

# Stato di ATLAS



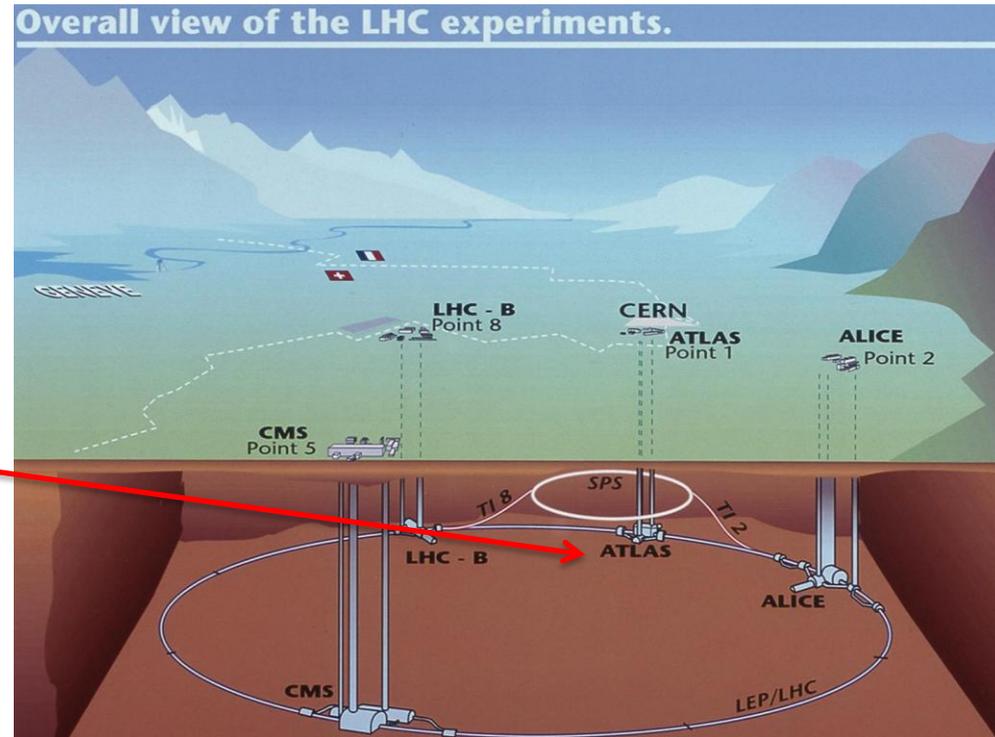
- ✓ L'esperimento
- ✓ Prima raccolta dati (12/2009)
- ✓ Funzionamento del rivelatore (→ M. Donega')
- ✓ Prime misure a 900 GeV
- ✓ Collisioni a 7 TeV

Leonardo Rossi (INFN Genova)  
**on behalf of the ATLAS Collaboration**

IFAE, Roma, 7-9 Aprile 2010

# Large Hadron Collider

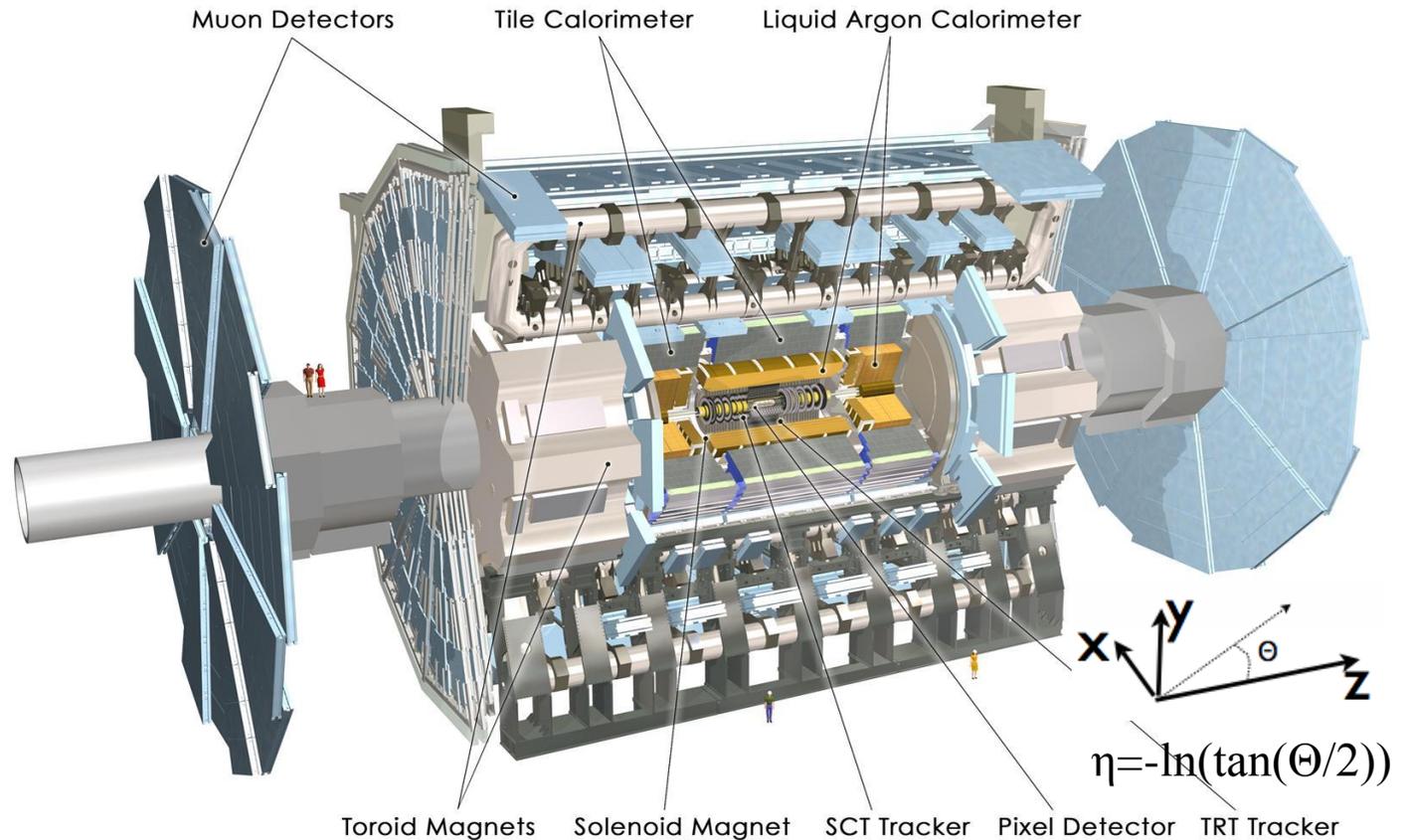
- Proton-proton collider
- 27 km di circonferenza
- 4 regioni di interazione equipaggiate con esperimenti
  - Alice, **ATLAS**,
  - CMS, LHCb



	Nominale	Iniziale
Energia (c.m.)	14 TeV	900 GeV (2.36 TeV)
Luminosita'	$10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\sim 7 \times 10^{26} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Bunches/Fascio	2808	4 (2 collidono in ATLAS)

# L'esperimento ATLAS

- **A** Toroidal **L**H**C** **A**pparatu**S**: rivelatore multi-purpose disegnato per coprire large range of physics measurements
- massa ~ 7000 tons
- alto 25m
- lungo 46m
- ~100 milioni di canali (90% nel tracciatore)



# L'Inner Detector (o tracciatore interno)

Immerso in un campo solenoidale di 2 Tesla misura le traiettorie delle tracce cariche.

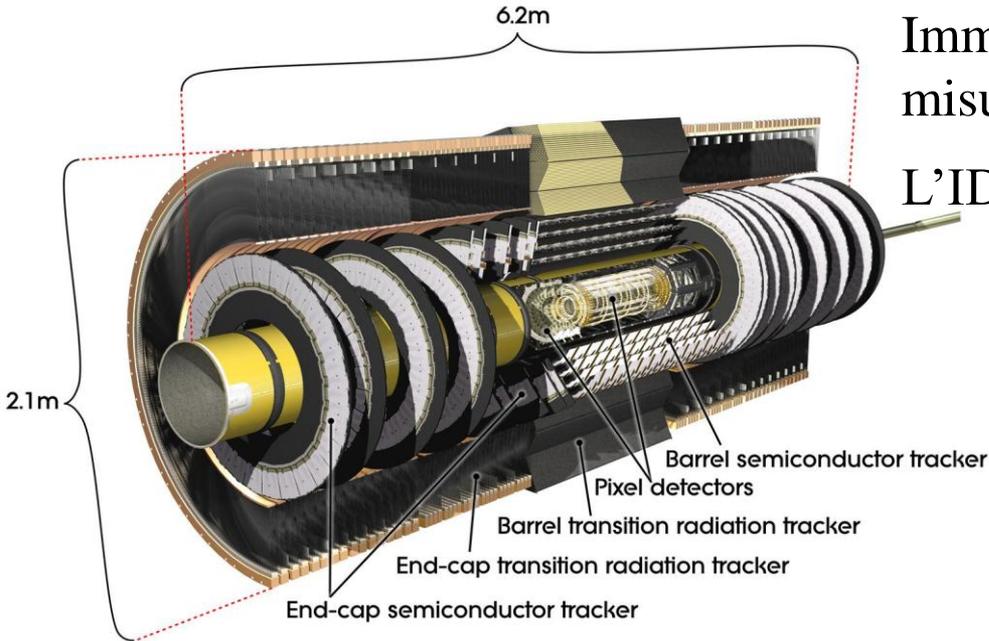
L'ID comprende 3 sub-detectors: (resolution)

