

Produzione di $Z + \text{jet (b)}$ ad LHC



Monica Verducci

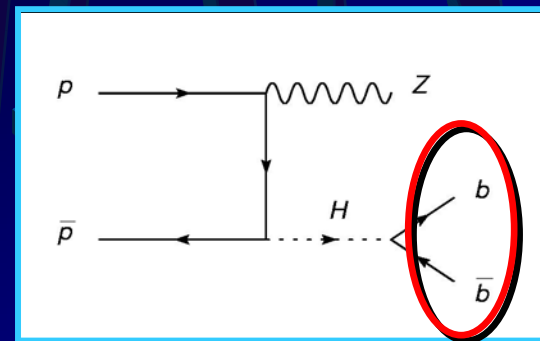
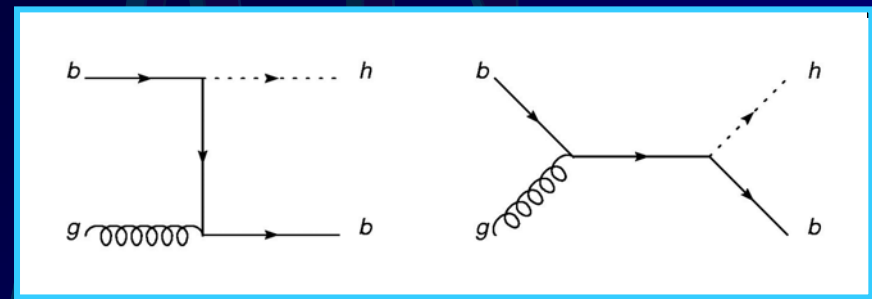
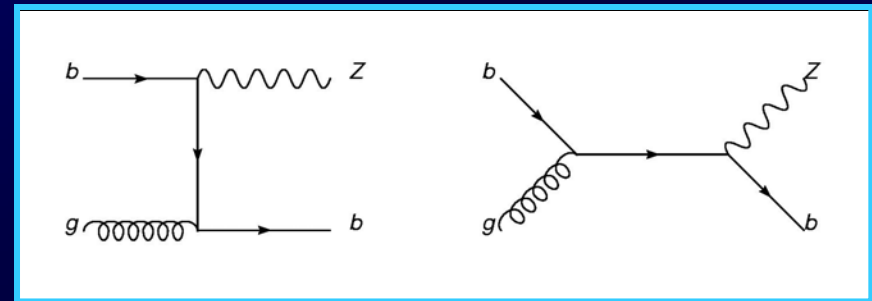
CERN

IFAE Catania 2005

(In collaborazione con A.Tonazzo RomaTre)

Motivazioni dello studio del canale Z+b

- Informazioni sulla funzione di densità partonica del quark b
(*J.Campbell et al. Phys.Rev.D69:074021,2004*)
- Fondo alla ricerca dell'Higgs supersimmetrico che decade negli stessi stati finali della Z
(*J.Campbell et al. Phys.Rev.D67:095002,2003*)
- Fondo alla ricerca dell' Higgs del MS nel canale
 $pp \rightarrow ZH$ con $H \rightarrow bb$

