

FAMOS

confronto con la full simulation di CMS

Andrea Perrotta ha mostrato i principi su cui si basa la simulazione degli oggetti fisici in FAMOS.

Qui mostrero' il livello di realismo raggiunto, con enfasi sui casi particolari in cui si hanno discrepanze significative dalla full simulation, e perche'.

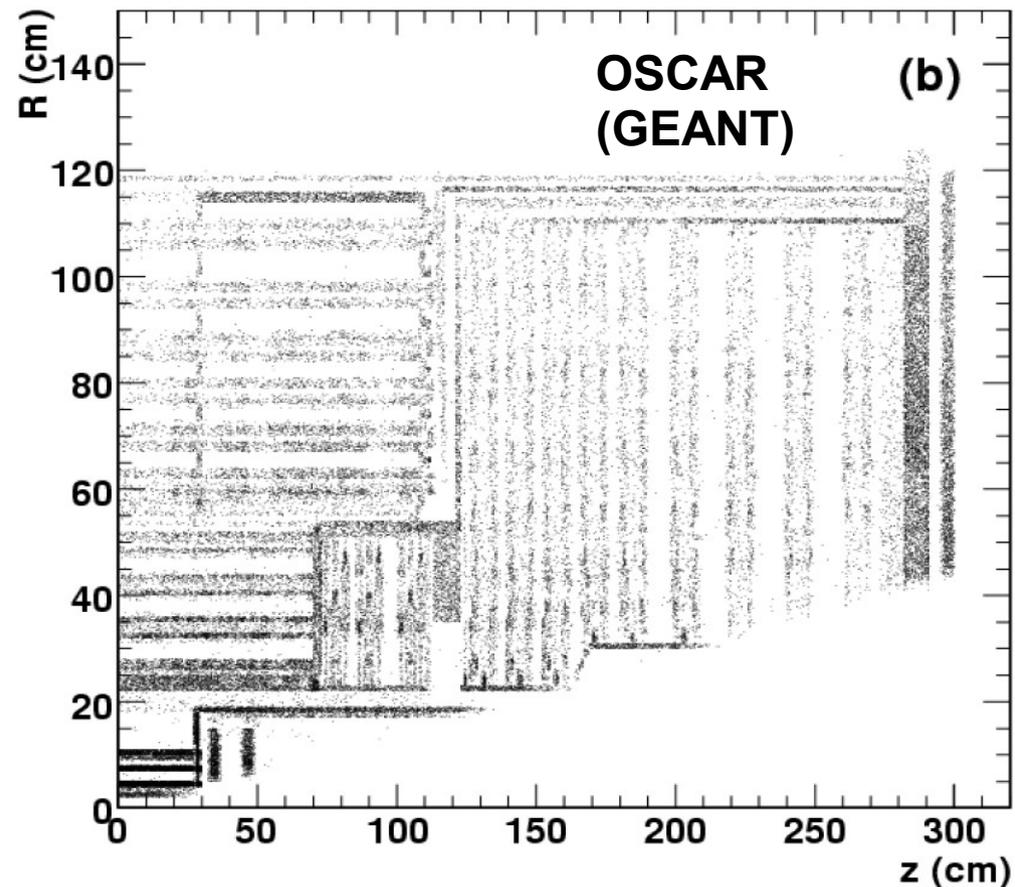
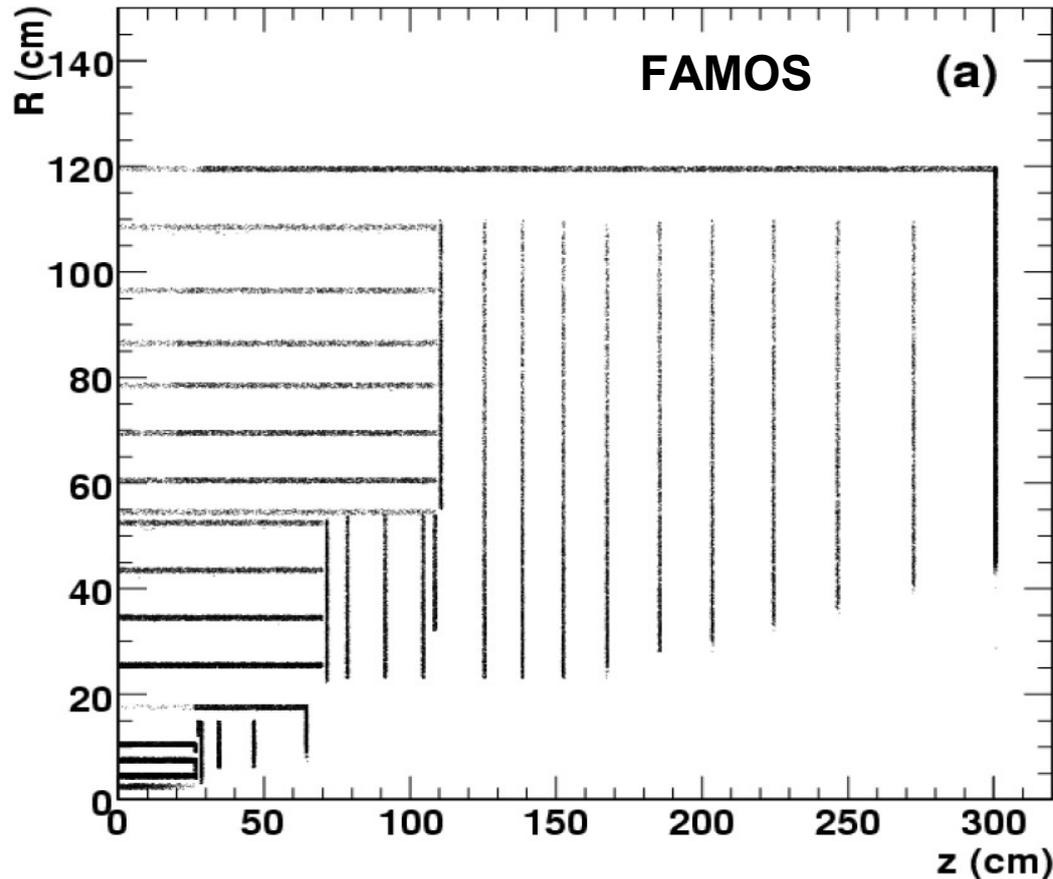


The dark side of...



