



Recherche des desintegrations

$$\sim t_1 \sim t_1 \dashrightarrow 2\mu 2j \text{ Met}$$

a D0

Pedrame Bargassa
Rice University Houston



- Desintegration a 3 corps du \tilde{t}_1
 - Motivation
 - Production du canal $b l \tilde{\nu}$
 - Choix des points susy
- Le detecteur D0
- Comparaison Donnees \leftrightarrow MC
- Signal vs bruit de fond :
 - Les variables discriminantes
 - Signification stat., luminosites et perspectives
- Conclusions



Desintegrations a 3-corps du \tilde{t}_1

Motivation pour la recherche du \tilde{t}_1 :

Dans Lagrangien soft, les sfermions gauches et droits peuvent (fortement) se melanger pour former les etats propres de masse :

$$M^2_{\tilde{f}} = \begin{pmatrix} m^2_{LL} & m_f A_f \\ m_f A_f & m^2_{RR} \end{pmatrix}$$

- $m^2_{LL} = m^2_f + m^2_{fL} + (I^3_f - e_f s^2_W) \cos 2\beta \ M^2_Z$
- $m^2_{RR} = m^2_f + m^2_{fR} + e_f s^2_W \cos 2\beta \ M^2_Z$
- $A_f = T_f + |m|/\tan\beta \quad ; \quad \tan\beta = \langle H_U \rangle / \langle H_D \rangle$
- $s^2_W = 1 - c^2_W = \sin^2\theta_W$

$m_f = m(\text{top})$: \tilde{t}_1 pourrait etre le squark le plus leger !

Petit $\tan\beta$: melange trop fort dans le secteur du \tilde{t}_1 : \tilde{t}_1 trop leger :

desintegration en $c \ \chi^0_1 \rightarrow$ considerer grand $\tan\beta$ pour lequel les desintegrations a 3-corps dominant ($\tan\beta$ petit etant exclus par LEP)

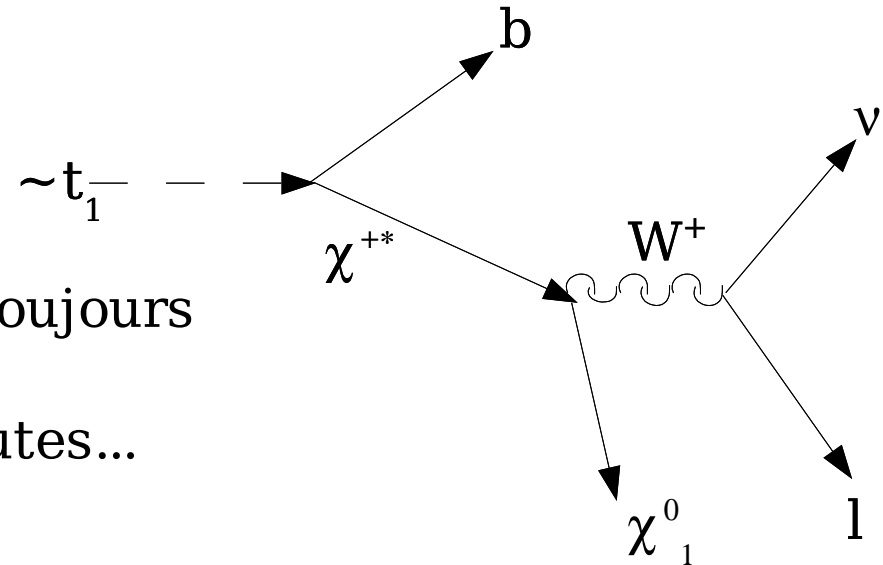
2 scenarios possibles pour les desintegrations a 3-corps du \tilde{t}_1 :

Pour $m(\tilde{\nu}) \gg 80\text{GeV}/c^2$:

Scenario echange du W

Limitation : W ne se desintegre pas toujours en leptons

Limites sur section efficaces trop hautes...

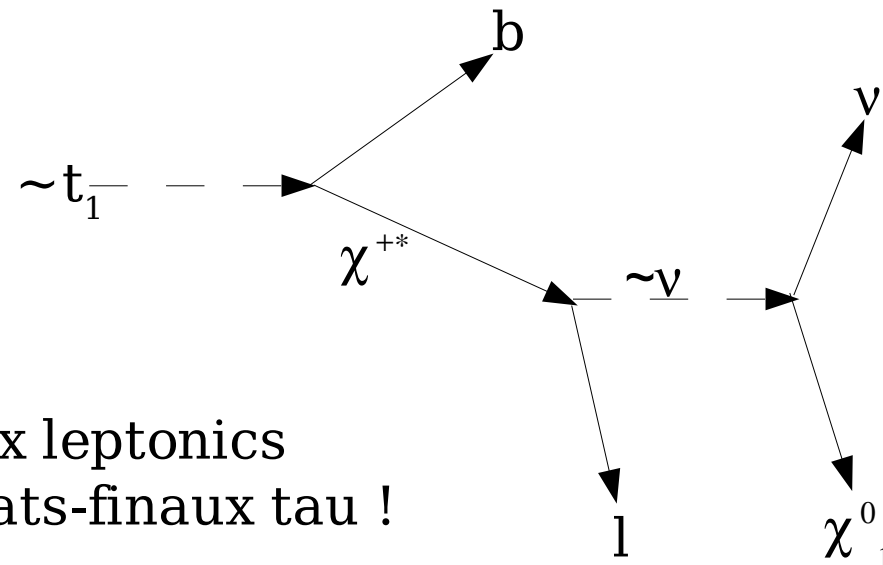


Pour $m(\tilde{\nu}) \sim 80\text{GeV}/c^2$:

Scenario echange du $\tilde{\nu}$

Se desintegre toujours en etats-finaux leptonic

Probleme MC ! Pythia : seulement etats-finaux tau !



Production de $\tilde{t}_1 \rightarrow b l \tilde{\nu}$ avec



- Software C, écrivant le programme pour :
- Le calcul des diagrammes de Feynman
- Intégration sur l'espace de phase multi-particule
- Génération d'événements jusqu'au 4-moment des particules

Vue d'ensemble de la production :

- Calculer les points MSSM avec Isawig-mssm.x
 - $\tan\beta = 20$
 - $\mu = 225$
 - A_t, M_1, M_2 et $L_{1,2}$: contrôler $m(\tilde{t}_1, \chi^0_1, \chi^{\pm}_{1,2}$ et sleptons)
- Entrer paramètres, masses et largeurs dans CompHEP
 - Calculer la largeur du \tilde{t}_1 pour les désintégrations à 3-corps de (pas calculées dans Pythia ou Isajet) et re-entrer dans CompHEP



- Specifier les etats initiaux, intermediaires et finaux
 - Ne pas oublier χ^{+*}_1 ET χ^{+*}_2 : tous 2 virtuels et contribuent
- Choisir diagrammes : $u \bar{u} \dots \rightarrow \sim t_1 \sim t_1\text{-bar} \dots \rightarrow 2\mu 2b \sim v \sim v\text{-bar}$
 - Contraindre masse, largeur ($\sim v\text{-}b\text{-}\mu$) = masse, largeur ($\sim t_1$)

Delete, On/off, Restore, Latex

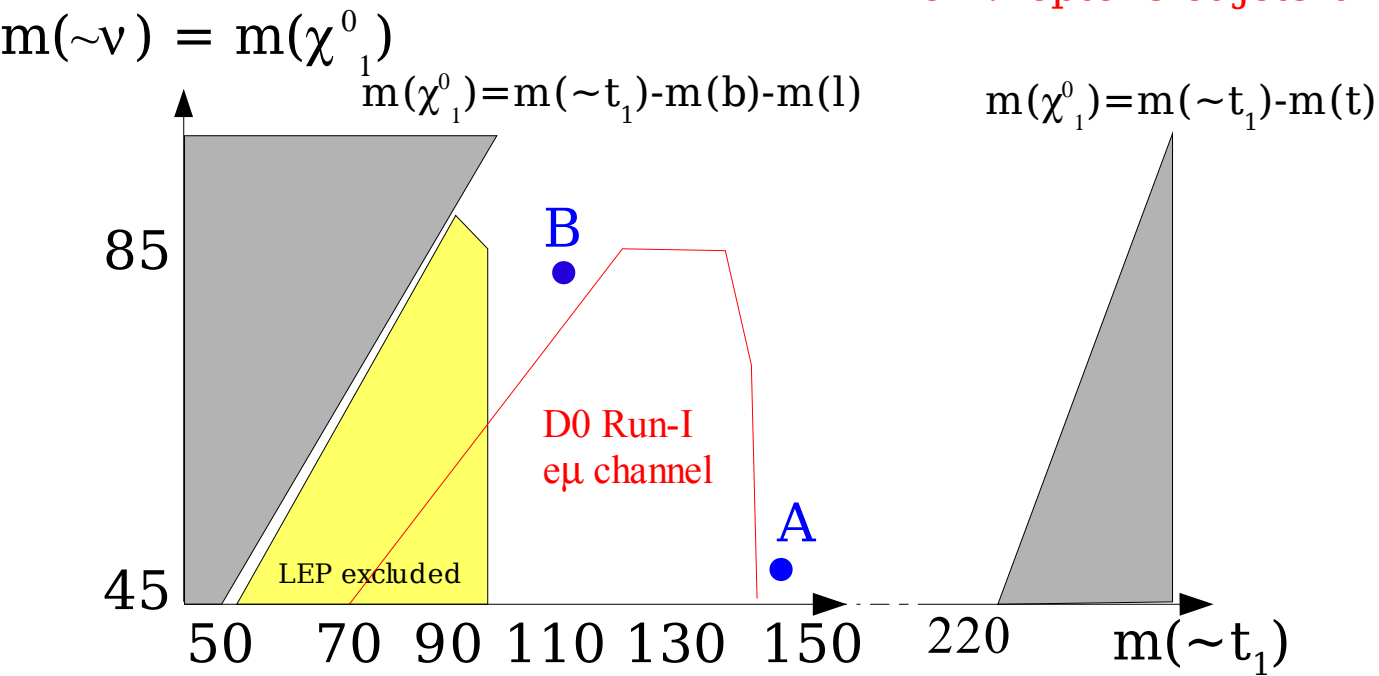
5/36

- S'assurer que l'integration converge : erreur < 1%
- Verifier la section-efficace pour un point MSSM donne :
 - Prediction 0.292 pb
 - CompHEP : 0.295 pb
- Apres generation, melanger different etats initiaux avec le meme etat final (proportionelle a la section-efficace) :
 - u u-bar,
 - d d-bar, ...
- Pour la hadronisation : Interface avec Pythia
 - desintegration $\sim \nu \rightarrow \chi^0_1 \nu$
- Simulation GEANT, electronique, reconstruction D0

