

# Mesure de la section efficace de production de paires $t\bar{t}$ au démarrage: méthode avec détection des muons secondaires

N. Beaupère, D. Boumediene, R. Chierici,  
F. Fassi, T. Le Grand, S. Perries, V. Sordini, S. Tosi

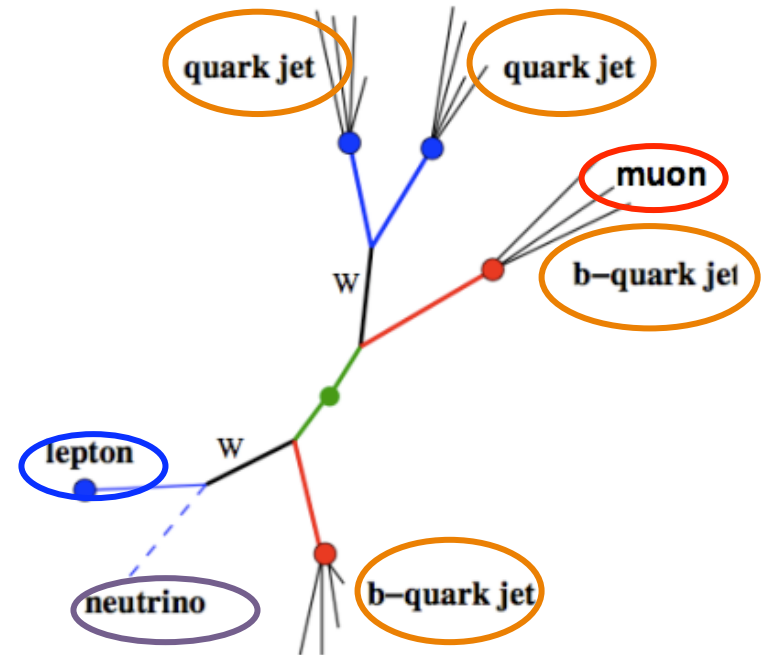
I.P.N. Lyon

# Plan

- Motivations
- Echantillons utilisés
- Sélection des évènements
- Erreurs systématiques
- Résumé et perspectives

# Motivations

- Mesure de la section efficace de production de paires  $t\bar{t}$  effectuée dans plusieurs canaux
- **Canal semi-muonique**
  - $W_1 \rightarrow \mu \nu, W_2 \rightarrow q \bar{q}$
- Mise en place d'une analyse de cross-check sans le  $b$ -tagging:
  - Une analyse pensée pour le **démarrage**
  - Stratégie alternative pour enrichir l'échantillons de jets  $b$
  - Chercher des **muons secondaires dans les jets**:  $BR(b \rightarrow \mu X) \sim 19\%$



- Les événements de signal ont
  - un **muon isolé**,
  - (au moins) un **muon non isolé**
  - au moins 4 **jets**
  - de l'énergie manquante
- Utilisation de variables discriminantes robustes pour le démarrage

# Echantillons utilisés

Tous à 7 TeV

- Signal:

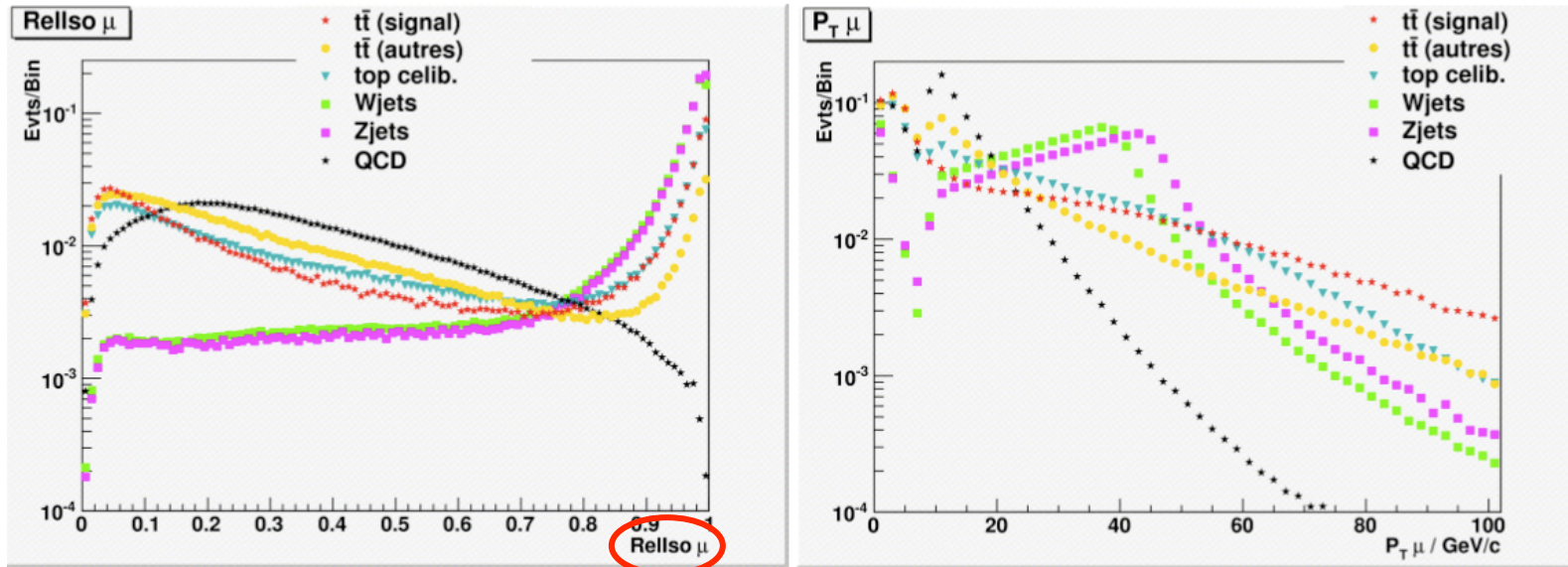
Processus	Section efficace	Évènements MC
tt+jets (MadGraph)	165 pb	$10^6$

- Bruits de fond:

