

III Workshop Fisica di Atlas e CMS

Allineamento, stato dell'attività e impatto sui primi dati per Atlas e CMS



G. Cerminara
(*Universita' ed INFN Torino*)



M. Della Pietra
(*Universita' ed INFN Napoli*)



Overview

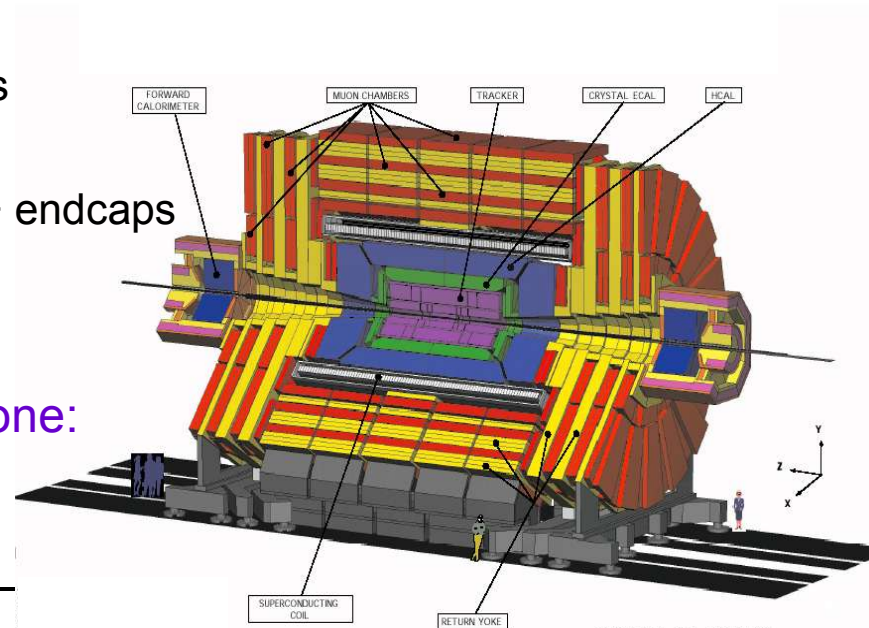
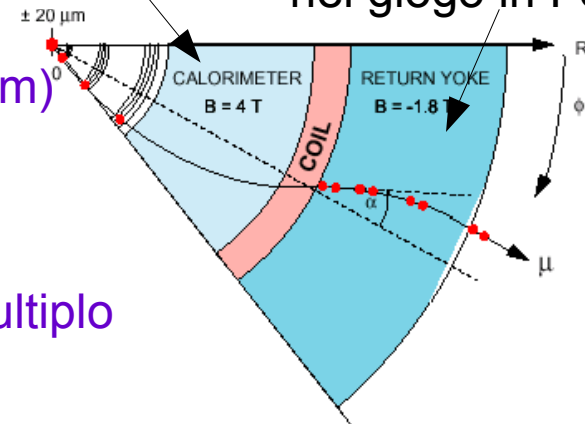


- I due rivelatori: Atlas e CMS
 - Campo magnetico e strategia tracciamento
 - Spettrometro e tracciatore
- Richieste e goal allineamento
 - Prima fase: da qui allo start-up → rendere possibile ricostruzione delle tracce
 - Seconda fase: primi dati/tracce → cercare di raggiungere risoluzioni di design
- Sistema di allineamento hardware
 - ruolo chiave per rendere possibile la ricostruzione delle tracce
- Allineamento software (tracce)
 - ruolo chiave per raggiungere le risoluzioni di design
- Impatto dis-allineamento sulla fisica
- Sommario

- Campo magnetico solenoidale
- Strategia tracciamento
 - Curvatura nel piano trasverso (ϕ) \rightarrow beam spot ($20 \mu\text{m}$)
 - Misura indipendente dentro/fuori solenoide
- Spettrometro a muoni:
 - nel giogo di ritorno (Fe) del campo $B \rightarrow$ scattering multiplo
 - 3 tipi di camere di tracciamento e trigger:
 - Drift Tube (DT), barrel $\rightarrow \sigma \sim 200 \mu\text{m}/\text{layer}$
 - Cathode Strip Chambers (CSC), endcaps $\rightarrow \sigma \sim 100 - 240 \mu\text{m}/\text{layer}$
 - Resistive Plate Chambers (RPC) barrel + endcaps $\rightarrow \sigma \sim O(\text{cm})$
- Tracciatore interno
 - due tecnologie x tracciamento di precisione:
 - Si μ -strip detector $\rightarrow \sigma_{r\phi} \sim 10-60 \mu\text{m}$
 - Pixel detector $\rightarrow \sigma_{r\phi} \sim 10 \mu\text{m}$

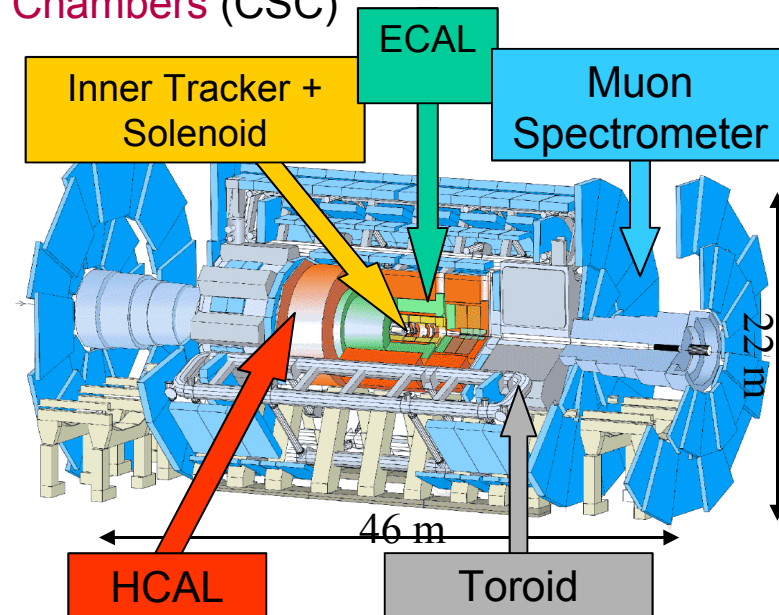
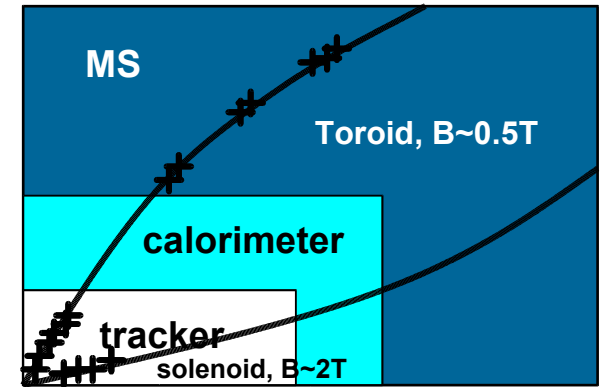
$B=4\text{T}$ per $r < 3\text{m}$

$B \sim 1.8\text{T}$
nel giogo in Fe



Atlas, Design del Rivelatore

- Due campi magnetici
 - Solenoide per l'Inner Detector
 - Toroidale (air core) per lo Spettrometro a Muoni
- Strategia di tracciamento
 - Curvatura in η per lo spettrometro
 - Curvatura in ϕ per l'Inner Detector
- Spettrometro di Muoni
 - Camere di tracciamento:
 - Monitored Drift Tubes (MDT) + Cathode Strip Chambers (CSC)
 - $50 \mu\text{m}$ @ 1 TeV coord. η
 - Resistive Plate Chambers (RPC) + Thin Gas Chambers (TGC)
 - coordinata non bending ϕ $O(1 \text{ cm})$
 - Camere di trigger
 - Pixel Detector → ($10 \mu\text{m}$ in $r\phi$ – $50 \mu\text{m}$ in z)
 - SCT Detector → ($20 \mu\text{m}$ in $r\phi$ – $200 \mu\text{m}$ in z)
 - TRT Detector → ($200 \mu\text{m}$)

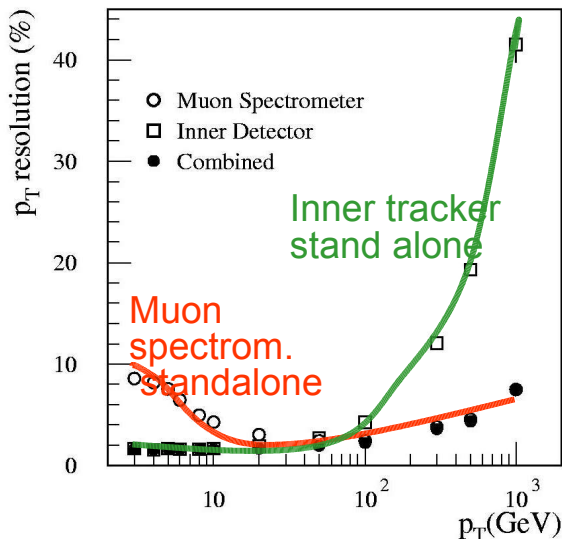




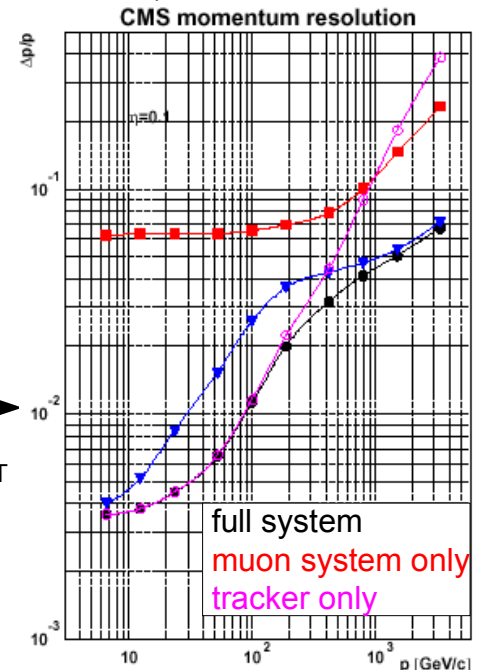
Alineamento: goal & requirements



- Atlas e CMS due rivelatori molto diversi → requirements molto diversi
- Atlas: spettrometro capace di una misura di precisione standalone
 - allineamento molto preciso MDT → $\sim 20\mu\text{m}$
 - contributo dalla calibrazione $r(t) \times \text{MDT}$ molto importante → $\sim 20\mu\text{m}$
- CMS: il tracciatore interno determina la risoluzione fino a $p_T \sim 200\text{-}300\text{GeV}$
 - allineamento tracciatore vitale → $O(10\mu\text{m})$
 - allineamento spettrometro muoni meno importante → $\sim 100\mu\text{m}/\text{camera}$
 - contributo dalla calibrazione $x(t)$ delle DT non vitale fino p_T molto alti



Contributi risoluzione p_T
tracker vs spettrometro
CMS





Allineamento: goal & requirements



- Sorgenti di dis-allineamento da considerare:
 - tolleranze in fase di costruzione/assemblaggio → da $\sim 100\mu\text{m}$ a $\sim 1\text{mm}$
 - distorsioni dovute al campo magnetico/gravitazionale: $B_{\text{on}}/B_{\text{off}} \rightarrow O(\text{cm})$
 - instabilita' termica (particolarmente importanti per il tracciatore):
grosso ΔT tra on/off.
- Obiettivi procedure allineamento:
 - **Prima fase** (fino allo startup): rendere possibile la ricostruzione delle tracce.
 - Strumenti:
 - misure in fase di costruzione/survey
 - sistemi ottici di allineamento
 - test cosmici, commissioning, beam halo....
 - **Seconda fase**: risoluzioni sui parametri di allineamento almeno al livello delle risoluzioni intrinseche dei detector
 - Strumenti:
 - allineamento con le tracce

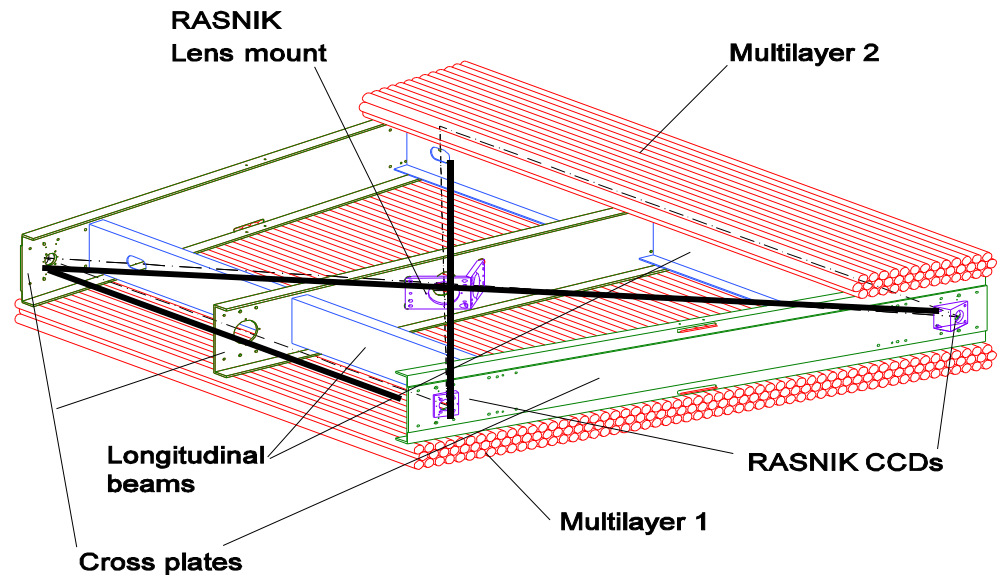
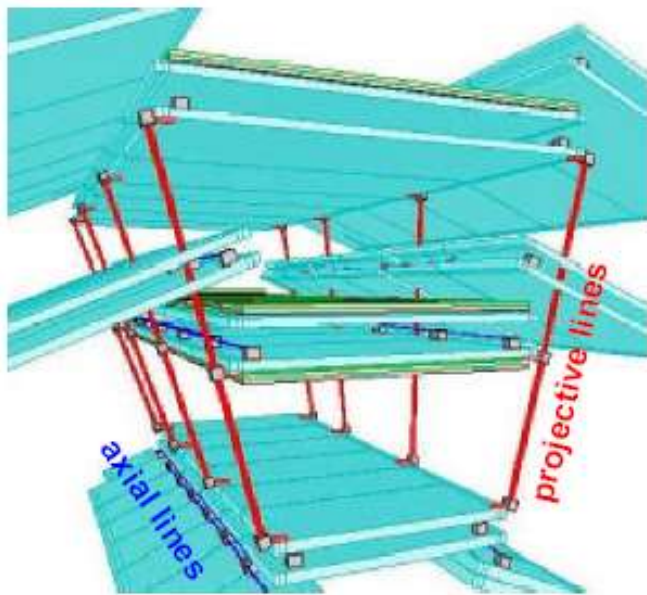