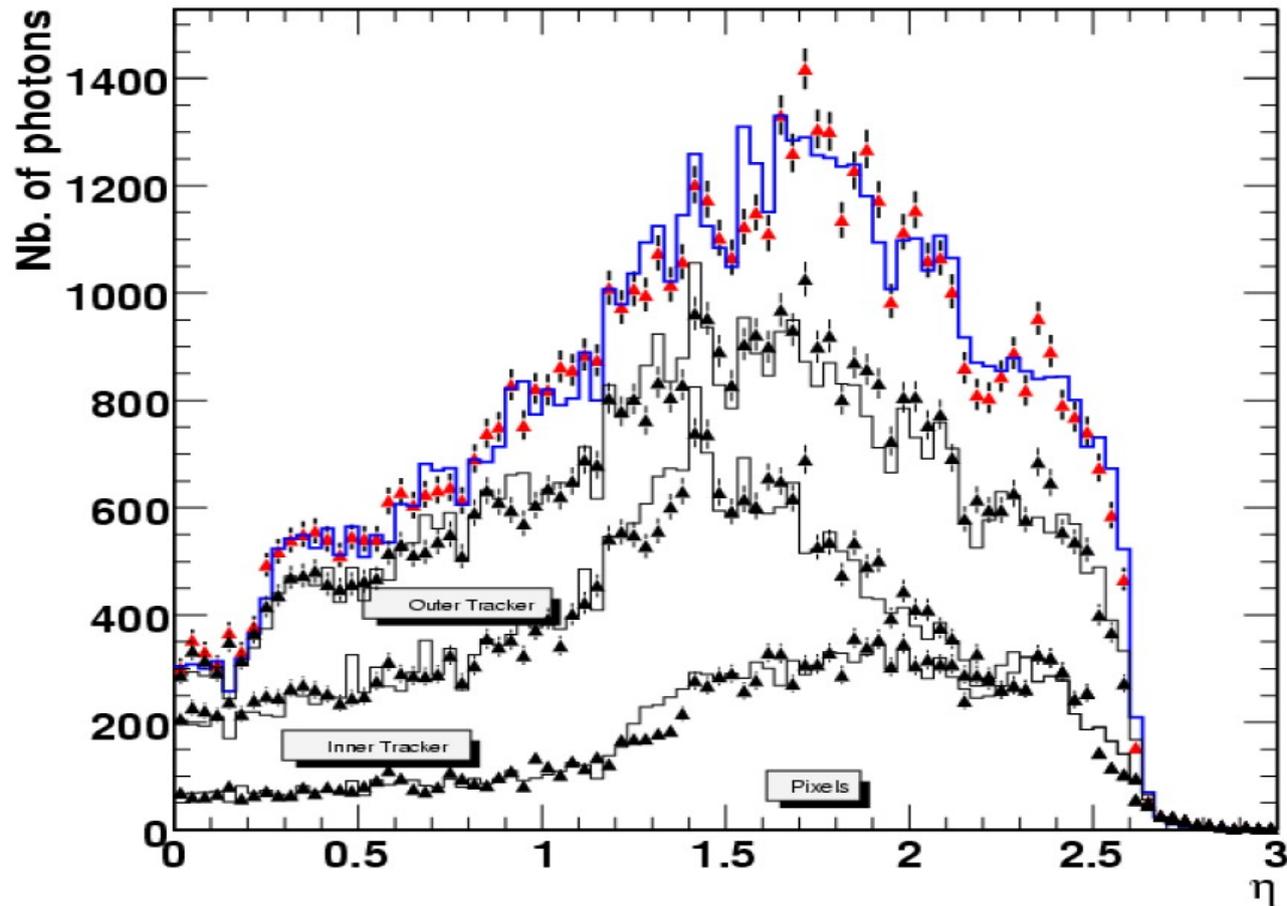
Tracker

FAMOS risparmia tempo già nella descrizione della **geometria del detector**: strati sensibili uniformi di silicio puro alternati con strati (anch'essi omogenei) di materiale non sensibile (cavi, supporti, sistema di refrigerazione, ecc.: in full simulation ci sono!)



Tracker

Lo spessore dei vari strati e' tunato in modo da riprodurre lo stesso numero di fotoni di bremsstrahlung radiati da elettroni nella full simulation:

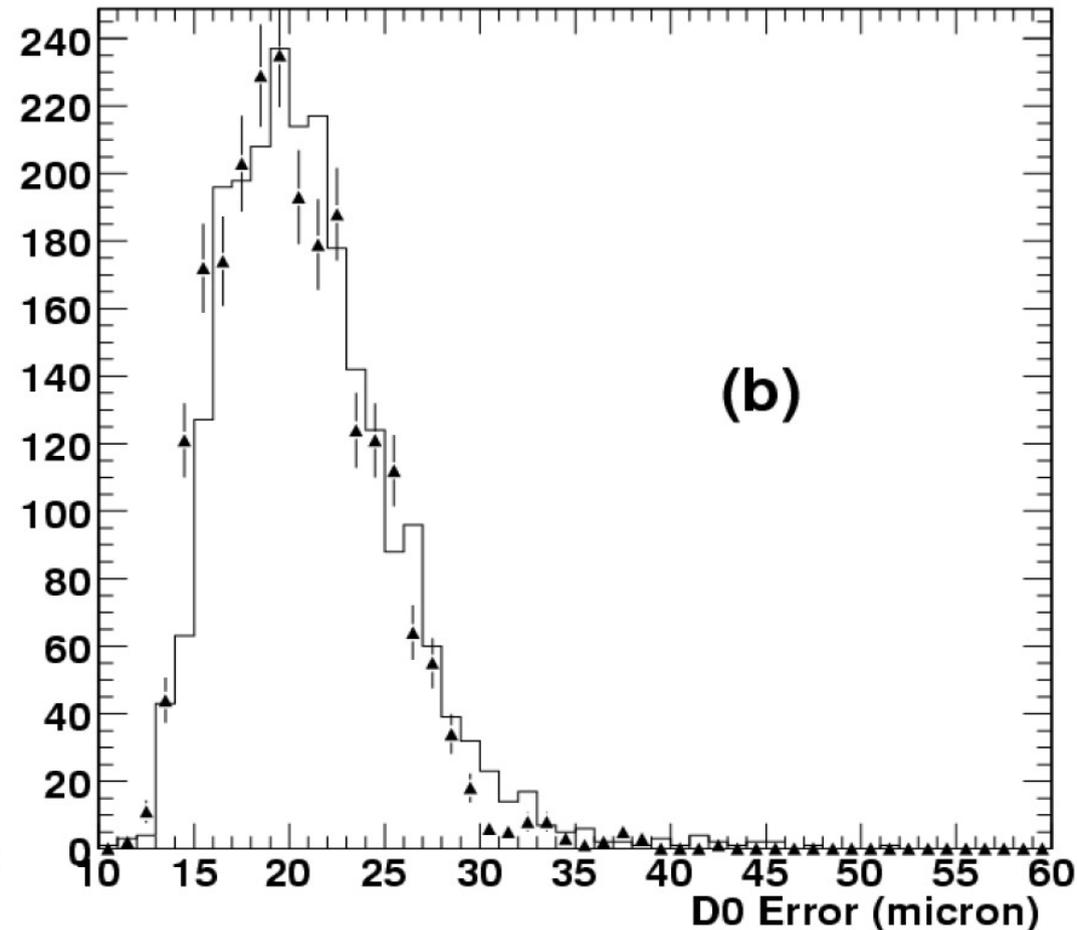
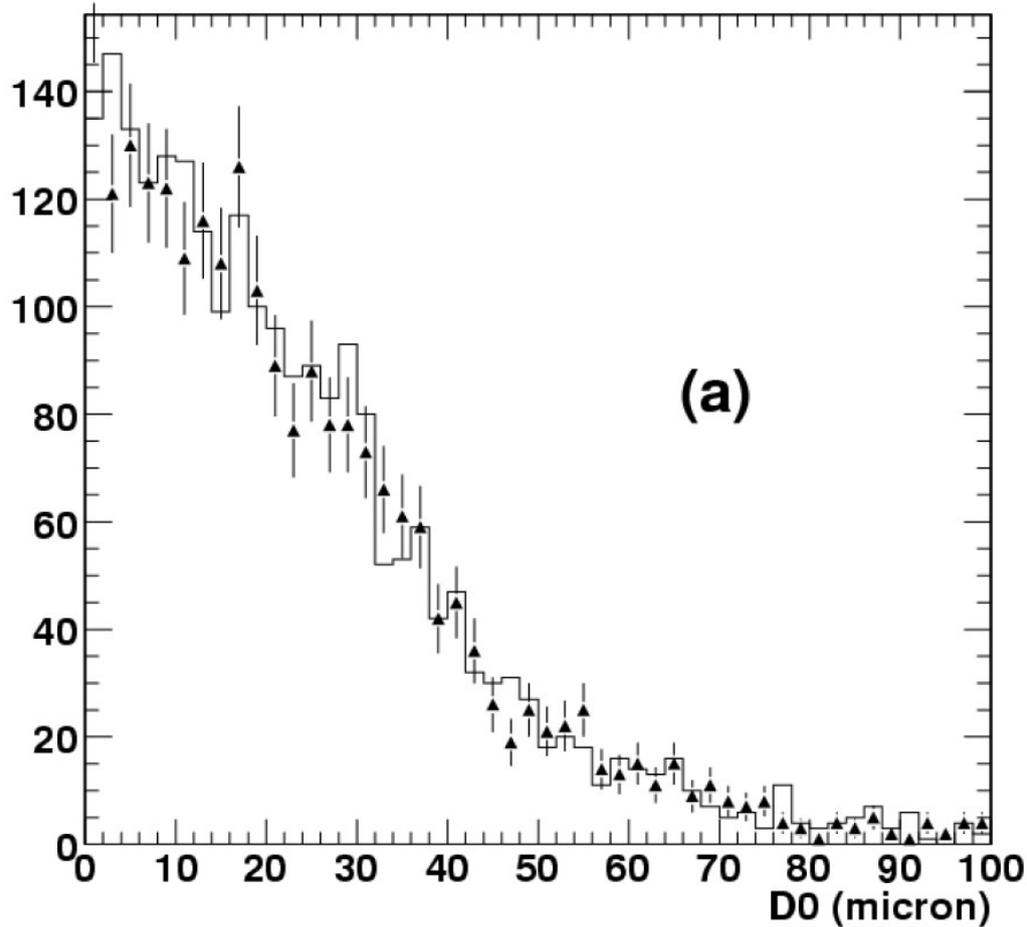


