

# Détermination de la section efficace de production de paires de quarks top avec le détecteur ATLAS au LHC

## Monitoring du détecteur à pixels



Cécile Lapoire

Centre de Physique des Particules de Marseille

Sous la direction de A.Rozanov et L.Vacavant

Journées Rencontres Jeunes Chercheurs

1<sup>er</sup> Décembre 2008

Centre  
de Physique  
des Particules  
de Marseille

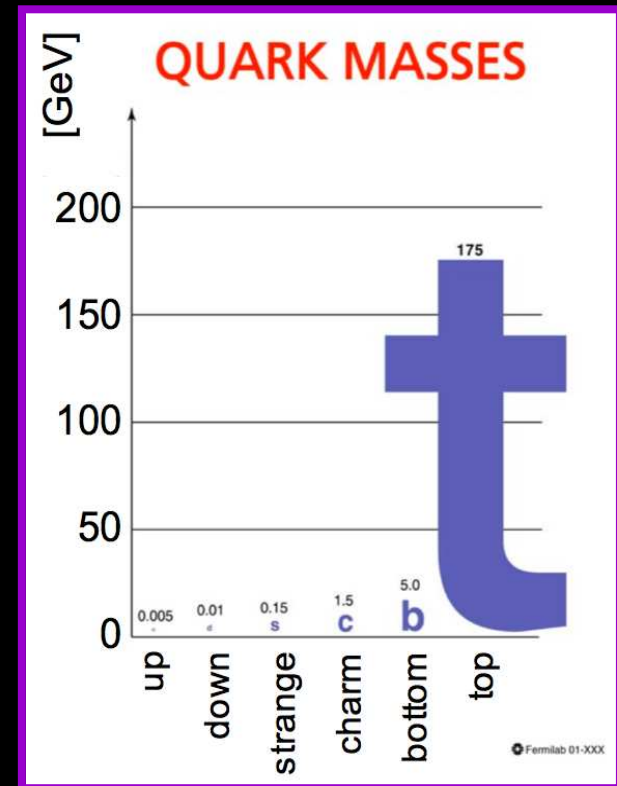
**CPPM**

# PLAN

- Introduction
  - Cadre théorique
  - Intérêts de l'étude de  $\sigma_{t\bar{t}}$
- Dispositif expérimental : LHC et ATLAS
- Monitoring du détecteur à pixels
  - Le détecteur
  - Monitoring
- Canal  $t\bar{t}$ 
  - Production au LHC
  - Choix du canal de désintégration
  - Analyse
- Conclusion : à faire prochainement

# Cadre Théorique

- Top du modèle standard
  - Très grande masse → temps de vie très petit
    - $M(t) = 171.2 \pm 2.1 \text{ GeV}/c^2$
    - $\tau(t) \sim 10^{-25} \text{ s}$
  - Rapport de branchement ( $t \rightarrow Wb$ ) = 0.98



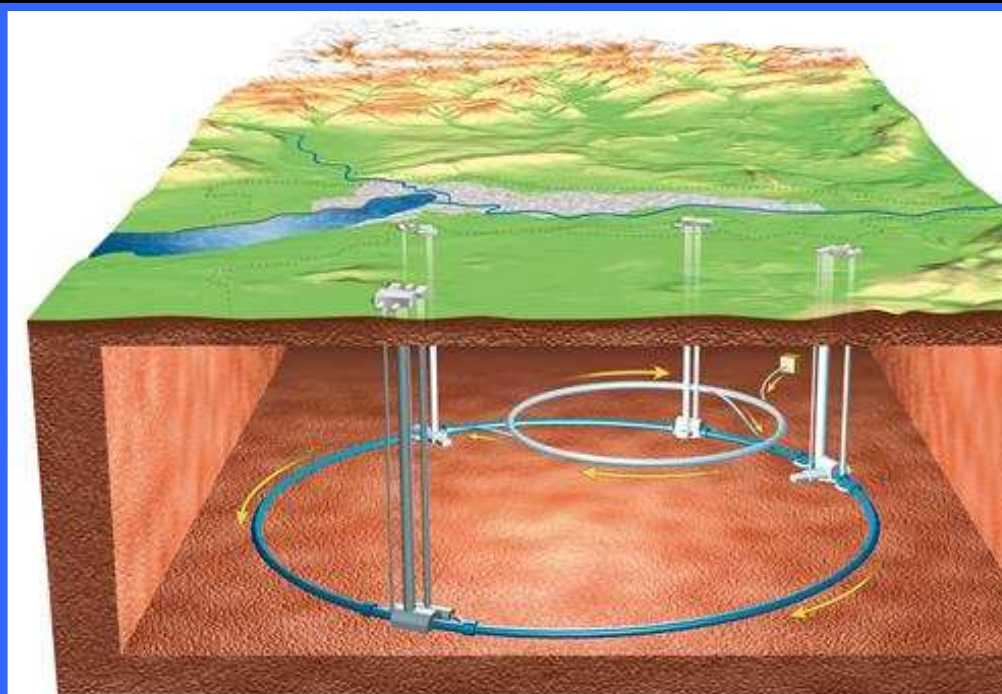
# Intérêt d'une mesure de précision de $\sigma_{t\bar{t}}$ au LHC

- 1 paire de top produite par seconde (à 14 TeV et à une luminosité de  $10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) :
  - Signal observable dès les premières données
  - Bruit de fond dominant à d'autres analyses (Single Top, Higgs ( $t\bar{t}H$ ,  $WH$ ,...), SUSY,...)
- Test de la théorie électrofaible :
  - Vérification de l'élément de matrice CKM ( $V_{tb}$ )
- Recherche de nouvelle physique :
  - Section efficace supérieure à la valeur attendue
    - Existence d'autres mécanismes de production de  $t\bar{t}$
  - BR ( $t \rightarrow Wb$ ) inférieur à la valeur attendue
    - Nouveaux mécanismes de désintégration :  $t \rightarrow H^+ + b$ ,  $t \rightarrow \tilde{t}$

