

ALGORITMI PER LA RICOSTRUZIONE E LA CALIBRAZIONE DI JET E E_T IN ATLAS E CMS



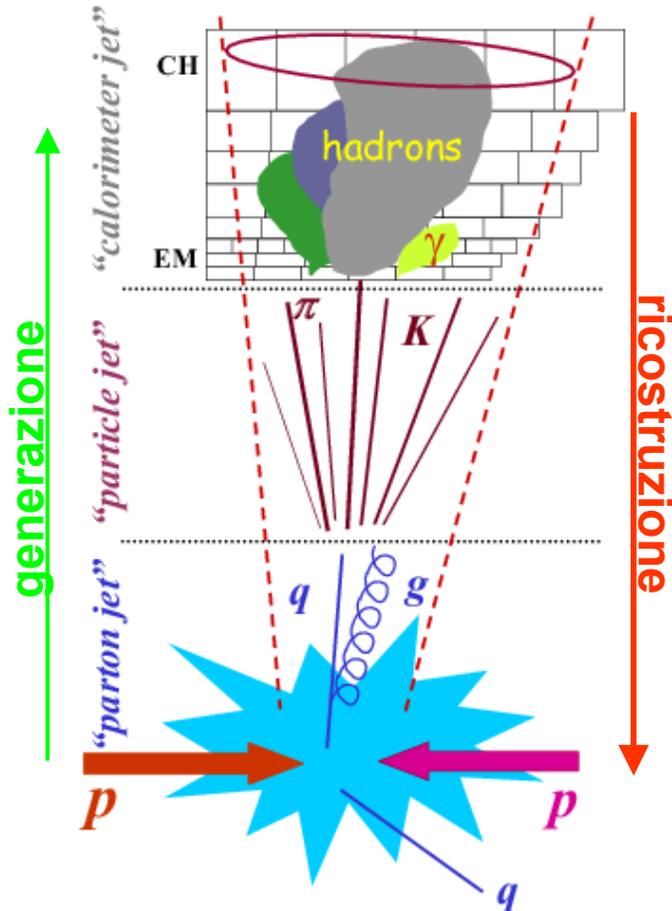
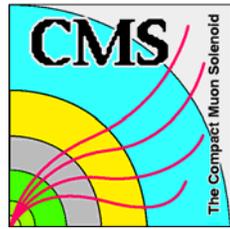
Sommario



- Fisica dei jet
- Ricostruzione e risoluzione dei jet:
 - calibrazione calorimetri
 - algoritmi per la ricostruzione di jet
 - calibrazione in situ
- Ricostruzione e risoluzione di E_{Tmiss}



Fisica dei Jet

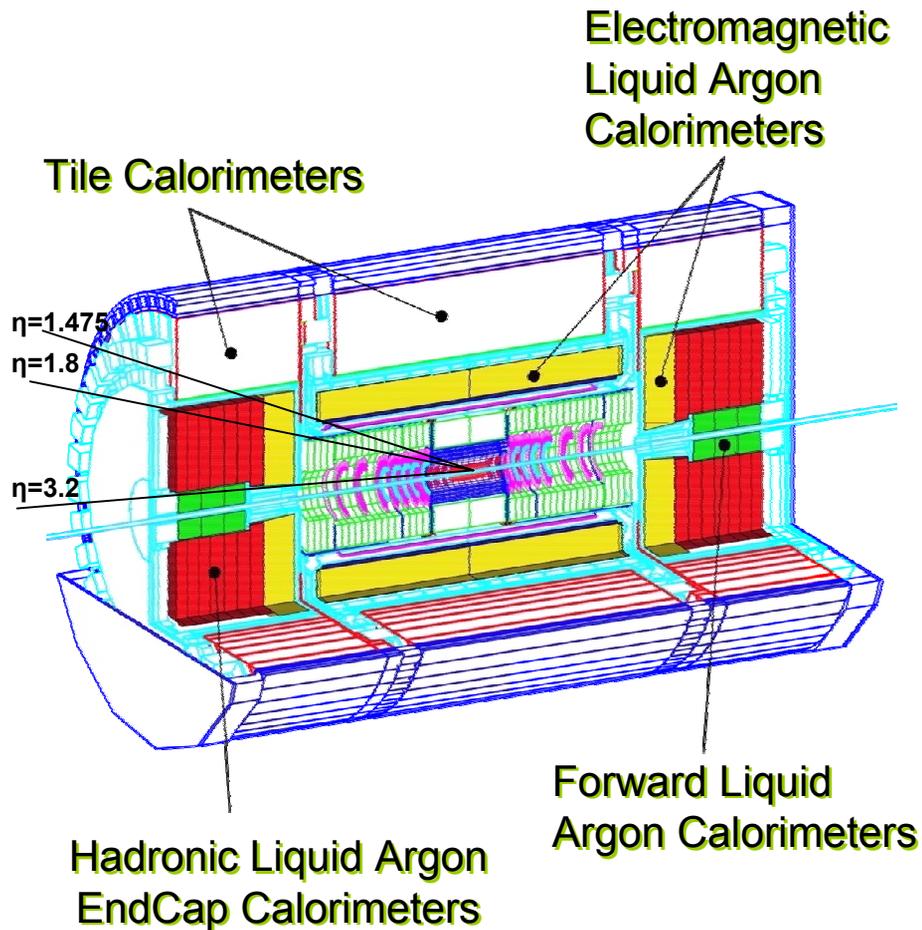


- I partoni dello stato finale producono jet collimati di particelle la cui energia è misurata nei calorimetri. Gli sciami adronici sono composti :
 - energia EM ($\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma$);
 - energia non EM visibile (dE/dx da π, μ, \dots)
 - energia invisibile (eccitazioni nucleari, ...)
 - energia che sfugge (ν).

- Un algoritmo ideale permette di associare il deposito di energia nelle celle calorimetriche ai partoni dello stato finale.



Sistema calorimetrico di ATLAS



EM LAr $|\eta| < 3$:

Pb/LAr 24-26 X_0

3 sezioni longitudinali 1.2λ

$\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.025 \times 0.025 - 1\%$ equal.

Central Hadronic $|\eta| < 1.7$:

Fe(82%)/scintillatore(18%)

3 sezioni longitudinali 7.2λ

$\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.1 \times 0.1$

End Cap Hadronic $1.7 < \eta < 3.2$:

Cu/LAr – **4 sezioni longitudinali**

$\Delta\eta \times \Delta\phi < 0.2 \times 0.2$

Forward calorimeter $3 < \eta < 4.9$:

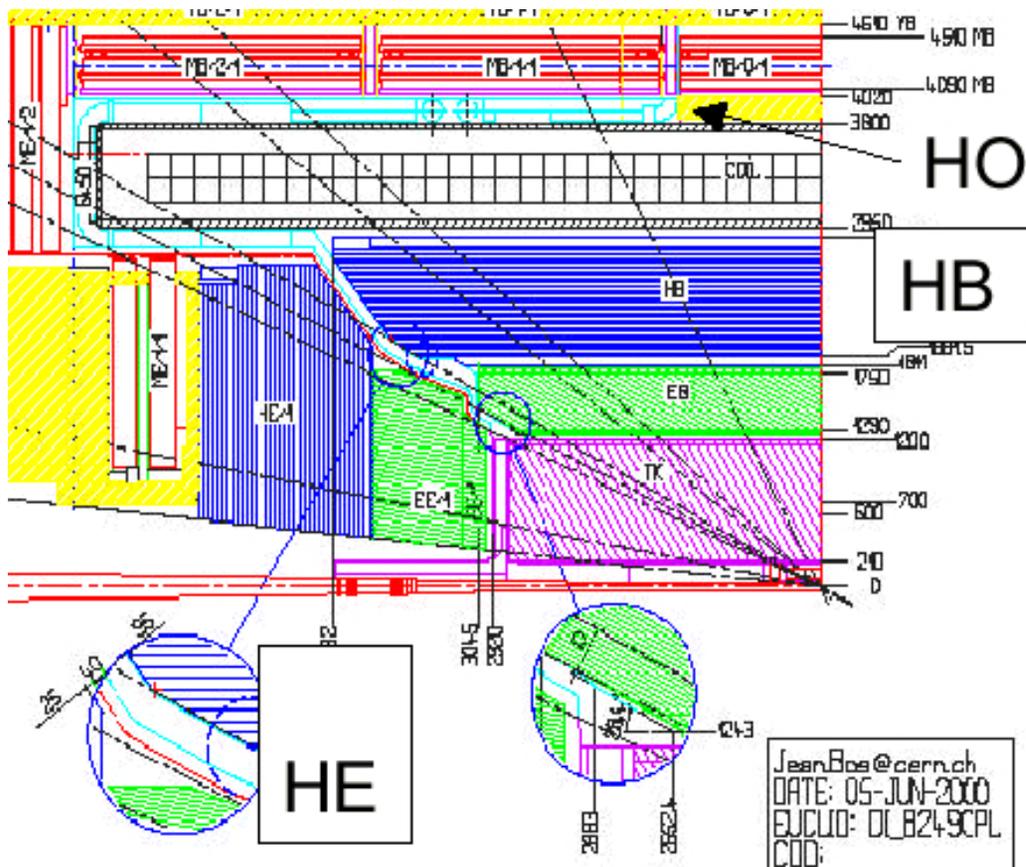
EM Cu/LAr – HAD W/LAr

3 sezioni longitudinali

$$\frac{\sigma}{E} = \left(\frac{41.9\%}{\sqrt{E}} + 1.8\% \right) \oplus \frac{1.8}{E}$$