Processus	Section efficace	Évènements MC
Single top (3 canaux) (MadGraph)	80 pb	$1.5 \cdot 10^6$
W+jets (MadGraph)	28000 pb	$10^7$
Z/ $\gamma^*$ +jets (MadGraph)	2800 pb	$10^6$
WW/WZ/ZZ + jets (MadGraph)	5 pb	$3 \cdot 10^5$
Wc, Wcc, Zcc, Wbb, Zbb (MadGraph)	640 pb	$4 \cdot 10^6$
QCD $\mu$ enriched (Pythia)	0.1 $\mu$ b	$6 \cdot 10^6$

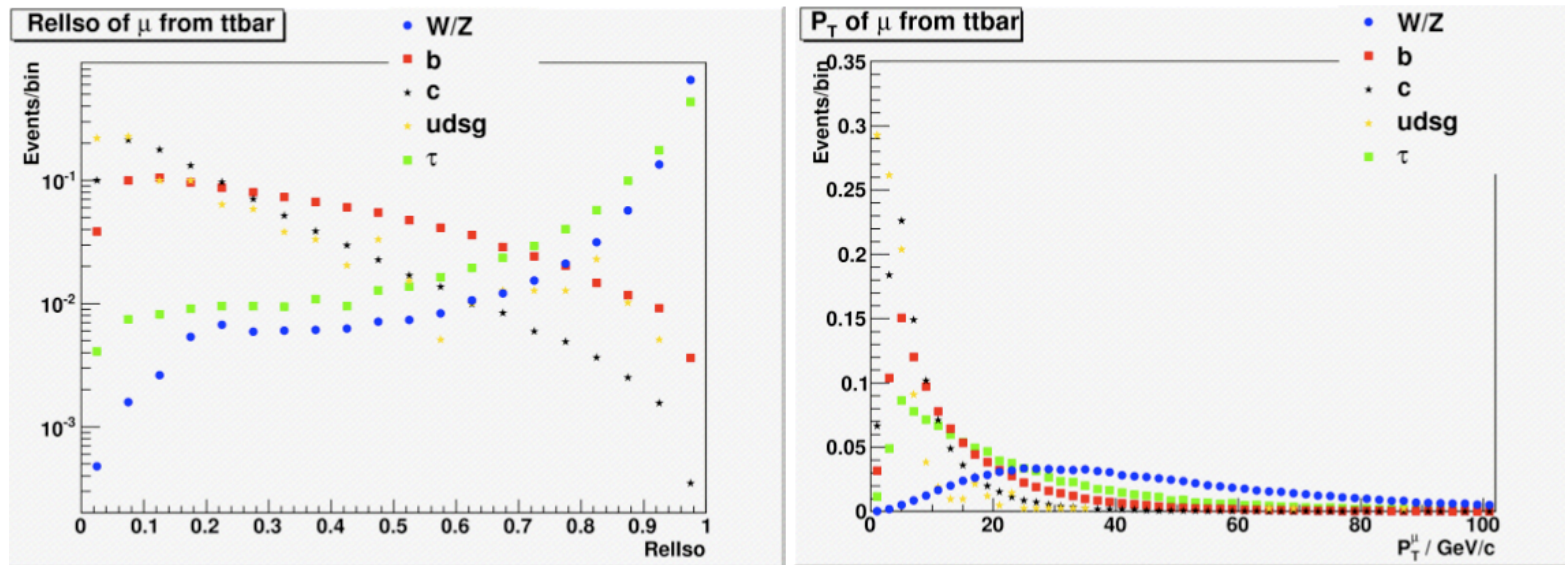
# Sélection des muons

Muons: par dataset

