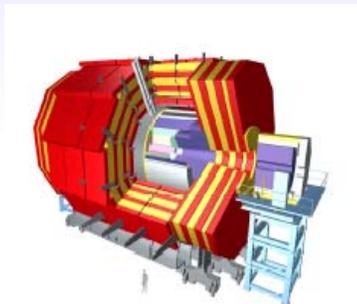


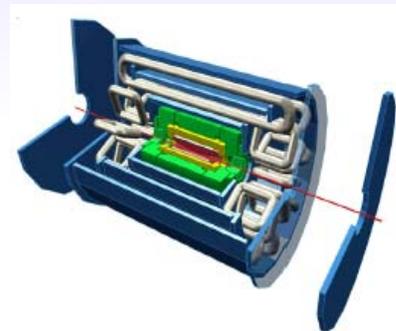
Ricostruzione e identificazione dei muoni in ATLAS e CMS: problematiche e strumenti

Secondo Workshop sulla Fisica ad ATLAS e CMS
Napoli, 14 Ottobre 2003

Nicola Amapane
(INFN Torino)



Michela Biglietti
(University of Michigan)



ATLAS & CMS : Misura dei Muoni

Goal : risoluzione ~10% per $p_T=1\text{TeV}$

$$\frac{\sigma(P_T)}{P_T} = \frac{\sigma_s}{s} \approx \sqrt{\frac{720}{N+4}} \sigma_x \frac{P_T}{0.3BL^2}$$

■ ATLAS (barrel)

- $B \sim 0.5\text{T}$, $L \sim 5\text{m}$, $\sigma_x \sim 80\mu\text{m}$, $N \sim 20 \rightarrow$ ad $1\text{ TeV } s \sim 500\mu\text{m}$, $\sigma_s \sim 50\mu\text{m}$

■ Caratteristiche

- Spettrometro capace di una misura di precisione standalone
- Campo magnetico esterno, grande braccio di leva
- Toroide esterno (air core \rightarrow minimizzo dello scattering multiplo) + solenoide interno
- Massima accettazione, risoluzione flat con η
- Uso del tracker (solenoid) e il tile per i μ a basso p_T

■ Richieste

- allineamento con alta precisione $\sim 20\mu\text{m}$
- conoscenza precisa del campo magnetico
- calibrazione accurata, $r(t)$ conosciuta al meglio di $20\mu\text{m}$

■ CMS

- $B=4\text{T}$ in $r=3\text{m}$; nel giogo $B \sim 1.8\text{ T}$

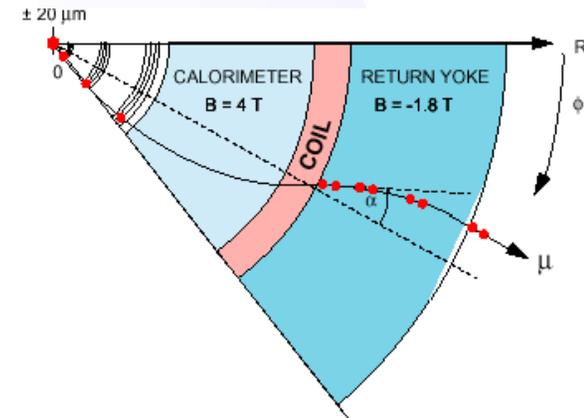
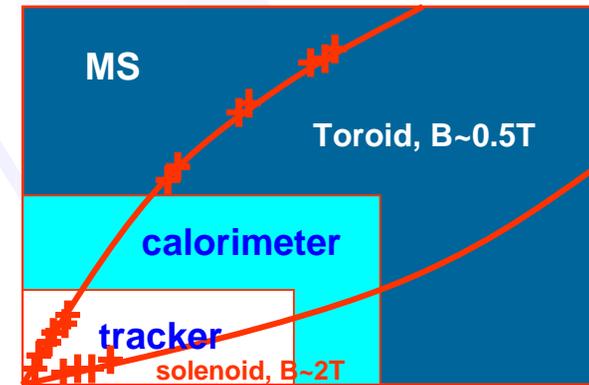
■ Caratteristiche

- Misura indipendente fuori e dentro il solenoide
- Curvatura nel piano trasverso \rightarrow uso del beam spot ($20\mu\text{m}$)
- Misura molto precisa nel tracciatore centrale
- Spettrometro nel giogo di ritorno del campo \rightarrow scattering multiplo:

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{40\%}{B\sqrt{L}}$$

- Richieste di calibrazione ed allineamento dello spettrometro meno stringenti

- Risoluzione/allineamento $\sim 100\mu\text{m}/\text{camera}$
- Campo magnetico conosciuto meglio del 0.5% (tracker) - qualche% (barrel yoke)



ATLAS: Campo Magnetico

● Curvatura dei μ

■ Toroide barrel (BT) $\eta < 1$

- Lunghezza 26 m
- Raggio interno 9.5 m, esterno 20 m
- bending power $\int Bdl = 2-6 \text{ Tm}$

■ 2 toroidi endcaps (ECT) $1.4 < \eta < 2.7$

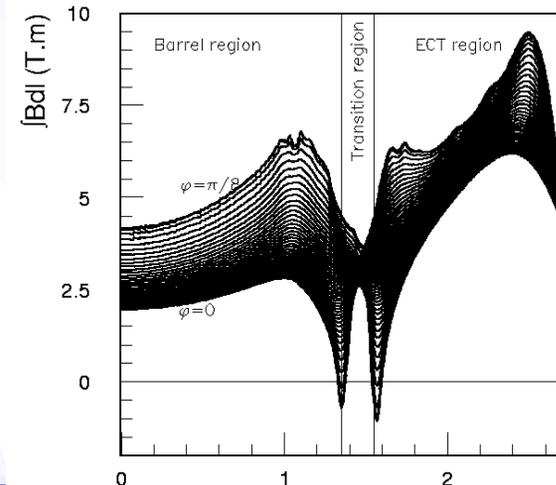
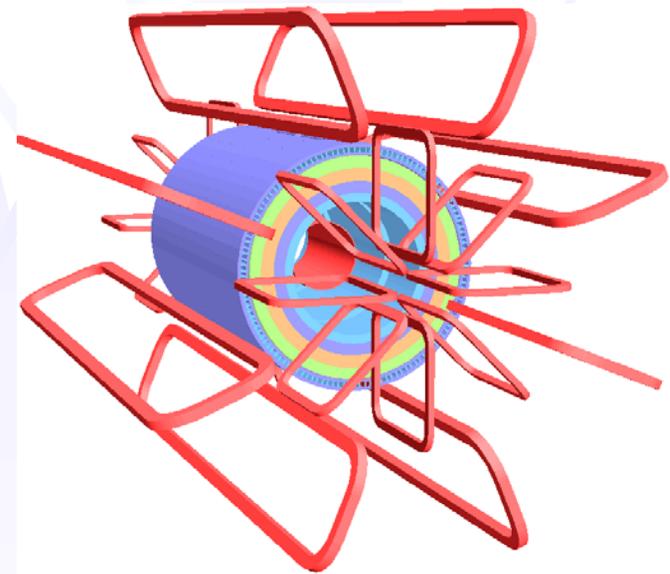
- Bobine ruotate di 22.5°
- Lunghezza 5m
- Raggio interno 1.7m, raggio esterno 10.7m
- bending power $\int Bdl = 4-8 \text{ Tm}$

◆ $1.0 < |\eta| < 1.4$ regione di transizione

■ La struttura aperta dei magneti consente di minimizzare l'effetto dello *scattering* multiplo

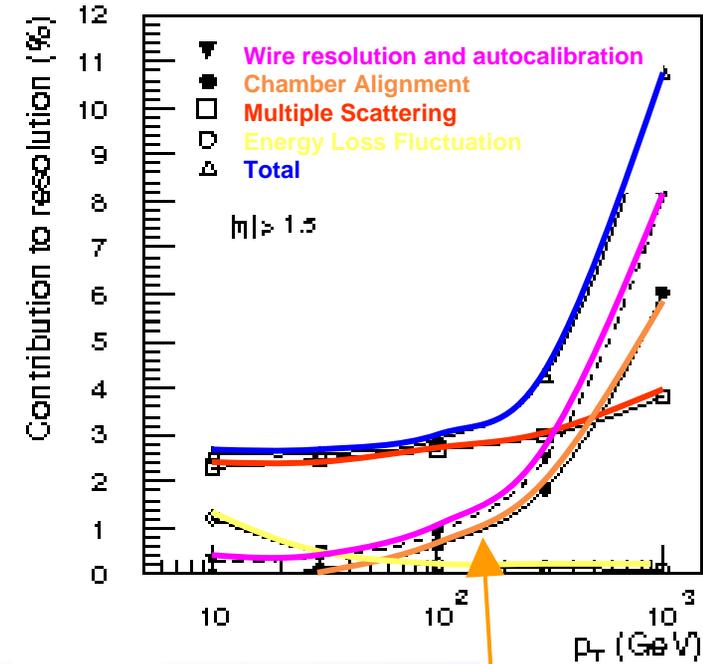
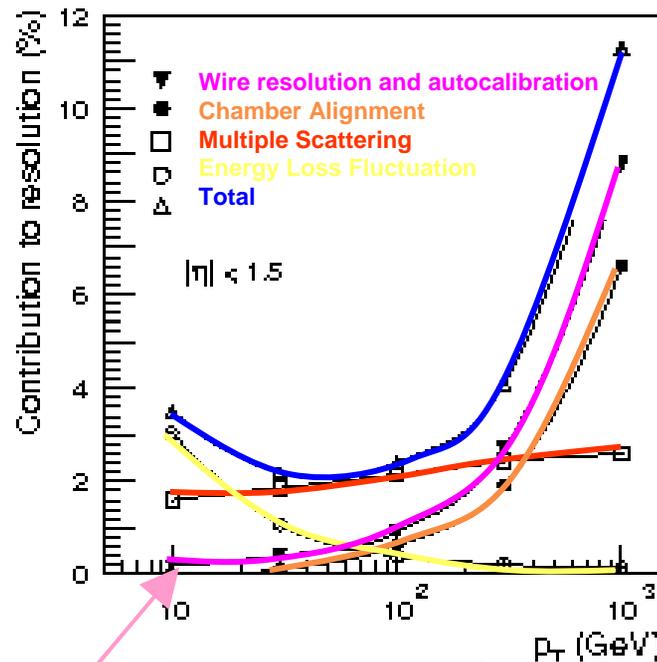
■ Misurato con 5000 sonde Hall (risoluzione $\sim 0.1\%$)

■ Calibrazione globale della scala di energia



ATLAS: Contributi alla Risoluzione

- $p_T > 300$ GeV :
risoluzione spaziale e calibrazione
- $30 \text{ GeV} < p_T < 300$ GeV :
scattering multiplo
- $p_T < 30$ GeV (barrel) :
fluttuazioni di energy loss



Risoluzione delle camere: **50 μm**

- ⇒ Richiede una alta precisione meccanica durante la produzione
- ⇒ Calibrazione precisa

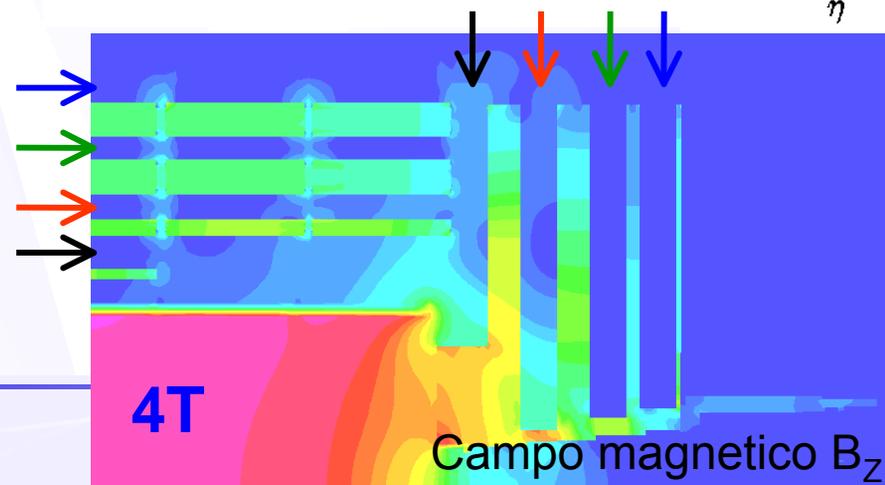
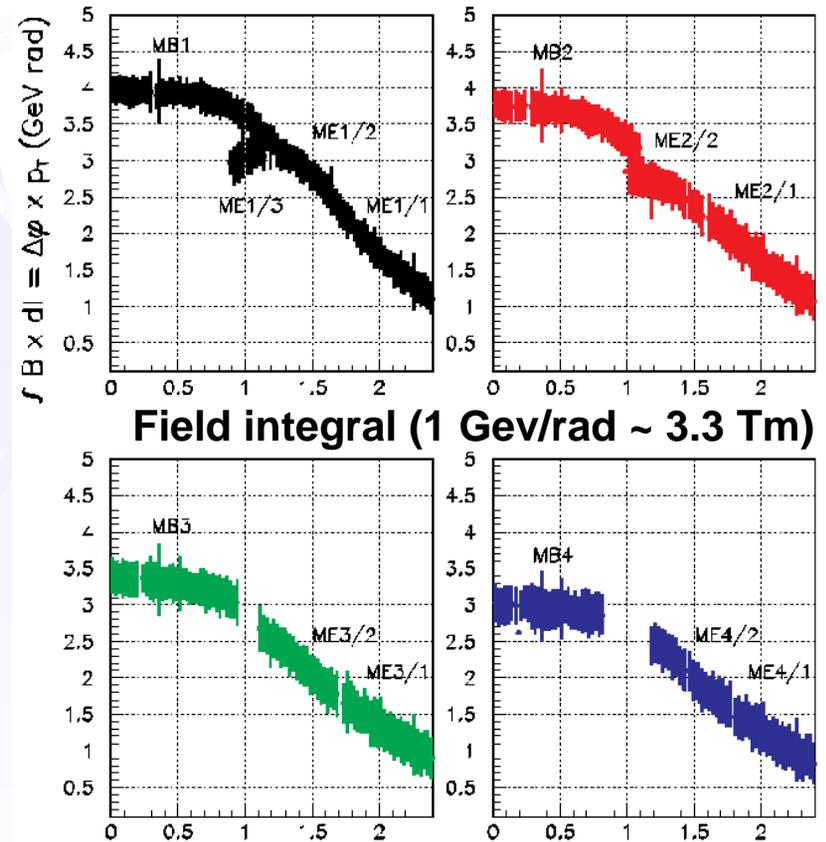
Sistemi ottici elaborati per monitorare le deformazioni ed gli spostamenti relativi delle camere

CMS: Campo Magnetico

- Solenoide con giogo in ferro
 - $r=3$ m, $L=14$ m
 - $B=4$ T;
 - nel giogo $B\sim 1.8$ T
- $\int B dl$ decresce con η
 - Dentro il solenoide:
 - da 12 Tm ($\eta=0$) a 4 Tm ($\eta=2.4$)
 - Nello spettrometro:
 - da 3 Tm ($\eta=0$) a 0.6 Tm ($\eta= 2.4$)

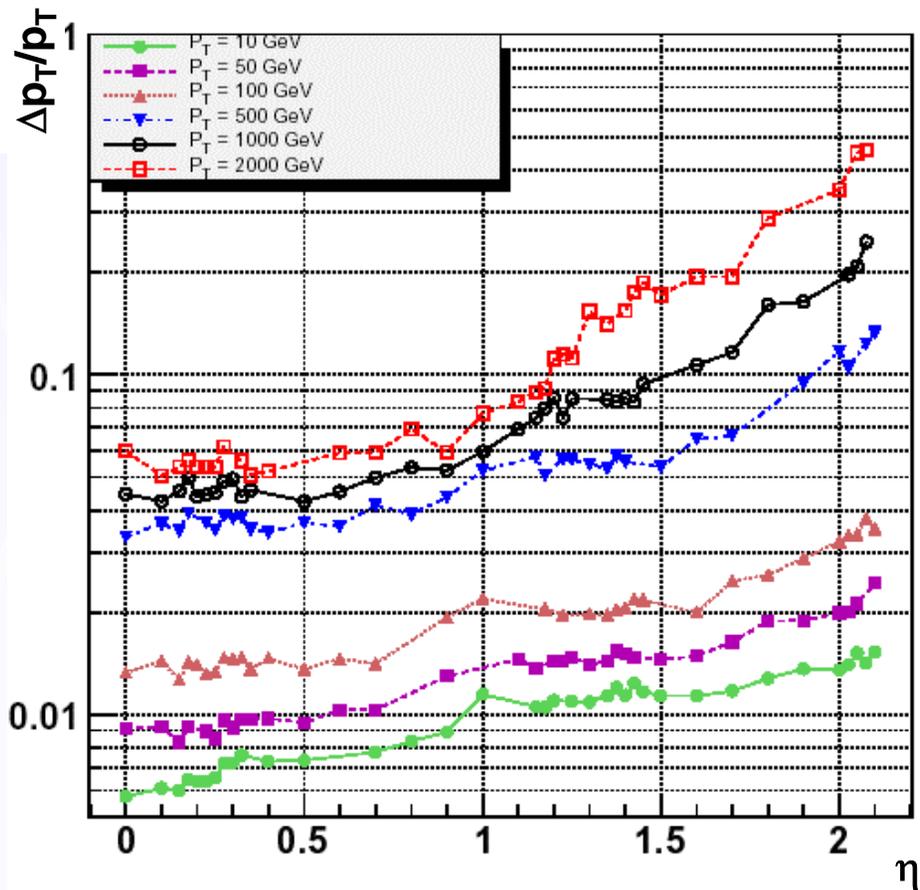
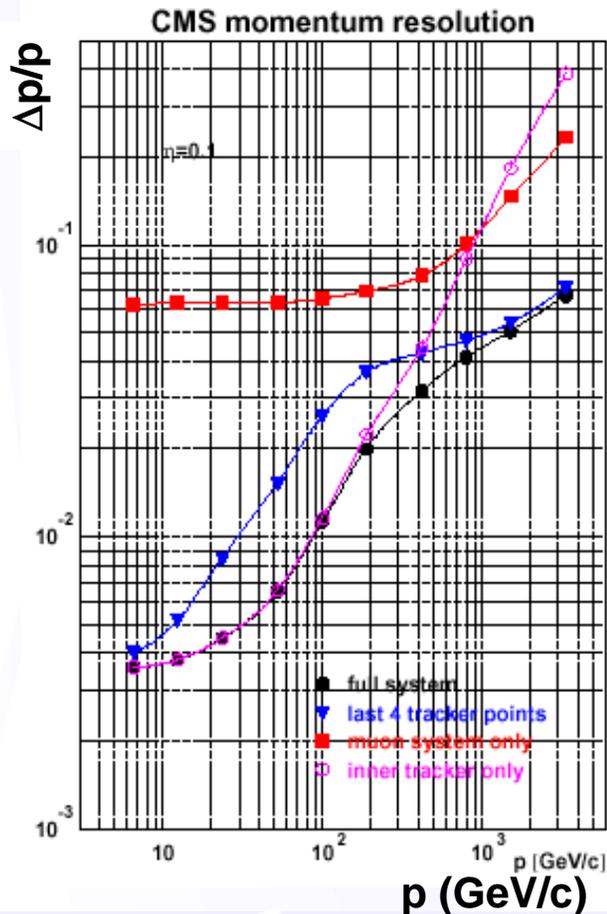