Choix des points MSSM :

Scenario $\tilde{\nu}$: Choisir points a la limite des resultats D0 Run-I, avec differentes cinematiques :

- **SNU_A (145,50)**
 - $m(\chi_1^+) = 175 \text{ GeV}/c^2$: rendre χ^+ virtuel : 3-corps.
Loin du pole du χ^+ .
- **SNU_B(110,80)**
 - $m(\chi_1^+) = 154 \text{ GeV}/c^2$: idem
 - **Plus de luminosite**
 - **Defi : leptons et jets b moux**

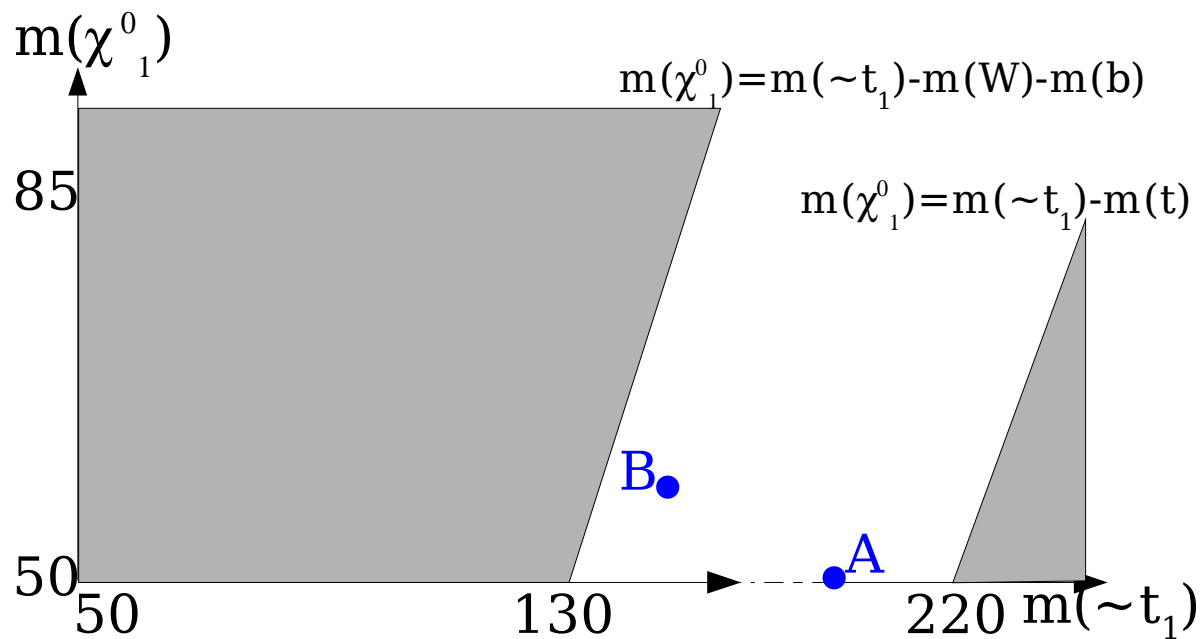


Scenario W :

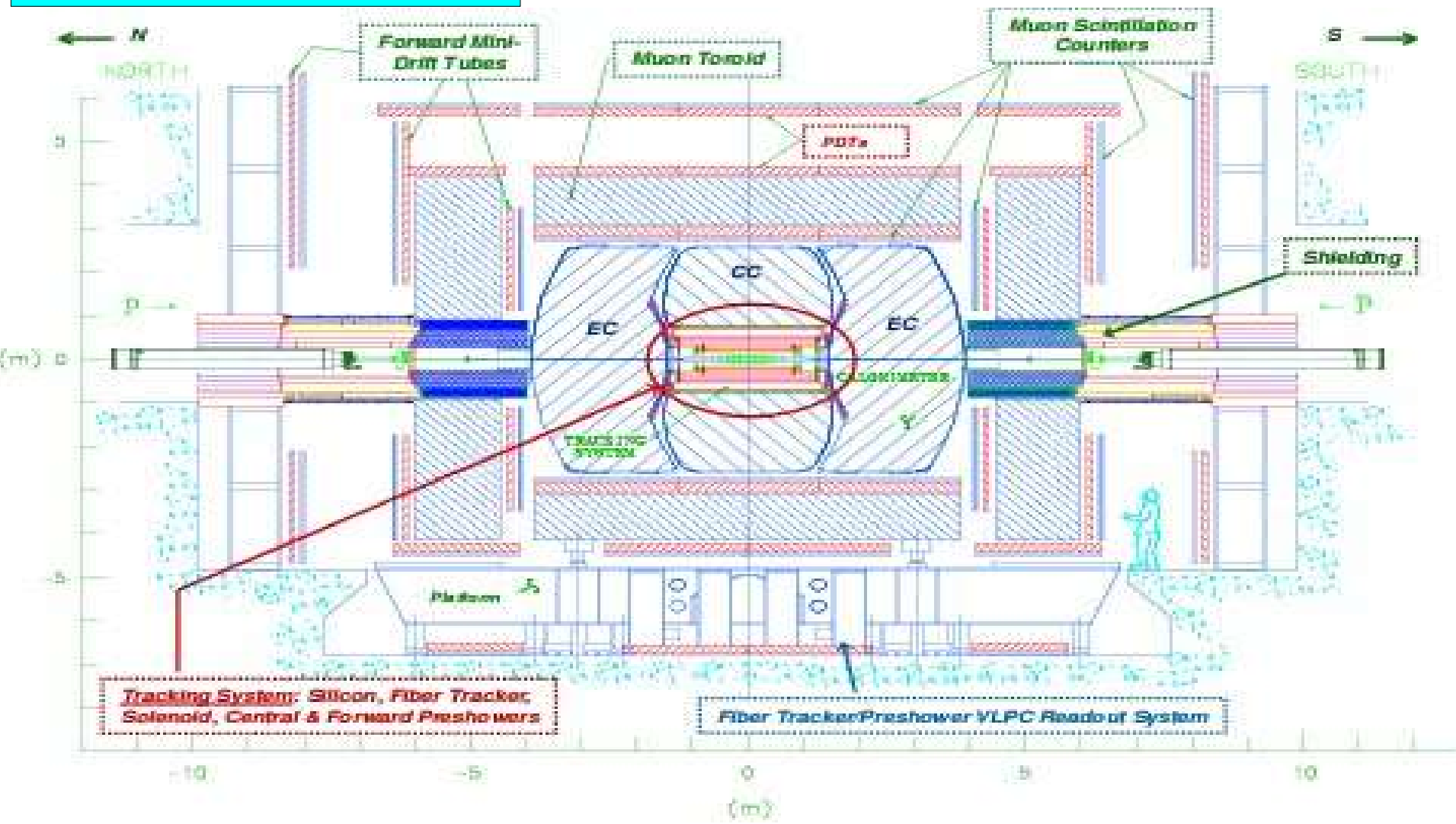
Nouveau territoire : aucun point MSSM n'a encore été exclu.

Pour commencer : 2 points dans des situations similaires aux points SNU :

- $W_A (185, 50)$
 - $m(\chi^+_{1'}) = 215 \text{ GeV}/c^2$
- $W_B (170, 60)$
 - $m(\chi^+_{1'}) = 200 \text{ GeV}/c^2$
 - Plus de luminosité
 - Defi : leptons et jets b moux



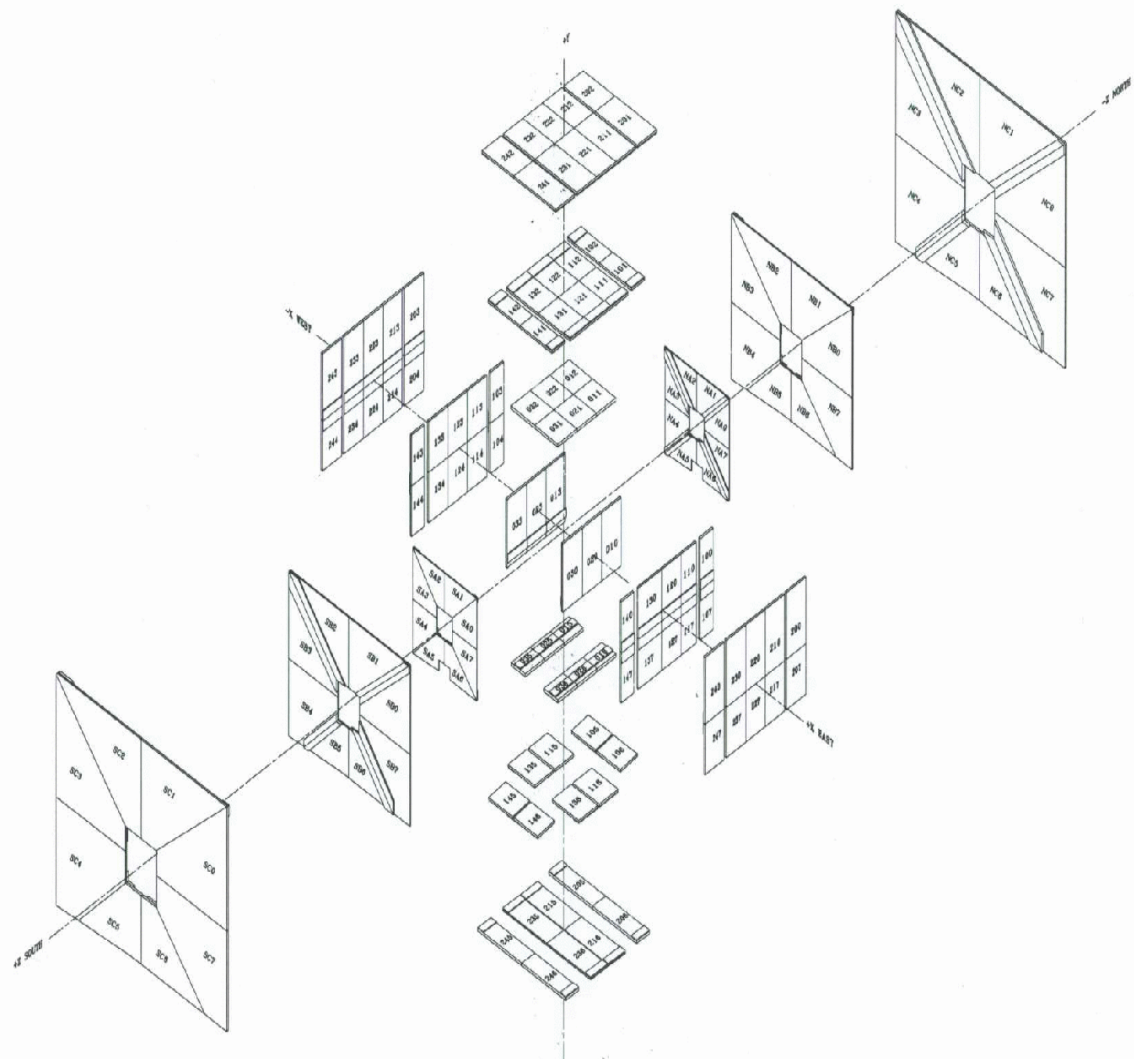
Le detecteur D0



Energie de collision :
1.96 TeV

Luminosite instantanee :
<pics> $\sim 75E30 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Detecteur de muons