Sistema calorimetrico di CMS

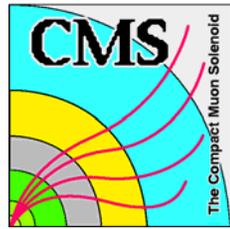


$$\frac{\sigma(E)}{E} = \frac{120\%}{\sqrt{E}} \oplus 5\%$$

- EM calorimeter** $|\eta| < 3$:
 PbWO₄ crystals
 1 sezione longitudinale 1.1λ ,
 $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.0174 \times 0.0174$
- Central Hadronic** $|\eta| < 1.7$:
 Cu(70%)+Zn(30%)/scintillatore+WLS
 2 + 1 (HO) sezioni longitudinali
 $5.9 + 3.9 \lambda$ ($|\eta| = 0$)
 $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.087 \times 0.087$
- Endcap Hadronic** $1.3 < |\eta| < 3$:
 Cu(70%)+Zn(30%)/scintillatore+WLS
 2/3 sezioni longitudinali 10λ
 $\Delta\eta \times \Delta\phi = \sim 0.15 \times 0.17$
- Forward calorimeter** $2.85 < \eta < 5.19$:
 Ferro/fibre di quarzo $\Delta\eta \times \Delta\phi =$
 $\sim 0.175 \times 0.17$



Calibrazione dei calorimetri



Definizione della scala di energia per i calorimetri.

ADC \rightarrow GeV

- Calibrazione con sorgente radioattiva.
- Misure con fasci di test :
 - elettroni e pioni a varie energie e in varie configurazioni per linearità, risoluzione, e/π (e/h), sviluppo longitudinale degli shower, input MC.
 - muoni per confronto con la sorgente radioattiva, input MC.

$e/h > 1 \rightarrow$ COMPENSAZIONE

CMS

$$E_{\text{rec}} = E_{\text{EM}} + (\alpha \times H1 + H2 + H3)$$

$\alpha > 1$ corregge per $e/h > 1$.

Il coefficiente α utilizzato è costante.

ATLAS

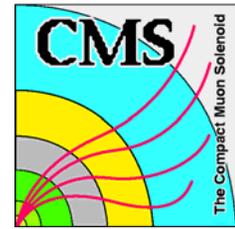
metodo H1 [NIM-A1809(1981)429] :

$$E_{\text{rec}} = \sum W_{\text{EM}}(E_{\text{cell}}, E_{\text{part}}) E_{\text{cell}} + \sum W_{\text{HAD}}(E_{\text{cell}}, E_{\text{part}}) E_{\text{cell}}$$

W ottenuti minimizzando la risoluzione e imponendo la linearità.



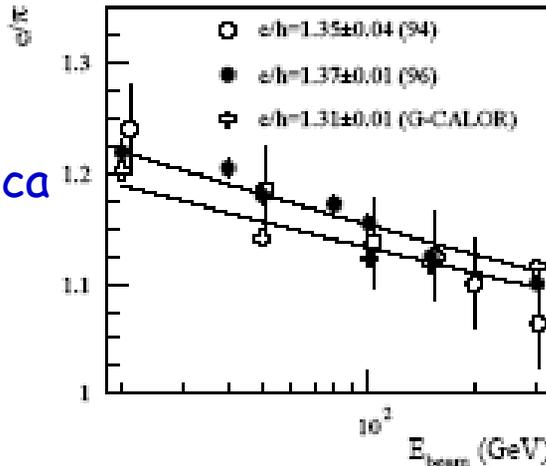
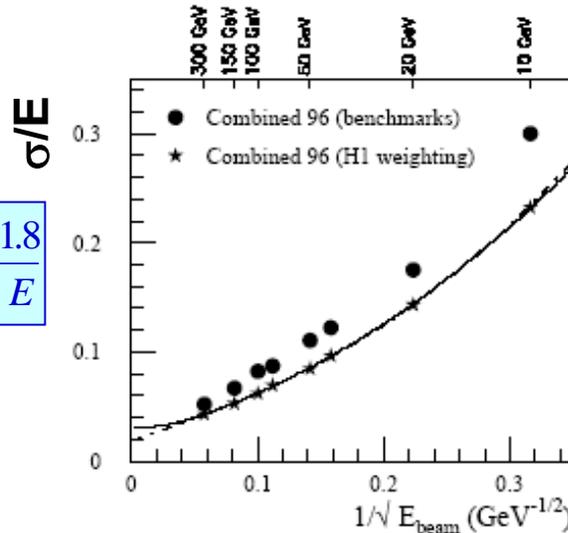
Test beam



ATLAS:
EM LAr + Tile

CMS TB 2004

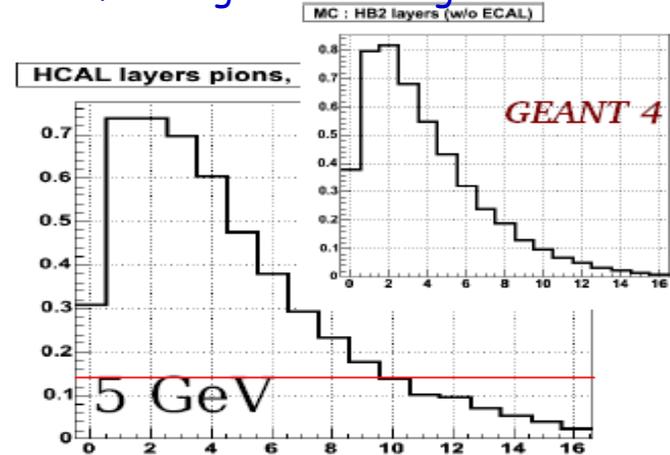
$$\frac{\sigma}{E} = \left(\frac{419\%}{\sqrt{E}} + 1.8\% \right) \oplus \frac{1.8}{E}$$



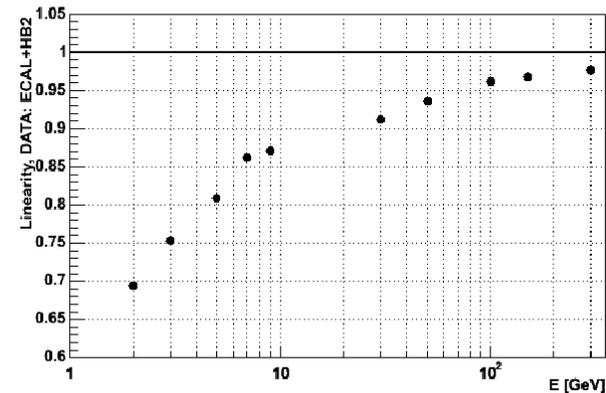
e/π in scala
elettromagnetica

$e/h = 1.36-1.5$
in had. cal.

Profilo longitudinale degli shower



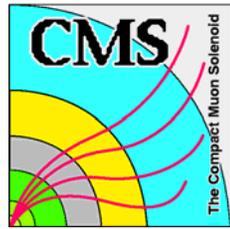
Linearity ECAL + HB2 2-300 GeV
HB2 calib: 50 GeV pi L0=1.6



M. D'ALFONSO, F. SARRI



Algoritmi dei jet



Due step di un algoritmo per la ricostruzione dei jet :

1. Raggruppare gli adroni, celle calorimetriche, ... in base alla "vicinanza" :

vicinanza in angolo \rightarrow algoritmo a cono

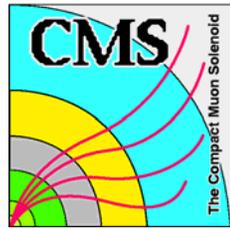
vicinanza in impulso trasverso e angolo $\rightarrow K_T$

2. Definire le quantità cinematiche da associare al jet.

Schema di Ricombinazione : è la regola di somma dei momenti per le particelle che sono state identificate con un jet.



Algoritmo a cono



Vengono selezionate le torri calorimetriche con $E_T > E_{T,seed}$

Vengono associate le torri entro un raggio ΔR attorno al seed ($\Delta R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2}$) e viene calcolato il baricentro del jet.

Questa procedura viene iterata fino al raggiungimento di un cono stabile.

ATLAS

I getti che condividono più di una percentuale ΔS di energia vengono uniti altrimenti le torri in comune si assegnano al jet più vicino

CMS

le torri che appartengono al jet stabile vengono rimosse

	ΔR	$E_{T,seed}$	ΔS
ATLAS	0.7*	2 GeV	50%
CMS	0.5*	1 GeV	-

(*) bassa luminosità

esempio di recombination scheme

$$E_T^{jet} = \sum_k E_T^k$$

$$\eta^{jet} = \frac{\sum_k E_T^k \cdot \eta_k}{E_T^{jet}}$$

$$\phi^{jet} = \frac{\sum_k E_T^k \cdot \phi_k}{E_T^{jet}}$$

M.D'ALFONSO, F.SARRI



Algoritmo K_T



Lista di precluster.

