

Origine e determinazione di stati finali adronici multijet: jet/parton matching

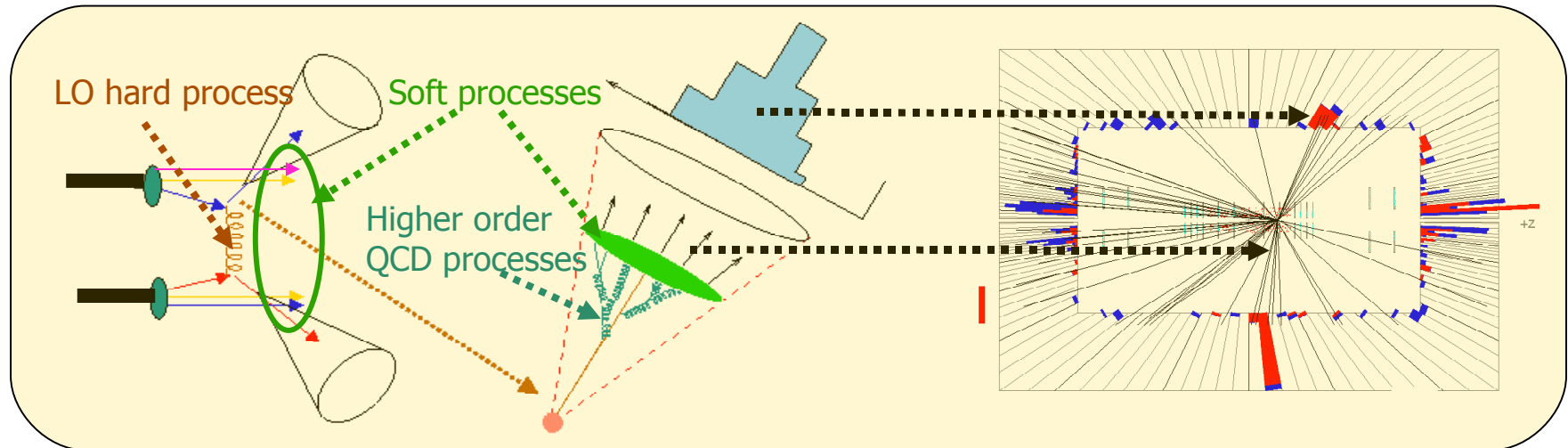
Andrea Giammanco

CP3 / UCL, Louvain-la-Neuve, Belgium

Daniele Benedetti

INFN Perugia, Italy

- **Parte I: come $2 \rightarrow 2$ diventa $2 \rightarrow n$**



Introduzione

- Per studi quantitativi occorre una definizione precisa di **jet**, che permetta confronti teoria/dati
- Una definizione precisa si basa su
 - Cio' che crediamo dia origine a un jet (teoria)
 - Cio' che possiamo misurare (esperimenti)
- Teoria: come da un insieme di partoni si arriva a un insieme di jet (**prima parte di questo talk**)
- Esperimento: come da un insieme di depositi in un rivelatore si puo' dedurre la cinematica di un insieme di partoni (**seconda parte di questo talk**)

Simulazione di eventi a LHC

- Simulazione del **processo duro** tramite **ME** esatto a un certo ordine nelle costanti di accoppiamento
- **Parton Showering (PS)** fino a un cut-off (“**factorization scale**”)
- A quella scala entra in gioco la descrizione non-perturbativa: **frammentazione**
- Vengono aggiunti l'**Underlying Event** e il **Pile-Up**

Tutti questi elementi sono correlati tra loro.

PS e frammentazione dipendono l'uno dall'altro, e la loro descrizione ha effetti sull'UE (che a sua volta non è indipendente dall'interazione dura).

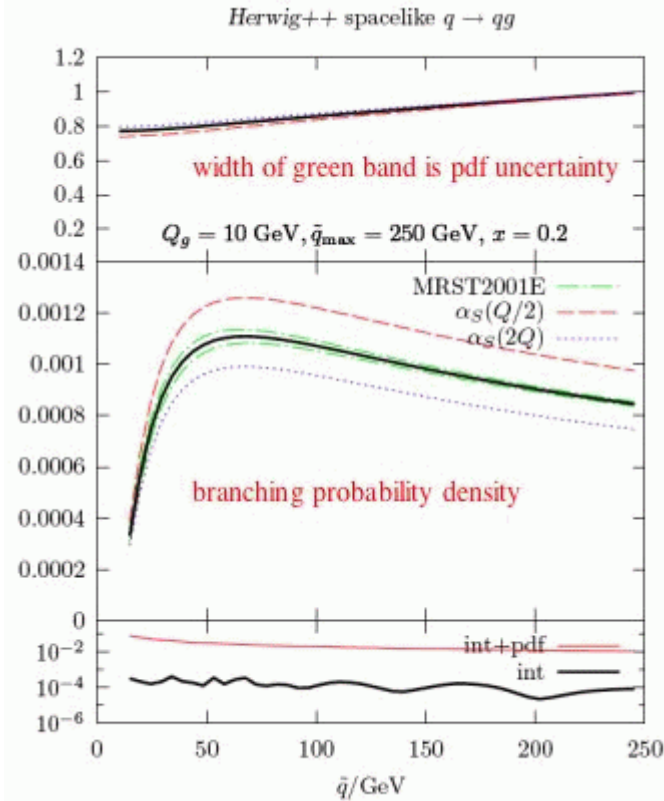
Tutto questo fa sì che non sia banale stimare gli errori sistematici derivanti dalle varie sorgenti, evitando doppi conteggi. (Ricetta di CMS: nota 2005/013)