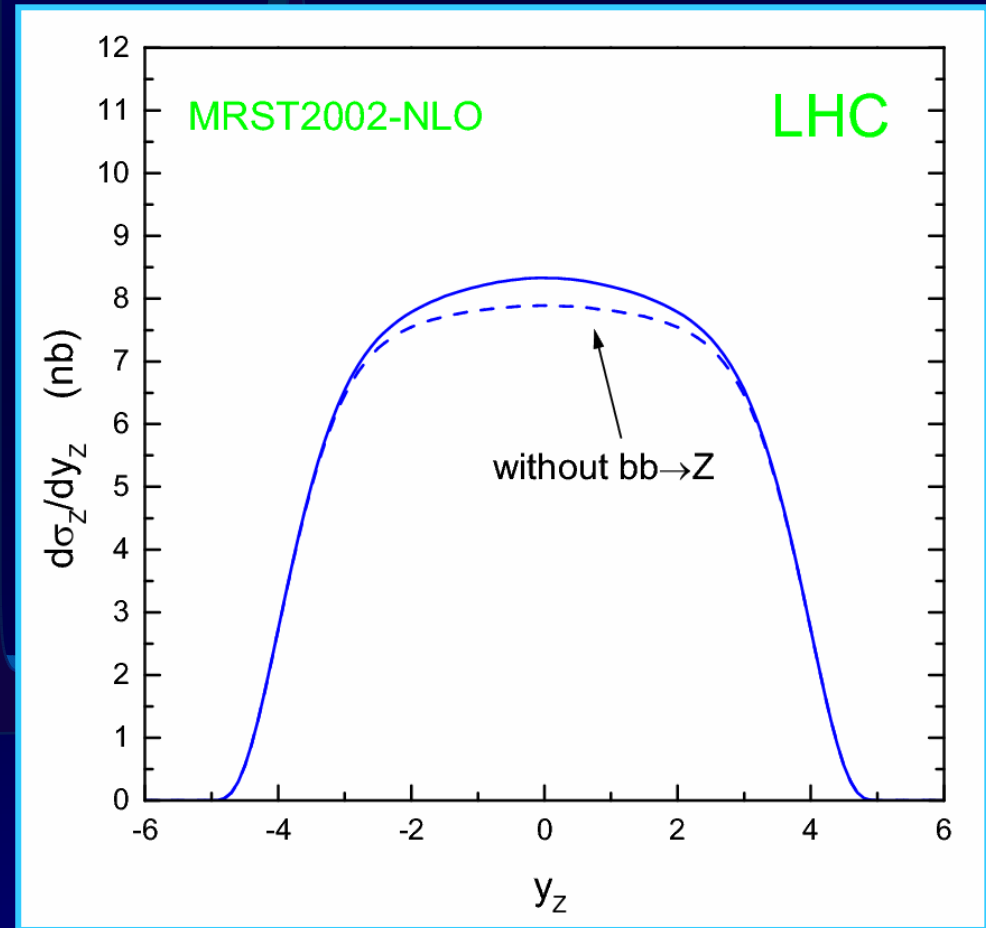


1 solo jet

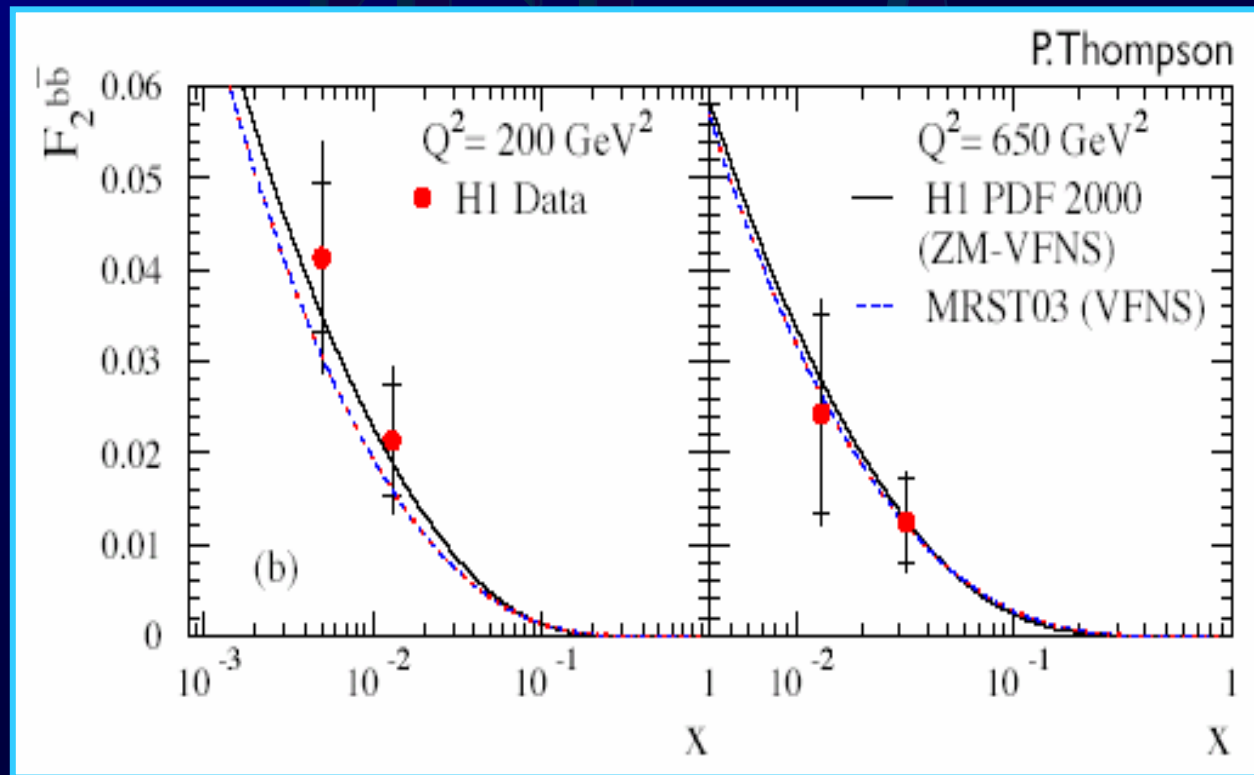
Importanza della misura della PDF del b

Il contributo di $bb \rightarrow Z$ a LHC è $\sim 5\%$ del totale della produzione di Z

Una σ_Z dell'1% richiede una precisione sulla pdf(b) del 20%



Le uniche misure disponibili, quelle di HERA, sono ancora lontane da questo livello di precisione!



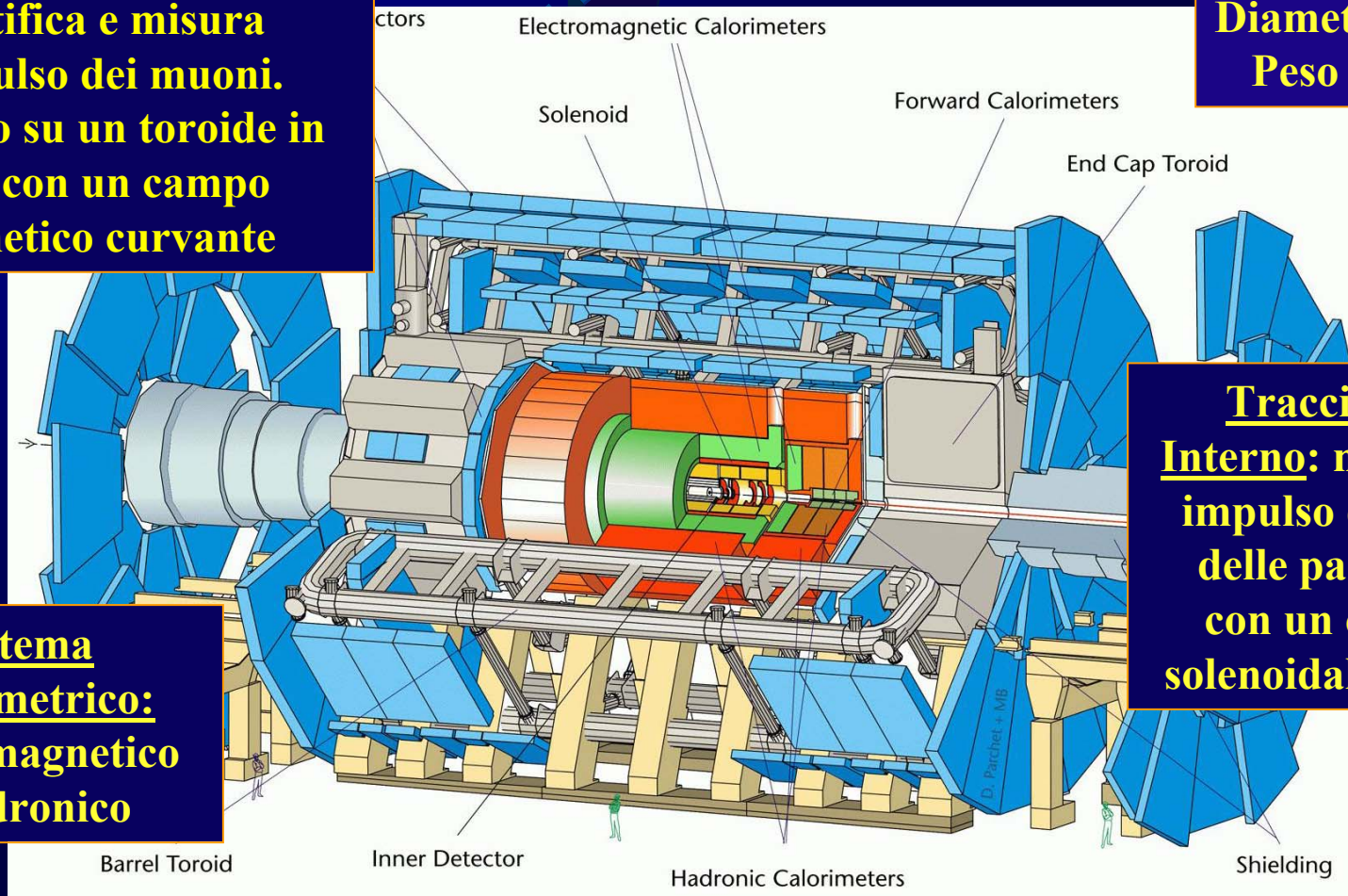
Il Rivelatore ATLAS

Spettrometro a muoni:
identifica e misura
l'impulso dei muoni.
Montato su un toroide in
aria, con un campo
magnetico curvante

Lungo 45 m
Diametro 22 m
Peso 7000 t

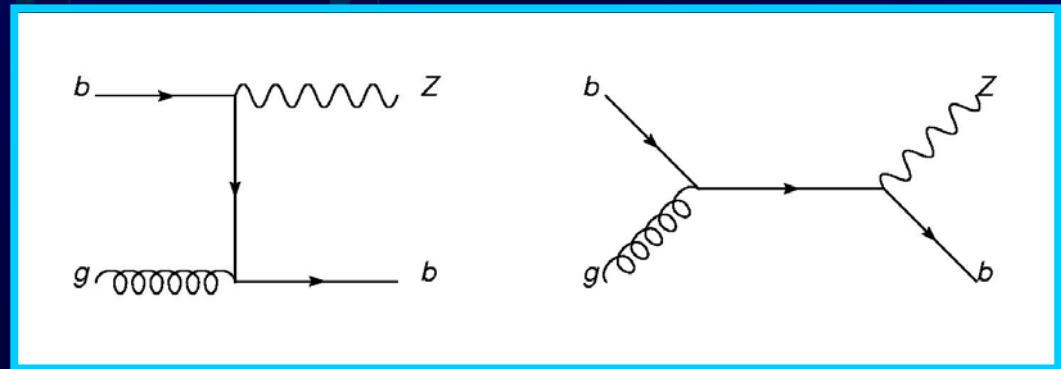
Tracciatore
Interno: misura di
impulso e carica
delle particelle
con un campo
solenoidale di 2 T.