Per ogni precluster i e per ogni coppia di precluster i, j si definiscono:

$$d_{ii} = k_{T,i}^2$$

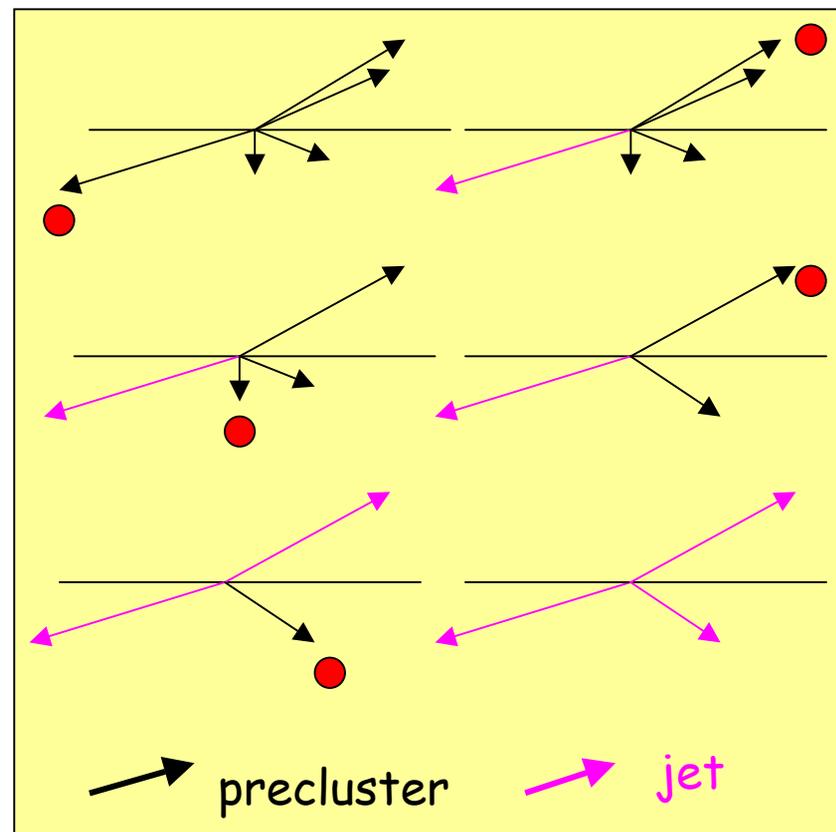
$$d_{ij} = \min(k_{T,i}^2, k_{T,j}^2) \frac{\Delta R_{ij}^2}{D^2}$$

e si cerca il d minimo.

se ($d_{\min} = d_{ii}$) \Rightarrow jet

se ($d_{\min} = d_{ij}$) \Rightarrow uniscono i e j
(4-vector sum) in un nuovo d_{ij}

ESEMPIO





Calibrazione dei jet



I jet devono essere ricalibrati (e/π , crack dei rivelatori, ...)

ATLAS

metodo alla H1 :

- l'energia si calcola con una somma pesata dell'energia delle celle nelle varie segmentazioni longitudinali dei calorimetri; $E_{Rec} = \sum_i w_i E_i$
- i pesi dipendono dal sample calorimetrico, dall'energia della cella;
- vengono calcolati minimizzando la risoluzione in energia rispetto all'energia del jet MC.

CMS

Correzioni con coefficienti costanti

$$E_T(\text{corr}) = (1/(\text{Risposta})) * E_T(\text{rec})$$

Risposta = $E_T(\text{rec}) / E_T(\text{corr})$
funzione di E_T e η
definita su eventi MC

CMS

Correzioni con tracce
vedi presentazione su E-Flow



Eventi a di QCD a 2 jet (ATLAS) (1)



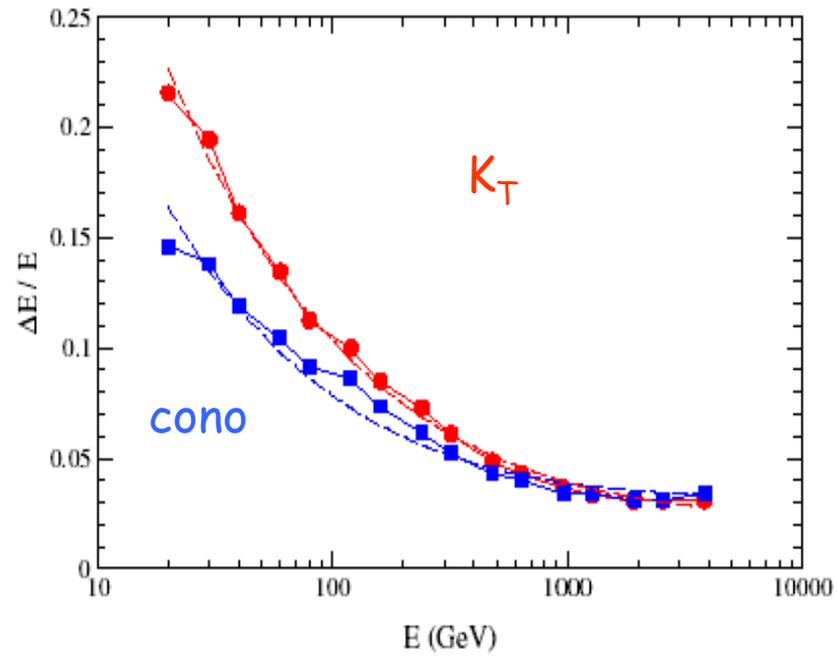
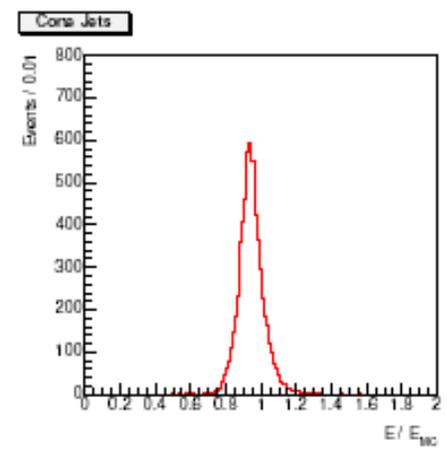
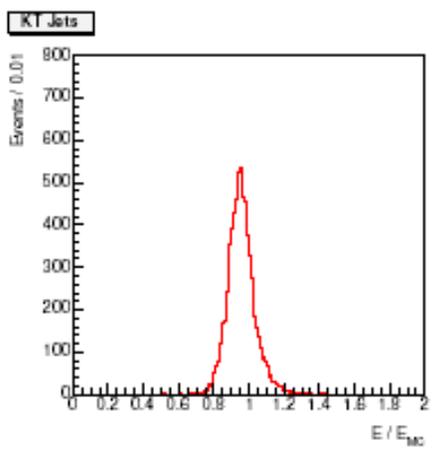
eventi con noise, algoritmo a cono e K_T
 $p_T > 35, 70, 140, 280, 560, 1120, 2240, 4480 \text{ GeV}$

F.Paige, talk agosto 2004

possibile parametrizzazione :

$$w_i = a + \frac{(b + c/e)}{e^d}$$

16 bin di $\ln(E_{\text{cell}}/V)$
 $e = e$ -esimo bin di energia



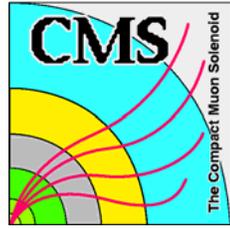
Il rapporto E/E_{MC} per i jet calibrati è molto vicino a 1, ma ancora non entro 1%.

$$\left. \frac{\Delta E}{E} \right|_{KT} = \frac{100.7\%}{\sqrt{E}} \oplus 2.3\%$$

$$\left. \frac{\Delta E}{E} \right|_{\text{cono}} = \frac{71.9\%}{\sqrt{E}} \oplus 3.1\%$$



Eventi a di QCD a 2 jet (ATLAS) (2)