Parton Shower

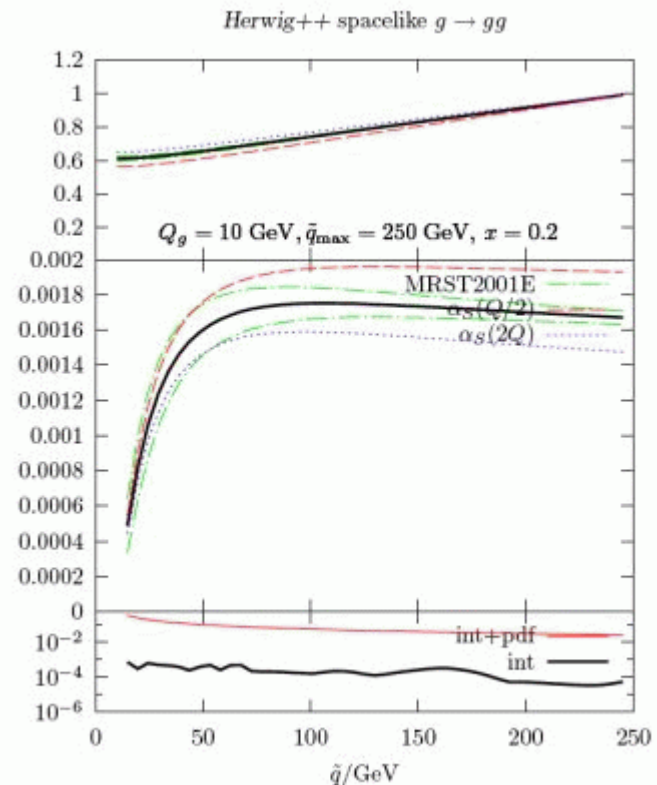
- Lo showering e' essenzialmente un'implementazione numerica della Leading Log Approximation (LLA) della QCD.
- I diversi MC differiscono nella definizione della variabile di evoluzione, ad es.:
 - PYTHIA: m^2 (i partoni emessi per primi hanno virtualita' maggiore), dalla 6.3xx anche p_T
 - HERWIG: $E^2\theta^2$ (i partoni emessi per primi hanno angolo di emissione maggiore)
- Comprende le radiazioni di gluoni dallo stato iniziale e finale (ISR e FSR) e la loro interferenza. (La distinzione e' abbastanza artificiale...)

Radiazione da q e g

$q \rightarrow qg$



$g \rightarrow gg$

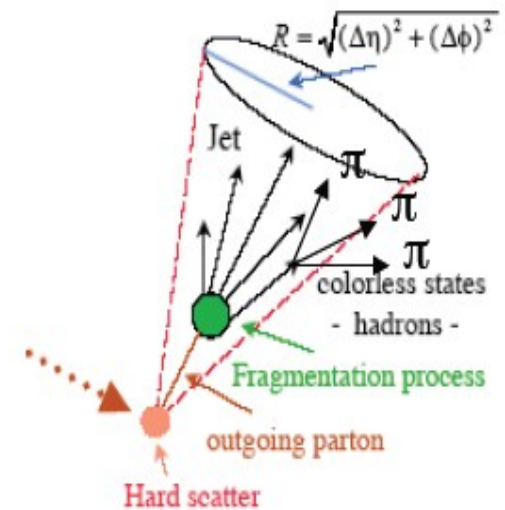


I gluoni tendono a radiare piu' dei quark. Il plot in alto e' la probabilita' di non radiare un gluone di virtualita' $> 10 \text{ GeV}$, per un quark/gluone a $x=0.2$, evoluto da 250 GeV fino al valore in ascissa.

Nel caso in esame, un quark ha una probabilita' del 20% di radiare un gluone di 10 GeV , un gluone ha una probabilita' del 40%.

Frammentazione

- Per migliorare i confronti dati/teoria (ad es. per $W+nj$) non basta aumentare le N nei calcoli a NNN...LO: **la quantita' di energia fuori dal cono dipende in maniera cruciale dai dettagli della fase di adronizzazione.**
- Esempio (suggerito da J.Huston): **produzione di a_1 , che decade in 3π ,** con relativamente alto impulso ortogonale al jet.