Sistema
calorimetrico:
elettromagnetico
ed adronico



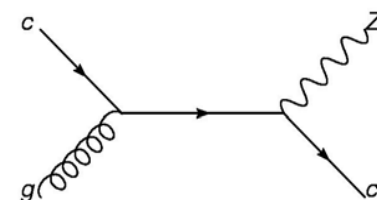
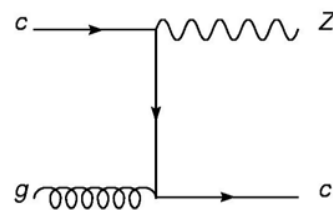
Il Segnale

- L'evento deve contenere un quark **b** prodotto in associazione a uno **Z**
- Impulso trasverso del quark **b**: $p_t > 15$ GeV
- Pseudorapidità del quark **b**: $|\eta| < 2.5$

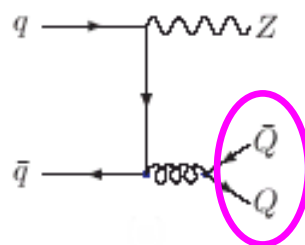


Il Fondo

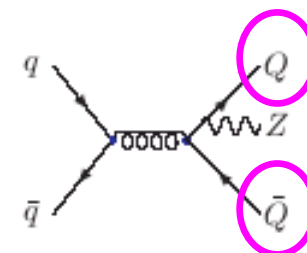
- $Z + c$



- $Z + Q \bar{Q}$

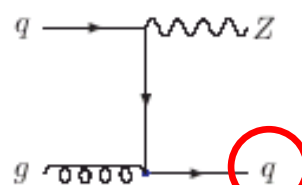


1 solo jet

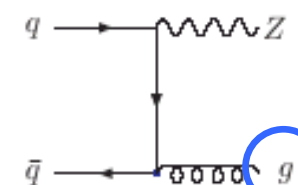


Quark pesanti: b, c

- $Z + \text{jet}$



quark leggero



gluone

Risultati Preliminari di D0

$\sigma(Z+b)/\sigma(Z+jet)$ con $Z \rightarrow \mu\mu$ e $Z \rightarrow ee$

→ *D0 nota D0 Collaboration hep-ex/0410078*

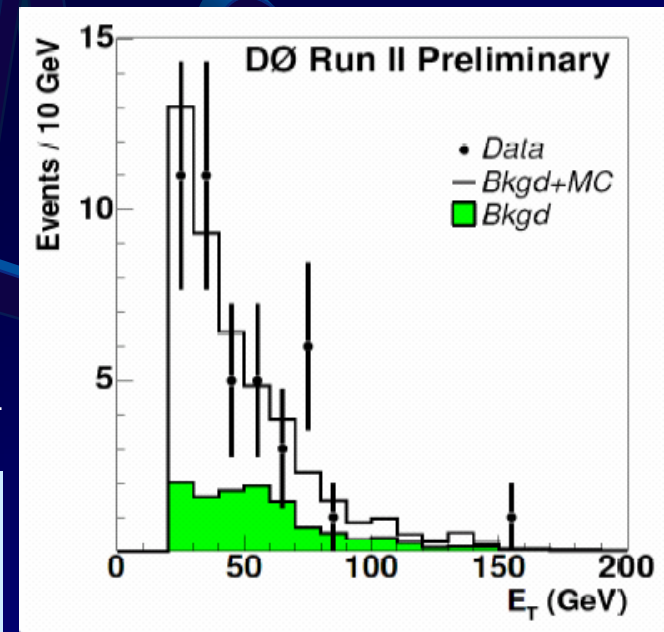
Criteri di Selezione:

- Eventi dove $Z \rightarrow ee$ o $Z \rightarrow \mu\mu$ + jet
- b-tagging
- Contenuto di b, c e light quarks
(assumendo N_c/N_b dalla teoria)

Analisi effettuata su un campione di 184 pb^{-1}

$$\frac{\sigma(Z+b)}{\sigma(Z+j)} = 0.024 \pm 0.005(\text{stat}) \begin{matrix} + 0.005 \\ - 0.004 \end{matrix} (\text{syst})$$

Teoria NLO (J.Campbell et al.): 0.018 ± 0.004



Predizioni teoriche ad LHC e al Tevatron

I calcoli sono stati effettuati da J.Campbell et al.
Phys.Rev.D69:074021,2004, al NLO :

| Sezioni d'urto (pb) | Tevatron | LHC |
|--|--|--|
| Processi | <i>ZQ inclusiva</i> | |
| $gb \rightarrow Zb$ | $13.4 \pm 0.9 \pm 0.8 \pm 0.8$ | $1040^{+70+70+30}_{-60-100-50}$ |
| $gb \rightarrow Zbb$ | 6.83 | 49.2 |
| $gc \rightarrow Zc$ | $20.3^{+1.8}_{-1.5} \pm 0.1^{+1.3}_{-1.2}$ | $1390 \pm 100^{+60+40}_{-70-80}$ |
| $gb \rightarrow Zc\bar{c}$ | 13.8 | 89.7 |
| | <i>Zj inclusiva</i> | |
| $q\bar{q} \rightarrow Zg, gq \rightarrow Zq$ | $1010^{+44+9+7}_{-40-2-12}$ | $15870^{+900+60+300}_{-600-300-500}$ |

Strumenti Software

- Generazione con **PYTHIA**
(particelle e quadrimpulsi)
- Simulazione veloce con **ATLFAST**
(funzione di smearing per la risoluzione)
- Simulazione Completa con **AtSim – Geant3**
(simulazione della risposta del rivelatore)
- Ricostruzione Completa
(algoritmi di ricostruzione per ogni subdetector e del loro matching)

Criteri di Selezione per gli eventi Z + b

Solo il decadimento $Z \rightarrow \mu\mu$

1. Due muoni isolati con:

- Carica opposta
- $P_t > 20 \text{ GeV}/c$
- Massa Invariante dei due muoni prossima a quella del Bosone Z ($70 \text{ GeV} < M_{\mu\mu} < 115 \text{ GeV}$)

2. Identificazione del jet originato dal b via:

- soft lepton tagging
- inclusive b-tagging dei jets

Identificazione del Segnale

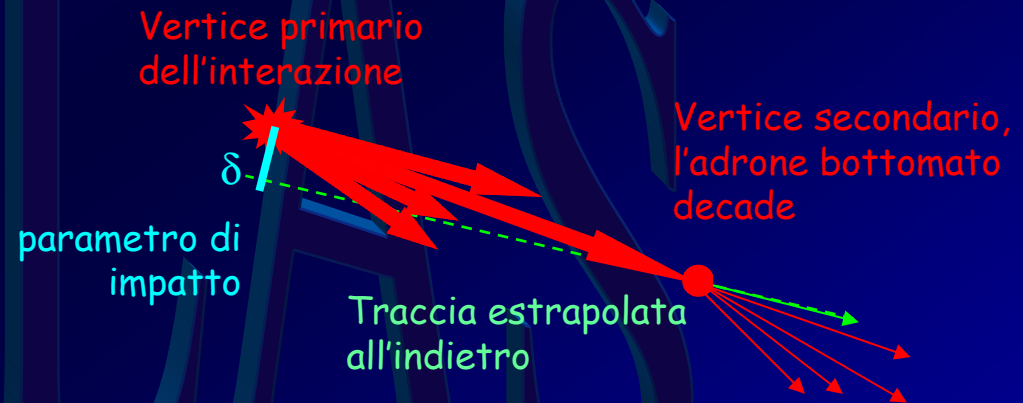
- Il segnale è dato dai b quarks con:
 - $pt > 15 \text{ GeV}$
 - $|\eta| < 2.5$
 - no gluon splitting
- I due muoni del Bosone Z sono identificati a livello dello Spettrometro a Muoni
- Ricostruzione vertici di traccia per il b tagging e/o richiesta di un terzo muone

Selezione del campione di segnale

Metodo inclusivo di *b*-tagging dei jet

A seguito dei tagli sperimentali applicati per isolare il campione di eventi di segnale, è stata richiesta la presenza nell'evento di almeno **1 jet** identificato come proveniente da un quark **b**

- L'adrone contenente un quark *b* è generato nel vertice primario dell'interazione
- il vertice primario è determinato estrapolando all'indietro le tracce cariche nella regione di collisione tra i due fasci
- Le tracce mal compatibili con il vertice primario sono rimosse dal fit in iterazioni successive



Il tempo di vita medio di un adrone contenente un quark *b* ($\tau \sim 1.5$ ps) è abbastanza lungo da permettere a un adrone di energia attorno ai 30 GeV di percorrere una distanza $L \sim 3$ mm prima di decadere