Pixel :  $10/115 \mu\text{m}$  in  $R\phi/z$

Silicon strip(SCT):  $17/580 \mu\text{m}$

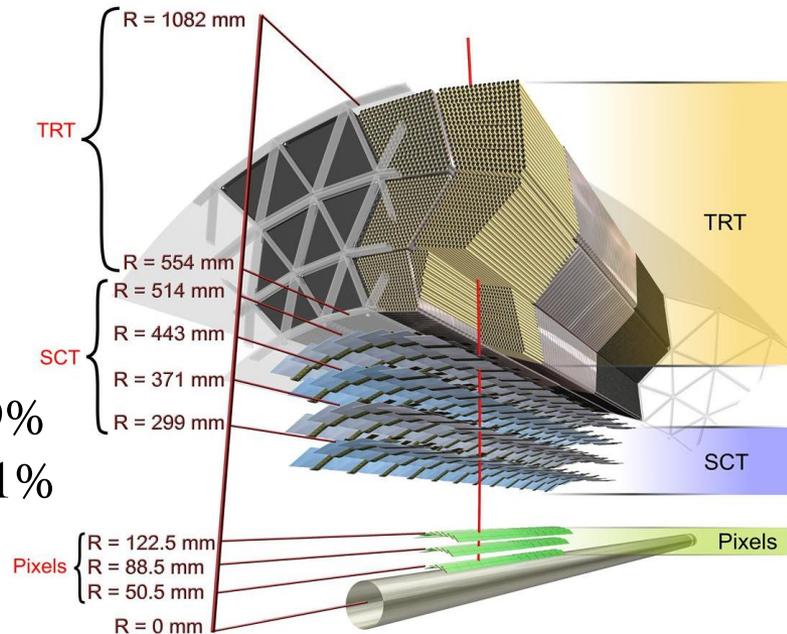
Transition radiation tracker (TRT):

$130\mu\text{m}$  in  $R\phi$



L'ID copre :  $|\eta| < 2.5$  (2.0 for TRT) con 3 misure Pixel, 8 SCT and  $\sim 30$  TRT.

Disegnato per efficienze di traccia  $>90\%$  ( $\pi$ ) e  $99\%$  ( $\mu$ ), misura momenti con  $\sigma_{p_T}/p_T = 0.05\%$   $p_T \oplus 1\%$  e parametri di impatto (ad alti  $p$ ) =  $10\mu\text{m}$

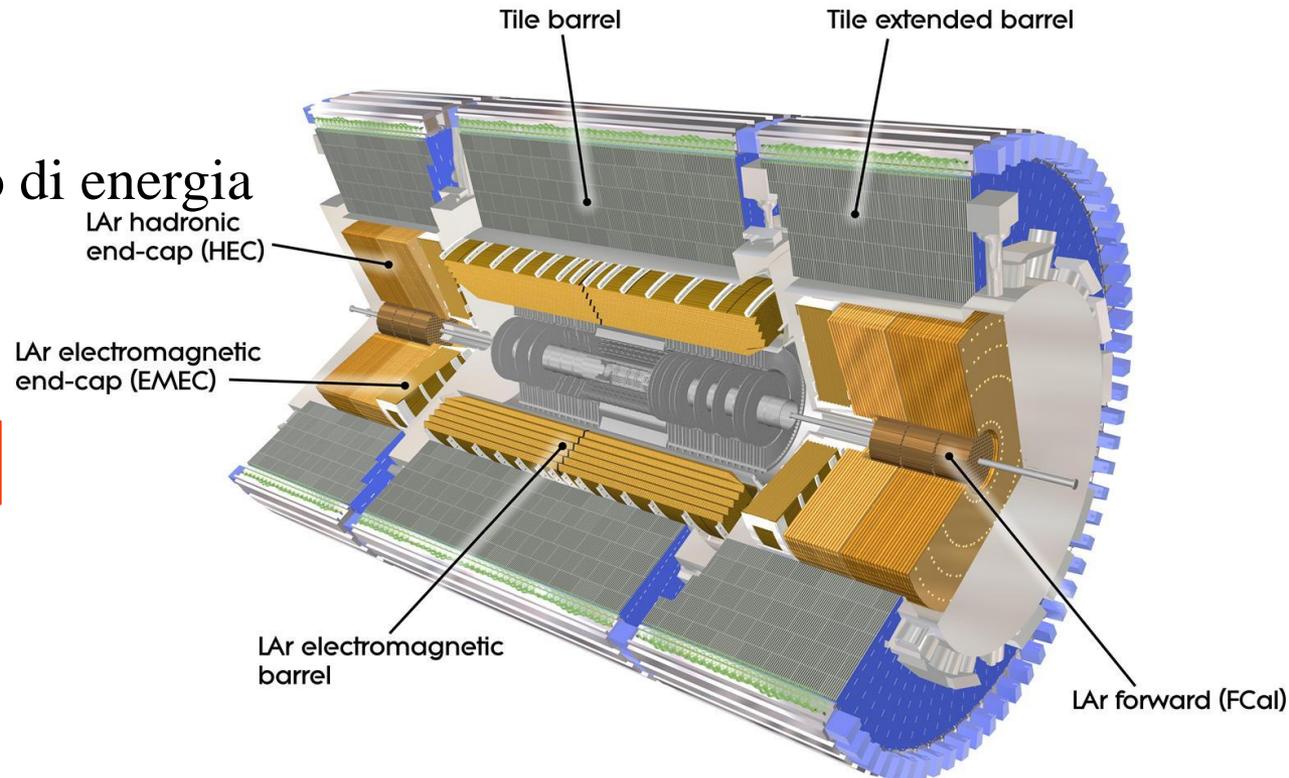


# I calorimetri

- Misurano il deposito di energia (quindi anche l'eventuale sbilanciamento =  $E_T$  mancante)
- Cal. elettromagnetico (LAr):  $\sigma_E/E = 10\%/\sqrt{E} \oplus 0.7\%$ 
  - misura precisa del deposito di energia di fotoni ed elettroni (e adroni (HEC, FCal) oltre l'accettazione del Tile)
  - copertura  $|\eta| < 4.9$

- Cal. adronico (Tile):
  - misura del deposito di energia degli adroni
  - copertura  $|\eta| < 1.7$

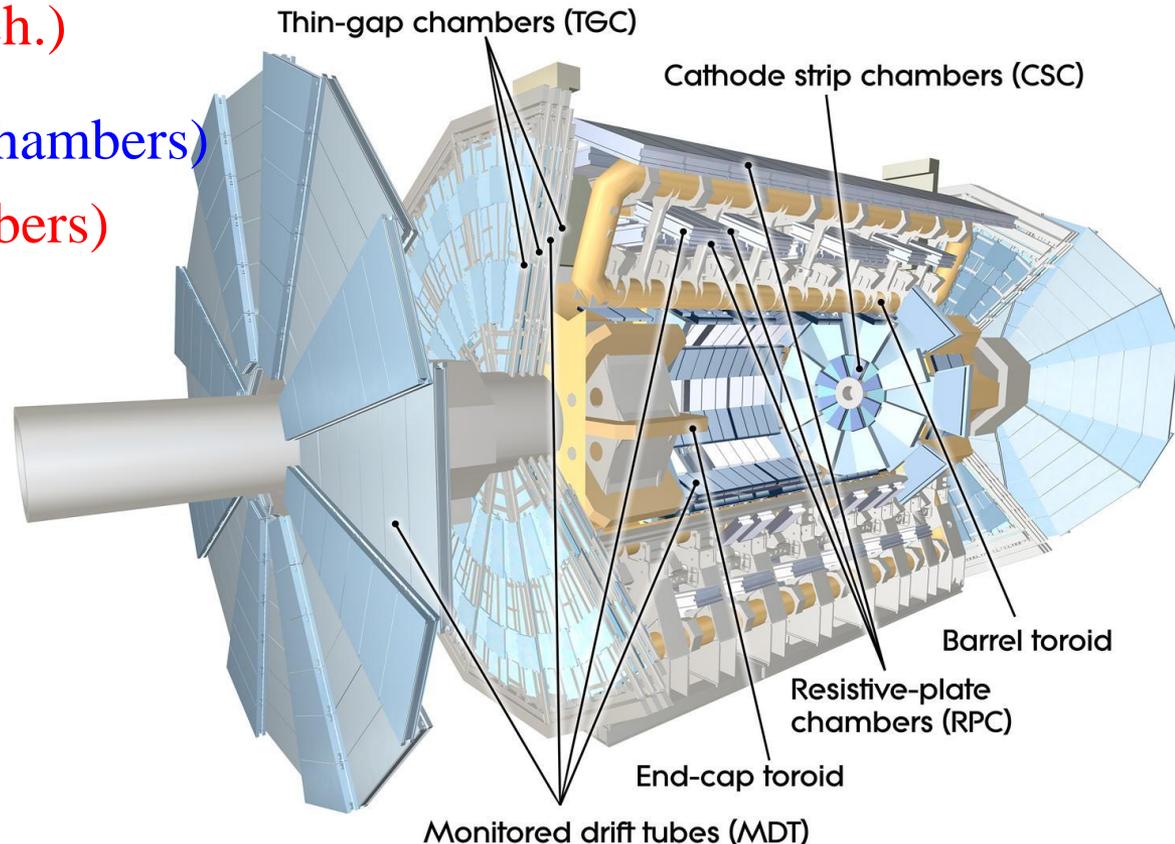
$$\sigma_E/E = 50\%/\sqrt{E} \oplus 3\%$$