# Dispositif expérimental

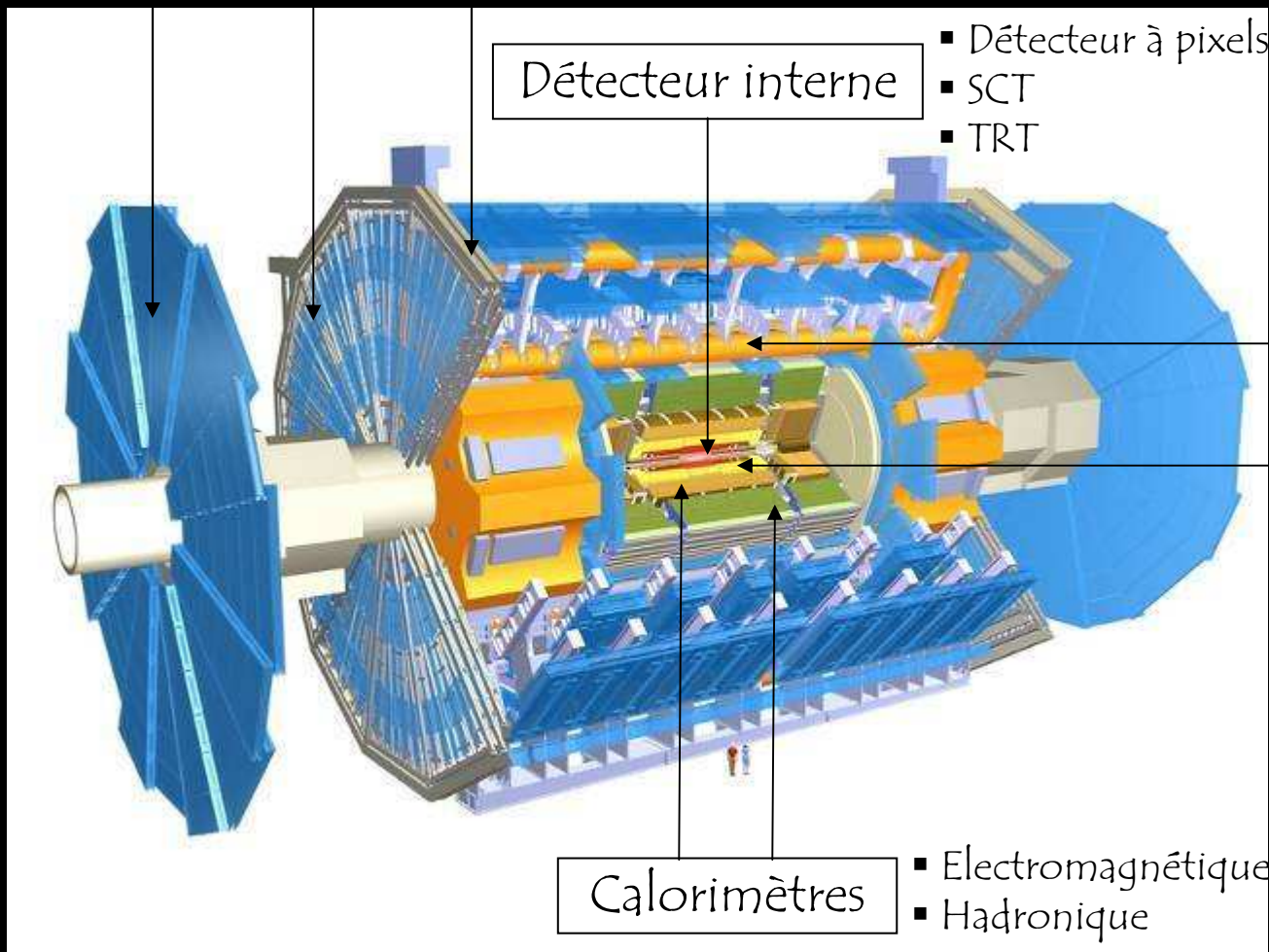
# Le LHC

- Collisionneur protons-protons
- 14 TeV au centre de masse
- 27 km de circonférence
- Fréquence des collisions : 40MHz
- 4 expériences : ALICE, ATLAS, CMS, LHCb
- Démarrage : prévu pour juillet 2009



# ATLAS (A Toroidal Lhc ApparatuS)

Chambres à muons



- 42 m de long
- 20 m de haut
- 7000 tonnes

Toroïde

Solenoïde

Luminosité

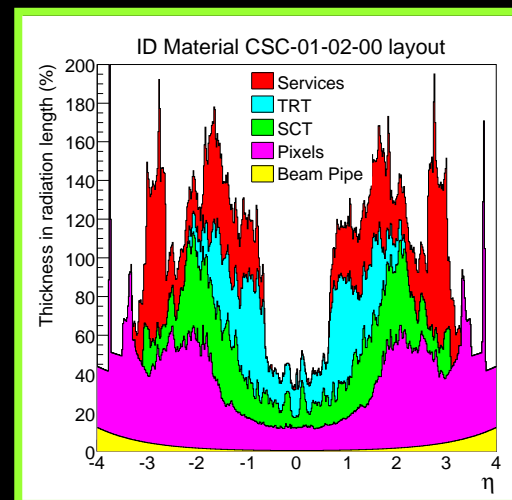
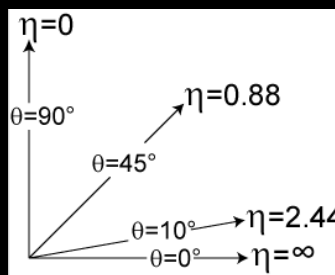
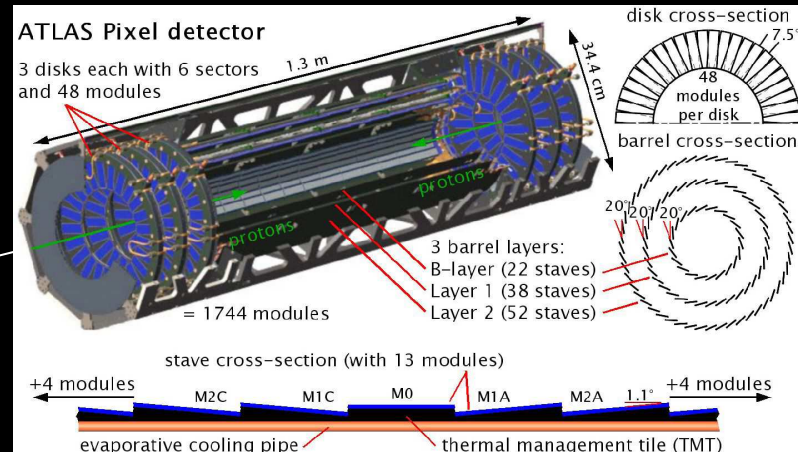
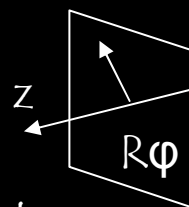
- $10^{33} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$  (3ans)
- $10^{34} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$

# Détecteur à pixels



# CARACTERISTIQUES

- Situé au plus près du point d'interaction
- Contraintes :
  - Résistant aux fortes radiations
  - Le plus transparent possible aux particules
- 3 couches concentriques
  - A 5.05, 8.85 et 12.25 cm de l'axe du faisceau
  - Constituées d'échelles (staves) formées de 13 modules
- 3 disques de chaque côté (48 modules chacun)
- 1744 modules au total



# DESCRIPTIF

- 80 363 520 de pixels de dimensions 50 ( $R\phi$ ) x 400 (z)  $\mu\text{m}$ 
  - 1 pixel = diode de détection (jonction PN) + électronique complète de traitement associ e reli es par une soudure à bille
- Traces des particules charg es reconstruites très précisement :
  - Très peu de hits par rapport au nombre total de pixels (occupation =  $10^{-5}$ ) : reconnaissance des schémas des traces facilit e
  - Granularité très grande (résolution de 8  $\mu\text{m}$  en  $R\phi$ ) : très bonne résolution du paramètre d'impact  $d_0$  (distance d'approche minimale entre la trace et le vertex primaire)



# MONITORING

- **Principe** : déceler rapidement un mauvais fonctionnement du détecteur pendant la prise de données en observant des histogrammes judicieusement choisis
- **But** : corriger le problème au plus vite pour perdre le moins de données possible
- **Mes activités** dans le monitoring :
  - Développement du code (online et offline) assurant la génération des histogrammes
  - Implémentation des contrôles effectués sur ces histogrammes
  - Configuration des logiciels de monitoring affichant les histogrammes