Centrale : $|\eta| < 1$
Avant-arriere :
 $1 < |\eta| < 2$
Trois couches de
detecteurs, autour de
l'aimant, comprenant :

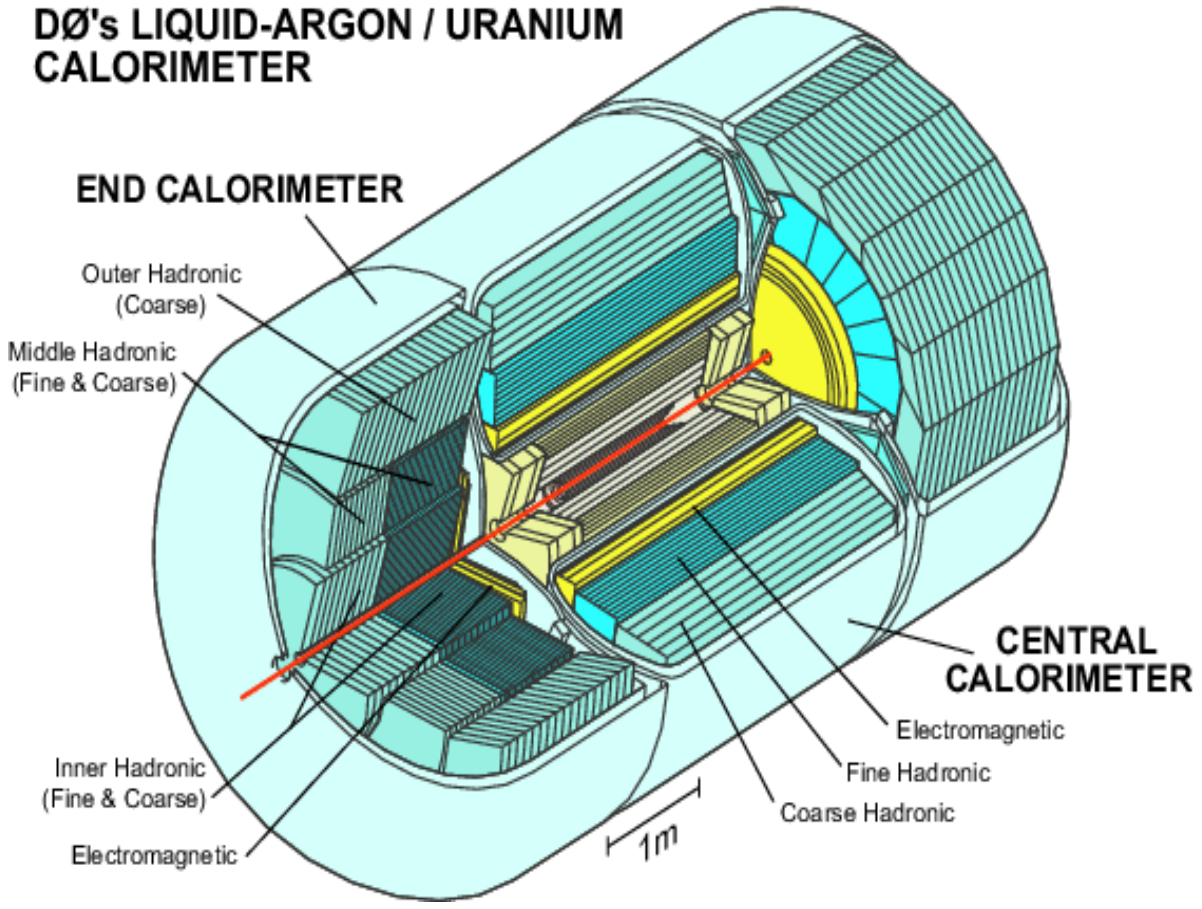
- Scintillateur : trigger
- Chambres a derive proportionnelle : position des hits

Muon medium :

Hits dans les couches A & BC du systeme muon ---> eviter les "punch-throughs" : jets ~ faux muons

Calorimetre

DØ's LIQUID-ARGON / URANIUM CALORIMETER



Couverture : $|\eta| < 4.5$

Couche em & hadronique

Calo. Compense :
 $R(\text{jet}) \sim R(\text{em})$

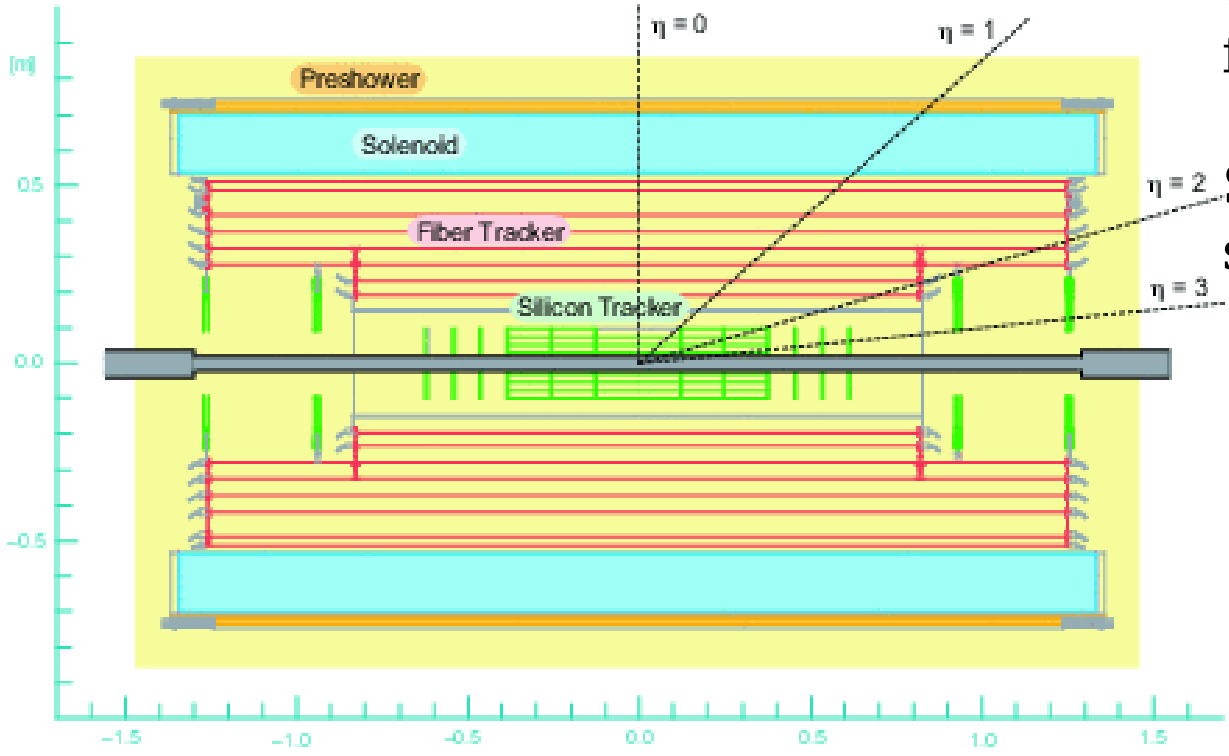
Resolution :

$$(\sigma/E)^2 = 0.042 + (0.15)^2/E + N^2/E^2 \quad N < 0.042$$

Jet :

$$5\% < (E_{\text{em}}/E_{\text{tot}}) < 95\%$$

Detecteurs de traces



CFT : 8 double couche de fibre scintillantes

SMT : modules de silicones

Resolution :

$$\sigma^2(1/Pt) = [S^2 \cosh(\eta) + (C/Pt)^2] / Pt^2$$

S : diffusion multiple ~ 0.0027

C : resolution de la position ~ 0.026

Muon central :

Muon trouve par le detecteur de muon **associe** a une trace ---> meilleur Pt

Comparaison Data <---> MC

Comprendre les données en termes de
bruit de fond MC

Preselections :

- Data quality : eliminer les runs ne satisfaisant pas :
 - Muon : raisonnable
 - CAL, SMT : pas mauvais
 - Eliminer les mauvais runs

Luminosite integree = 157.147 pb⁻¹

Triggers utilises : triggers dimuon :

- L1 : 2 muons
- L2 : un muon medium
- L3 : une trace avec Pt > 5,10,15 GeV/c

Preselection root-tuple :