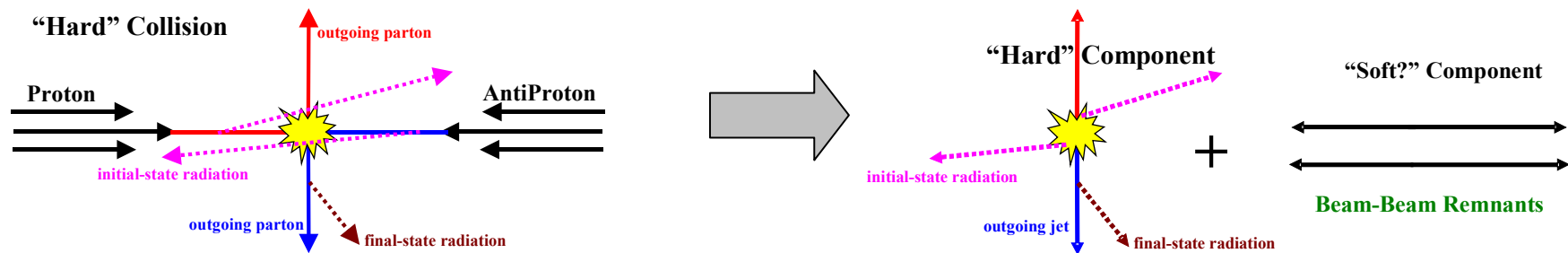


Frammentazione

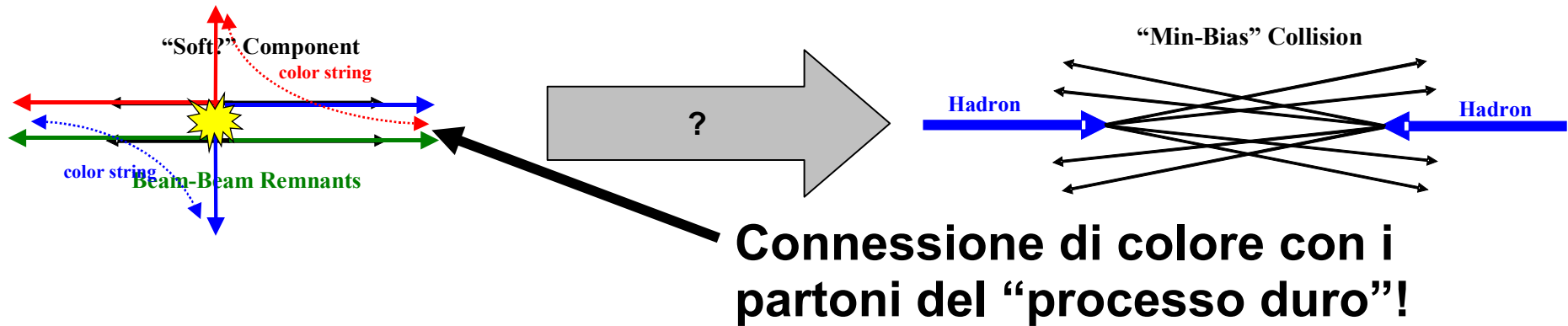
- Si assume valida la “jet universality”, che implica tra l'altro che i partoni frammentino allo stesso modo nei collider elettronici e in quelli adronici.
- Quindi una volta fissato il cut-off del PS, gli stessi tuning possono essere applicati tra LEP/SLD e Tevatron e LHC (Attenzione però: a LEP I la frammentazione è stata fittata simultaneamente alla FSR).
- Un esempio in cui questo non è del tutto vero: adronizzazione del b da t. In $Z \rightarrow b\bar{b}$ si ha un singoletto di colore, in $g \rightarrow t\bar{t} \rightarrow WbW\bar{b}$ no, per cui i b adronizzano assieme ai beam remnant. È stimato un effetto $O(\%)$ (Norrbin, Sjostrand, EurPhysJ C17, 2000, 137)
- La frammentazione dipende dal modo in cui sono stati calcolati gli step precedenti: i parametri estratti da un fit con un MC a LO+LL (come PYTHIA) non sono appropriati per l'uso con un MC di ordine superiore.

Underlying event (UE)

Visione tradizionale di un processo di segnale a un collider adronico: urto partone-partone (+ ISR + FSR) + una componente soffice.

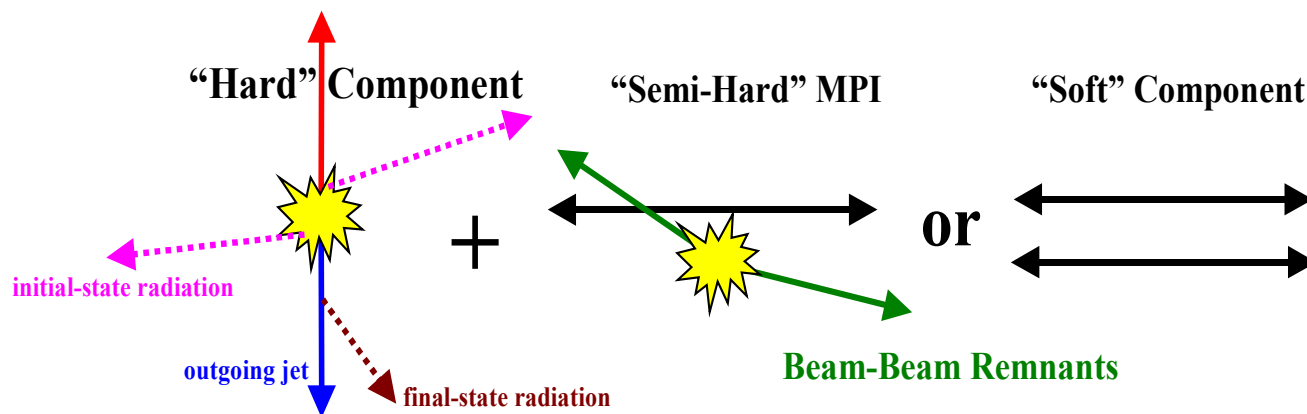


La componente soffice era tradizionalmente simulata aggiungendo all'evento duro degli eventi Minimum Bias.



Di solito si corregge l'effetto dell'UE sottraendo una quantita' di energia uniforme in η , misurata in regioni prive di jet. Se pero' UE ed evento duro sono connessi, il metodo perde validita'.

Multiple parton interactions (MPI)

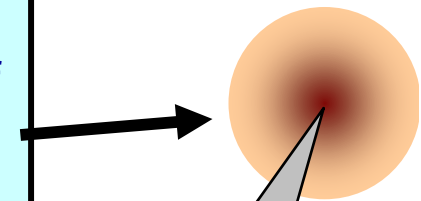
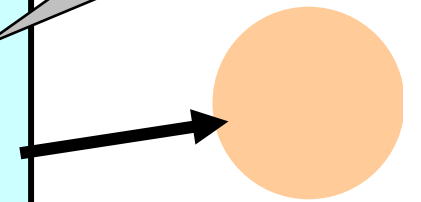


- In PYTHIA la componente soffice e' trattata come la frammentazione di una stringa, piu' un contributo da MPI (interazione "semi-dura")
- Parametri sotto il controllo dell'utente:
 - Cut-off della MPI (determina la probabilita' che l'evento contenga una MPI)
 - Scelta tra sez.d'urto costante o dipendente da $P_T(\text{hard})$, e in tal caso in che modo (gaussiana singola o doppia)
 - Scelta della connessione di colore (singoletto o partone piu' vicino) e del flavour (qq o gg)