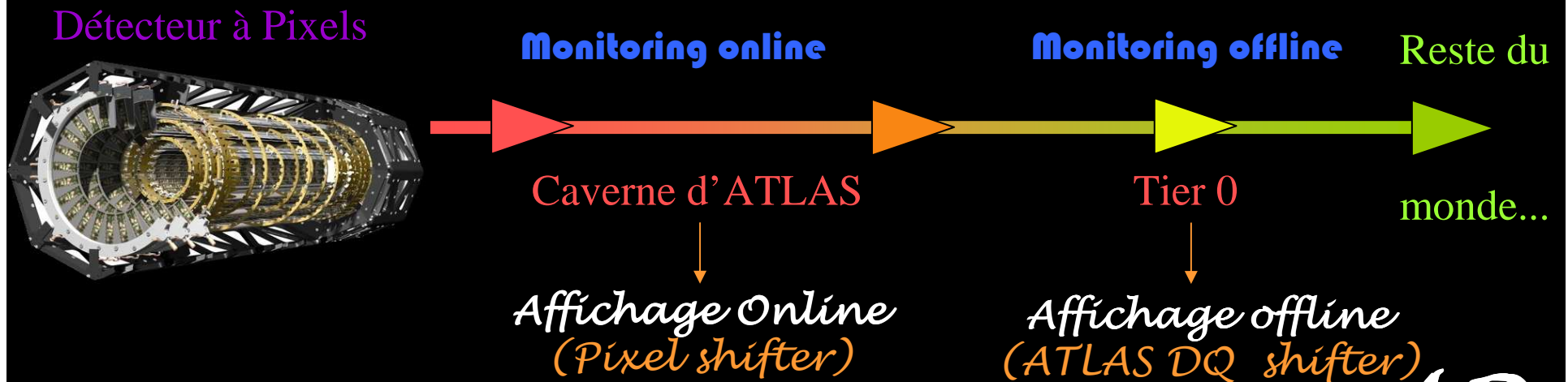
# STRUCTURE DU MONITORING

## □ Monitoring Online :

- Reconstruction d'une partie des événements triggers
- Remplissage, affichage et tests automatiques des histogrammes de monitoring
- Shifter pixel informé en temps réel d'éventuels problèmes

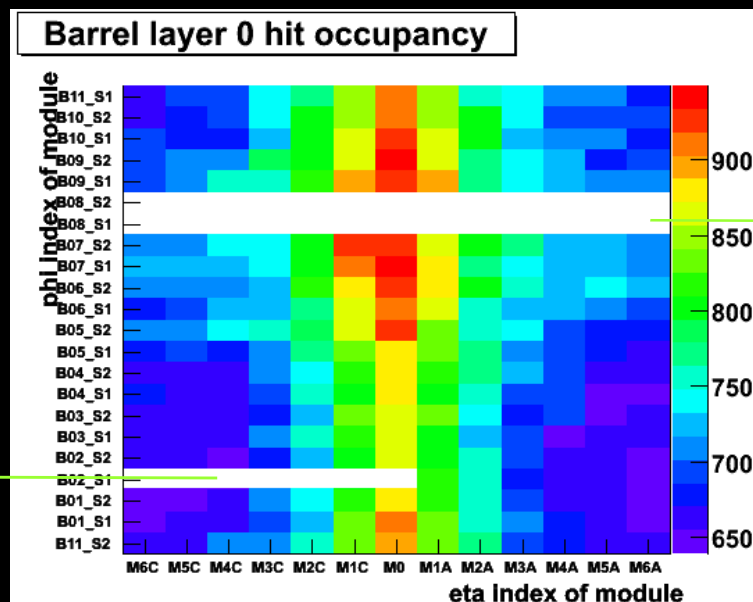
## □ Monitoring Offline :

- 10% de reconstruction officielle des données
- Histogrammes publiés sur une page web observés par le shifter "data quality"
- Si les données sont validées, la reconstruction de tous les événements débute



# MONITORING

- Exemple de plot utile pour le monitoring du détecteur à pixels
- Nombre de coups par modules :



Boucle de refroidissement\*\*  
défectueuse

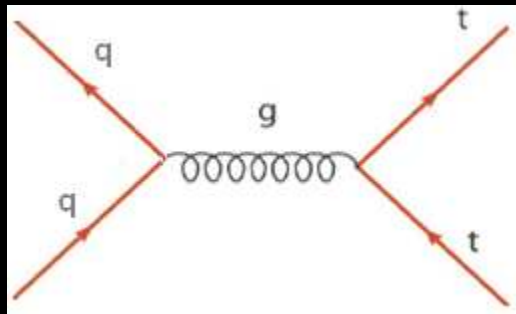
Optoboard\*  
désactivé

\*Optoboard : système transformant le signal électrique en signal optique situé au niveau du détecteur à pixels - 1 pour chaque demi-stave

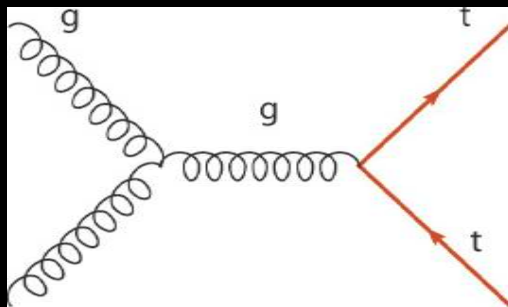
\*\*Boucle de refroidissement : 1 pour 2 staves