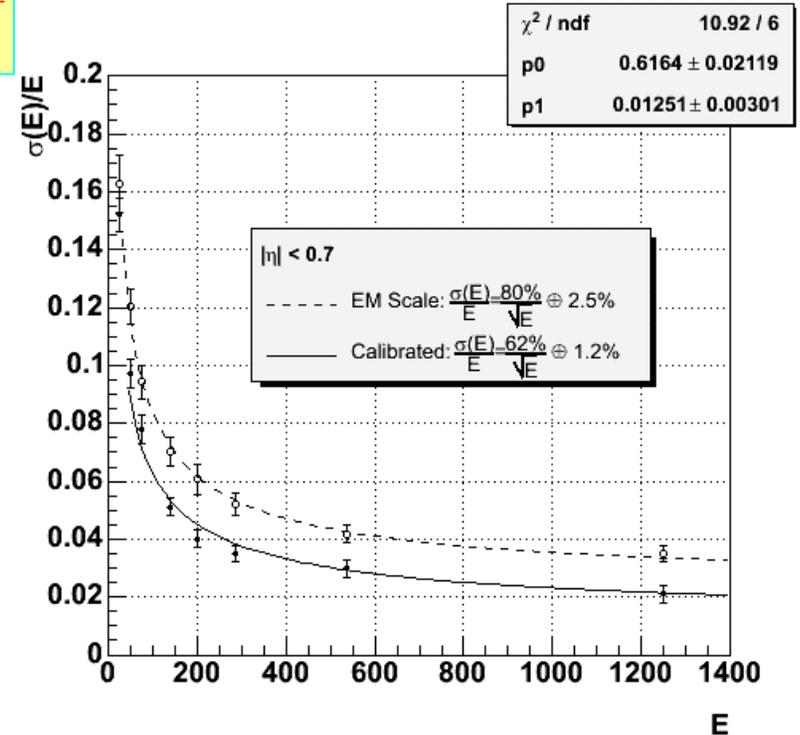
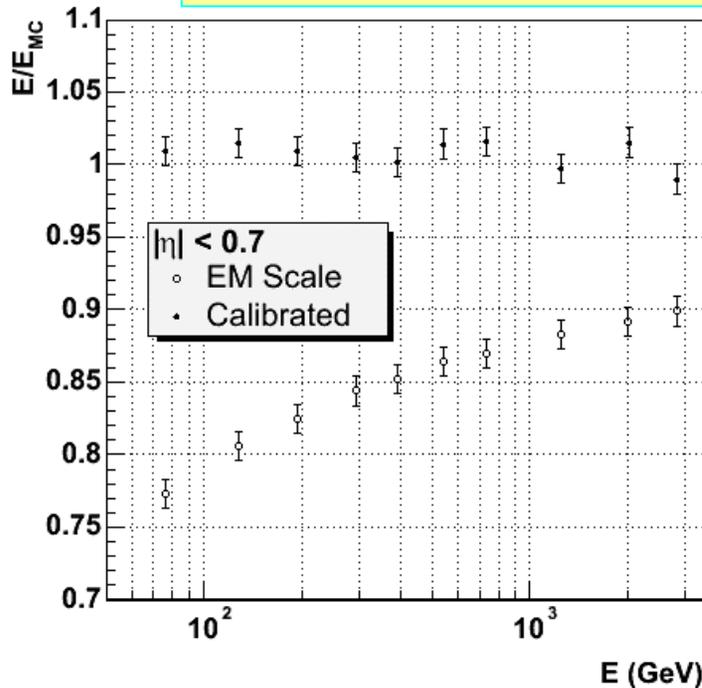


eventi senza noise e pile-up, algoritmo a cono
 $p_T > 35, 70, 140, 280, 560, 1120, 2240, 4480 \text{ GeV}$

altra parametrizzazione

$$w_i(E_i, E_{MC}) = a_i(E_{MC}) + \frac{b_i(E_{MC})}{E_i}$$

C.Roda, I.Vivarelli, ATLAS SW 09-2004

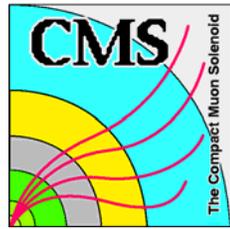


linearità entro il 2%

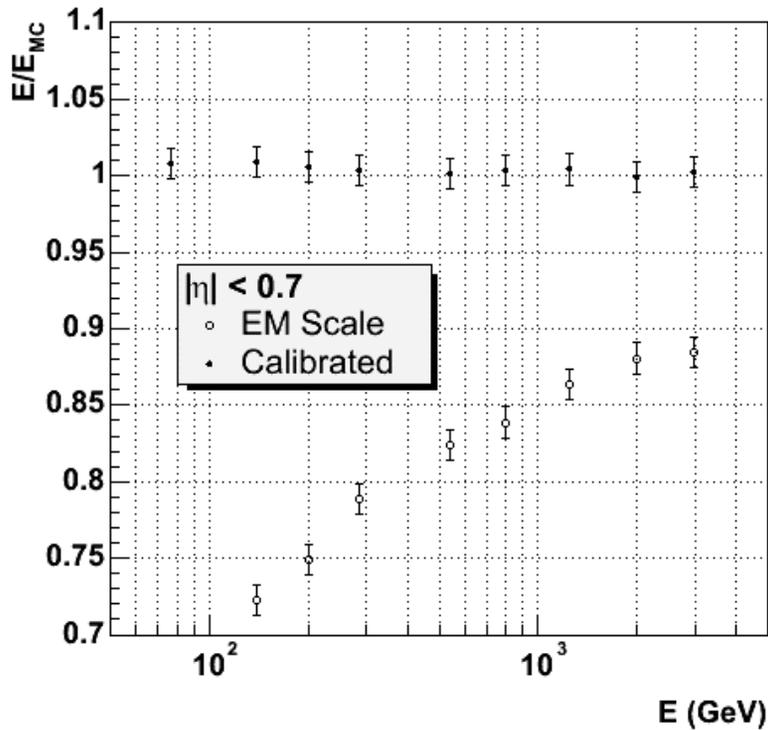
$$\frac{\sigma(E)}{E} = \frac{62\%}{\sqrt{E}} \oplus 1.2\%$$



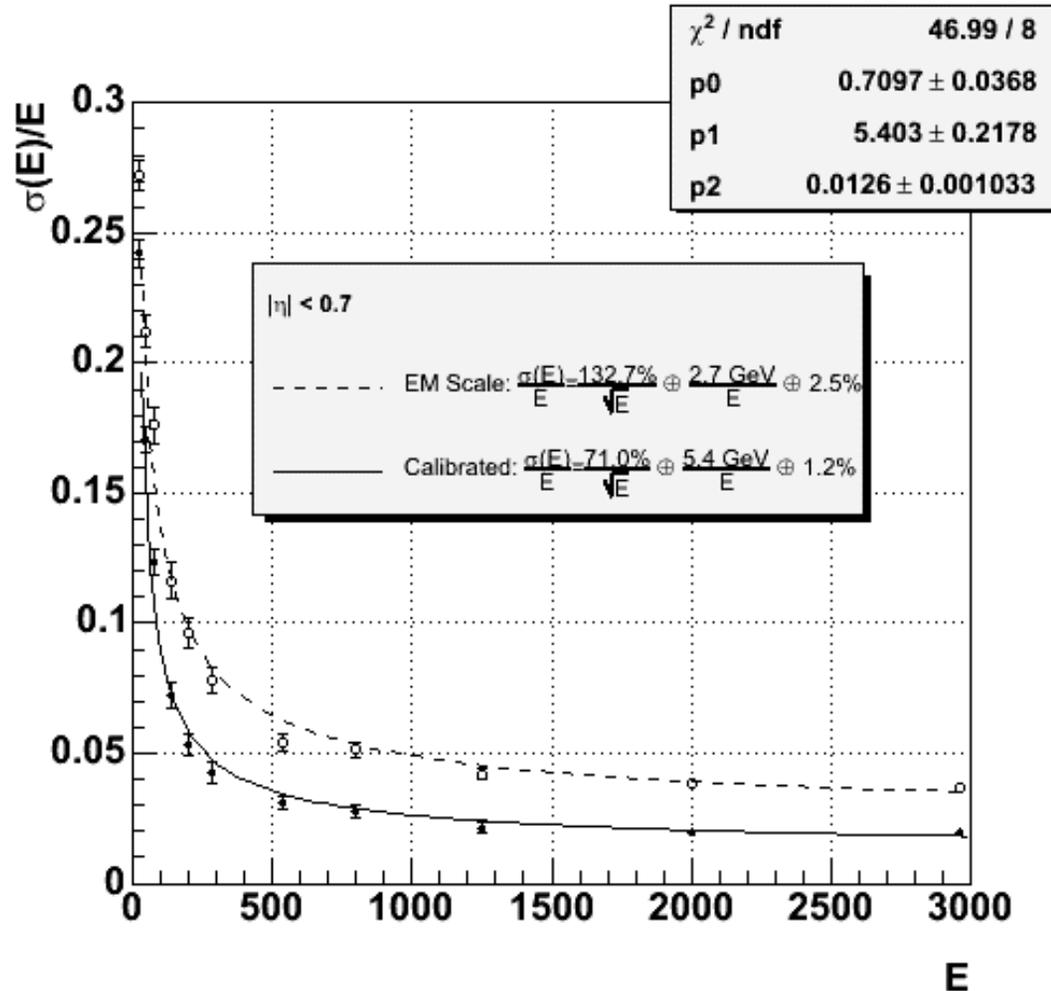
Eventi a di QCD a 2 jet (ATLAS) (3)