UE, MPI in PYTHIA

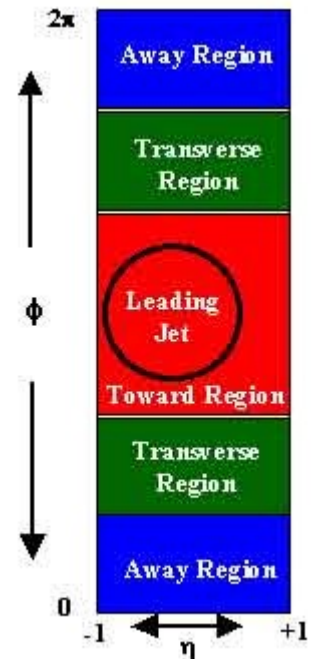
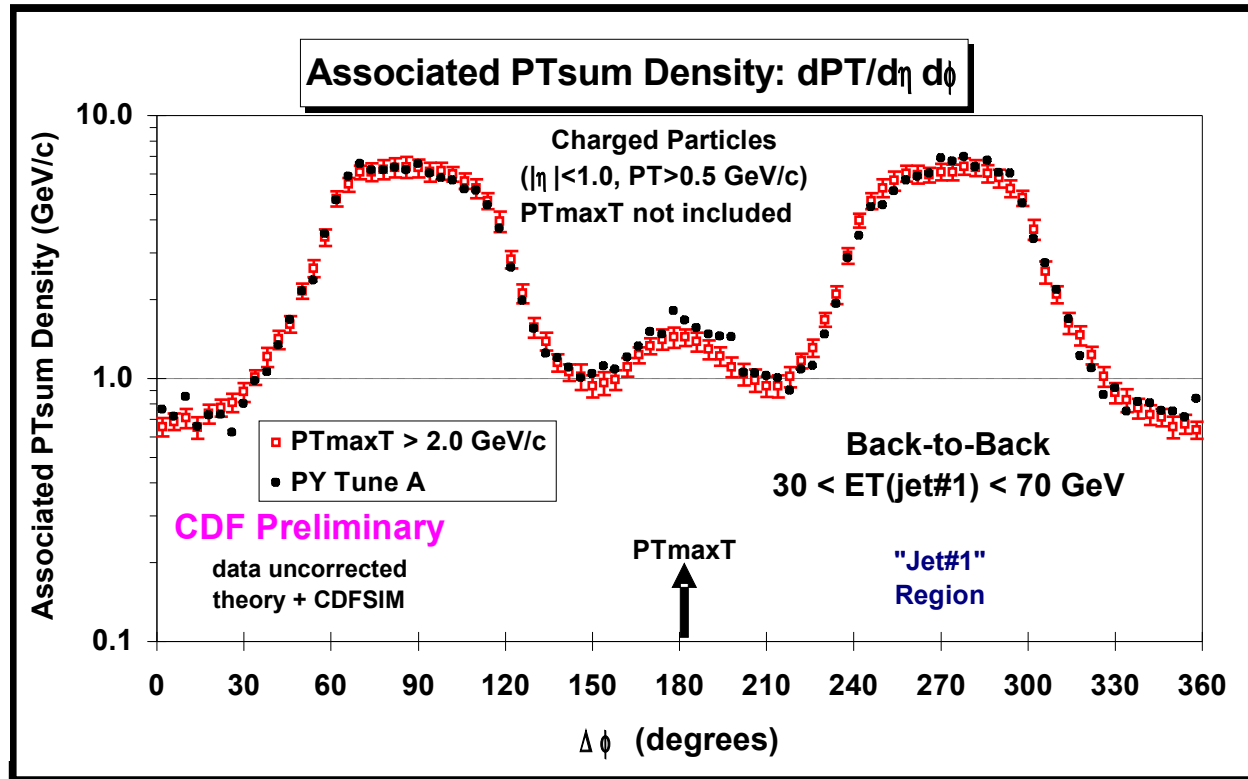
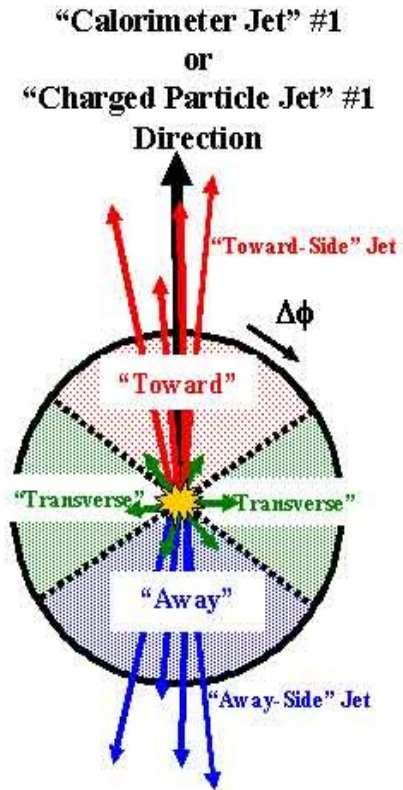
Parametro		Descrizione
MSTP(81)	0	Multiple-Parton Scattering off
	1	Multiple-Parton Scattering on
MSTP(82)	1	Probabilita' di MPI indipendente dal parametro d'impatto dell'evento, a partire da un cut-off $P_{T\min} = \text{PARP}(81)$
	3	MPI dipendente dal parametro d'impatto, distribuzione di materia adronica gaussiana, turn-off $P_{T0} = \text{PARP}(82)$
	4	Come sopra ma con doppia gaussiana (governata da $\text{PARP}(83)$ e $\text{PARP}(84)$), turn-off $P_{T0} = \text{PARP}(82)$

Implica che le MPI siano piu' probabili nelle collisioni dure (centrali)