# Lo spettrometro a $\mu$

- Immerso in un campo magnetico toroidale di (3x8 toroidi superconduttori) in aria  $\rightarrow \int Bdl \sim 8 \text{ Tm}$
- Camere di misura di precisione e camere di trigger
  - barrel
    - MDT (Monitored Drift Tubes)
    - RPC (Resistive Plate Ch.)
  - end-cap
    - CDC (Cathode Drift Chambers)
    - TGC (Thin-Gap Chambers)
- copertura  $|\eta| < 2.7$

$$\sigma_{p_T} / p_T = 10\% \text{ at } p_T = 1 \text{ TeV}$$



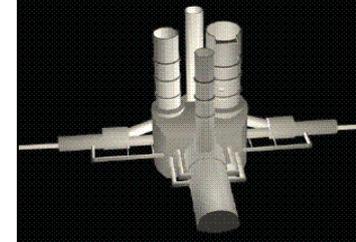
# Aspettando le collisioni: stato del rivelatore

	Sub-detector	# Channels	Op Fraction (%)
Inner Detector	Pixels	80 M	97.9
	SCT – Si strips	6.3 M	99.3
	TRT – TR tracker	350 k	98.2
Calorimetry	EM Liquid Argon Calo	170 k	98.8
	Hadronic Tile Calo	9.8 k	99.2
	Hadronic Lar end-cap Calo	5.6 k	99.9
	LAr Forward Calo	3.5 k	100
Muon Spectrometer	MDT – Central Muon det	350 k	99.7
	CSC – Forward Muon det	31 k	98.4
Trigger	RPC – Barrel Muon trig	370 k	98.5 → 99.5%
	TGC – End-cap Muon trig	320 k	99.4 → 100%
	Level-1 Calo trig	7.2 k	99.9

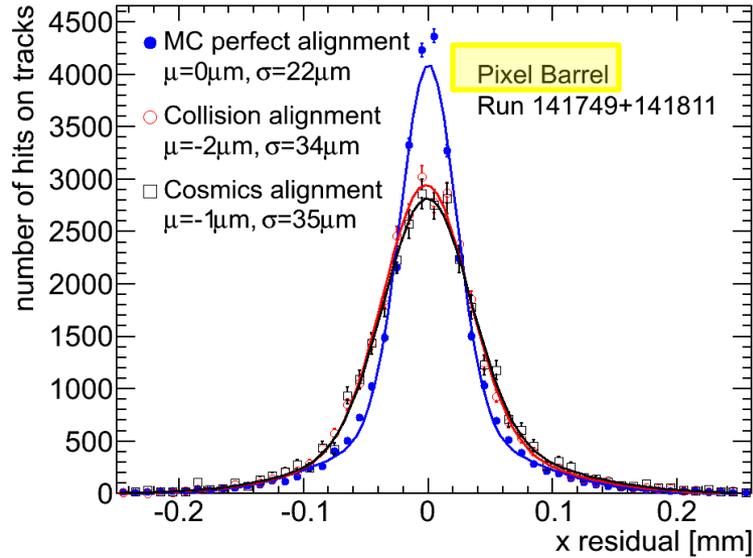
Il rivelatore funziona tutto

Dopo lo shut-down di Gennaio 2010

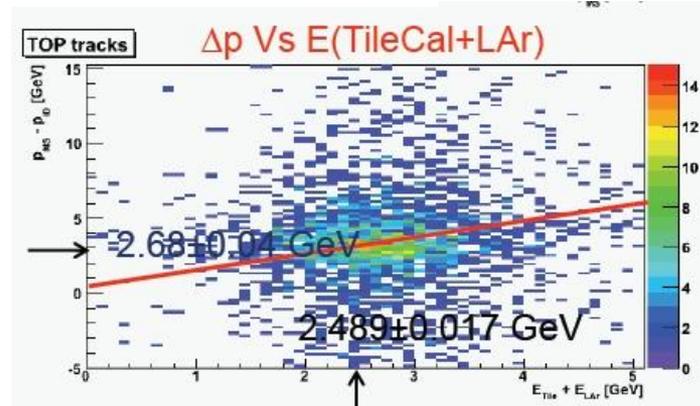
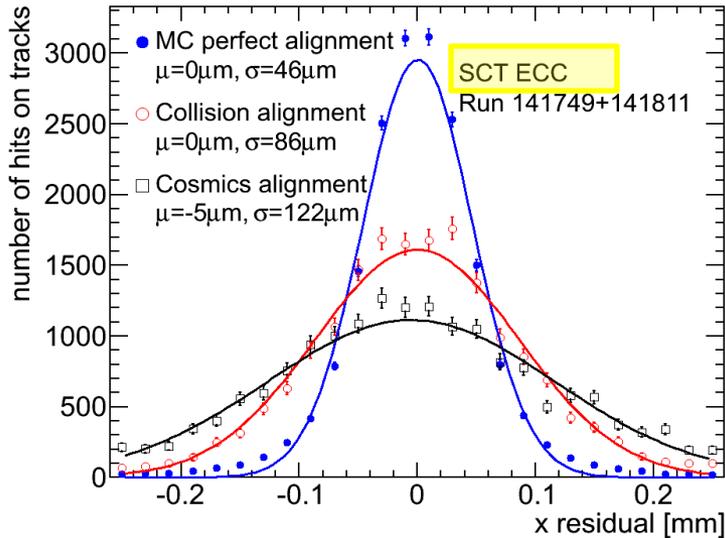
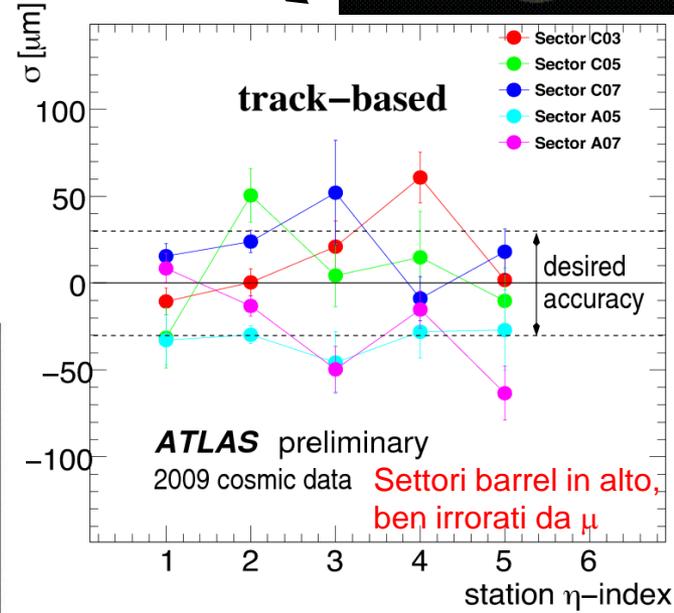
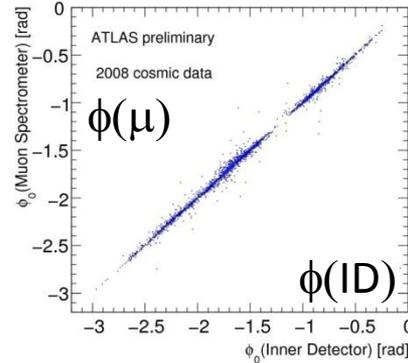
# Aspettando le collisioni: $\mu$ -cosmici per allineare