Overview

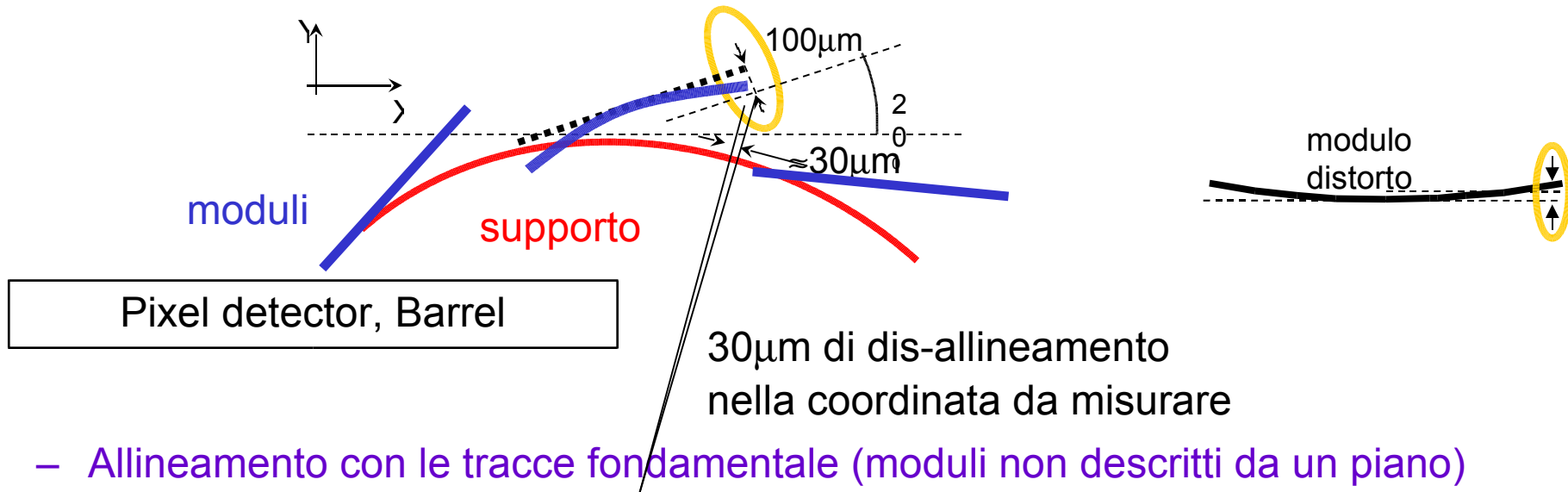


- I due rivelatori: Atlas e CMS
 - Campo magnetico e strategia tracciamento
 - Spettrometro e tracciatore
- Richieste e goal allineamento
 - Prima fase: da qui allo start-up → rendere possibile ricostruzione delle tracce
 - Seconda fase: primi dati/tracce → cercare di raggiungere risoluzioni di design
- **Sistema di allineamento hardware**
 - ruolo chiave per rendere possibile la ricostruzione delle tracce
- Allineamento software (tracce)
 - ruolo chiave per raggiungere le risoluzioni di design
- Impatto dis-allineamento sulla fisica
- Sommario

- Sistema ottico (RASNIK) per lo spettrometro muoni
 - sistema per misurare allineamento relativo di tripletti di camere
 - spostamenti relativi controllati entro $20\mu\text{m}$
 - sistema di monitoraggio camere MDT
 - permette di correggere sagitta tubi con quella dei fili entro $100\mu\text{m}$
 - permettere di correggere deformazioni delle camere per gradienti termici o stress meccanici (vedi deformazioni per B e g)



- Inner detector: pixel e SCT
 - No sistema di allineamento ottico sul detector
 - Misure ottiche di precisione $\sim 3\mu\text{m}$ per ogni modulo prima e dopo il posizionamento sui supporti
 - Problema:
 - dominano effetti distorsione moduli montati sul supporto



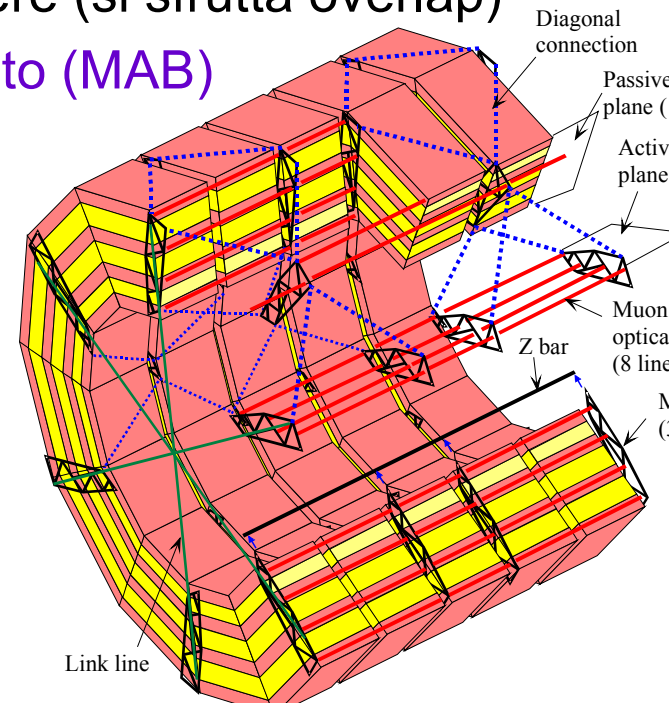
- Allineamento con le tracce fondamentale (moduli non descritti da un piano)
- Survey ottico dopo l'installazione?

- No sistema di link ottico tra Inner Detector e spettrometro

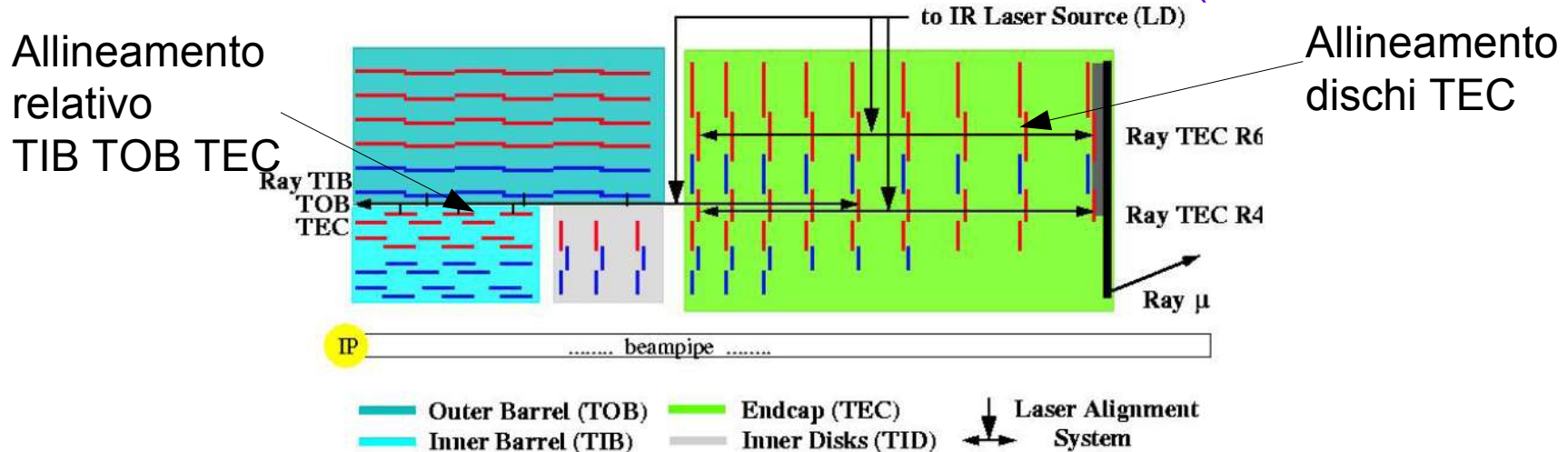
- Tre sistemi di allineamento ottico:
 - Range dinamico in grado di coprire B_{on}/B_{off}
 - Misura continua durante data taking: 1 ciclo \sim 1 ora
- Muon Alignment System:
 - Misura indipendente per barrel ed endcap
 - Barrel: misura 3D angoli camere DT
 - Endcap: misura posizione di alcune camere (si sfrutta overlap)
 - Strutture rigide (fibra di carbonio) di riferimento (MAB) + luce LED/laser + CCD
 - Performance di design: $\sigma_{r\phi} \sim 200\mu\text{m}$



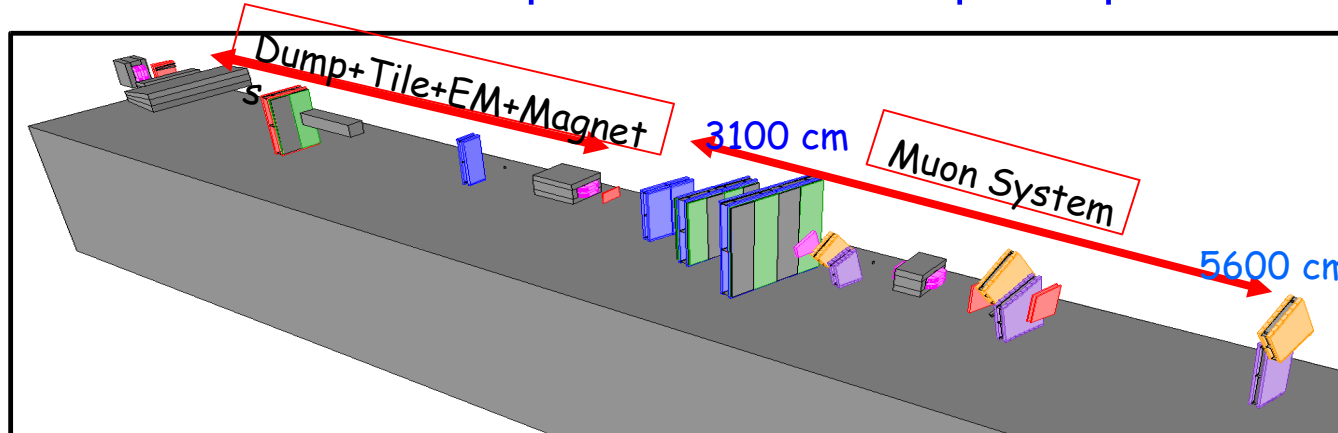
G. Cerminara & M. Della Pietra



- Tracker Alignment System: (LAS)
 - Opera su “macro componenti” del tracciatore: NON determina la posizione dei singoli moduli
 - Raggi laser attraverso i moduli di Si → ricostruzione segnale prodotto per allineare i dischi tra loro
 - No allineamento ottico per i pixel
 - Goal prima fase: permettere la ricostruzione delle tracce → $\sigma \sim 100\mu\text{m}$ tra i moduli
- Link System: sistema di misura posizioni MAB vs tracker
 - 6 linee laser accessibili dai 2 sistemi di allineamento (muoni e tracciatore)



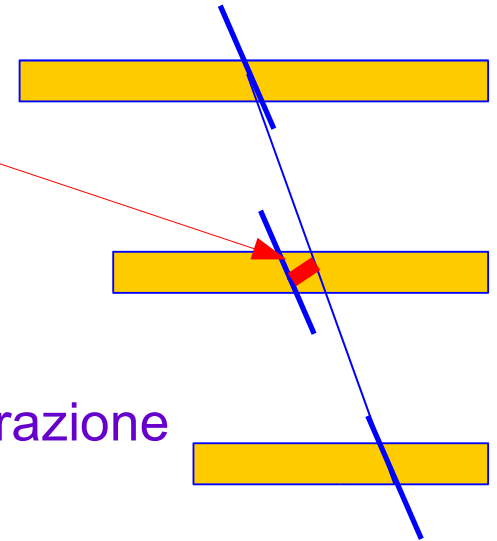
Combined Test Beam 2004 importante banco di prova per il sistema ottico



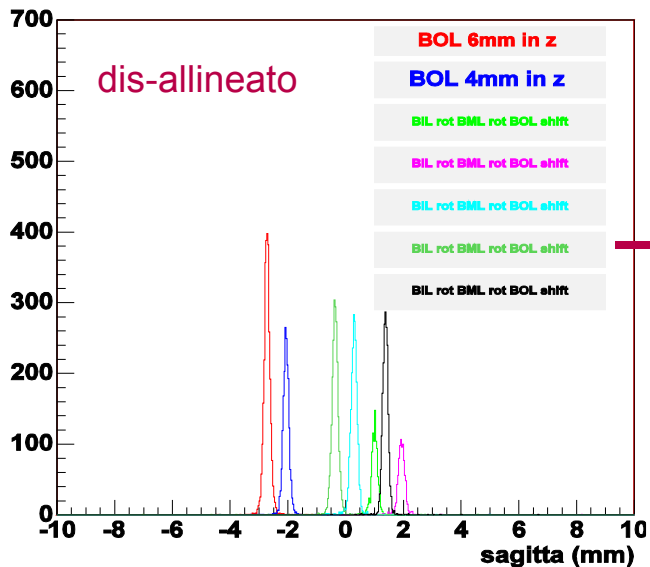
Test
1% dello
spettrometro

- Due modalita' di allineamento testate:
 - Allineamento assoluto:
 - ricostruzione posizione camere usando solo i sensori e le loro calibrazioni
 - Allineamento relativo:
 - assume le posizioni note e monitora gli spostamenti relativi delle camere → precisione $\sim 20 \mu\text{m}$