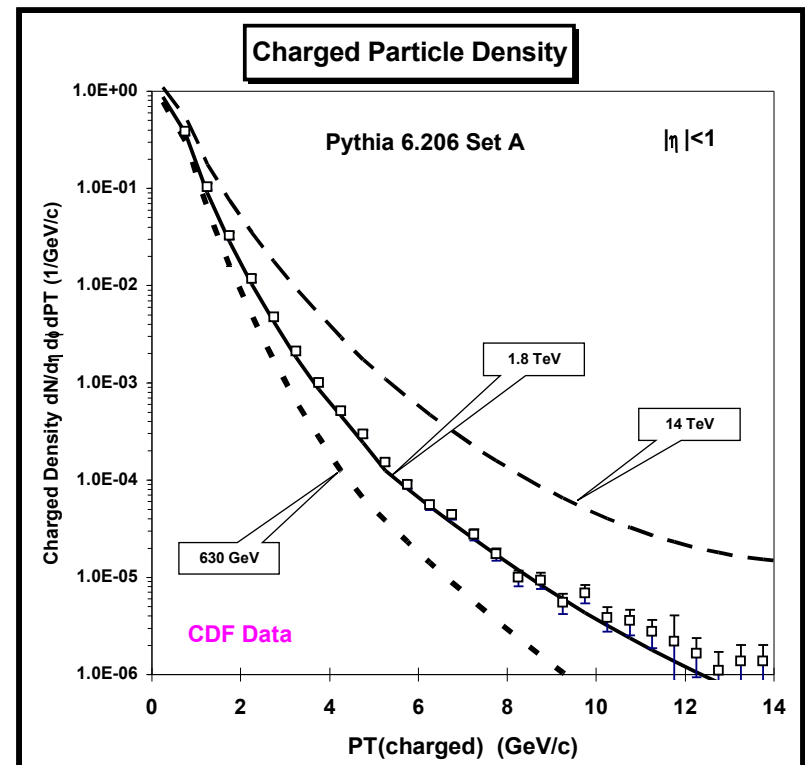
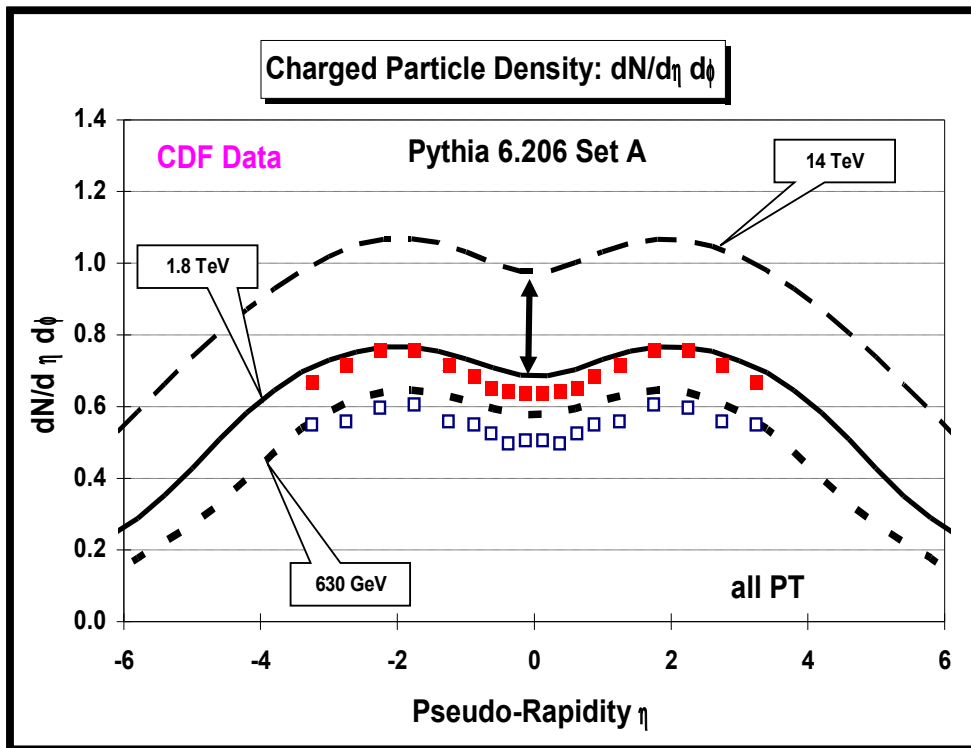
Hard Core

Extra jets (centrali) da MPI



- I dati di Tevatron dimostrano la presenza di extra jet centrali compatibili con l'ipotesi di MPI (e non solo ISR e altri contributi dal "processo duro")

Previsioni per LHC



- PYTHIA e' stato tunato su UE e Minimum Bias a UA5 e Tevatron
- L'estrapolazione a LHC del "Tune A" di PYTHIA (col vecchio modello, cui e' a sua volta tunato il nuovo modello disponibile nella 6.3xx) da' un incremento del 40% nel numero di tracce cariche a $\eta=0$!
- Essa predice anche che il numero di eventi Minimum Bias con $Pt(\text{hard}) > 10$ GeV passi dall'1% a 1.8 TeV al 12% a 14 TeV

Calibrazione da MC

- Daniele parlera' della catena inversa **jet**→**partone**. Ma una volta associati jet e partone, bisogna anche inferire l'energia del partone.
- L'energia del jet e' determinata da **effetti strumentali** ed **effetti di fisica**. Li assumiamo indipendenti, e fattorizziamo la calibrazione:
 - 1: $E_T(\text{raw}) \rightarrow E_T(\text{MCjet})$
 - 2: $E_T(\text{MCjet}) \rightarrow E_T(\text{partone})$
- Lo step 1 di calibrazione tiene conto del detector, lo step 2 dei processi descritti finora in questo talk (energia persa per radiaz. o framm., o acquistata da UE/pile-up).

Calibrazione “raw jet” → “MC jet”

- Ricostruire i jet in un sample MC dopo simulazione completa del detector (GEANT)
- Applicare esattamente lo stesso algoritmo anche alle particelle di stato finale (verita' MC)
- Matching: si associano i jet delle due liste minimizzando la somma dei $\Delta R(\text{reco-MC})$
- I jet con $\Delta R(\text{reco-MC}) < R_{\text{match}} < R_{\text{cono}}$ (ad es. < 0.3 se il cono ha ampiezza 0.5) sono suddivisi in vari bin di (η, E_T)
- Per ogni valore di η si fitta la funzione

$$\frac{E_T^{\text{reco}}}{E_T^{\text{MC}}} = \frac{1}{a + b E_T^{\text{reco}}} + c$$