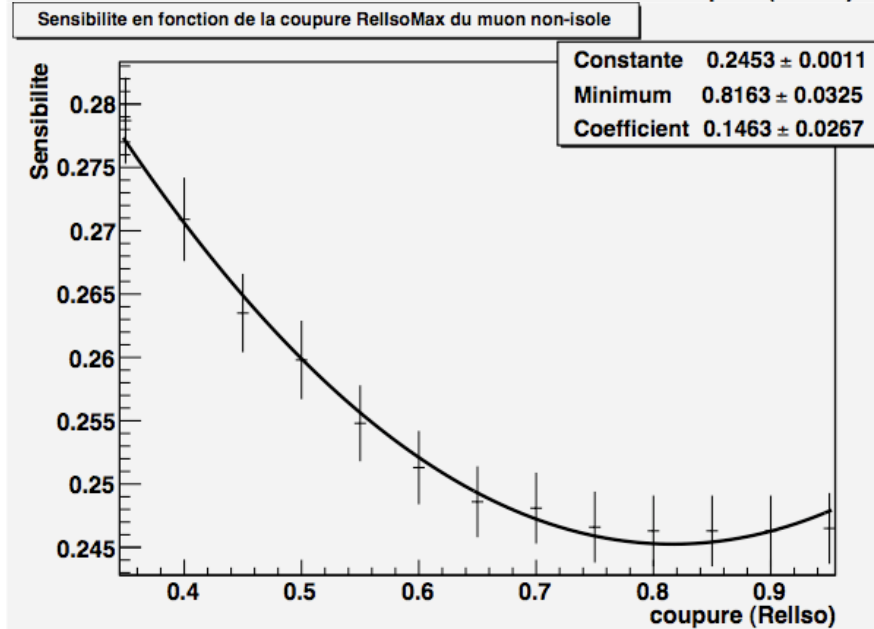
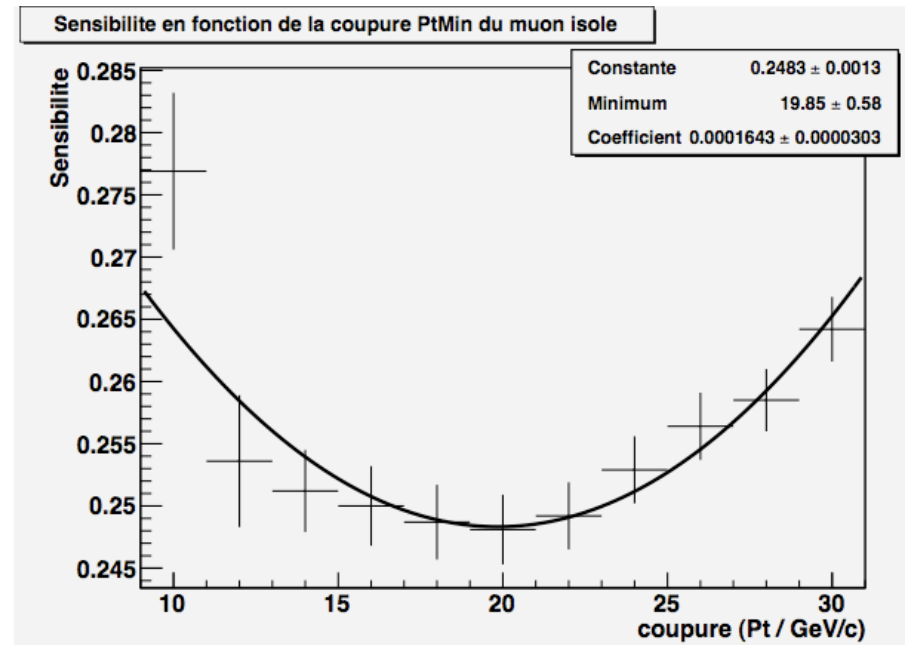
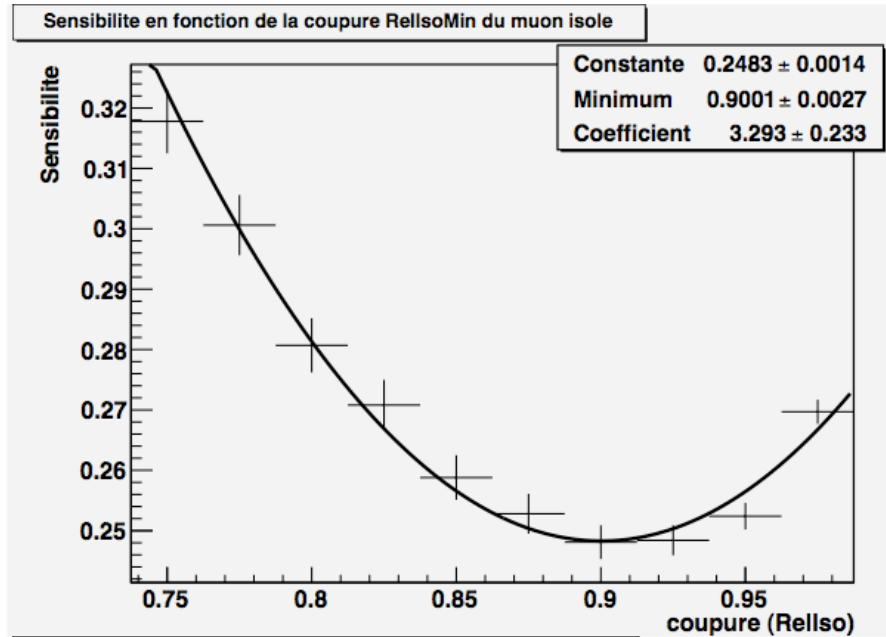


Muons: par origine

Rellso: dépôt d'énergie relative dans un cône d'aperture R=0.3



# Détermination des coupures sur les muons

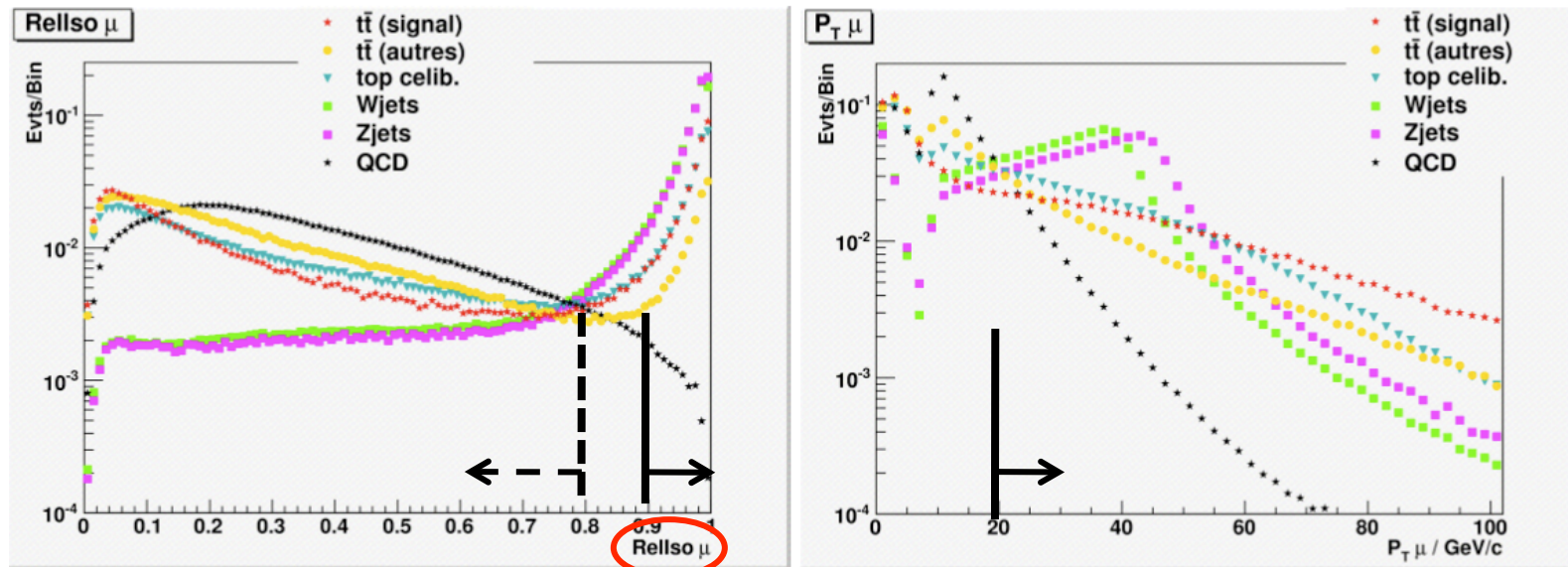


Choix des coupures:  
Valeur minimale de  $\sqrt{(S+B)/S}$   
S=n. d'évènements de signal  
B=n. d'évènements de fond