Canal  $tt\bar{b}$

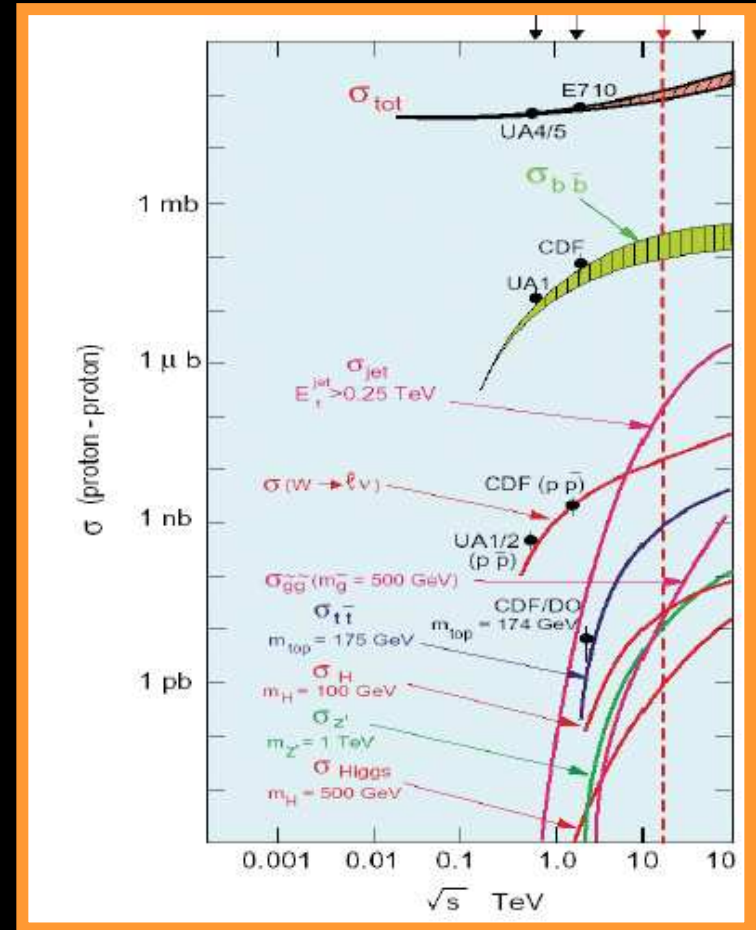
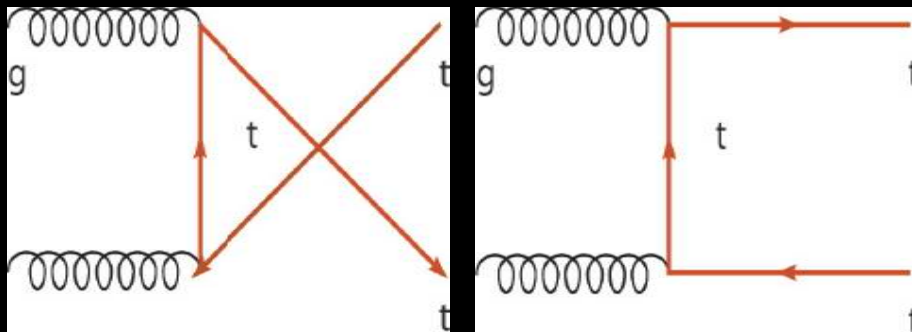
# Production de paires $t\bar{t}$ au LHC



$\sim 10\%$



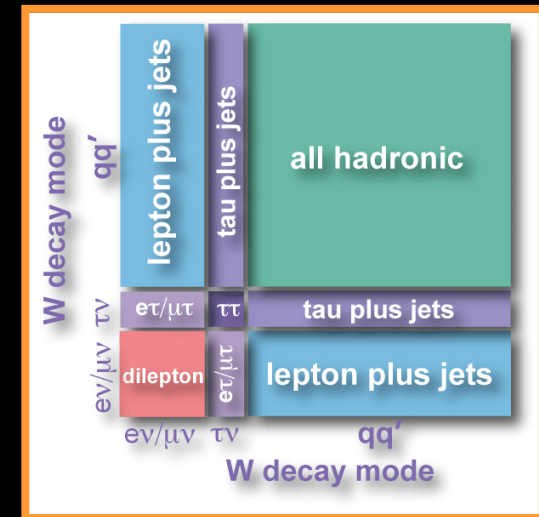
$\sim 90\%$



$\sigma_{t\bar{t}}$  attendue à 14 TeV  $\sim 833 \text{ pb}$

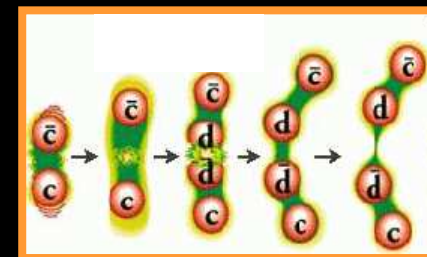
# Désintégration du top

- $t \rightarrow Wb$  dans  $\sim 100\%$  des cas
- $\tau(t)$  très petit : temps de désintégration  $<$  temps d'hadronisation\*  $\rightarrow$  top observable à l'état libre grâce à ses produits de désintégration :
  - $b$  :
    - sous forme de jets\*\*
  - $W$  :
    - $W$  leptonique  $\rightarrow l\nu \sim 30\%$  des cas
    - $W$  hadronique  $\rightarrow qq' \sim 70\%$  des cas



\*hadronisation : processus de formation de hadrons à partir de quarks et gluons (ne pouvant exister individuellement à cause de leur charge de couleur) par la combinaison avec des quarks et des antiquarks créés spontanément à partir du vide

\*\*jet : ensemble de hadrons et d'autres particules produites par l'hadronisation d'un quark ou d'un gluon





# Choix du canal

□ Selon le mode de désintégration des 2 W : 3 canaux de désintégration possibles :

□ Di-leptonique

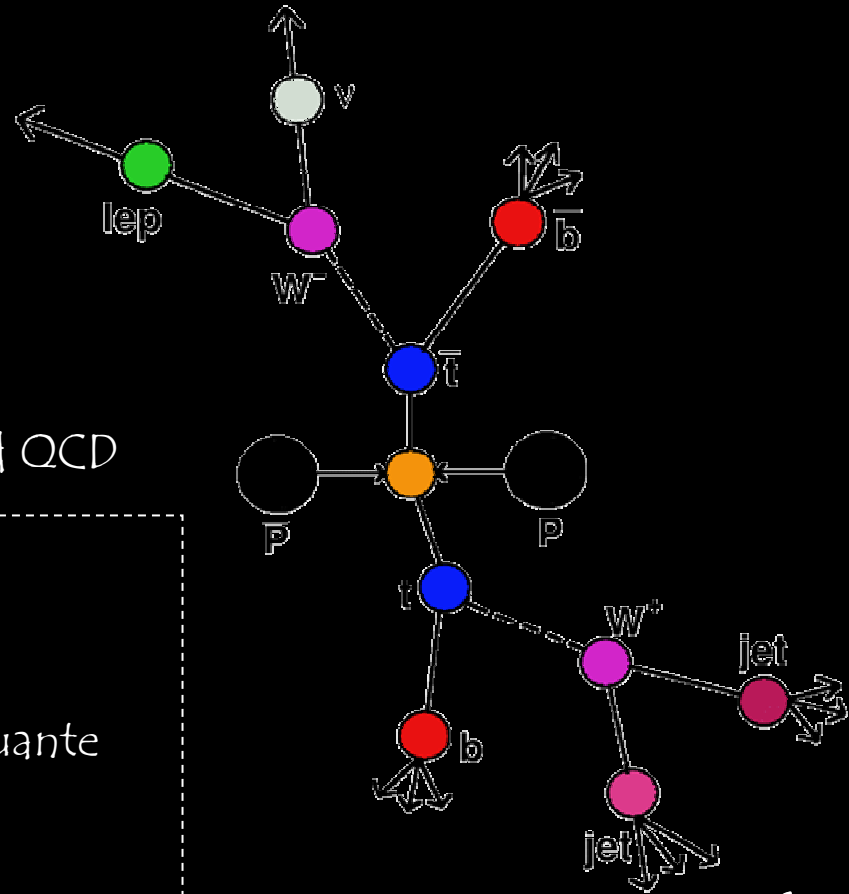
- Sélection la plus propre
- MAIS faible BR

□ Hadronique

- BR le plus grand
- MAIS environnement avec 6 jets
  - Difficile à extraire du bruit de fond QCD

□ Semi-leptonique

- "golden channel"
- 1 lepton isolé → trigger !!!
- 1 neutrino → énergie transverse manquante
- 2 jets légers
- 2 jets issus de quarks b