Stime del Numero di eventi

$$N_b \equiv \sigma_b^{\text{table}} \cdot \epsilon_{\text{acceptance}} \cdot BR(Z \rightarrow \mu\mu) \cdot L \cdot \delta t \cdot \epsilon_b$$

$$N_c \equiv \sigma_c^{\text{table}} \cdot \epsilon_{\text{acceptance}} \cdot BR(Z \rightarrow \mu\mu) \cdot L \cdot \delta t \cdot \epsilon_c$$

$$N_{\text{other}} \equiv \sigma_{\text{other}}^{\text{Pythia}} \cdot \epsilon_{\text{acceptance}} \cdot L \cdot \delta t \cdot \epsilon_{\text{other}}$$

$\epsilon_{\text{acceptance}} \equiv$ Accettanza Geometrica

Efficienza di selezione sperimentale ϵ

Prima Analisi: ATLFAST

Soft Muon Tagging: Terzo muone non isolato nella regione del barrel

| 30 fb⁻¹ | N_b | N_c | N(other) | N_{tot} | Purity |
|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|------------------------|---------------|
| p_T>4GeV | 65614 | 27931 | 0 | 93548 | 70% |
| p_T>5GeV | 45930 | 18623 | 0 | 64553 | 71% |

L'efficienza è piccola ($BR(b \rightarrow \mu) \sim 10\%$), ma il campione selezionato ha un'elevata purezza ($\sim 70\%$)

Inclusive b-tagging: Un b-tagged jet con $P_t > 15$ GeV

b jets $\sim 31\%$

c jets $\sim 6\%$

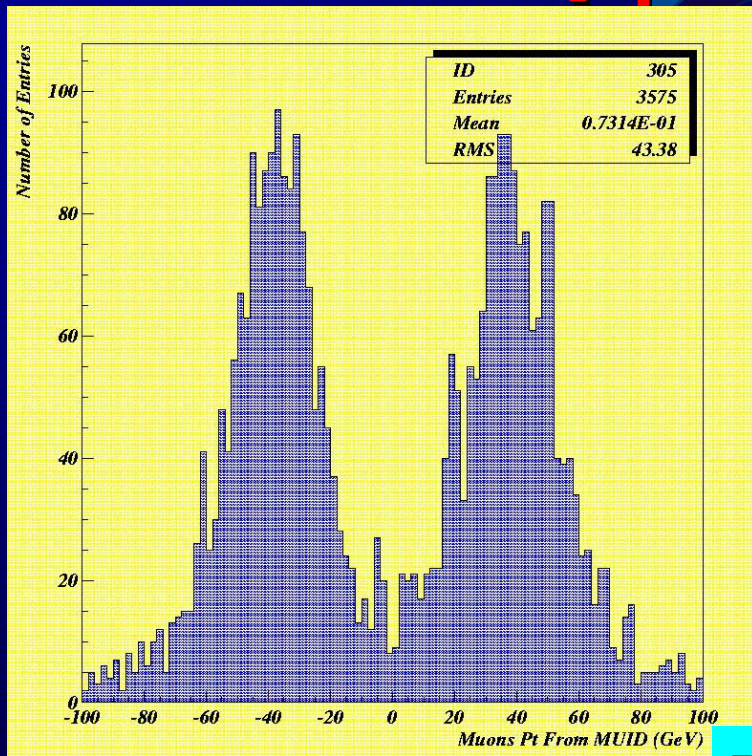
light q & gluon jets $\sim 1.5\%$

| Efficiency | N_b | N_c | N_{tot} |
|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| 21 % | 261000 | 75000 | ~ 750000 |

Alta statistica insieme ad una discreta purezza ($\sim 35\%$)