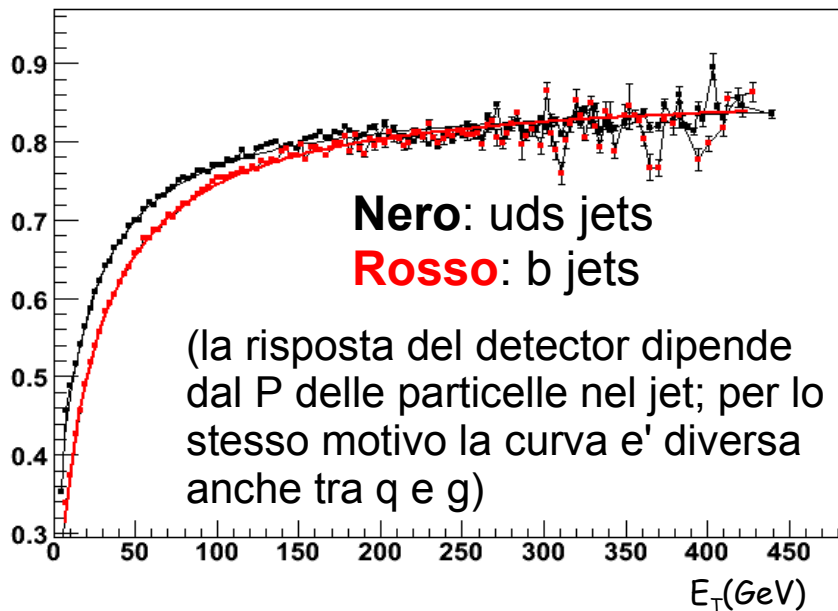
Calibrazione “MC jet” → partone

- Come prima, ma per i jet a livello generatore e per i partoni (prima dello showering): si minimizza la somma dei $\Delta R(\text{MC jet} - \text{partone})$, e si fitta per ogni bin di η la funzione:

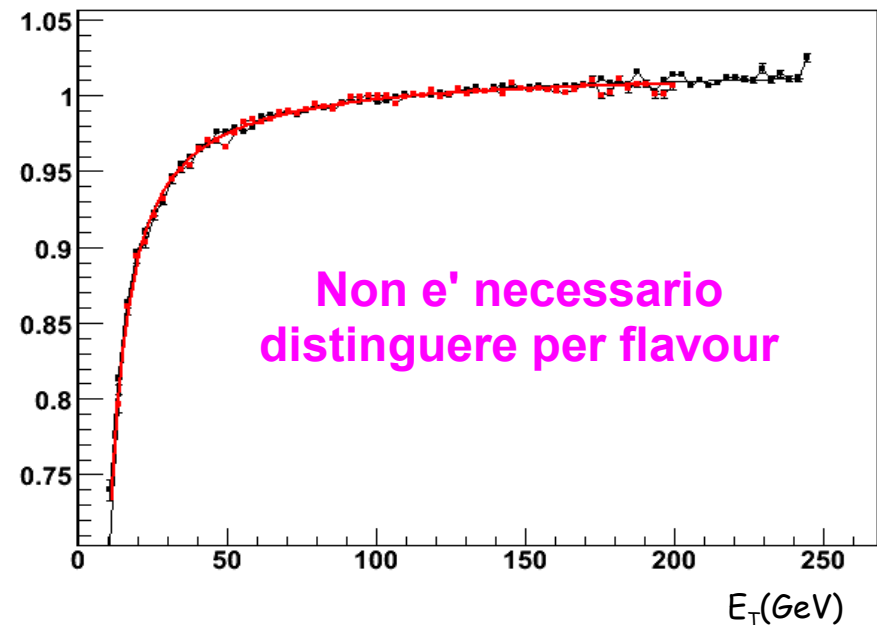
$$\frac{E_T^{MC}}{E_T^{\text{partone}}} = \frac{1}{a + b E_T^{MC}} + c$$