- 2 muons medium, Pt > 12 GeV/c

Muons

$Pt(\mu 1) > 20 \text{ GeV}/c$

$Pt(\mu 2) > 12 \text{ GeV}/c$

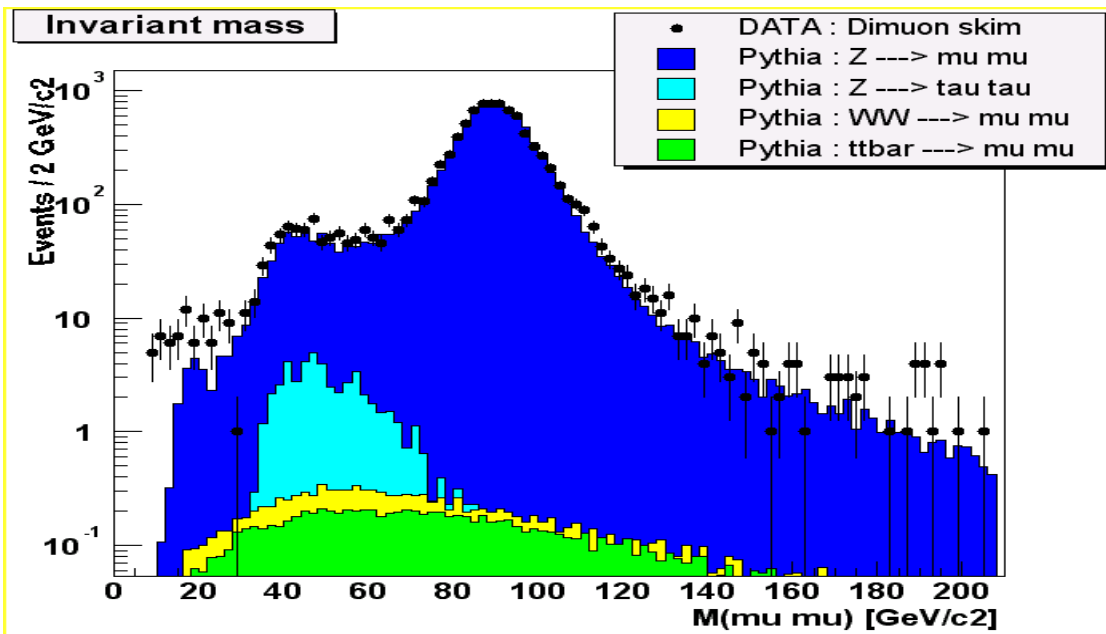
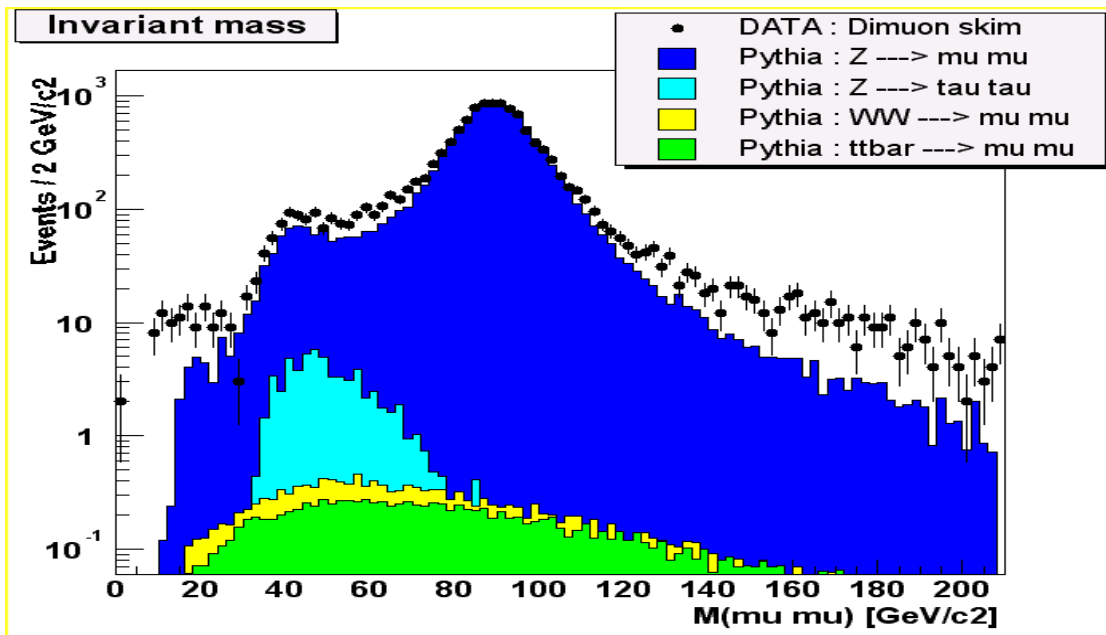
Medium($\mu 1, \mu 2$)

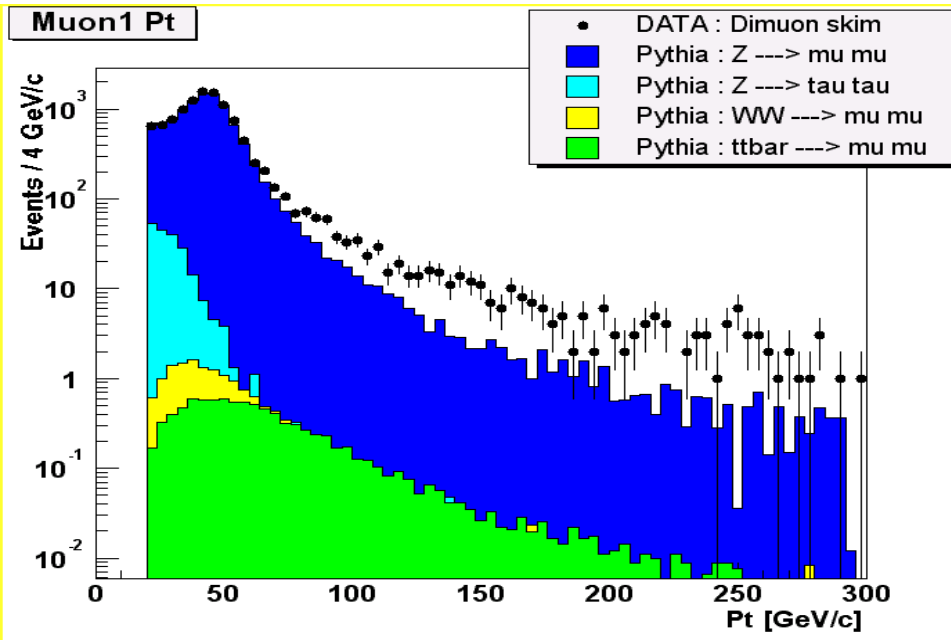
Central($\mu 1, \mu 2$)

Isolation : rejeter muons produits dans jets :

$$\sum_{\text{cone}(\mu 1)} Pt(\text{traces})/Pt < 0.12$$

Meme coupures + $SMThit(\mu 1, \mu 2) \geq 1$

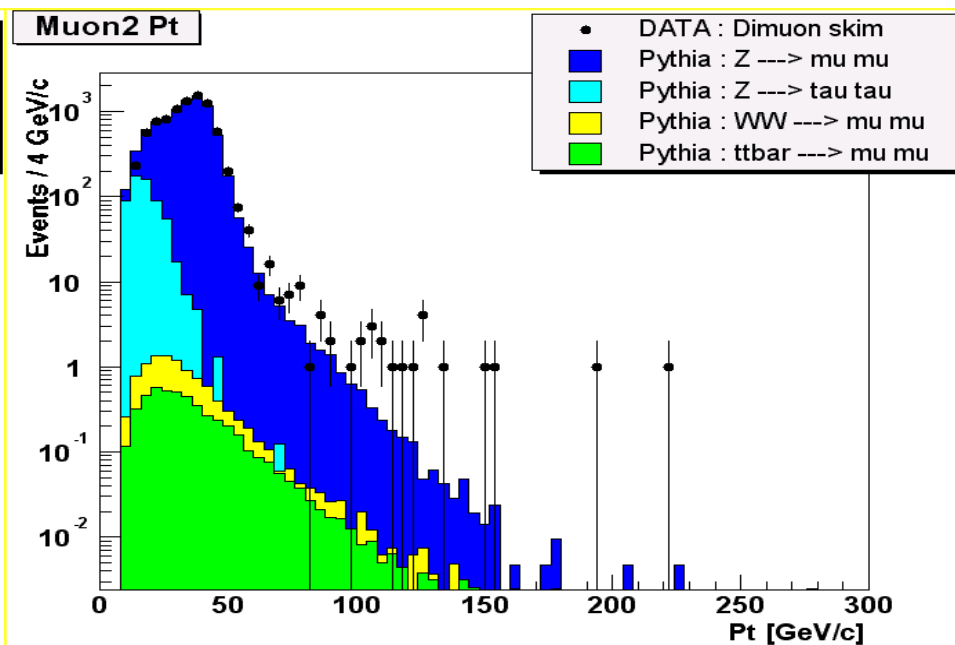
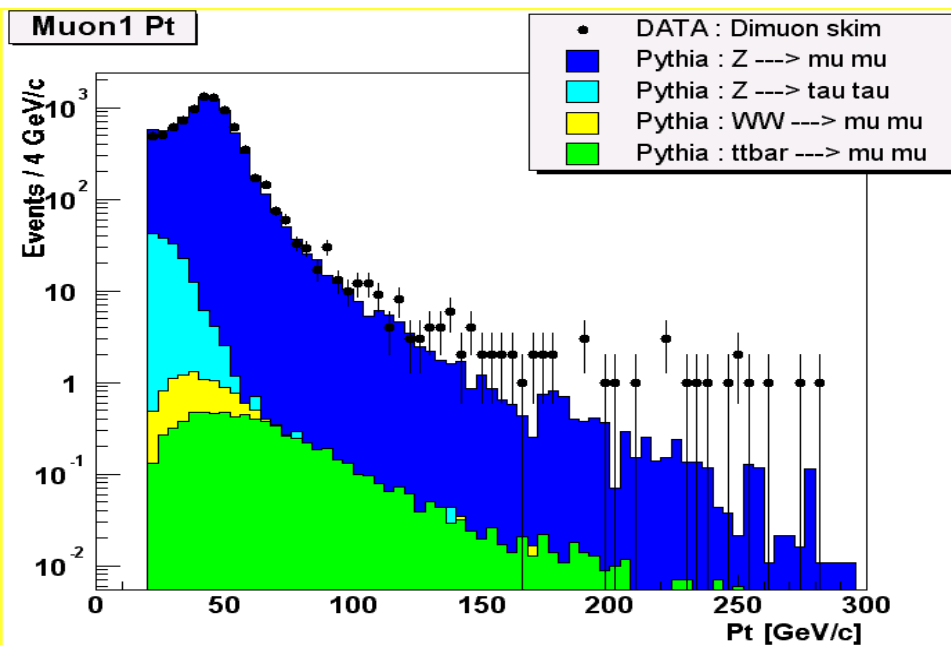




Sans coupure SMT : simulation incertaine a haut Pt

Travailler sur un nouveau Pt pour les Muons

Avec coupure SMT :



Jets

Etudier le rapport de multiplicité inclusive de jets : N_{j+1}/N_j

- Etude p13 study : jets avec $E_t > 25 \text{ GeV}$ et $|\eta| < 2.4$ sont comptés
 - Data : 0.113 ± 0.005
 - MC(Z^0) : 0.098 ± 0.001 : **reponderation du MC nécessaire**
- p14 : jets avec $E_t > 20 \text{ GeV}$ et $|\eta| < 2.4$
 - Data : 0.199 ± 0.005
 - MC(Z^0) : 0.196 ± 0.002 : **reponderation du MC pas nécessaire**

Coupures : rendre données et MC (minimalement) comparables :