Tracce cariche

- Il “**track finding**” e' uno dei passi di ricostruzione piu' **computazionalmente pesanti**
- Non esiste un modo di renderlo piu' veloce mantenendolo affidabile! (E se esiste, appena lo si trova lo si applica alla ricostruzione standard in full simulation...)
- FAMOS “bara”: **parte dalla traccia simulata** (dopo aver calcolato bremsstrahlung, multiple scattering, ecc.), calcola i *simulated hits* (intersezioni traccia/detector) e li trasforma con una certa efficienza e con un certo smearing in *reco hits*; infine li fitta per ottenere una traccia ricostruita
- Di conseguenza, **non esistono tracce fake** in FAMOS
- Dalla full simulation sappiamo che il fondo combinatorio da' uno **0.5% di fakes** per $L \sim 10^{33} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Parametro d'impatto

La procedura appena descritta, con i parametri di smearing degli hits presi da studi in full simulation, sembra descrivere con successo il parametro di impatto (che e' alla base dei piu' potenti algoritmi di b-tagging) e la sua incertezza:



(Confronti fast/full simulation per **singoli muoni** generati con una “particle gun”)

Altri elementi di realismo

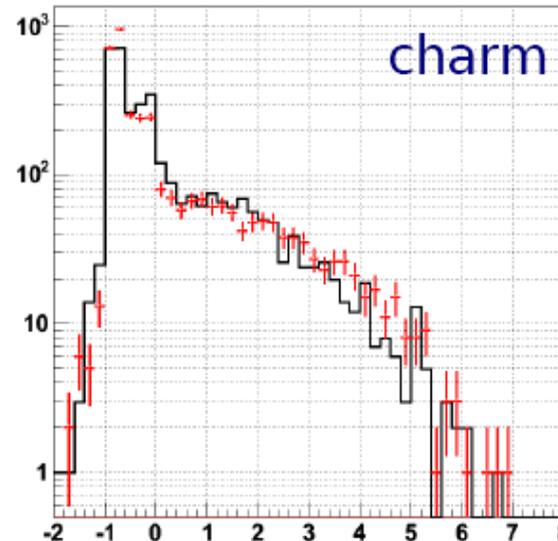
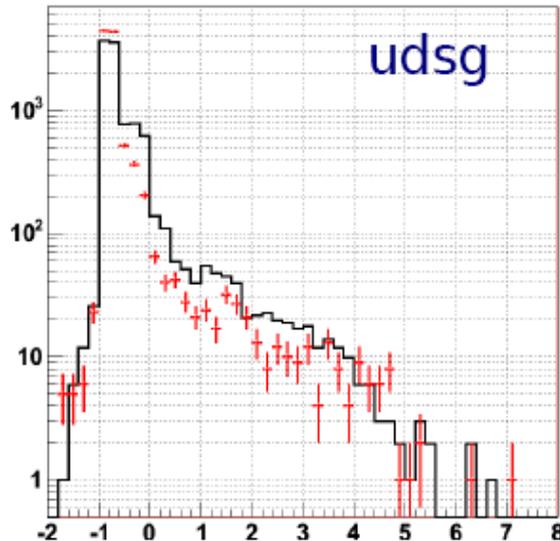
- Sono simulati anche:
 - Pile-up (numero medio di interazioni “minimum bias” per beam crossing: definibile dall'utente)
 - Multiple scattering
 - Gamma conversions
 - dE/dx
 - Bremsstrahlung
- Mancano:
 - interazioni nucleari (nel silicio e nei volumi passivi)
 - come già detto, i fakes

b-tagging

- Mentre in altre fast-simulation le efficienze di b-tagging per il jet sono parametrizzate (solitamente in funzione di η , p_T e identita' del partone iniziale), in FAMOS il b-tagging e' applicato davvero
- Non sono stati sviluppati algoritmi specifici per FAMOS: **gli stessi identici algoritmi possono prendere in input tracce da full e fast simulation**
- Ci aspettiamo che se gli input (ad es. parametro d'impatto) sono ben riprodotti, lo sia anche l'output