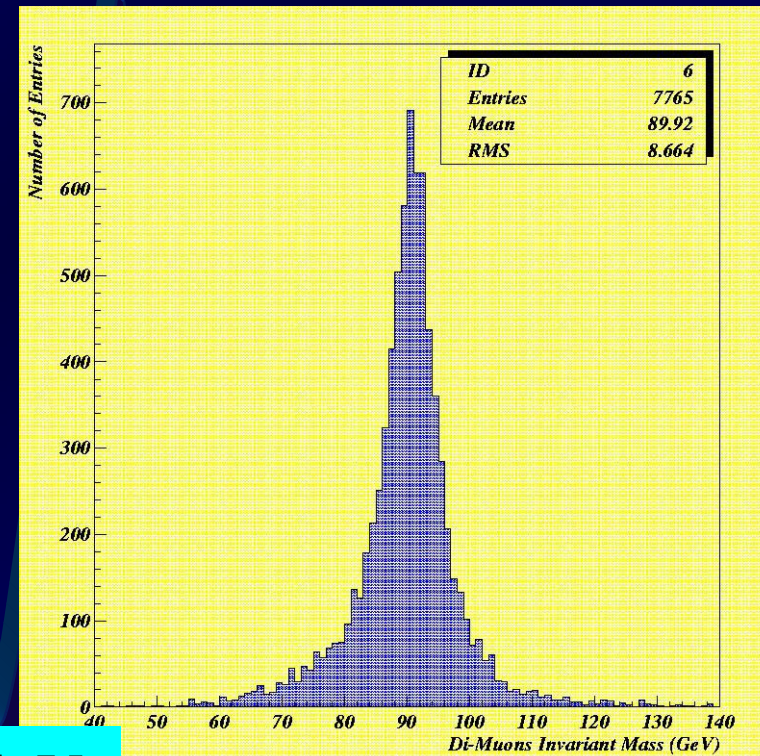
Simulazione Geant3

selezione dei due muoni ad alto p_T nello Spettrometro



*Spettro degli impulsi
dei muoni ricostruiti*

$P_T(\mu) > 20 \text{ GeV}$



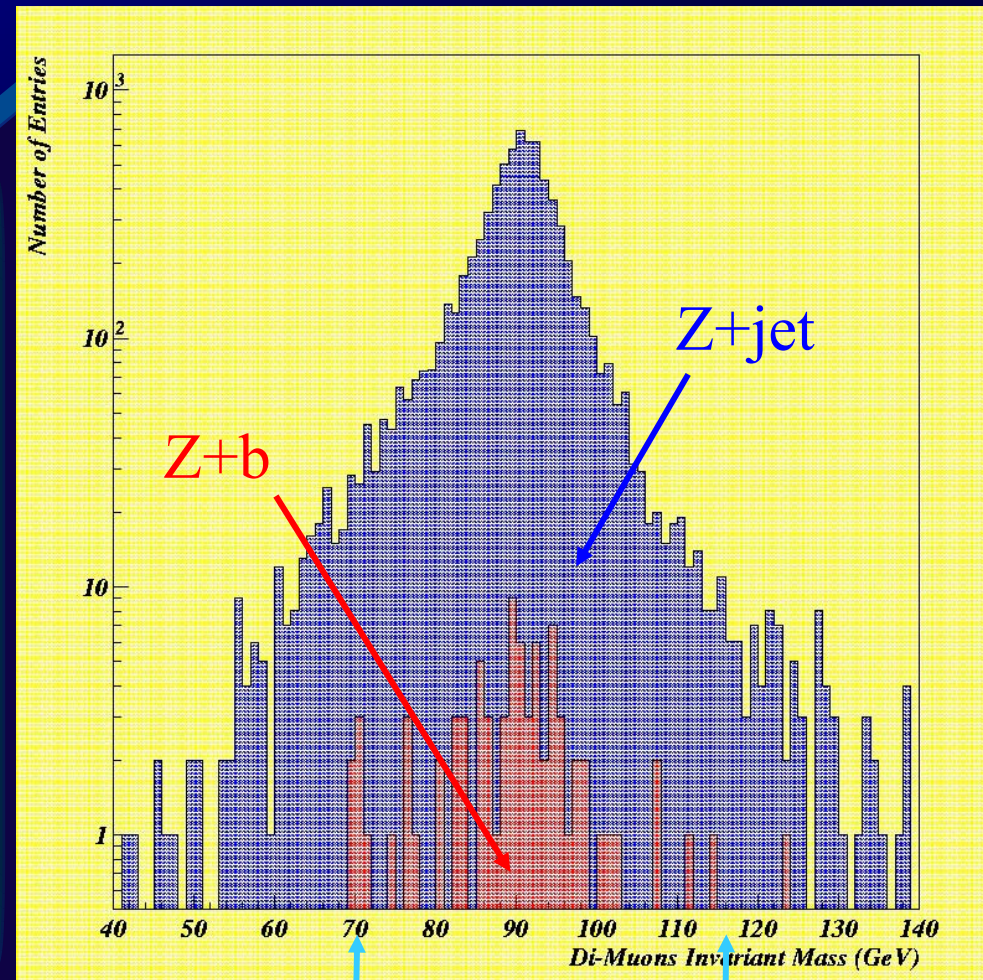
*Di-muons Invariant
Mass (con p_T cut)*

- Inefficienza di ricostruzione delle CSCs
- $|\eta| < 2.5$



- Efficienza ricostruzione totale 60%

Identificazione del Bosone Z nello Spettrometro



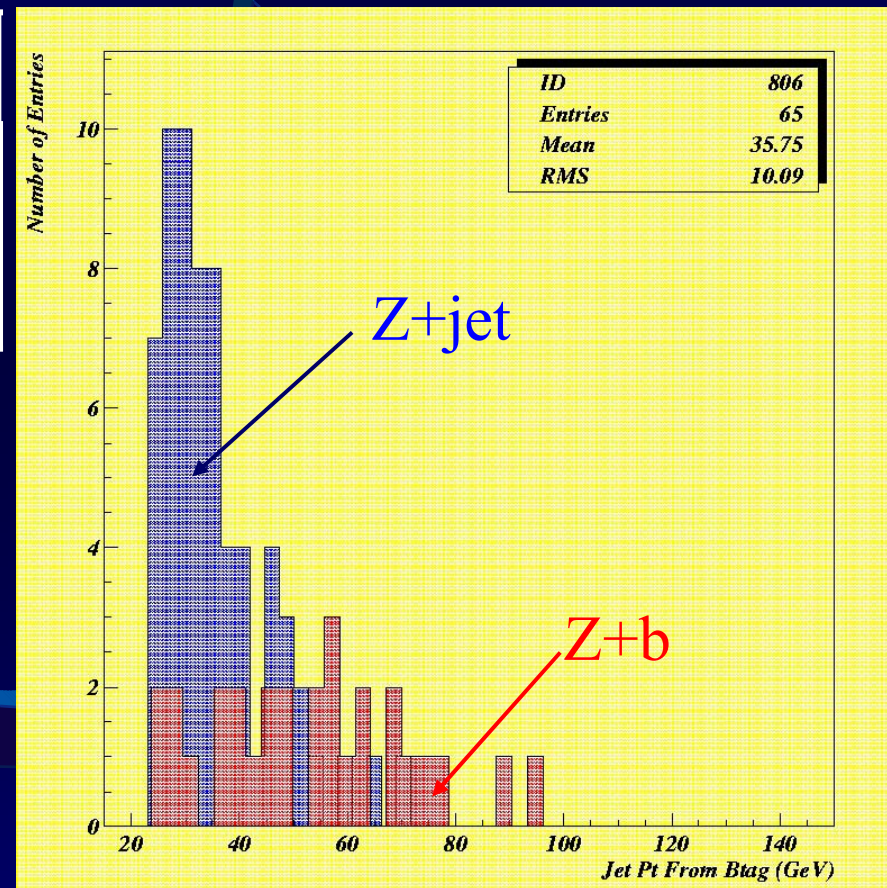
$70 < M(\mu\mu) < 115 \text{ GeV}$

B-Tagging

| P_T GeV | b jet | c jet | g jet | resto |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| >25 | 29 | 8 | 26 | 65 |
| >35 | 24 | 6 | 16 | 35 |

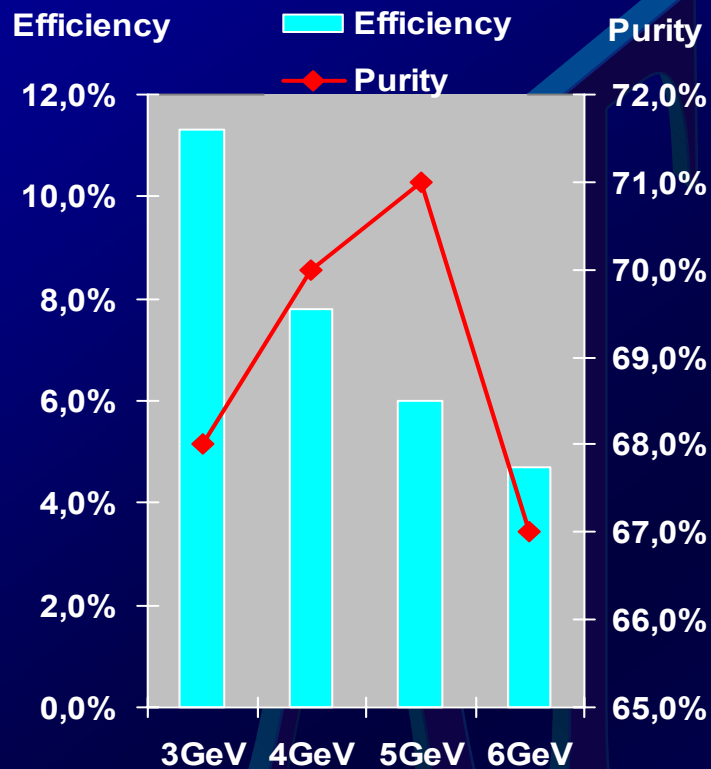
| 30 fb^{-1} | b jet | c jet | resto |
|----------------------|--------|-------|-------|
| $p_T > 25$ | 116413 | 31040 | 72702 |