- Grande bending power
- Misura indipendente dentro/fuori al solenoide
- Molto materiale nello spettrometro



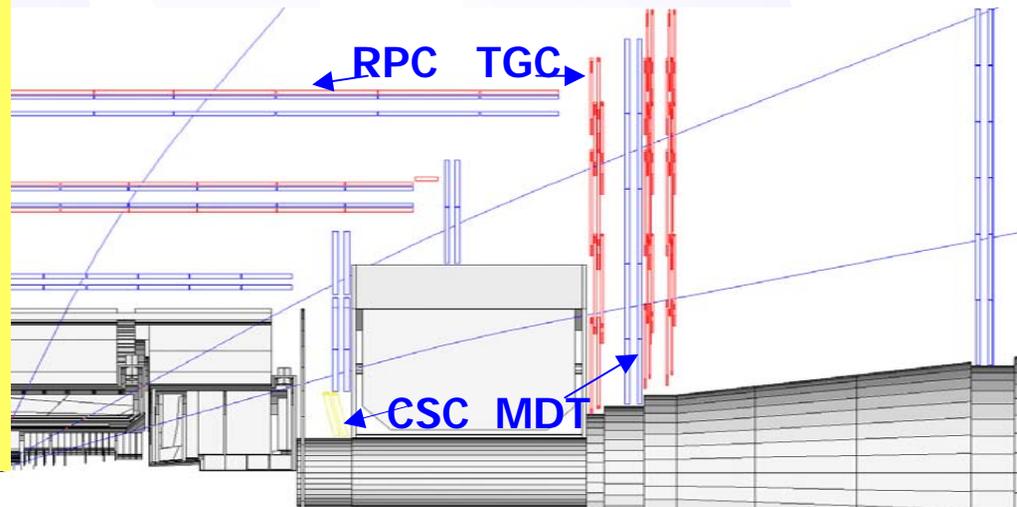
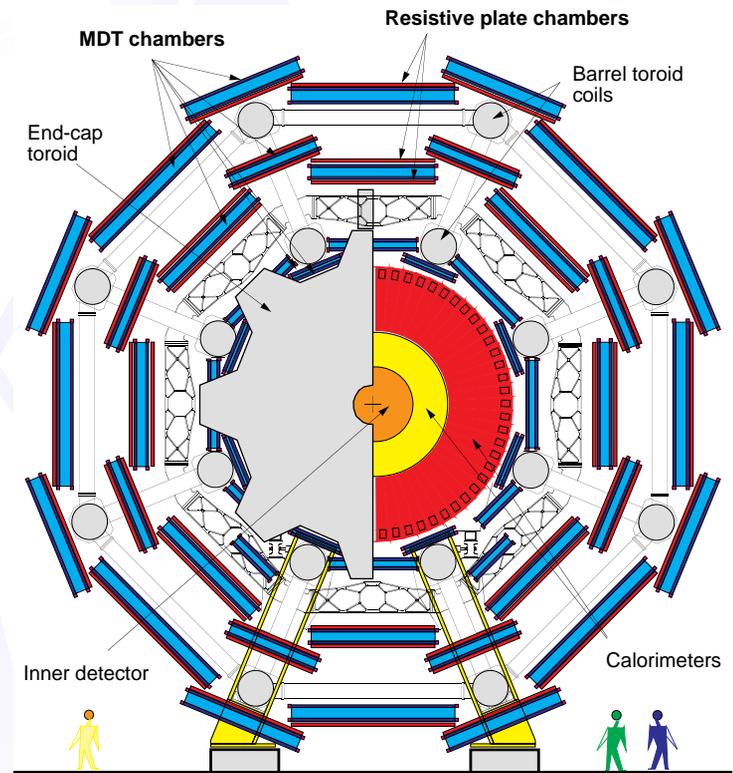
CMS: Risoluzione p_T

- $p_T < 200$ GeV/c: grande multiple scattering, precisione dominata dall'inner tracker
- Sopra i 200 GeV/c il contributo dello spettrometro è rilevante
 - Limiti: E loss, showers, allineamento, conoscenza B



ATLAS : Layout dello Spettrometro

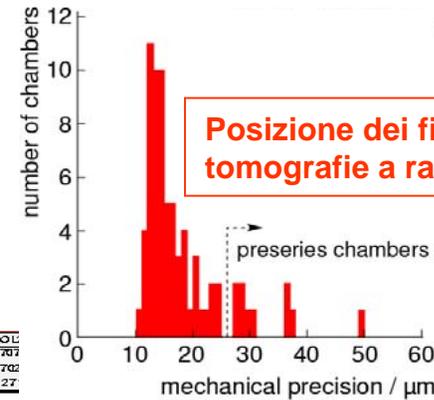
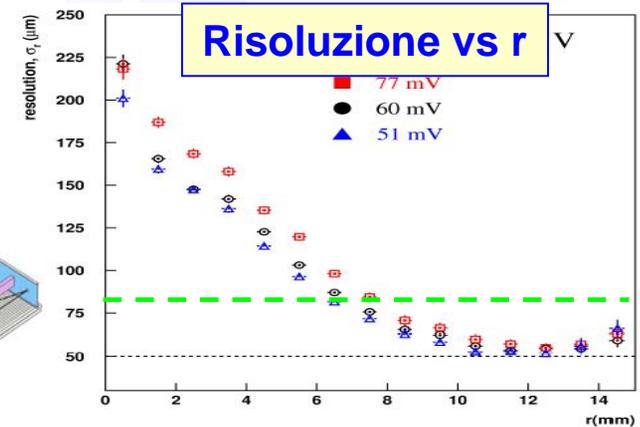
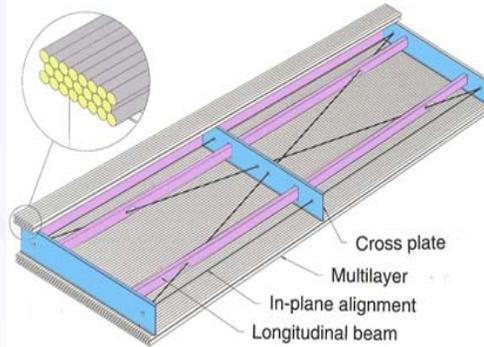
- Equipaggiato con camere di *trigger* (*Resistive Plate Chambers* e *Thin Gap Chambers*) e di precisione (*Monitored Drift Tubes* e *Cathode Strip Chamber*)
- *Barrel* diviso in 16 settori in ϕ (piccoli e grandi)
- *Barrel & Endcap*
 - Misure di precisione della coordinata z e r (piano di curvatura) con tre stazioni di MDT (2 multilayers di 3 (4 per le stazioni interne) strati di tubi (~ 20 misure con $\sigma_z = 80\mu\text{m}$)
- *Barrel*
 - *Trigger* e misura della coordinate z e ϕ (ortogonale al piano di curvatura) con 2 strati di camere RPC nella stazione intermedia + 1 nella stazione esterna (~ 6 misure con $\sigma_{z\phi} \sim 1\text{cm}$)
- *Endcap*
 - *Trigger* e misura della coordinata r e ϕ (ortogonale al piano di curvatura) con 2 doppietti e un tripletto di camere TGC (~ 9 misure con $\sigma_{z\phi} \sim 1\text{cm}$)
 - CSC nella regione $2 < \eta < 2.7$ per la misura di r e ϕ (~ 7 misure con $\sigma_r = 60\mu\text{m}$ e ~ 4 misure con $\sigma_\phi \sim 1\text{cm}$) .



ATLAS : MDT

MDTs (Monitored Drift Chambers)

- Gli elementi di base sono tubi a *drift* con un diametro di 3 cm ed una lunghezza variabile da 70 cm a 630 cm
- I tubi sono disposti in *multilayer* di 3 (4 per le stazioni interne)
- Risoluzione di singolo filo $\approx 80 \mu\text{m}$
- Risoluzione per stazione $\approx 50 \mu\text{m}$, 0.3mrad
- Miscela di Ar(93%) CO2(7%) a P=3bar per prevenire l'invecchiamento



Posizione dei fili misurata con tomografie a raggi x

■ Stima della relazione $r(t)$ e del t_0 senza l'aiuto di rivelatori esterni

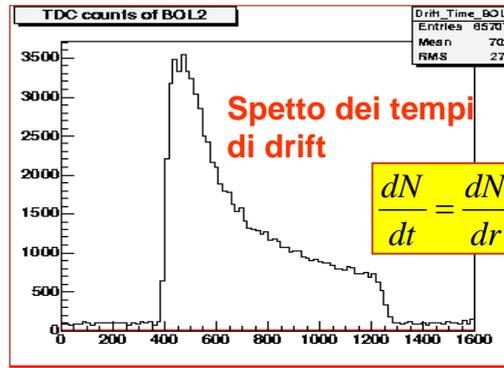
■ $r(t)$ e' funzione di molti parametri esterni

- Composizione del gas
- Temperatura
- Pressione
- Campo magnetico

■ E' richiesta la autocalibrazione dei tubi ad intervalli regolari

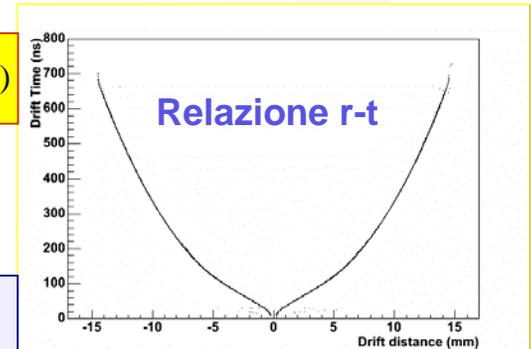
- L'errore sulla relazione $r(t)$ deve essere $\leq 20 \mu\text{m}$

x bias accettabile sulla determinazione della traccia



$$\frac{dN}{dt} = \frac{dN}{dr} \cdot r(t)$$

Dati testbeam H8

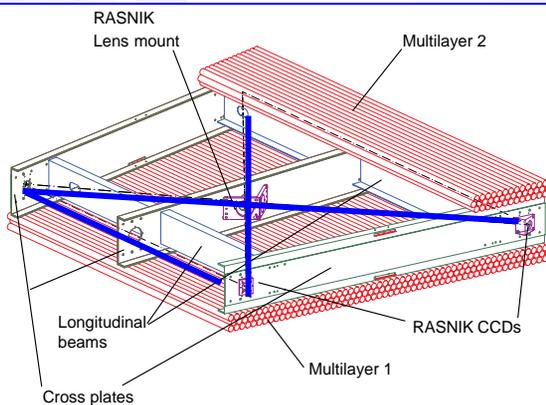


ATLAS: Allineamento

Deformazioni delle camere

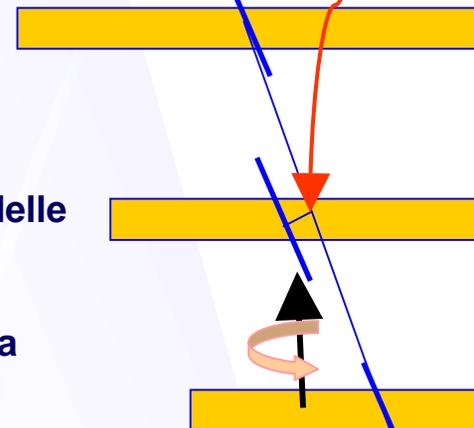
Sistema ottico di monitoraggio (RASNIK) consente

- di correggere la sagitta dei tubi con quelle dei fili entro $100\mu\text{m}$
- di correggere deformazioni della camere derivanti da gradienti termici e stress meccanici



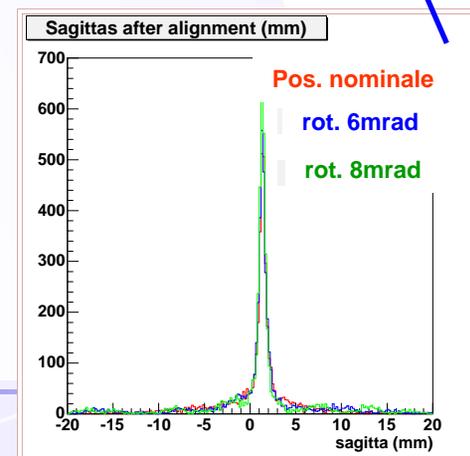
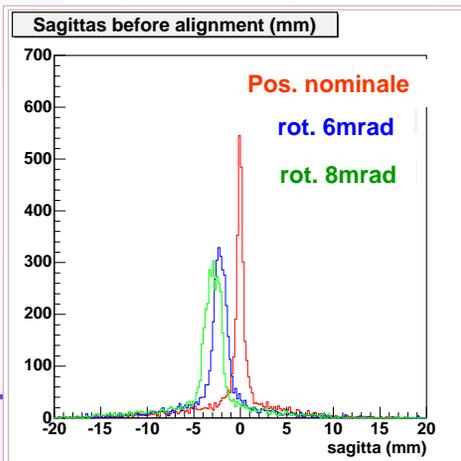
sagitta

- allineamento \rightarrow ~valore medio
- larghezza: scattering multiplo

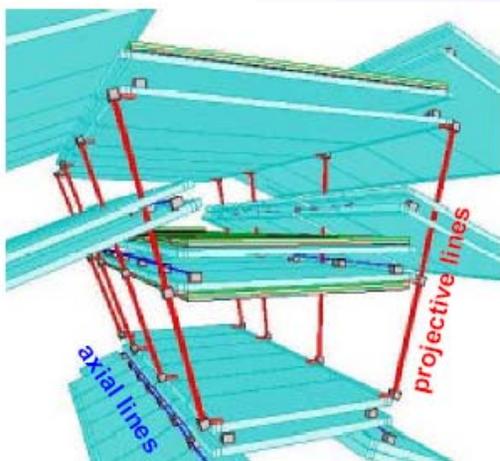


Tests del sistema di allineamento ad H8:

- movimenti controllati delle camere
- correzione usando le informazioni del sistema ottico



Sistema di allineamento RASNIK ottico proiettivo e assiale per controllare l'allineamento relativo di tripletti di camere. Spostamenti relativi controllati entro $30\mu\text{m}$

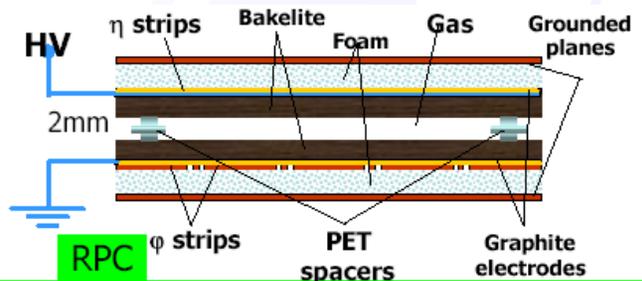


Allineamento: run speciali con toroide OFF e solenoide ON \rightarrow campione di tracce rettilinee di momento misurato in ID ($p_T > 10\text{GeV}$) consente di calibrare i sensori ottici rapidamente entro $\sim 20\mu\text{m}$

Camere di trigger (TGC e RPC) : Per l'identificazione del *bunch crossing*, il *trigger* dei μ , e la misura della seconda coordinata (ϕ). Il sistema di *trigger* copre la regione $|\eta| < 2.4$

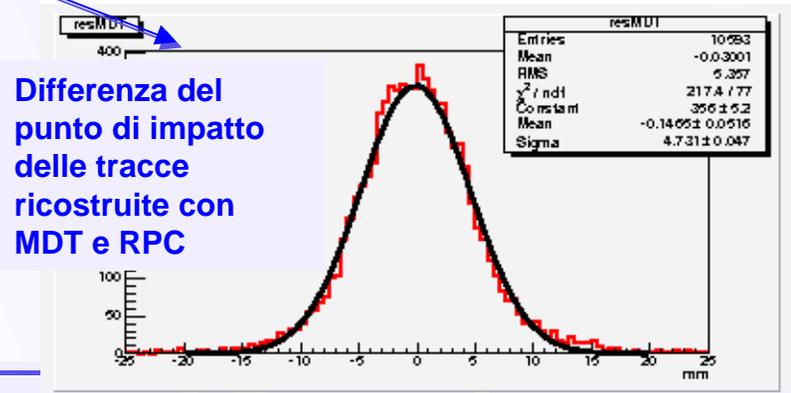
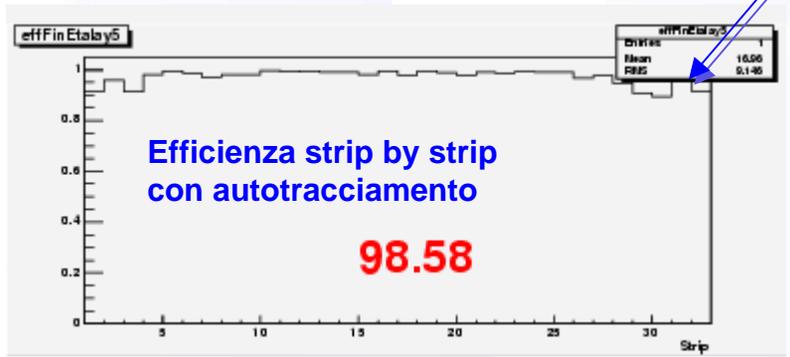
ATLAS : RPC

- su entrambi i lati delle camere MDT nelle stazioni "middle" e sopra o sotto le stazioni MDT esterne.
- Alta efficienza e risoluzione temporale ($\sim 1\text{ns}$) per il trigger
- Risoluzione di $< 10\text{mm}$ per la misura della seconda coordinata
- Alta tolleranza meccanica