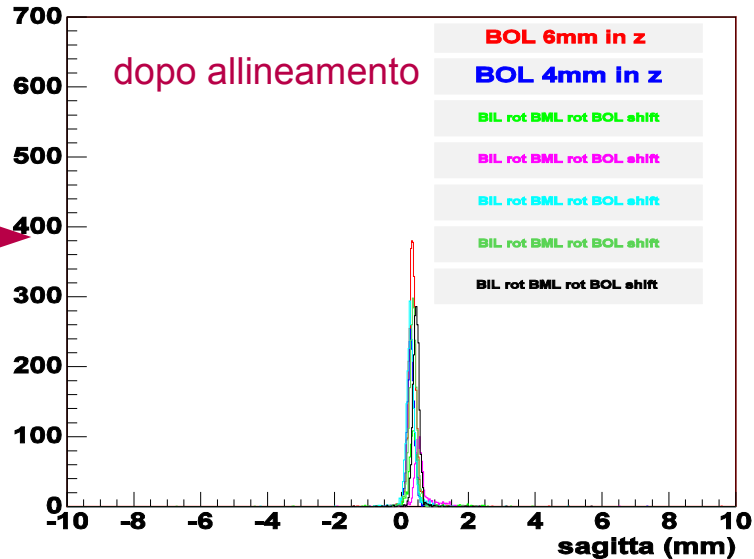
- Movimenti controllati delle camere → correzioni usando il sistema ottico
 - effetti studiati misurando la **sagitta**
 - allineamento relativo conosciuto entro $20 \mu\text{m}$
 - allineamento assoluto:
 - valor medio endcap $\sim 150\mu\text{m}$
 - valor medio barrel $\sim 350\mu\text{m}$
 - incoraggiante ma necessita ulteriore studio calibrazione sensori



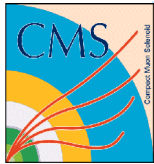
Sagittas before alignment (mm)



Sagittas after absolute alignment (mm)



All. assoluto
 $\langle \rangle \sim 350\mu\text{m}$
 $\sigma \sim 63\mu\text{m}$

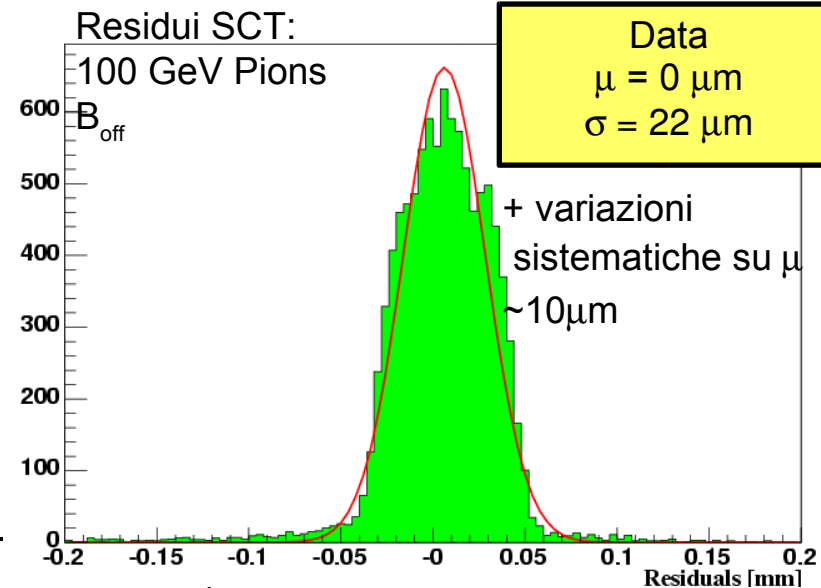
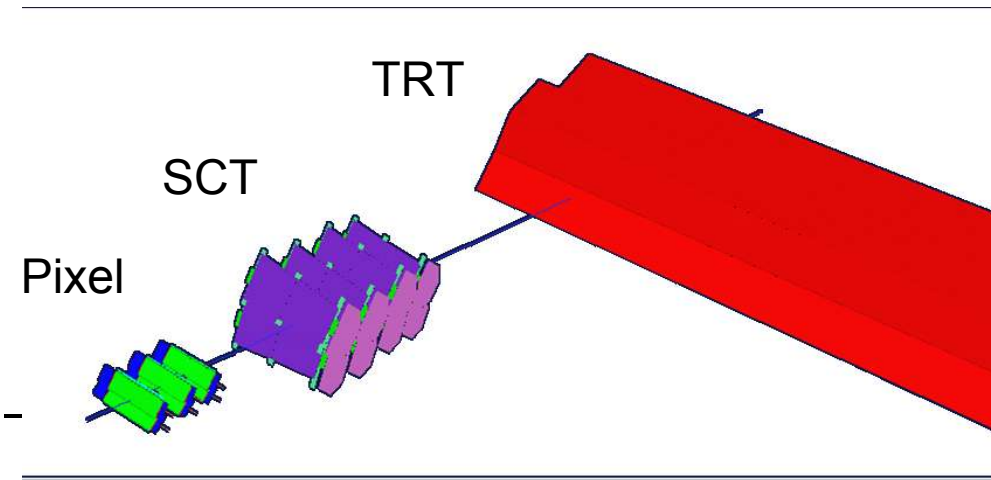


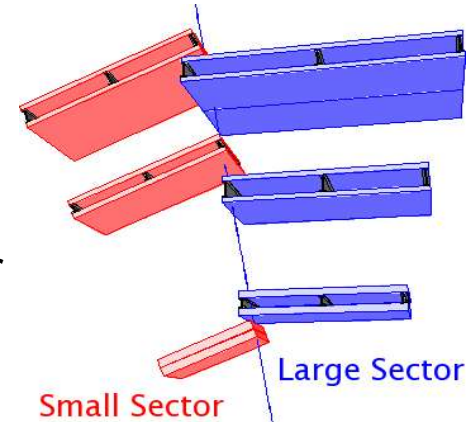
Overview



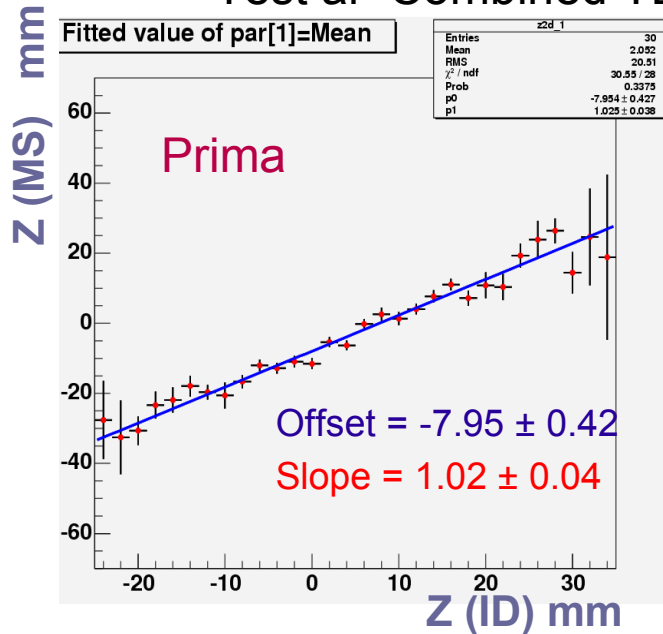
- I due rivelatori: Atlas e CMS
 - Campo magnetico e strategia tracciamento
 - Spettrometro e tracciatore
- Richieste e goal allineamento
 - Prima fase: da qui allo start-up → rendere possibile ricostruzione delle tracce
 - Seconda fase: primi dati/tracce → cercare di raggiungere risoluzioni di design
- Sistema di allineamento hardware
 - ruolo chiave per rendere possibile la ricostruzione delle tracce
- Allineamento software (tracce)
 - ruolo chiave per raggiungere le risoluzioni di design
- Impatto dis-allineamento sulla fisica
- Sommario

- L'inner detector deve essere allineato usando SOLO le tracce:
 - Due procedure sotto studio:
 - Minimizzazione χ^2 (iterativo): efficienza pattern recognition sensibile ai disallineamenti
 - Kalman filter: migliore pattern recognition (poca perdita di efficienza) ma peggiore risoluzione.
 - Studi per combinare i due metodi
 - Procedura testata al “Combined TB 2004”:
 - Prima allineo sub-detector con errori omogenei
 - Poi allineo i sub-detector tra loro
 - Risultati incoraggianti ma occorre controllare i sistematici in Atlas

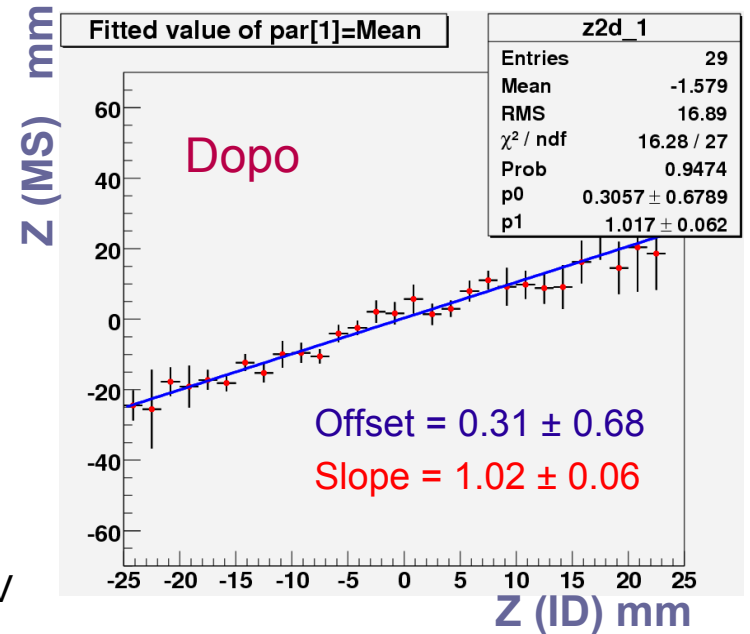




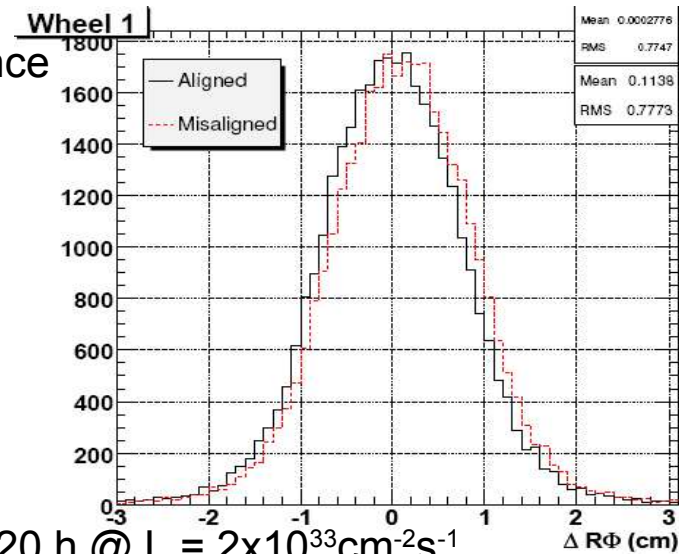
- Nello spettrometro a muoni: allineamento importante per:
 - allineamento tra le torri (usando le regioni di overlap)
 - allineamento spettrometro vs Inner Detector
 - z tracce estrapolato (tenendo conto di perdita energia e scattering multiplo) dallo spettrometro all'Inner Detector confrontandola con la traccia dell'ID
 - minimizzazione χ^2 dei residui rispetto ai parametri di allineamento
 - Test al “Combined TB 2004”



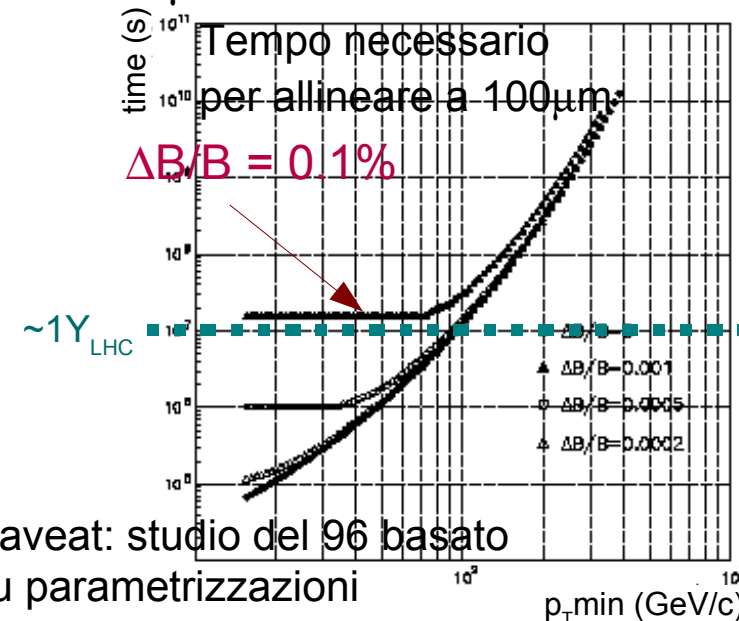
Muoni E = 200GeV



- Allineamento tracciatore interno vitale per ottenere $\sigma \sim 10 \mu\text{m}$:
 - Hit and Impact Point (HIP), Kalman Filter, MILLEPEDE
 - Indispensabile per allineare i pixel (no HW alignment)
 - Possono essere usati prima dello start-up con cosmici o beam halo?
- Allineamento spettrometro a muoni: complemento del sistema ottico
 - Allineamento camere rispetto al tracciatore
 - estrapolo le tracce dal tracciatore e le confronto con la ricostruzione locale
 - (+) fit di 6 d.o.f./camera \rightarrow 790 fit di 6 parametri (calcoli semplici)
 - (+) stima errori sistematici diretta
 - (-) assume tracciatore allineato ma performance accettabili con errori tipo “inizio presa dati”.
 - puo' essere applicato iterativamente
 - Allineamento sistema muoni “standalone”
 - usa approccio MILLEPEDE
 - problema fattorizzato in fit di 20-25 parametri
 - da usare se il tracciatore troppo dis-allineato