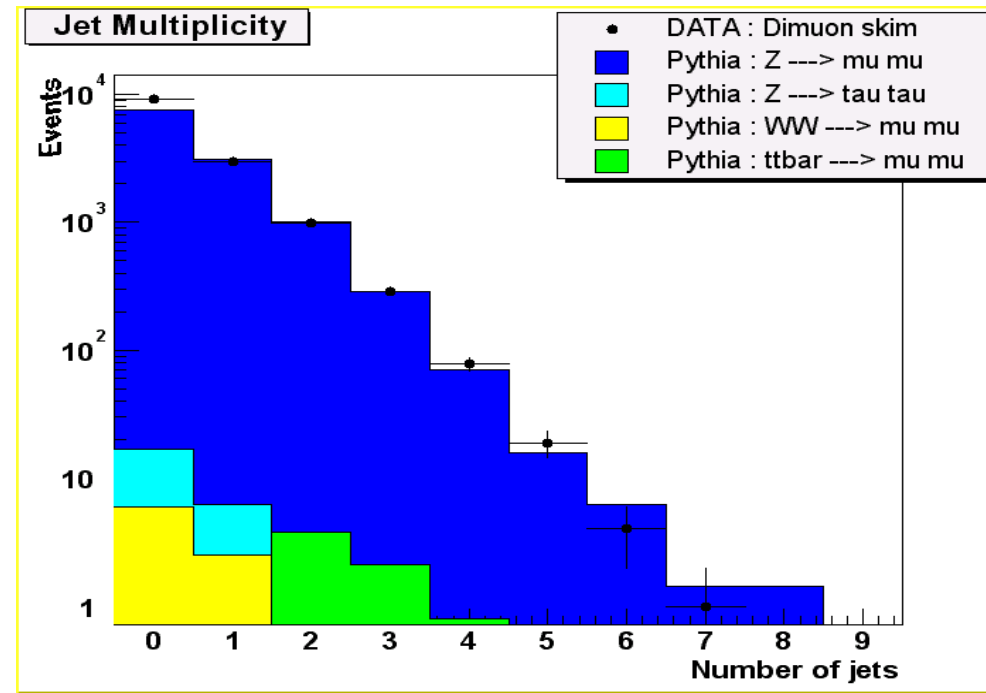
$N(\mu) \geq 2$

Medium($\mu 1, \mu 2$)

$60 \text{ GeV}/c^2 < m(\mu\mu) < 120 \text{ GeV}/c^2$

No cosmic($\mu 1$)

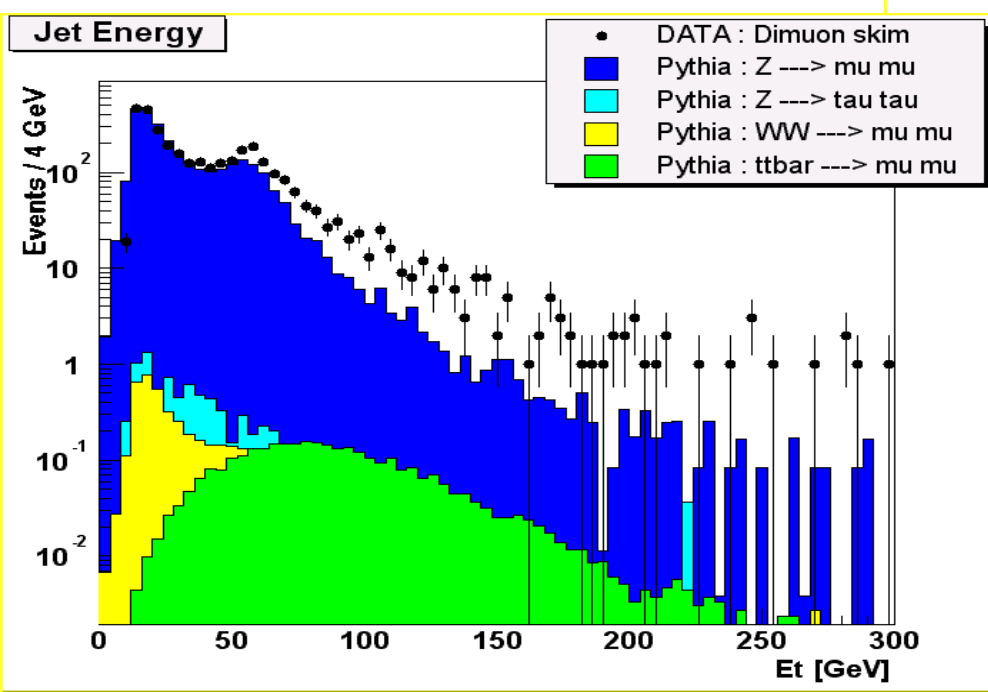
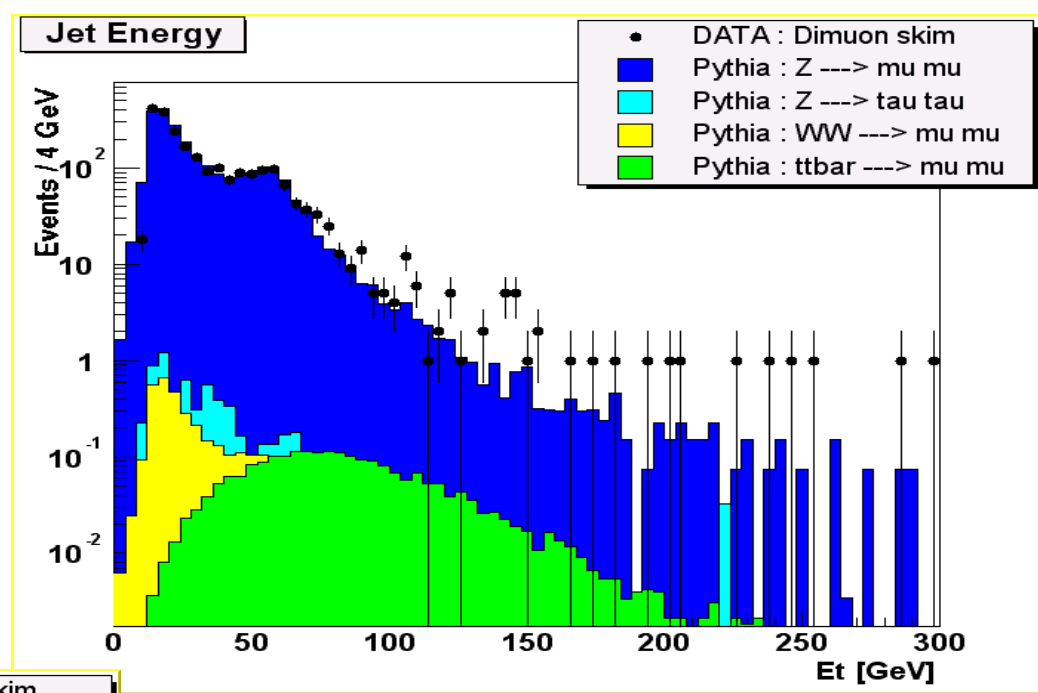
Pas de coupures trigger



$\sim t_1 \sim t_1 \text{ ----} \rightarrow 2\mu 2j \text{ Met}$



Medium($\mu 1, \mu 2$)
Central($\mu 1, \mu 2$)
 $Pt(\mu 1) > 20 \text{ GeV}/c$
 $Pt(\mu 2) > 12 \text{ GeV}/c$
 $\sum_{\text{cone}(\mu 1)} Pt(\text{traces})/Pt < 0.12$



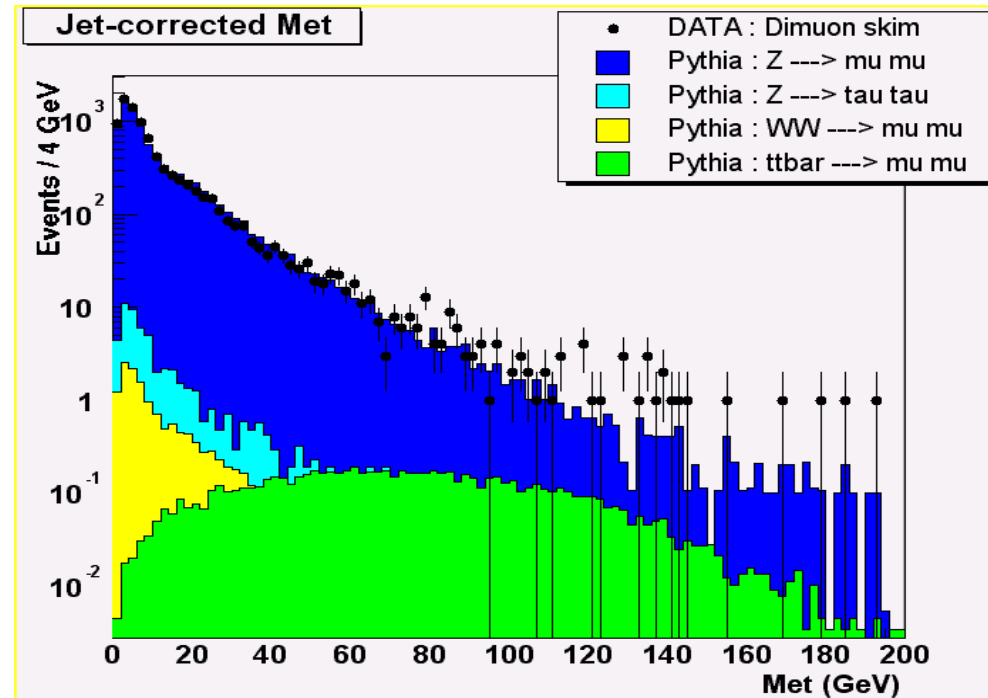
Memes coupures sans l'isolation :
plus de jets dans les donnees