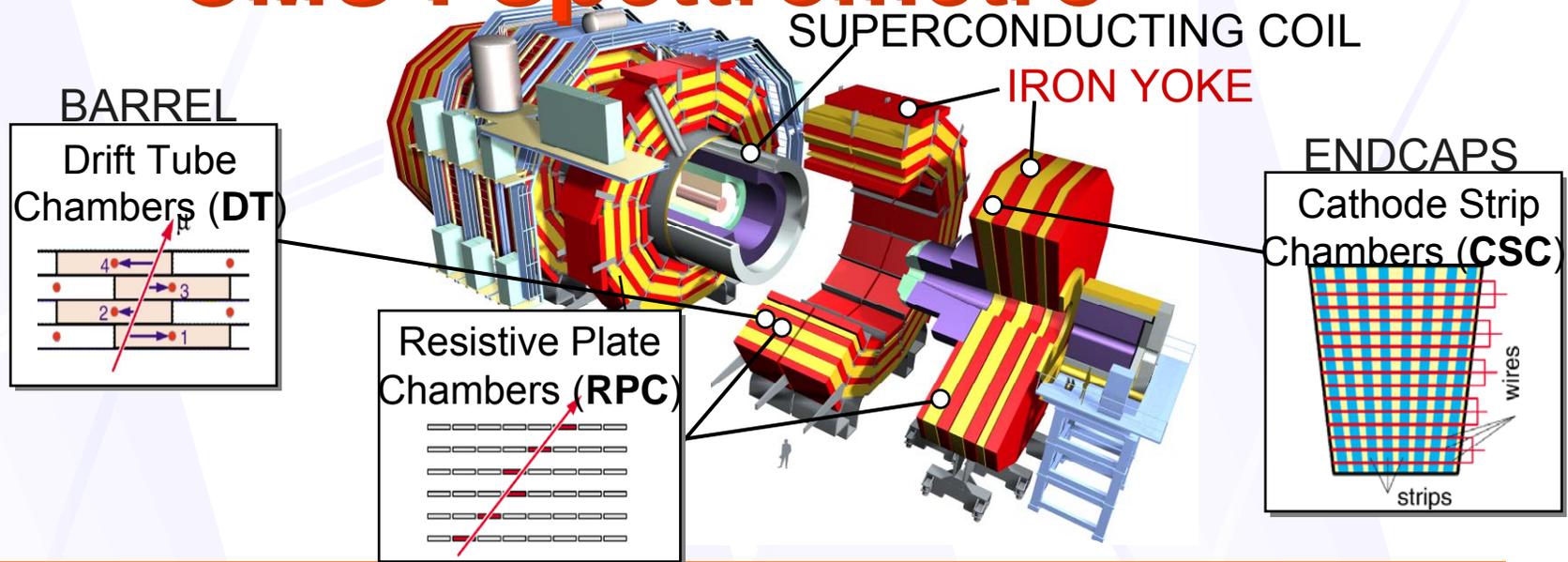


Campo elettrico nella gap $\sim 5\text{KV/mm}$;
 Gas: $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4/\text{C}_4\text{H}_{10}/\text{SF}_6$ 96.7/3/0.3
 ρ bakelite $\sim 2 \times 10^{10}\ \Omega\text{cm}$; strip in Cu, pitch $\sim 30\text{mm}$
 Risoluzione temporale $\sim 1.5\text{ ns}$

Dati H8



CMS : Spettrometro



- Barrel ($|\eta| < 1.2$): **D**rift **T**ubes,
 - 4 stazioni x 3 superlayer (2 $r\phi$ + 1 rZ) x 4 layer
 - $\sigma_x \sim 200 \mu\text{m}/\text{layer}$
- Endcap: ($|\eta| < 2.4$): **C**athode **S**trip **C**hambers
 - 4 stazioni x 6 layer
 - $\sigma_x \sim 100\text{-}240 \mu\text{m}/\text{layer}$
- Barrel+Endcap: **R**esistive **P**late **C**hambers
 - 6 layer barrel, 4 layer endcaps
 - $\sigma_t \sim 2 \text{ ns}$

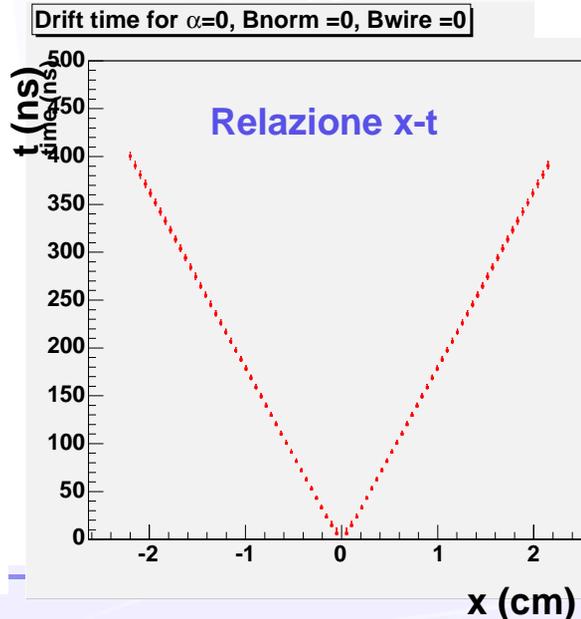
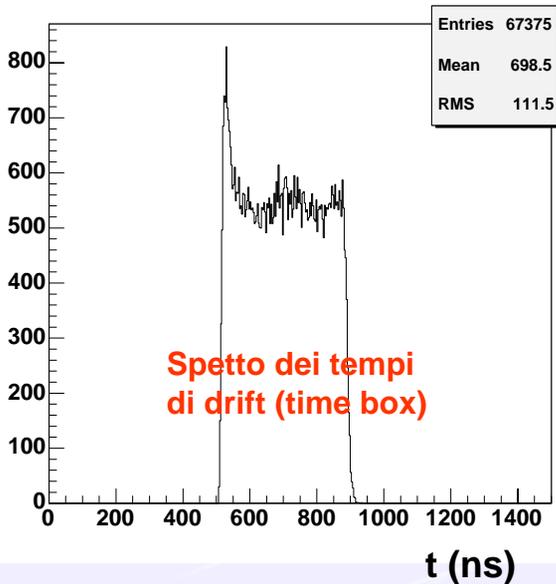
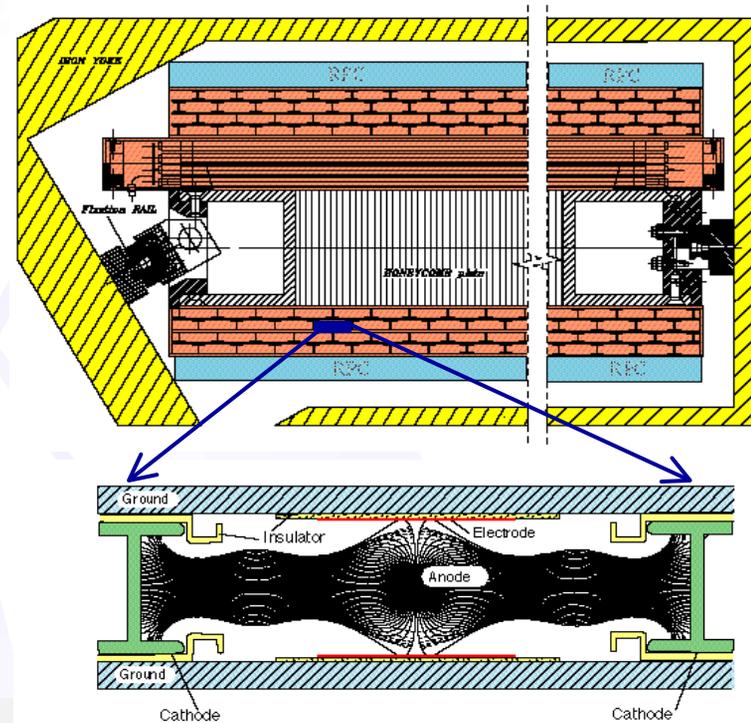
Allo startup:

- No ME4/2
- No elettronica trigger ME1/1
→ trigger fino a $|\eta| < 2.1$
- RPC solo in $|\eta| < 1.6$

Tutti i 3 sistemi partecipano sia alla ricostruzione che al trigger

CMS : DT

- Celle 42x13 mm², Ar(85%) CO₂ (15%)
 - Campo E lineare (shaping con catodi e strip)
- 4 layer staggerati = 1 superlayer (SL)
 - Auto-triggering con identificazione del BX, $\sigma_t \sim 4$ ns
- Camera composta da 2 SL r- ϕ (coordinata bending) + 1SL r-Z



- Ottima linearità: $v_d \sim \text{costante}$
- Per avere la massima risoluzione:

$$x = f(t, \theta, B_{wire}, B_{norm})$$
 parametrizzata con GARFIELD

CMS DT: calibrazione

■ Meno critica

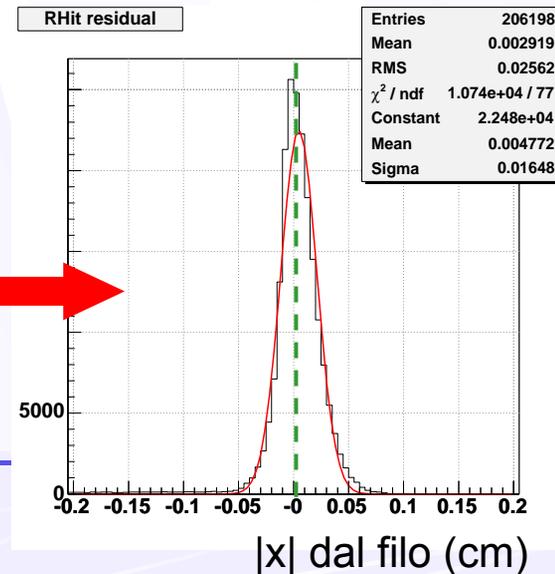
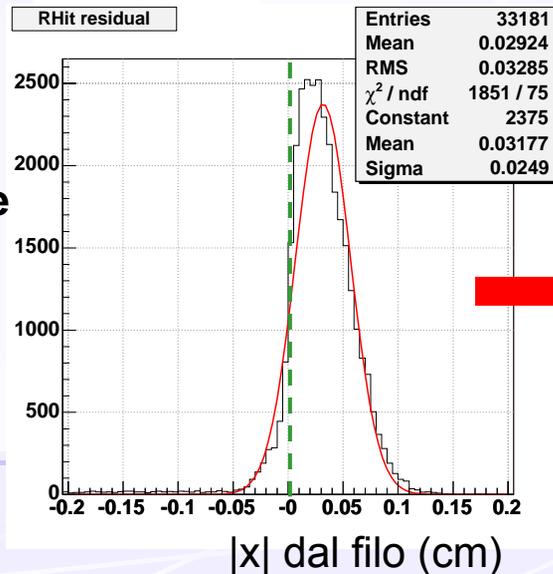
- Per muoni di basso p_T domina comunque il tracciatore
- Effetto di un errore sistematico del 3% in $x(t)$ su eventi DY, $M_{\mu\mu} = 2 \text{ TeV}/c^2$:

	Risoluzione $1/P_t$	Residuo η	Residuo Φ [mrad]	Efficienza
Ideale	5.1 %	2.4×10^{-4}	4.3×10^{-2}	83%
Mis-calibrazione 3%	6.0 %	3.3×10^{-4}	4.6×10^{-2}	82%

■ Procedure di calibrazione con tracce

- Dati disponibili: ~20 Hz/camera dopo il L1
- Calibrazione della velocità media con meantimer
- Calibrazione $x(t)$ mediante misura dei residui hit-segmento

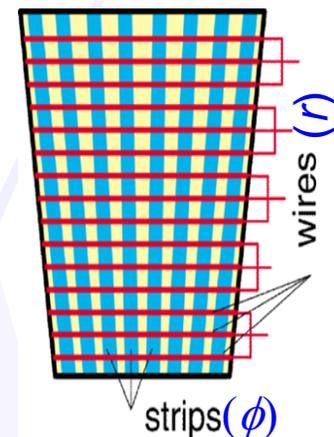
Mis-calibrazione
3%



Calibrato

CMS: CSC

- 4 stazioni, 6 layer/camera
 - 9.5 mm gap, Ar(30%)/CO₂(50%)/CF₄(20%)
- Coordinata ϕ (bending): interpolazione carica su 3 strip adiacenti, $\sigma \sim 100\text{-}240\mu\text{m}$
- Coordinata r: lettura gruppi di 5-16 fili, $\sigma \sim 5\text{mm}$



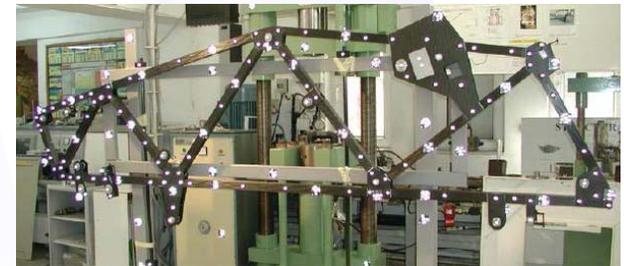
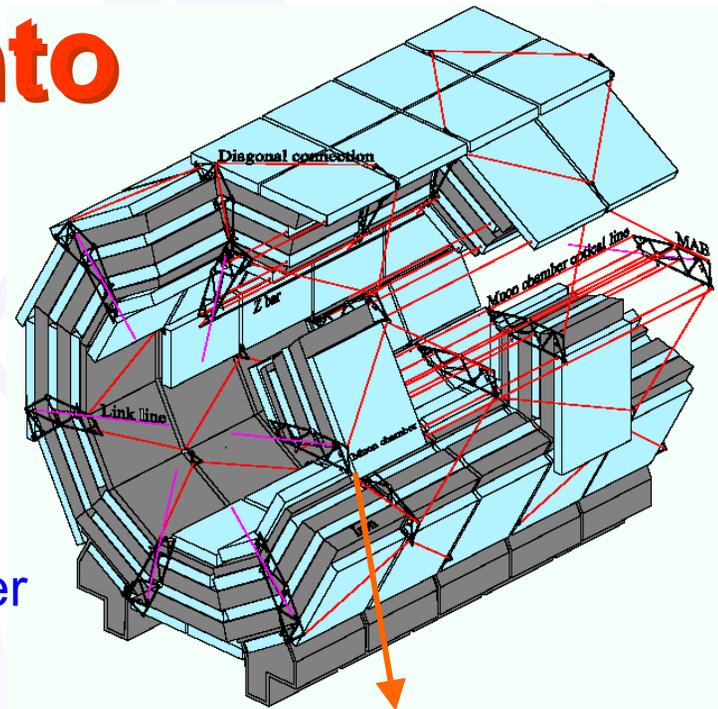
RPC

- RPC a doppio gap
 - 90% freon/5% isobutano
- 6 layer barrel, 4 layer endcaps
- Partecipano alla ricostruzione HLT/offline



CMS : Allineamento

- Risoluzione camere $\sim 100 \mu\text{m}$
- Spostamenti $B_{\text{on}}/B_{\text{off}} : O(1\text{cm})!$
- Sistema Ottico
 - Strutture rigide + connessioni ottiche (LED, laser/CCD)
 - Link lines per allineamento con il tracker
 - $\sigma \sim 80 \mu\text{m}$
 - Posizione relativa camere:
 - $\sigma_{r\phi} \sim 150 \mu\text{m}$ (stesso settore),
 - $\sim 210 \mu\text{m}$ (fra i settori)
- Allineamento con tracce
 - Problema: conoscenza materiale e campo magnetico
 - Usabili solo mu con $p_T > \sim 50 \text{ GeV}/c$
 - Stima: $\Delta L/L = 2\%$; $\Delta B/B = 0.2\% \Rightarrow 10^6 \text{ s}$ per $\sigma = 200 \mu\text{m}$
 - Studi dettagliati in corso



ATLAS: Ricostruzione dei muoni

Attraversando ATLAS un μ è rivelato in

- 2 sistemi di tracciamento ad alta precisione: rivelatore di vertice e spettrometro per muoni
- Calorimetri EM e adronico

Spettrometro per muoni:
misure precise ad alto p_T

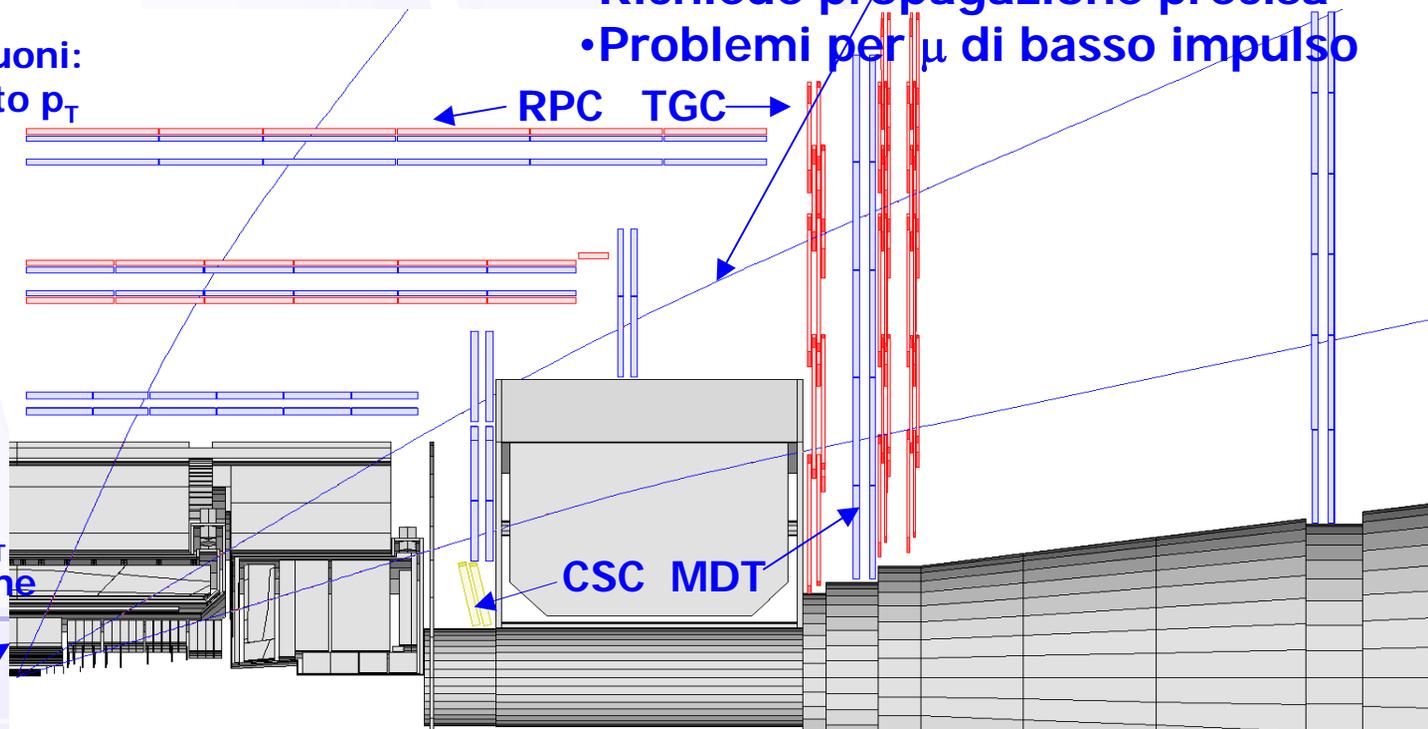
Campo toroidale inhomogeneo:

- Richiede propagazione precisa
- Problemi per μ di basso impulso

Calorimetri:
 $E_{\text{loss}} > 3\text{GeV}$

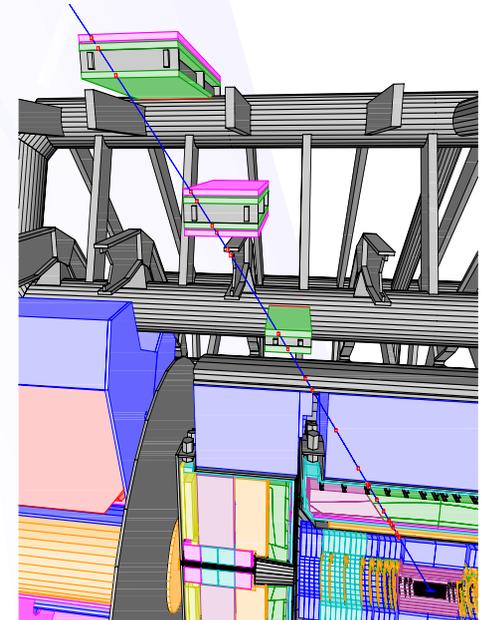
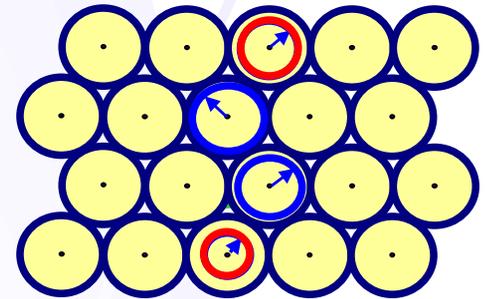
Inner Detector:
misure precise a basso p_T
ma richiede identificazione