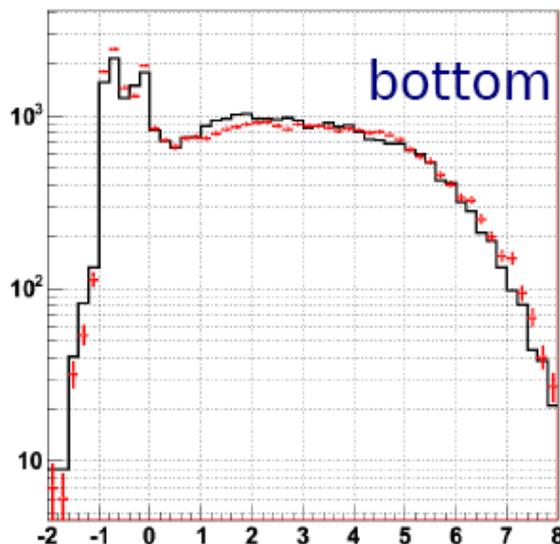
b-tagging

Discriminator (combined b-tag)



black:
ORCA

red:
FAMOS

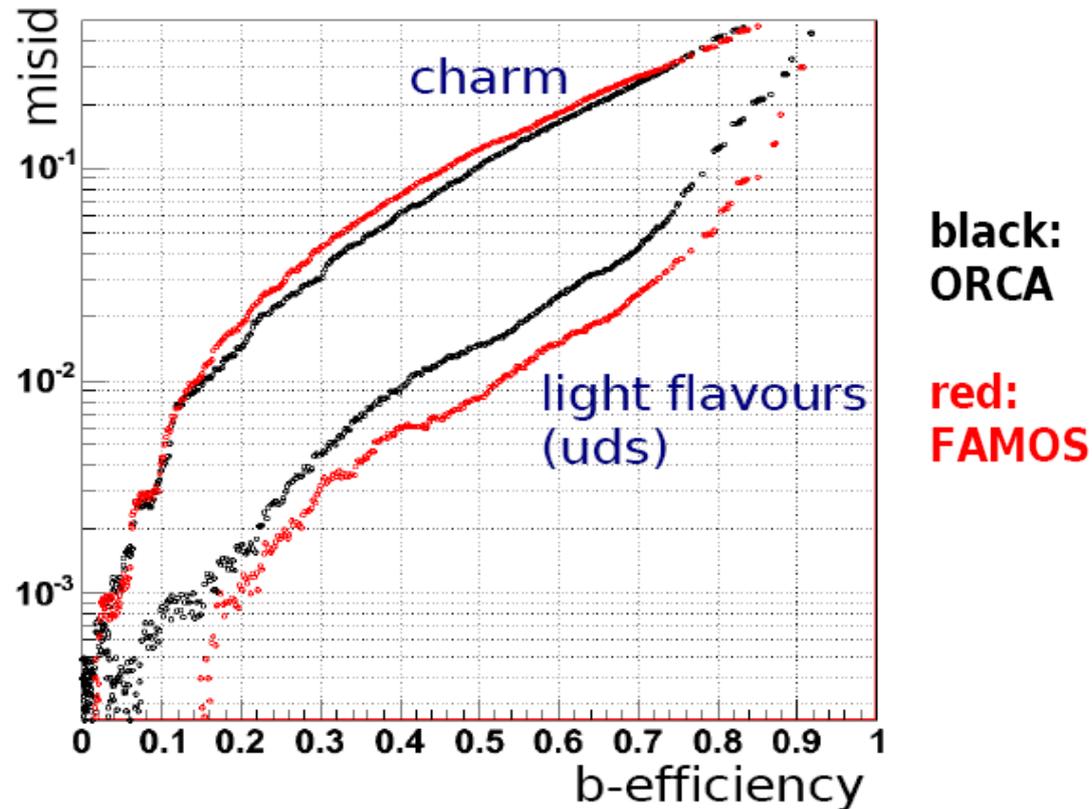


Good agreement in final discriminator for c and b jets.

Mismatch in description of b-tagging performance mainly due to light quark jets.

b-tagging

Il risultato e' un "ottimismo" di FAMOS riguardo alla reiezione dei jet leggeri. In altri termini: fissato un certo rate di misid, l'efficienza di b-tag e' sovrastimata di 5-10%



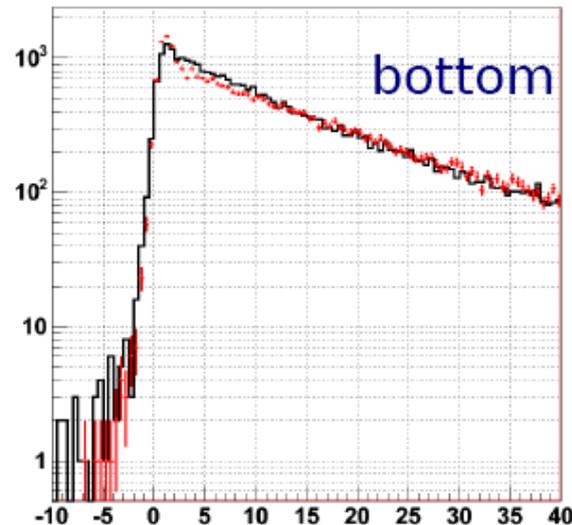
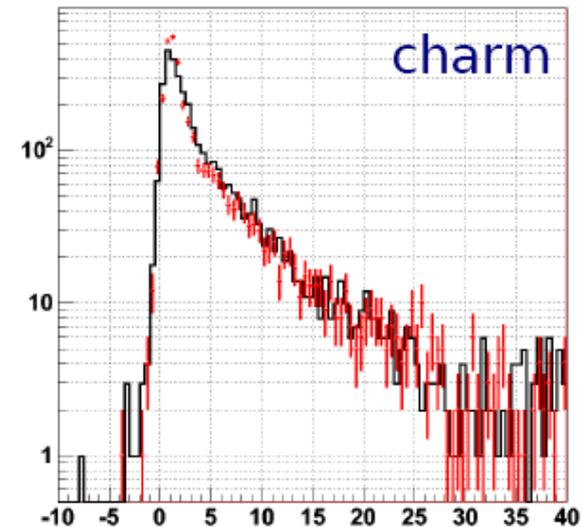
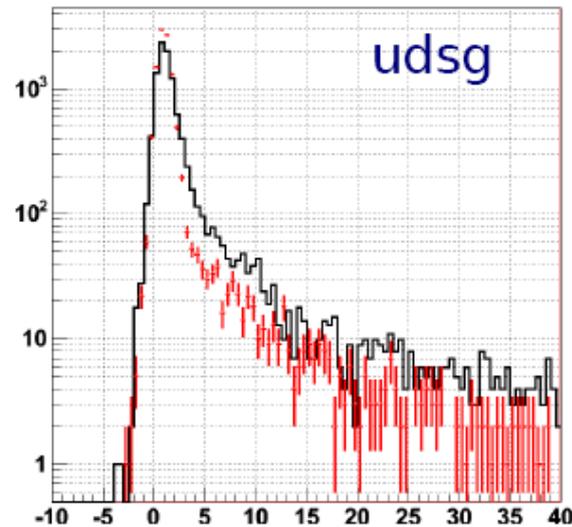
Il problema e' evidentemente negli input (variabili relative alle proprieta' delle tracce nel jet), perche' l'algoritmo e' esattamente lo stesso. L'esperienza di Tevatron insegna che anche piccolissime differenze nella parametrizzazione delle tracce danno differenze apprezzabili sul mistag.