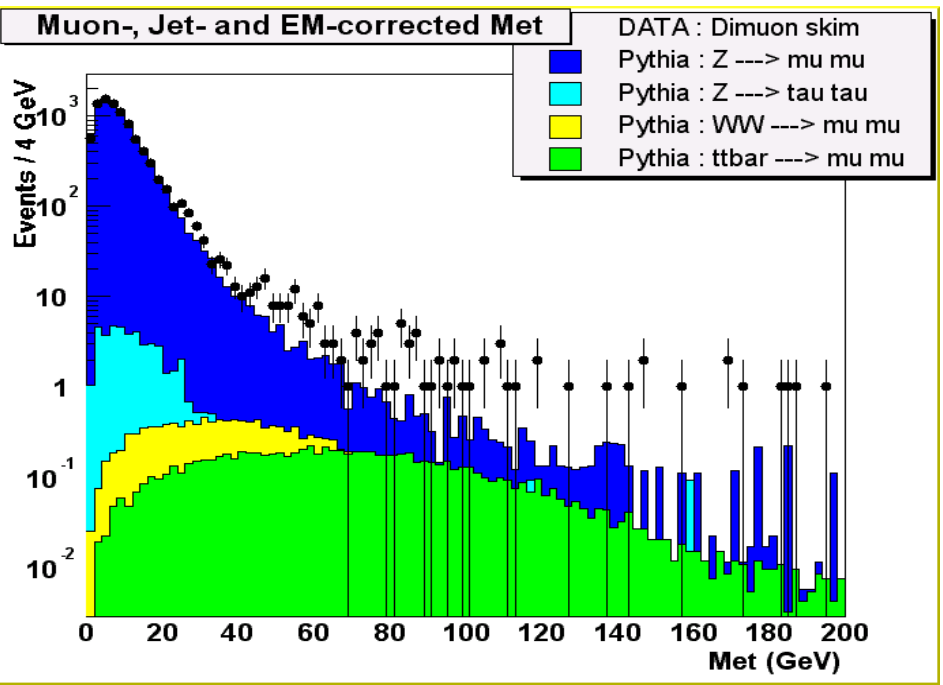
Missing Et

Variable importante pour reveler la presence de particules neutres, non-interagissantes (ν et χ^0 dans evenements top et SUSY)

$$\text{MET}_{X,Y} = - \sum E(\text{calo.})_{X,Y}$$

- Jet-Energy (hadronic) correction :
 $\text{Met} = \text{Met} + (\text{JE} - \text{JE}(\text{calo.}))$
- Electron (EM) correction :
 $\text{Met} = \text{Met} + (\text{EM} - \text{EM}(\text{calo.}))$





- Correction :
$$\text{Met} = \text{Met} - \text{Pt}(\mu) + \text{Eloss}(\mu)$$

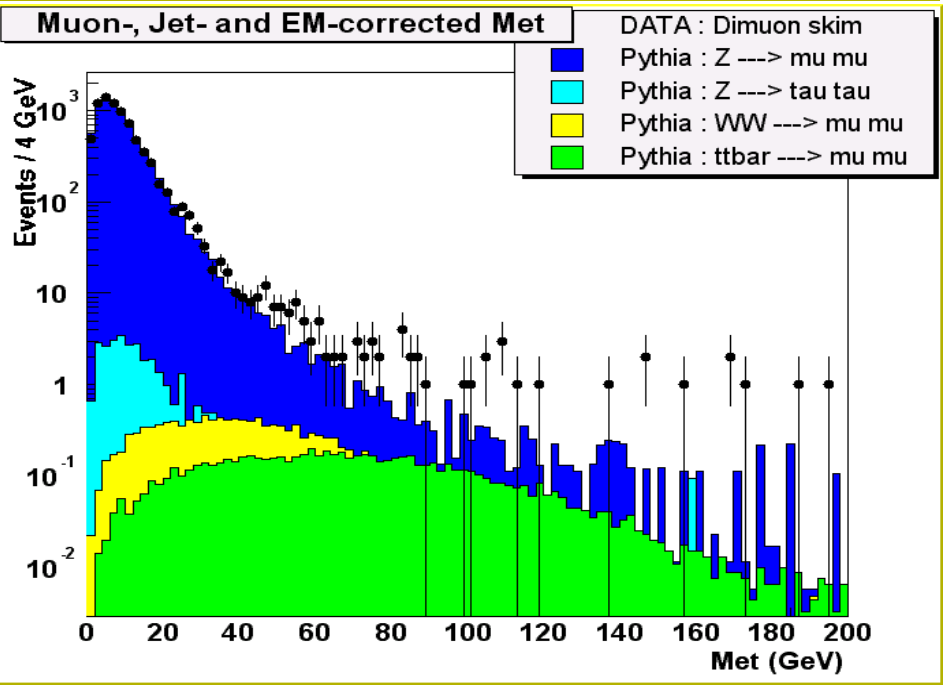
Medium($\mu 1, \mu 2$)

Central($\mu 1, \mu 2$)

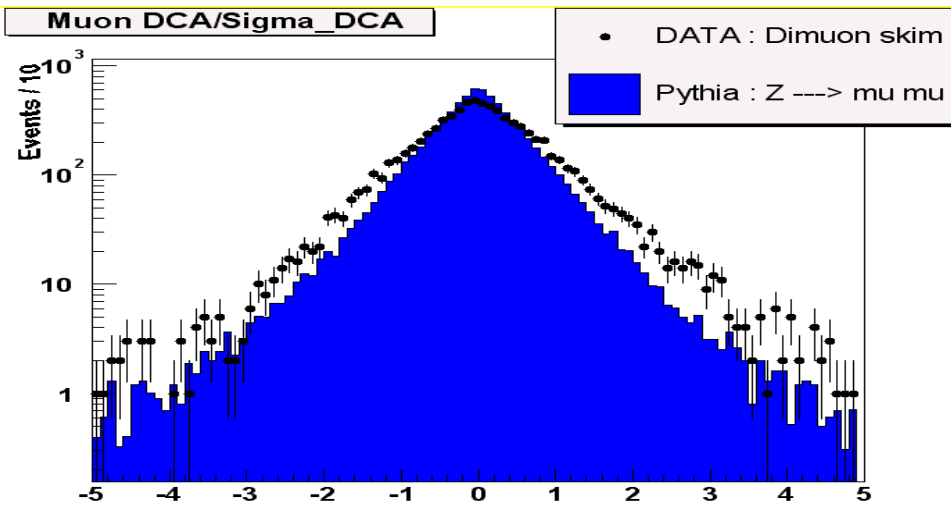
$\text{Pt}(\mu 1) > 20 \text{ GeV}/c$

$\text{Pt}(\mu 2) > 12 \text{ GeV}/c$

$\sum_{\text{cone}(\mu 1)} \text{Pt}(\text{traces})/\text{Pt} < 0.12$



+ $|\text{DCA}/\sigma_{\text{DCA}}(\mu 1 \text{ OU } \mu 2)| < 1.1$



Efficacites MC (%)

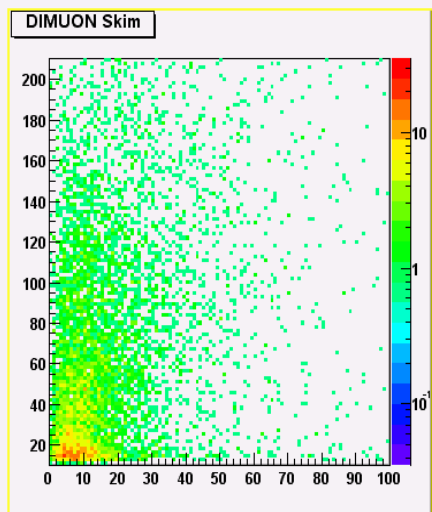
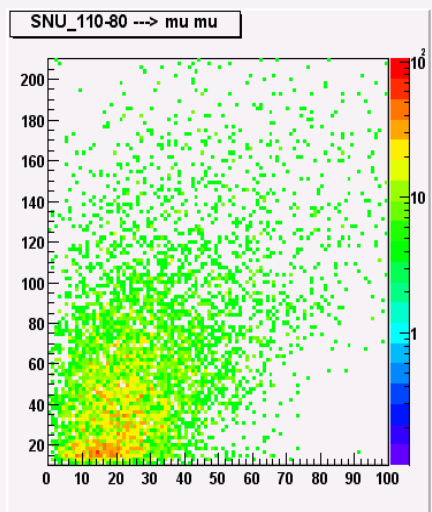
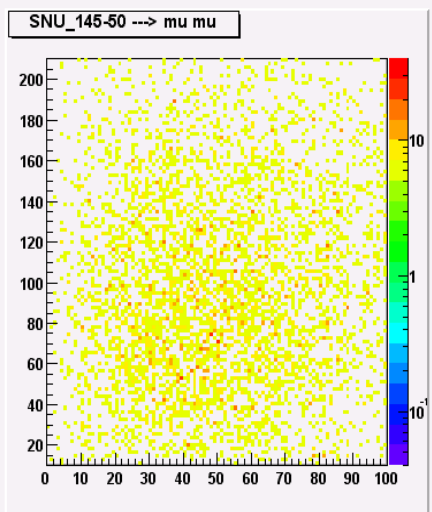
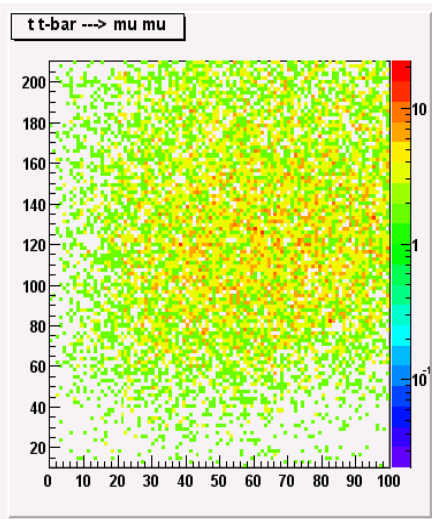
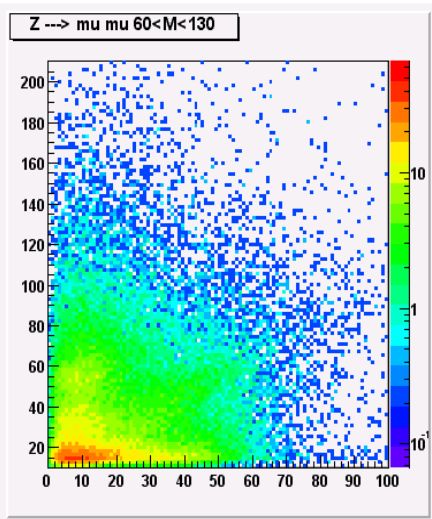
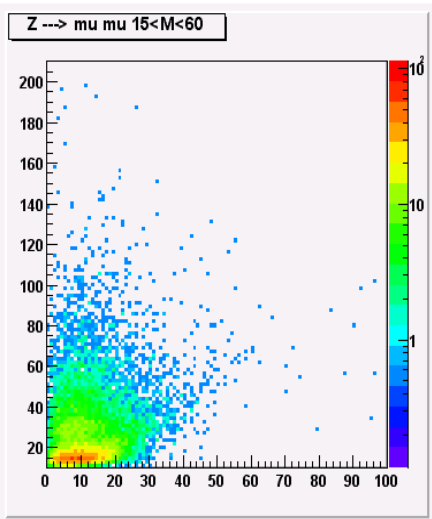
	Z $\rightarrow\mu\mu$	t $\bar{t}\rightarrow\mu\mu$	SNU_145-50	SNU_110-80
N(μ) ≥ 2	38.63 \pm 0.15	84.23 \pm 0.84	83.45 \pm 1.50	76.27 \pm 1.27
Medium($\mu 1, \mu 2$)	31.58 \pm 0.13	64.41 \pm 0.69	64.12 \pm 1.25	55.93 \pm 1.03
Central($\mu 1, \mu 2$)	34.05 \pm 0.14	76.97 \pm 0.79	75.23 \pm 1.39	67.49 \pm 1.17
pT($\mu 1, \mu 2$) $> 20, 12$ GeV/c	18.37 \pm 0.07	68.94 \pm 0.73	64.00 \pm 1.30	20.74 \pm 0.60
$\Sigma_{\text{cone}(\mu 1)} \text{Pt}(\text{traces})/\text{Pt}$ < 0.12	72.35 \pm 0.24	86.86 \pm 0.86	88.45 \pm 1.57	75.14 \pm 1.26
SMThit($\mu 1, \mu 2$) ≥ 1	30.64 \pm 0.13	66.15 \pm 0.71	64.83 \pm 1.26	58.64 \pm 1.06
DCA/ $\sigma_{\text{DCA}}(\mu 1 \text{ ou } 2) < 1.1$	34.24 \pm 0.14	66.71 \pm 0.71	68.23 \pm 1.30	64.73 \pm 1.14
no-cosmic($\mu 1$)	79.40 \pm 0.25	96.79 \pm 0.93	96.51 \pm 1.67	96.11 \pm 1.51
2 jets certifies	6.93 \pm 0.05	92.19 \pm 0.90	83.12 \pm 1.50	57.97 \pm 1.06
Coupures de qualite	1.36 \pm 0.02	30.31 \pm 0.42	27.38 \pm 0.72	4.53 \pm 0.24