Sélection: muon non isolé:  $Rellso < 0.8$   
muon isolé:  $Rellso > 0.9, p_T > 20$

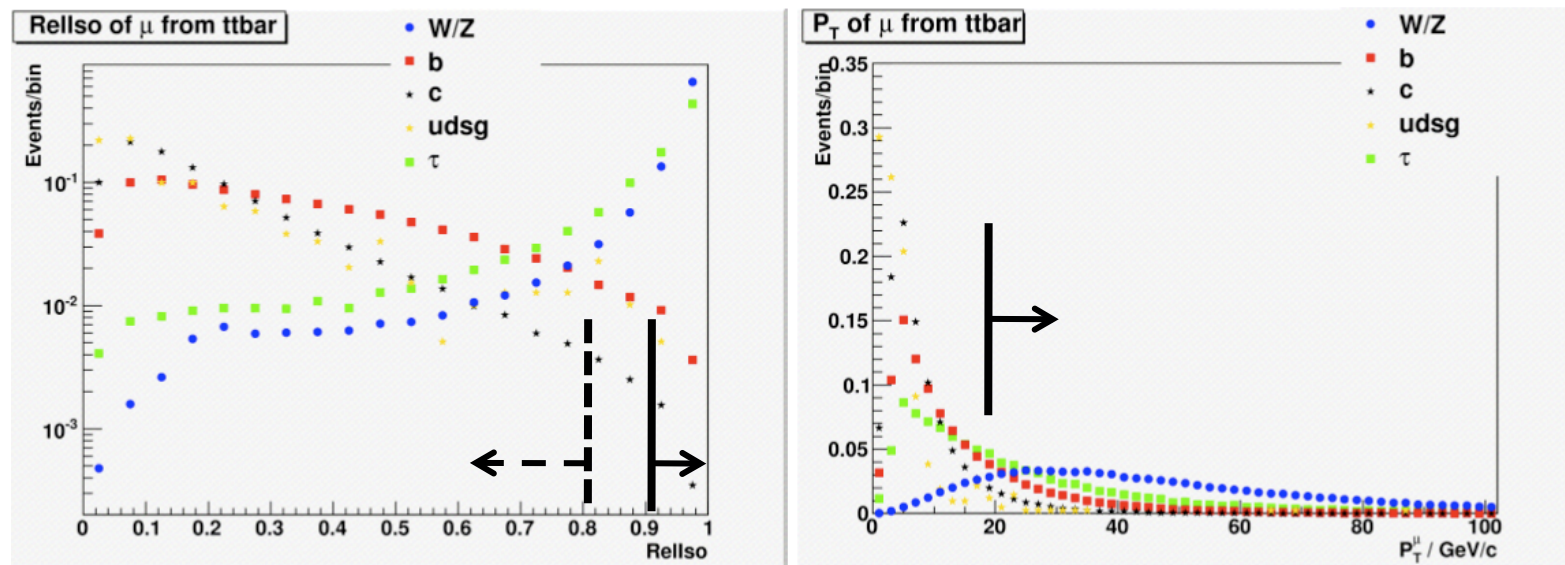
# Sélection des muons (II)