b-tagging

Prima abbiamo visto un ottimo accordo tra fast e full simulation per il parametro d'impatto di **muoni singoli**. Ora diamo un'altra occhiata a questa variabile per il caso che realmente ci interessa, ovvero tracce di qualsiasi tipo (principalmente adroni) all'interno di un jet:

24 maggio 2006, MC@LHC

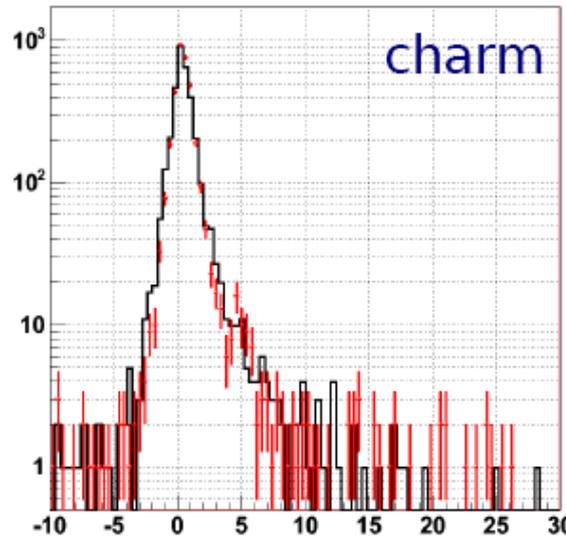
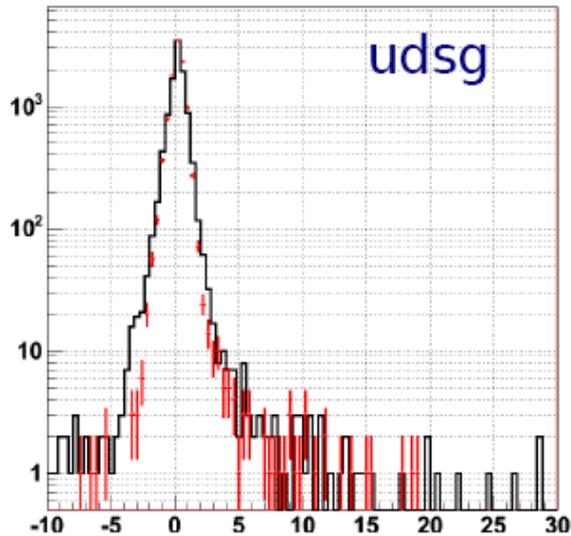
Highest Track Impact Parameter Significance



very bad agreement for light flavour jets.

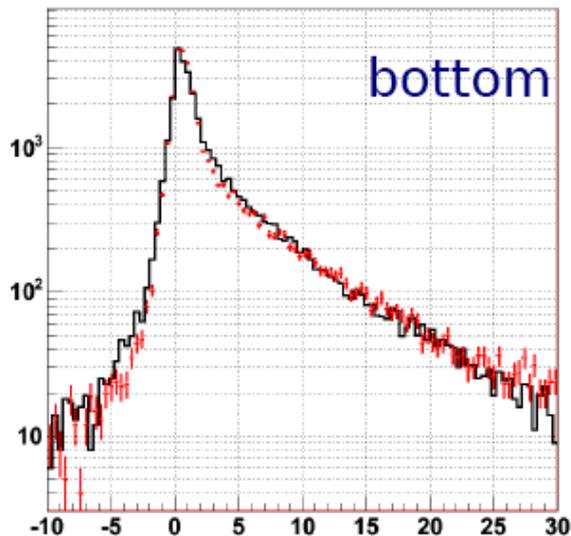
b-tagging

Third highest Track Impact Parameter Significance 2D



black:
ORCA

red:
FAMOS



very well described for all
flavours.
Missing component in FAMOS
simulation seems likely!