- Campioni utili per l'allineamento con le tracce:
 - muoni singoli ad alto p_T (+ campioni di-muone ($Z \rightarrow \mu^+\mu^-$))
 - cut-off sul p_T : bilanciamento sistematici/statistica (NB: basso $p_T \rightarrow$ molto scattering multiplo)
 - Allineamento spettrometro a muoni
 - Risultati attesi: la statistica non e' un problema \rightarrow i sistematici sono piu' importanti
 - muoni $p_T > 40\text{GeV}$, 16h @ $L=2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} \rightarrow 100\mu\text{m}$ statistico
 - sistematici principali
 - bias da code non gaussiane $\rightarrow 40 \mu\text{m}$
 - campo magnetico fuori dal tracciatore $\rightarrow 200 \mu\text{m}$
 - material budget estimation $\rightarrow 100 \mu\text{m}$
 - $O(1\text{y}) \times$ allineare a $\sim 100\mu\text{m}$





Overview



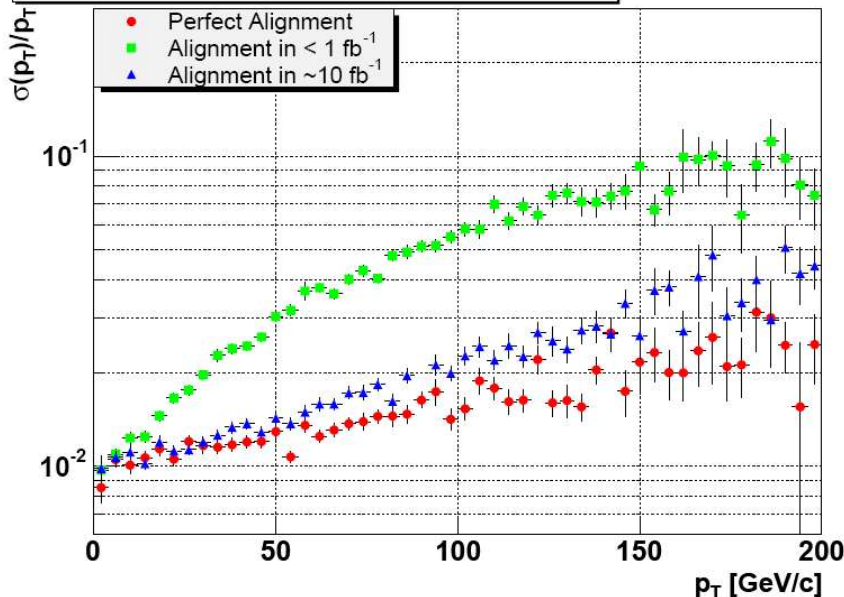
- I due rivelatori: Atlas e CMS
 - Campo magnetico e strategia tracciamento
 - Spettrometro e tracciatore
- Richieste e goal allineamento
 - Prima fase: da qui allo start-up → rendere possibile ricostruzione delle tracce
 - Seconda fase: primi dati/tracce → cercare di raggiungere risoluzioni di design
- Sistema di allineamento hardware
 - ruolo chiave per rendere possibile la ricostruzione delle tracce
- Allineamento software (tracce)
 - ruolo chiave per raggiungere le risoluzioni di design
- **Impatto dis-allineamento sulla fisica**
- Sommario

- Molti studi in corso per preparazione analisi in vista P-TDR
- Possiamo considerare due scenari di dis-allineamento su cui valutare gli effetti per la fisica:
 - Scenario “primi dati”: $L < 1 \text{ fb}^{-1}$
 - Conoscenza variabili allineamento determinata da:
 - Sistemi ottici + survey/fotogrammetria + DB costruzione + allineamento preliminare con tracce per i pixel
 - Tracciatore allineato a $O(100\mu\text{m})$ e $O(10\mu\text{m})$ per i pixel
 - Spettrometro allineamento tra le camere a $O(1\text{mm})$ e $O(0.25\text{mrad})$
 - Scenario “long term”: $L > O(10 \text{ fb}^{-1})$
 - Conoscenza variabili allineamento determinata da:
 - Allineamento con le tracce
 - Raggiungimento allineamento tracciatore a $\sim 10\mu\text{m}$
 - Spettrometro allineato a $O(200\mu\text{m})$ e $O(0.05\text{mrad})$

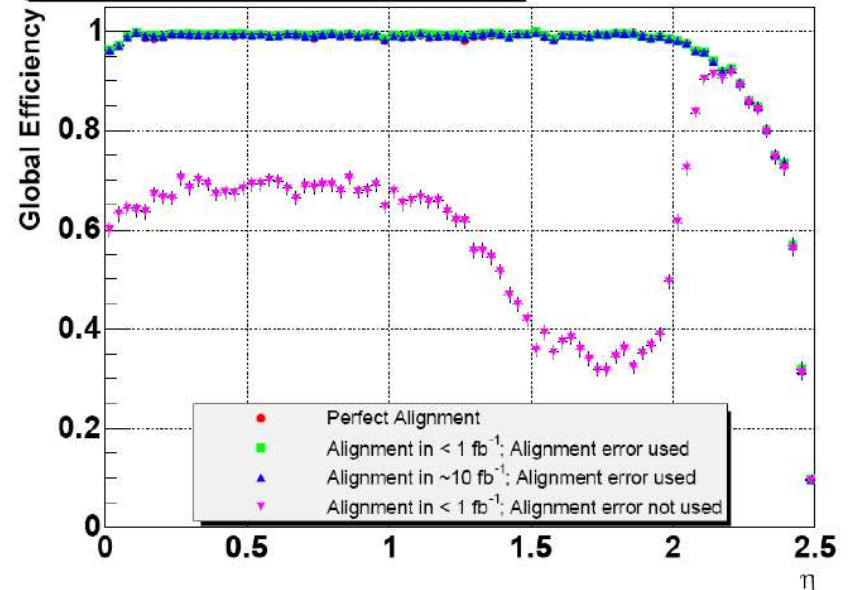
Ipotesi 10x rispetto a allineamento ottico

- Impatto sulla ricostruzione dei muoni a basso p_T : domina il tracciatore
 - Risoluzione p_T passa da $\sim 3\%$ (Allineamento **ideale**) al $\sim 7\%$ nello scenario **primi dati**
 - Errori di allineamento determinanti per mantenere efficienze di tracciamento

$\sigma(p_T)/p_T$ vs p_T , flat eta distribution

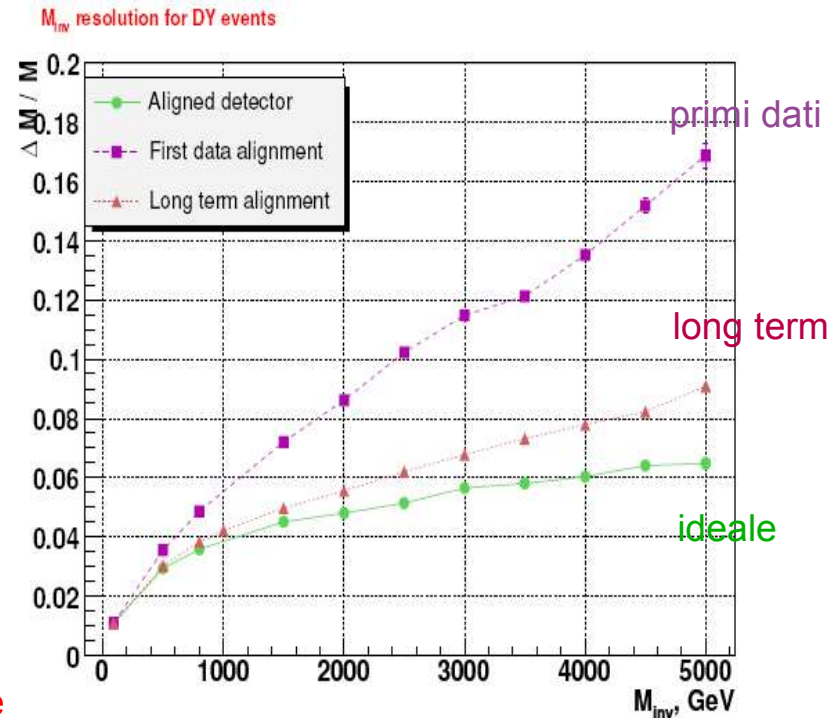
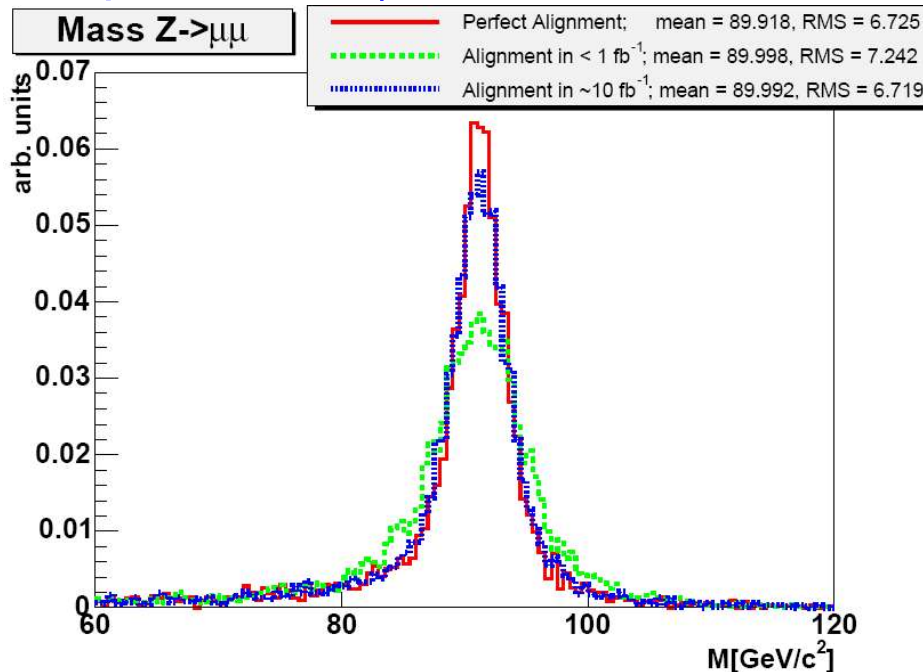


Global Efficiency vs η



Scenario **primi dati** – Scenario **long term** – Allineamento **ideale**

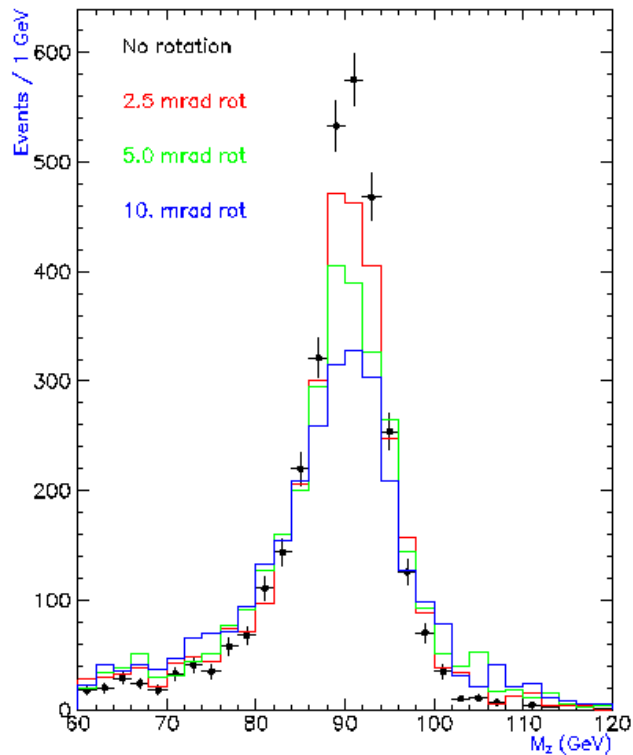
- Effetti sulla massa M_Z studiati utilizzando il campione $H \rightarrow ZZ \rightarrow ee\mu\mu$ con $M_H = 300\text{GeV}$
 - Effetto del 10% sulla larghezza del picco tra “primi dati” e “caso ideale”
 - Domina il tracciatore
- Studio della massa invariante in eventi di DY (Alto p_T , domina spettrometro)