Caractérisation du signal

Variables cinématiques

$\Sigma_{\text{jets}} Pt(j) \text{ vs Met}$

Coupure : $\Sigma Pt > -(11/8)Met + 120$



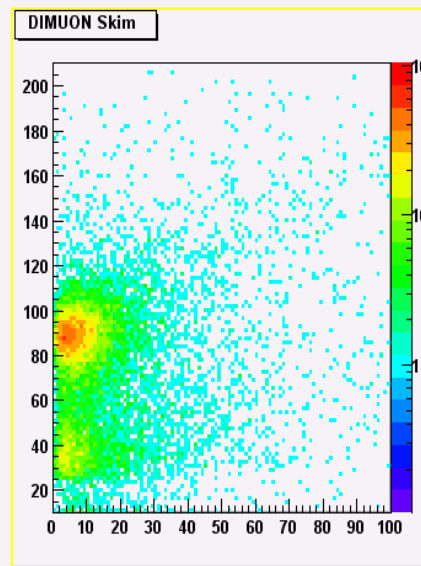
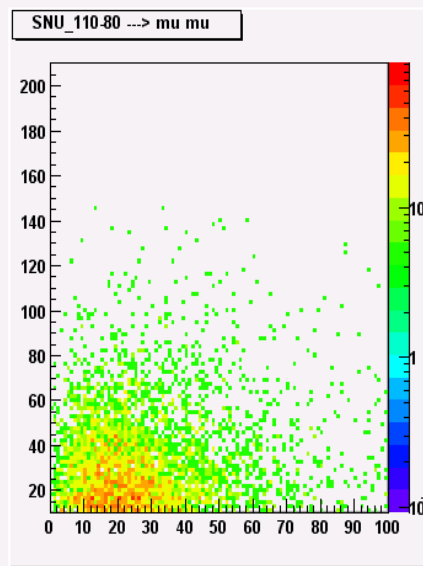
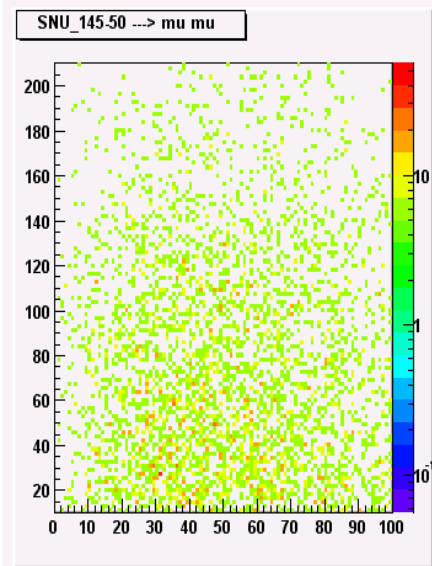
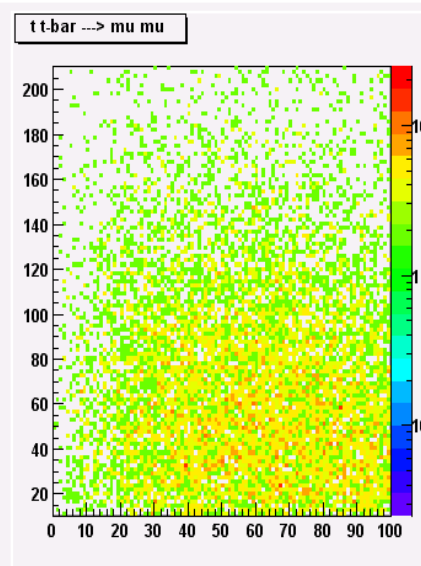
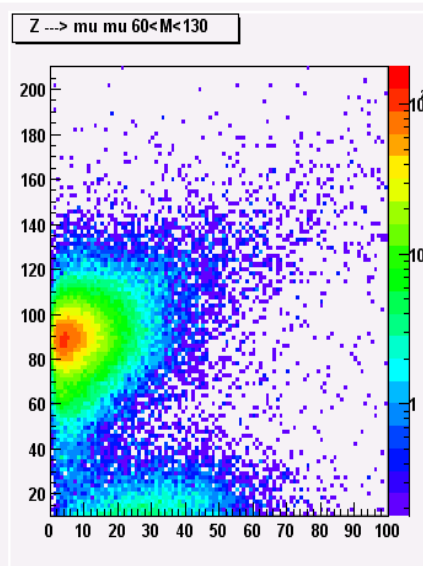
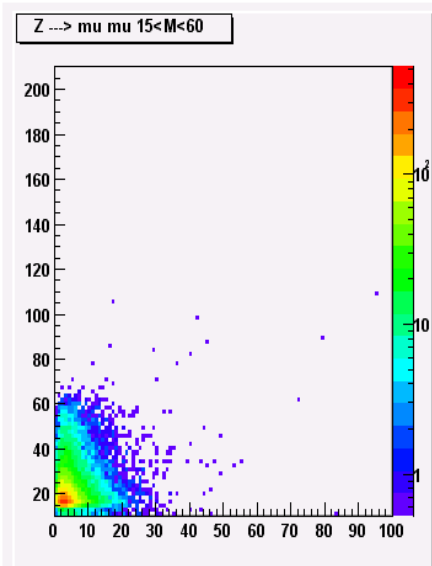
$\epsilon(Z) = (9.0 \pm 0.1)\%$
 $\epsilon(\text{top}) = (95.7 \pm 0.9)\%$

SNU :
 $\epsilon(145-50) = (83.1 \pm 1.5)\%$
 $\epsilon(110-80) = (35.3 \pm 0.8)\%$

Bonne suppression du Z
Pas de suppression top
Situation délicate pour
SNU_110-80

$M(\mu\mu)$ vs Met

Coupires : $M < (4/3)\text{Met} + 42$



$Pt(\mu 1) > 20 \text{ GeV}/c$

$Pt(\mu 2) > 12 \text{ GeV}/c$

$\text{Cone_rat}(\mu 1) < 0.12$

$\epsilon(Z) = (3.5 \pm 0.1)\%$

$\epsilon(\text{top}) = (48.0 \pm 0.6)\%$

SNU :

$\epsilon(145-50) = (40.5 \pm 0.9)\%$

$\epsilon(110-80) = (14.6 \pm 0.5)\%$

Bonne suppression du Z

Pas de suppression du top

SNU_145-50 : pas si bien

Situation delicate pour

SNU_110-80

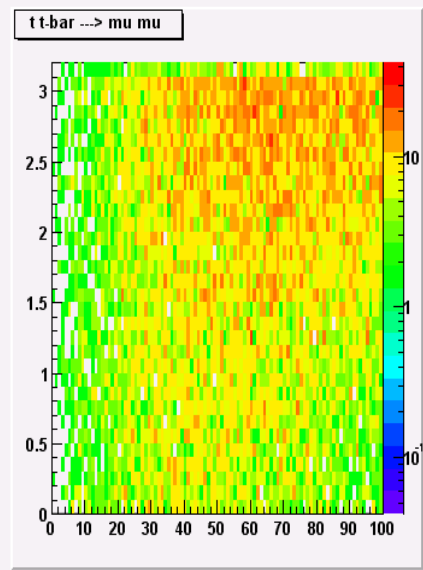
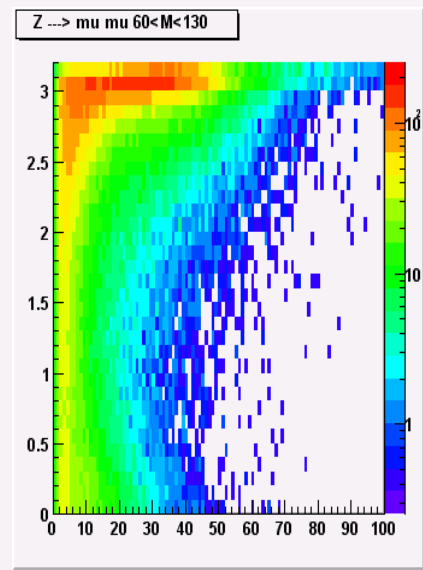
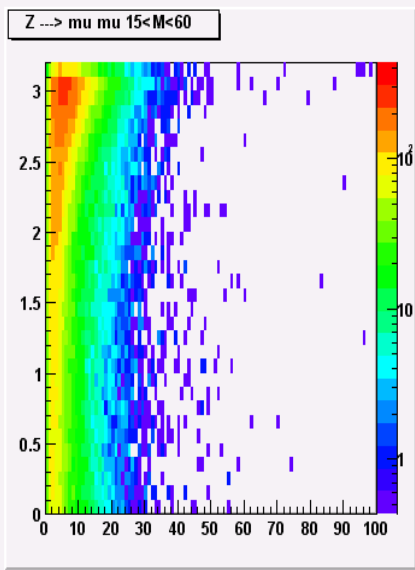