Noise simulato e
taglio a 2σ



linearità ancora entro il 2%



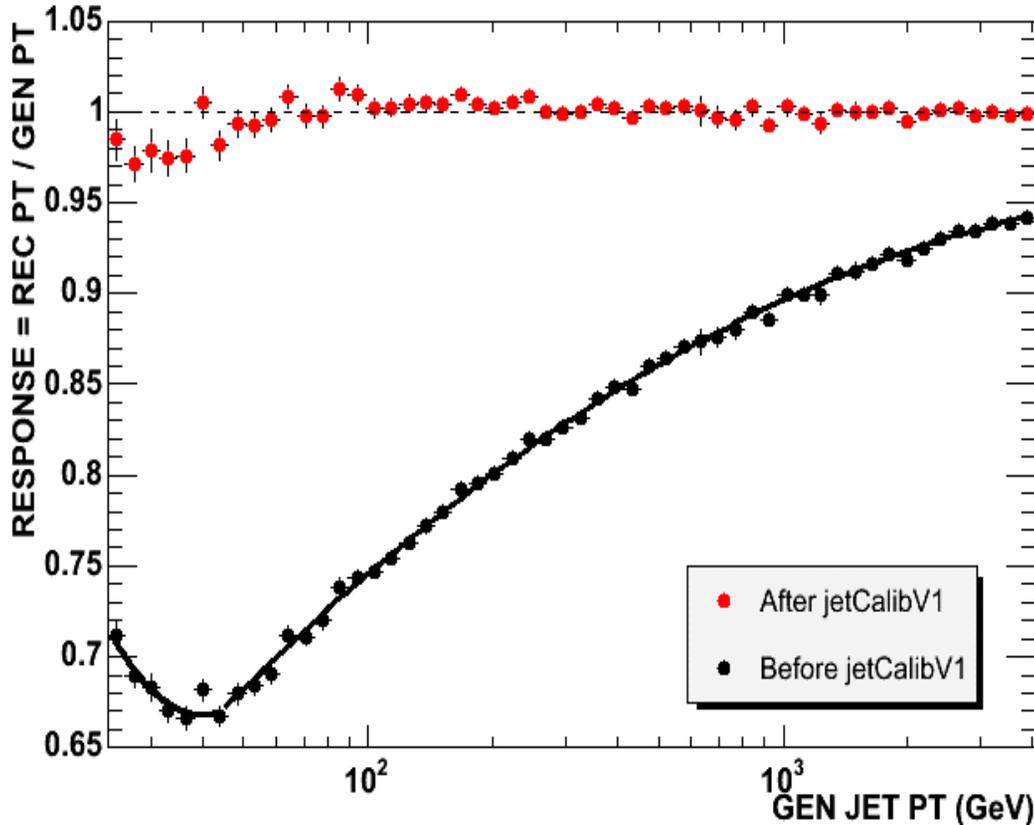
C.Roda, I.Vivarelli, ATLAS SW 09-2004



Eventi a di QCD a 2 jet (CMS)



Corrected Response vs. P_T ($|\ln| < 1$)



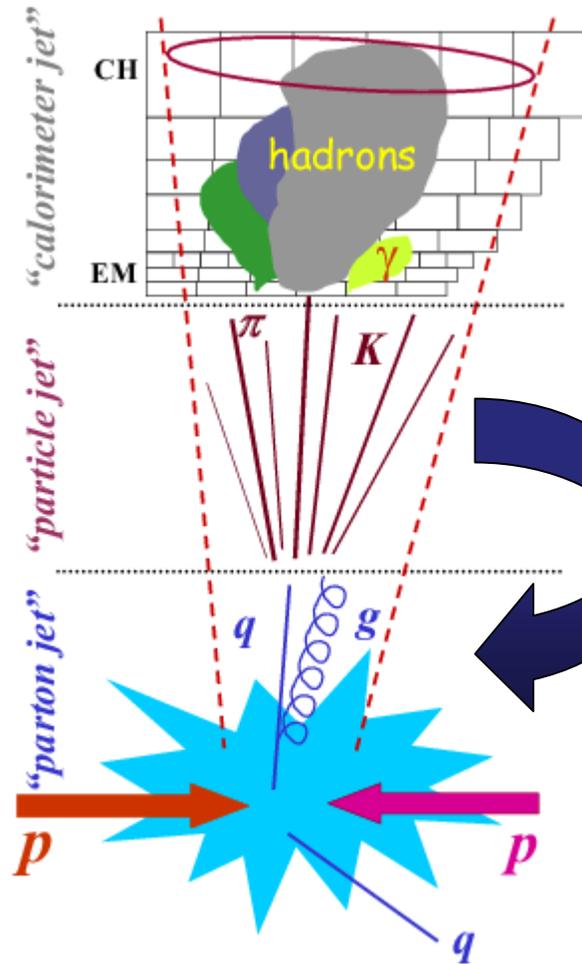
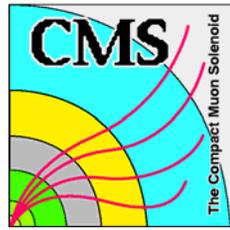
By Robert Harris

eventi senza pile-up
algoritmo a cono con
 $\Delta R = 0.5$

Correction =
 $1 / (\text{Response}(\eta) * \text{Response}(P_T))$



Energia del partone



Dal jet ricostruito alla misura assoluta dell'energia del jet partonico - richiesta 1% precisione sulla scala dei jet :

- riscaldare l'energia ricostruita (trasversa), correzione energia persa fuori dal cono ed in particelle neutre;
- sottrazione dell'energia non associata alla interazione forte : underlying event, multiple interactions, pile-up, noise.



Calibrazione in situ



Calibrazione "in situ"



Monitorare e intercalibrare il rivelatore :

- muoni cosmici;
- muoni di beam halo;
- eventi di minimum bias;
- eventi di singoli adroni;
- eventi a 2 jet ($p_{Tj1} = p_{Tj2}$).

Eventi per la calibrazione dei jet :

- $W \rightarrow jj$: si impone la massa W . Gli eventi sono generati da decadimento delle coppie $t\bar{t}$ in cui uno dei due W prodotti decade leptonic.
- $Z+j$: si richiede che $Z \rightarrow e^+e^-, \mu^+\mu^-$ e jet siano back-to-back $p_{T Z} = p_{T j}$.
- $\gamma+j$: si richiede che γ e jet siano back-to-back $p_{T \gamma} = p_{T j}$.
Statistica molto piu` alta che per $Z+j$.



Z+jet (ATLAS)



$$Z + \text{jet} \rightarrow \mu\mu + \text{jet}$$

La calibrazione si ottiene imponendo :

$$p_T^Z \cong p_T^{\text{jet}}$$

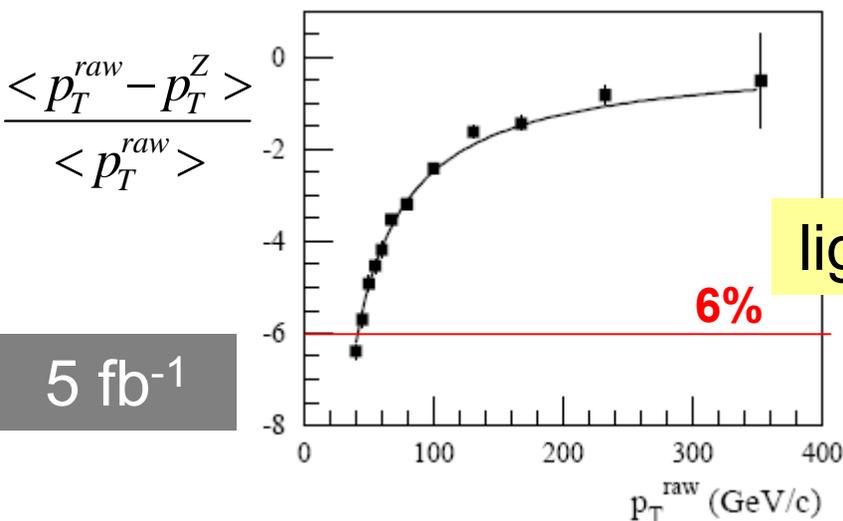
verificata solo approssimativamente per la presenza di ISR

Studio con fast simulation

Efficienza per la selezione degli eventi 10%

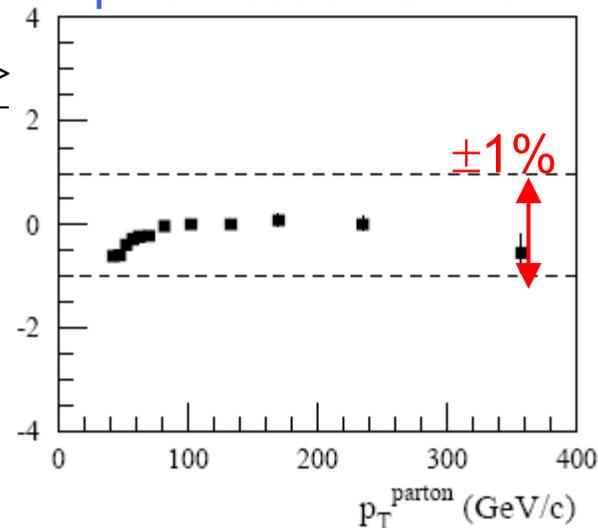
30% running efficiency
In 1 mese si hanno circa 30000 Z+jet nel barrel ($10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$)

Prima della calibrazione



$$\frac{\langle p_T^{\text{cal}} - p_T^{\text{partone}} \rangle}{\langle p_T^{\text{partone}} \rangle}$$

Dopo la calibrazione

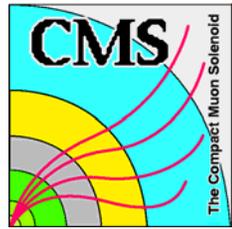


ATL-PHYS-2002-026

M. D'ALFONSO, F. SARRI



$\gamma + \text{jet}$ (CMS)



Goal: trovare coefficienti per:

- light quark, jet di b, jet di QCD
- differenti algoritmi di ricostruzione del jet
- diverse E, η

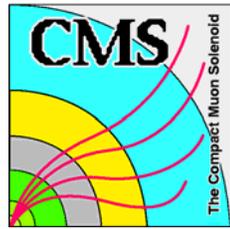
usando il bilanciamento $P_T(\gamma) - P_T(\text{parton})$

$$K_{\text{jet}} = P_T(\text{reco}) / P_T(\gamma) \rightarrow E_T(\text{corr}) = (1 / K_{\text{jet}}) * E_T(\text{reco})$$