Purezza = $(52.9 \pm 9.7)\%$



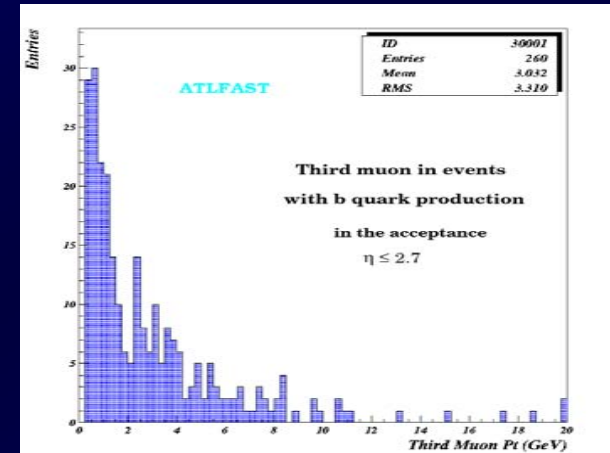
Soft Muon

Atlfast

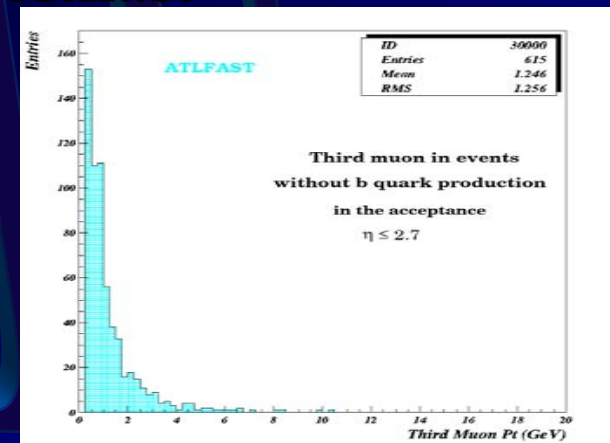


Soft Muon with b

Soft Muon without b



Atlfast



Purezza = $(70.1 \pm 8.3)\%$

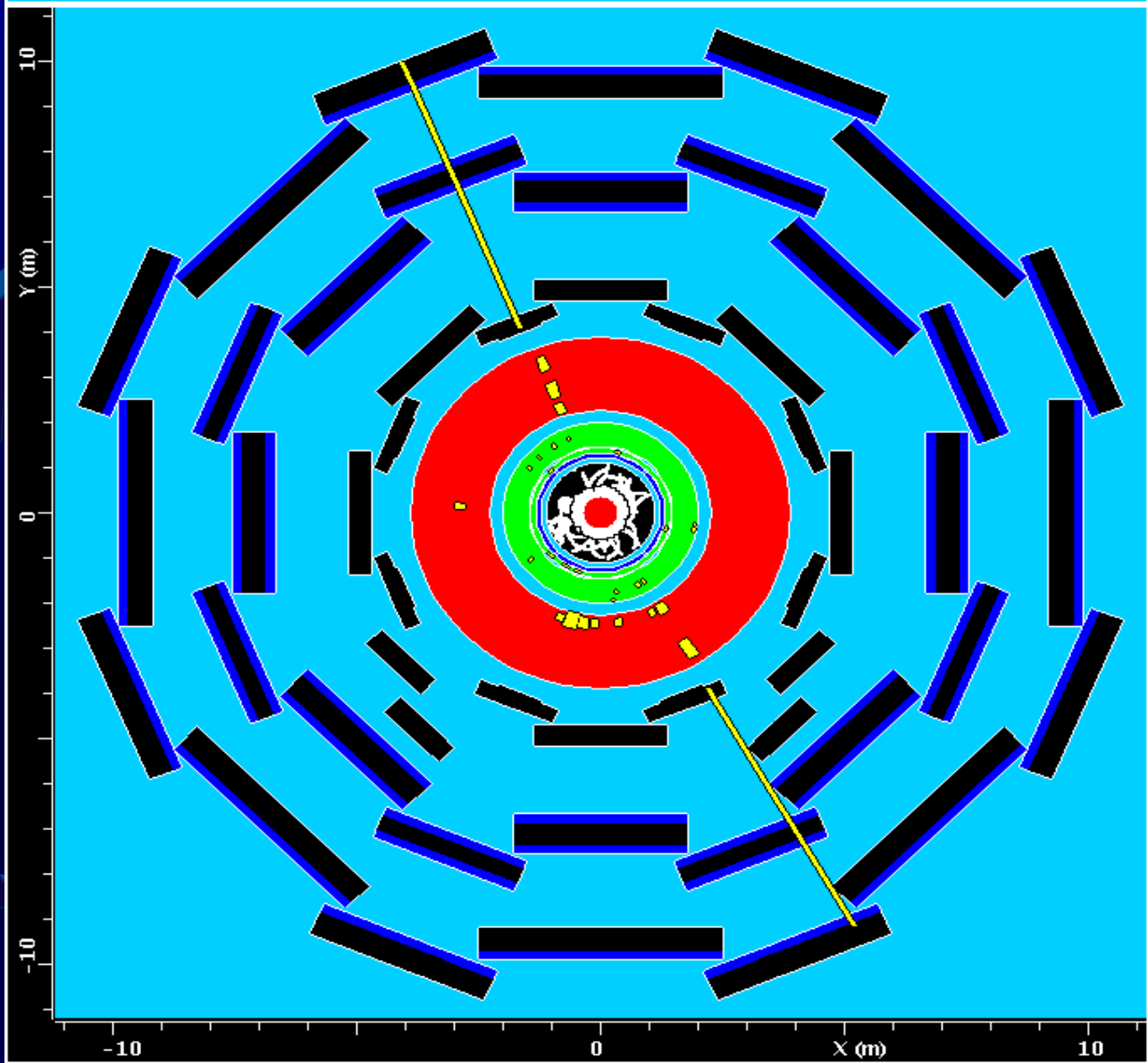
Purezza = $(35.1 \pm 12.8)\%$ Simulazione Geant3

ATLANTIS

Event Display

Evento 519

ATLAS Atlantis Event: myFiles2_8.4.0_72004_00519



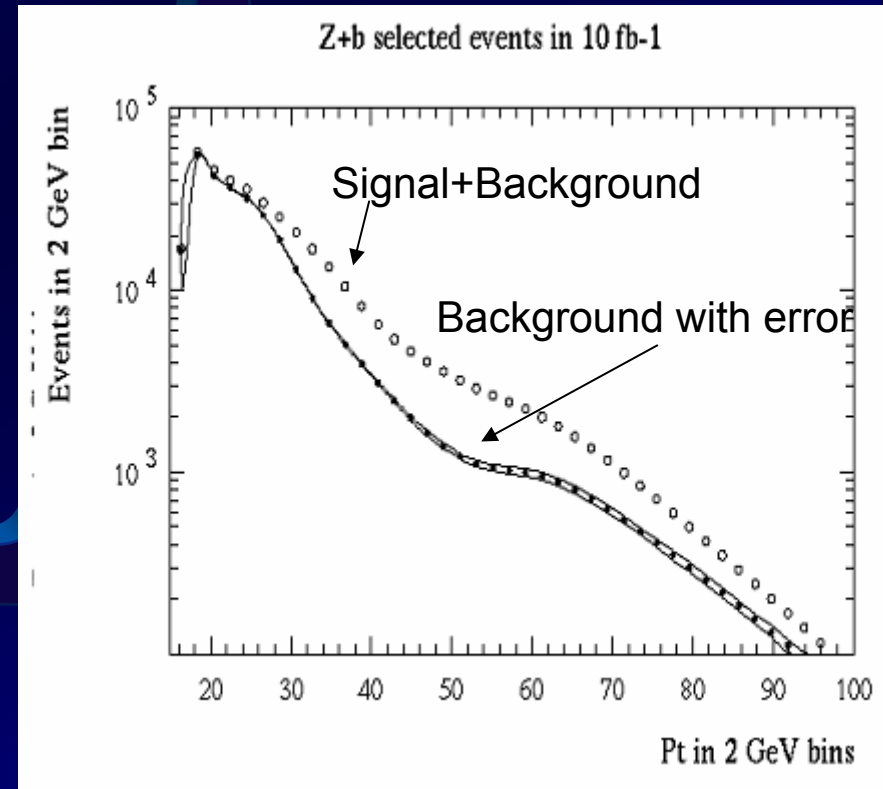
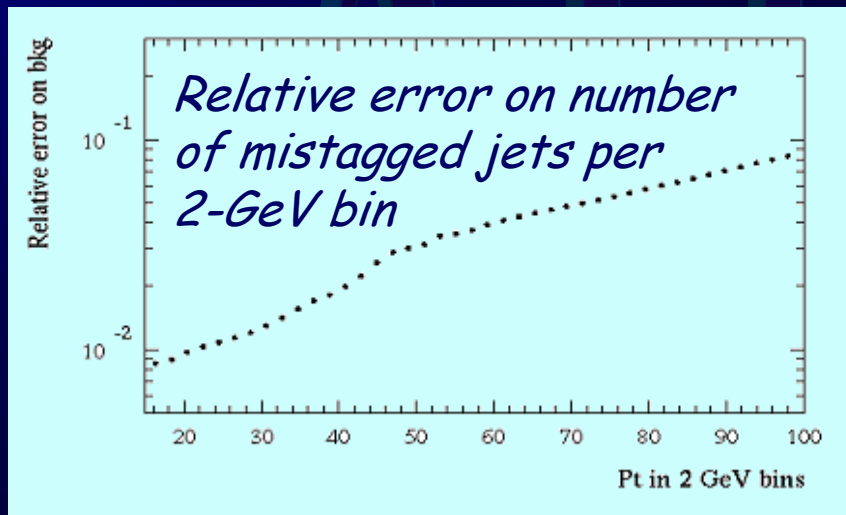
Studio delle Sistematiche