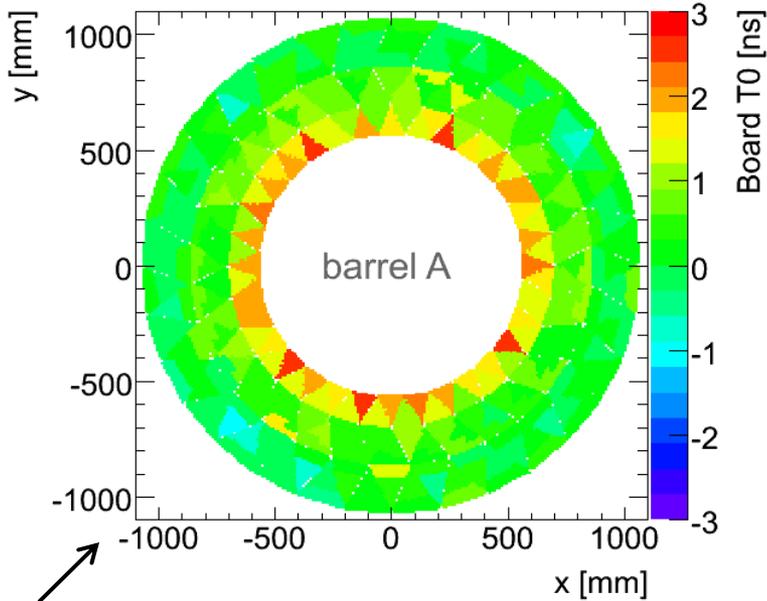
tracciatore e spettrometro  $\mu$



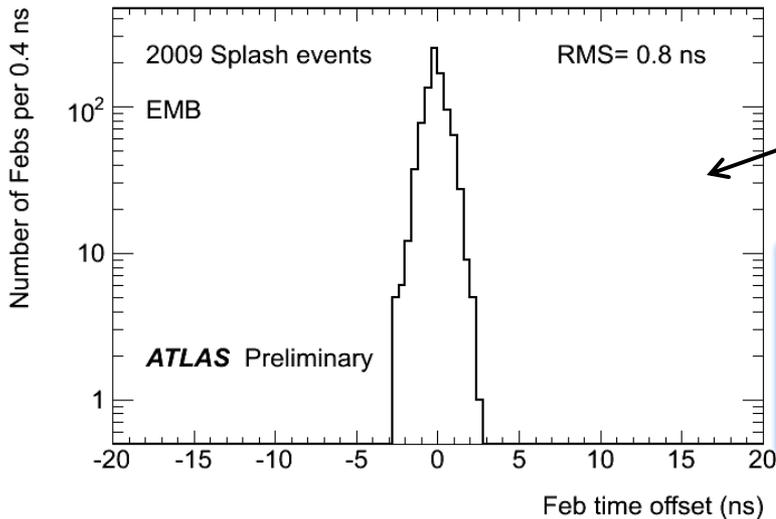
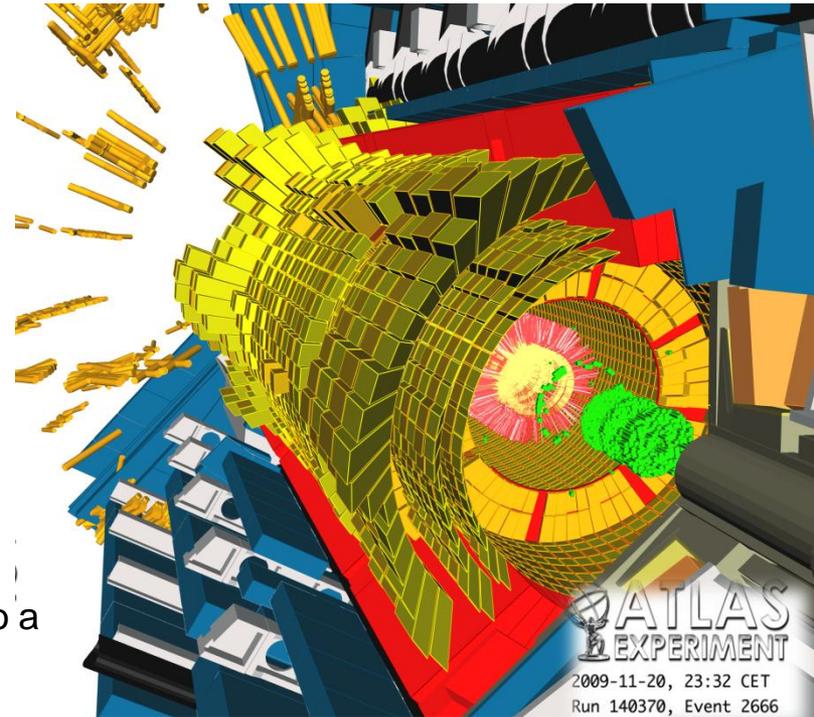
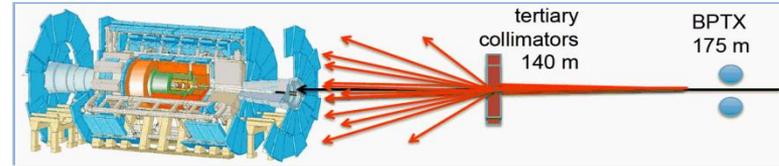
e per correlare



# Preparazione alle collisioni: beam splash e messa in tempo



Evento beam splash nel TRT predisposto per le collisioni (timing entro 2 ns, ToF visibile)



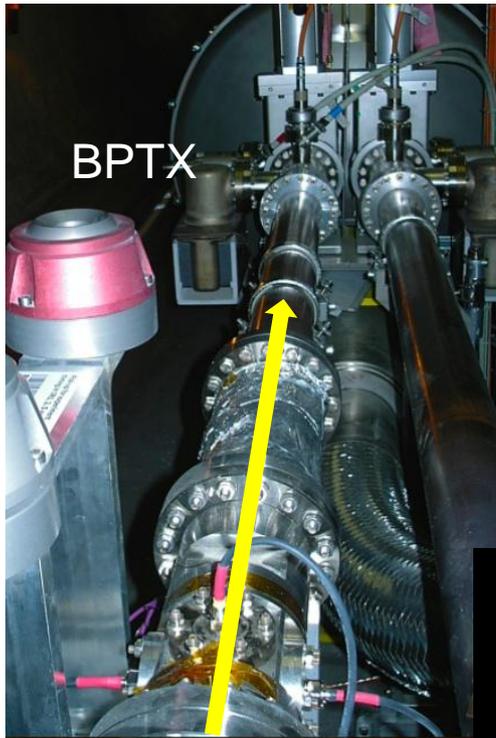
Timing nel calor. elettromagnetico a LAr

EMB, LAr Em Barrel:	0.8 ns
EMEC, LAr Em EndCap:	0.8 ns
HEC, LAr Hadr EndCap:	1.2 ns
FCAL, Forward calo:	1.1 ns

# Trigger per selezionare le collisioni p-p

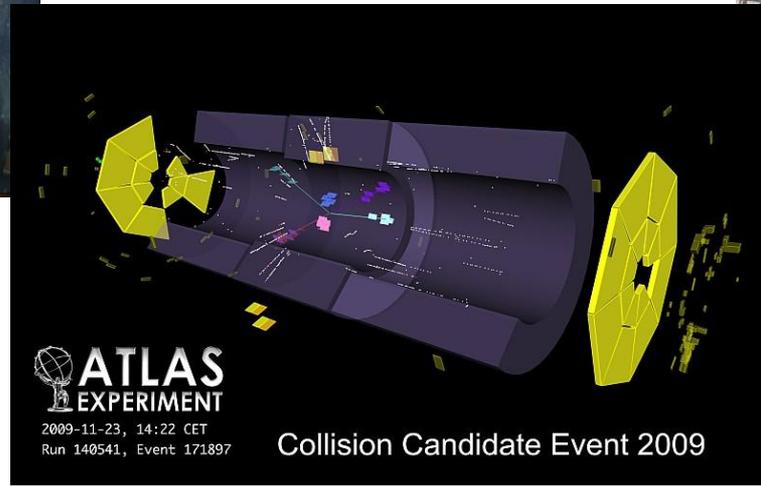
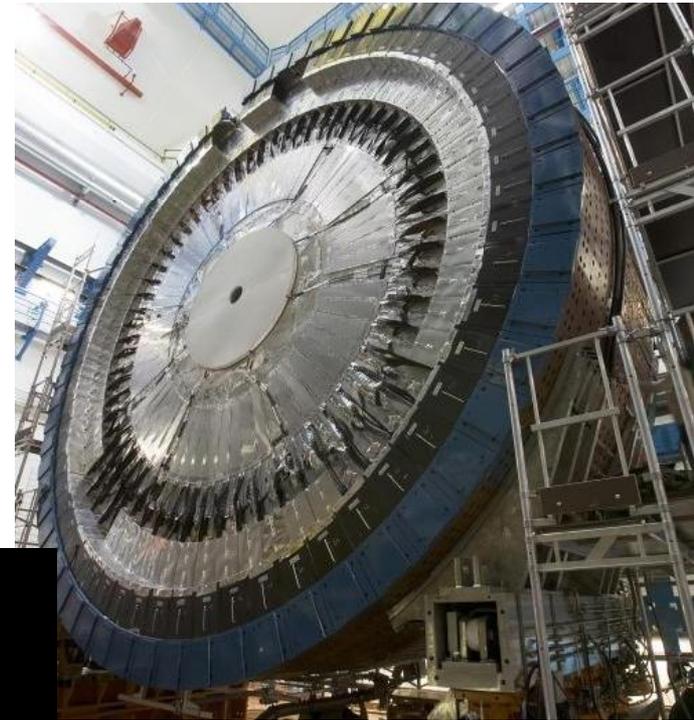
Il trigger di ATLAS e' a 3 livelli di selettivita' crescente e in grado di gestire 40MHz di collisioni (registrandone solo 200Hz).