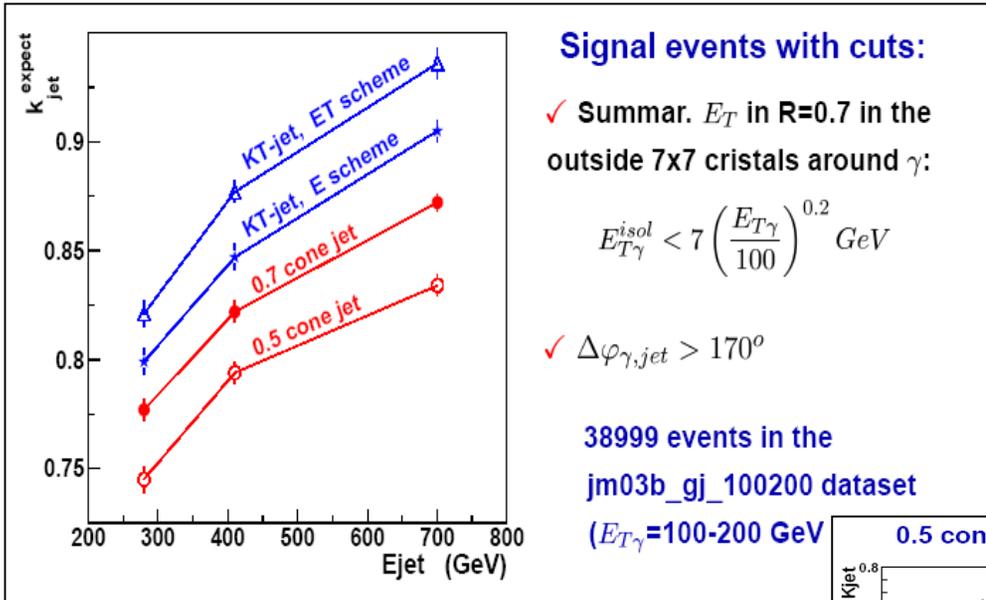
NB : importanti gli errori sistematici



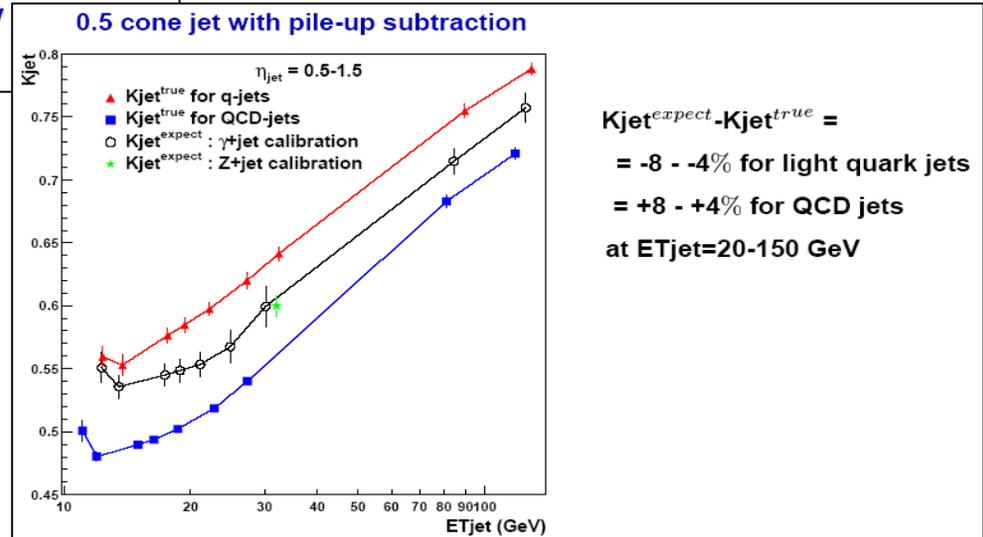
$\gamma + \text{jet}$ (CMS)



by V. Konopliyanikov

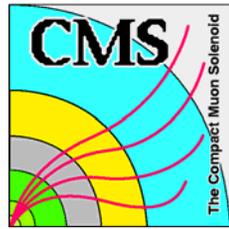


errori sistemati :
ISR, tagli di selezione,
fondo jet-jet,.....





Ricostruzione e calibrazione di E_{Tmiss}



ATLAS

- Ricostruzione di E_{Tmiss} :
 \Rightarrow tutte le celle dei calorimetri in $|\eta| < 5$:

$$E_{Tmiss} = \sqrt{E_{Xmiss}^2 + E_{Ymiss}^2}$$

$$E_{X(Y)miss} = \sum E_{X(Y)} \text{ calo cells}$$

$$\text{Sum} E_T = \sum E_T \text{ calo cells}$$
- Calibrazione di E_{Tmiss} :
 \Rightarrow Nelle regioni del Barrel e dell'EndCap si usano gli stessi pesi alla H1 trovati per i jet.
 \Rightarrow Per FCAL pesi alla H1 trovati per E_{Tmiss} .

CMS

Ricostruzione di E_{Tmiss} :

$$E_{Tmiss} = \sum_{jet, torri} \vec{E}^{jet, torri} \cdot C^{jet, torri} (E_T, \eta)$$

$$C^{jet} = \frac{E_T^{particelle} (\Delta R = 0.5)}{E_T^{rec} (\Delta R = 0.5)}$$

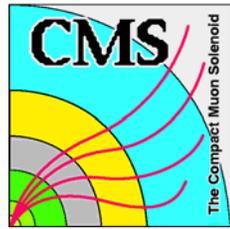
$$C^{torre} = C^{jet} (E_T = 30 GeV)$$

Calibrazione di E_{Tmiss} :

\Rightarrow i coefficienti sono gli stessi trovati per i jet
 (altri algoritmi sotto studio)



Risoluzione di E_T miss (ATLAS)



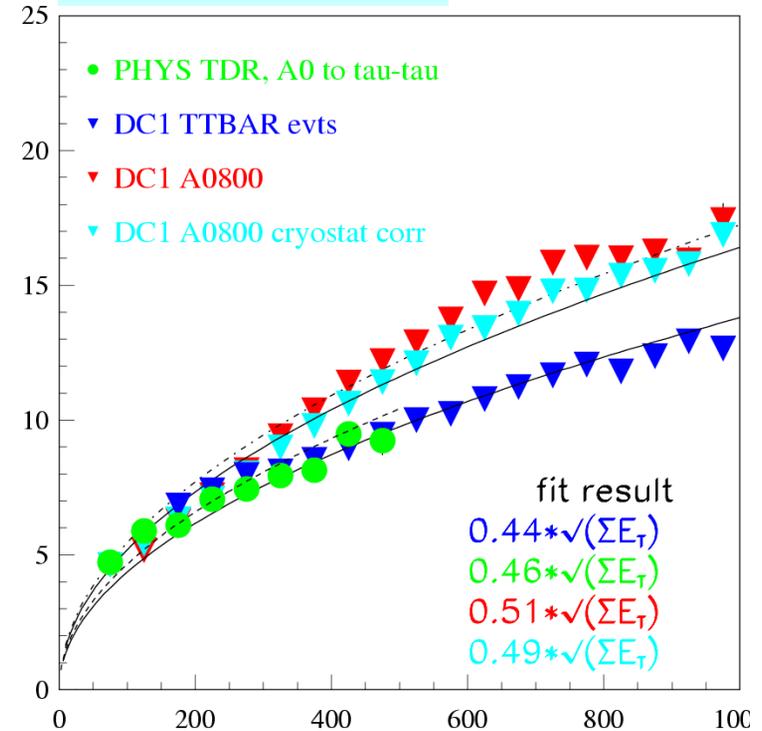
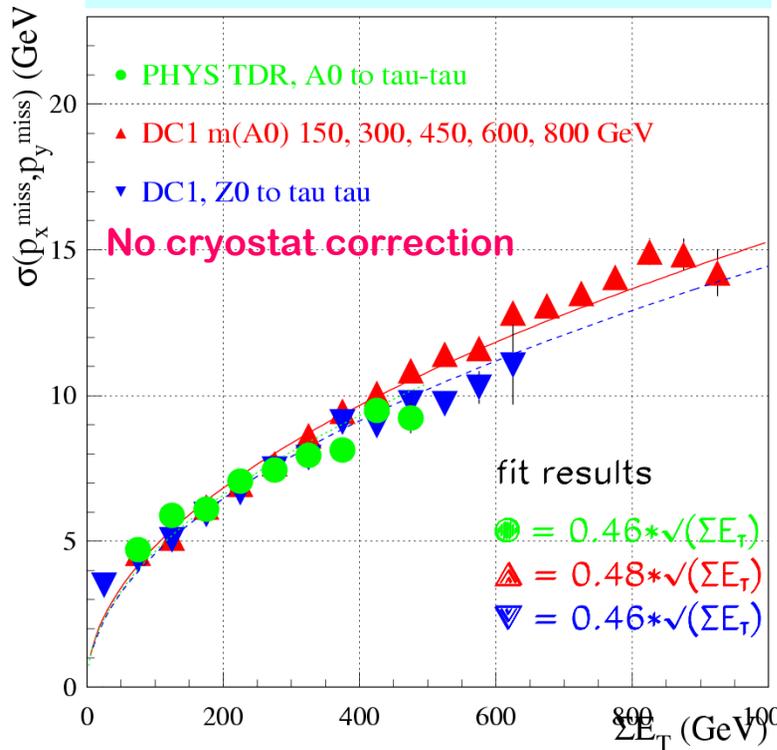
D.Cavalli ATLAS SW 03-2004