Solenoidal Field



ATLAS : Strategia di Ricostruzione ed identificazione

- ▶ **Veloce identificazione di regioni di attivita` nelle proiezioni η e ϕ**
- ▶ **Ricostruzione dei segmenti di traccia nelle camere MDTs**
 - ▶ Uso della relazione r-t per la definizione della distanza di drift
 - ▶ Correzione per la propagazione lungo il filo attraverso la misura ortogonale (RPC e TGC)
 - ▶ Correzione per l'angolo di Lorentz
 - ▶ Fit lineare
- ▶ **Combinazione dei segmenti di traccia compatibili e definizione della traccia candidata**
- ▶ **Fit**
 - ▶ tiene conto dello *scattering* multiplo e dell'energia persa nel materiale inerte dello spettrometro per muoni
 - ▶ I parametri della traccia e la relativa matrice di covarianza sono espressi al primo punto misurato nello spettrometro a muoni
- ▶ **Estrapolazione della traccia dallo spettrometro per muoni al punto di interazione**
 - ▶ *Conoscenza di Scattering* multiplo ed energia depositata nei calorimetri parametrizzato per mezzo di piani di *scattering* nei calorimetri
 - ▶ *Re-fit*: i parametri della traccia sono espressi al vertice
- ▶ **Le tracce provenienti dallo spettrometro e dall' *inner tracker* (iPatRec) sono combinate**
- ▶ **Fit della traccia combinata**

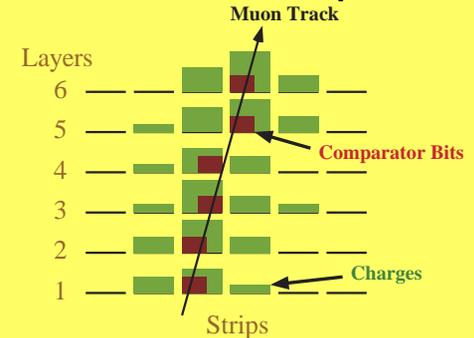


CMS: Ricostruzione

Software

- Stessi algoritmi per HLT e offline
 - uso del L1 come “seed” per l’HLT
 - uso calibrazioni, allineamento ecc. nella ricostruzione offline
- Framework comune
 - Ricostruzione “on-demand”
 - Ricostruzione parziale/regionale

CSC strips



Ricostruzione locale

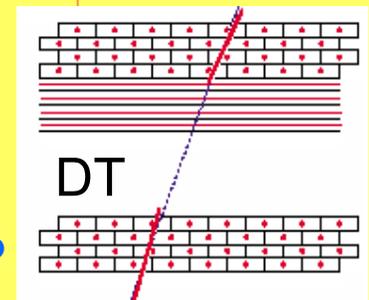
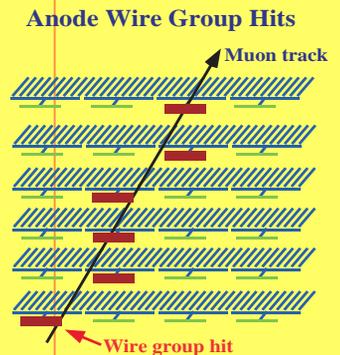
■ CSC

- Ricostruzione degli hit di strip e fili e associazione con fit lineare
- Ricalcolo del centroide hit delle strip (fit della carica su 3 strip adiacenti)
- Le due proiezioni associate per coincidenza in tempo
- I singoli hit usati nel fit della traccia

■ DT

- Ricostruzione hit con $x(t)$
- Fit di segmenti 2D nel SL → risoluzione ambiguità L/R
- Correzione $x(t)$ per angolo di impatto, refit
- Associazione segmenti $r\phi$ e rZ → fit segmento 4D
- Correzione $x(t)$ per propagazione del segnale e valore di B ottenuto da coordinata ortogonale, refit. $\sigma_x \sim 100 \mu\text{m}$, $s_\phi \sim 1 \text{ mrad}$
- Posizione e direzione segmento usate nel tracking

CSC - fili



CMS : Ricostruzione

Algoritmi simili usati per HLT ed offline!

Risultato:

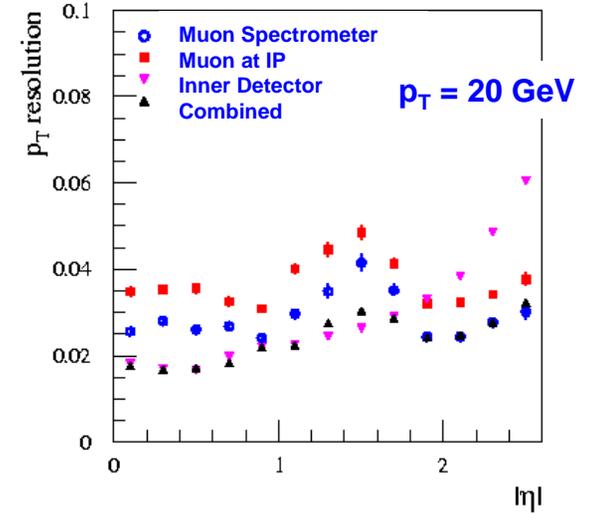
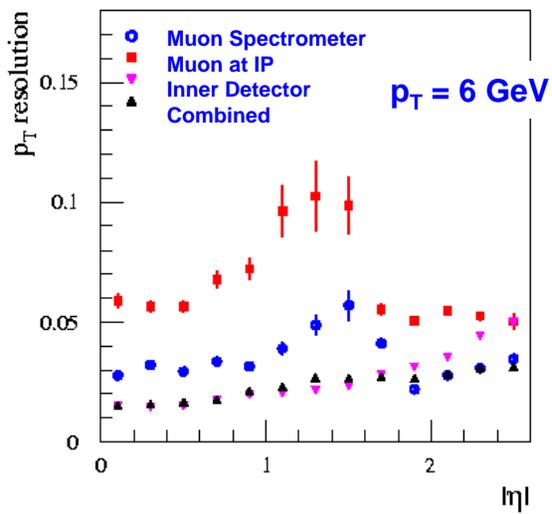
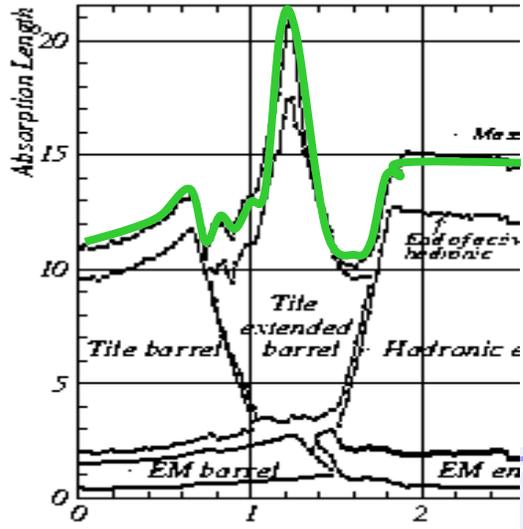
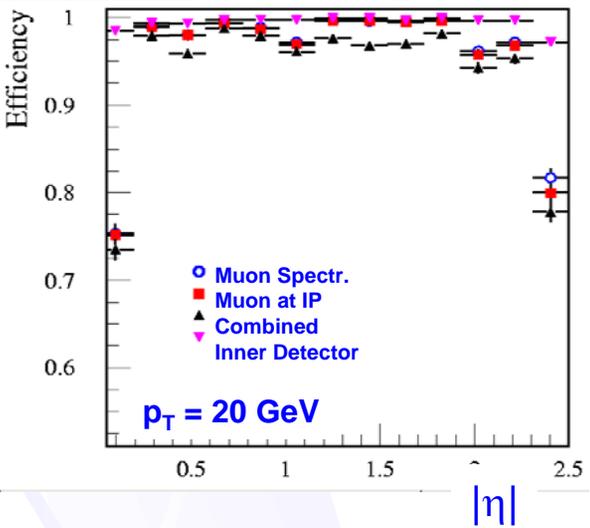
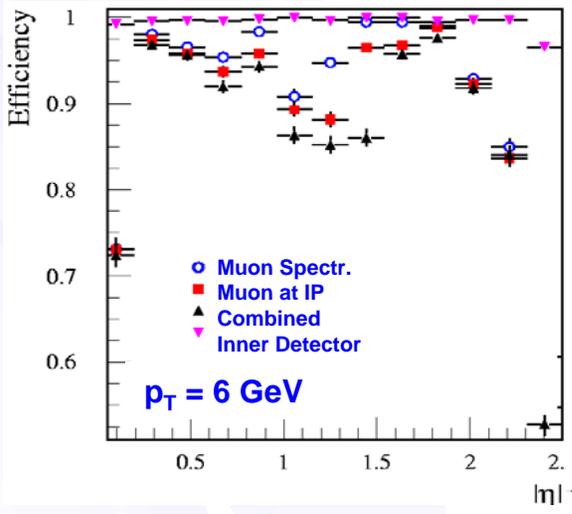
- Generazione Semi (5 parametri + matrice errori)
 - **HLT**: a partire dai candidati L1
 - **Offline**: ricostruzione locale segmenti
 - Ricostruzione nello spettrometro
 - Kalman Filter fit su segmenti (DT) e hit (CSC/RPC)
 - Trajectory building: (inside-out): ricerca dei segmenti e hit (solo nei rivelatori compatibili)
 - Selezione con cut su χ^2
 - Fit (outside-in)
 - I.P. incluso nel fit (20 μm)
 - Fit nel tracker
 - La ricostruzione nello spettrometro usata per definire una “finestra” nel tracciatore
 - Generazione dei semi (coppie di hit) nella finestra
 - Ricostruzione con Kalman Filter inside-out, risoluzione ambiguità
 - Fit finale di tutti gli hit nel tracker e nello spettrometro
- HLT**: Muoni L2
Offline: Ricostruzione “standalone”
- HLT**: Muoni L3
Offline: Ricostruzione “globale”

CMS: Estrapolazione tracce

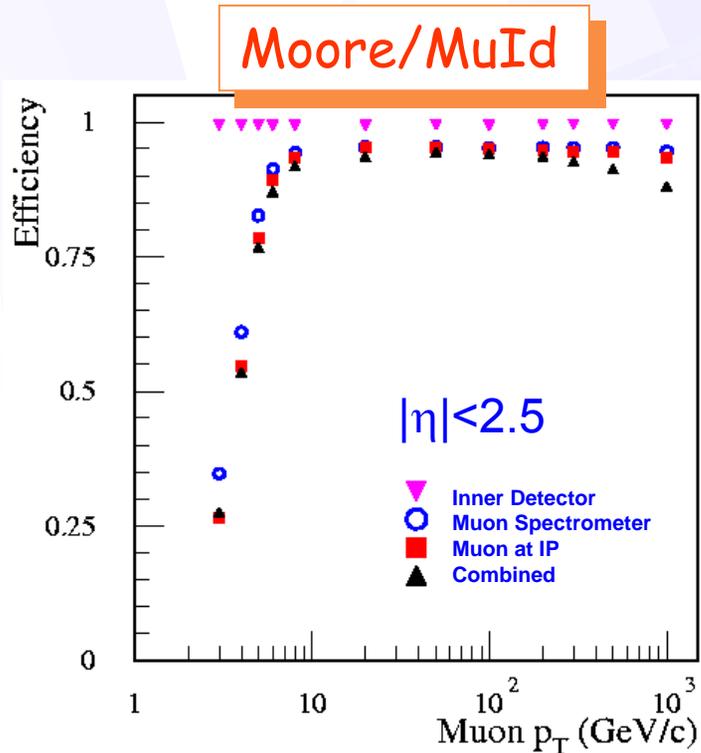
- Il fit richiede la capacità di estrapolare lo stato ed il suo errore
 - Attraverso il ferro e con B non uniforme e discontinuo
 - Richiede molta CPU
 - Tool disponibile: GEANE (basato su ZEBRA/geometria G3)
- Soluzione ottimizzata in fase di sviluppo
 - 1. Accesso al campo magnetico “per volume”
 - Geometria non-GEANT dei volumi magnetici
 - Navigabile: ogni volume conosce i vicini
 - Ricerca del volume contenente un punto con binning multidimensionale
 - Campo nel volume ottenuto per interpolazione di un grid regolare o con parametrizzazione (eg. nella regione centrale)
 - Rilasciato in ORCA/OSCAR, performance 1.8x ZEBRA field map
 - 2. Estrapolatori dedicati
 - Estrapolazione nel singolo volume \Rightarrow materiale uniforme e B omogeneo (non costante)
 - Uso della navigazione per il passaggio al volume successivo

ATLAS: Performance della ricostruzione

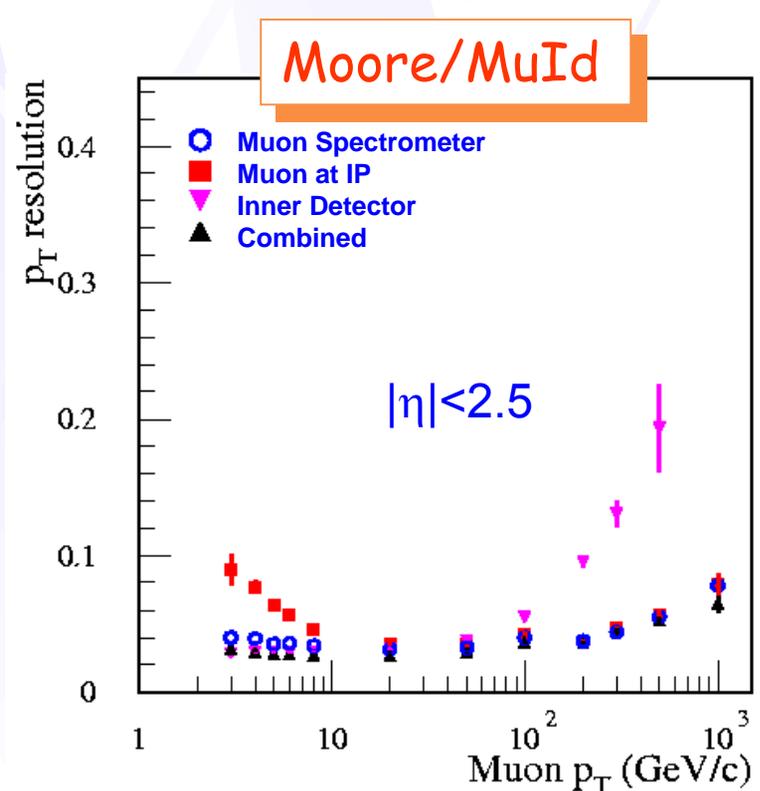
- Perdita di efficienza a basso η a causa del *crack* centrale necessario per il passaggio di cavi e servizi (cambio *layout wrt TDR*)
- seconda coordinata dei CSC mancante nella simulazione \rightarrow bassa efficienza per $|\eta| > 2$
- Nuova simulazione nel DC2
- Tracciamento nel campo magnetico difficile $1 < |\eta| < 1.5$ a causa del campo magnetico inhomogeneo
- fluttuazioni dovute all' aumento di materiale assorbitore nei calorimetri (soprattutto per m a basso p_T)



ATLAS: Efficienza & Risoluzione vs pt



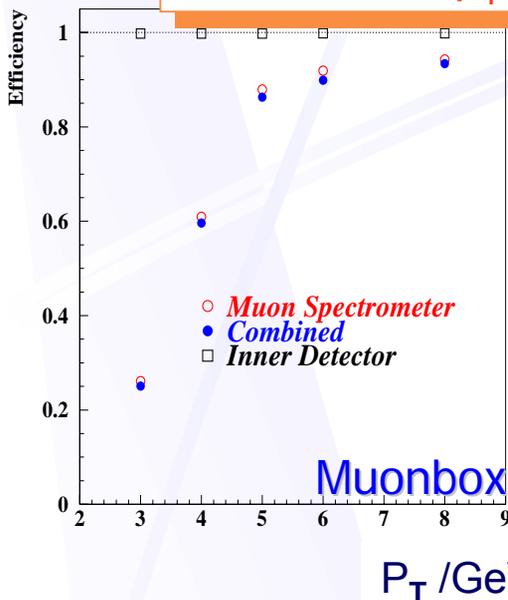
- Efficienza di plateau $\sim 95\%$
- Efficienza per bassi pt
 - Solo μ con $E > 3-4$ GeV/c raggiungono lo spettrometro
 - Non raggiungono le stazioni più esterne \rightarrow poche misure
 - *Scattering* multiplo e effetti del campo magnetico inhomogeneo \rightarrow *pattern recognition* più difficile
- Efficienza della ricostruzione combinata per alti pt
 - *Pattern recognition* disturbata da possibili sciame e.m. che accompagnano i μ ad alto pt



- La misura dell'*Inner Detector* domina sotto 20 GeV/c
- Lo spettrometro per μ domina a alti pt

ATLAS: Muoni con basso p_T

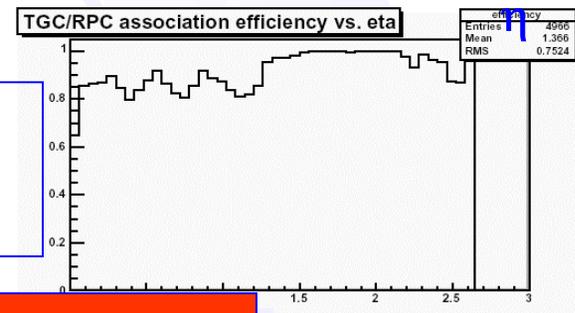
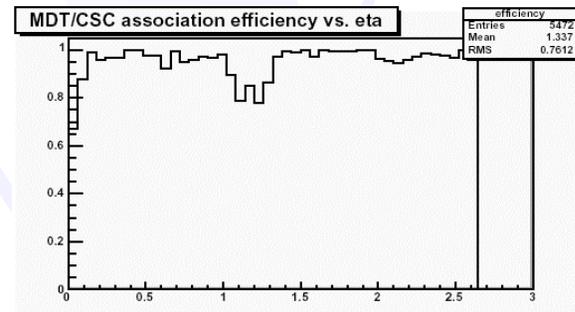
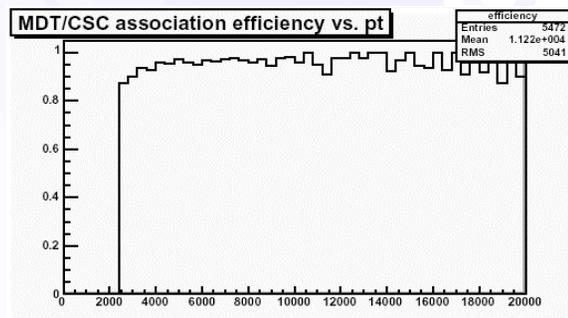
Efficienza vs p_T