Muons: par dataset

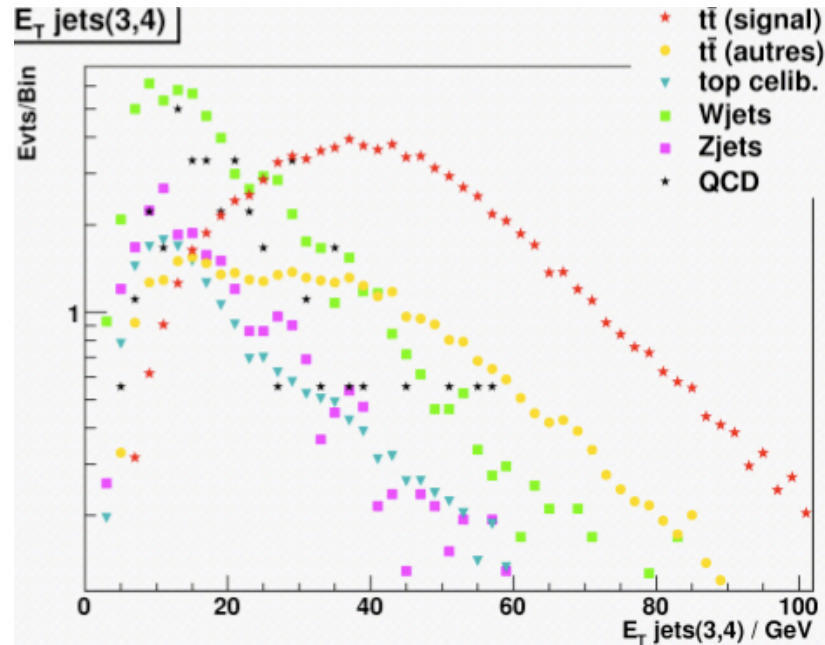
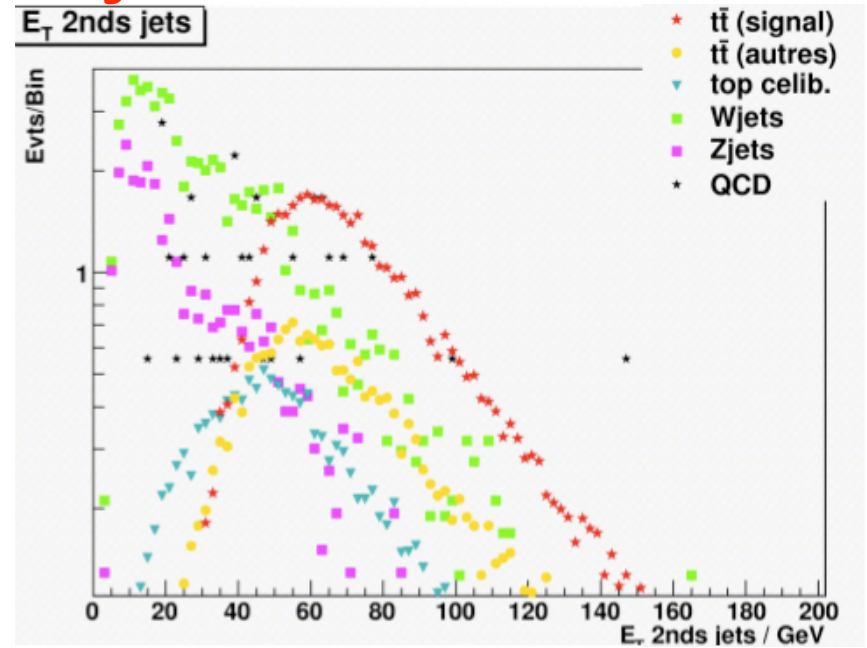
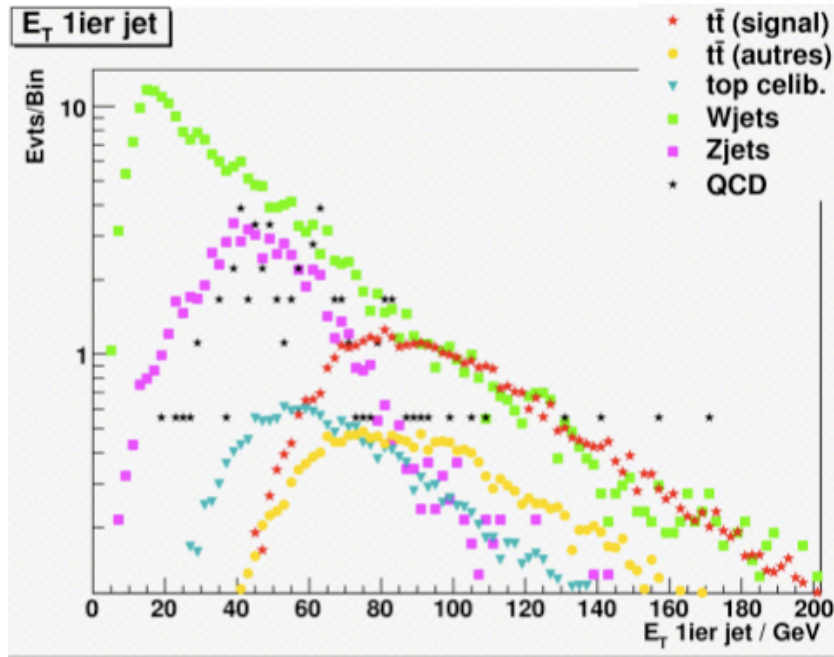


Muons: par origine

Rellso: dépôt d'énergie relative dans un cône d'aperture R=0.3



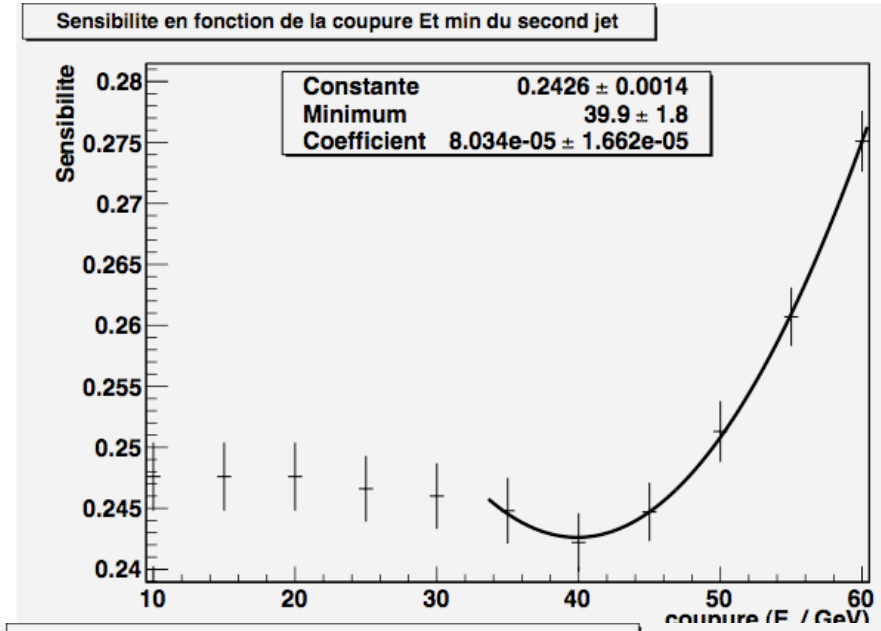
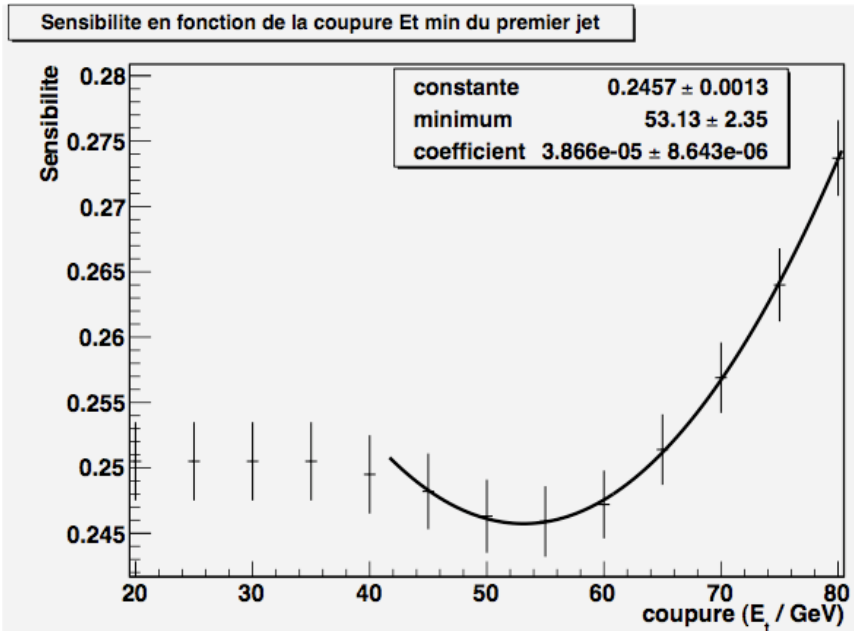
# Sélection des jets