PHYS TDR
Noise added
 $E_{cell} > 1.5 \sigma(\text{Noise})$

No Noise added in DC1

$Z \rightarrow \tau\tau$ and $A \rightarrow \tau\tau$ DC1 data

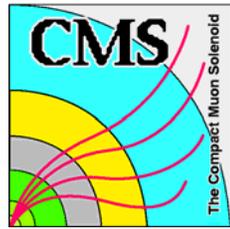
$t\bar{t}$ DC1 data



$$\text{E}_{T\text{miss}} \text{ Resolution} = \sigma \left(\text{Ex}(y)\text{miss Rec } |\eta| < 5 - \text{Ex}(y)\text{miss Truth} \right) \div \sqrt{\text{Sum} E_T}$$



Effetto del noise sulla risoluzione di E_{Tmiss}

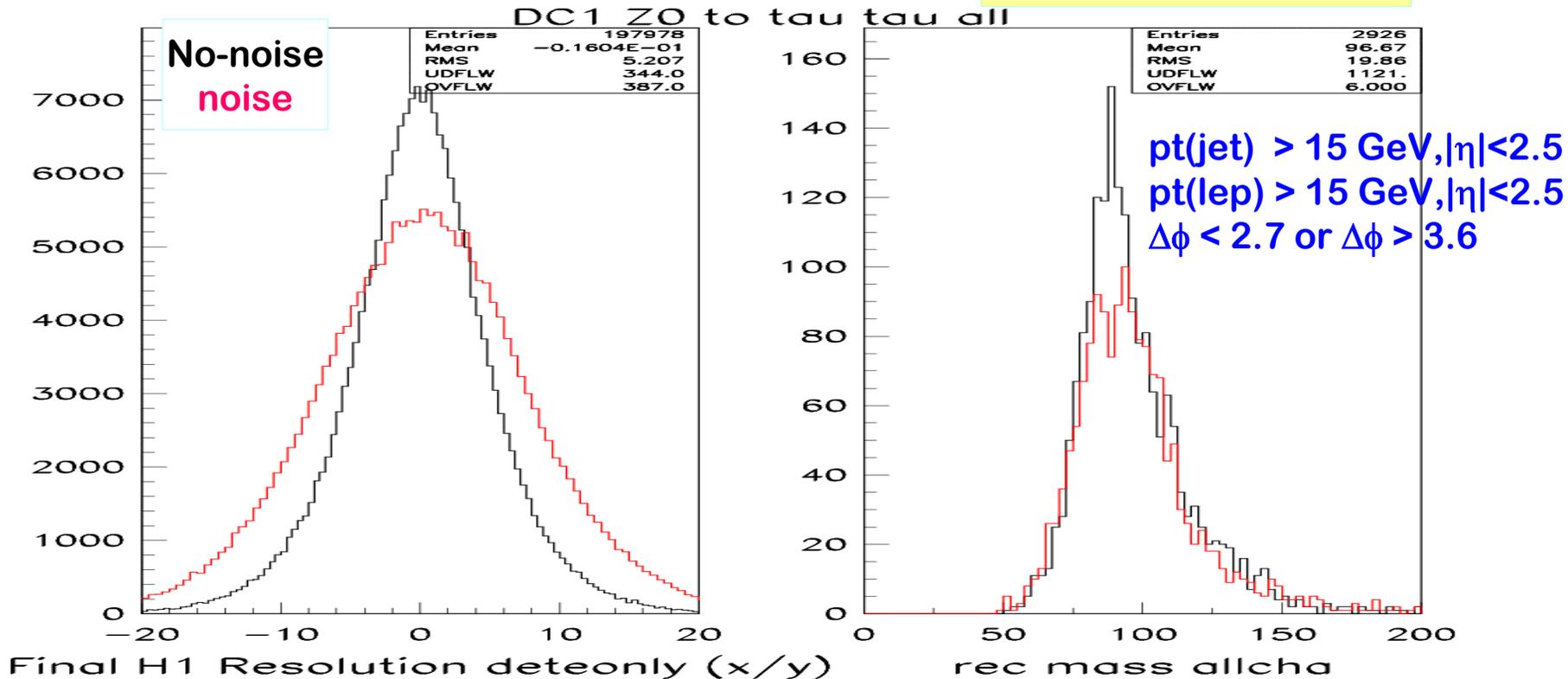


$Z \rightarrow \tau\tau$

D.Cavalli ATLAS SW 03-2004

La risoluzione di E_{Tmiss} peggiora di $\sim 30\%$

$\sigma(m_{\tau\tau})$ increases $\sim 10\%$



Il contributo del noise non tagliato alla risoluzione di E_{Tmiss} è circa 13 GeV . L'effetto del noise è molto grande per eventi di Z per i quali la risoluzione in E_{Tmiss} è $\sim 6 \text{ GeV}$ senza noise: è necessario tagliare a 2 sigma.



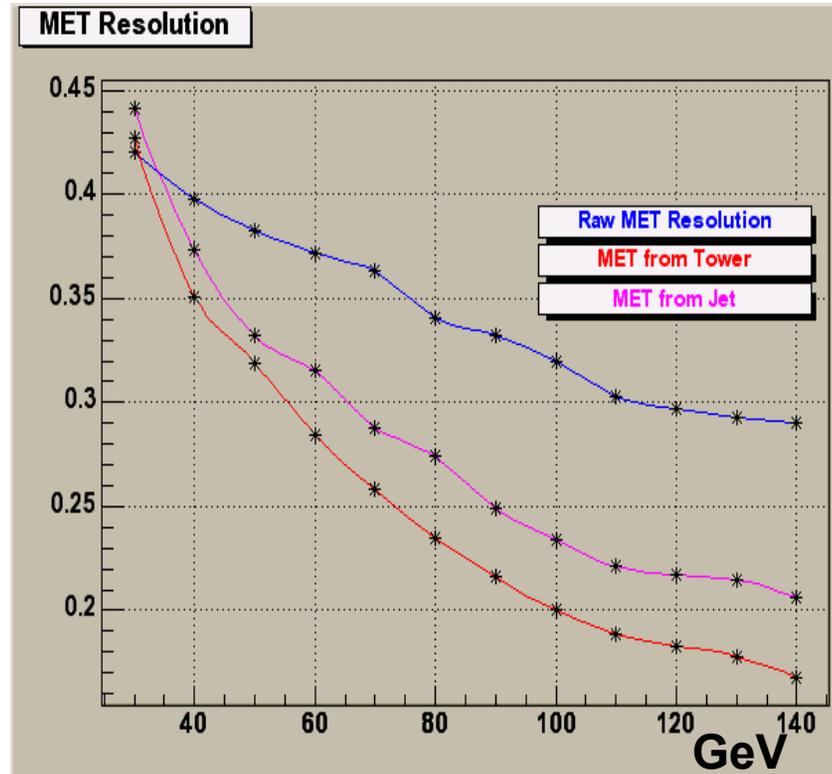
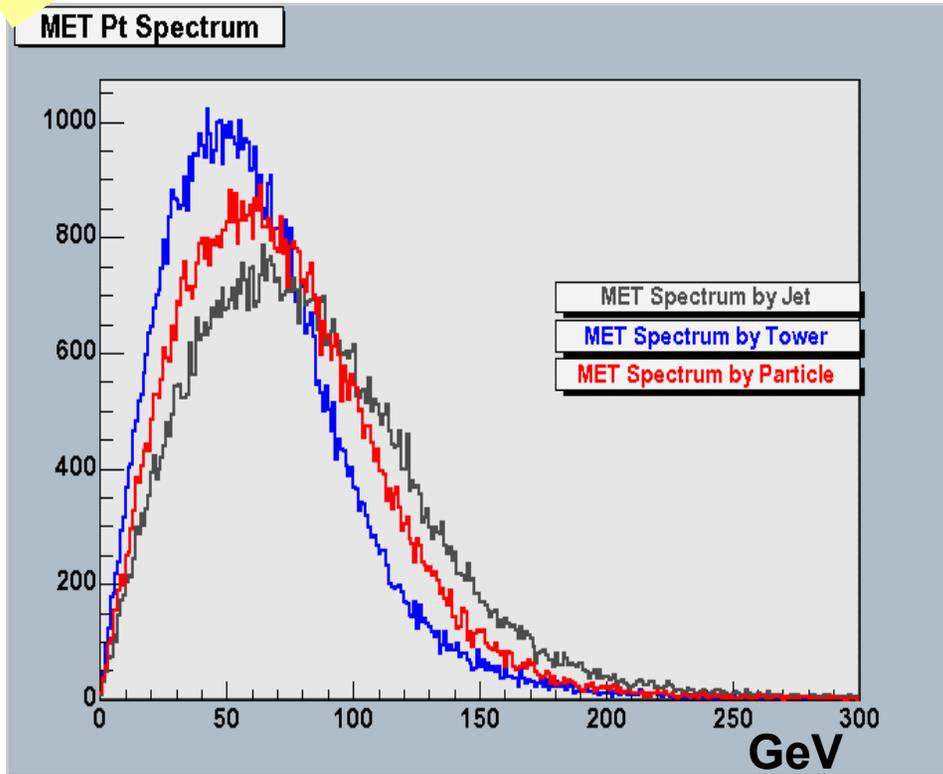
Ricostruzione e risoluzione di $E_{T,miss}$ in eventi $t\bar{t}$ (CMS)



