

Recherche du partenaire
supersymétrique du quark bottom.
Études sur l'énergie transverse
manquante

Samuel Calvet

Sous l'encadrement d'Éric Kajfasz

et d'Arnaud Duperrin

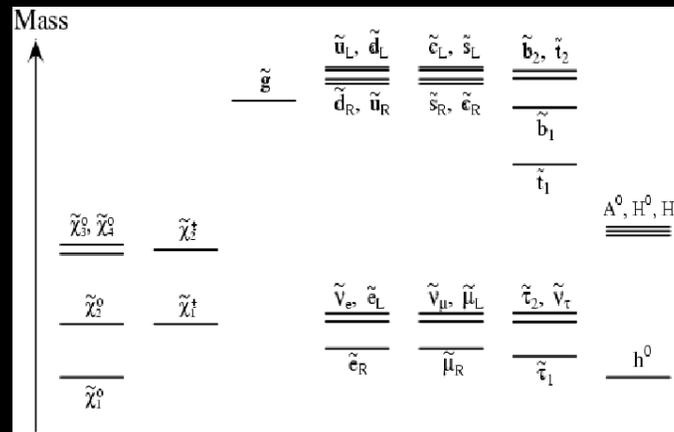
25 septembre 2006

La supersymétrie

- Extension du Model Standard qui apporte des solutions aux problèmes de hiérarchie et d'unification des interactions
- Dans les modèles avec **conservation de la R-parité** (hypothèse de cette analyse), les particules supersymétriques sont produites par paires et la plus légère d'entre elles (LSP) est stable
- On se place dans le cadre de certains modèles où le **neutralino** χ_1^0 (particule supersymétrique partenaire des bosons de Higgs, du Z^0 et du photon) est la **LSP**

La supersymétrie

- La supersymétrie fournit 2 partenaires scalaires à chaque fermion (quark ou lepton)



- Pour de **grandes valeurs de $\tan\beta$** (rapport des valeurs dans le vide des champs de Higgs) le s-bottom le plus léger peut avoir une masse une **masse relativement faible** (donc accessible au Tevatron)

$$\text{BR}(\tilde{b} \rightarrow b \chi_1^0) = 100\%$$

indétectable → énergie manquante

Le détecteur DØ au Tevatron



DØ

- Collisions protons-antiprotons
- Énergie dans le centre de masse : 1.96TeV

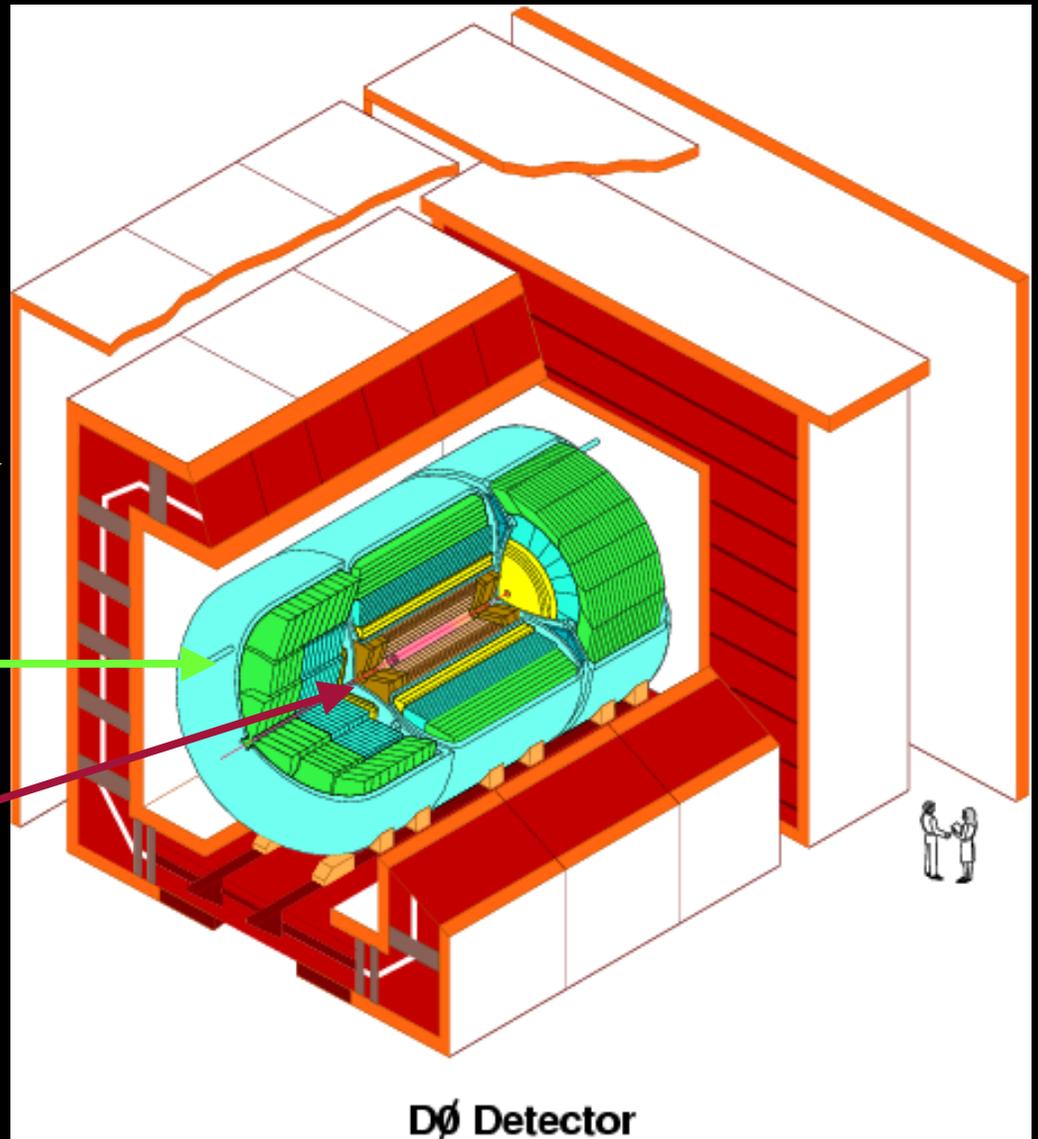
Le détecteur DØ

Chambres à muons →

Calorimètre

Trajectographe :