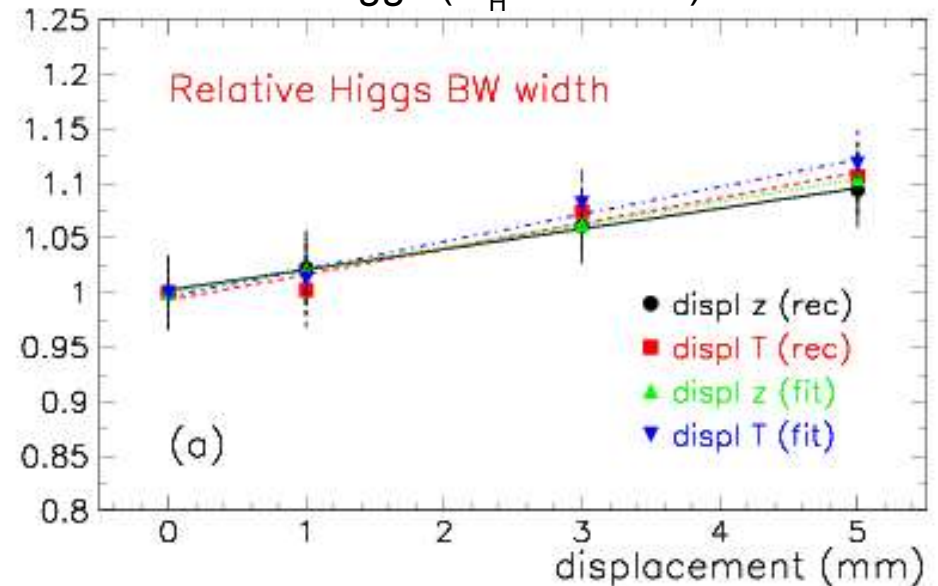
Scenario **primi dati** – Scenario **long term** – Allineamento **ideale**

- Effetti sulla massa M_Z studiati utilizzando il campione $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\mu$ con $M_H = 300\text{GeV}$
 - vari scenari di rotazione e spostamento del barrel rispetto all'endcap

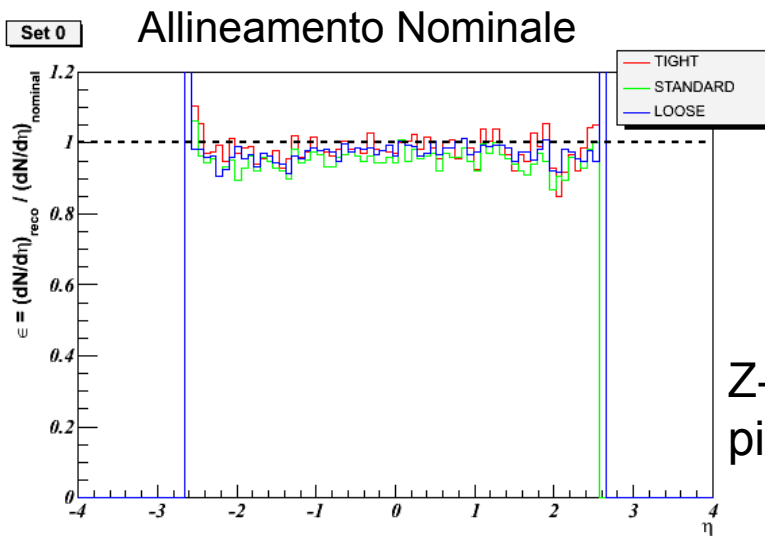
Effetto delle rotazioni tra Endcap e Barrel su M_Z



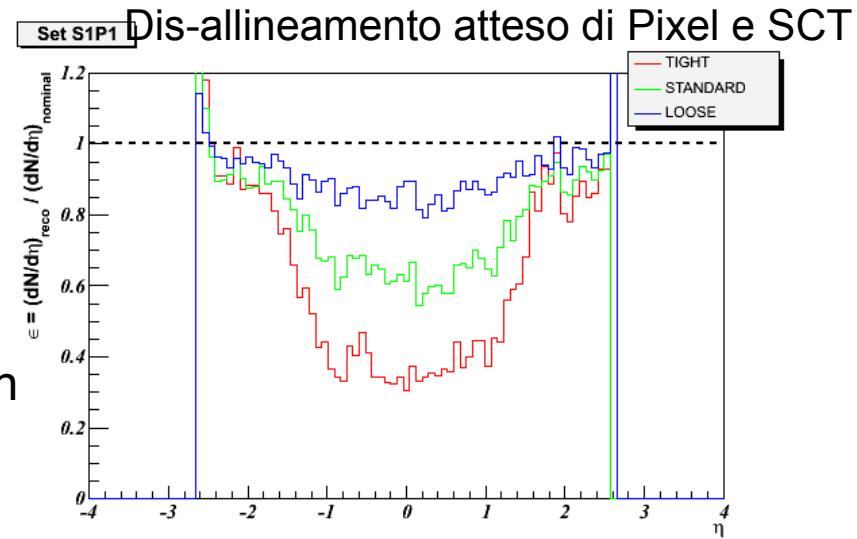
Effetto di spostamenti relativi di barrel ed endcap sulla width dell'Higgs ($M_H = 300\text{GeV}$)



- Performance dell'Inner Detector:
 - Consideriamo scenario di dis-allineamento di Pixel e SCT all'inizio presa dati:
 - curvatura dei moduli dei pixel $\sim 100\mu\text{m}$
 - incertezza posizionamento moduli : $\sim 20\mu\text{m}$ x i pixel e $\sim 100\mu\text{m}$ x SCT
 - Risoluzione peggiora di 1 ordine di grandezza
 - Efficienza di ricostruzione si riduce del 20% per eventi ad alta molteplicità
 - Si puo' recuperare efficienza rilasciando tagli sulla "goodness" della traccia



Z- \rightarrow $\mu\mu$ con pile-up



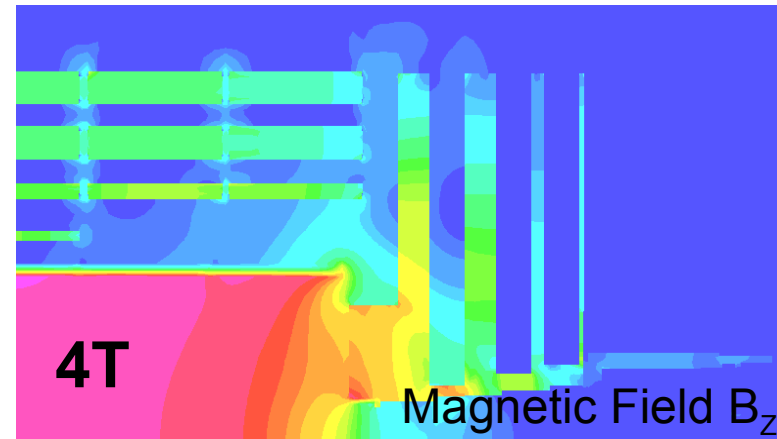
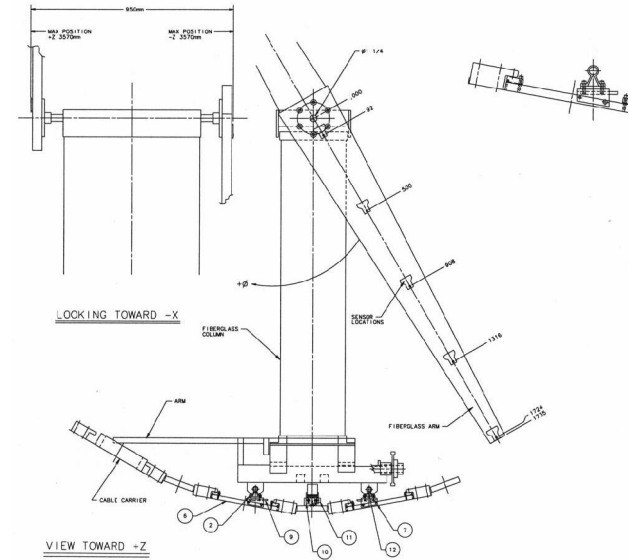
- Atlas e CMS due esperimenti con strategie di tracciamento molto diverse → requirements per allineamento molto diversi
- Da qui allo start-up
 - test dei sistemi di allineamento (sistemi ottici, allineamento con i cosmici)
 - Primi risultati dal Combined TB per Atlas
 - Cosmic Challenge (+ test del 25% x il tracciatore di CMS?)
 - risultati importanti per definire lo scenario allo start-up
 - sara' possibile determinare un primo set di parametri di allineamento durante i pilot run del commissioning di LHC (beam halo, beam gas...)?
- Allineamento software (con le tracce):
 - primi risultati dal Combined TB per Atlas
 - molto lavoro in CMS per studiare gli impatti sulla fisica in vista del P-TDR
- Impatto sulla fisica dei primi fb^{-1}
 - necessari studi approfonditi sugli effetti sul trigger date le risoluzioni con il detector dis-allineato



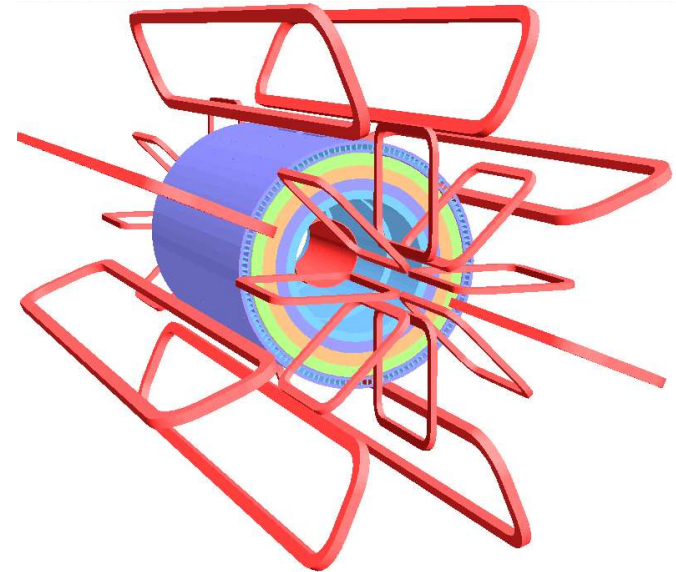
Backup

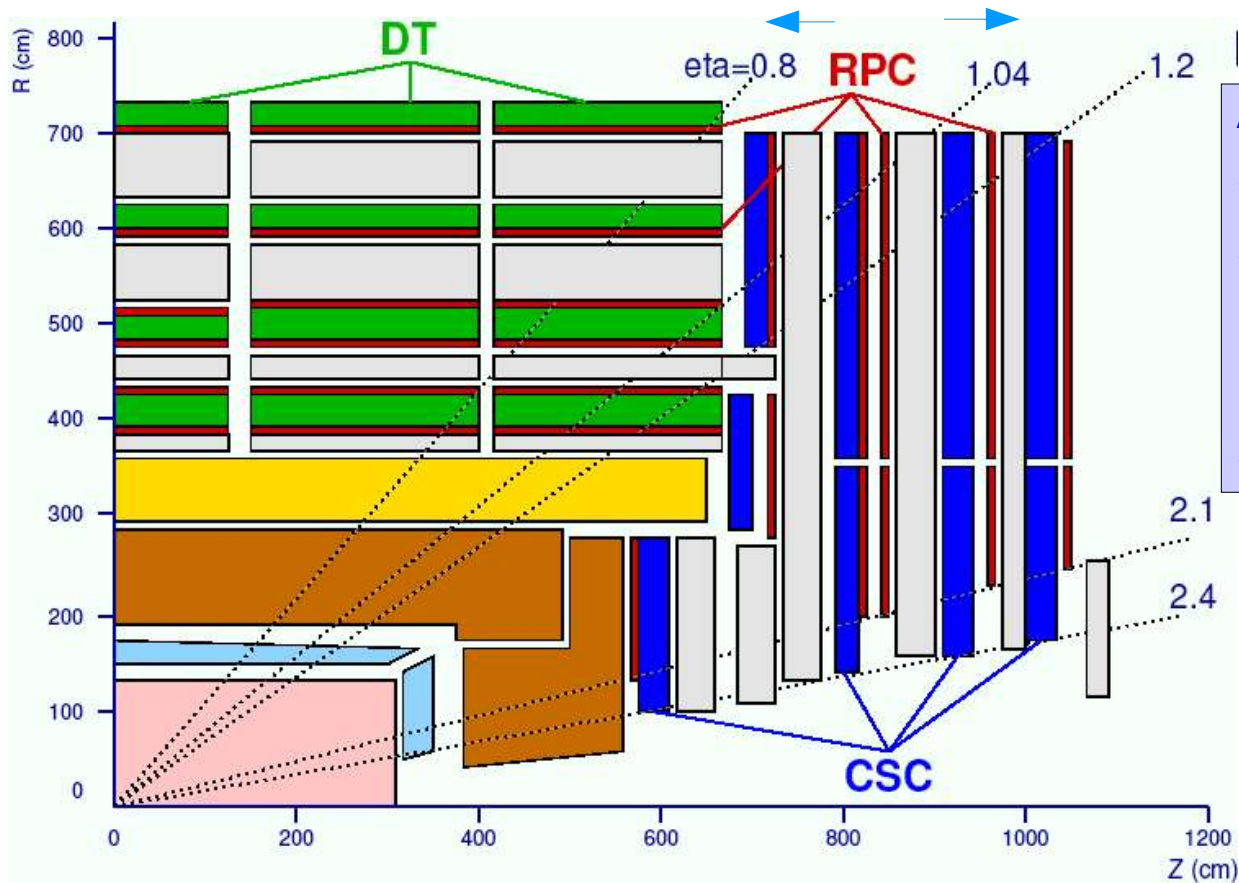


- Solenoide Superconduttore
 - $r = 3\text{m}$, $L=14\text{m}$
 - $B = 14\text{T}$ nel solenoide
 - $B \sim 1.8\text{T}$ nel giogo di ritorno
- Grande “bending power”
- Molto materiale tra le camere a mu (giogo in Fe)
- Misura del campo magnetico
 - Durante il Magnet Test (2006)
 - Braccio rotante con sonde di Hall e NMR
 - $\Delta r = 20\text{ cm}$, $\Delta z = 5\text{ cm}$
 - Sonde NMR all'interno del solenoide per monitoring on-line
 - Goal:
 - $\Delta B/B < 0.5\%$ nel solenoide
 - $\Delta B/B$ 2-3% nel Barrel (Spettrometro)
 - $\Delta B/B$ 2-5% negli Endcap (Spettrometro)