Variables cinématiques-topologiques

$(\phi_{\mu 1} - \phi_{\text{Met}})$ vs Met

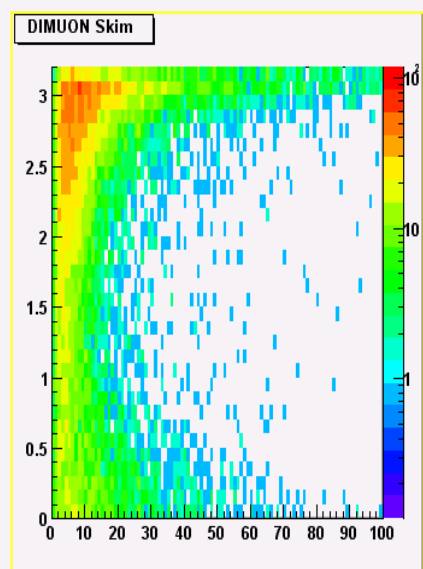
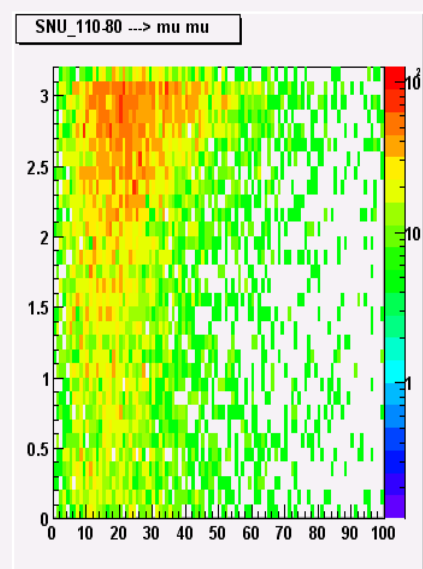
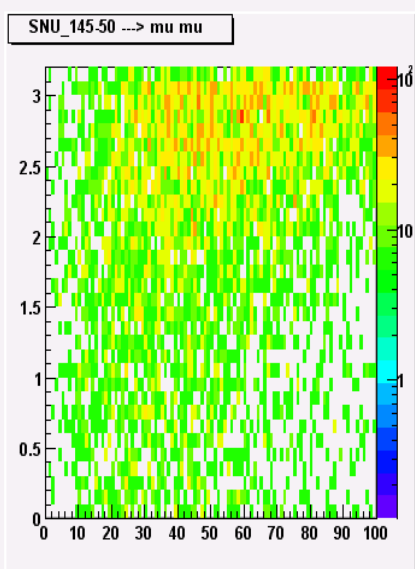
Coupages : $\Delta\phi < -8/(\text{Met}-7.5) + 3.2$

Met > 10 GeV



$\epsilon(Z) = (16.2 \pm 0.1)\%$
 $\epsilon(\text{top}) = (93.8 \pm 0.9)\%$

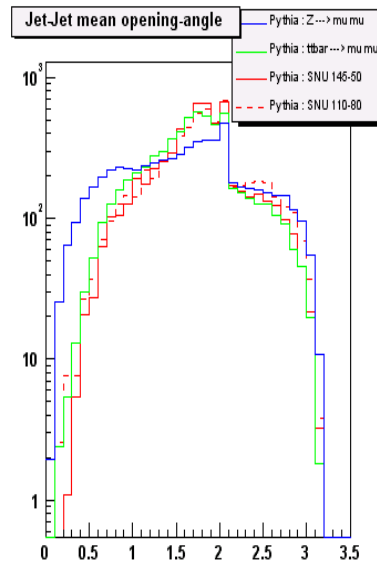
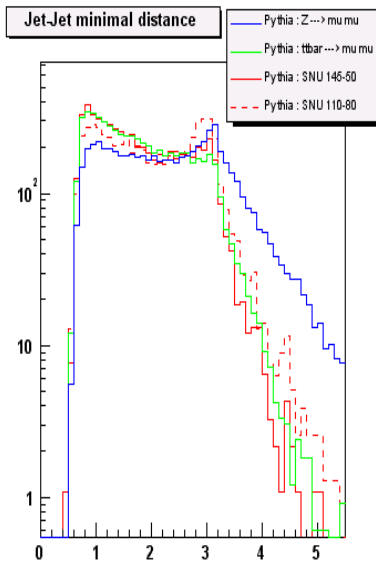
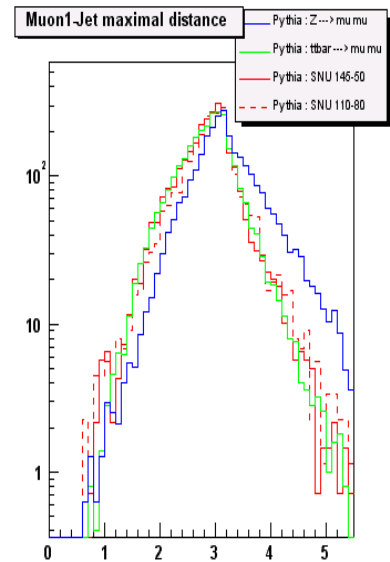
SNU :
 $\epsilon(145-50) = (88.8 \pm 1.6)\%$
 $\epsilon(110-80) = (66.2 \pm 1.2)\%$



~ Bonne suppression du Z
Pas de suppression du top

Intéressant :
---> suppression du Z^0
---> pas de coupure jet :
signal maximum

Variables topologiques



b-tagging :

$JLIP(j1) < 0.72$

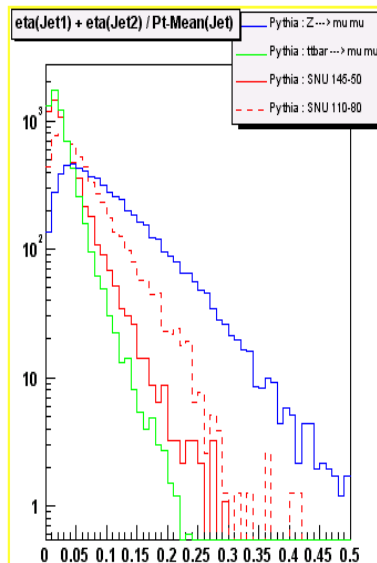
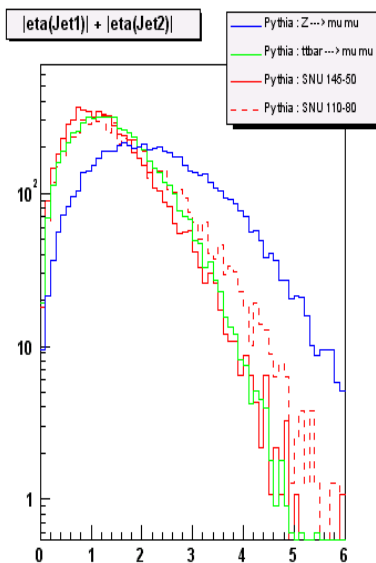
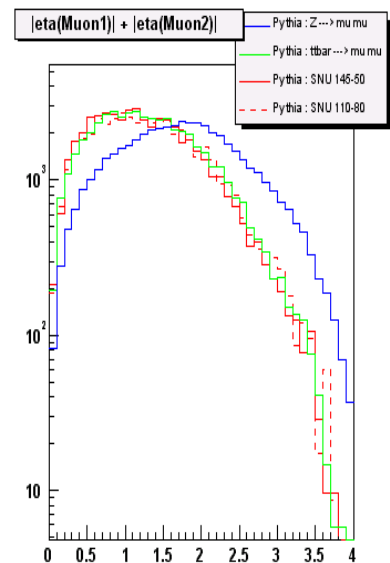
$\epsilon(Z) = 5.9\%$

$\epsilon(\text{top}) = 75.8\%$

SNU :

$\epsilon(145-50) = 66.8\%$

$\epsilon(110-80) = 50.1\%$



$\eta/Pt =$

$|\eta(j1)| + |\eta(j2)| / Pt\text{-mean(jet)} < 0.2$

$\epsilon(Z) = (5.9 \pm 0.1)\%$

$\epsilon(\text{top}) = (92.1 \pm 0.9)\%$

SNU :

$\epsilon(145-50) = (82.8 \pm 1.5)\%$

$\epsilon(110-80) = (56.9 \pm 1.0)\%$

Bonne suppression du Z

Pas de suppression du top

Variables topologiques (mieux) utilisables dans une approche multi-variable



Luminosite et signification statistique (SNU_145-50)

- Supprimer seulement le Z^0
- Supposer efficacite de 100% pour : trigger, tracking,...
- Pour $\mathcal{L} = 200\text{pb}^{-1}$:

CUTS :	$N_{\text{SNU}_{145-50}}$	$N_{\text{SNU}_{110-80}}$	Sig[σ]	$\mathcal{L}(\text{Sig.}=3)[\text{fb}^{-1}]$
Coupures qualites	16.4	11.8	0.54	6.3
+ $\Sigma_{\text{jets}} \text{Pt}(j) \text{ vs Met}$	14.1	5.7	0.64	4.4
Bien pour SNU_145-50				
M($\mu\mu$) vs Met	10.4	9.6	0.54	6.3
Supprime trop de signal				
70 > M($\mu\mu$) > 110	11.8	9.6	0.60	4.9
($\phi_{\mu 1} - \phi_{\text{Met}}$) vs Met	14.3	8.3	0.61	4.9
Bien pour SNU_145-50				
$\eta/\text{Pt} < 0.2$	16.4	11.5	0.73	3.4
Bien pour SNU_145-50 & SNU_110-80				

Supposant des analyses similaires (pessimiste) +(2e 2j Met)+(e μ 2j Met)

x 4 x 4 x 2 / 4

Conclusions

- Bon accord Donnees \leftrightarrow MC :
 - $M(\mu\mu)$, $Pt(\mu 1, \mu 2)$
 - Multiplicite, energie (Jet)
 - Met
- Coupures de qualite :
 - $\varepsilon(\text{SNU}_{145-50}) = (27.38 \pm 0.72)\%$ $\sigma \sim 0.3\text{pb}$
 - $\varepsilon(\text{SNU}_{110-80}) = (4.53 \pm 0.24)\%$ $\sigma \sim 1.3\text{pb}$
- Separation signal/bruit :
 - Defi de cette analyse : $Z^0 < \text{SNU}_{110-80} < \text{SNU}_{145-50} < \text{top} !$
 - Pas de suppression top pour l'instant, **Bonne suppression du Z^0** ,
 - Coupure η/Pt : bonne pour les 2 "directions" susy,
 - Optimisation (degradation) SNU_{145-50} (SNU_{110-80}) avec coupures $\Sigma Pt(j)$ - and $\Delta\phi$ - vs Met,
 - **Analyse mutli-variable** (Estimation de densites de probabilites PDE, ...)
- Suite : efficacites, sections efficaces...