- pixels en silicium
- fibres scintillantes

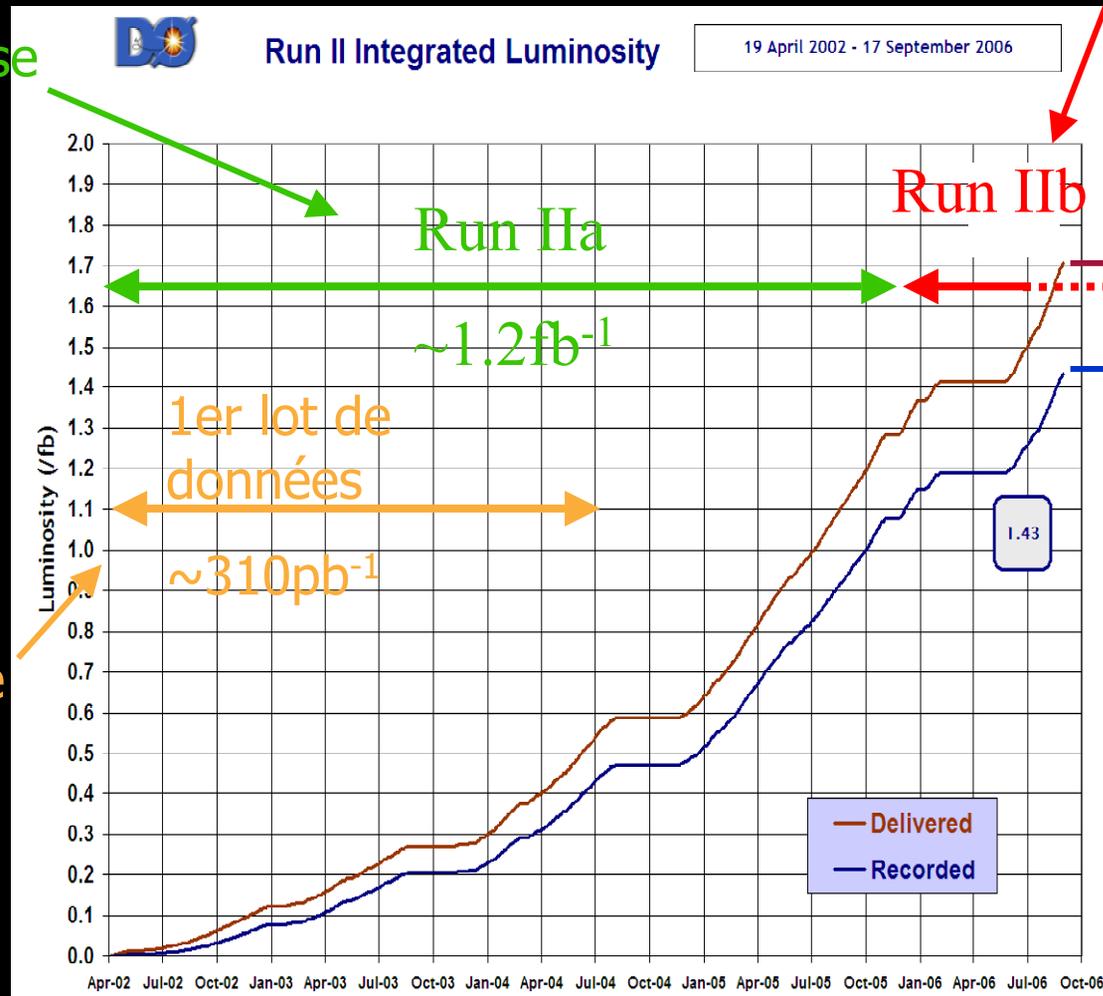


Données prises sur DØ et analyses liées a la thèse

Études sur les
triggers

future analyse
s-bottom

1ere analyse
s-bottom



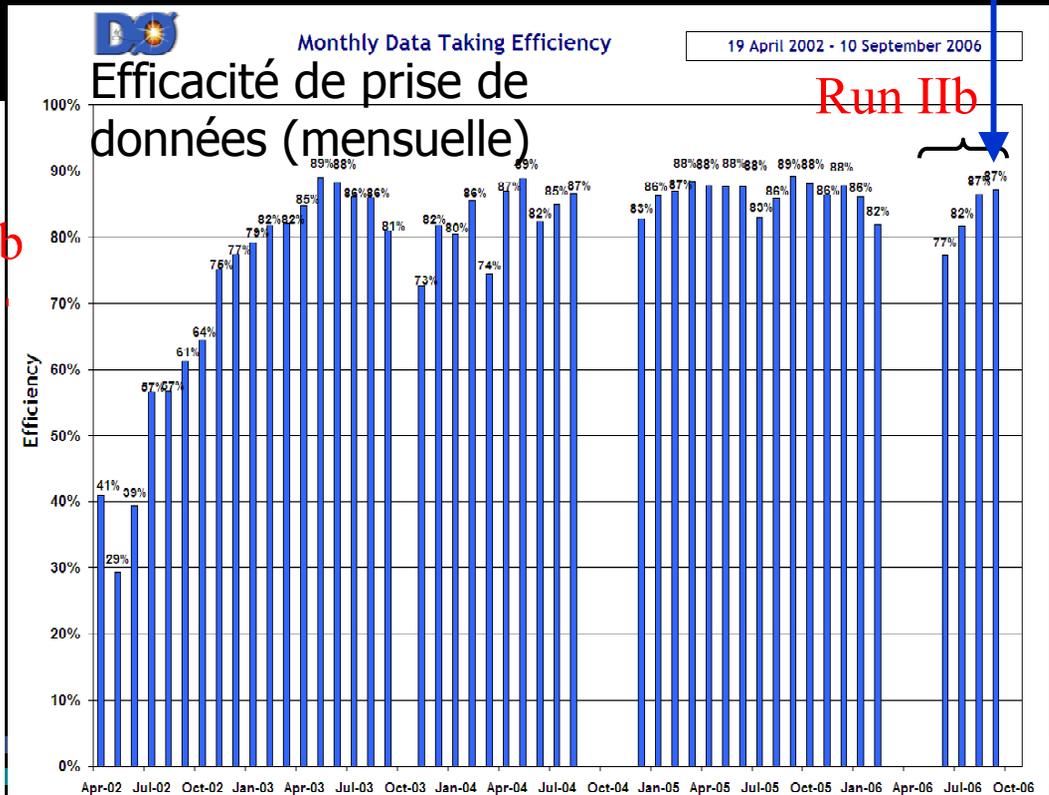
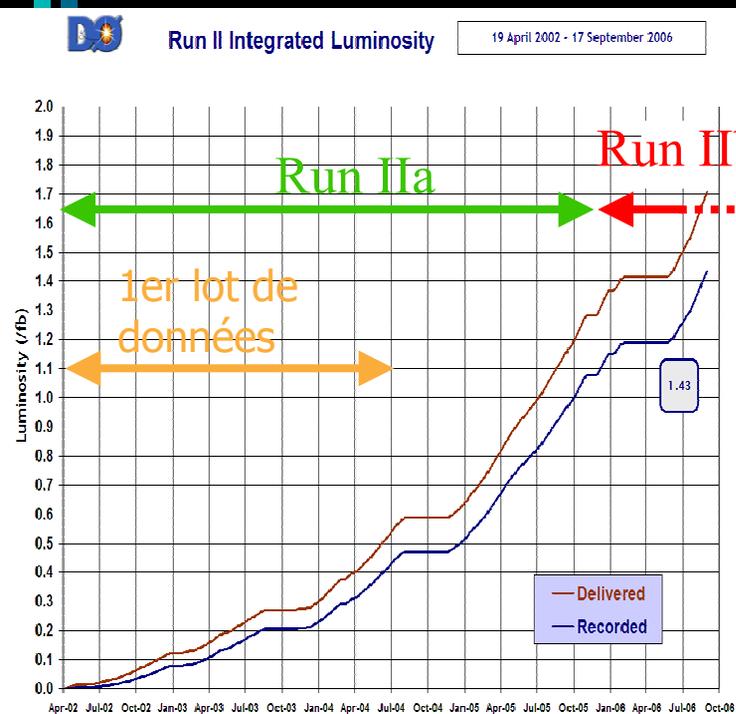
Études sur l'énergie transverse manquante (MET) au niveau 1 du système de déclenchement

La MET d'un point de vue on-line

Études faites au démarrage du RunI Ib

- Le Run Ib a commencé début juin 2006
- Rapide montée en puissance

87%

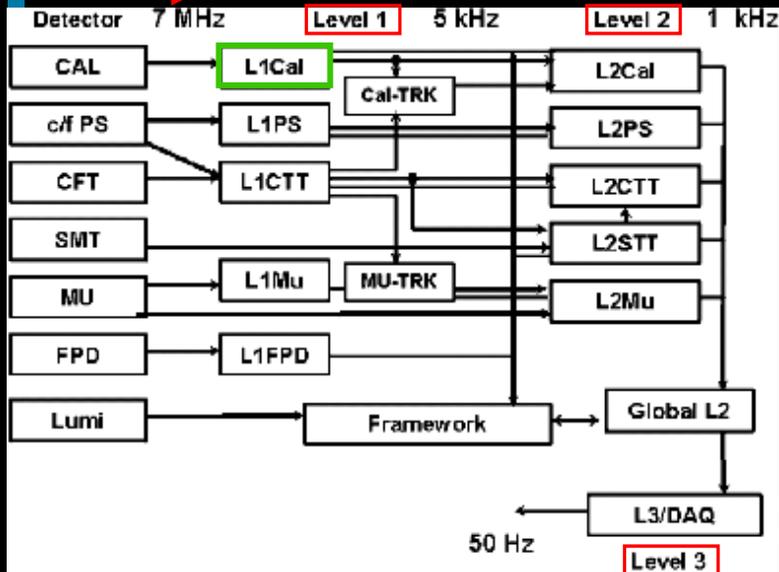


Améliorations apportées :

entre autres :

- **Couche de silicium** supplémentaire pour de détecteur de traces sur un nouveau tube à vide
- Nouveau système de déclenchement, avec le **niveau 1** lié au **calorimètre** totalement revu.

⇒ nouvelle variable au niveau 1: la MET



Systeme de déclenchement du run IIb (3 niveaux)

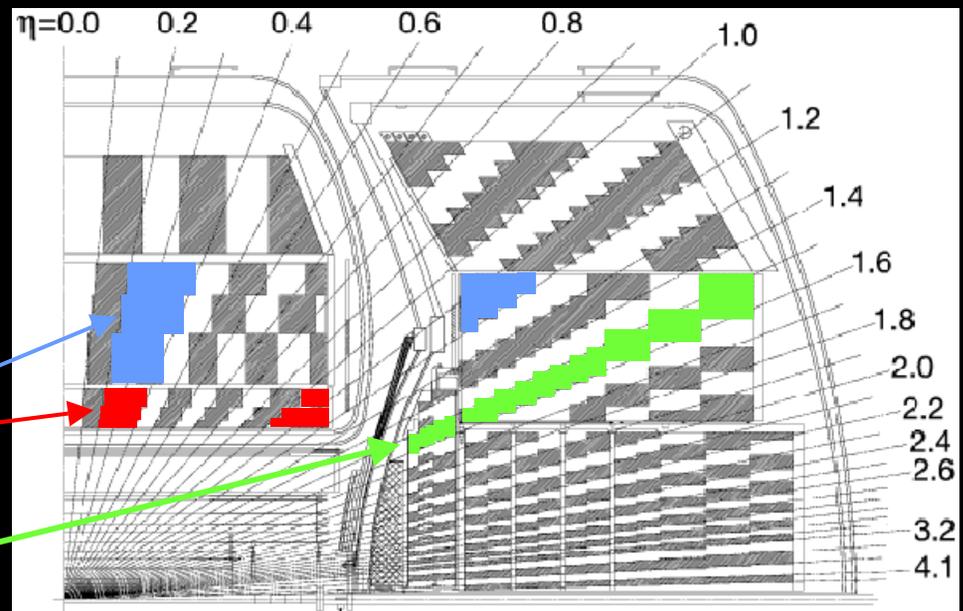
La MET au niveau 1 des triggers

- Seules les tours de triggers du calorimètre du niveau 1 de plus de 1GeV sont utilisées
- Le seuil de 1GeV permet de réduire notablement le bruit (collisions molles et bruit électronique)

- $L1MET = \left| \left| \vec{\sum E_T(\text{tours})} \right| \right|$

Tours de triggers

≡ 2x2 tours de cellules projectives off-line



Rôle lors du «commissioning»

- Valider le plus rapidement possible le code du firmware de la L1MET
 - Émulation du firmware dans l'environnement de travail de DØ

Rôle lors du «commissioning»

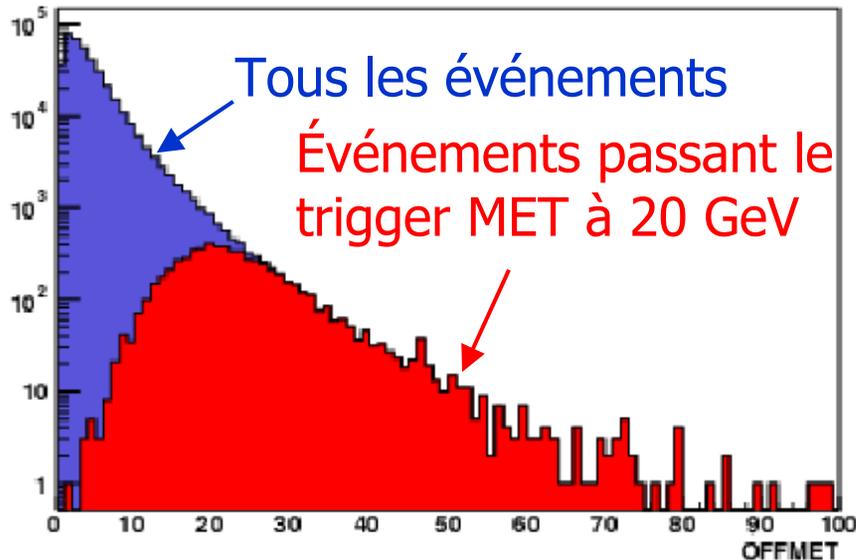
- Valider le plus rapidement possible le code du firmware
- Étudier les impacts des différentes calibrations du niveau 1 du calorimètre
 - calibration en énergie des tours L1
 - calibration des piédestaux des tours L1
- émulation des changements

Rôle lors du «commissioning»

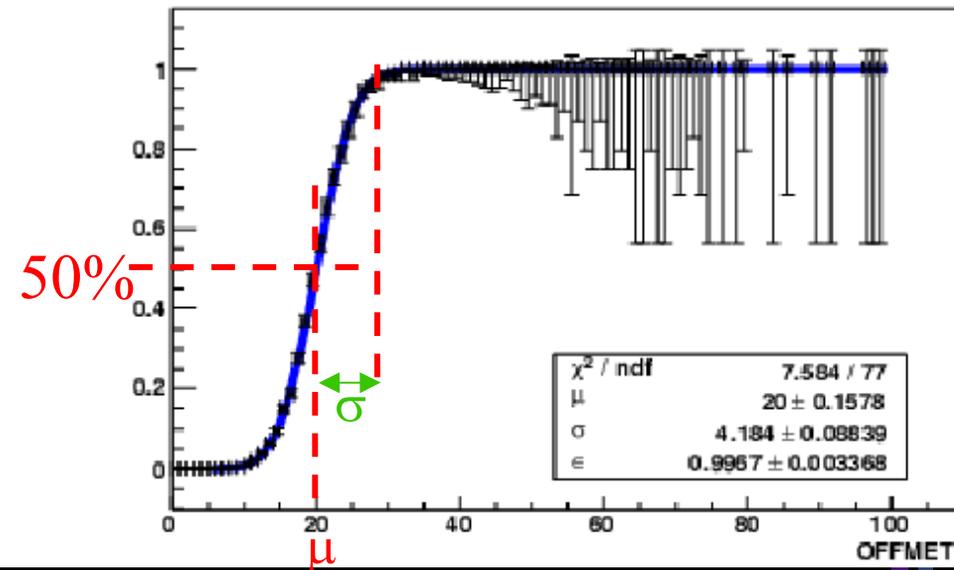
- Valider le plus rapidement possible le code du firmware
- Étudier les impacts des différentes calibrations du niveau 1 du calorimètre
- Mise en place d'outils pour les analyses futures qui utiliseront la L1-MET
 - Paramétrisation des courbes d'efficacité (turn-on)
 - Validation sur une analyse $W \rightarrow e\nu$ (une des 1eres avec les nouvelles données)