Muonbox

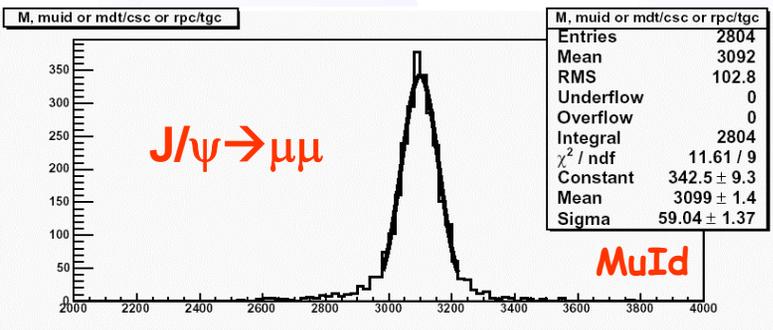
μ di $p_T=5$ GeV perdono nei calorimetri da 2 a 4 GeV a seconda di η

La combinazione delle misure nelle stazioni interne con le tracce nell' Inner Detector permette di avere efficienze del 90% anche per bassi p_T

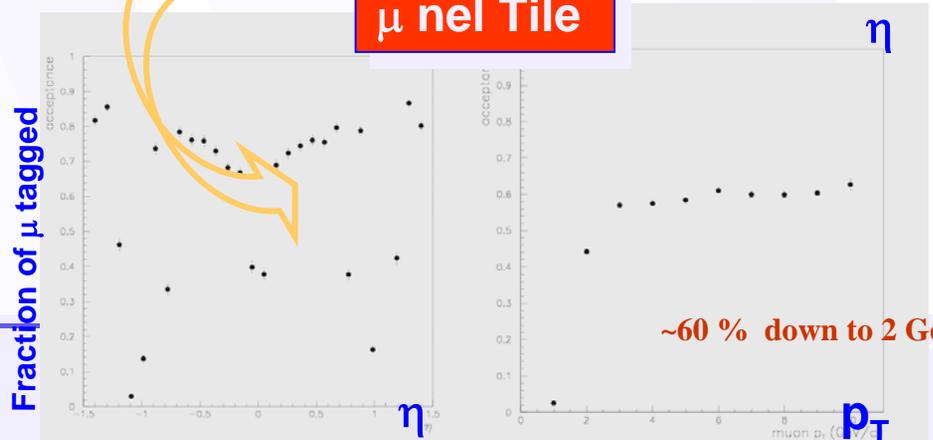


p_T (MeV)

efficienza puo` essere migliorata usando il Tile per l'identificazione dei μ

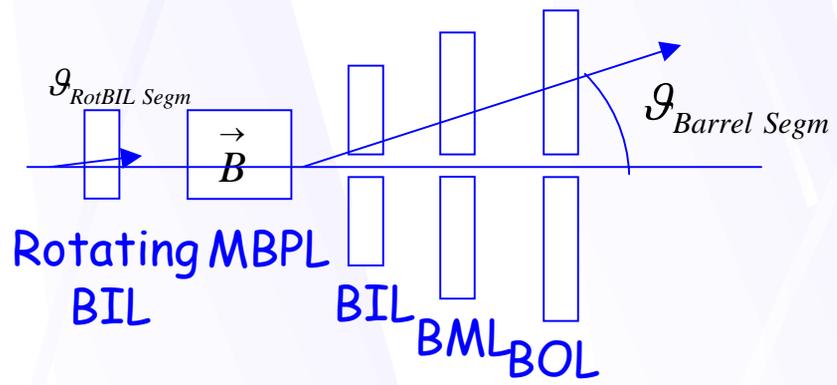
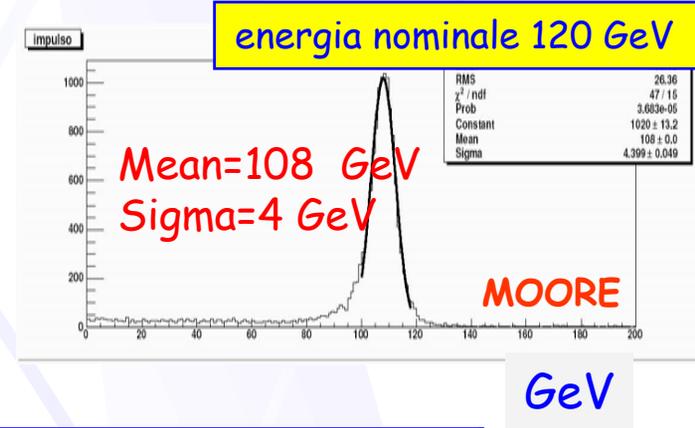
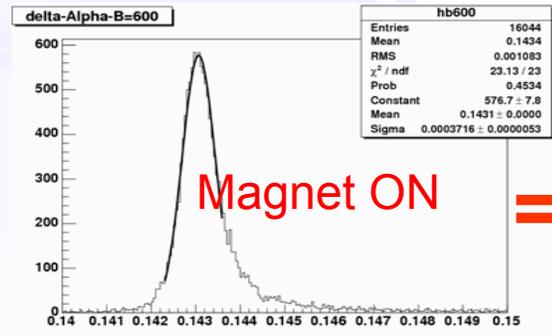
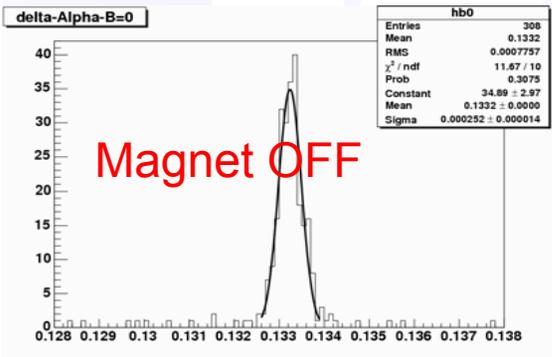


μ nel Tile



~60% down to 2 GeV/c

ATLAS: Ricostruzione su dati (H8)

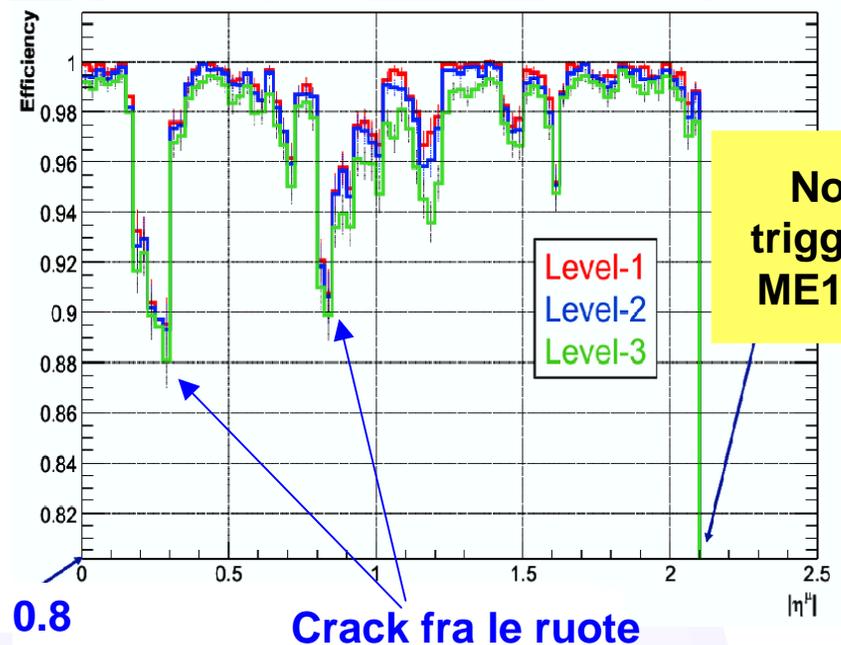
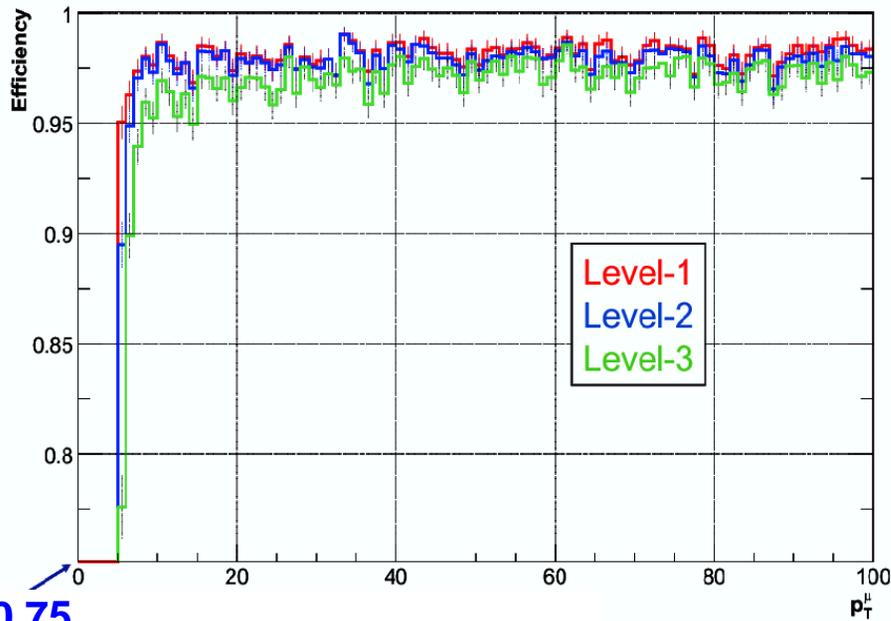


- $P=0.3BL/\Delta\theta$
- $BL=3.54 \text{ Tm}$

Nominal Momentum P(GeV)	Measured Momentum P_mean(GeV)	Sigma (GeV)
100	88.84	4.34
120	108.20	4.06
150	135.00	6.84
180	166.30	8.83
220	206.08	12.11
240	246.86	15.39

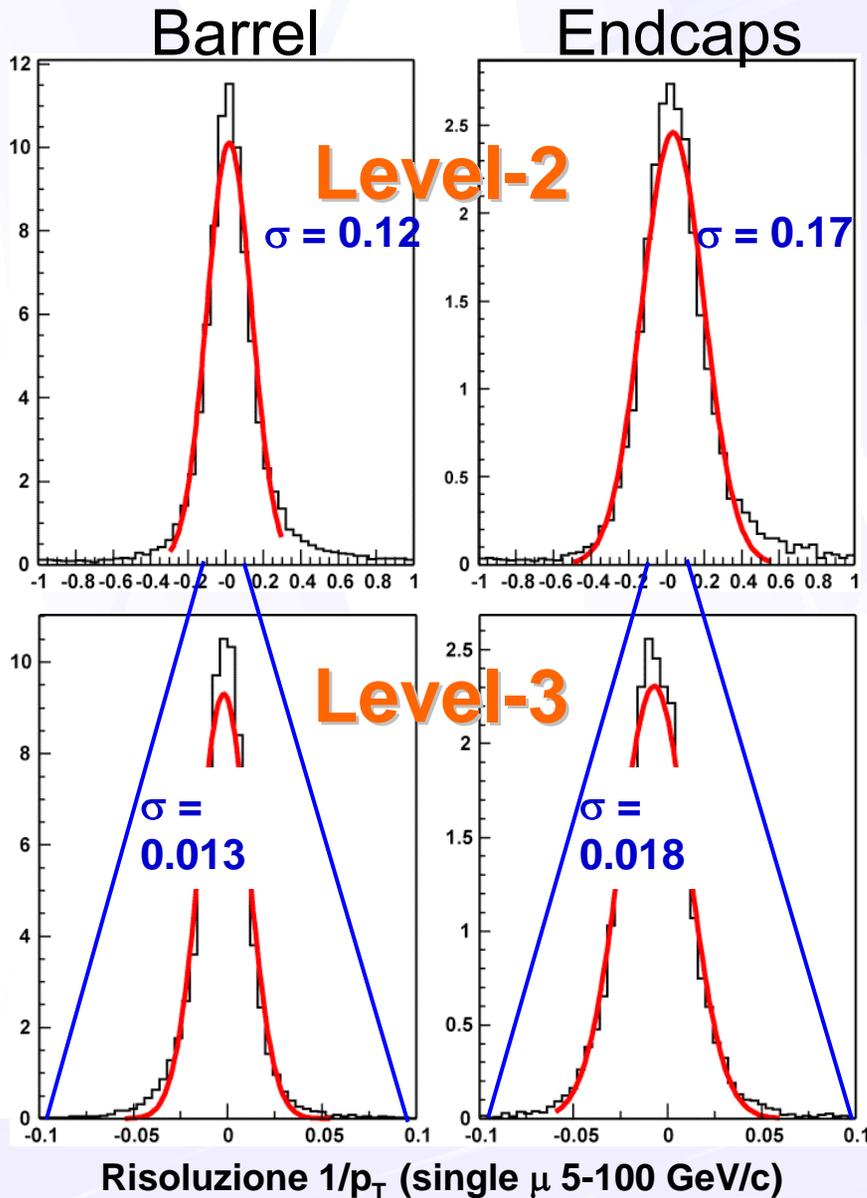
Energy loss di ~12 GeV corrispondente a 6.5 m di ferro (beam Dump + tile + liquid argon)

CMS: Efficienza Ricostruzione HLT

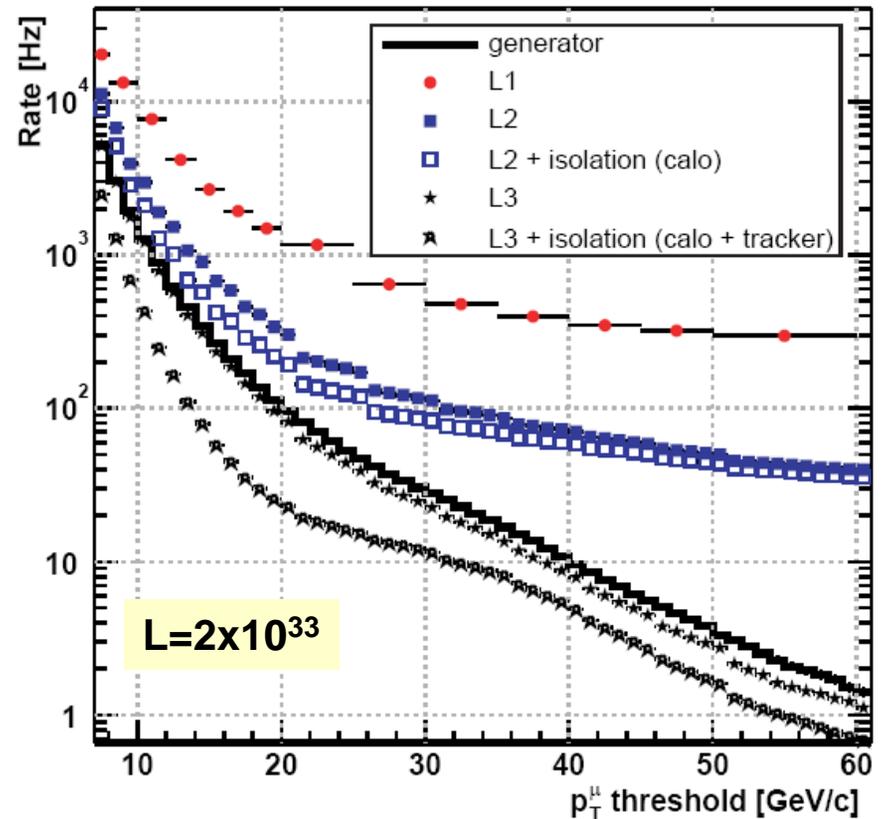


- Efficienza complessiva $\sim 96\%$ a partire da 10 GeV/c
- I muoni di p_T molto basso subiscono forte multiple scattering o non raggiungono lo spettrometro
- Perdita efficienza nel rack fra le ruote
- Accettanza HLT limitata a $|\eta| < 2.1$ perché ME1/1 non equipaggiata di elettronica trigger

CMS: Risoluzione HLT

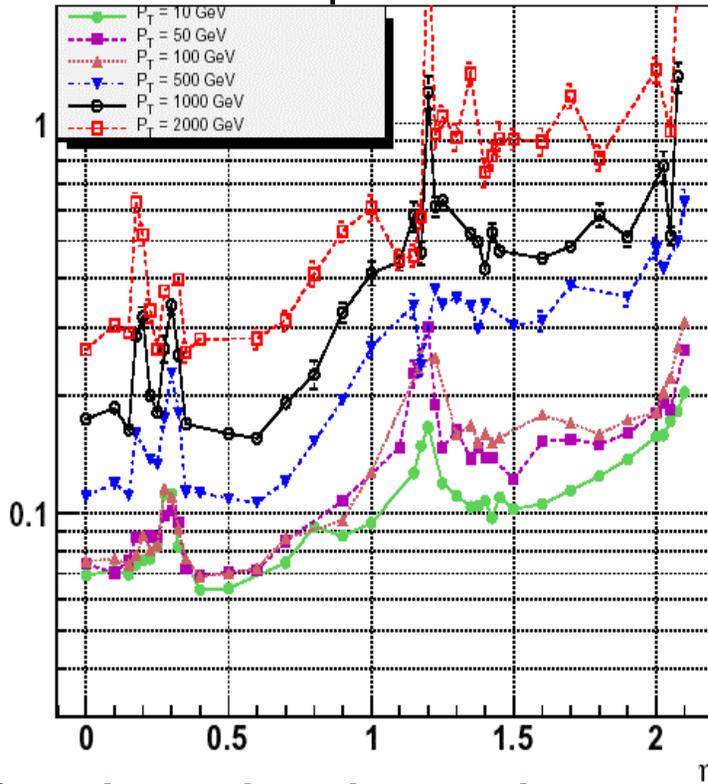


- Buona risoluzione, code sotto controllo: essenziale per selezione trigger
- L2 \rightarrow L3: miglioramento $\sim 10x$

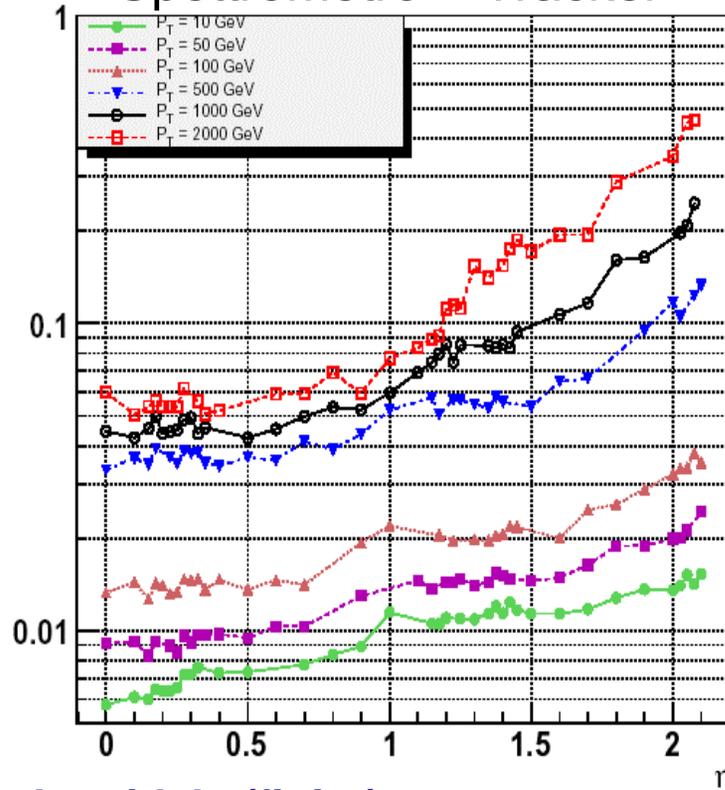


CMS: Ricostruzione Offline

Solo Spettrometro



Spettrometro + Tracker



■ Dipendenza da η dovuta al campo solenoidale (finito)