# Analyse : Stratégie

- Méthode pour la détermination de la section efficace

- "cut and count"

- Simple\* et efficace

$$\sigma = \frac{N_{mesure}}{\varepsilon L} N_{bdf}$$

\*Simple comparée à la méthode du likelihood dans la phase du commissioning – nécessite de recalibrer le Monte-Carlo à partir des données

$\varepsilon$  : efficacité totale (prend en compte l'acceptance géométrique, l'efficacité de trigger et l'efficacité de sélection des événements).  
 $L$  : luminosité intégrée

- Mon analyse :

- Sur le Monte-Carlo 10 TeV (le LHC tournera à 10 TeV pendant 1 an)

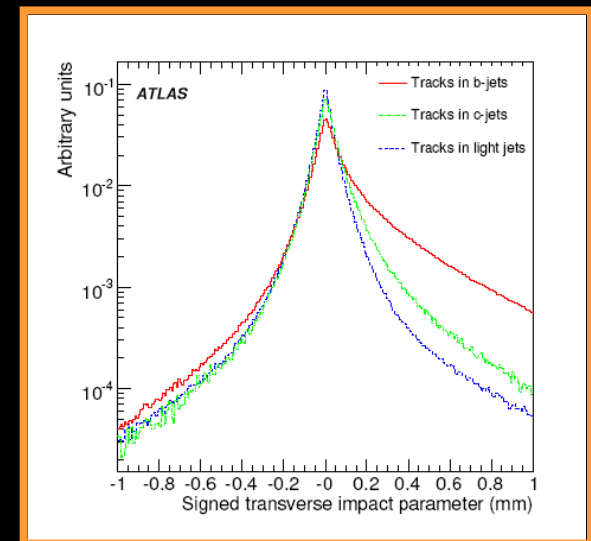
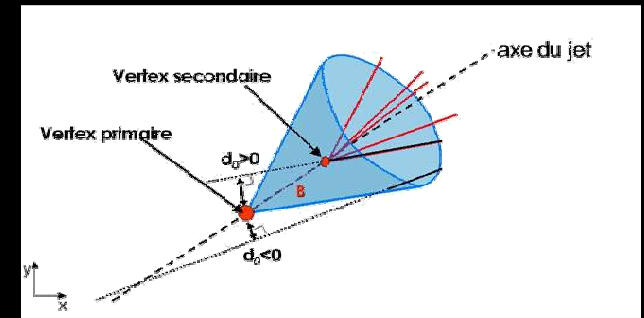
- Événements semi-leptoniques,  $W \rightarrow \tau\nu$  exclus

- Avec btagging

- Bruits de fond :  $Wbb$ ,  $Wjj$ , Single top ( $t \rightarrow Wb$ ),  $Z \rightarrow ll + \text{jets}$

# Analyse : Btagging

- Propriétés des hadrons (mésons+baryons) B :
  - Volent dans le détecteur avant de se désintégrer ( $E(B) \sim 50\text{GeV}$ ,  $d \sim 5\text{mm}$ )
    - Présence d'un vertex secondaire
    - Grand paramètre d'impact des traces ( $d_0$ )
  - Distance de vol mesurable grâce à la très bonne résolution du détecteur à pixels
- Toutefois 2 problèmes rendent l'étiquetage difficile :
  - Grande densité de particules
  - Quarks c
- Algorithmes de btagging :
  - Ceux qui requièrent un lot pur de jets b ne seront pas utilisables avec les premières données
  - Utilisation de JetProb



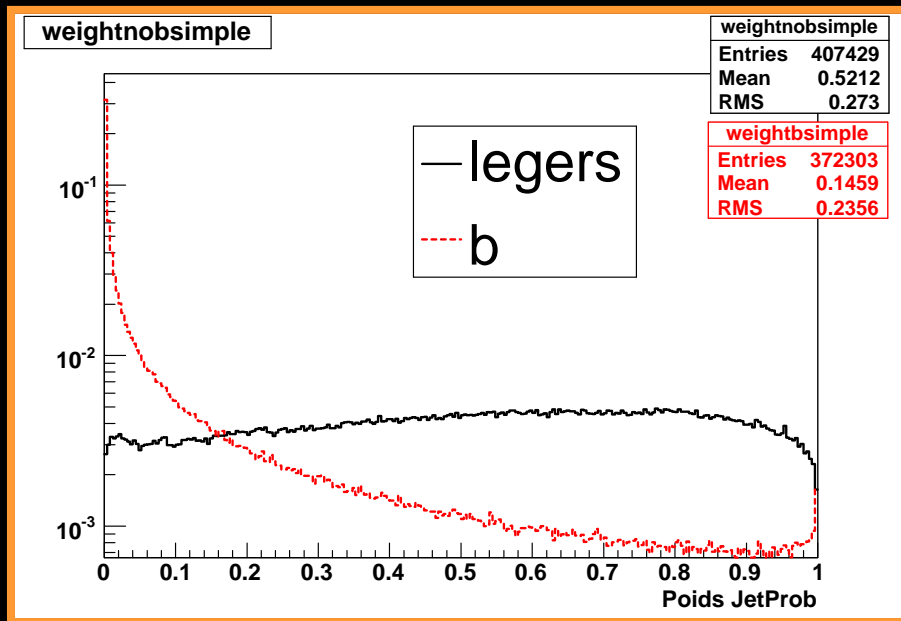
# Analyse : Btagging : JetProb

## □ JetProb :

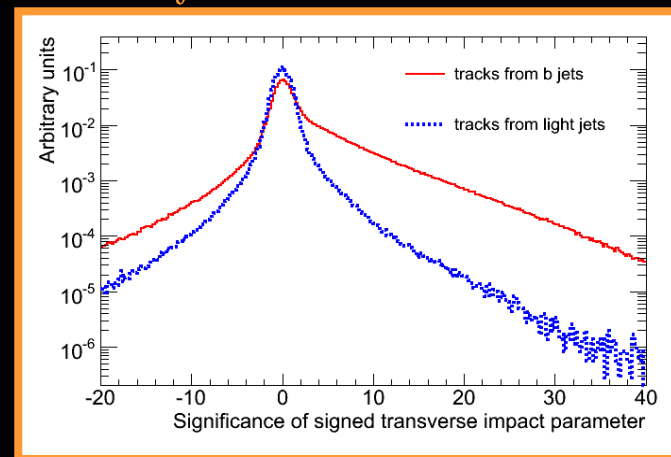
- Basé sur la distribution de  $S_{d_0}$  de toutes les traces (provenant des jets légers et b indifféremment)
  - Distribution gaussienne (sauf les queues) des jets b et légers pour  $d_0 < 0$
  - $d_0$  symétrique pour les légers - larges distributions à grand  $d_0$  pour les b
- Retourne un poids évaluant la probabilité qu'un jet donné soit léger :

- Pic à 0 pour les b
- Distribution plate pour les légers

$$P(\text{jet}) = \prod_{i=0}^{N_{\text{trk}}} \frac{1}{i!} \Pi^i \quad \text{ou} \quad \Pi = \int_{S_i}^+ f(s) ds$$



$$S_{d_0} = \frac{d_0}{\sigma_{d_0}} : \text{significance du paramètre d'impact}$$