Paramétrisation/validation de la L1MET

CSWMET(20)



CSWMET(20)



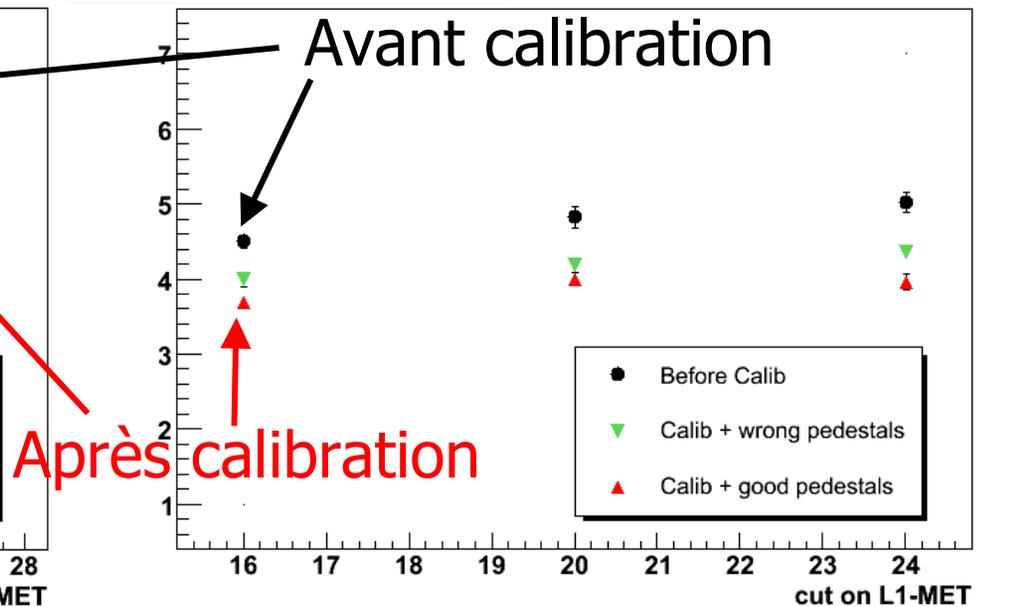
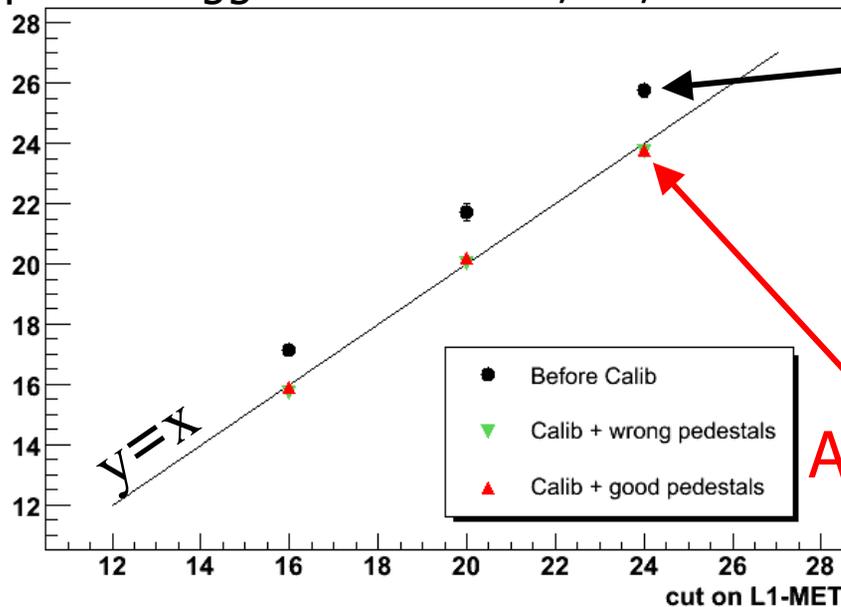
- **Besoin d'une variable off-line** qui permette de répercuter les efficacités des triggers dans le MC
- → OFFMET: MET calculée à partir des cellules **off-line** de la **même façon** qu'au L1

Paramétrisation/validation de la L1MET

- Évolutions des constantes de la fonction d'ajustement en fonction des calibrations successives sont prédites et/ou confirmée par des simulations

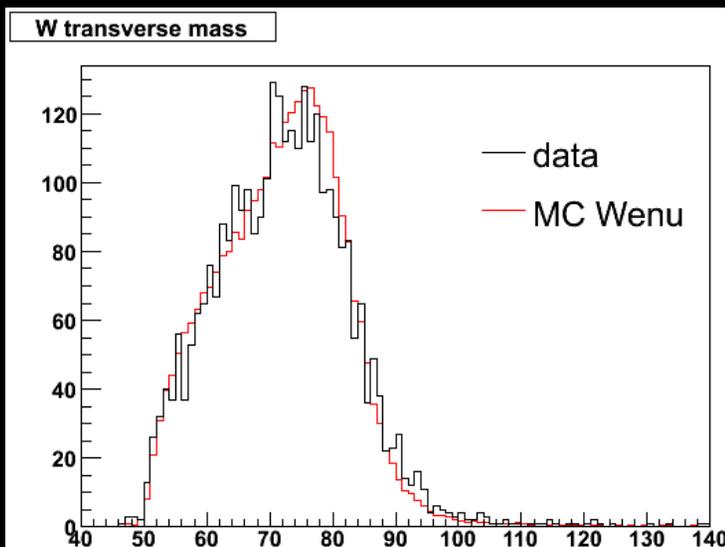
(ici sont présentés les résultats pour les données)

μ pour 3 triggers L1MET: 16, 20, 24 GeV σ pour 3 triggers L1MET: 16, 20, 24 GeV

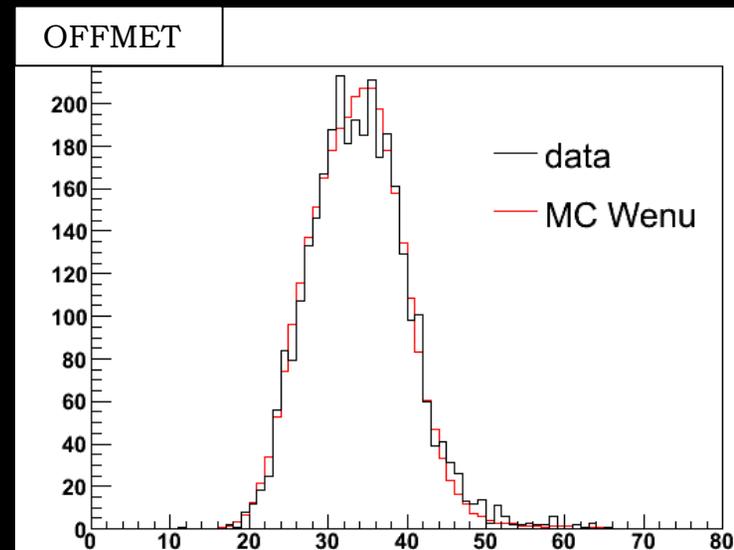


Outils pour les analyses futures

- Peut-on propager l'effet d'un trigger sur du MC à partir d'une paramétrisation venant des données?



Masse transverse du W en électron, 1eres données du Run IIb (noir) et MC (rouge)

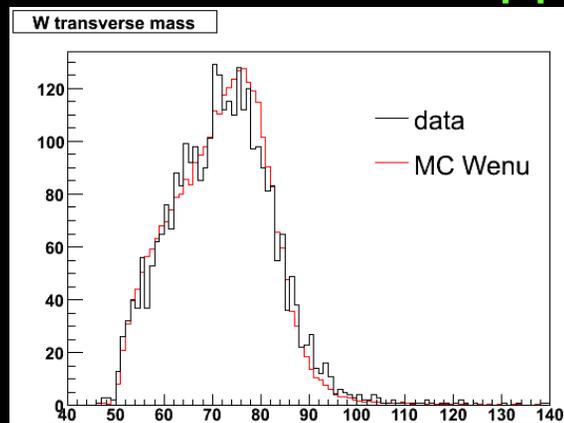


La OFFMET est similaire dans les données et le MC (dans l'échantillon $W \rightarrow \text{enu}$)

→ Paramétrisation applicable sur le MC

Outils pour les analyses futures

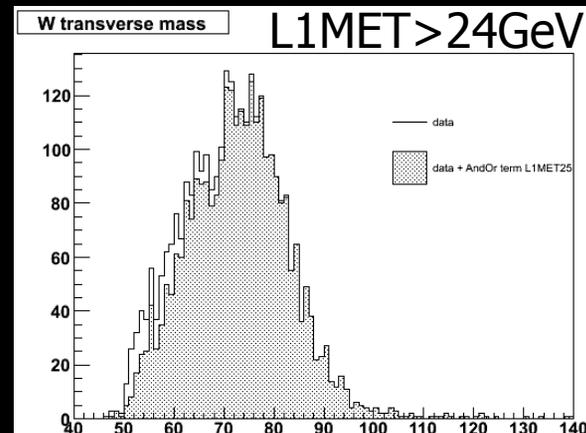
- Outils développés pour donner un poids au MC:



Données:

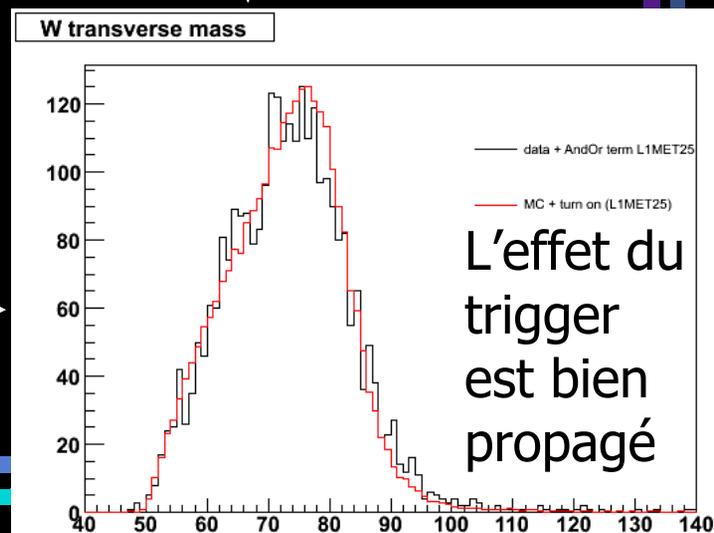
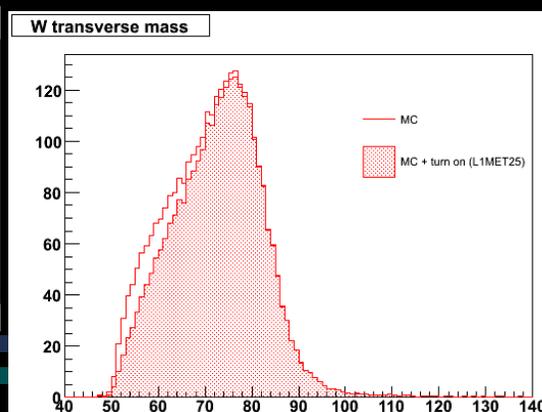
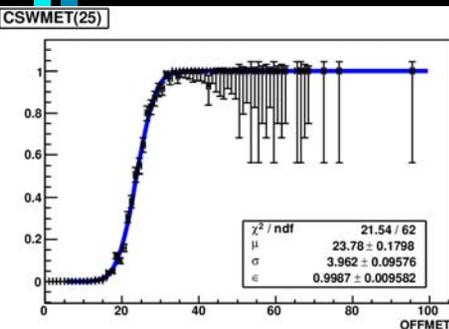
on demande un trigger