Per il run di Dicembre 09 molto piu' semplice: basato su "passaggio dei fasci" (= BPTX) e "particelle in una regione dell'angolo solido" (=MBTS).



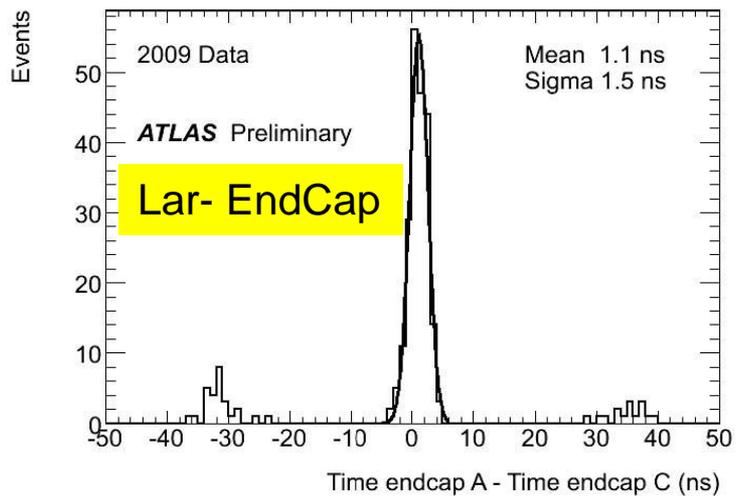
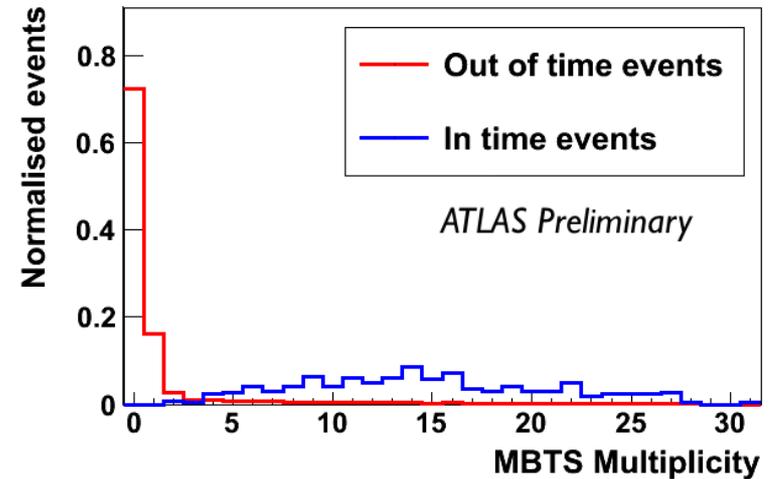
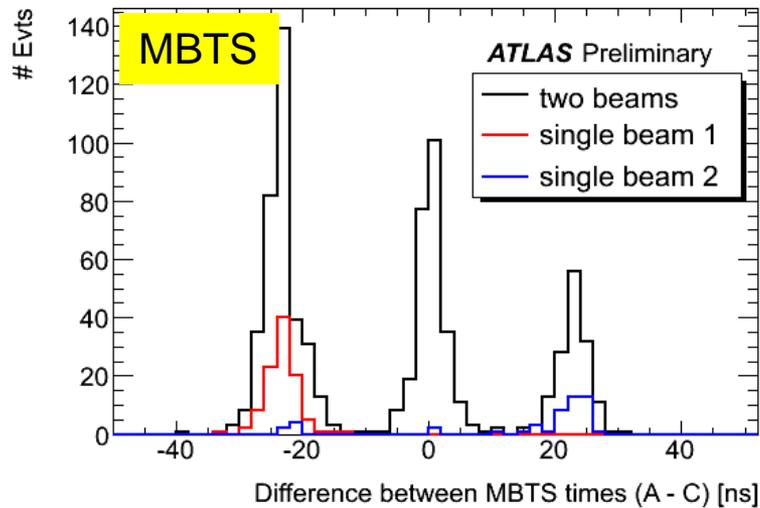
BPTX= beam pick-up elettrostatico situato a 175m da ATLAS

MBTS= Minimum Bias Trigger Scintillator, montato sull'EC Lar a 3.5m dall'IP, copre con 16+16 elementi la regione  $2.1 < |\eta| < 3.8$



Evento di collisione p-p a 900 GeV. Gli elementi MBTS sopra soglia sono in giallo brillante

La separazione tra collisioni e fondo (di singolo fascio) e' fatta sul tempo di volo



Out of time:  $|t_A - t_C| > 7.5$  ns  
 In time:  $|t_A - t_C| < 7.5$  ns

# Strategia di trigger (esempio su uno spill)

Inizio dello spill, si registrano collisioni (MBTS)



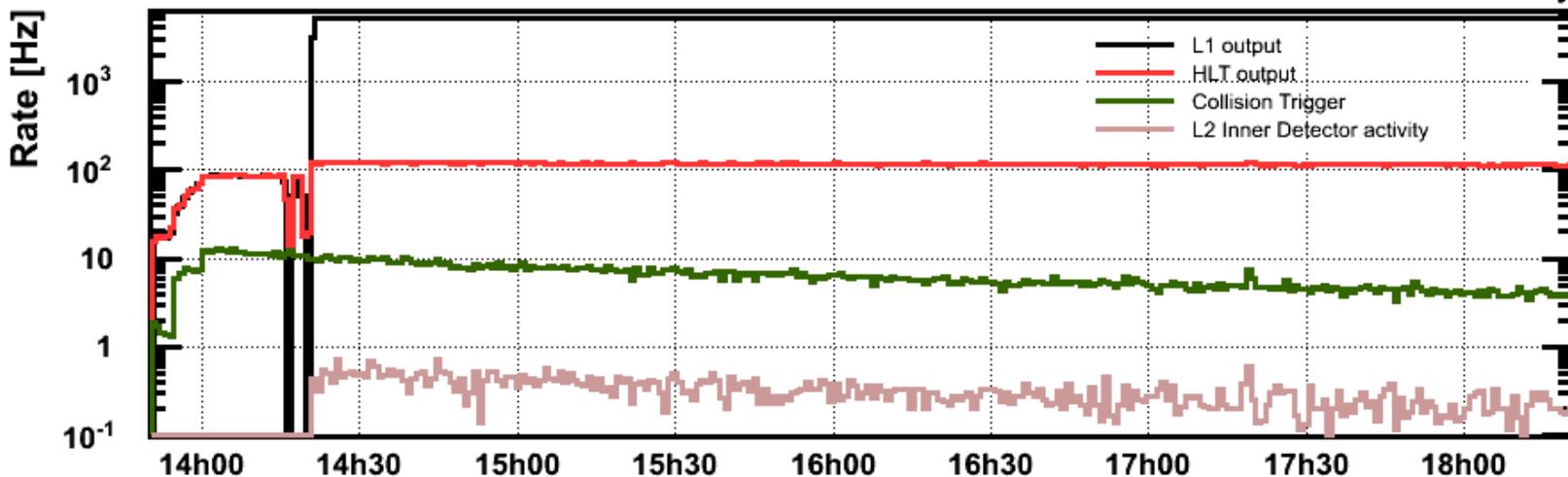
Appena c'è "Stable Beam" si accende il Tracker e si possono usare algoritmi di filtro (prescalati) x normalizzazione e studio.



L2 Inner detector riceve 5% di L1 BPTX e triggera in base al # di space points nell'ID. Se rapporto tra collision trigger e L2 ID è 20 significa che il filtro è altamente efficiente.