Studio dei possibili effetti sistematici che si possono controllare direttamente dai dati

- Efficienza di b-tagging
 - Campioni arricchiti di b e sulla base dell'esperienza di Tevatron e LEP:
 $\Delta\varepsilon_b/\varepsilon_b = 5\%$
- Controllo del fondo
 - W+jet rappresenta il fondo per jet non di b

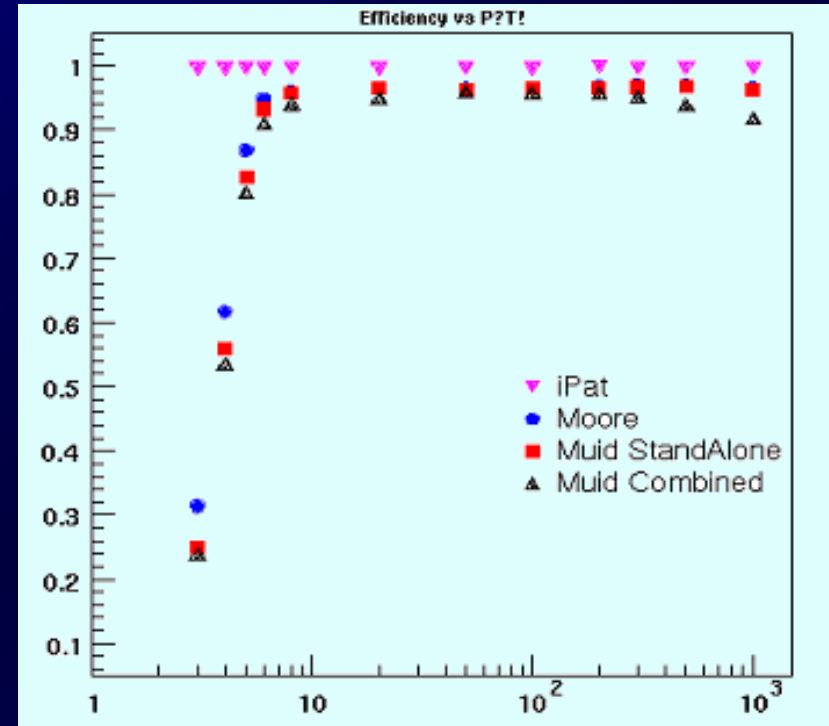
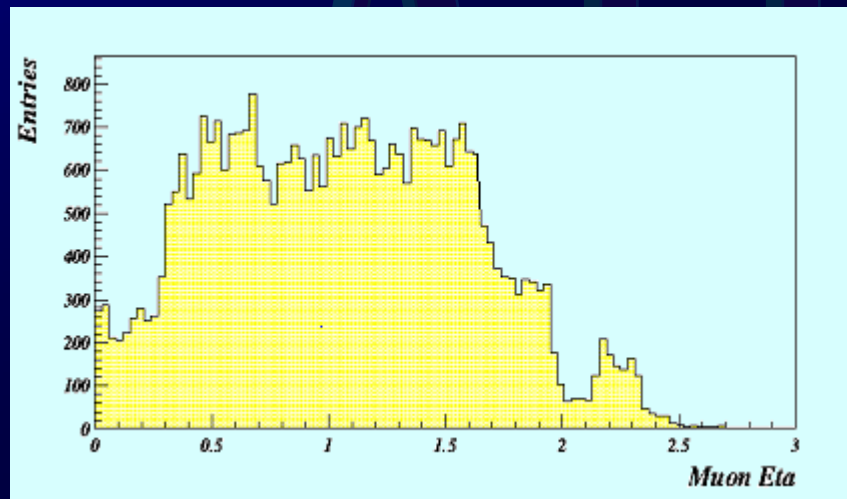
W + jet senza b jet

- Jets in tutto il range di Pt
- Statistica 30x Z+j (dopo selezione dei muoni)
- L'errore relativo sul background da mistagging é tenuto a pochi-% in ogni bin del Pt range



Efficienze

- Efficienza di ricostruzione nello Spettrometro, per $p_T > 4 \text{ GeV}$ & $|\eta| < 2.0$ superiore all'80%



- Accettanza geometrica definita dalla presenza di almeno due muoni in $|\eta| < 2.5 \rightarrow 60\%$

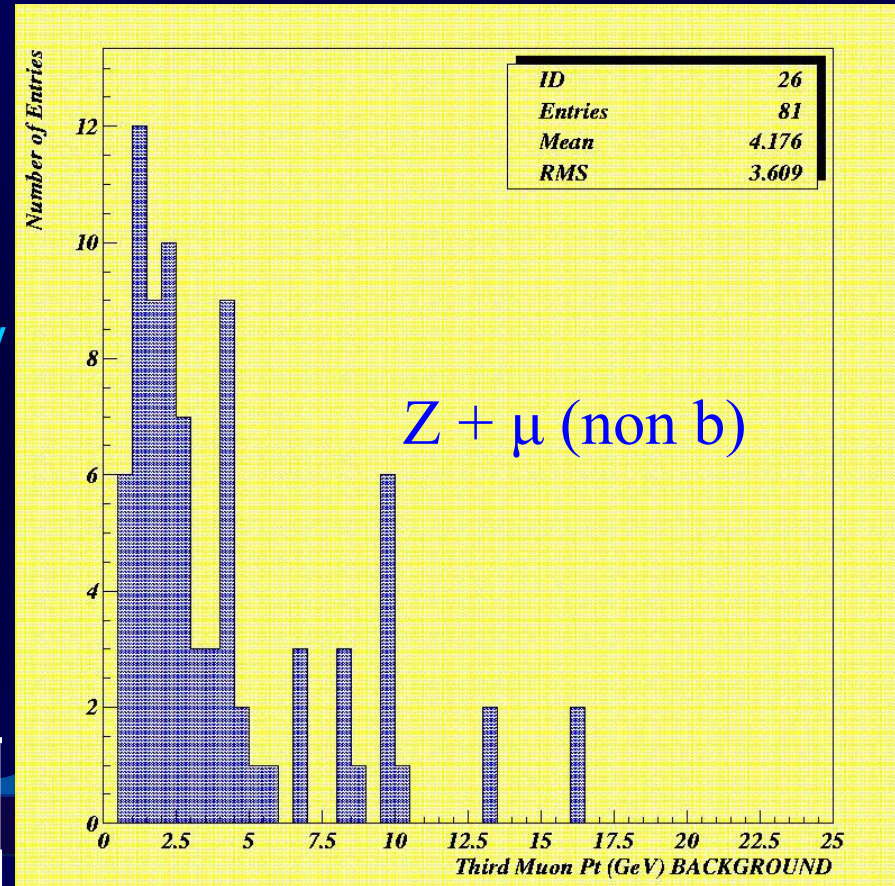
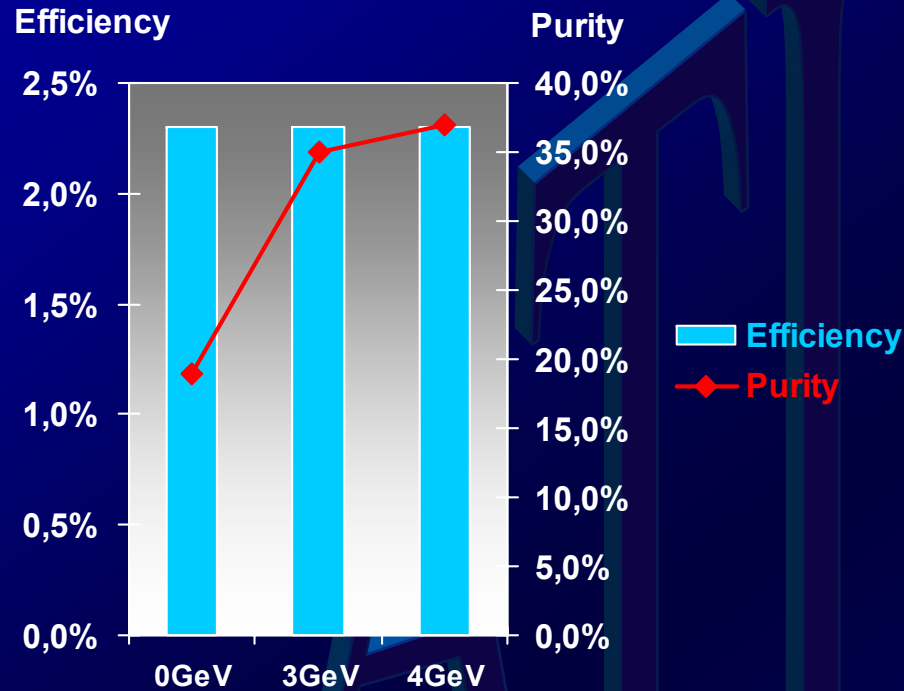
Conclusioni