→ coupe des événements



MC: on applique une paramétrisation

→ donne un poids



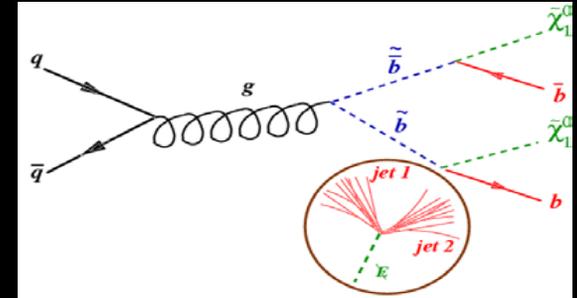
L1MET - conclusion

- L1MET certifiée
- Outils développés pour son utilisation
- Trigger semble particulièrement intéressant pour diverses analyses (recherche de Higgs, mais aussi mesure de la masse transverse du W)
- dØ-note en cours de rédaction

La recherche du s-bottom

Analyse sur le 1er lot de données du
Run IIa $\sim 310\text{pb}^{-1}$

Cadre de l'analyse

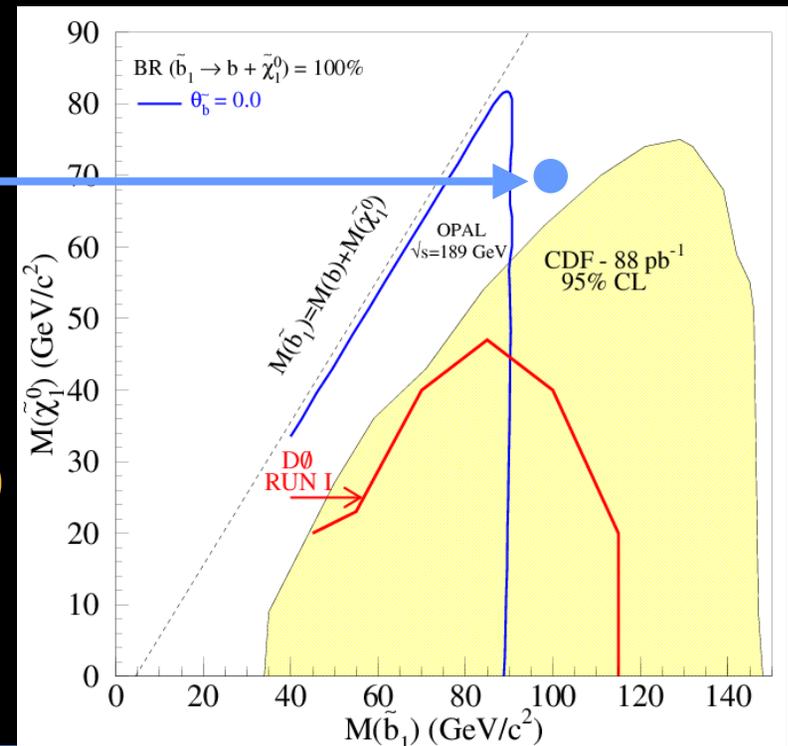


- Production des s-b quasiment indépendante du model
- Recherche de 2 quarks b + MET:

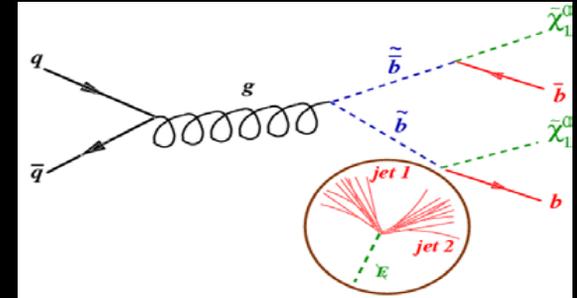


L'analyse dépend fortement du point étudié:

- Faible masse du s-b
 - Jets de bas p_T , faible MET
 - Faible efficacité des triggers
 - Bruit de fond important (électrofaible, multijet \equiv QCD)
 - Grande section efficace



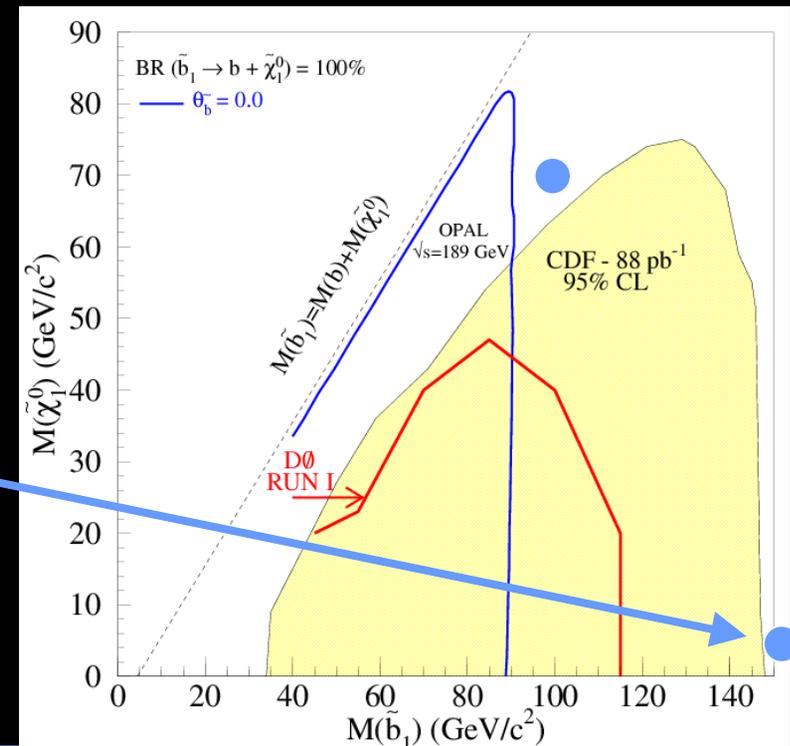
Cadre de l'analyse



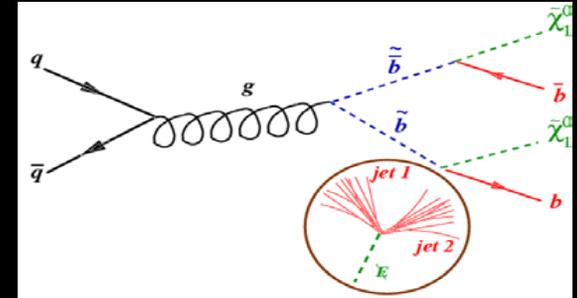
- Production des s-b quasiment indépendante du model
- Recherche de 2 quarks b + MET:

▲ L'analyse dépend fortement du point étudié:

- Faible masse du s-b
(jets de bas p_T , faible MET, faible efficacité des triggers, bruit de fond, important, grande section efficace)
- Grande masse du s-b
– Jets de grand p_T , grande MET
– Petite section efficace (~ 0.1 pb)



Cadre de l'analyse



- Production des s-b quasiment indépendante du model
- Recherche de 2 quarks b + MET:

- Faible masse du s-b

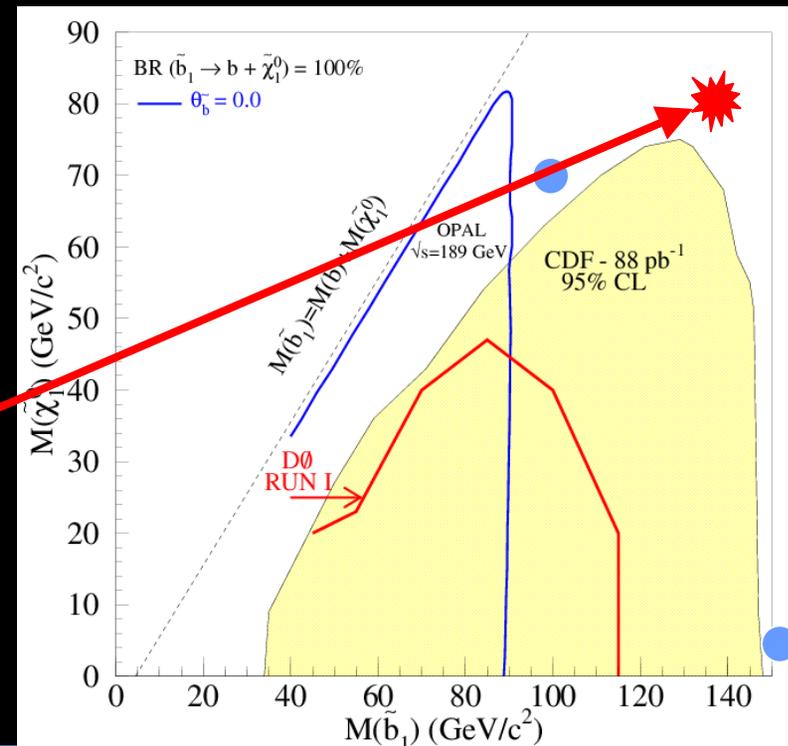
(jets de bas p_T , faible MET, faible efficacité des triggers, bruit de fond, important, grande section efficace)

- Grande masse du s-b

(jets de grand p_T , grande MET, petite section efficace)

- Point de référence

$m(sb) = 140 \text{ GeV}$, $m(\chi_1^0) = 80 \text{ GeV}$



Bruits de fond

- Philosophie de l'analyse: se placer dans une région avec **très peu de QCD**, puis faire du **b-tagging** → la QCD devient négligeable (et la limite est conservative)
- Fonds électrofaibles:

	σ (pb) (NLO)
$W \rightarrow \tau\nu + \geq 1\text{jet}$	1136
$W \rightarrow (e/\mu)\nu + \geq 2\text{jets}$	621
$Z \rightarrow \nu\nu + \geq 2\text{jets}$	182
Dibosons (WW, WZ, ZZ)	18
$t\bar{t}$	4

- topologie similaire à celle du signal

- grandes sections efficaces + mauvais étiquetage des jets → ne les élimine pas tous

Présélection

Qualité des données:

- bons runs, pas de bruit dans les détecteurs
- $|z| < 60\text{cm}$ \equiv acceptance du détecteur de vertex