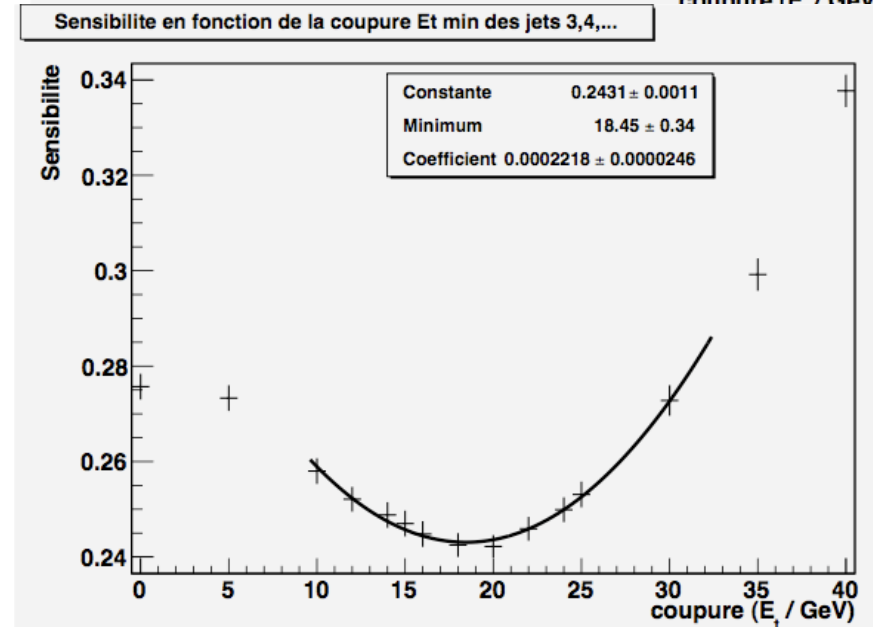
*Coupires sur les muons  
déjà appliquées partout*



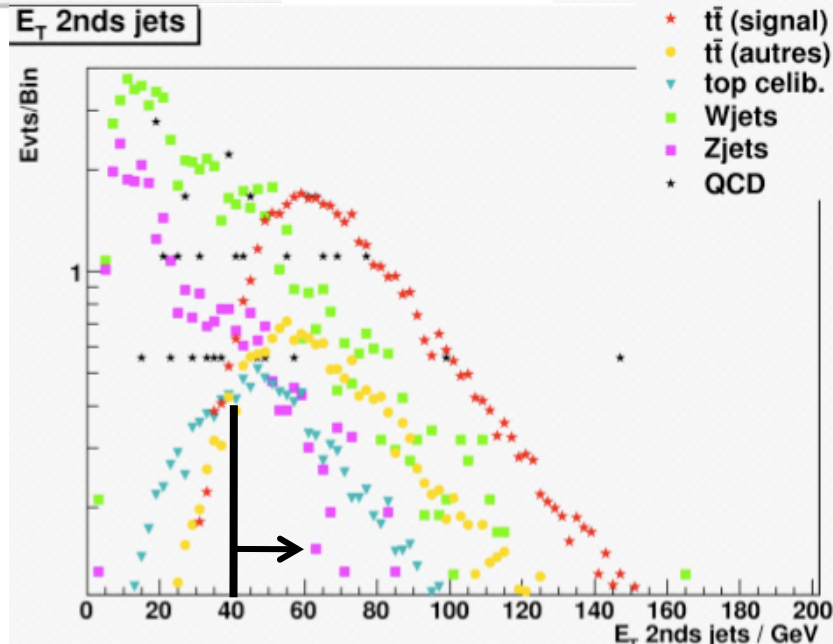
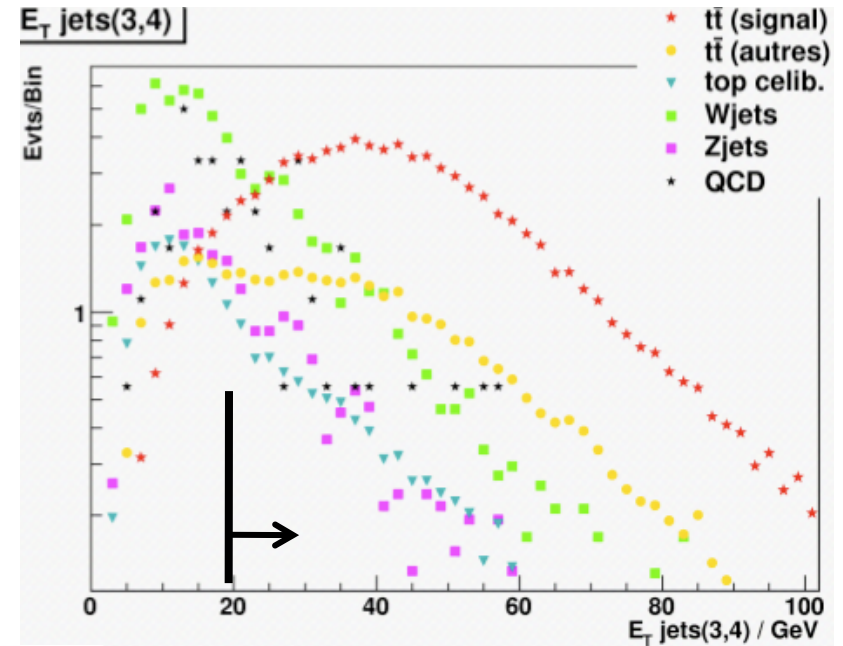
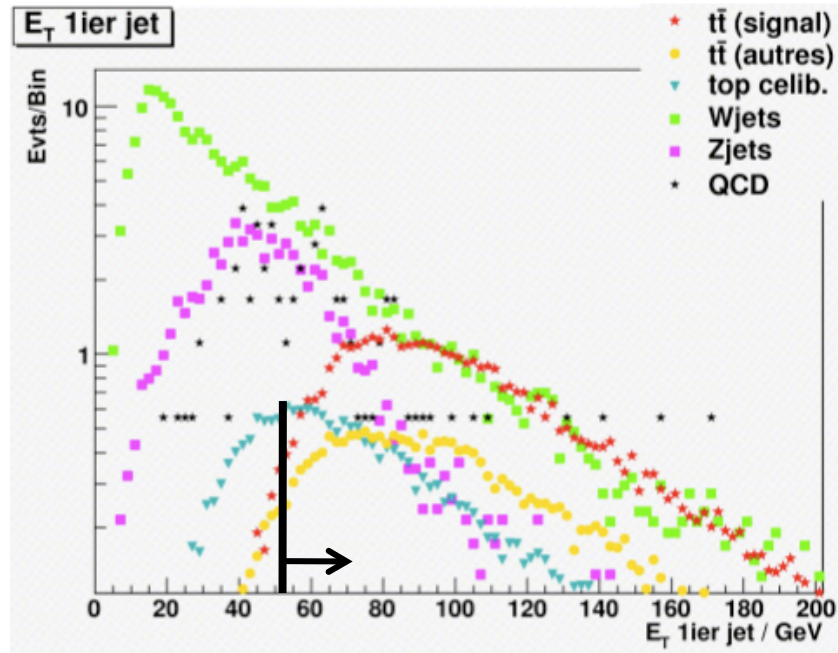
# Détermination des coupures sur les jets