Run: 142193, 12, Dec. 2009

ATLAS Preliminary

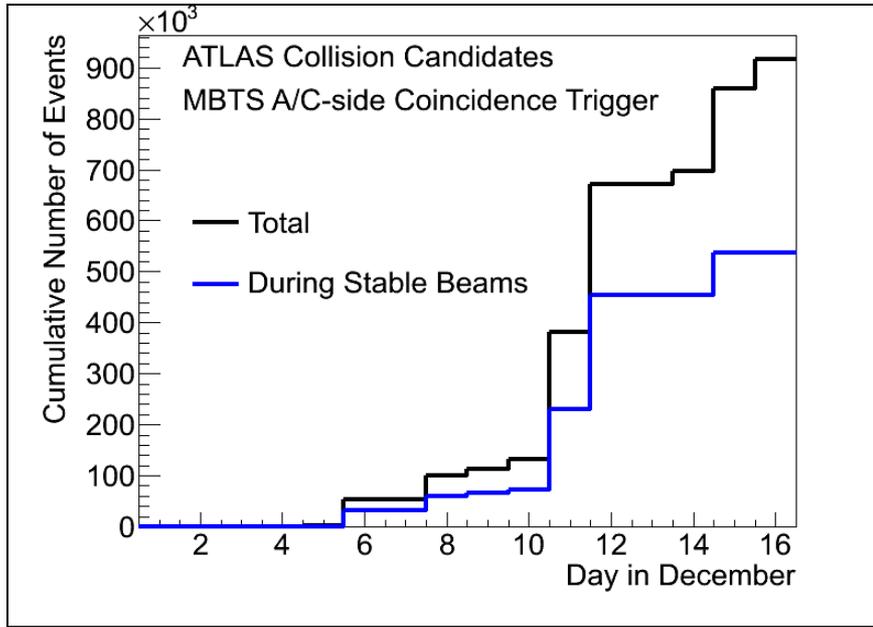


*Trigger rate collisioni* ~ 10 Hz all'inizio dello spill

*Level1 Trigger* ~ 5kHz con BEAM STABLE, dominato da L1 BPTX

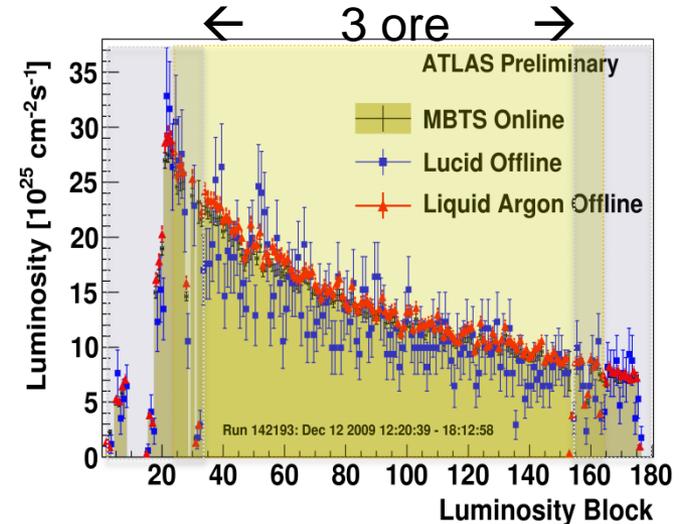
*Output data rate (HLT)* ~ 100 Hz costante nel run, dominato da stream di calibrazione/monitor/RANDOM trigger

# Luminosita' integrata raccolta nel 2009



Il trigger MBTS al L1 ha  $\epsilon \sim 85\%$  x le collisioni e contiene qualche % di fondo non di collisioni.

La luminosita' e' misurata con MBTS, LUCID e LAr



Massima Luminosita' istantanea vista da ATLAS:  $\sim 7 \times 10^{26} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Data	No di eventi	Luminosita' integrata ( $\mu\text{b}^{-1}$ ) <i>Incertezza sist. &lt;30%</i>
Total $\sqrt{s} = 900 \text{ GeV}$ (Stable beam)	917k (538k)	$\sim 20$ ( $\sim 12$ )
Total $\sqrt{s} = 2.36 \text{ GeV}$	34k	0.7

## La prima misura : Charged-particle multiplicities in pp interactions at $\sqrt{s} = 900$ GeV

Questa misura vincola i modelli fenomenologici di soft-QCD ed e' quindi importante per la comprensione dei fenomeni ad alto  $p_T$  al LHC.

$$\sigma_{Tot} = \sigma_{el} + \sigma_{SD} + \sigma_{DD} + \sigma_{ND}$$

The diagram shows three sub-diagrams within a blue box. The first, labeled 'el', shows two protons (p) colliding and emerging as two protons (p) with a red 'P' in the center and a blue 'M' at the bottom. The second, labeled 'SD', shows two protons (p) colliding, with one proton (p) emerging on the left and a multi-particle system on the right, with a red 'P' in the center. The third, labeled 'ND', shows two protons (p) colliding and emerging as two multi-particle systems, with a red 'P' in the center. A large blue arrow points downwards from the box.

Single **D**iffractive  
 Double **D**iffractive  
 Non **D**iffractive

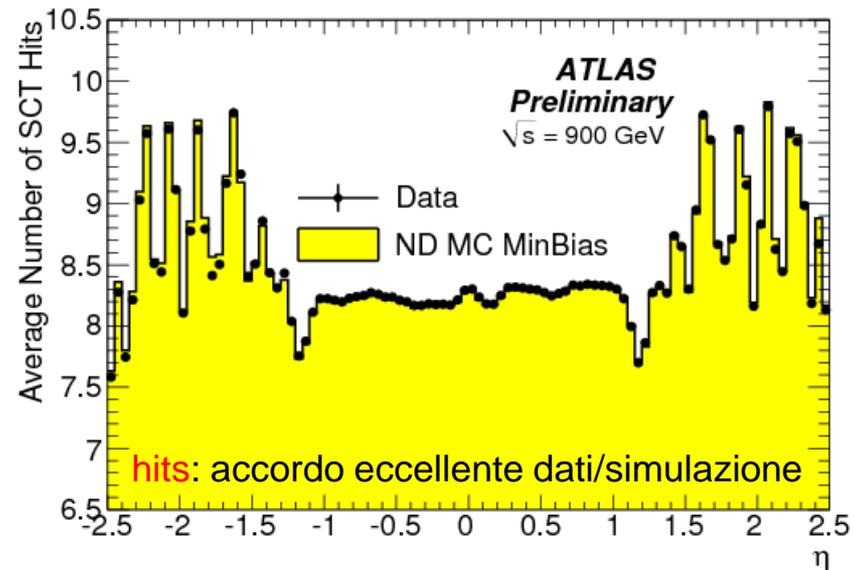
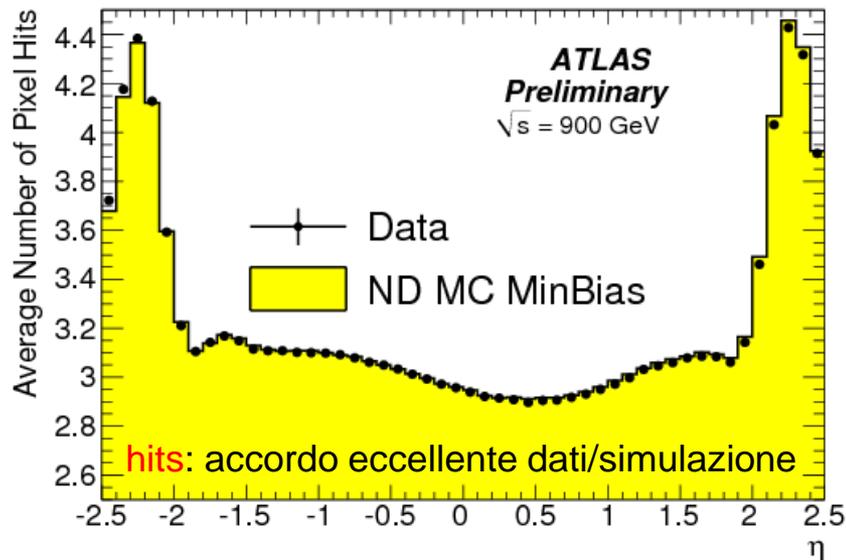
Per studiare le **collisioni inelastiche** si deve usare un trigger di minimum bias e misurare la distribuzione delle particelle cariche primarie ( $\tau > 0.3 \cdot 10^{-10}$  s).

$$\frac{1}{N_{ev}} \cdot \frac{dN_{ch}}{d\eta}, \quad \frac{1}{N_{ev}} \cdot \frac{1}{p_T} \cdot \frac{dN_{ch}}{dp_T}, \quad \frac{1}{N_{ev}} \cdot \frac{dN_{ev}}{dN_{ch}}, \quad \langle p_T \rangle \text{ vs. } N_{ch}$$

queste distribuzioni sono misurate nell'intervallo  $p_t > 500$  MeV e  $|\eta| < 2.5$  mediante il tracciatore interno.

# Verifica del funzionamento del tracciatore interno

Importante misurarne l'efficienza (di hit/traccia/vertice) e la scala dei momenti

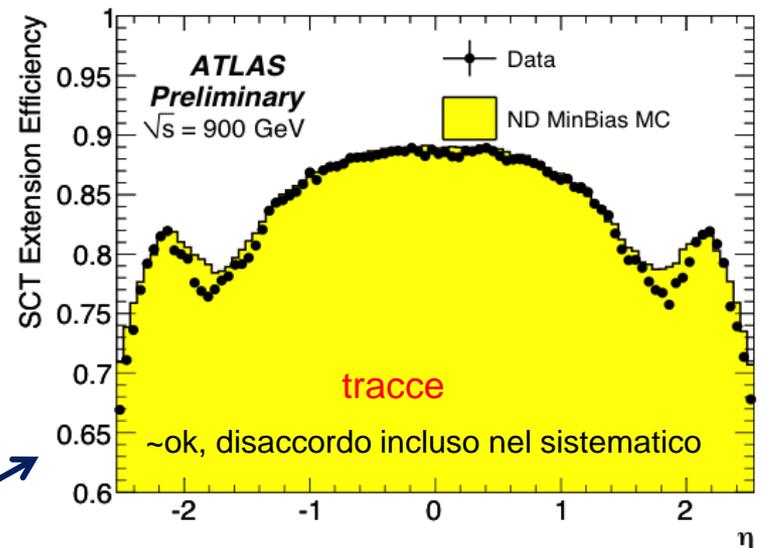


Il contributo maggiore alla misura dell'efficienza di traccia viene dagli effetti del materiale.