# Analyse : Présélection

## □ Coupures :

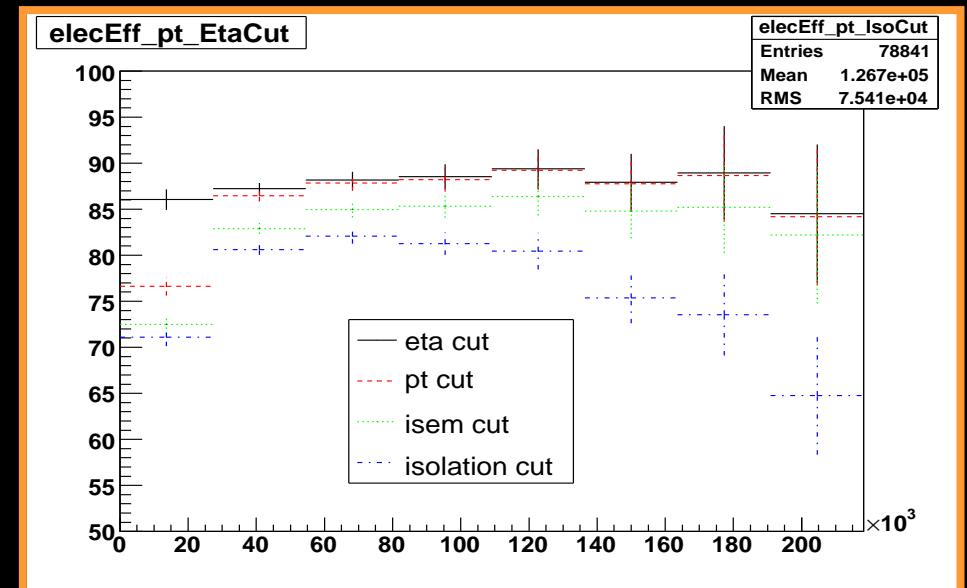
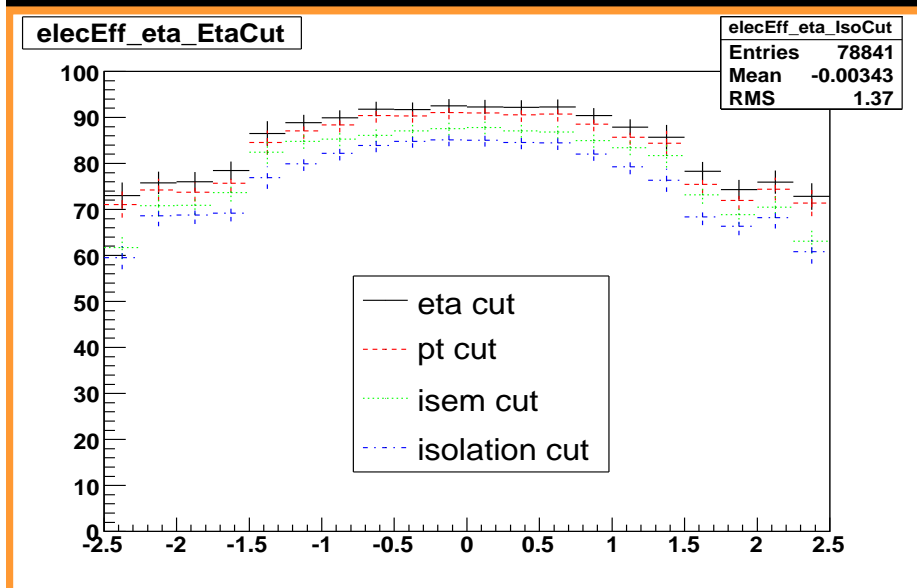
- électron (muon) trigger EF\_e22i\_tight (EF\_mu20)
- 1 seul électron (muon) passant les coupures dans les événements électron (muon)
- Energie transverse manquante (MET)  $> 20 \text{ GeV}/c^2$
- 4 jets avec  $P_t > 30 \text{ GeV}/c$
- 3 jets avec  $P_t > 40 \text{ GeV}/c$
- 3 jets avec  $150 \text{ GeV}/c^2 < \text{masse invariante} < 190 \text{ GeV}/c^2$  (Fenêtre de masse du top)
- au moins 1 jet étiqueté comme b avec le tagger jet prob
- au moins 2 jets étiquetés comme b avec le tagger jet prob

## □ Nombre d'événements passant les coupures indépendamment les uns des autres (%) :

	total	trigger	lepton	MET	Jets1	Jets2	MTop	btag1	btag2
Electron	13152	6995 (53)	8041 (61)	12039 (91,5)	5924 (45)	7716 (59)	2851 (22)	10522 (80)	5172 (39)
Muon	13016	7955 (61)	9594 (74)	11910 (91,5)	5318 (41)	7131 (55)	2876 (22)	10290 (79)	4969 (38)

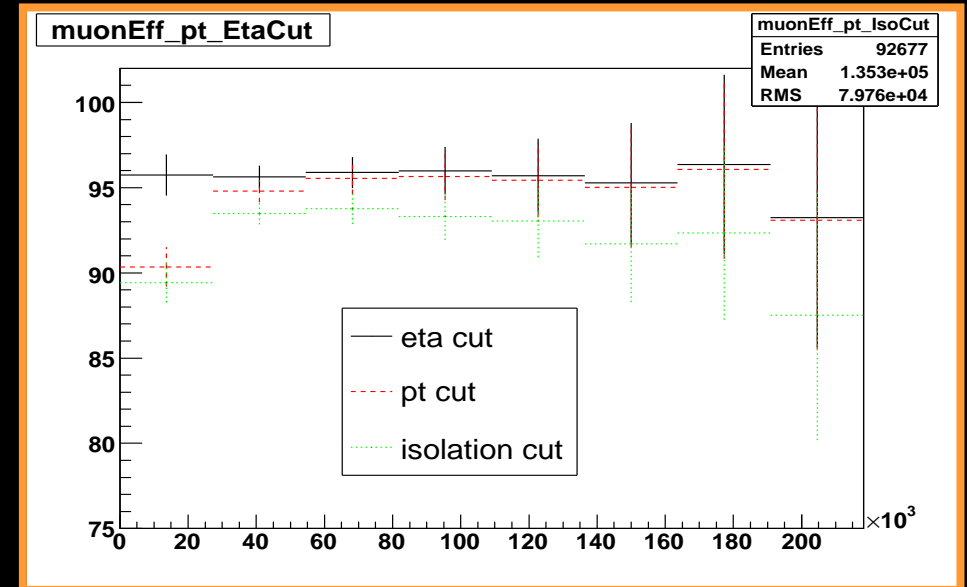
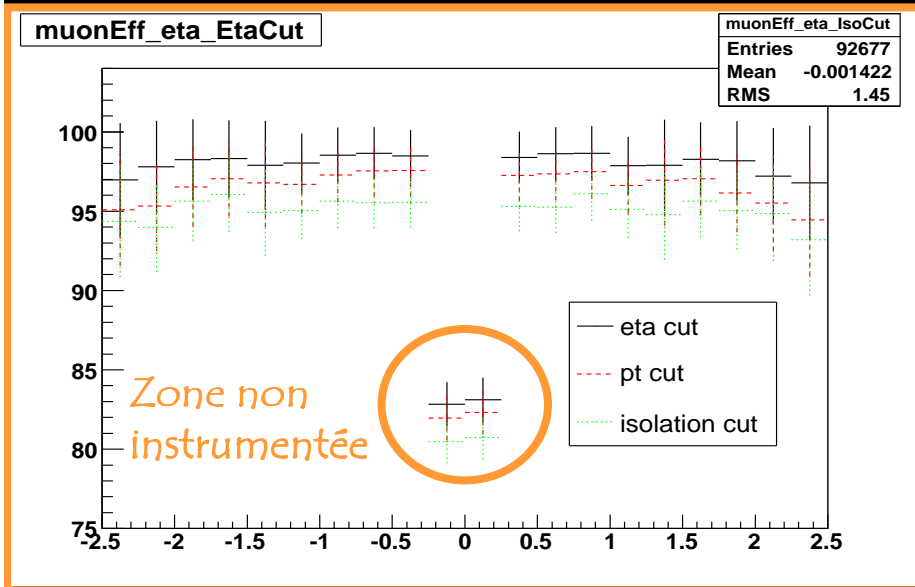
# Analyse : Efficacite de Présélection (Electrons)