$E_T(\text{jet1}) > 53 \text{ GeV}$   
 $E_T(\text{jet2}) > 40 \text{ GeV}$   
 $E_T(\text{autres jets}) > 18 \text{ GeV}$



# Sélection des jets (II)



*Coupures sur les muons déjà appliquées partout*

# Résumé: sélection des évènements

- Trigger: HLT\_Mu9
  - Au moins un muon (isolé ou pas) avec  $p_T > 9$  GeV
- **Un muon isolé:**
  - globalMuon;  $p_T > 20$  GeV,  $|\eta| < 2.5$ , significane du paramètre d'impact  $< 3$ ,  $n(\text{hits}) > 10$ ,  $\chi^2 < 10$ ,  $\text{rellso} > 0.9$ ,  $E(\text{em,veto}) < 4$ ,  $E(\text{had,veto}) > 6$
- Au moins **un muon non isolé:**
  - globalMuon;  $|\eta| < 2.5$ ,  $n(\text{hits}) > 10$ ,  $\chi^2 < 10$ ,  $\text{rellso} < 0.8$
- **Veto d'électrons:** 0 électrons *tight* et *loose*
  - Tight: GSFElectron,  $p_T > 30$ ,  $|\eta| < 2.5$ ,  $\text{eidRobustTight}$ ,  $\text{rellso} > 0.9$
  - Loose: GSFElectron,  $p_T > 15$ ,  $|\eta| < 2.5$ ,  $\text{rellso} > 0.8$
- **Au moins 4 jets** avec  $|\eta| < 2.4$ :
  - $E_T(\text{jet1}) > 53$  GeV;  $E_T(\text{jet2}) > 40$  GeV;  $E_T(\text{autres jets}) > 18$  GeV
- **Veto Z:**
  - $|m(\mu\mu) - m(Z)| > 5 * \sigma(m(Z))$

# Efficacité et évènements attendus

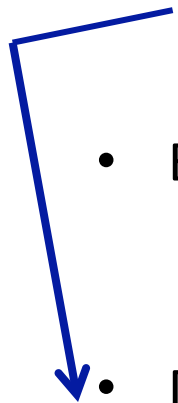
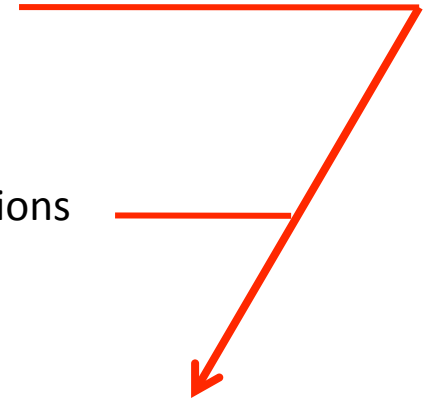
- Les coupures sélectionnent **(2.33 ± 0.03)%** des évènements ttbar:
  - BR( $W \rightarrow \mu\nu$ ) et BR( $b \rightarrow \mu X$ ) inclus
- Évènements attendus avec 10 et 20 pb<sup>-1</sup> de données à 7 TeV:

	Évènements avec 10 pb <sup>-1</sup>	Évènements avec 20 pb <sup>-1</sup>
S	32.36±0.19	64.7±0.4
Autres tt	9.60±0.10	19.21±0.21
W	9.3±0.5	18.5±1.0
Z	1.45±0.19	2.9±0.4
QCD	4.9±1.1	9.8±2.2
Single top	3.77±0.06	7.5±0.1
Autres	0.26±0.06	0.5±0.1
B total	29.2±1.2	58.5±2.5
S/B	1.11±0.05	1.11±0.05
S/v(S+B)	4.12±0.04	5.83±0.06

- **Possibilité d'observer le signal à partir de 10-20 pb<sup>-1</sup>!**

# Etudes systématiques (I)

- Incertitudes systématiques peuvent affecter les prédictions
- Incertitudes **d'origine « instrumentale »**
  - Connaissance de l'échelle d'énergie des jets et des muons
  - Mesure de la luminosité
- Incertitudes **d'origine « théorique »**
  - Description de la radiation et de la fragmentation dans les simulations
  - Erreurs sur les calculs des sections efficaces



- Échantillons MC dédiés avec variation d'un paramètre à chaque fois
  - Selon les recommandations de la CMS Note 2005/01
- Détermination du fond résiduel à partir des données et des simulations dédiées.