Candidate: nuclear
interactions in first material
layers

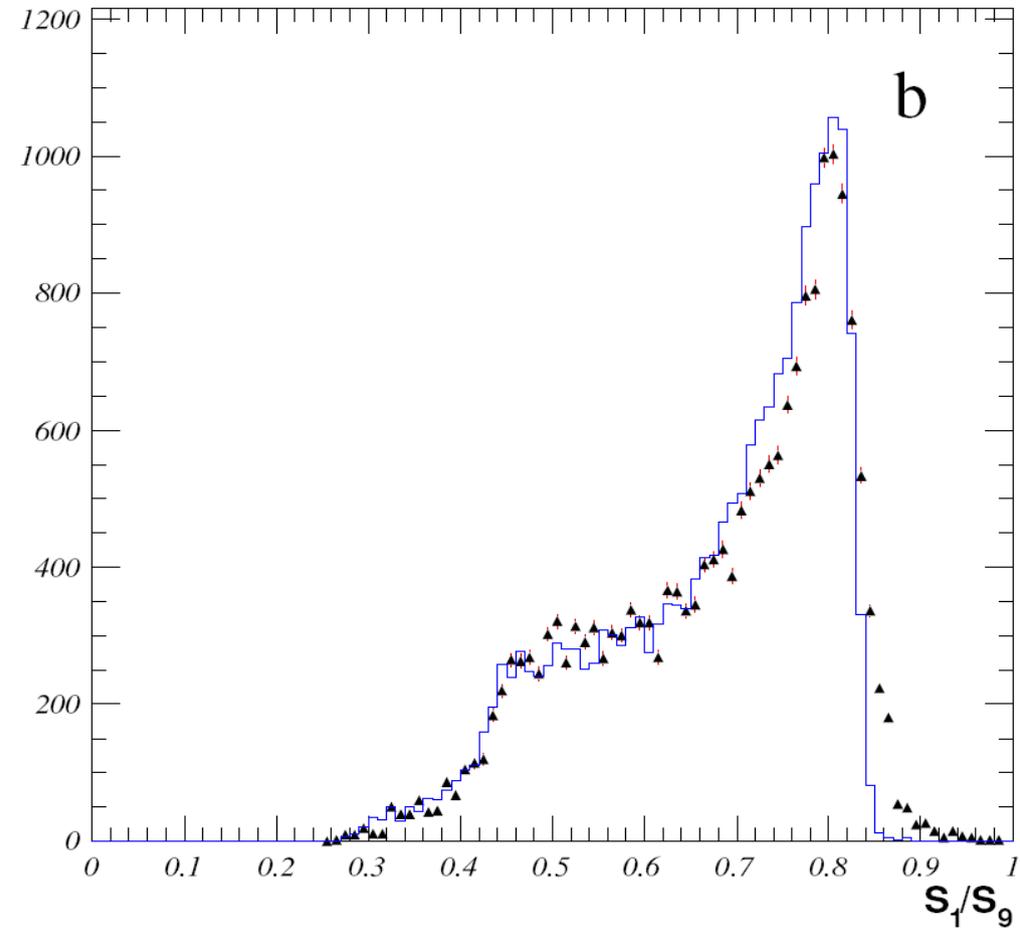
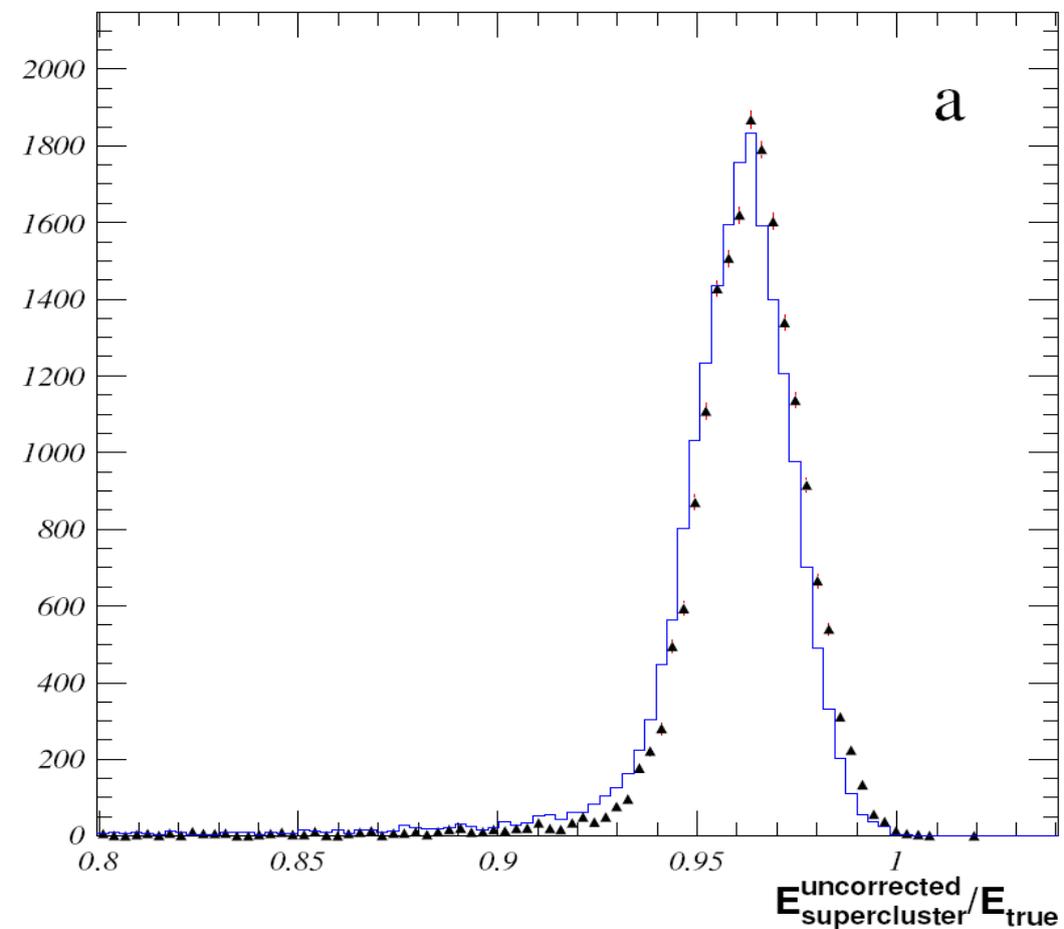
Le interazioni
nucleari possono
dare ogni tanto una
traccia ad alto
parametro d'impatto.

Elettroni e fotoni

- ECAL e' trattato come un **mezzo omogeneo** (e in effetti lo e' abbastanza: i cristalli sono contigui) e si usa GFLASH con la parametrizzazione di Grindhammer per gli elettroni ($\gamma \rightarrow e^+ e^-$, poi ci si riconduce al caso degli e); questo fa risparmiare cosi' tanto tempo rispetto alla full simulation che ci si puo' permettere un alto livello di dettaglio:
 - 100.000 hits sono calcolati per ogni shower
 - Sono simulati anche il front e rear leakage, le perdite negli spazi tra i moduli, e l'allargamento degli shower dovuto al campo magnetico
 - Per elettroni sufficientemente energetici si simula anche quanta energia va a HCAL (con opportuno rapporto e/π)
 - E' simulato anche il rumore calorimetrico