- Toride Barrel (BT) $\eta < 1$
 - $r_1 = 9.5\text{m}$, $r_2 = 20\text{m}$, $L = 26\text{m}$
 - Bending power: $\int B dl = 2\text{-}6 \text{ Tm}$
- 2 toroidi endcap (ECT) $1.4 < \eta < 2.7$
 - $r_1 = 1.7\text{m}$, $r_2 = 10.7$, $L = 5\text{m}$
 - Bending power $\int B dl = 4\text{-}8 \text{ Tm}$
- Solenoide Centrale (CS)
 - $B \sim 2\text{T}$
- Struttura aperta dei magneti -> minimizzazione scattering multiplo
- Misura del campo magnetico
 - 5000 sonde di Hall (risoluzione $\sim 0.1\%$)



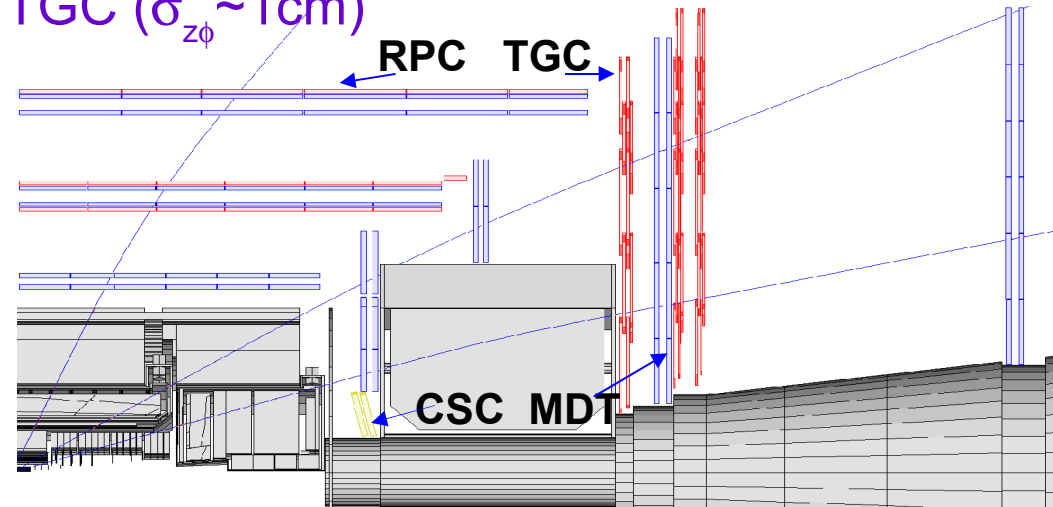
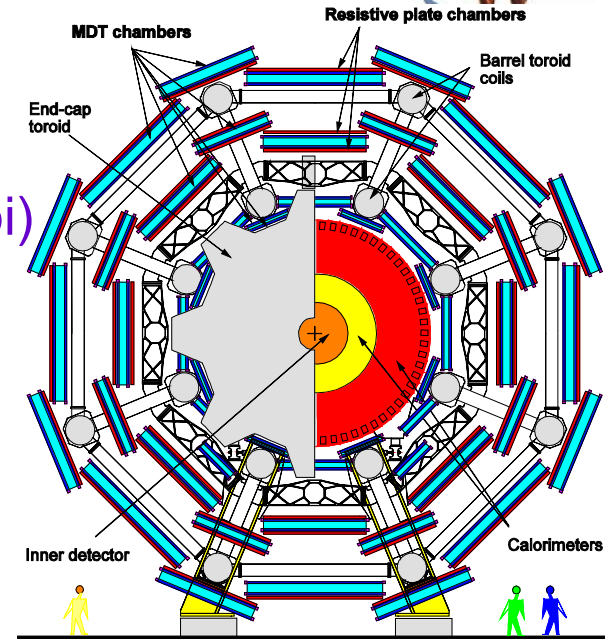


At Startup:

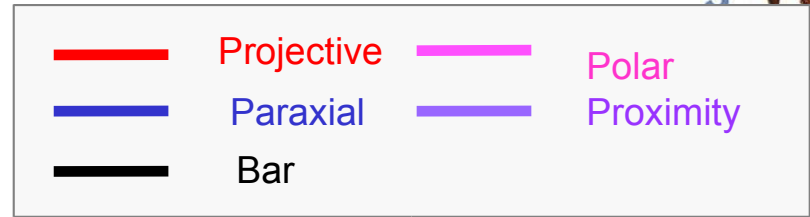
- No ME 4/2
- No trigger electronic on ME1/1
→ trigger $|\eta| < 2.1$
- RPC $|\eta| < 1.6$

- **DT**: 4 stations x 3 superlayers x 4 layers ($|\eta| < 1.2$)
- **CSC**: 4 stations x 6 layers ($0.8 < |\eta| < 1.2$)
- **RPC**: 6 stations in barrel + 4 stations in endcaps ($|\eta| < 1.6$)

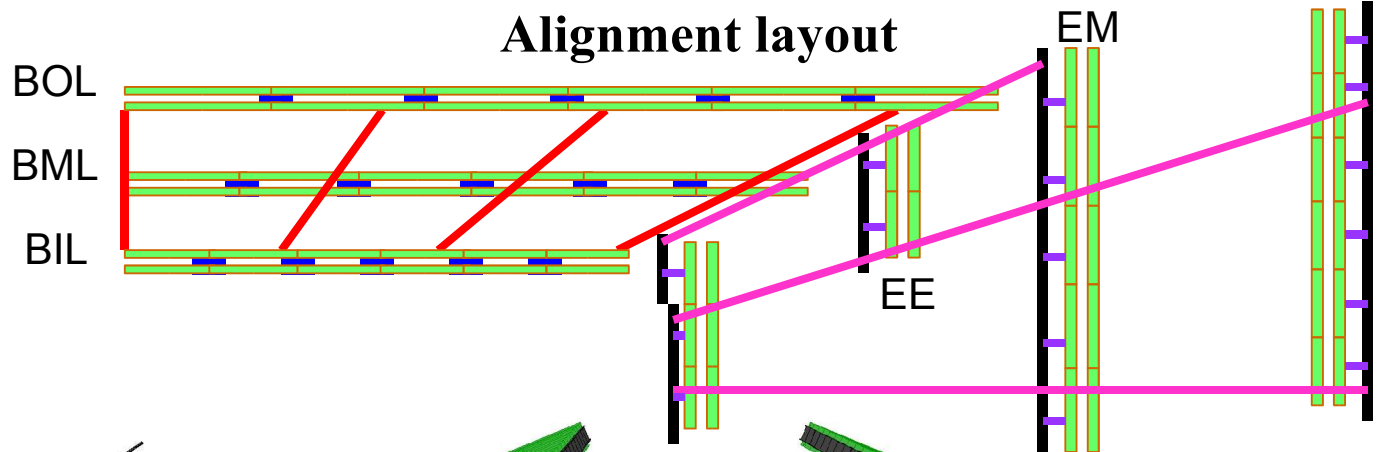
- Barrel composto da 16 settori (grandi e piccoli)
- Barrel & endcap
 - 3 stazioni di MDT (2 multilayer di 3 layer di tubi)
 - Misure di precisione in z e r ($\sigma_z=50\mu\text{m}$)
- Barrel
 - Trigger e misura z e ϕ con RPC ($\sigma_{z\phi} \sim 1\text{cm}$)
- Endcap
 - Trigger e misura z e ϕ con TGC ($\sigma_{z\phi} \sim 1\text{cm}$)
 - CSC nella regione $2 < \eta < 2.7$ per la misura di r e ϕ ($\sigma_r=60\mu\text{m}$, $\sigma_\phi \sim 1\text{cm}$)



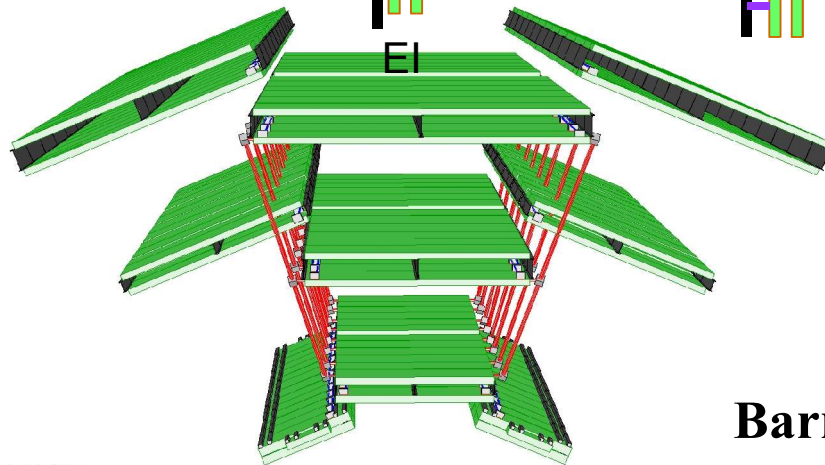
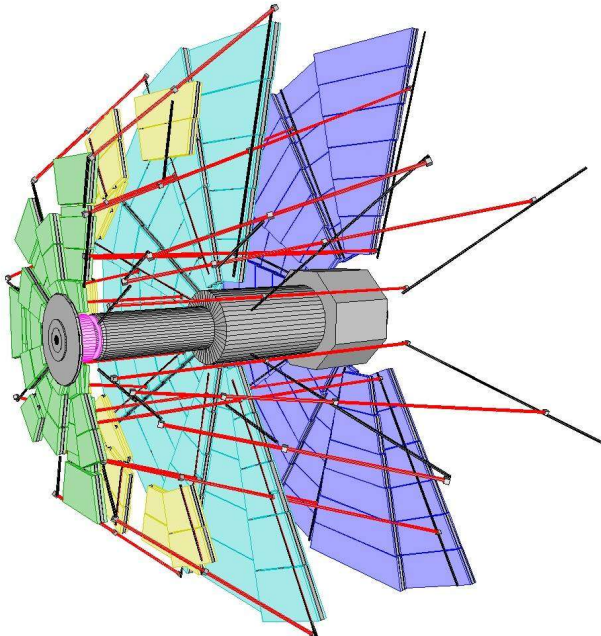
Parametri dell'allineamento ottico dello Spettrometro



Alignment layout



Endcap



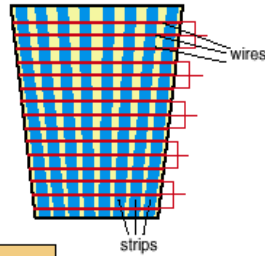
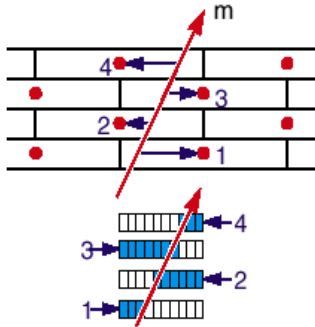
Barrel

ALBERTO

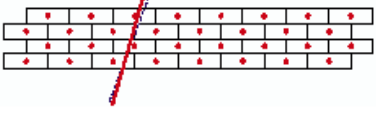
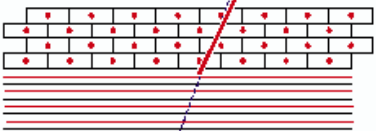
Local Trigger: ricostruzione segmenti

DT

CSC (strips)

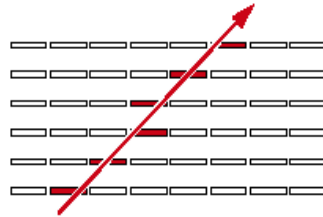


Meantimers recognize tracks and form vector / quartet.



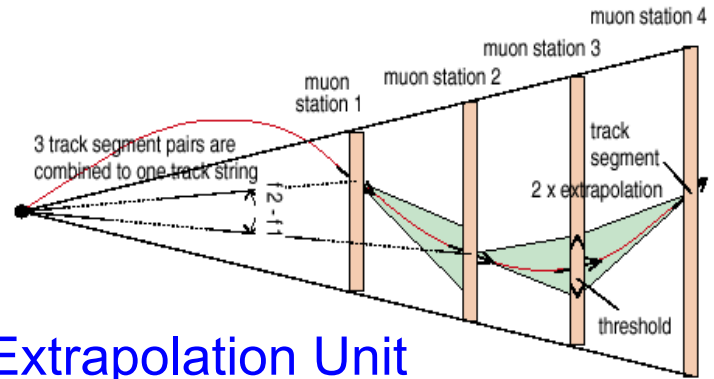
Correlator combines them into one vector / station.

Comparators give 1/2-strip resol.



Hit strips of 6 layers form a vector.