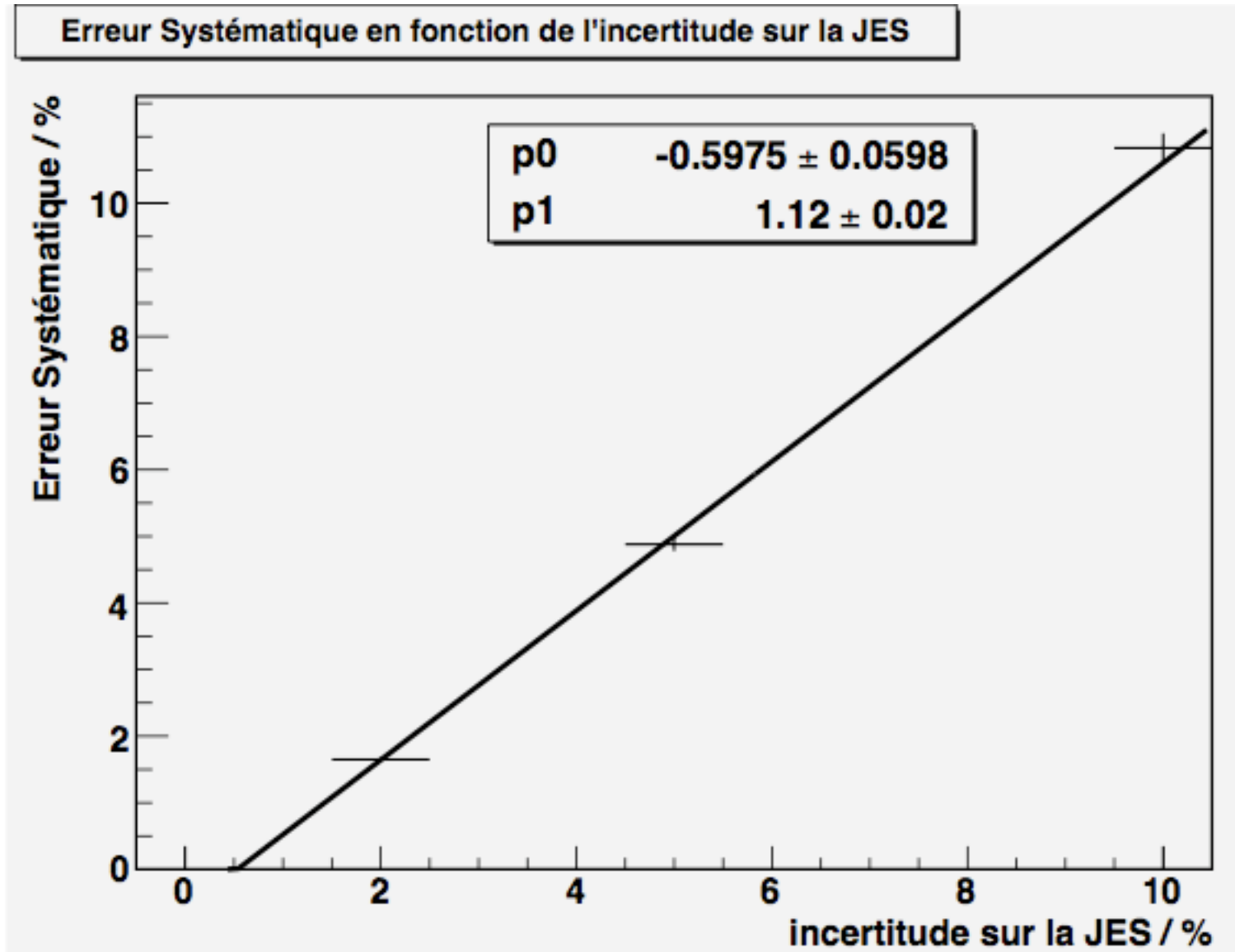
# Etudes systématiques (II)

- Jet energy scale (JES): variation de  $\pm 10\%$
- Muon energy scale: négligeable
- Echelle de  $Q^2$ : variation d'un facteur 4/0.25
- $\Lambda_{\text{QCD}}$ : variation de  $\pm 40\%$
- Fragmentation du  $b$ , Peterson function ( $\epsilon$ ) : variation de  $\pm 10\%$
- Luminosité:  $\pm 10\%$

Source	Variation (%)	Contribution a la systématique (%)
JES up	10.9	10.9
JES down	7.4	
$Q^2$ up	0.9	1.6
$Q^2$ down	1.6	
$\Lambda$ up	1.9	3.5
$\Lambda$ down	3.5	
$\epsilon$ up	1.5	1.5
$\epsilon$ down	1.5	
Lumi		10

- **Systématique totale : 15.4%**

- Possibilité que la jet energy scale soit connue mieux que au 10%
- Calibration de la dépendance de l'erreur systématique de la variation sur la JES



# Travaux en cours

- La requête de deux muons sélectionne un taux extrêmement bas d'évènements QCD ( $\sim 10^{-6}$ )
  - C'est bien, naturellement! ... mais...
  - ... on peut pas se fier uniquement des prédictions de la simulation
- Une méthode pour déterminer la contribution de QCD doit être développée.
  - La méthode ABCD (extrapolation des *sideband* de deux variables decorrelées) ne semble pas être applicable: trop basse statistique dans les *sidebands*
  - Alternative pour la détermination du *fake rate* des muons
    - Principale source de fond: désintégrations des mésons  $\pi$  et  $K$
    - Simulations d'évènements QCD enrichies en muons
    - Problème principal : statistique limitée aussi dans les simulations...



# Conclusions

- Une méthode alternative pour la mesure de  $\sigma(t\bar{t})$  au démarrage du LHC a été mise en place
  - Pas de  $b$ -tagging
  - Recherche des muons secondaires dans les jets  $b$
- Les performances attendues sont comparables aux autres méthodes utilisées dans CMS.
- Possibilité d'observer le signal avec moins de  $20 \text{ pb}^{-1}$  de données à 7 TeV
- Erreurs attendues sur la section efficace:

**19% stat , 15% syst**