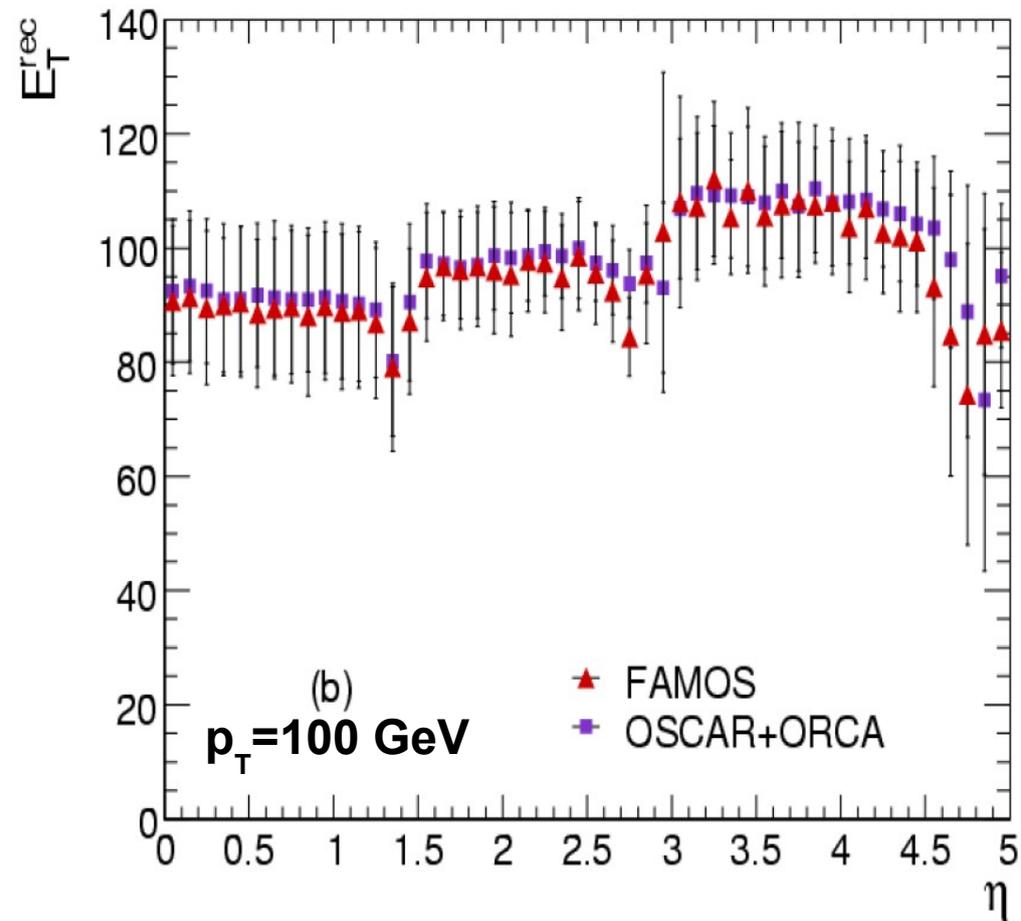
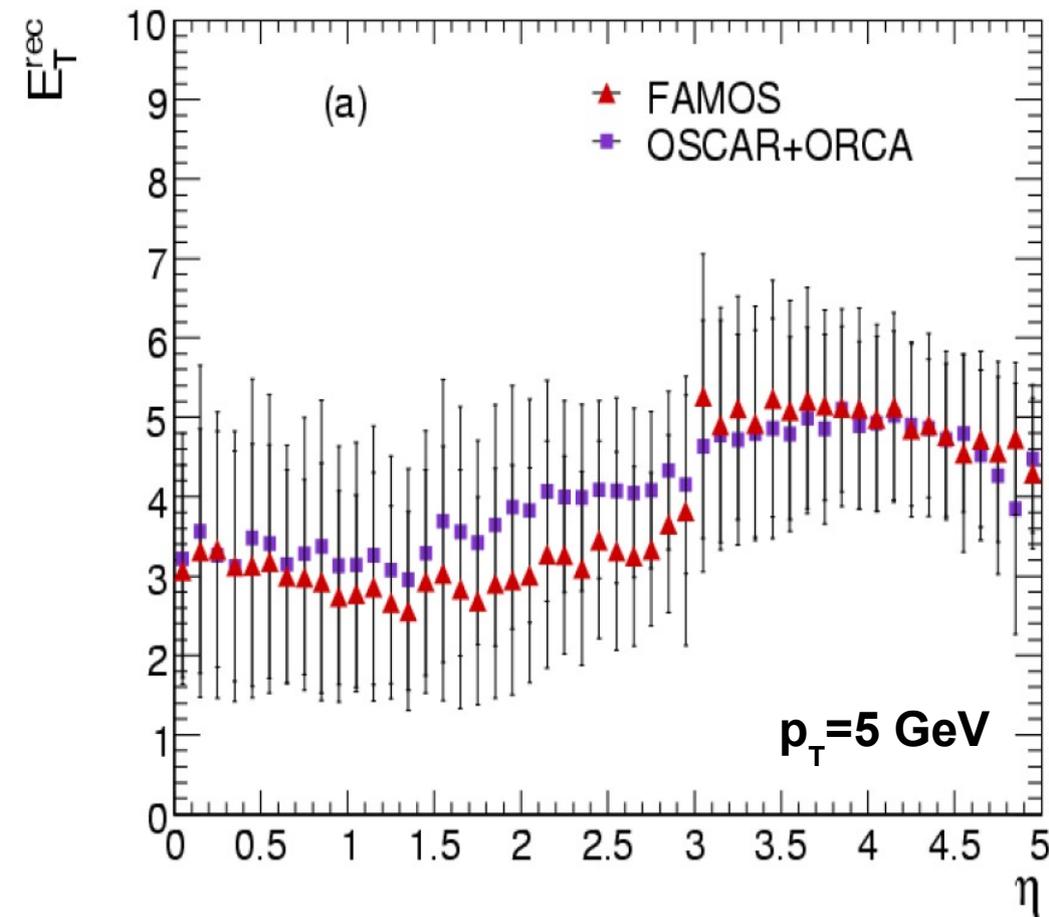
Elettroni e fotoni

- Le energie ricostruite riproducono quelle della full simulation all'ordine del per mille nel barrel e all'ordine del % negli endcap, per $1 \text{ GeV} < E < 1 \text{ TeV}$
- Anche le shape sono ben riprodotte



Adroni nei calorimetri

- A differenza che per e/γ , non viene simulato lo shower
- Si usa una parametrizzazione simile a quella di GFLASH, tunata per riprodurre i depositi di energia (in ECAL e HCAL) di pioni singoli studiati in full simulation per vari p_T , η