Si sono usati vari metodi:

- a) segmenti Pixel  $\rightarrow$  SCT
- b) massa del  $K_s^0$

Segmenti ricostruiti nei Pixel ed estrapolati nell'SCT

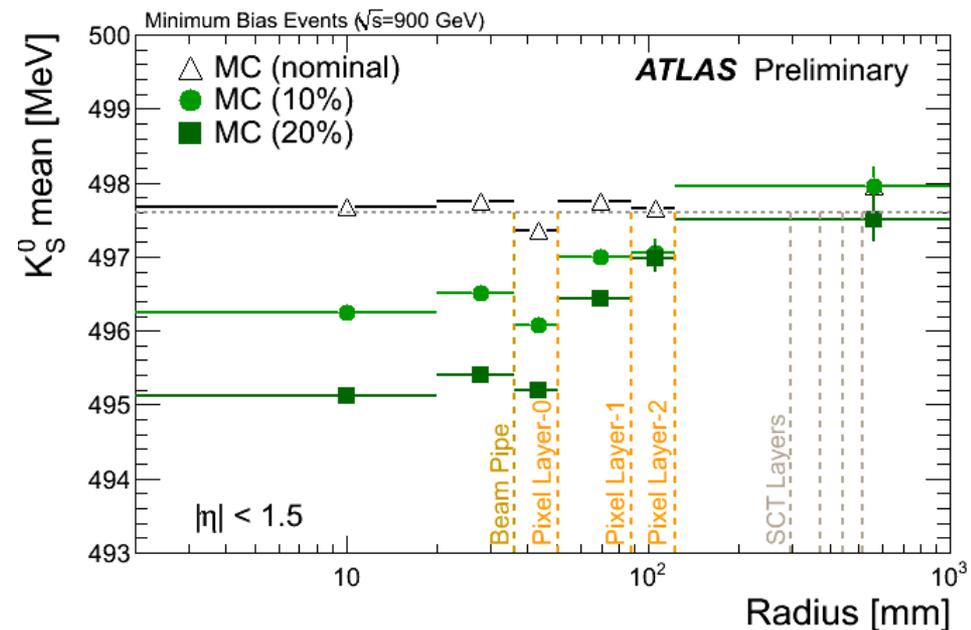
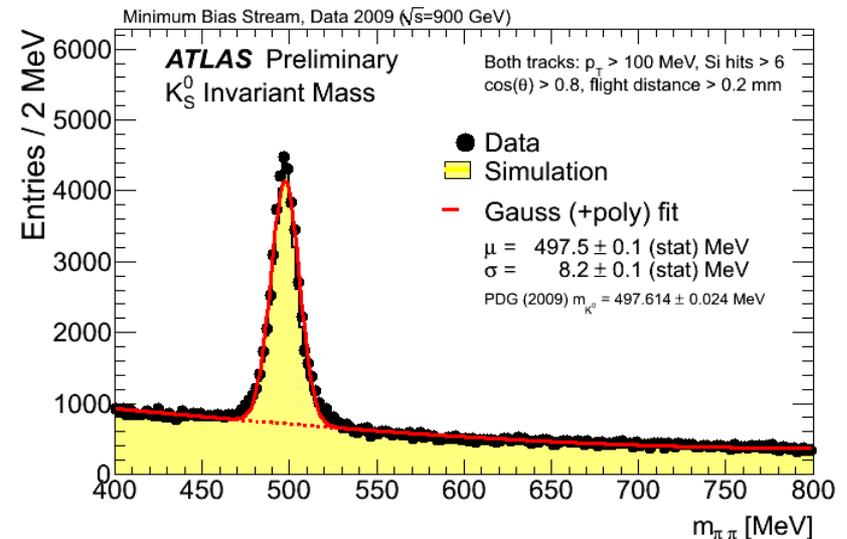


La misura della massa del  $K_S^0$  e' in accordo con la simulazione (e PDG) → la scala dei momenti e' capita bene (a questi  $p_T$ )

La massa misurata del  $K_S^0$  e' sensibile alla quantita' di materiale attraversato (correzione per il  $dE/dx$  cambia il momento)

Si confrontano dati/simulazione e al variare del materiale (+10% e +20%).

Metodo per ora sensibile al volume dei Pixel (soprattutto barrel), si estendera' a SCT e alti  $\eta$  con piu' statistica

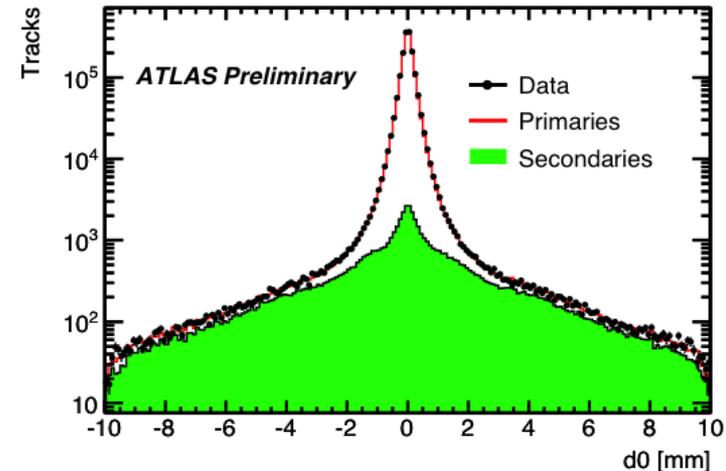
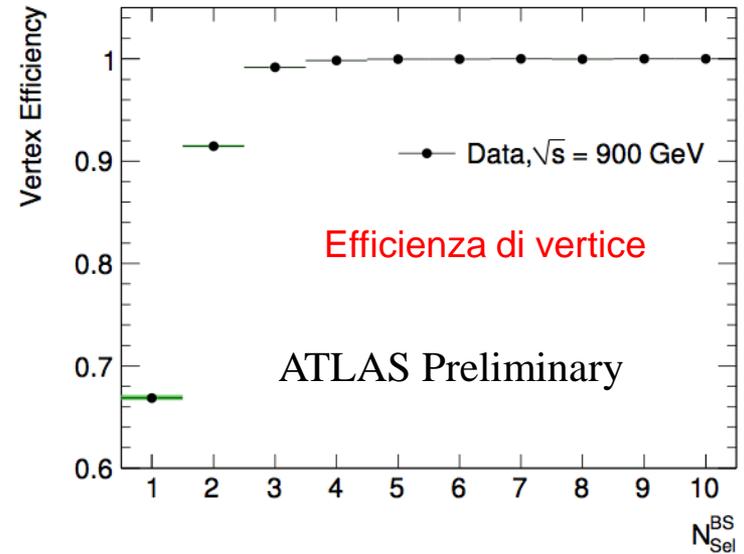


# Strategia di analisi

- Si usano tutti i dati a 900 GeV raccolti in condizioni di fascio stabile e con trigger, tracciatore e solenoide in condizioni operative.
- Si misurano le distribuzioni inelastiche “fully inclusive” per evitare ogni dipendenza dal modello e facilitare il confronto esperimento/modello.
- Si studiano eventi con
  - Un vertice primario ricostruito ed almeno 1 traccia ricostruita con:
    - $p_T > 500 \text{ MeV}$ ,  $|\eta| < 2.5$
    - $\geq 1$  hit nei pixel,  $\geq 6$  hits nel SCT
    - $|d_0^{\text{PV}}| < 1.5 \text{ mm}$ ,  $|z_0^{\text{PV}}|\sin(\theta) < 1.5 \text{ mm}$
- Si corregge per gli effetti del trigger e dell’(in)efficienza di vertice & traccia al livello di ciascuna particella
  - ma non si estrapola al di fuori del nostro spazio-fasi.
- Cio’ lascia **~326k eventi** per questa analisi
  - Il fondo dovuto al fascio e’ stimato (usando bunch che non collidevano) a  $< 10^{-4}$