Lavoro agli inizi

opzioni di ricostruzione di $E_{T,miss}$:
a livello di torri o da oggetti ricostruiti

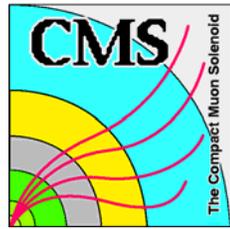
by Hipeng Pi



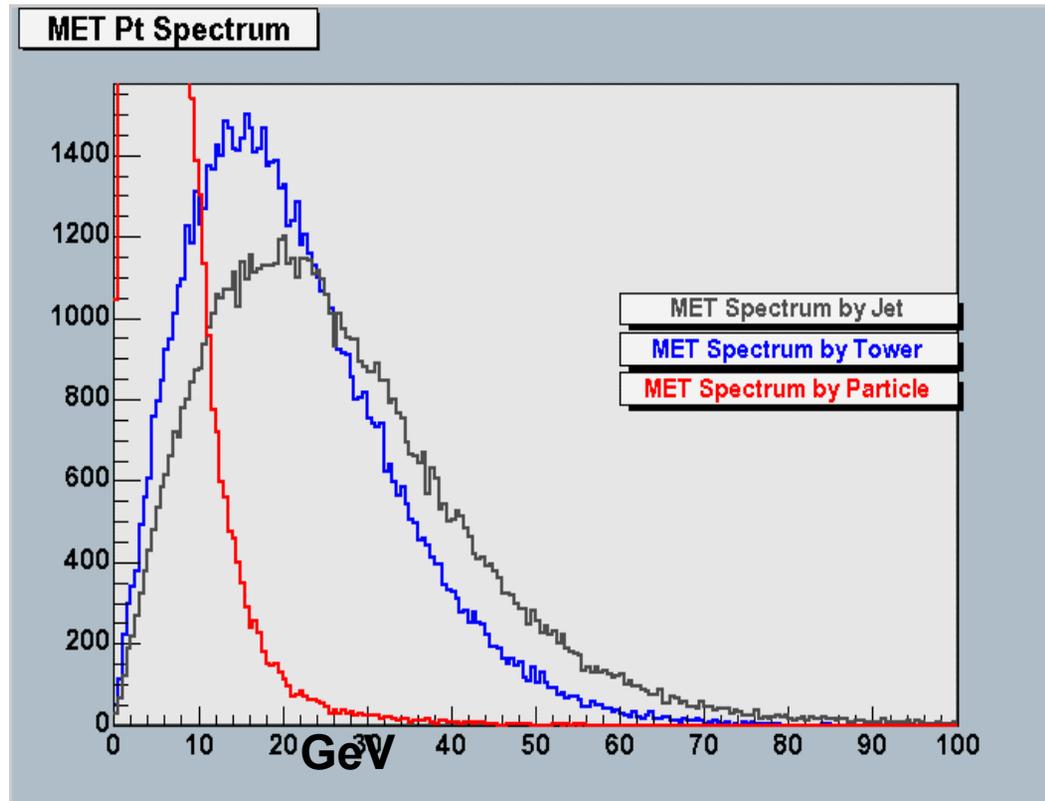
es: $E_{T,miss}$ 50 GeV risoluzione 30 - 35%



Ricostruzione di $E_{T\text{miss}}$ in eventi di QCD (CMS)



Lavoro agli inizi



by Hipeng Pi

In eventi di QCD, la $E_{T\text{miss}}$ con ricostruzione da jet o torri e' influenzata da sorgenti irriducibili come Minimum bias, rumore ...



Conclusioni



Dallo scorso anno molto lavoro è stato svolto per lo sviluppo degli algoritmi per la ricostruzione di jet e E_{Tmiss} .

I risultati raggiunti si stanno avvicinando a quelli del TDR (ATLAS).

Per CMS si stanno definendo le strategie di calibrazione per la scala di energia dei jet e E_{Tmiss}

Il lavoro sta ancora continuando ... aspettando il giorno 1!



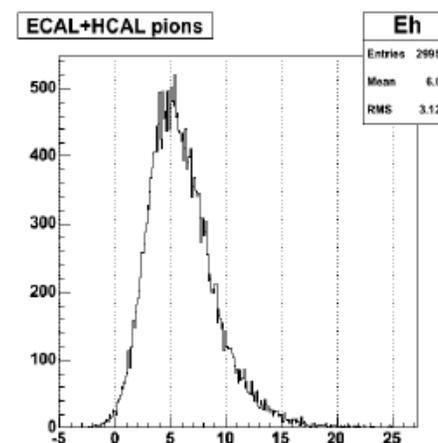
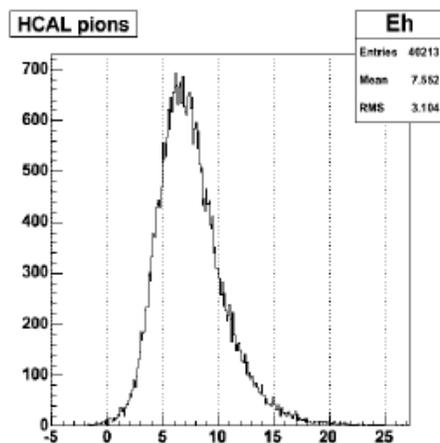
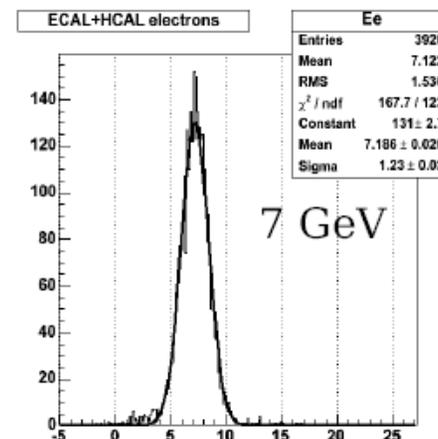
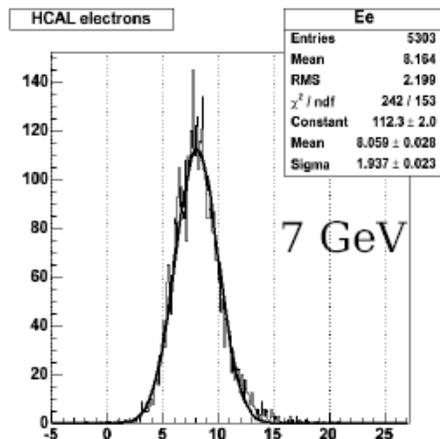
backup



Calorimetri di CMS : risposta a pioni e elettroni

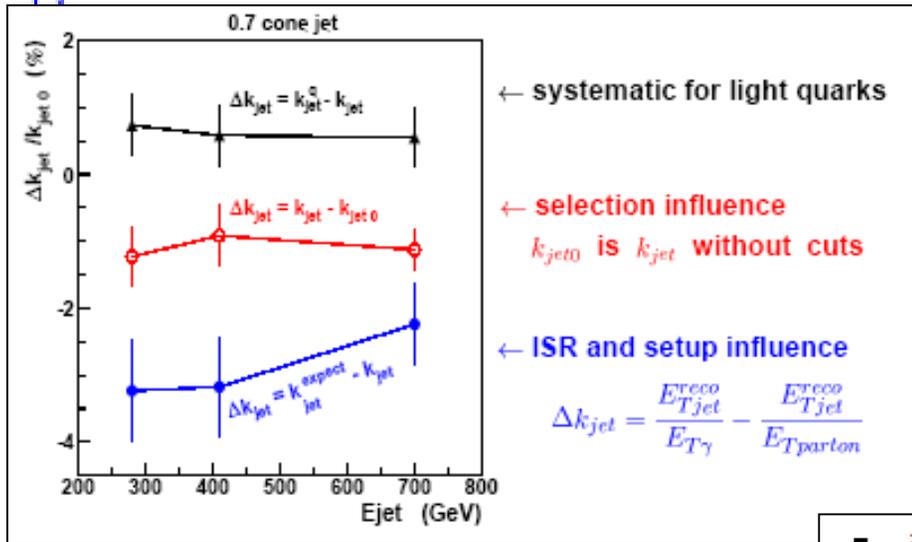


TB 2004





Sistematici per eventi $\gamma + \text{jet}$ (CMS)



For $E_\gamma = 40-160 \text{ GeV}$, 0.7 cone jet

($E_{T\gamma}^{isol}$ and $\Delta\varphi_{\gamma,jet}$ -cuts, S/B = 0.8):

fondo :
eventi jet - jet

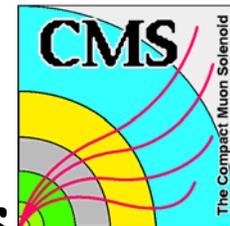
✓ "photon"-jet imbalance influence (q-jets):

$$k_{jet,B}^{expect} - k_{jet,S}^{expect} = (12 \pm 3)\% k_{jet,S}^{expect}$$

✓ q/g ratio influence:

S: 90% q-jets, B: 70% g-jets,

$$k_{jet}^g - k_{jet}^q = -(12 \pm 1)\% k_{jet}^q$$



Following plot shows the resolution of various correction methods to QCD jets for missing ET studies