Regional Trigger: DT/CSC Track Finders

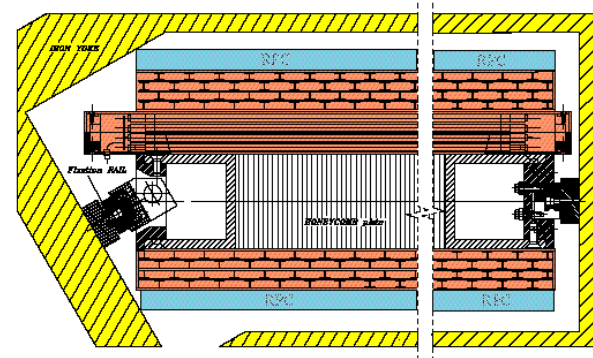


- **Extrapolation Unit**
 - Link segmenti usando look-up tables
- **Track Assembler:**
 - link segment pairs to tracks
 - cancel fakes
- **Assignment Units**
 - p_T , charge, η , ϕ , quality
- **Tolleranze:**
 - ~5mm posizione camere
(si possono comunque calibrare le LUT)

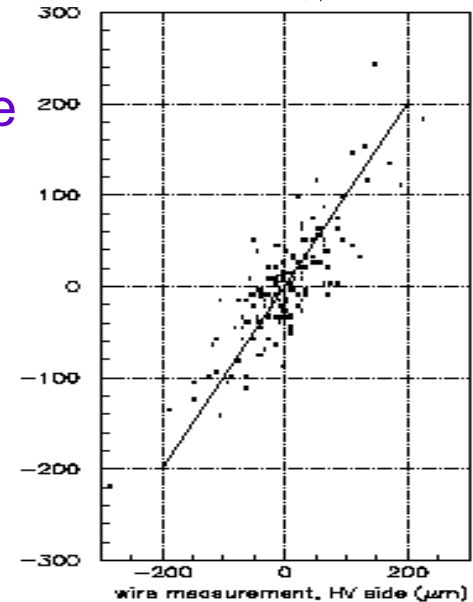
– tolleranze L1 locale DT:

- ~300 μ m posizione fili nel SL
- ~1mm posizione relativa tra SL

- Componenti interni vengono misurati in fase di costruzione
 - Esempio camere DT:
 - misura fili con CCD
 - sistema survey/fotogrammetria per misure posizioni SL



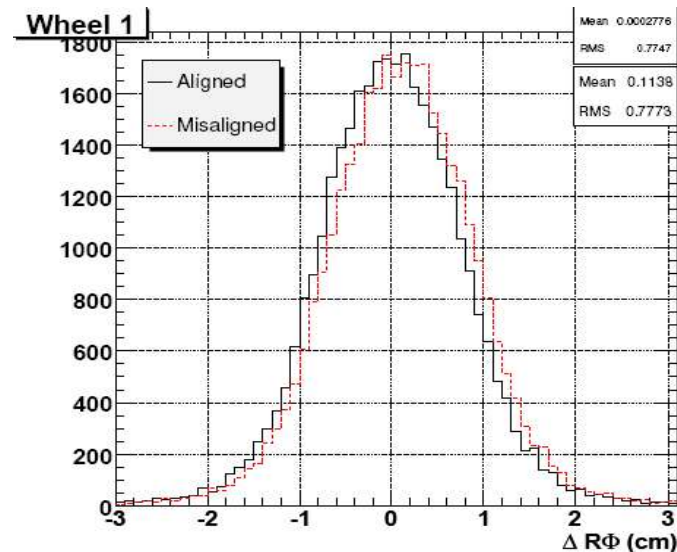
- Da qui allo start-up:
 - Studiare allineamento interno usando la ricostruzione locale segmenti di traccia (test cosmici, commissioning)
 - Importante verificare che:
 - posizioni entro le tolleranze
 - E' possibile correggere in fase di ricostruzione...
...ma forse non ancora vitale!



Correlazione fra posizione filo misurata durante la costruzione e con cosmici

Studi con i cosmici su 20 camere MB3 mostrano che la maggior parte delle camere entro le tolleranze:
allineamento tra i layer $\sim 100\mu\text{m}$
(\ll Tolleranze L1 $O(1\text{mm})$)

- Allineamento con le tracce delle camere DT rispetto al tracciatore
 - residui estrapolazione traccia vs segmenti ricostruzione locale nel piano $r\phi$
 - $W \rightarrow \mu\nu$, 20 h @ $L = 2 \times 10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

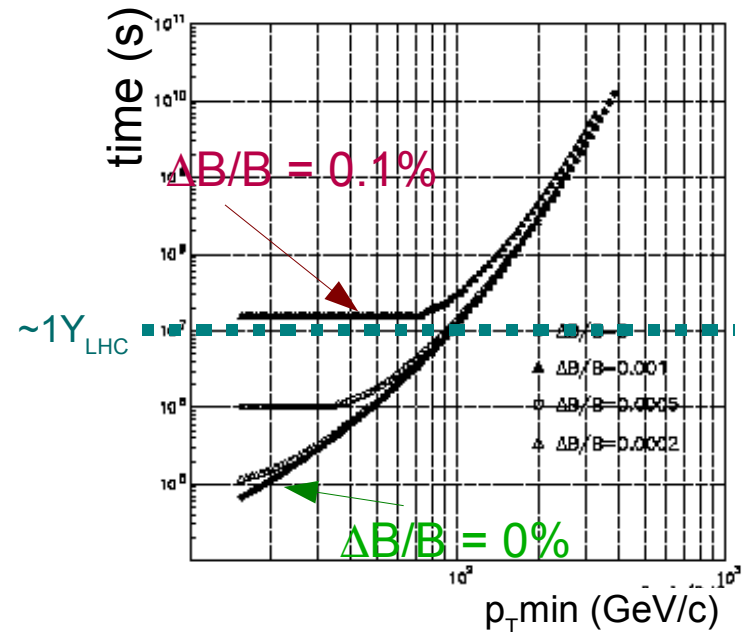
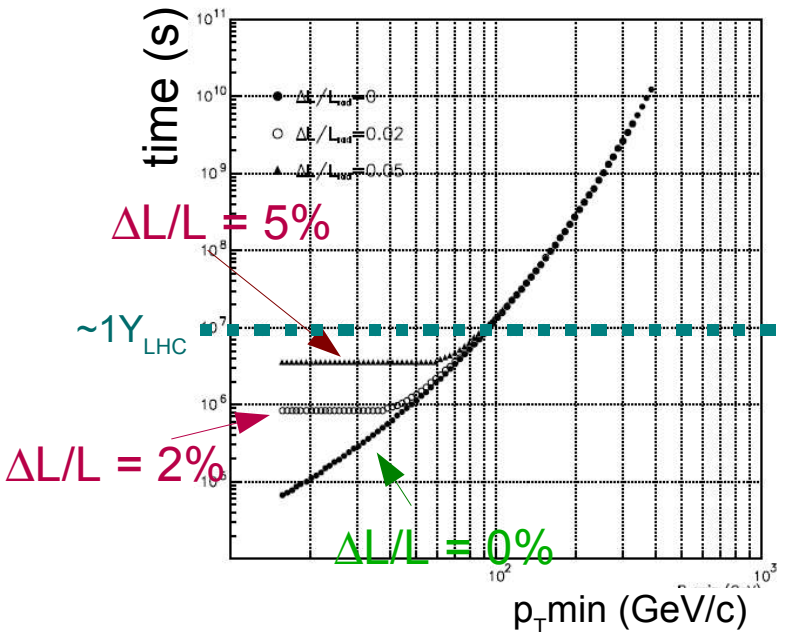


- Stime basate su parametrizzazione errori sistematici in funzione del taglio in p_T
 - Studio “datato” (1996) -> occorre applicare un “fattore di sicurezza”
 - Update degli studi in corso usando la full simulation

Tempo necessario per allineare a $100\mu\text{m}$

Incertezza sulla stima del material budget

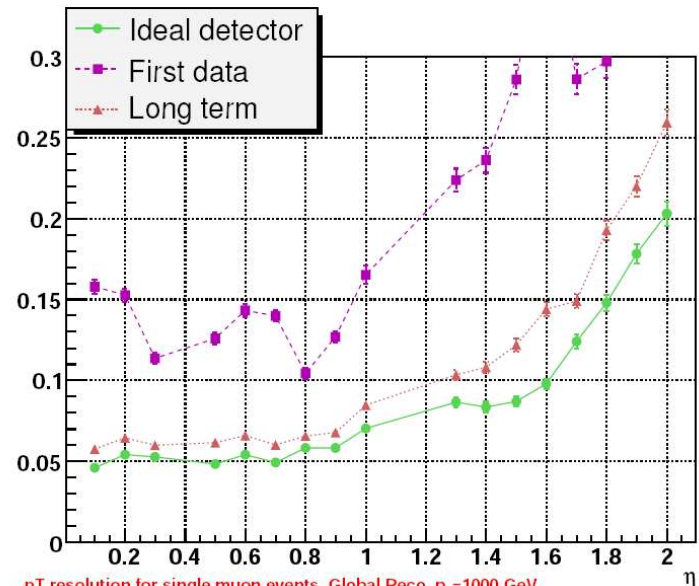
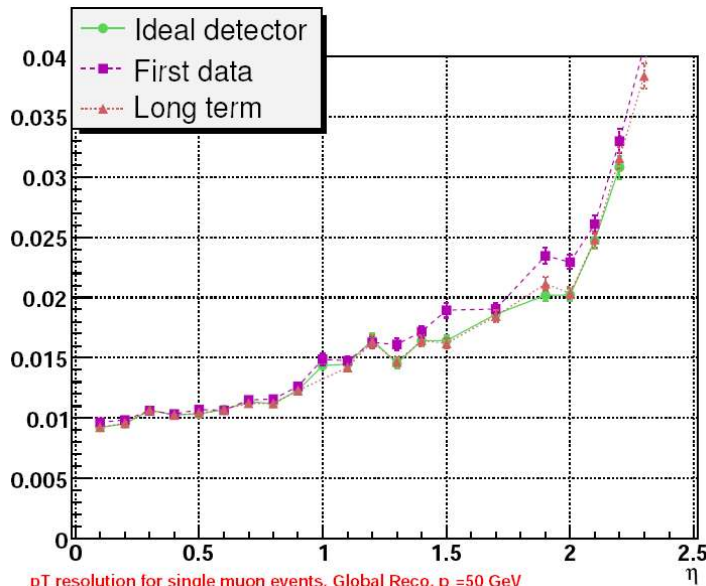
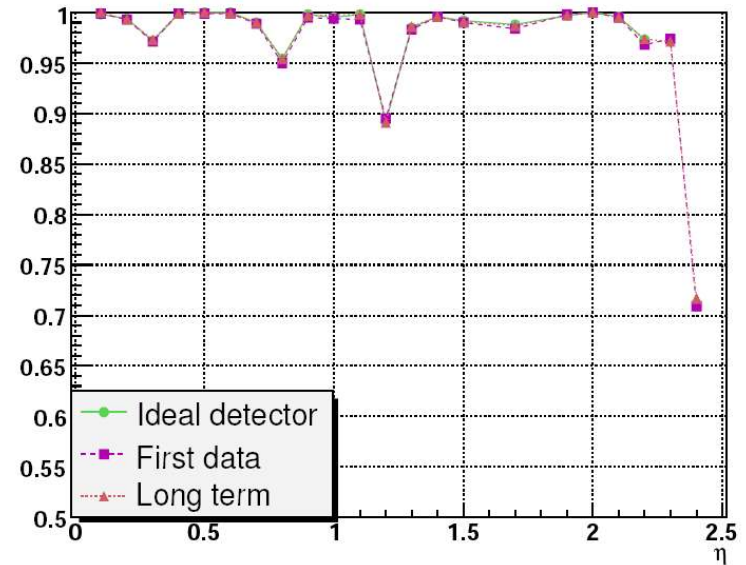
Incertezza sul campo magnetico



- Strategie allineamento tracciatore interno:
 - HIP (Hit and Impact Point)
 - metodo iterativo: i residui degli hit sono espressi analiticamente in funzione dei parametri di allineamento di N moduli e poi fittati ai dati
 - puo' essere usato per allineare strutture composte di moduli (poca statistica sufficiente) o per allineare i pixel (muoni low pT)
 - robusto ma non considera correlazioni
 - Kalman Filter
 - parametri di allineamento aggiornati dopo ogni traccia
 - non richiede inversioni di grosse matrici
 - MILLEPEDE:
 - metodo un-biased: parametri della traccia lasciati come parametri liberi nel fit
 - grosso numero di parametri da determinare
 - puo' essere usato per allineamento primi layer silici/pixel detector

- Effetti sulla ricostruzione “globale” (spettrometro+tracciatore) dei muoni:
 - efficienza vs η
 - risoluzione vs η
 - basso p_T
 - alto p_T

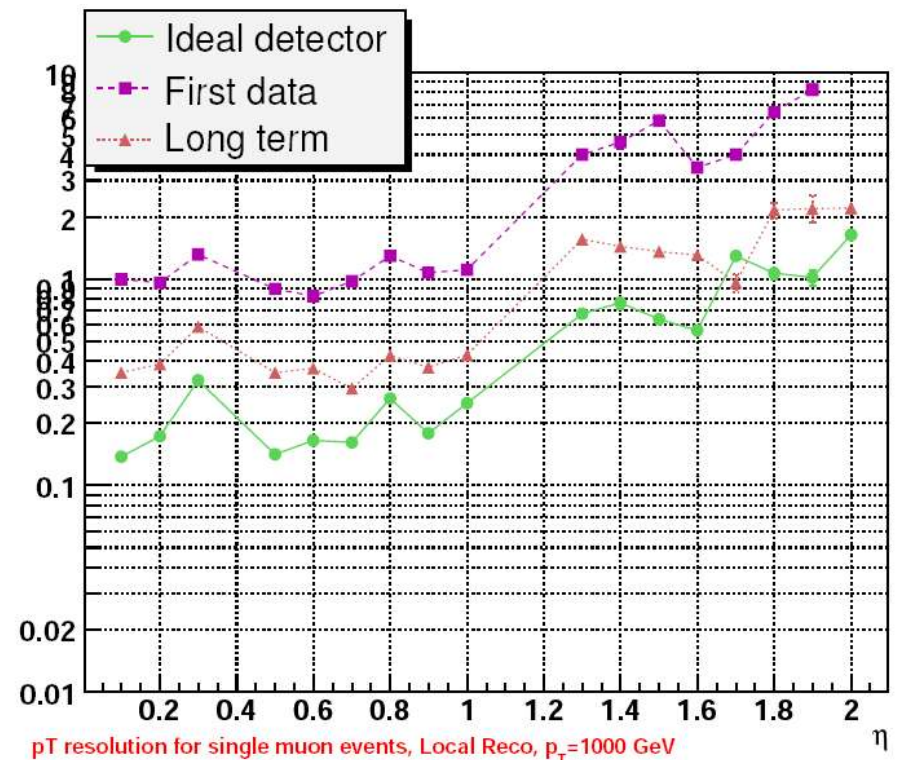
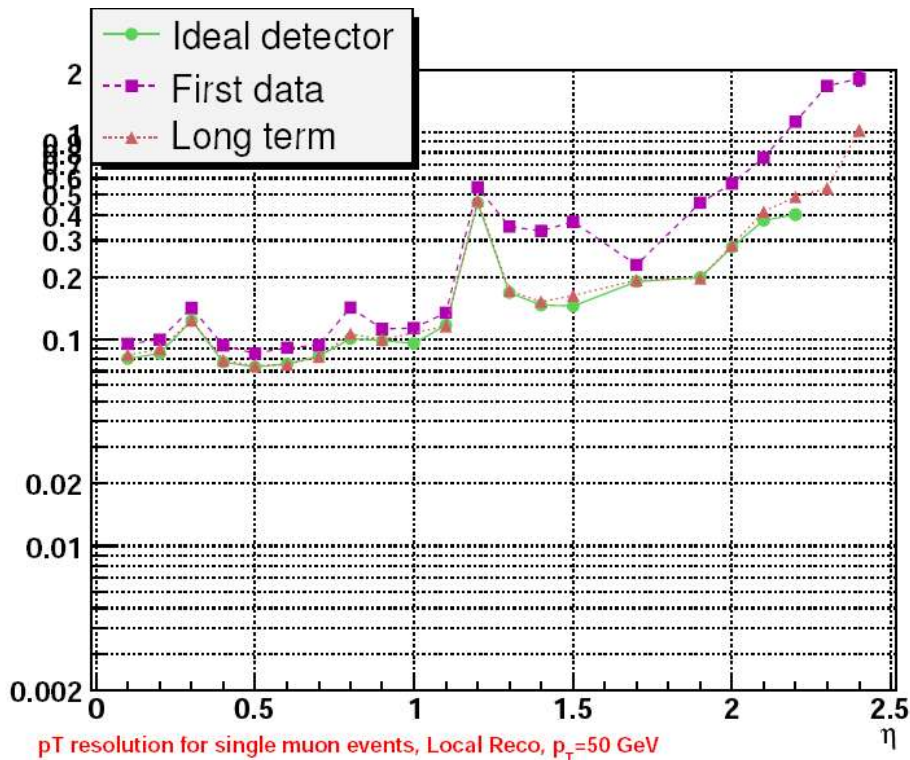
Efficiency for single muon events, Global Reco, $p_T=50$ GeV