A.Santocchia, CMS (preliminary)
eventi ttH, jet nel bin $0.6 < \eta < 0.7$

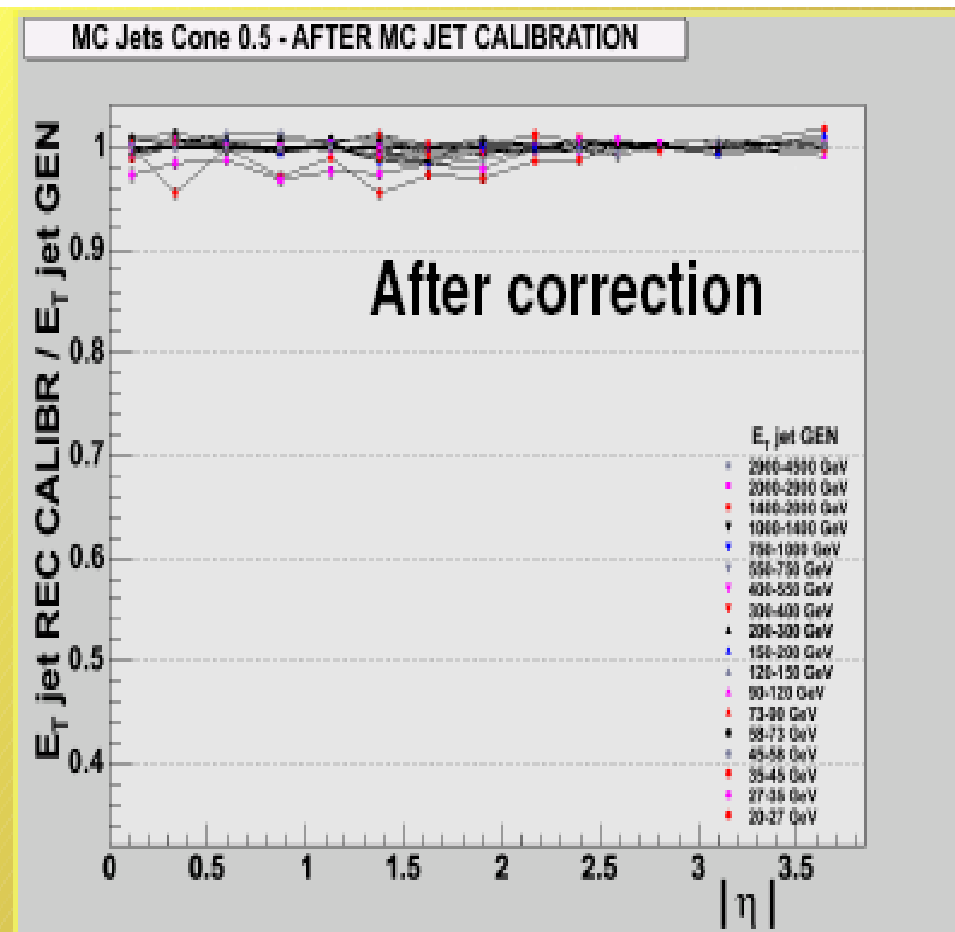
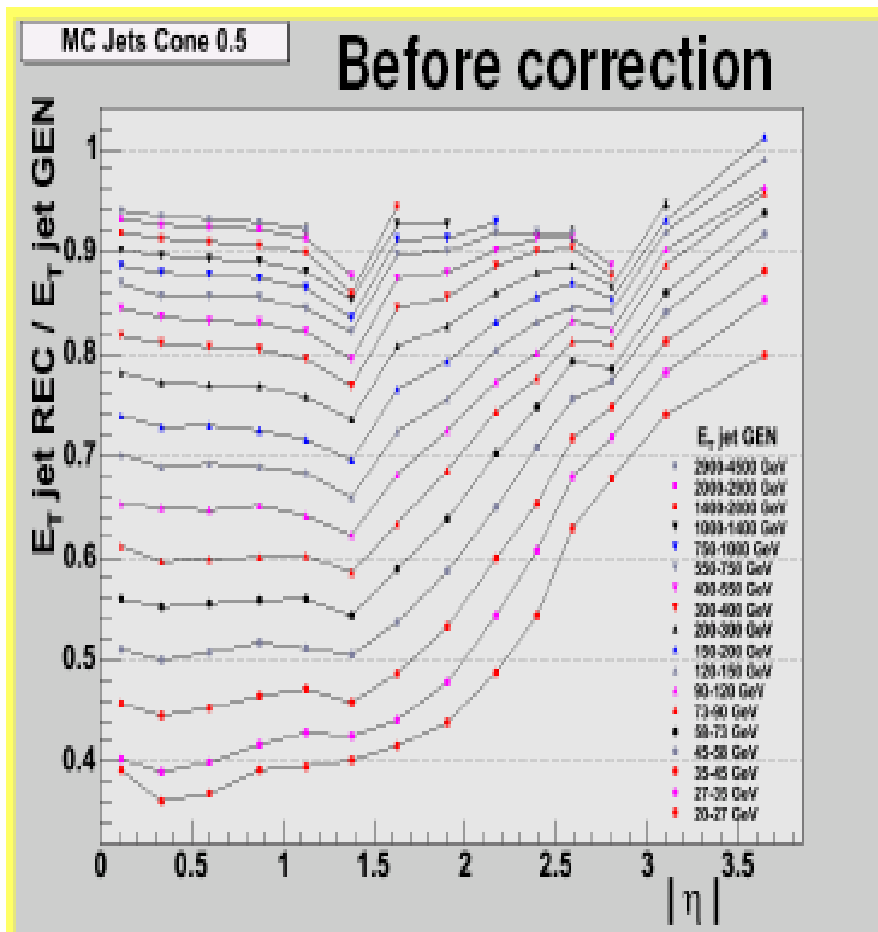
Raw-MC jet Ratio



MC jet-Parton Ratio



Caveat: showering e frammentazione riguardano l'intero sistema partonico, non i singoli partoni! Qua abbiamo assunto che si possa approssimativamente parlare di effetto sul singolo partone, e applicare una correzione “universale”.



Calibrazione dai dati

- Gli eventi γ +jet permettono di tracciare una curva di calibrazione direttamente tra jet e partone, sfruttando il bilanciamento nel piano trasverso.
- Sistematici: la calibrazione di ECAL, ma soprattutto i bias dai tagli di selezione del campione γ +jet (fondo principale: di-jets, con $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ non risolto) e il rapporto q/g (ci si aspetta che il partone opposto al γ sia il 90% delle volte un q, il 10% un g).
- Occorre tenere conto del rapporto q/g sia nel sample di calibrazione che in quello cui si applica la correzione.
- Z+jet: il tracker dà un'altissima precisione per $Z \rightarrow \mu\mu$
- $W \rightarrow jj$: in eventi $t\bar{t}$, si confronta M_{jj} con M_W

Conclusioni

- I fenomeni che portano da un sistema partonico a un insieme di jet sono complessi e non del tutto indipendenti tra loro
- La loro comprensione e' necessaria per
 - Associare in modo affidabile jet e partoni, in modo da poter confrontare distribuzioni teoriche e dati
 - Correggere le misure di energia dei jet, per risalire a quelle dei partoni associati

Credits: Rick Field per le MPI, Attilio Santocchia per le calibrizioni, Joey Huston e Peter Skands per showering e frammentazione.

Trasparenze di riserva

FSR in PYTHIA

FSR algorithm.

- Tested on ALEPH data (G. Rudolph).

