à la fin du Run II



→ la précision atteinte à la fin du Run II du Tevatron sera souvent compétitive avec les futures mesures au LHC

→ des surprises ?



Backup Slides

Les détecteurs CDF et D0 Run II