p_T resolution for single muon events, Global Reco, $p_T=50$ GeV

p_T resolution for single muon events, Global Reco, $p_T=1000$ GeV

- Effetti sulla ricostruzione “Standalone” (solo spettrometro) dei muoni
 - risoluzione vs η
 - basso p_T
 - alto p_T



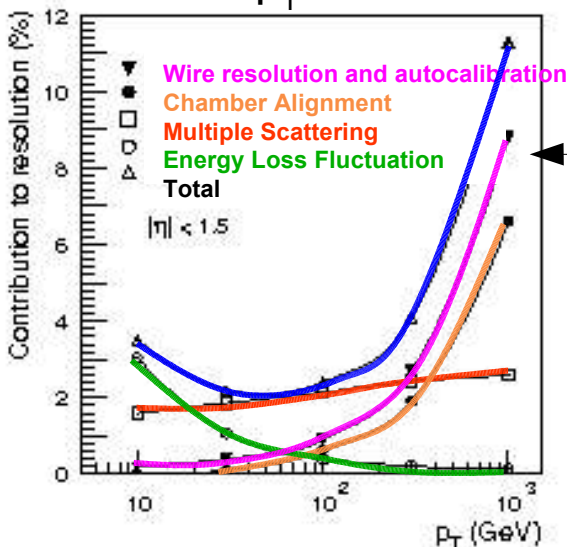
- **Obiettivi lungo termine:** raggiungere le risoluzioni di design!
 - Goal: le risoluzioni sulle variabili di allineamento devono essere almeno al livello delle risoluzioni intrinseche dei detector
 - Ripetere periodicamente procedure di allineamento per correggere effetti “dipendenti dal tempo”
 - Esempio in CMS:
 - $\sigma(M_W) < 15\text{-}20 \text{ MeV} \rightarrow \sigma(p_T) \sim 0.020\text{--}0.025\% \rightarrow 1\mu\text{m}$ incertezza nelle misure $r\phi$ del tracker!!
 - Esempio Atlas:
 - $\sigma=50 \text{ um}$ per ottenere $\sigma p/p = 10\% @ 1 \text{ TeV}$
 - Contributo di circa 20 um per l’allineamento
 - Contributo minore di 20 um per la calibrazione
 - **Strumenti:**
 - Sistema ottico
 - Allineamento con le tracce



Alineamento: goal & requirements

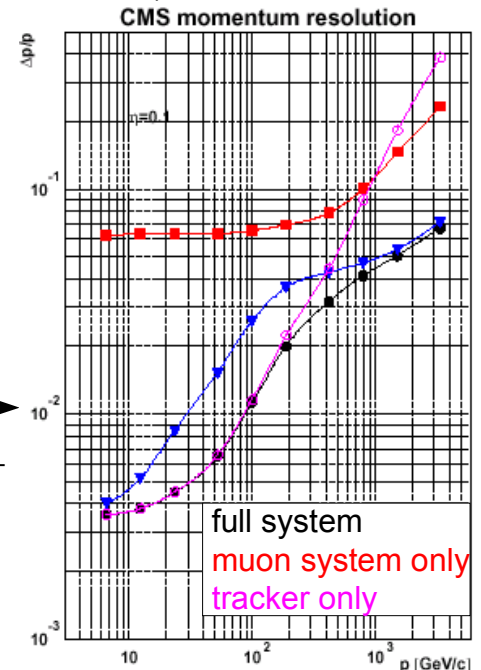


- Atlas e CMS due rivelatori molto diversi → requirements molto diversi
- Atlas: spettrometro capace di una misura di precisione standalone
 - allineamento molto preciso MDT → $\sim 20\mu\text{m}$
 - contributo dalla calibrazione $r(t) \times \text{MDT}$ molto importante → $\sim 20\mu\text{m}$
- CMS: il tracciatore interno determina la risoluzione fino a $p_T \sim 200\text{-}300\text{GeV}$
 - allineamento tracciatore vitale → $O(10\mu\text{m})$
 - allineamento spettrometro muoni meno importante → $\sim 100\mu\text{m}/\text{camera}$
 - contributo dalla calibrazione $x(t)$ delle DT non vitale fino p_T molto alti



Contributi alla risoluzione
tubi MDT
Atlas

Contributi risoluzione p_T
tracker vs spettrometro
CMS

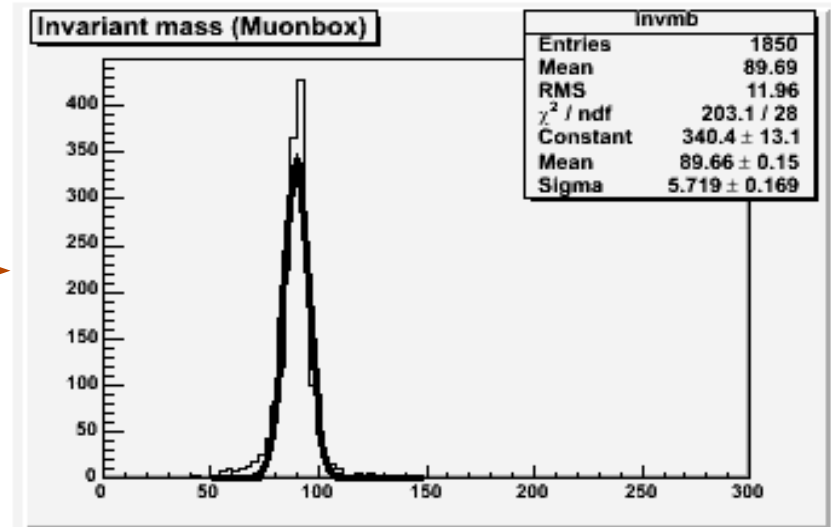
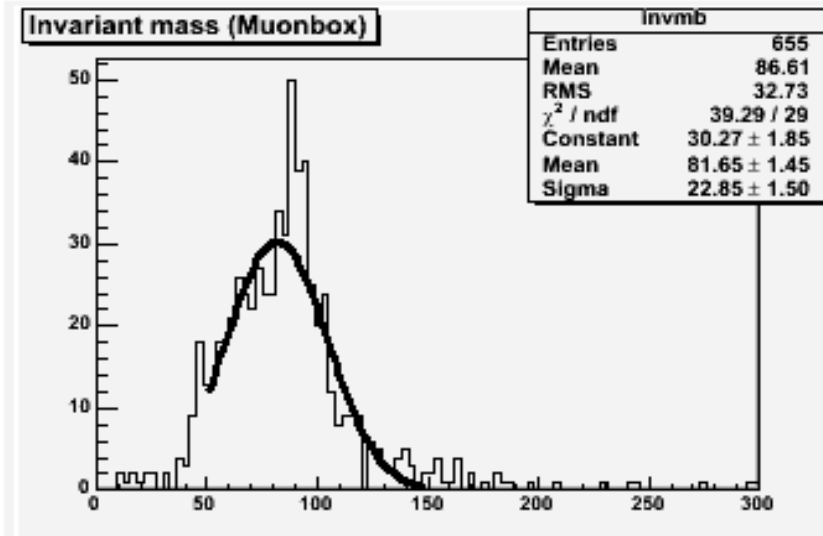




Atlas, Impatto sulla fisica



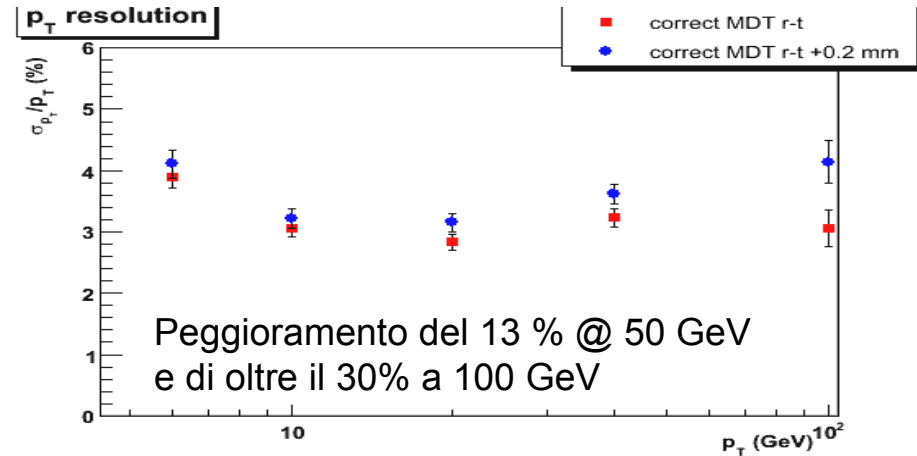
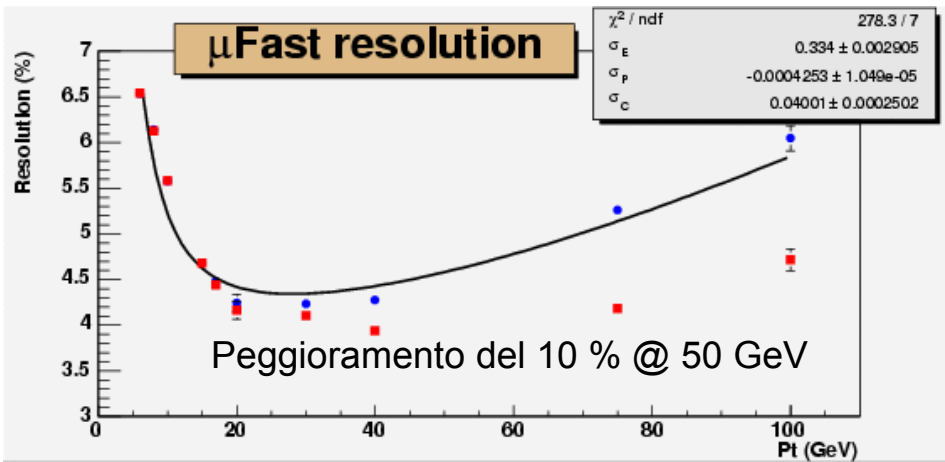
- Impatto sulla ricostruzione della M_Z nel canale $Z \rightarrow \mu\mu$
 - Effetto di rotazioni dell'endcap dello spettrometro rispetto al barrel
 - Effetto della mis-calibrazione della relazione $r(t)$ nelle MDT
 - Mis-calibrazione al 30% (caveat: scenario troppo pessimistico)



- Effetti della sincronizzazione dei t_0 : t_0 con media $\langle \rangle = 2\text{ns}$ e $\sigma = 2\text{ns}$:
 - Efficienza ricostruzione Z: -0.36%
 - Larghezza picco della Z: +3.4%

NOTA: calibrazione ed allineamento hanno pesi comparabili per la risoluzione dello spettrometro

- Ulteriori studi sugli effetti della mis-calibrazione di 200 μ m della relazione $r(t)$ sul trigger:
 - Effetti sulla ricostruzione muoni di Livello 2
 - effetto: peggioramento del 10% sulla risoluzione in p_T @ 50GeV
 - Effetti sulla ricostruzione muoni di Livello 3 (Event Filter)
 - effetto: peggioramento del 13% sulla risoluzione in p_T @ 50GeV



Calibrazione corretta – Mis-calibrazione $r(t)$ di 200 μ m

- Campioni utili per allineamento con le tracce

channel, NLO $\sigma \times Br$	Level-1+ HLT efficiency	events for 10 fb ⁻¹
W $\rightarrow e \nu$, 20.3 nb	0.25	5.1×10^7
W $\rightarrow \mu \nu$, 20.3 nb	0.35	7.1×10^7
Z $\rightarrow ee$, 1.87 nb	0.53	1.0×10^7
Z $\rightarrow \mu\mu$, 1.87 nb	0.65	1.2×10^7
tt $\rightarrow \mu + X$, 187 pb	0.62	1.2×10^6

– Canali piu' importanti:

- Z $\rightarrow \mu\mu$ O(20k x 2) al giorno
- W $\rightarrow \mu\nu$ O(100k) al giorno