Triggers

Présélection

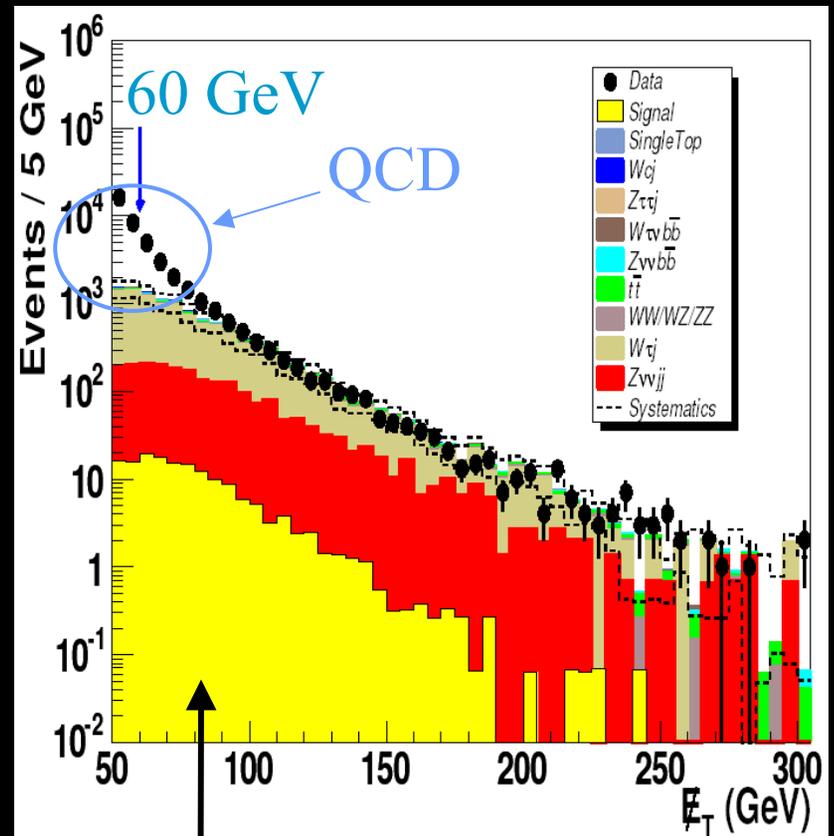
2 bons jets :

- $p_T(\text{jet1}) > 30\text{GeV}/c$
- $p_T(\text{jet2}) > 15\text{GeV}/c$
- confirmation des jets 1 et 2 par des traces

Topologie :

- $||\sum \vec{p}_T(\text{jet}_i)|| > 40\text{GeV}/c$
 - $\Delta\phi(\text{jet}_1, \text{jet}_2) < 165^\circ$
-  efficace contre les événements di-jets
- $\text{MET} > 60\text{ GeV}$

MET après la présélection

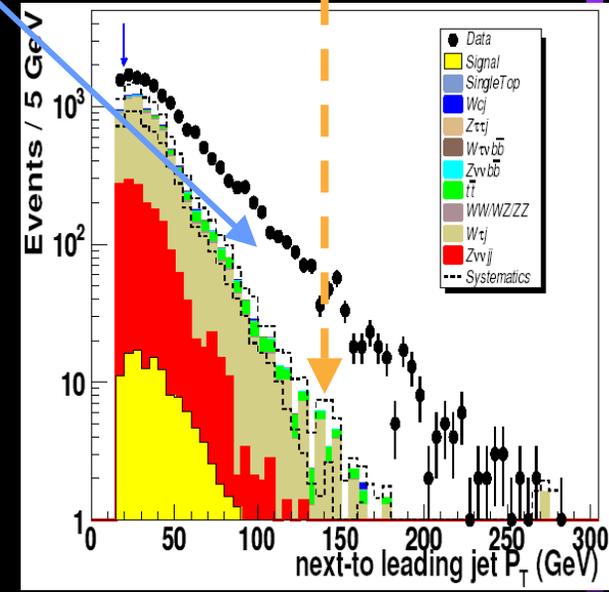
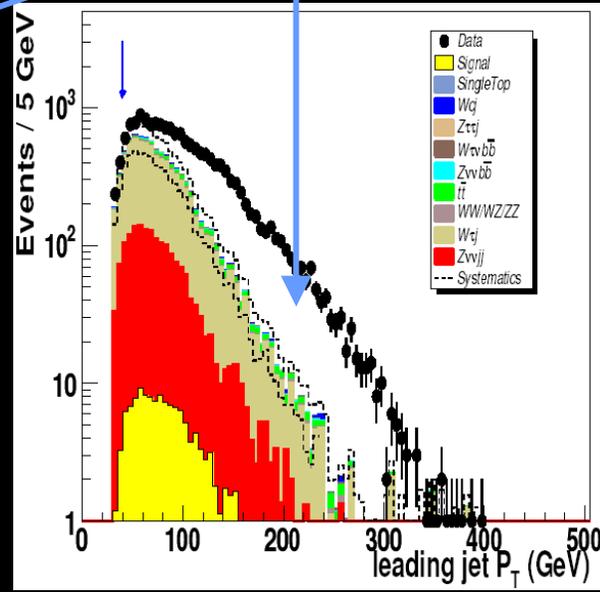
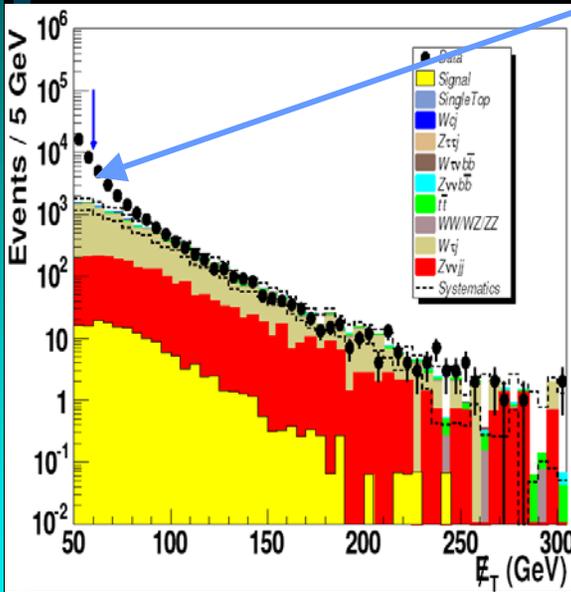


Signal

Sélection (séquentiel)

--- Systematics sur le MC

Multijet \equiv QCD

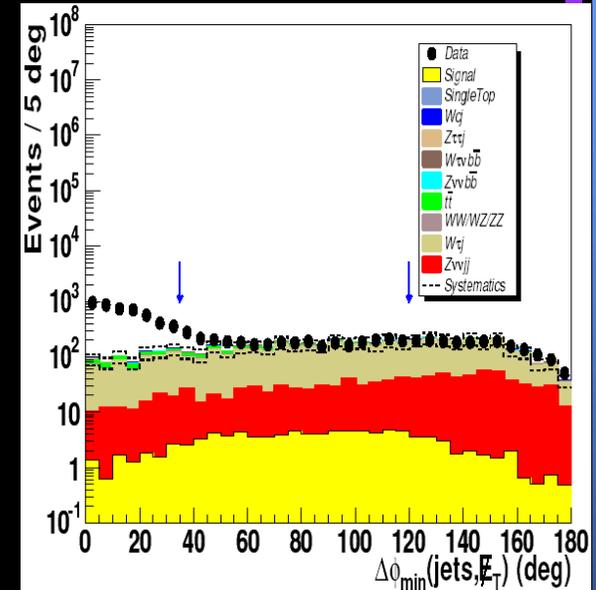
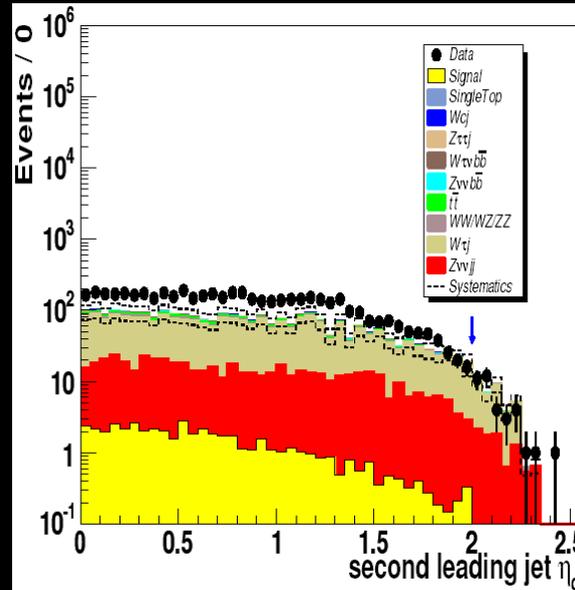
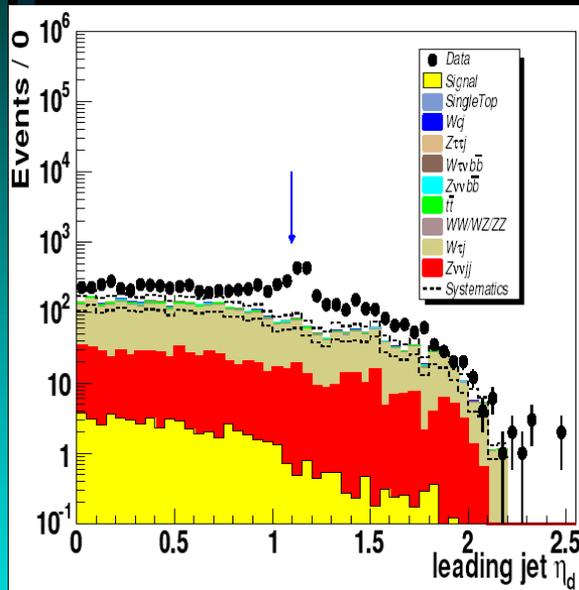


1) Énergie transverse manquante > 60 GeV

2) $P_T(\text{jet}_1) > 40 \text{ GeV}/c$

3) $P_T(\text{jet}_2) > 20 \text{ GeV}/c$

Sélection (séquentiel)