■ Muoni ad altissimo p_T :

■ Bias dovuto alla perdita di energia

■ Sciami rendono difficile la ricostruzione locale

■ Difficoltà nelle DT caso di alta occupanza

■ In corso studi per strategie dedicate di ricostruzione

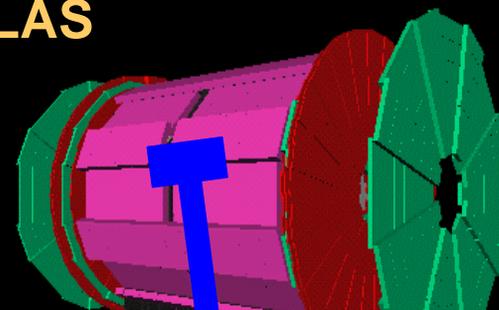
ATLAS : Nuova Simulazione (DC2)

- Passaggio da Geant3 a Geant4
- Nuova (descrizione della) geometria → (Muon)GeoModel
 - Ottimizzato per la descrizione di sistemi complessi con uso di memoria minimo
 - Usato sia dalla simulazione (Geant4) e ricostruzione

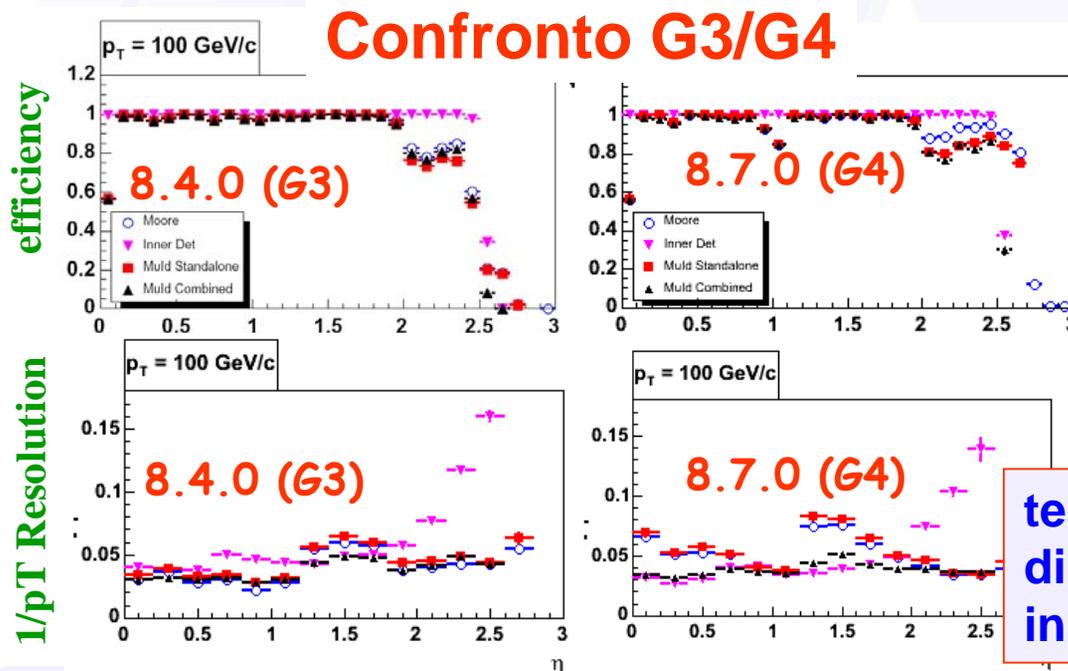
H8 Layout



ATLAS



Struttura di MDT e RPC

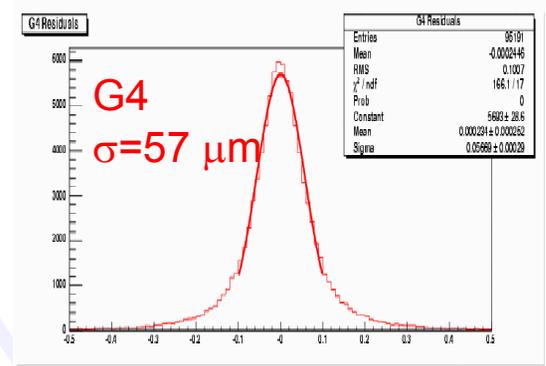
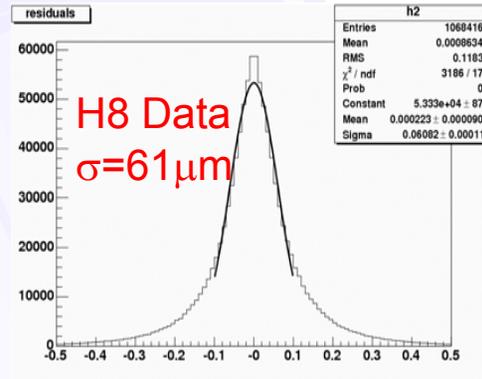


uso di servizi per la calibrazione
realistica nella ricostruzione (prima
 $v_d = \text{costante}$)

test e debug
di simulazione e ricostruzione
in corso

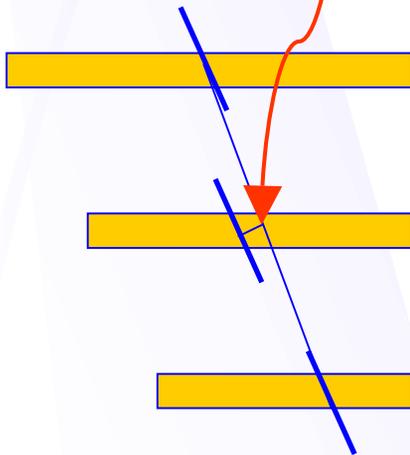
ATLAS: Confronto simulazione-dati

Residui nei tubi MDT



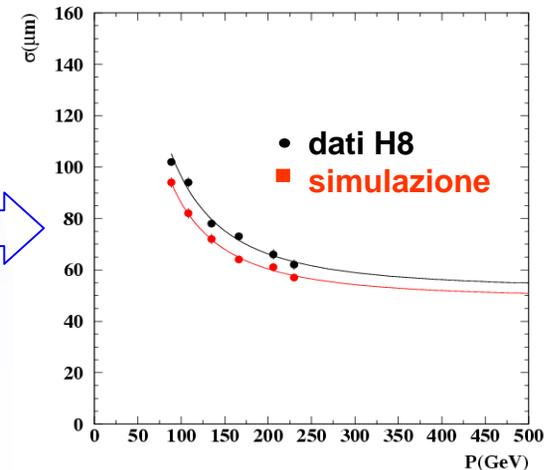
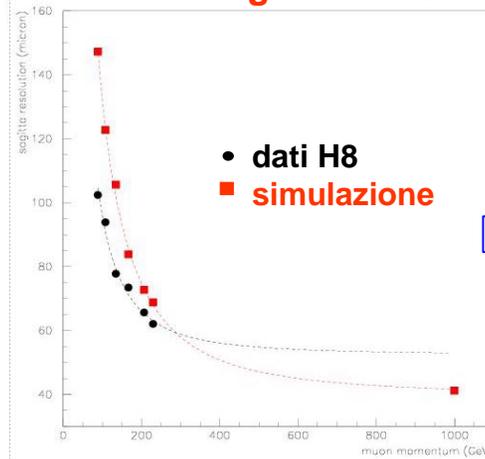
sagitta

- Disallineamento → valore medio
- larghezza: scattering multiplo



Sagitta determinata da risoluzione intrinseca e da scattering multiplo

→ debug della descrizione dei materiali in G4

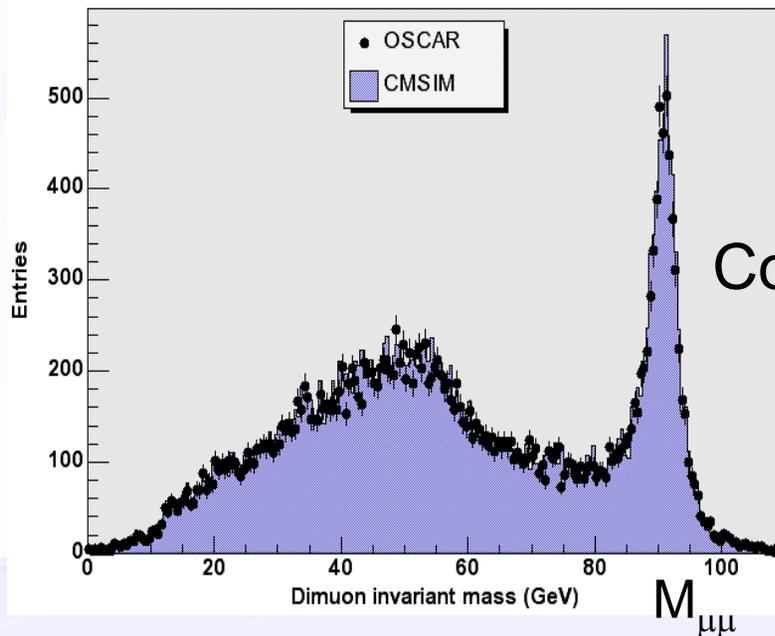
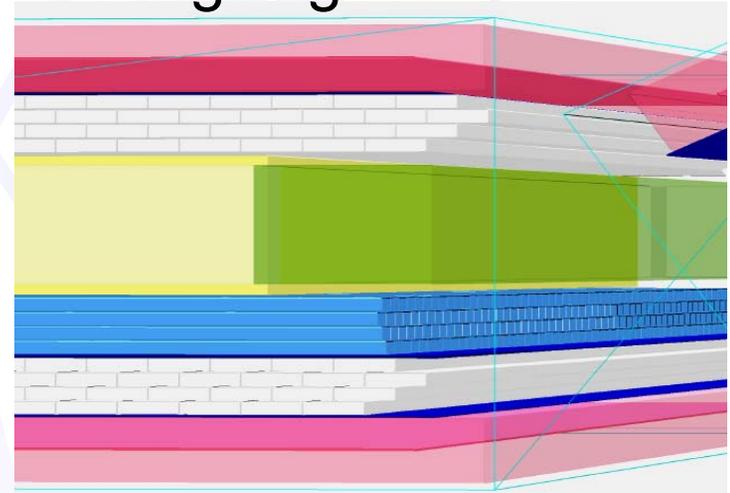


Risoluzione sulla sagitta

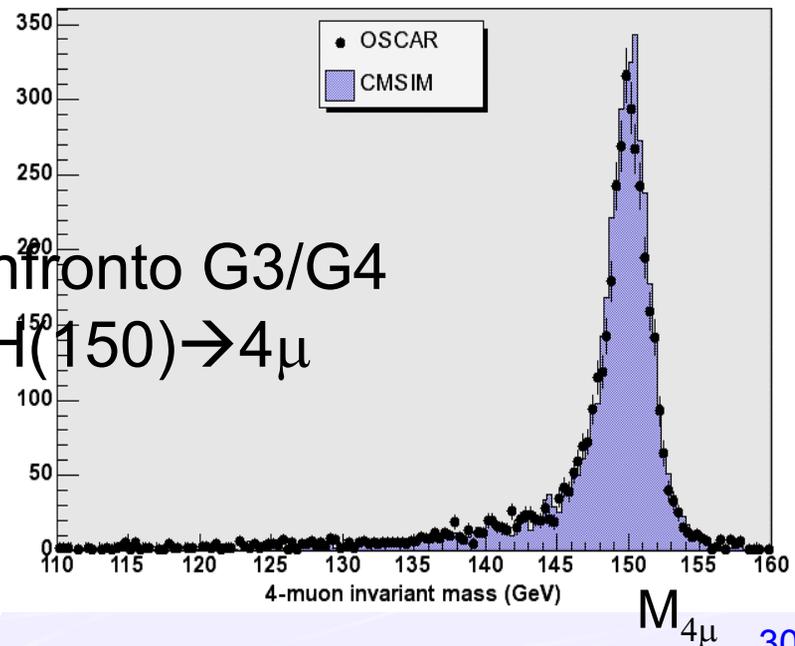
CMS: Simulazione

- Simulazione con G4: OSCAR
 - Ampiamente testato
 - In produzione
- Geometria unica per simulazione e ricostruzione
 - DDD: Detector Description Database

Dettaglio geometria DT

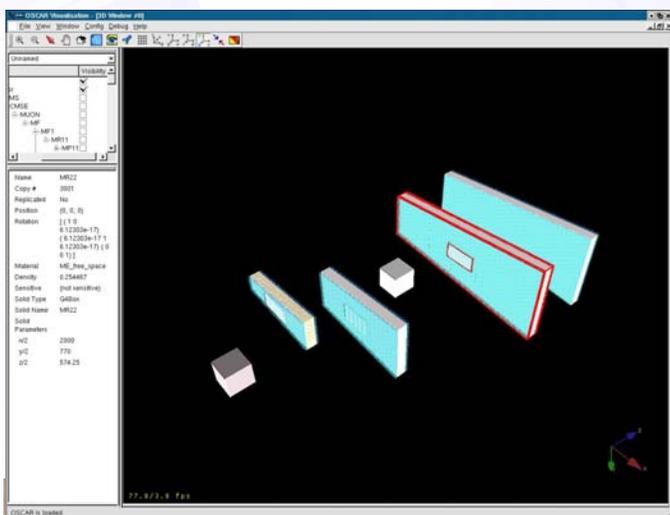


Confronto G3/G4
 $H(150) \rightarrow 4\mu$

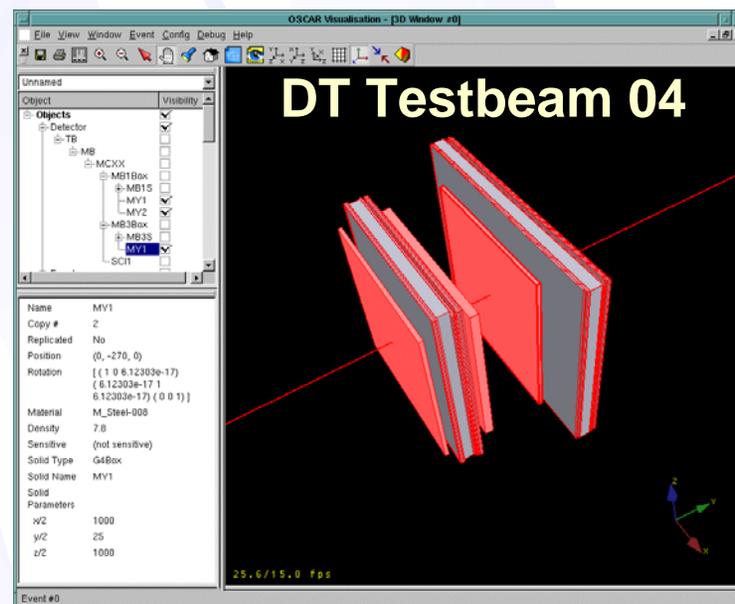


CMS: Confronto simulazione - dati

- Verifica emulatore trigger L1
- Verifica simulazione (OSCAR/G4) e digitizzazione
- Test ricostruzione e procedure di calibrazione (ORCA) su dati di TB e cosmici
 - Analisi in corso in questo momento



CSC+RPC Testbeam 04



ATLAS: Commissioning

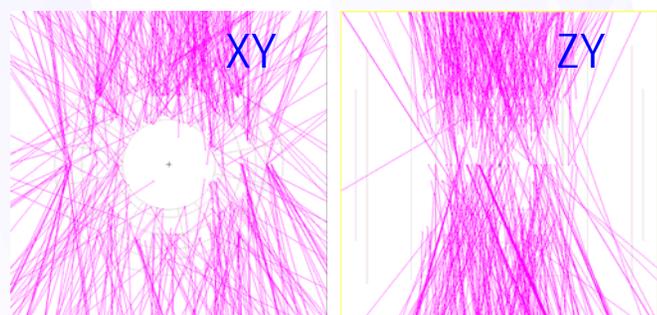
- Fase I : run con cosmici (fine 2006)
- Fase II : LHC con 1 solo fascio : beam-gas and beam-halo (muon) (2007)
- Fase III : prime collisioni pp : preparazione del trigger e del detector (calibrazioni)
- Fase IV : primi eventi di fisica

- Mappa dei canali morti
- Efficienza e calibrazione dei tubi
- Primi check del sistema di allineamento
- Primi test della ricostruzione

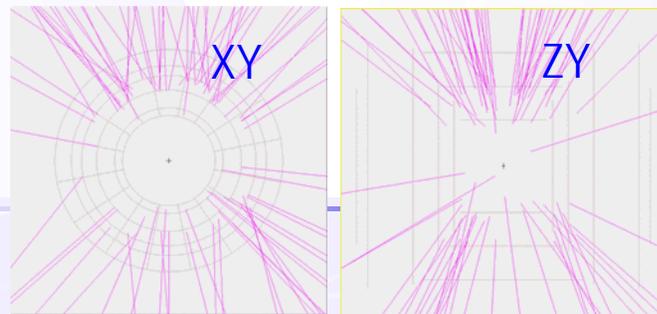
Cosmici → interessa soprattutto il barrel

- LVL1 (low p_T) : 100Hz dagli RPC (L1 TDR)
- 10⁸ eventi in 3 mesi

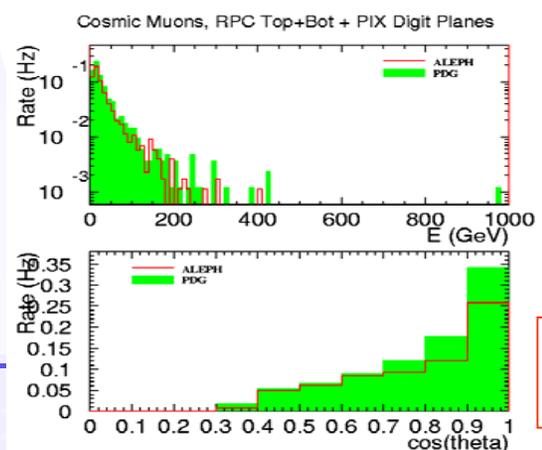
Ricostruzione di raggi cosmici (CosmicAnalysis, senza vertice)