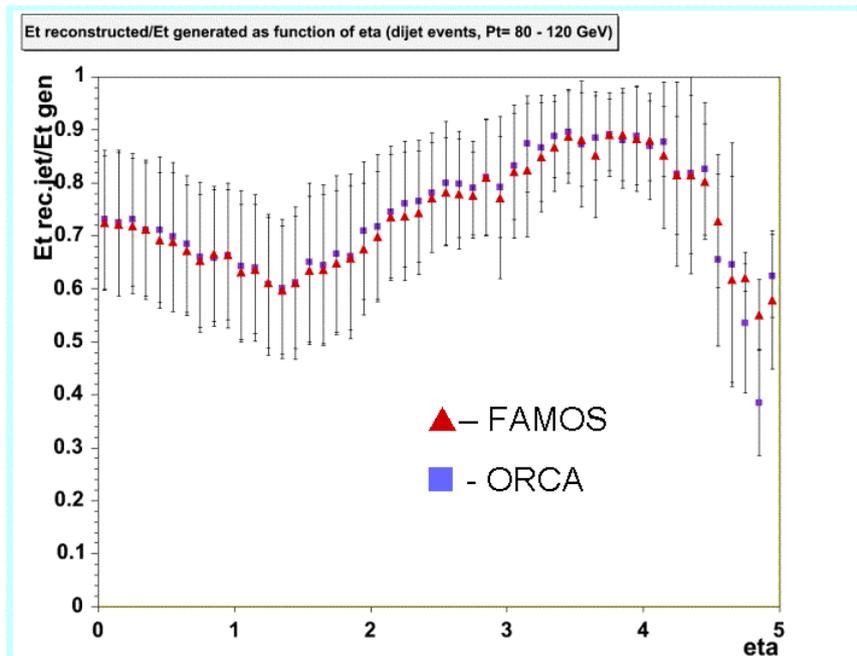


Adroni nei calorimetri

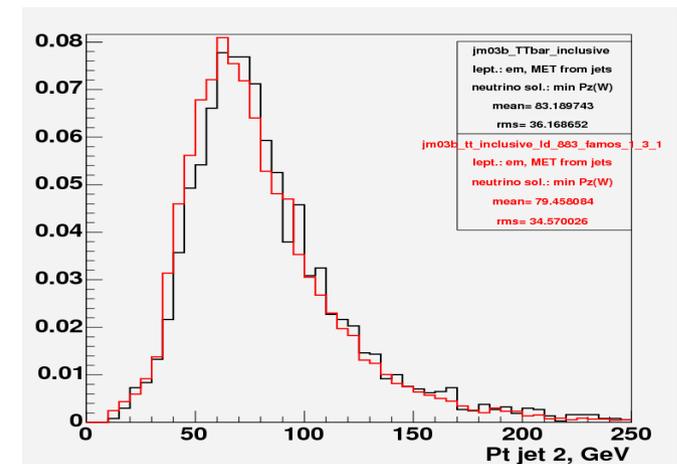
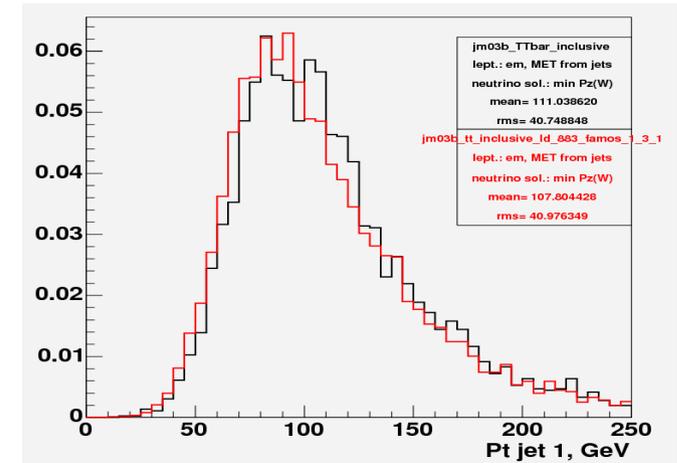
- Attualmente tutti gli adroni a lunga vita in FAMOS vengono trattati come pioni carichi
- I piani futuri comprendono un trattamento differenziato:
 - per i neutri ($\sim 10\%$ degli adroni in un jet, escludendo i π^0), che non lasciano nessun segnale nel calorimetro prima della prima interazione nucleare
 - per protoni e neutroni, che si comportano diversamente a causa dell'alta massa (stopping)
 - per antiprotoni e antineutroni (annichilano)

Jets

Nonostante questa approssimazione, a livello di jet l'accordo e' buono.



Eventi di-jet, energia ricostruita / energia generata (80-120 GeV), iterative cone jets



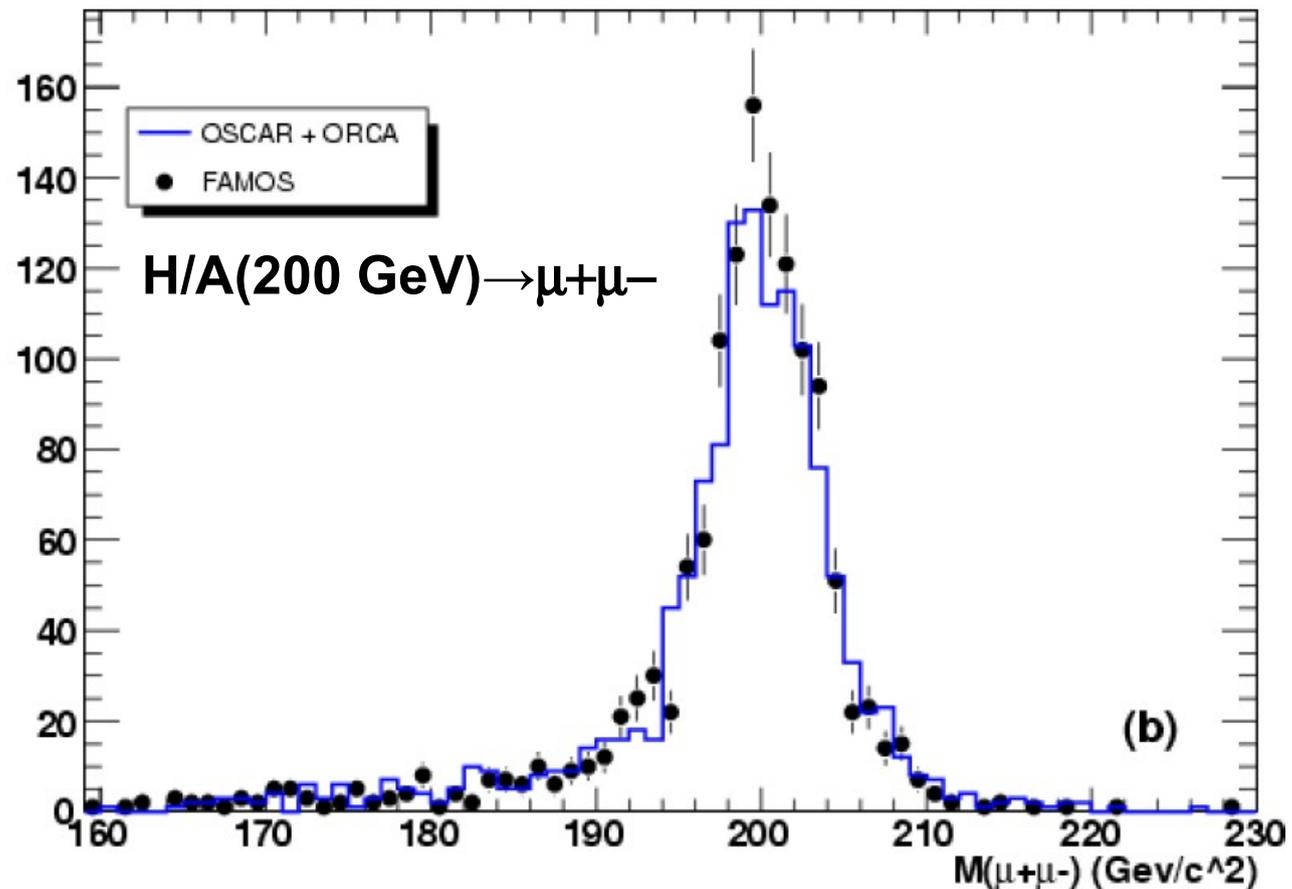
Eventi ttbar, energia trasversale ricostruita, iterative cone jets

Muoni

- La simulazione nel Tracker e' stata descritta in slide #4
- Nei calorimetri si usa lo stesso metodo descritto per i pioni (ma con una parametrizzazione apposita, ovviamente)
- Nelle camere muoniche pero' la simulazione e' molto piu' rozza: si applicano le efficienze e risoluzioni trovate in full simulation (e, anche in questo caso come nel Tracker, non sono possibili fakes)
- I piani futuri includono l'estrapolazione delle tracce attraverso i calorimetri, il magnete e le camere muoniche, per fare una vera track reconstruction

Muoni

- Sono disponibili parametrizzazioni degli output del L1 trigger, dell'HL trigger e della ricostruzione offline, in funzione di p_T , η e ϕ
- Smearing gaussiano in p_T



Conclusioni

- Gli algoritmi veloci usati da (o sviluppati per) FAMOS hanno un grande successo nel riprodurre gli oggetti di alto livello necessari per la maggior parte delle analisi
- Ma non esistono pasti gratis: il costo della velocità dev'essere pagato da qualche parte
- I principali successi di FAMOS sono elettroni e fotoni
- Il principale problema di FAMOS attualmente è il mistag dei jet da quark leggeri (troppo ottimistico)
- FAMOS è stato estensivamente usato per il Physics-TDR vol.2 di CMS, con efficienze per le analisi in accordo entro il 5% con quelle di full simulation
- Ringraziamenti: Patrick Janot e Alexander Schmidt