- Avremo a disposizione campioni di dati per controllare gli errori sistematici relativi al b-tagging a livello di qualche per cento sull'intera distribuzione in P_t del jet
 - efficienza del b-tagging: da bb
 - mistagging: da $W+\text{jet}$
- La precisione di questa misura sarà dominata da altre sorgenti di sistematica, non affrontate in questa analisi:
 - misure di luminosità
 - Ricostruzione del jet e risoluzione in energia
- E' probabile che la precisione complessiva sarà di qualche % confrontata con le incertezze derivanti dalle previsioni teoriche

Slides di Backup

ATLAS

Soft Muon

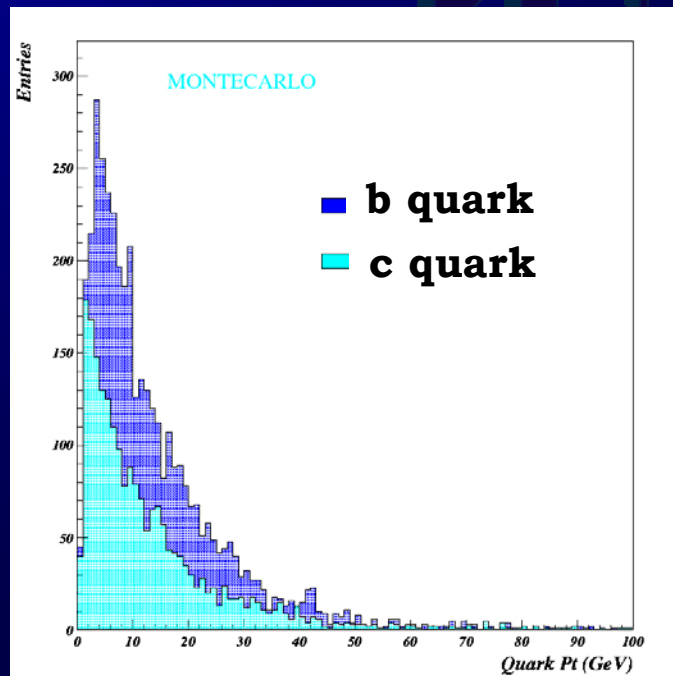
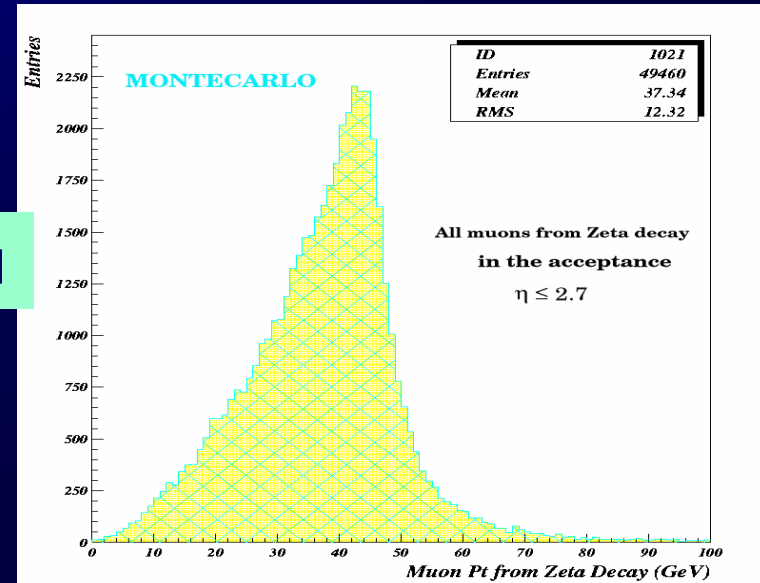


| | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|
| 30 fb ⁻¹ | b jet | c jet | resto |
| pT > 4 GeV | 15750 | 3880 | 25847 |

Purezza = (35.1 ± 12.8)%

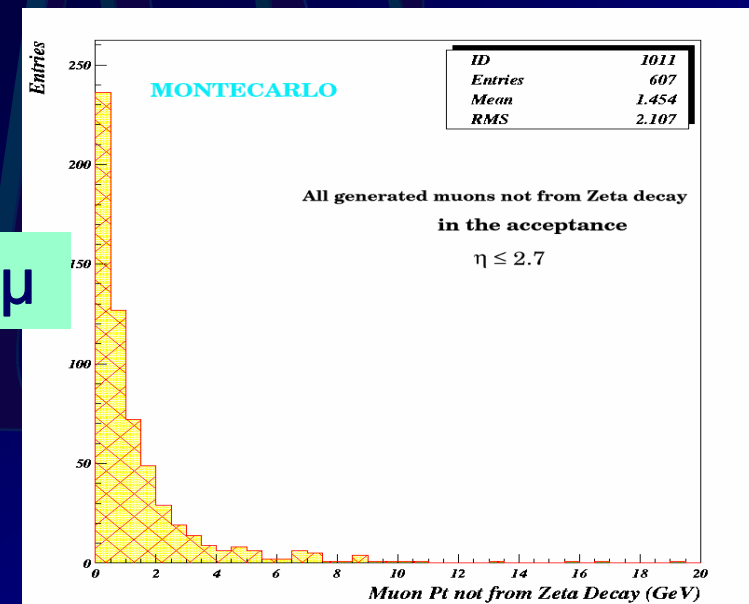
Distribuzione Impulsi Generati

$Z \rightarrow \mu\mu$



Quarks b & c

jet $\rightarrow \mu$



Ricostruzione Completa

1. Identificazione dei due muoni provenienti dal Bosone Z nello Spettrometro a Muoni

2. Identificazione b quark

- Ricerca di un terzo muone nei diversi subdetectors
- Ricerca di un jet di b



MOORE

- Moore (Muon Object Oriented REconstruction)
 - reconstruction in the MuonSpectrometer
- Search for region of activity in the ϕ projection and RZ projection
- Pattern recognition in the MDTs
 - the drift distance is calculated from the drift time, by applying various corrections on it (TOF, second coordinate, propagation along the wire, Lorenz effect). Among the 4 tangential lines the best one is found
- Track segment combination.
- Track fit
 - track parameters ($a_0, z_0, \phi, \cot\theta, 1./pt$) are expressed at the first measured point

MuonIdentification: MUID

- Inputs from Moore, Calo Reco and iPat
- Athena modules:
 - MuidInit :
 - gets tracks from Muon Reconstruction (Moore) and associates the truth from KINE bank
 - MuidStandAlone:
 - muon tracks are propagated to the vertex
 - multiple scattering parameterised as scattering planes in calorimeters
 - energy loss from truth and/or from Calo Reconstruction (Tile, HECLAr and EMLAr CaloCells from CaloUtils/CaloEvent packages) and/or from parametrization as function of (η, p)
 - refit at vertex
 - MuidComb:
 - gets MuidTracks from previous step and ID reconstructed tracks (iPat)
 - Muon/ID tracks matches with a χ^2 cut-off
 - Combined fit