- $|\eta| > 2,5$  et  $1,37 \leq |\eta| \leq 1,52$  rejetés
- $pt > 20$  GeV/c
- Isem : coupures d'identification basées sur les caractéristiques de la gerbe électromagnétique (discrimination électrons – pions)
- isolation : énergie dans un cône de  $\Delta R = 0.2 < 6$  GeV

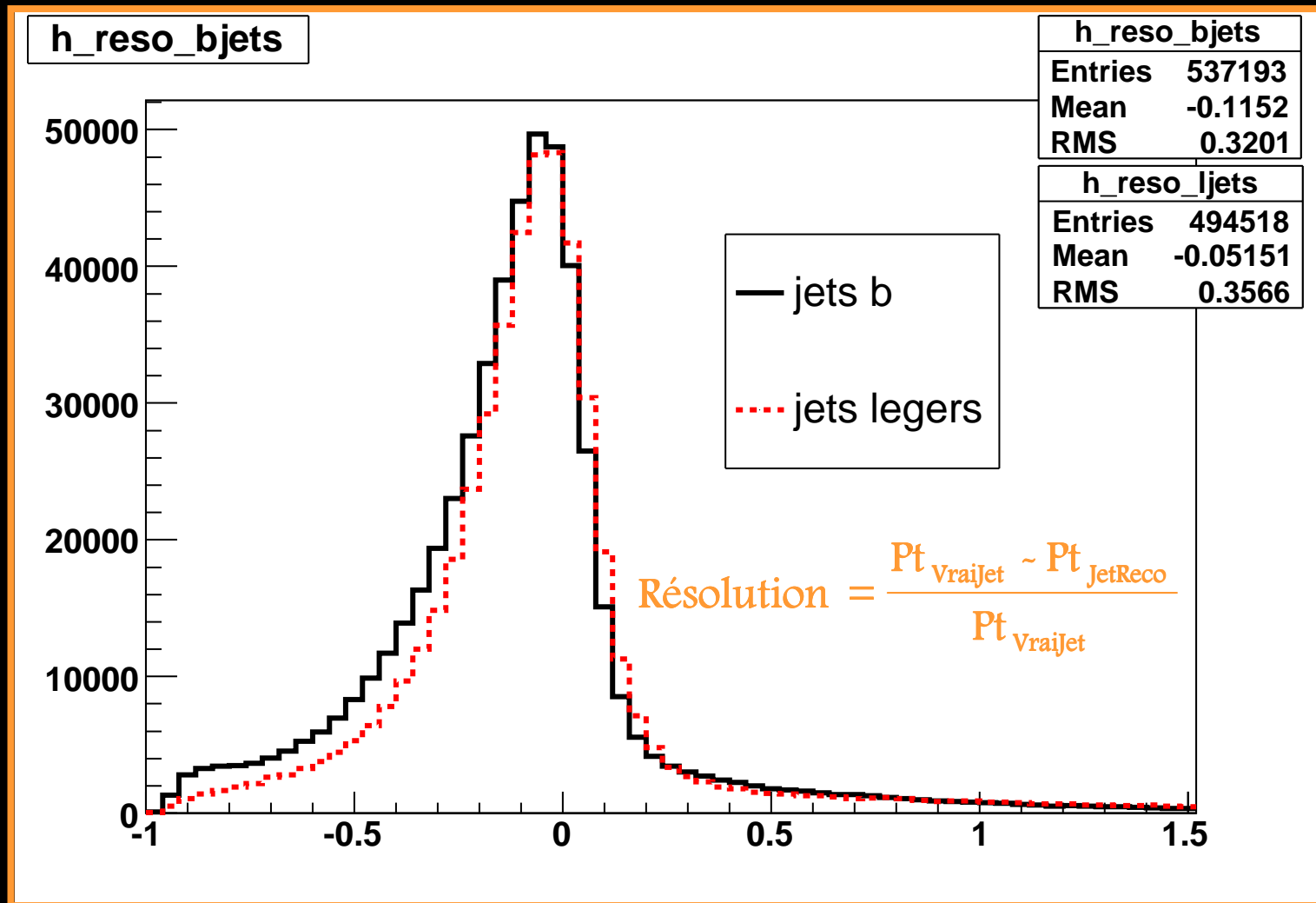


# Analyse : Efficacite de Présélection (Muons)

- $|\eta| < 2,5$
- $pt > 20 \text{ GeV}/c$
- isolation : énergie dans un cône de  $\Delta R = 0.2 < 6 \text{ GeV}$