4) $|\eta_{\text{détecteur}}(\text{jet}_1)| < 1.1$

5) $|\eta_{\text{détecteur}}(\text{jet}_2)| < 2.0$

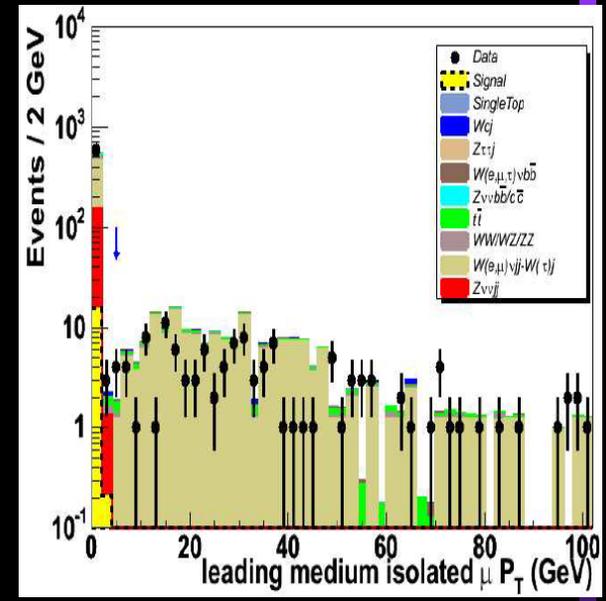
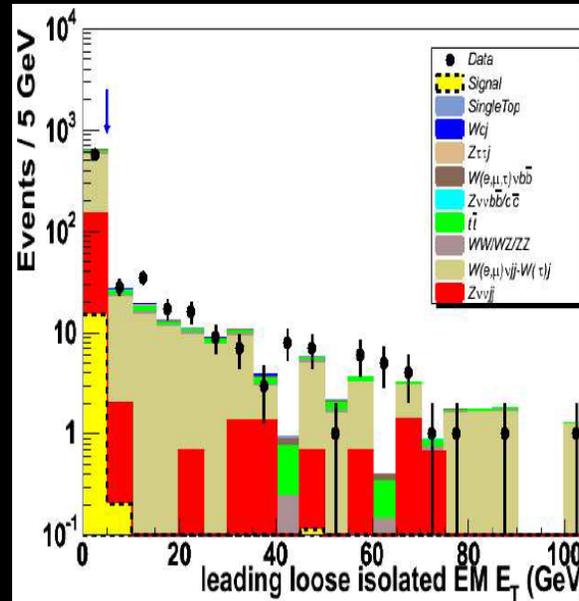
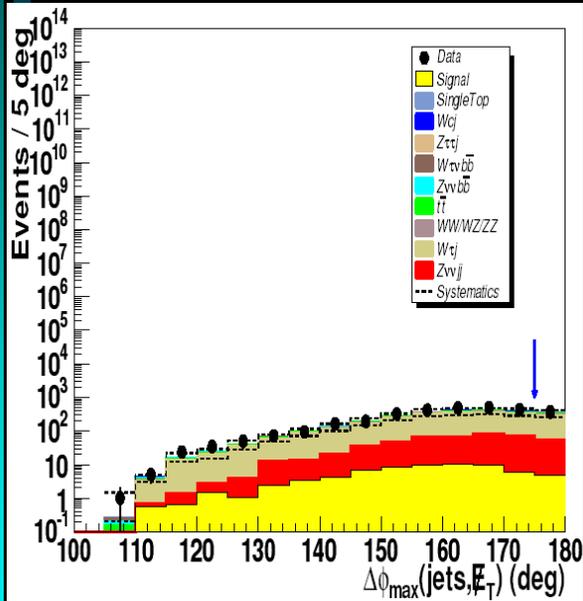
6) $\Delta\phi_{\min}(\text{jets}, \text{MET}) > 35^\circ$

$\Delta\phi_{\min}(\text{jets}, \text{MET}) < 120^\circ$

contre la QCD

contre le bruit de
fond électrofaible

Sélection (séquentiel)



7) $\Delta\phi_{\max}(\text{jets}, \text{MET}) < 175^\circ$

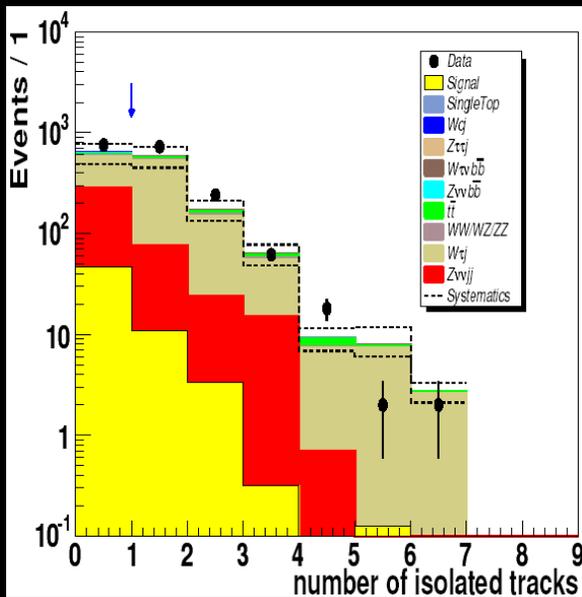


contre le bruit de
fond électrofaible

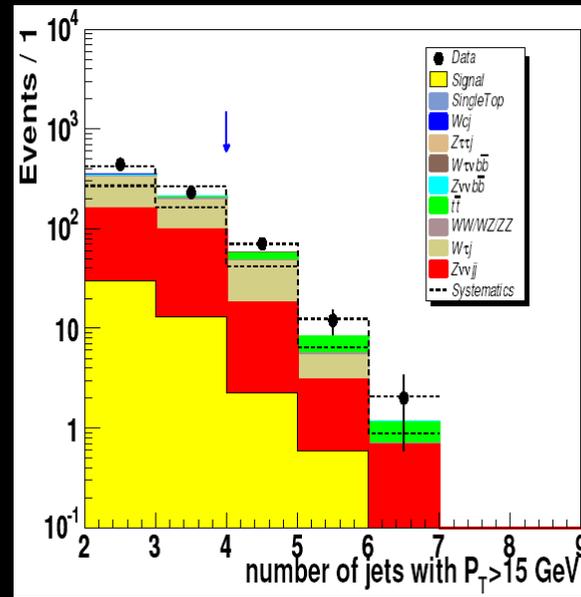
8) Veto sur les électrons
isolés

9) Veto sur les muons
isolés

Sélection



10) Veto sur les traces/groupes de traces isolés



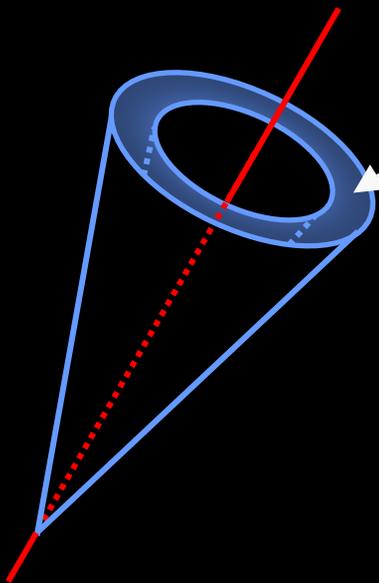
11) 2 ou 3 jets

Sélection: nombre de traces isolées

- Les jets issus de désintégrations de τ (un bruit de fond important) sont moins « volumineux » que les jets de quarks

→ On rejette les traces ou les groupes de traces isolés

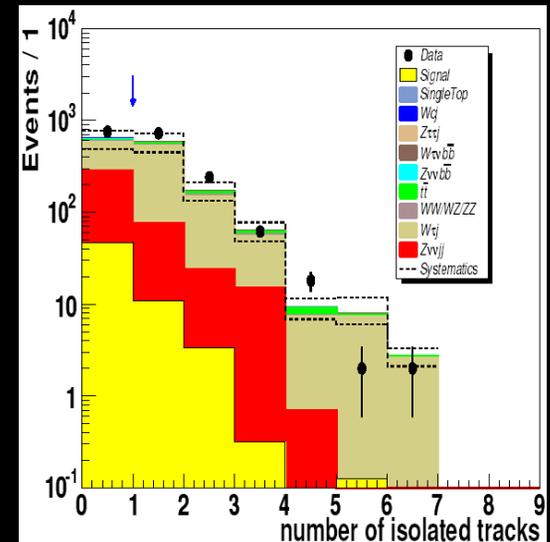
trace de $p_T > 5 \text{ GeV}/c$



S'il n'y a pas de traces dans le cône « troué » (en bleu)

→ le jet est « fin » (donc probablement issu d'un τ)

l'événement est rejeté

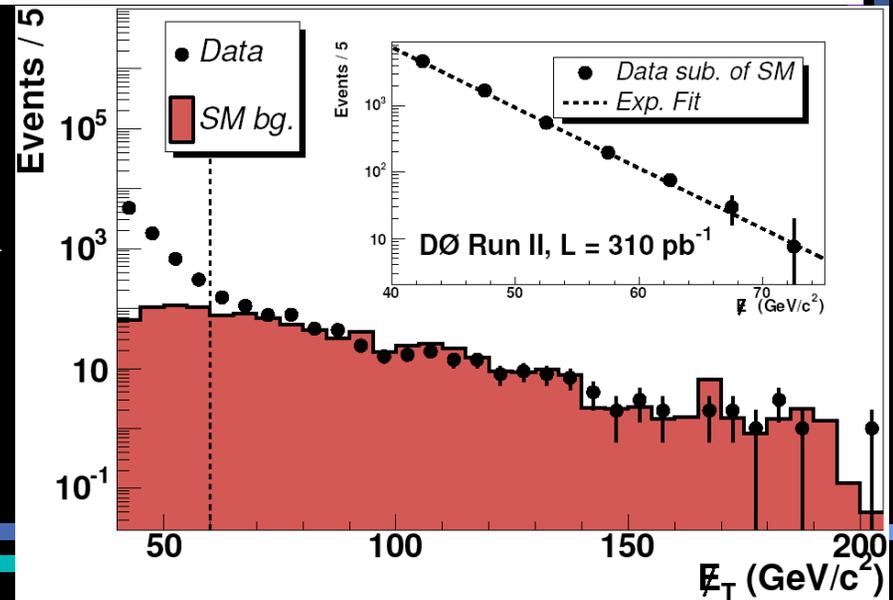


Après la sélection

	Criterion	events remaining		
		Data	SM (no QCD)	Signal
Presel :	Table II + Preselection cuts	40886	11266 ± 670	161 ± 6
C1 :	$\cancel{E}_T > 60 \text{ GeV}/c$	16279	8274 ± 473	129 ± 5
C2 :	1st leading jet $p_T > 40 \text{ GeV}/c$	15643	7759 ± 438	125 ± 5
C3 :	2nd leading jet $p_T > 20 \text{ GeV}/c$	14095	6834 ± 392	114 ± 4
C4 :	$ \eta_{\text{jet1}}^{\text{det}} < 1.1$	9732	5345 ± 303	102 ± 4
C5 :	$ \eta_{\text{jet2}}^{\text{det}} < 2.0$	9653	5278 ± 299	101 ± 4
C6 :	$35^\circ < \Delta\phi_{\text{min}}(\cancel{E}_T, \text{any good jet}) < 120^\circ$	3149	2705 ± 164	69 ± 3
C7 :	$\Delta\phi_{\text{max}}(\cancel{E}_T, \text{any good jet}) < 175^\circ$	2783	2369 ± 143	64 ± 2
C8 :	Iso. EM veto $p_T > 5 \text{ GeV}/c$	2059	1884 ± 97	61 ± 2
C9 :	Iso. Muon veto $p_T > 5 \text{ GeV}/c$	1809	1471 ± 73	61 ± 2
C10 :	Iso. Track veto $p_T > 5 \text{ GeV}/c$	756	622 ± 26	46 ± 2
C11 :	$N_j = 2, 3$	671	556 ± 23	43 ± 2