Ricostruzione di raggi cosmici (MOORE, con vertice)



	condition	$E_{\text{surface}} > 10$ GeV ("PDG" approximation)	$E_{\text{surface}} > 10$ GeV ("ALE" generator)
Any G3 digit	--	2800 Hz	2300Hz
Through h going	$RPC_{Y>0} \times RPC_{Y<0} \times ID_{DIGI}$	28Hz	24Hz
	$RPC_{Y>0} \times RPC_{Y<0} \times PIX_{DIGI}$	0.6Hz	0.4Hz
Pass by \approx origin	$ Z_{DIGI} < 300, R_{DIGI} < 60$ cm	12.2Hz	10.2Hz
	$ Z_{DIGI} < 100, R_{DIGI} < 30$ cm	2.3Hz	1.9Hz
	$ Z_{DIGI} < 60, R_{DIGI} < 20$ cm	0.6Hz	0.5Hz



Accordo ~20%, PDG sovrastima μ a basse energie

RPC top+bottom + Pixels

ATLAS: Commissioning

■ Beam halo

- Attraversano ATLAS orizzontalmente → interessa le endcaps
- Lvl1 trigger da TGC

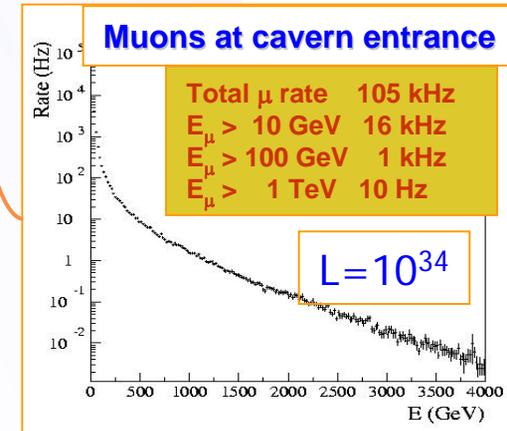
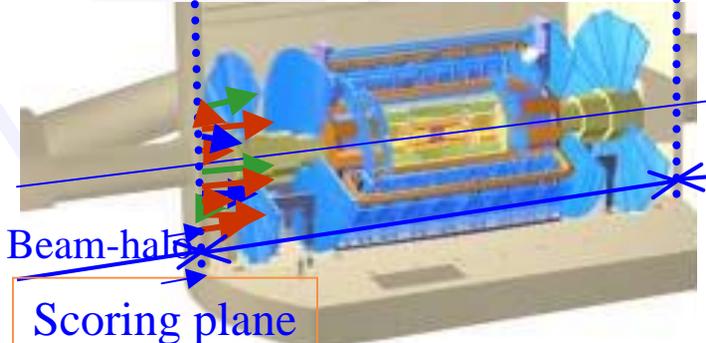
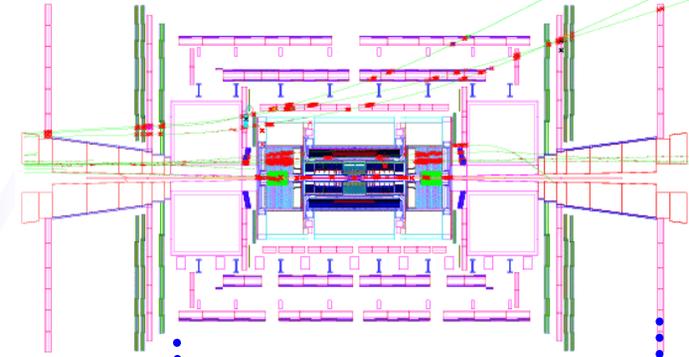
3×10^{10} p per bunch e 43 bunches → ~ 200 piu` basso di quello a regime

Detector	Rate (B-field off)	Total (B-field off)	Rate (B-field on)	Total (B-field on)
MDT barrel	15 Hz	2.5×10^7	72 Hz	1.5×10^8
MDT end-cap	145 Hz	2.5×10^8	135 Hz	2.5×10^8

2 mesi con data taking al 30%

■ Prime collisioni

- Stime del noise e del background
- Check dell'allineamento con il toroide spento (solenoid acceso)
 - 2000μ with $p_T > 20$ GeV/camera ~10 ore a $L = 2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Scala assoluta dello spettrometro con eventi $Z \rightarrow \mu\mu$
 - $O(10^6)$ eventi attesi nel primo mese (barrel+EC) → Calibrazione del campo magnetico, dei fattori di scala dell'energy loss, parametri del disallineamento in diverse regioni (η, ϕ)



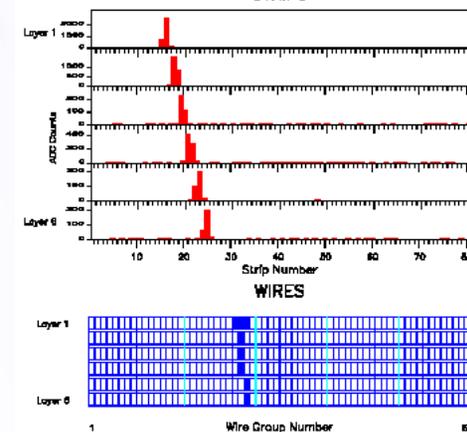
CMS Commissioning

- Lo spettrometro ed il magnete vengono assemblati in superficie
 - Possibili test con cosmici (già in corso per le CSC)
 - Test trigger, controlli, canali morti, rozza sincronizzazione
- In CMS, allineamento e calibrazione richiedono B ON
 - Spostamenti $B_{ON} - B_{ON} \sim O(1 \text{ cm})$
 - Effetto di B sui rivelatori

- 10/05: Magnet Test
 - field mapping, monitor movimenti yoke, test allineamento
 - Inoltre: slice tests con cosmici
 - Test integrazione DAQ, trigger
 - Test calibrazione, ricostruzione
- 2/06: CMS “calato” nella caverna
- 2007: Cosmici, beam singolo, prime collisioni
 - Determinazione costanti per il “day 0”
 - Piedistalli/ t_0 , calibrazione
 - Sincronizzazione
 - allineamento



CSC cosmic @SX5
STRIPS



Conclusioni

- Design complementare, risultati comparabili
- Algoritmi di ricostruzione simili
 - CMS HLT
 - ATLAS offline
- Molto lavoro in corso su tools per calibrazione, tracking e ricostruzione, geometria
- Test e tunings della simulazione
- Testbeam cruciali per il debug dei sistemi
- commissioning dei detectors cruciale per una buona partenza

Grazie

G. Avolio, N. Benakos, M. Caprio, F. Cerutti, F. Gianotti, P. Iengo, E. Lancon, S. Lacaprara, M. Limper, E. Meoni, N. Neumeister, T. Moore, R. McPherson, P. Nievski, R. Nicolaidou, N. Panikashvili, A. Policicchio, D. Rebuzzi, S. Rosati, S. Spagnolo, S. Willoq, G. Usai, S. Ventura (e molti altri...)

Backup

Obiettivi di Fisica

- Gli esperimenti ad LHC hanno un grande potenziale di scoperta
- Una grande parte di questi processi hanno muoni nello stato finale

La ricostruzione e l'identificazione dei muoni è essenziale per migliorare il potenziale di scoperta degli esperimenti

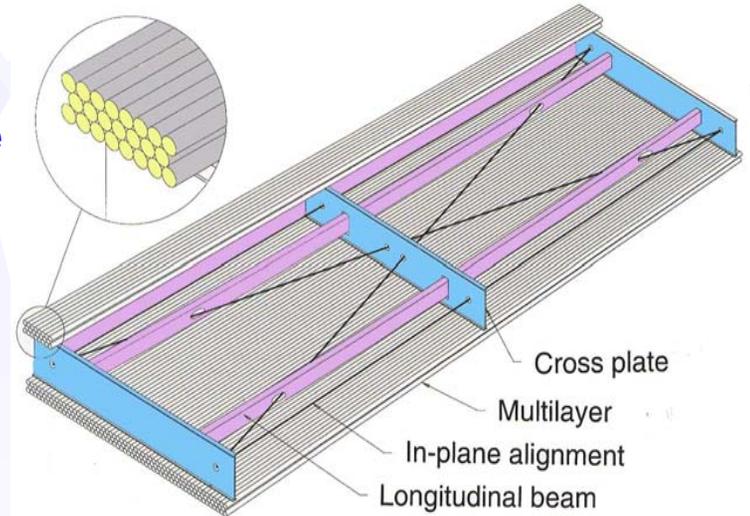
- Il range in momento dei muoni in canali interessanti è ampio: da pochi GeV (decadimenti del B) al TeV (muoni prodotti da bosoni pesanti)
- Benchmarks:
 - SM $H \rightarrow 4\mu$
 - MSSM $A \rightarrow 2\mu$
 - Nuovi bosoni vettori (fino a qualche TeV)
 - Decadimenti del B

ATLAS Precision Chambers

Misura di precisione nel piano di curvatura

■ MDTs (Monitored Drift Chambers)

- Gli elementi di base sono tubi a *drift* con un diametro di 3 cm ed una lunghezza variabile da 70 cm a 630 cm
- I tubi sono disposti in *multilayer* di 3 (4 per le stazioni interne)
- Risoluzione di singolo filo $\approx 80 \mu\text{m}$
- Risoluzione per stazione $\approx 50 \mu\text{m}$, 0.3mrad
- Miscela di Ar(93%) CO₂(7%) a P=3bar per prevenire l'invecchiamento



● CSCs (Cathode Strip Chambers)

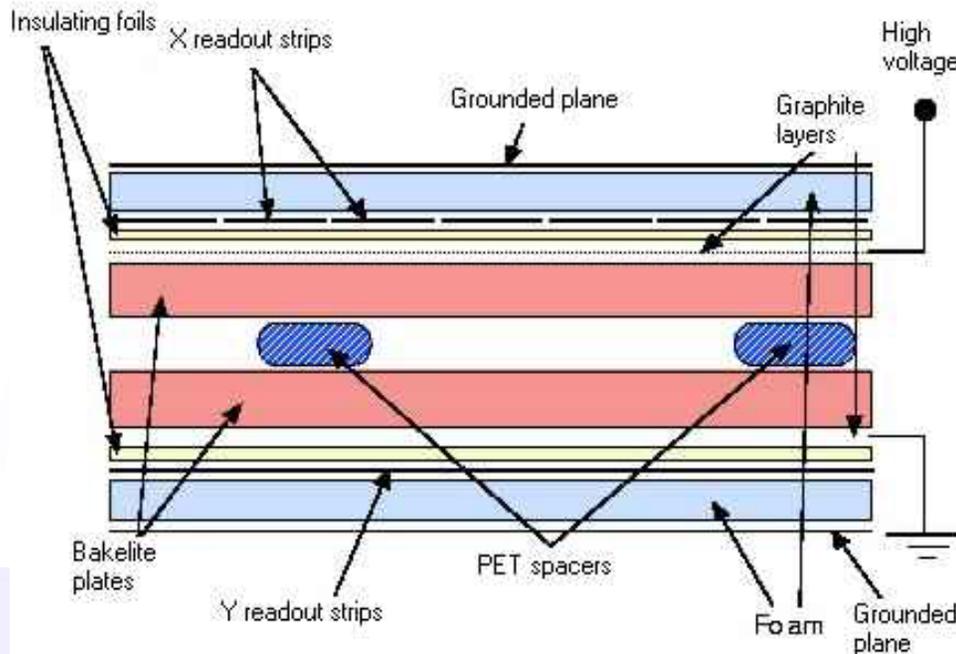
- ◆ Posizionati nell'anello più interno della regione degli *endcap*, $2 < |\eta| < 2.7$
- ◆ MWPC con *strip* di lettura catodiche segmentate ortogonali ai fili anodici
- ◆ Risoluzione spaziale $\approx 60 \mu\text{m}$, piccolo tempo di deriva (30 ns), risoluzione temporale $\approx 7 \text{ ns}$
- ◆ Misura della coordinata trasversa da *strip* catodiche parallele ai fili anodici

ATLAS : Camere di Trigger

Per l'identificazione del *bunch crossing*, il *trigger* dei μ , e la misura della seconda coordinata (ϕ). Il sistema di *trigger* copre la regione $|\eta| < 2.4$

Barrel RPCs (Resistive Plate Chambers): su entrambi i lati delle camere MDT nelle stazioni "middle" e sopra o sotto le stazioni MDT esterne.

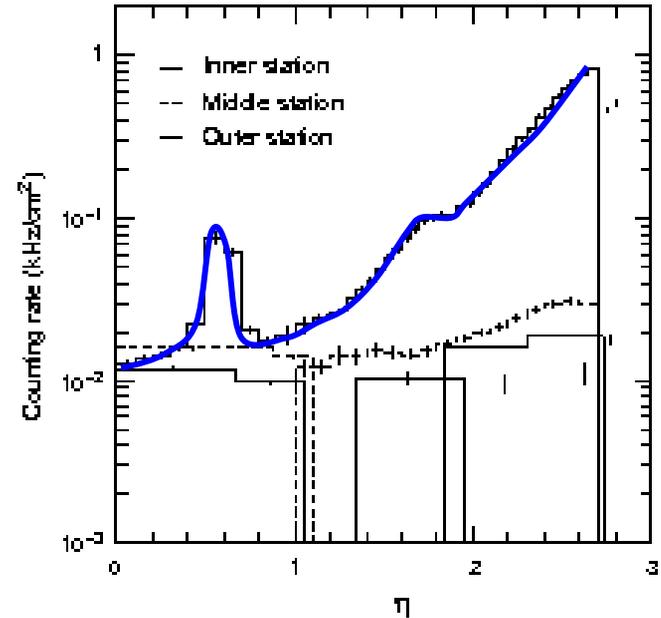
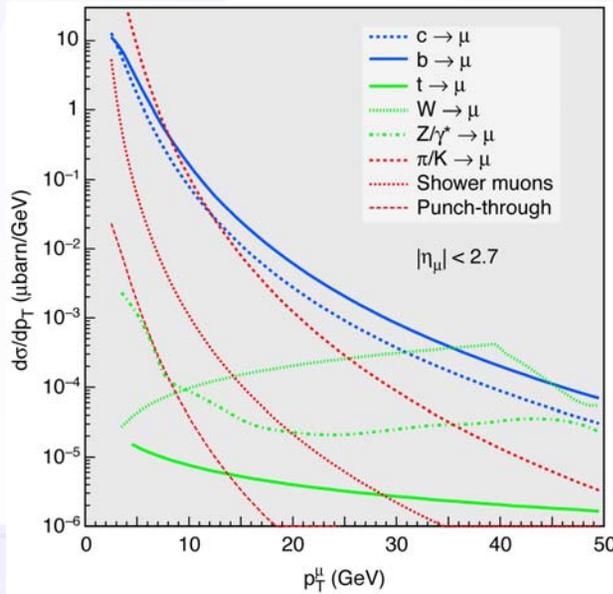
Endcap TGCs (Thin Gap Chambers): 3 stazioni vicino alle stazioni MDT "middle". MWPC (con fili paralleli a quelli delle MDTs) con *strips* di *read-out* ortogonali ai fili per la misura della seconda coordinata



Risoluzione in tempo ≈ 1 ns
Risoluzione spaziale in $\phi \approx 1$ cm

ATLAS : Fondi

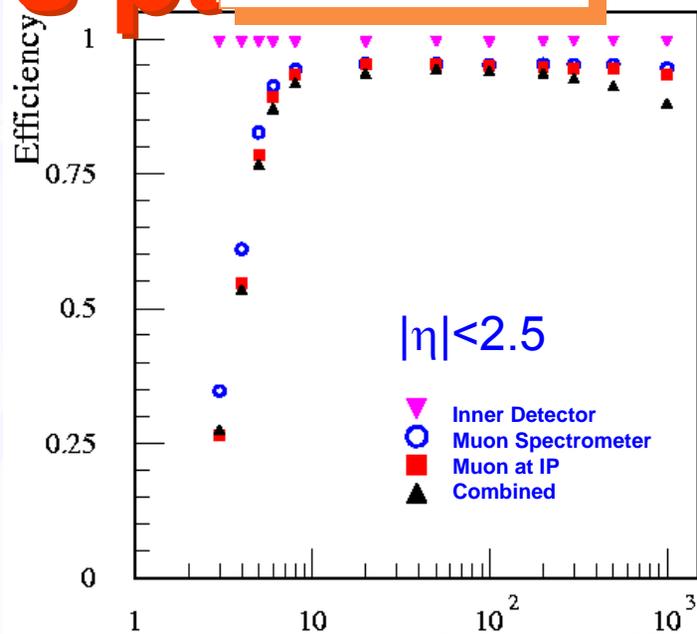
- ◆ Fondo di caverna
 - ◆ neutroni termici ($E < 100$ keV),
fotoni ($E < 1$ MeV)
- ◆ Producono hits random
- ◆ Sensibilita` dei rivelatori
 - ◆ $n : 10^{-3}$
 - ◆ $\gamma : 10^{-2}$



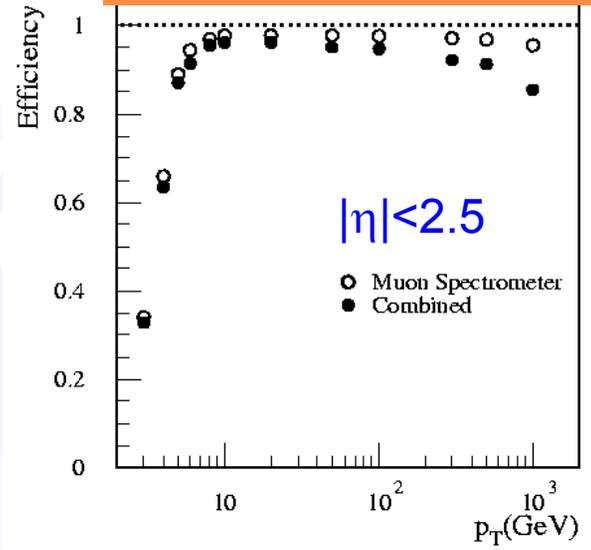
- ◆ Rate di muoni nello spettrometro dominato da decadimenti
 - ◆ di mesoni leggeri
 - ◆ di quark b e c
 - ◆ W

Muoni singoli: effici

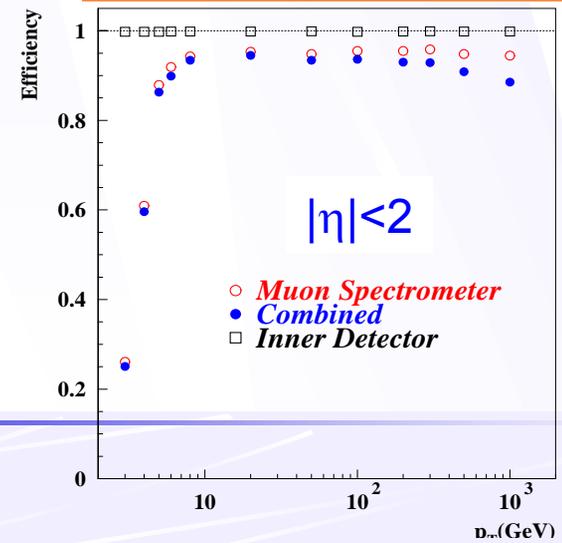
vs p_T Moore/MuId



Atlas phy TDR ('99)