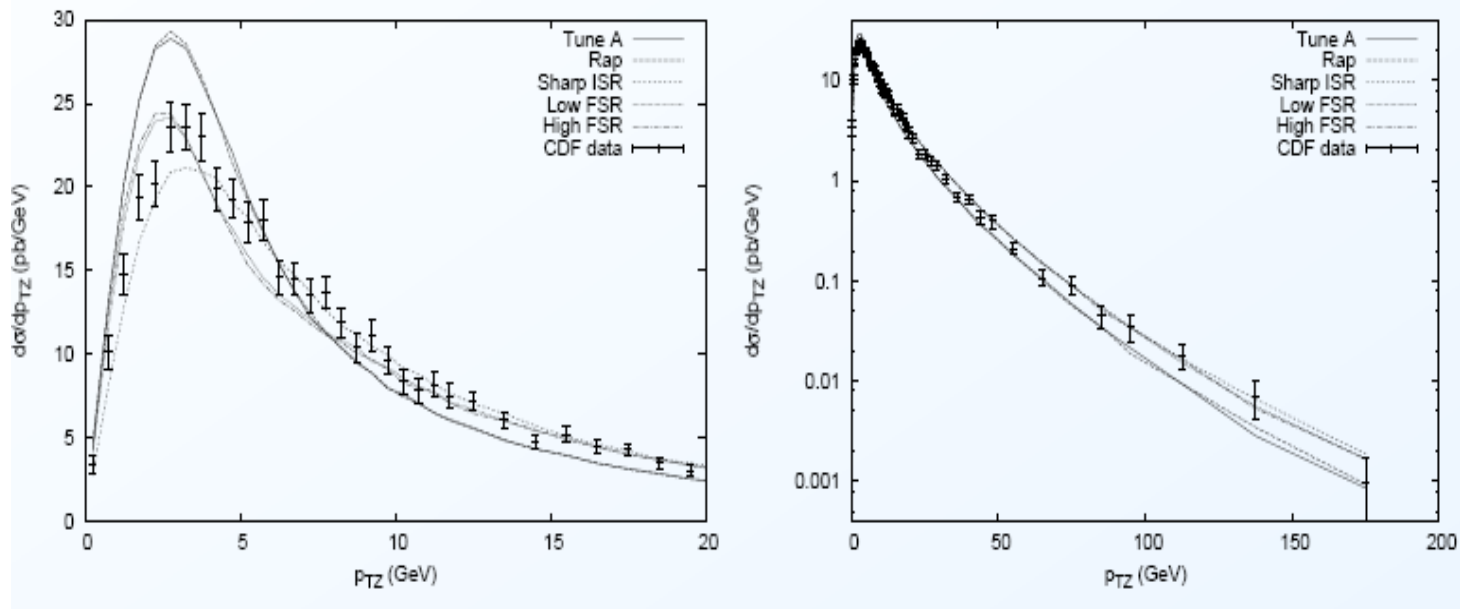
Distribution of	nb.of interv.	$\sum \chi^2$ of model	
		PY6.3 p_{\perp} -ord.	PY6.1 mass-ord.
Sphericity	23	25	16
Aplanarity	16	23	168
1-Thrust	21	60	8
Thrust _{minor}	18	26	139
jet res. $y_3(D)$	20	10	22
$x = 2p/E_{cm}$	46	207	151
$p_{\perp in}$	25	99	170
$p_{\perp out} < 0.7 \text{ GeV}$	7	29	24
$p_{\perp out}$	(19)	(590)	(1560)
$x(B)$	19	20	68
sum $N_{dof} =$	190	497	765

(P.Skands)

ISR in PYTHIA

ISR algorithm.

- Less easy to test. We looked at p_{\perp} of Z^0 at Tevatron.
- Compared “Tune A” with an ‘intermediate scenario’ (“Rap”), and three rough tunes of the new framework.
- **Description is improved** (but there is still a need for a large primordial k_{\perp}).



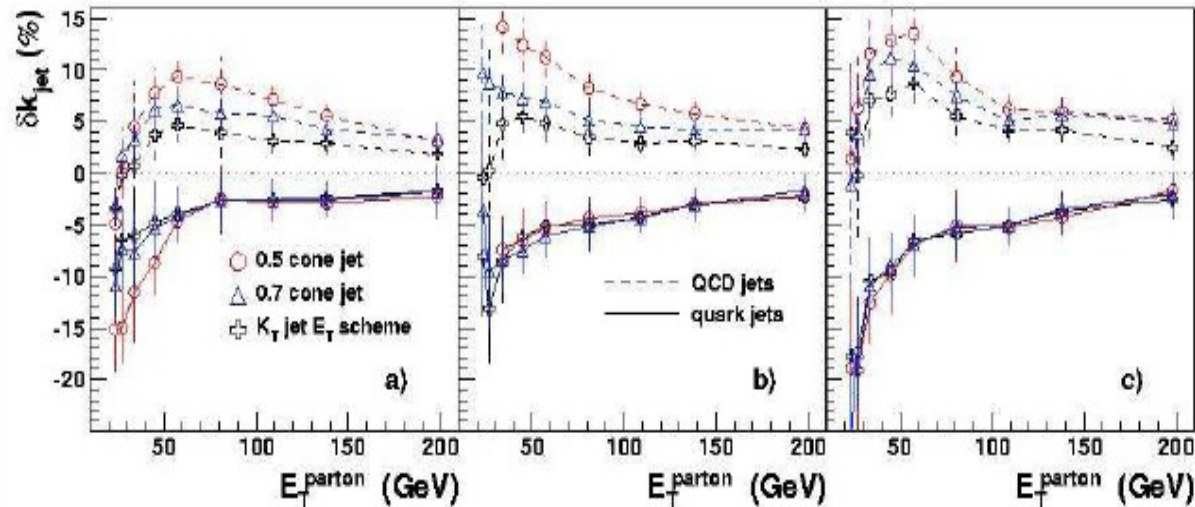
(P.Skands)

γ +jet calibration

The relative systematic bias for the different samples: $(k_{\text{jet}} - k_{\text{jet}}^{\text{true}}) / k_{\text{jet}}^{\text{true}}$

$$k_{\text{jet}} = E_{T\text{jet}}^{\text{reco}} / E_{T\gamma}$$

$$k_{\text{jet}}^{\text{true}} = E_{T\text{jet}}^{\text{reco}} / E_{T\text{parton}}$$



W->jj calibration (jet based)

J. D'Hondt
S.Lowette
J.Heyninck

The main channel: $t\bar{t} \rightarrow bWb\bar{W} \rightarrow bq\bar{q}b\bar{l}\nu$

The statistical precision better than 1% on the absolute JES for light quarks for 0.5 fb^{-1}

The influence of background is: 0.2 %

The effect of pile-up is: 3%

Analysis note is ready