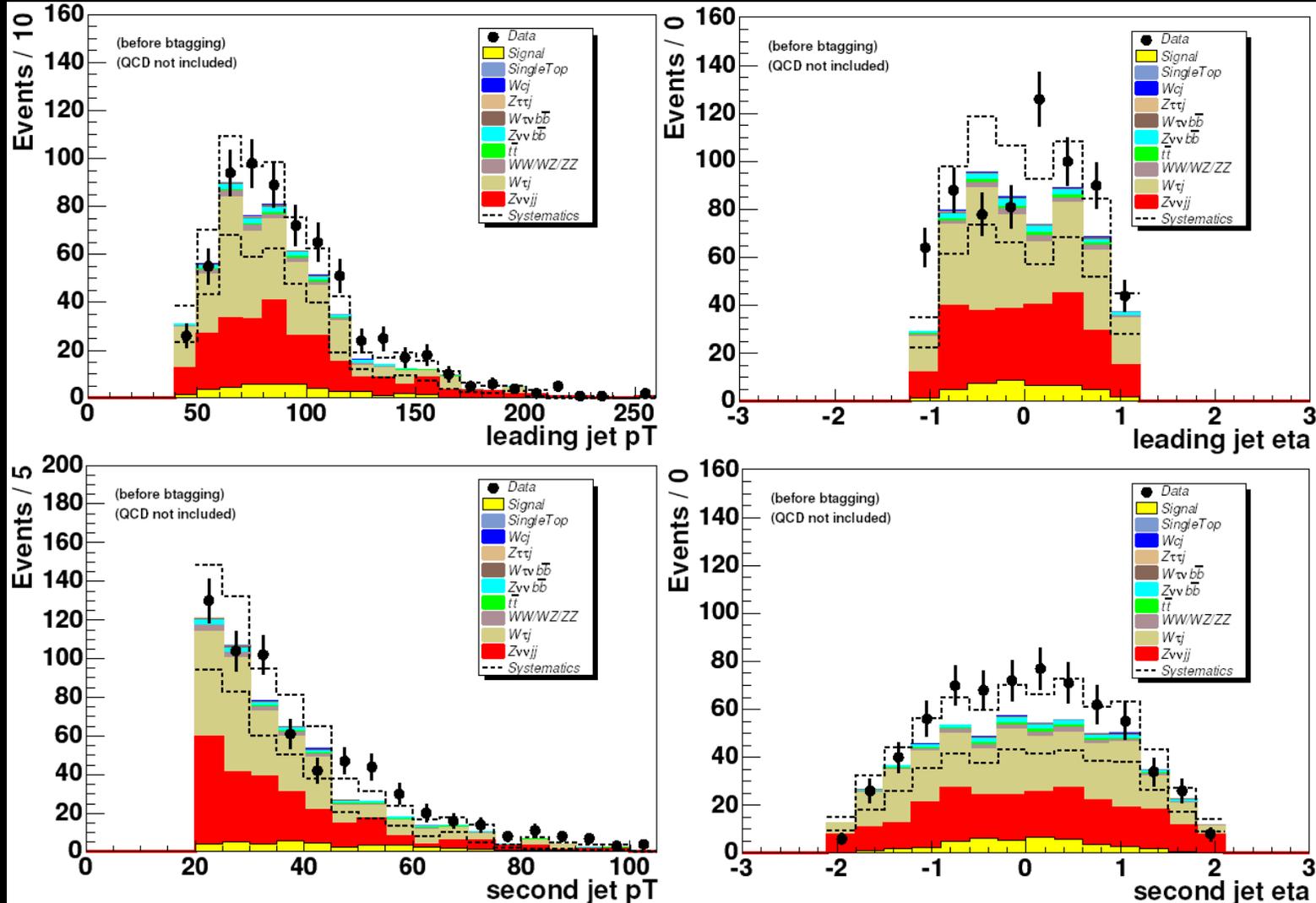
Toutes les coupures
sauf celle en MET

Évaluation de
la QCD: 109 ± 9



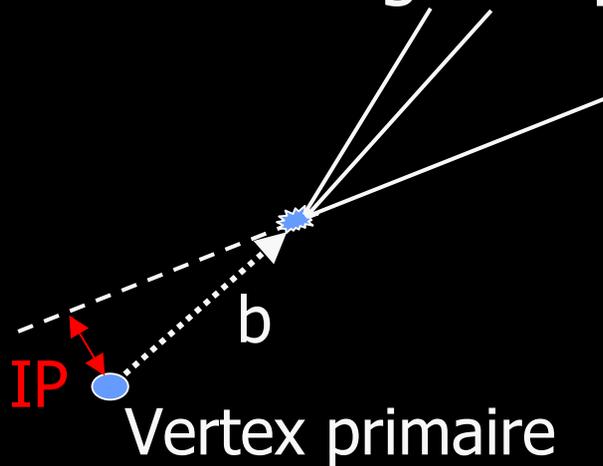
(le bruit de fond multijet n'est pas simulé $\equiv \sim 10^9$ événements)

Après la sélection

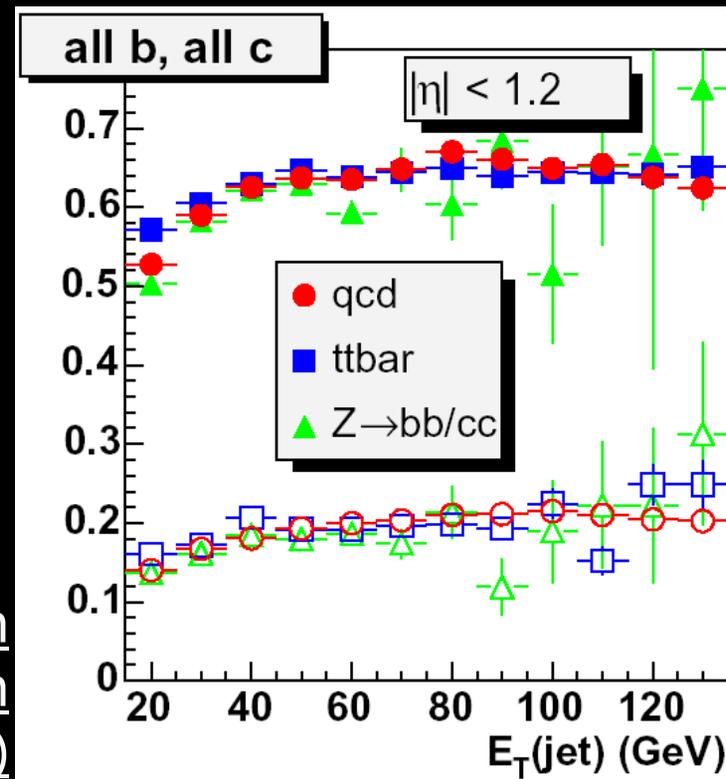


L'étiquetage des jets de quarks b

- Utilisation d'un algorithme qui recherche les traces à grand paramètre d'impact (**IP**)

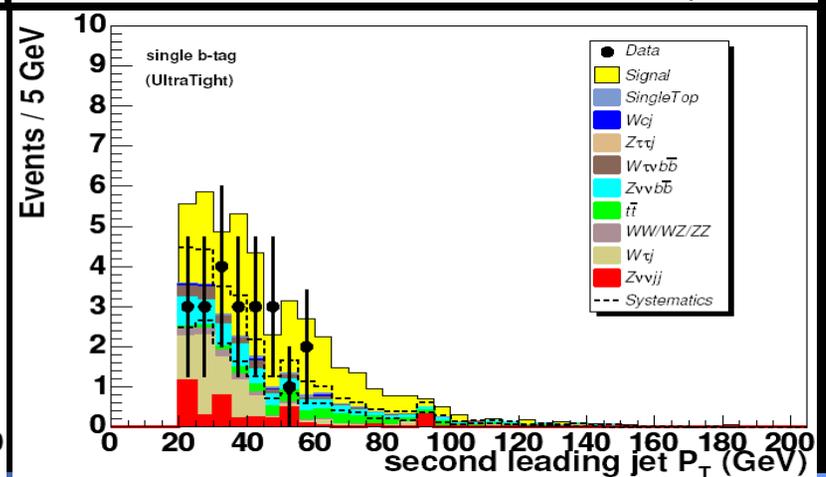
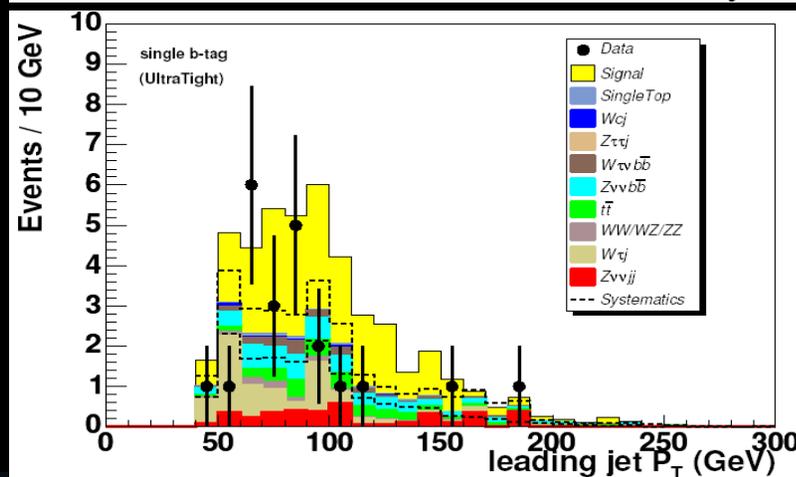
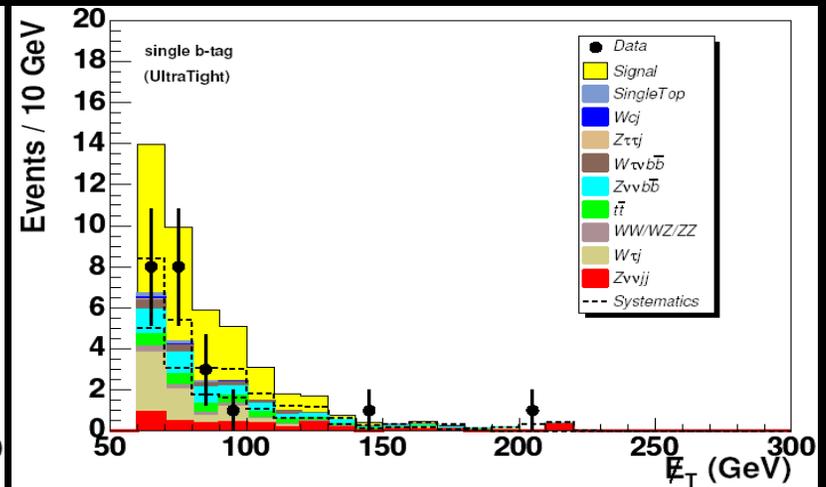
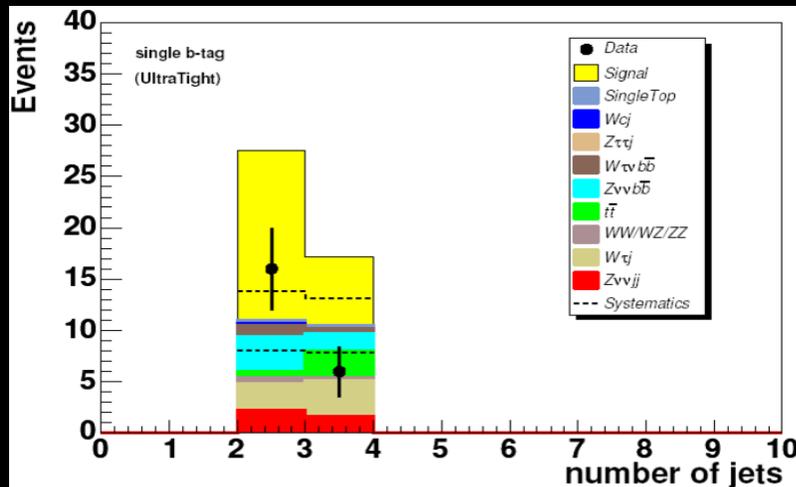