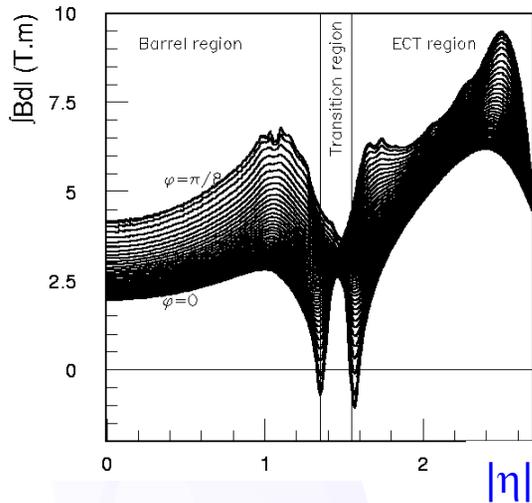


Atlas phy workshop ('03)

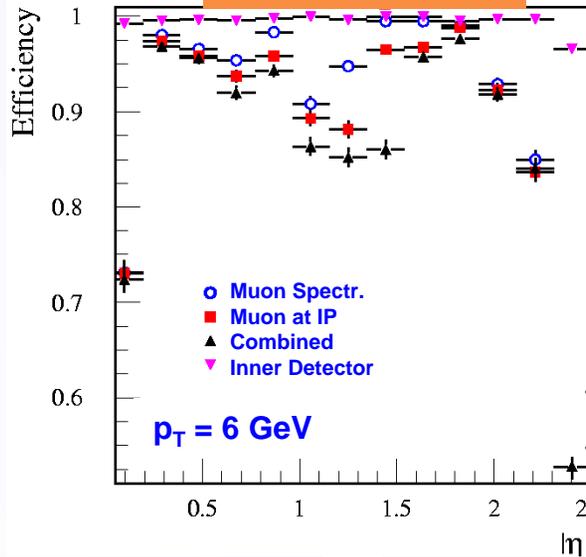


- Efficienza di plateau ~95% Muon p_T (GeV/c)
- Efficienza per bassi p_T
 - Solo μ con $E > 3-4$ GeV/c raggiungono lo spettrometro
 - Non raggiungono le stazioni più esterne \rightarrow poche misure
 - *Scattering* multiplo e effetti del campo magnetico inhomogeneo \rightarrow *pattern recognition* più difficile
- Efficienza della ricostruzione combinata per alti p_T
 - *Pattern recognition* disturbata da possibili sciame e.m. che accompagnano i μ ad alto p_T

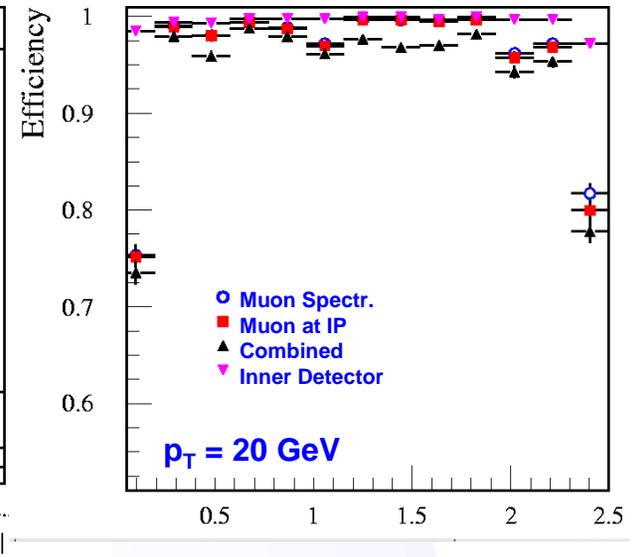
Muoni Singoli: Efficienza



Moore/MuId

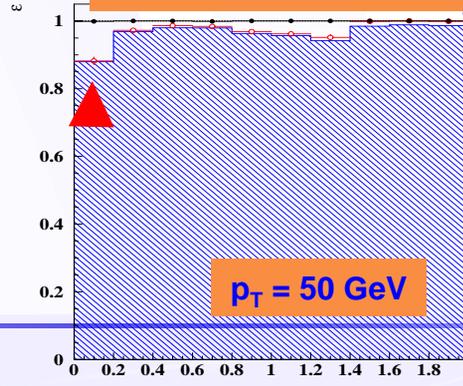


Moore/MuId

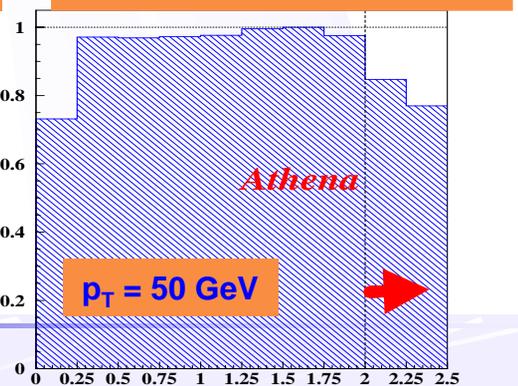


- Perdita di efficienza a basso η a causa del *crack* centrale necessario per il passaggio di cavi e servizi (cambio *layout wrt TDR*)
- seconda coordinata dei CSC mancante nella simulazione \rightarrow bassa efficienza per $|\eta| > 2$
- Tracciamento nel campo magnetico difficile $1 < |\eta| < 1.5$ a causa del campo magnetico inhomogeneo \rightarrow calo di efficienza per i μ a basso p_T

Atlas phy TDR ('99)

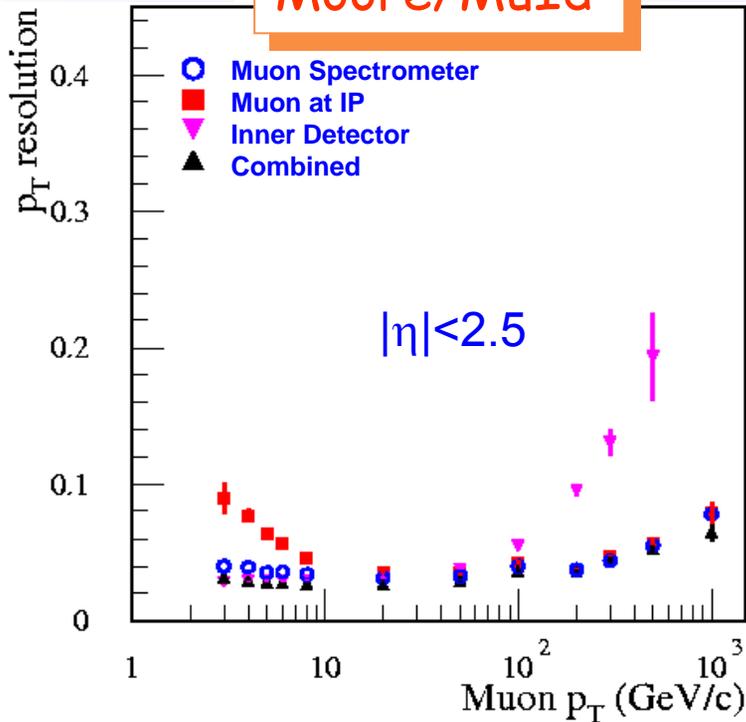


Atlas phy wokshop ('03)



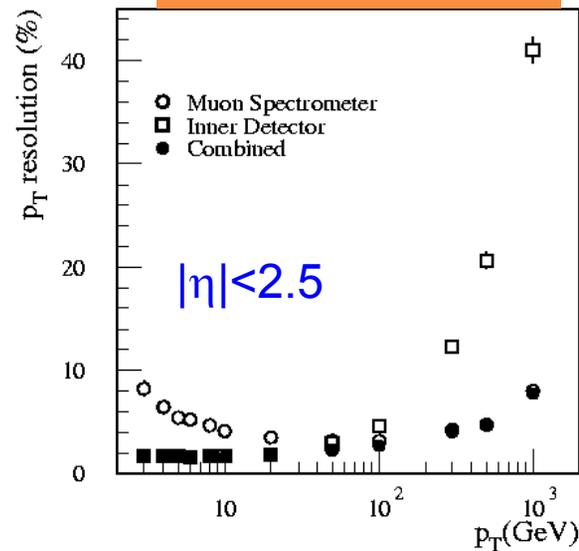
Risoluzione di p_T vs p_T

Moore/MuId

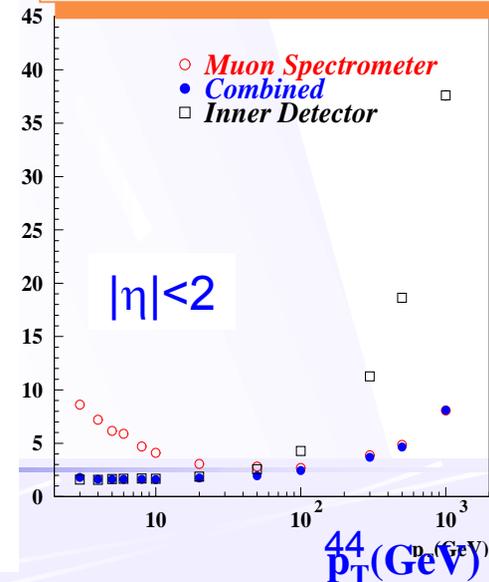


- La misura dell' *Inner Detector* domina sotto 10 GeV/c
- Lo spettrometro per μ domina a alti p_T

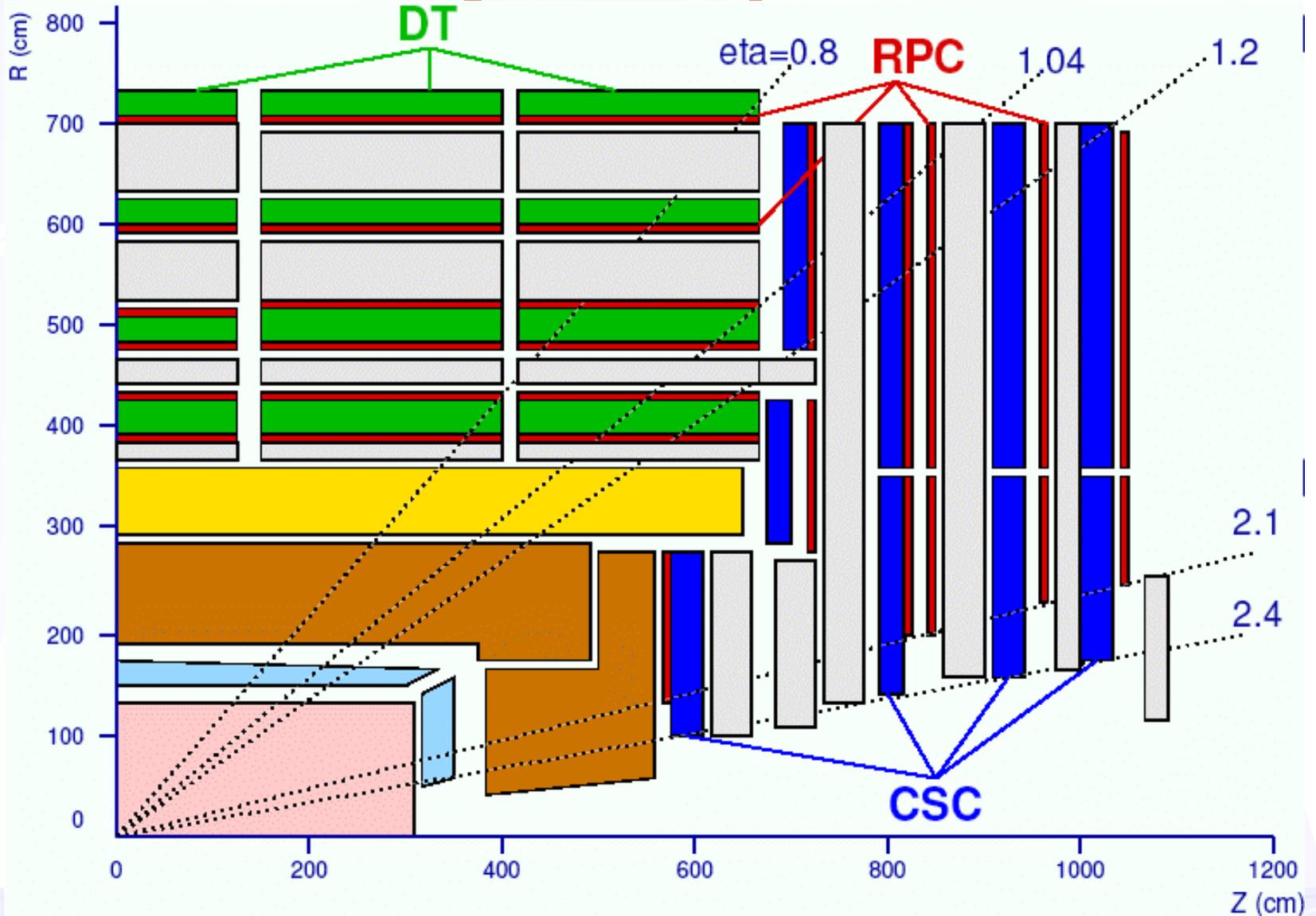
Atlas phy TDR ('99)



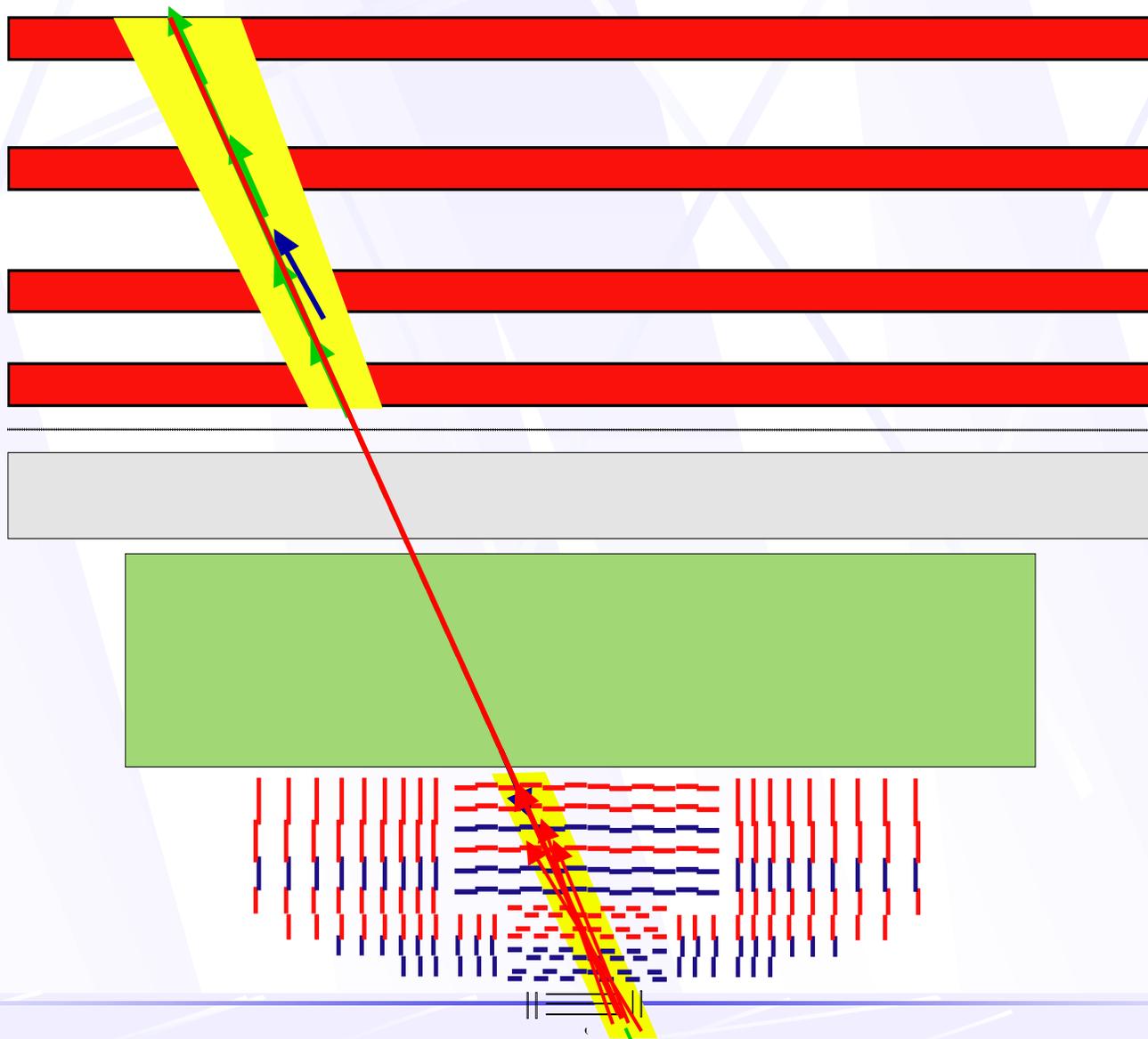
Atlas phy workshop ('03)



CMS: Layout Spettrometro

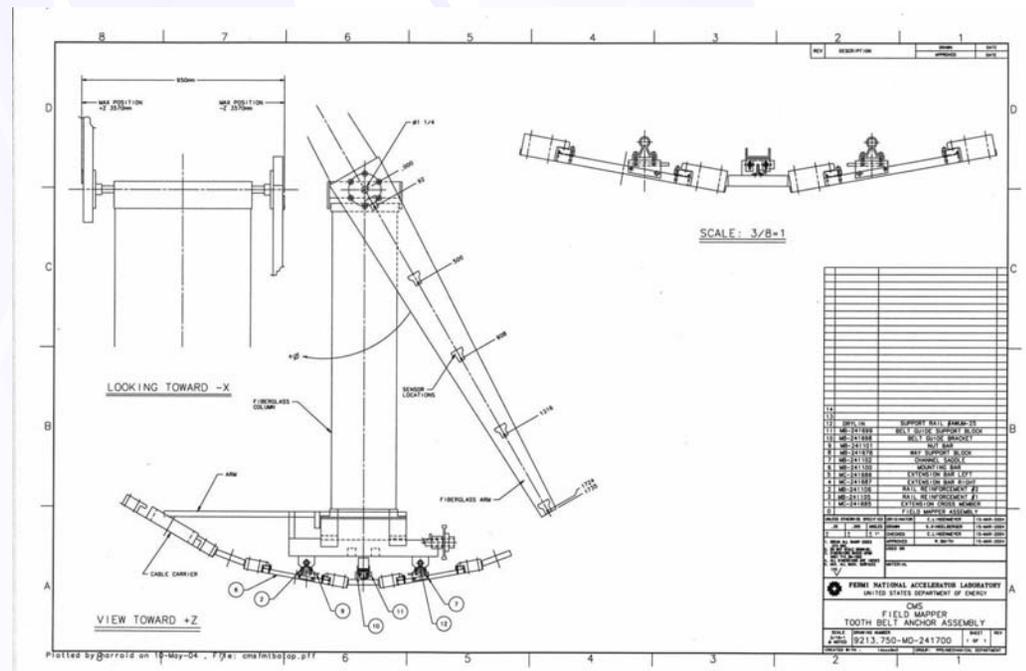


CMS: Ricostruzione



CMS: Field Mapping

- Durante il “Magnet Test” (10/05)
- Braccio rotante con sonde Hall e NMR probes
 - $\Delta r = 20$ cm, $\Delta Z = 5$ cm
- NMR probes all'interno del solenoide per monitoring on-line



CMS: Material