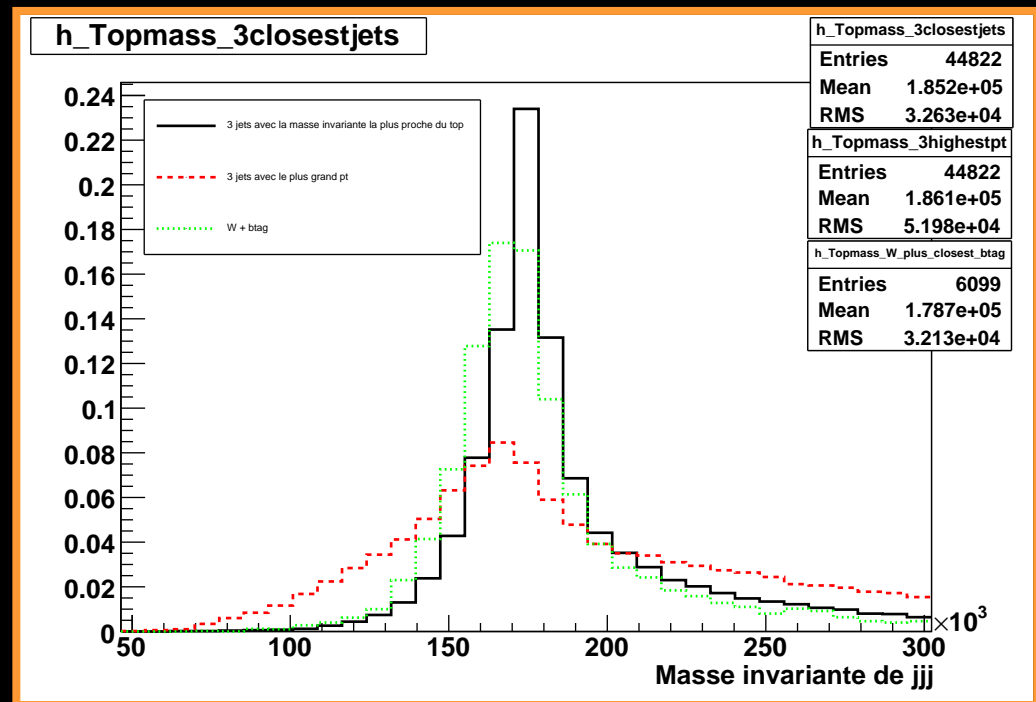
# Analyse : Résolution des jets



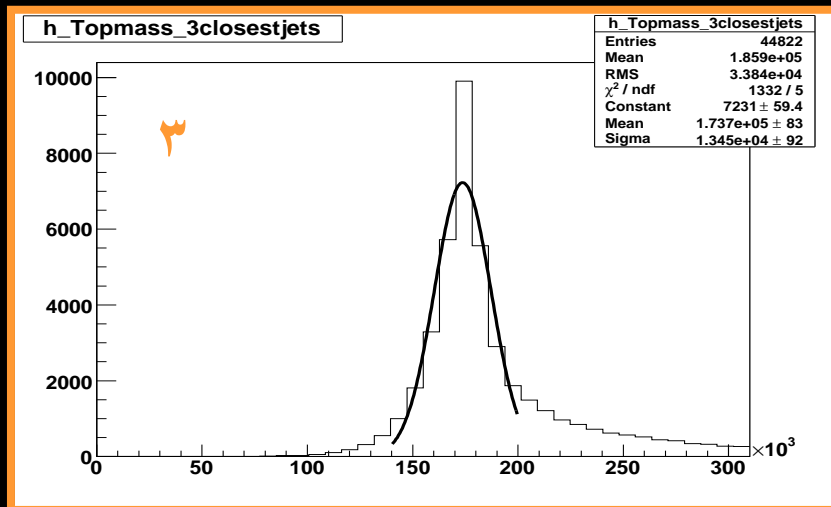
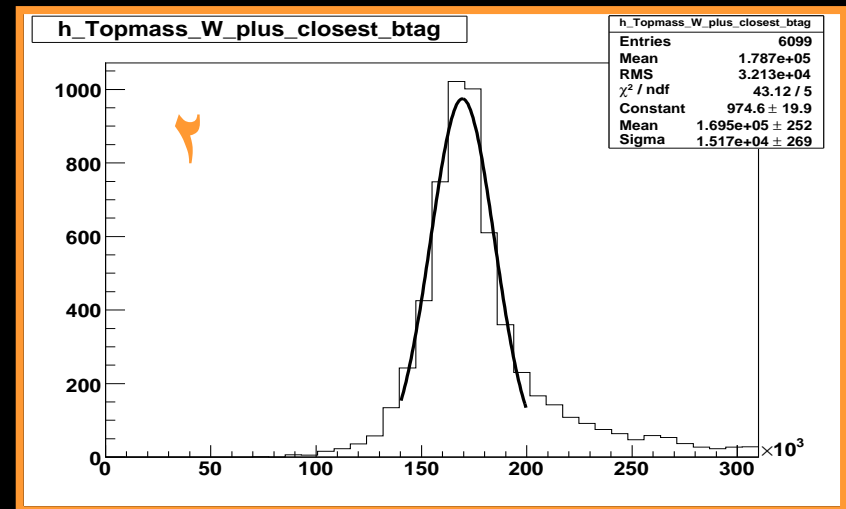
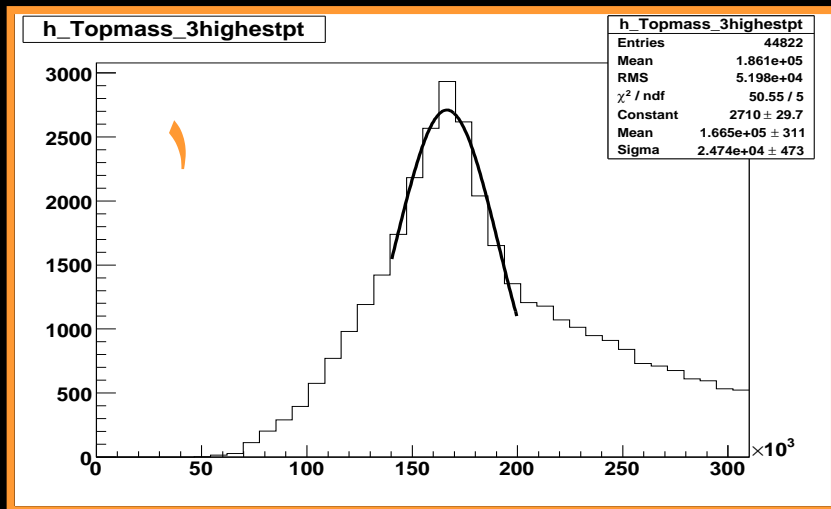


# Analyse : Reconstruction de l'événement

- A partir des produits de désintégrations détectés, on doit reconstruire les 2 tops et les 2 W
- Top hadronique :
  - Sans btagging
    - 3 jets de plus grands pt pour le top OU 3 jets donnant une masse invariante totale la plus proche du top (artificiel)
  - Avec btagging
    - 2 jets dont la masse invariante est la plus proche de celle du W et le jet b donnant une masse invariante totale la plus proche de celle du top



# Analyse : Reconstruction de l'événement



- Moyenne du fit gaussien (fenêtre de masse : 140 – 200  $\text{GeV}/c^2$ ) :
- 1. 3 jets de plus grands pt : 166.5  $\text{GeV}/c^2$
  - 2. W + bttag : 169.5  $\text{GeV}/c^2$
  - 3. 3 jets avec la masse la plus proche : 173.7  $\text{GeV}/c^2$

# A faire prochainement

- Monitoring :
  - Utilisation d'une interface graphique permettant de visualiser les parties posant problème du détecteur à pixels
- Ttbar :
  - Reconstruction de tous les objets de l'événement
  - Utilisation du bruit de fond
  - Utilisation des algorithmes de btagging plus sophistiqués (IP3D+SV1)



Back Up

# Analyse : Btagging : JetProb

## ★ JetProb :

★ Se base sur la distribution de la signficance  $S_d$  du paramètre d'impact de toutes les traces (provenant des jets legers et b indifferemment) – partie negative de la distribution

★ Distribution gaussienne (sauf les queues) des jets b et legers pour  $d_0 < 0$

★  $d_0$  symetrique pour les legers cas seulement du aux effets de resolution gaussiens

$$P(\text{jet}) = \prod_{i=0}^{N_{jet}} \frac{1}{i!} \text{ ou } \Pi = \int f(S) dS$$

light and b jets have a quite similar gaussian distribution (except for the tail) of  $d_0$  when it's negative