Efficacité d'étiquetage d'un jet en fonction de son énergie (point Medium)



Après le b-tagging

Données	22
Électrofaible	21.5 ± 0.7
QCD (estimation)	4 ± 2
Signal (140, 80)	23.1 ± 0.9



Erreurs systématiques

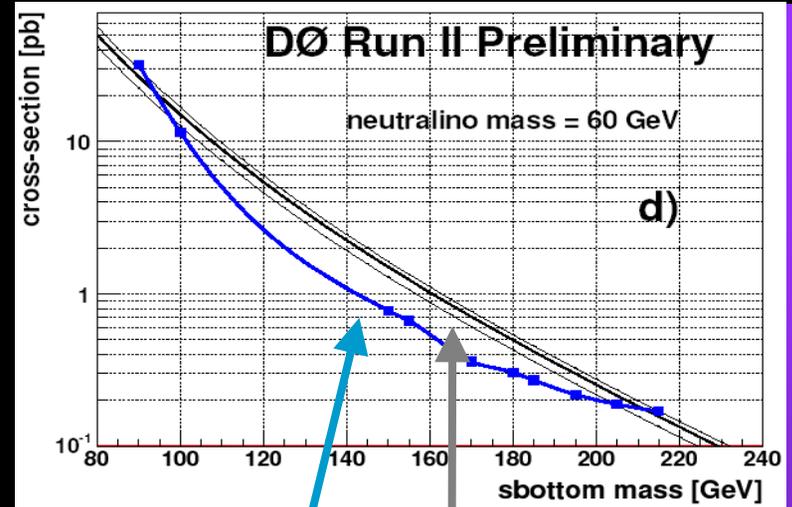
• « Jet Energy Scale » relative (1)	SM	+3.5/-5.8%
	signal	+4.0/-7.4%
• « Jet Energy Scale » relative (2)	SM	-6.2%
	signal	-2.8%
• Luminosité		6.5%
• Sections efficaces des bruits de fond (NLO)		15%
• Effet des pdf sur l'acceptance du signal		+7.0/-5.7%
• b-tagging (UltraTight)	SM	+9.6/-9.5%
	signal	+7.4/-7.6%

Exclusion

- Pas d'excès observé

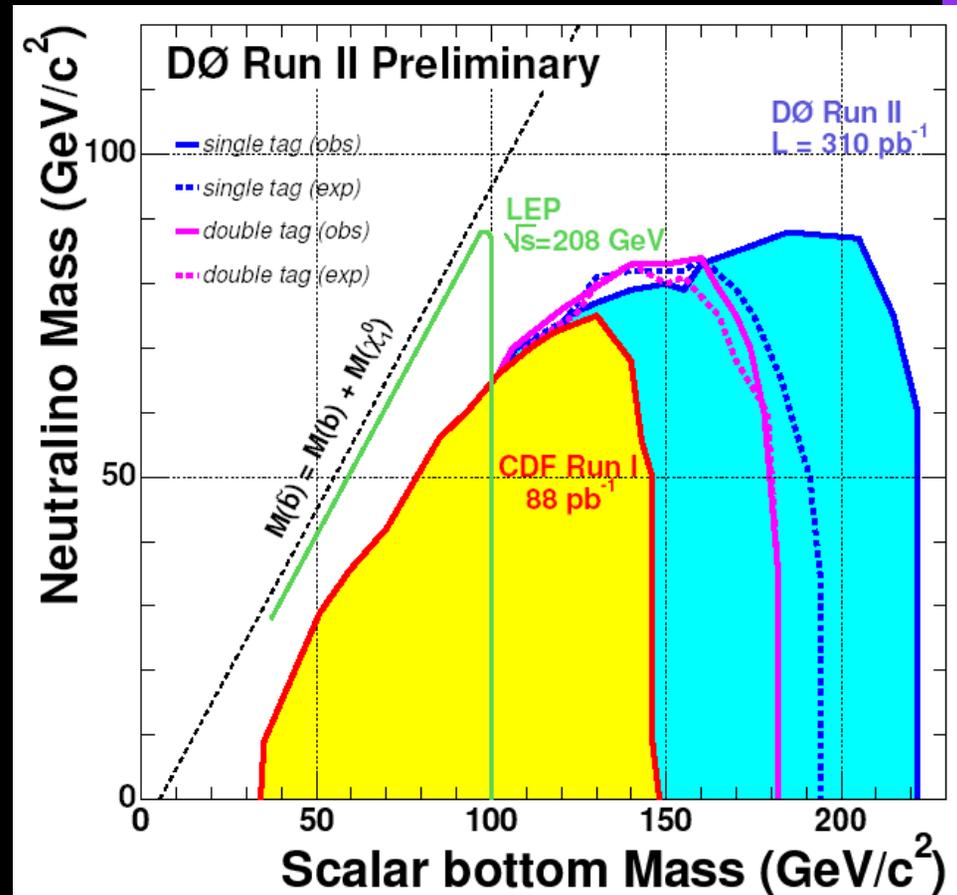
On peut donc exclure une région de l'espace des paramètres:

- Détermination de la section efficace exclue à 95% pour un point signal donné
- Comparaison avec la section efficace théorique



Recherche du s-bottom

- 1ere analyse du Run II sur ce sujet au Tevatron
- Des étapes de l'analyse n'ont pas été présentées aujourd'hui:
 - Optimisation des coupures pour les grandes/faibles masses
 - Efficacité données vs MC
 - Comparaison double/simple b-tagging



Conclusion

Études sur l'Énergie transverse manquante (MET)

- MET on-line (dØ-note 5198) ✓

Analyse

- 1er lot de données du Run IIa ✓
soumis à *Physical Review Letter*
- lot entier du Run IIa (1.2 fb^{-1})
→ commence maintenant

BACKUP

Dépendance de la topologie en fonction du point (1)

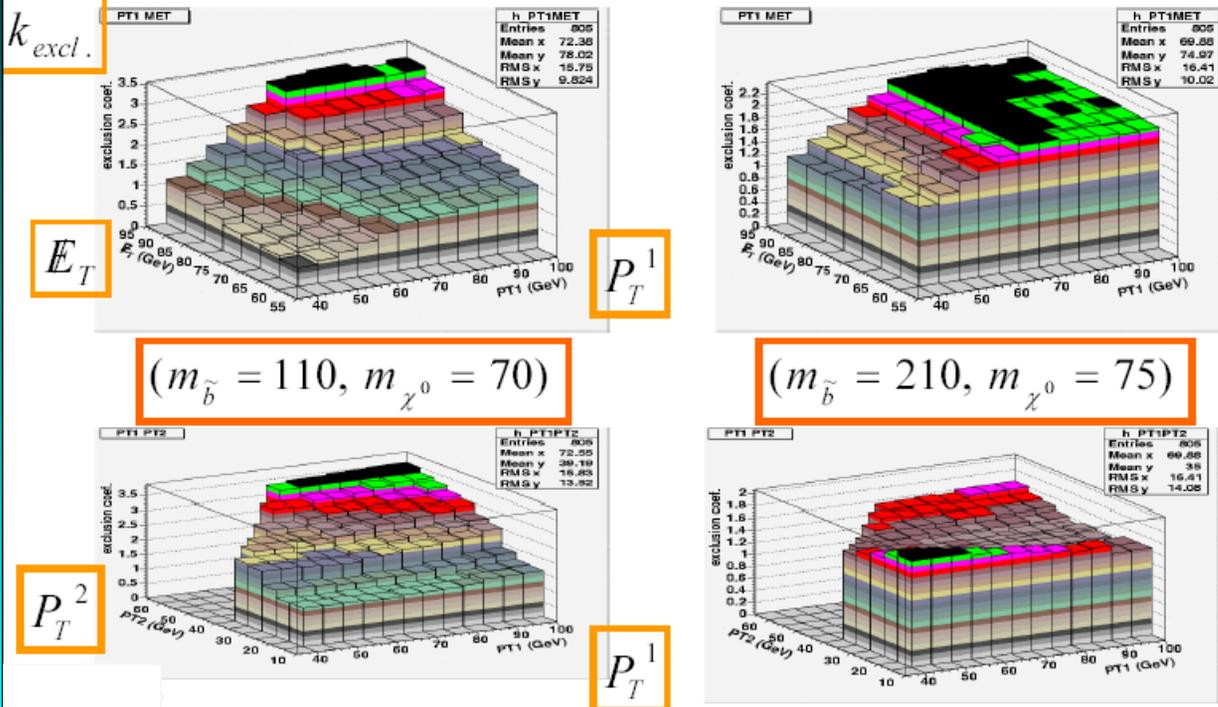
m_{b_1} [GeV/c ²]	90	100	110	120	130	140	150	155	160	165	175	185	195
$m_{\tilde{\chi}^0}$ [GeV/c ²]													
0									92.3 107.5 58.3	94.8 110.6 59.9	108.3 116.1 62.0	107.4 121.8 65.7	115.2 126.6 67.0
35										91.0 106.4 58.5			
40								83.6 97.1 53.0	86.1 100.7 55.1				
60	32.8 38.4 24.7	41.6 46.6 28.8					75.3 86.0 47.5	77.0 89.0 48.9					
65		36.6 43.1 27.1							77.7 89.5 49.6				
70		33.5 39.5 25.0	41.7 48.0 29.2	49.0 56.8 33.4	55.3 64.4 36.9	62.6 72.6 40.6	71.8 80.0 44.7	72.4 83.7 46.4					
75				45.9 52.6 31.5	52.1 61.5 36.1		66.5 77.1 43.1						
78						58.9 68.0 38.9							
80						57.1 65.4 37.6							
82					49.9 57.0 33.3								
100						43.0 49.8 29.8							

MET

pT_1

pT_1

Dépendance de la topologie en fonction du point (2)



Toute les autres coupures étant identiques



$(m_{\tilde{b}}, m_{\chi^0})$ in GeV/c^2	(180,90)	(215,0)
C1: \cancel{E}_T [GeV]	60	80
C2: jet 1 p_T [GeV]	70	100
C3: jet 2 p_T [GeV]	40	50
C6: $\Delta\Phi_{\min}(\cancel{E}_T, \text{any good jet}) < [^\circ]$	135	145
data	7	0
SM	8.9 ± 0.3	3.2 ± 0.2
signal	9.4 ± 0.3	4.6 ± 0.1

Incertitudes systématiques sur... (1)

- Luminosité 6.5%
- « Jet Energy Scale » relative (1) SM +3.5/-5.8%
signal +4.0/-7.4%
- « Jet Energy Scale » relative (2) SM -6.2%
signal -2.8%
- Interaction JES relative/b-tagging SM 2.2%
signal 1.7%

Incertitudes systématiques sur... (2)

- Sections efficaces des bruits de fond (NLO) 15%
- Effet des pdf sur l'acceptance du signal +7.0/-5.7%
- Statistiques sur le MC SM jusqu'à 10%
(varies selon les coupures) signal jusqu'à 5%
- Identification des jets 1%
- Jet Energy smearing 4%
- Veto sur les mauvais jets 1%
- Confirmation des jets par les traces 1%