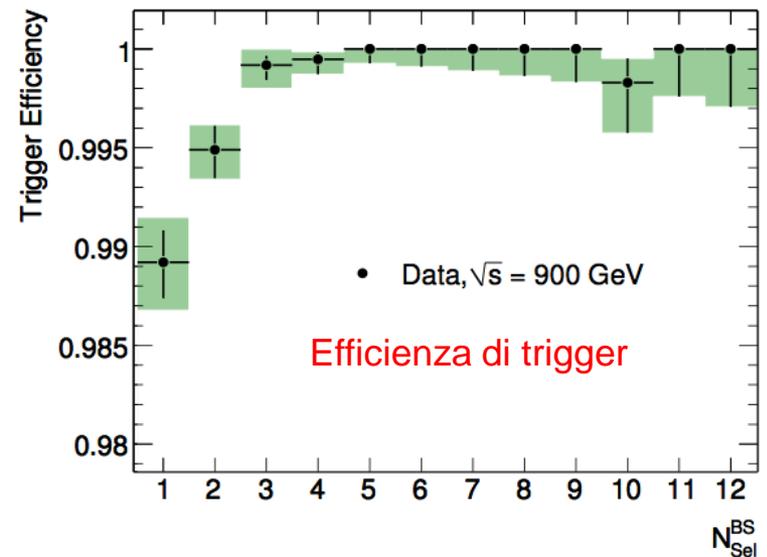
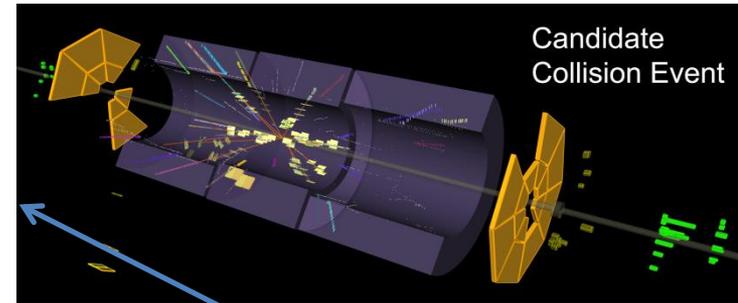
# Misura dell'efficienza di vertice

- Il vertice primario ricostruito deve
  - contenere  $\geq 3$  tracce con
    - $p_T > 150$  MeV,  $|d_0^{BS}| < 4$  mm
  - L'efficienza di ricostruzione di vertice e' derivata completamente dai dati
    - $\sim 100\%$  per eventi con almeno 4 tracce
    - Incertezza sistematica  $< 0.1\%$
- Il taglio su  $d_0$  e  $z_0$  rimuove le tracce secondarie
  - La frazione di tracce secondarie residue e' stimata estrapolando la distribuzione di parametri di impatto
    - $2.20\% \pm 0.05$  (stat)  $\pm 0.11$  (syst) delle tracce selezionate

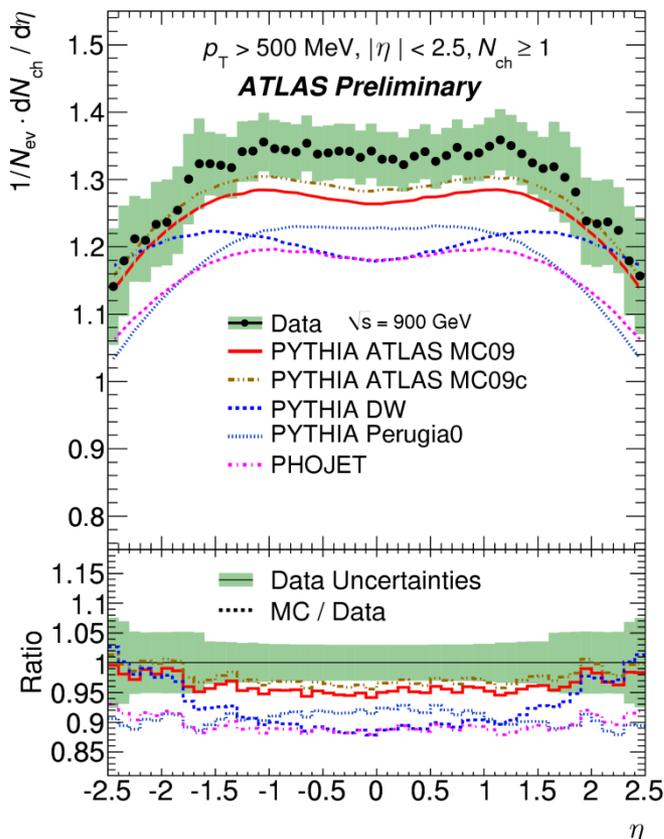


# Misura dell'efficienza del trigger

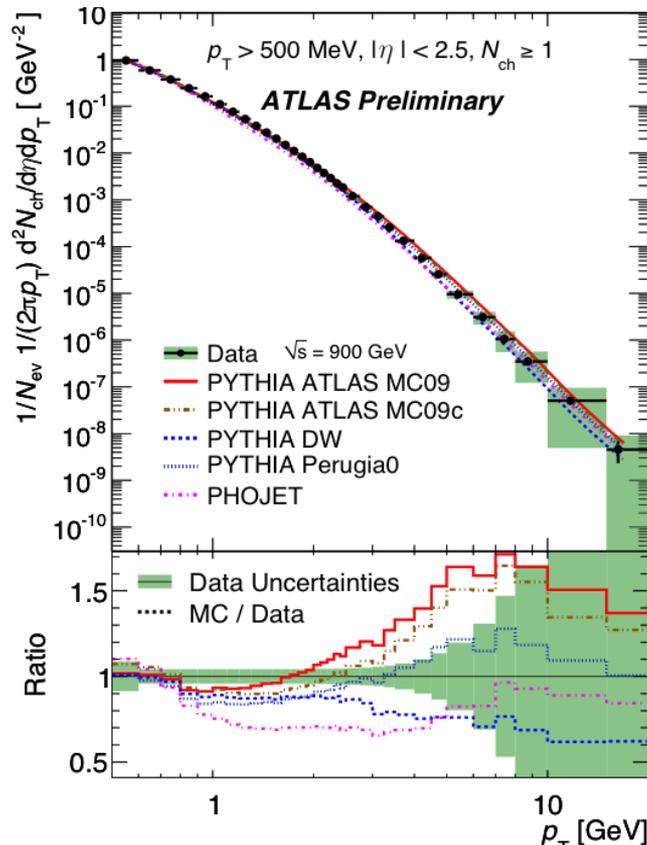
- Il trigger e' molto "aperto" e semplice
  - un solo hit in un solo ramo MBTS
- L'efficienza di trigger e' misurata usando i dati
  - con trigger indipendenti che richiedono
    - bunch che collidono in ATLAS
    - almeno 6 hits in Pixel/SCT e una traccia "loose" con  $p_T > 200$  MeV
- L'efficienza di trigger vs la selezione di analisi e' molto alta
  - il taglio su  $d_0$  e' fatto vs la beam spot (non il PV), non c'e' taglio  $z_0$
- Non ci sono bias osservati vs  $\eta$ ,  $p_T$
- L'incertezza sistematica e' molto piccola  $< 0.03\%$



# Risultati: densita' di particelle cariche vs $\eta$ e $p_T$



dati ATLAS eccedono i valori previsti dai modelli (tunati in regioni di spazio-fasi diverse)



Accordo dati/modelli solo per  $p_T < 0.7 \text{ GeV}$  (i dati arrivano fino a 15 GeV)

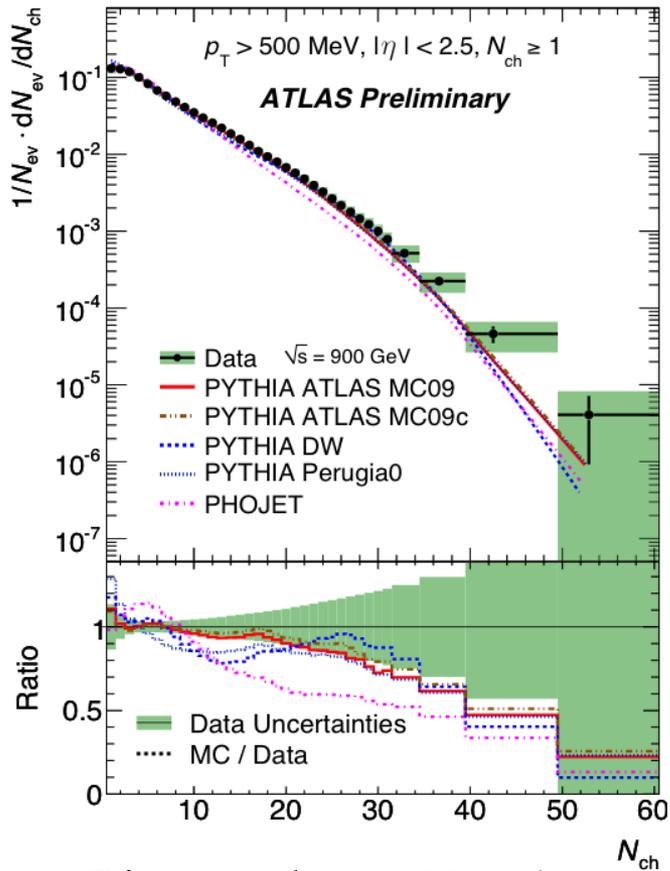
$N_{ch}$ : numero di particelle cariche primarie

Normalizzato al # di eventi selezionati  $N_{ev}$

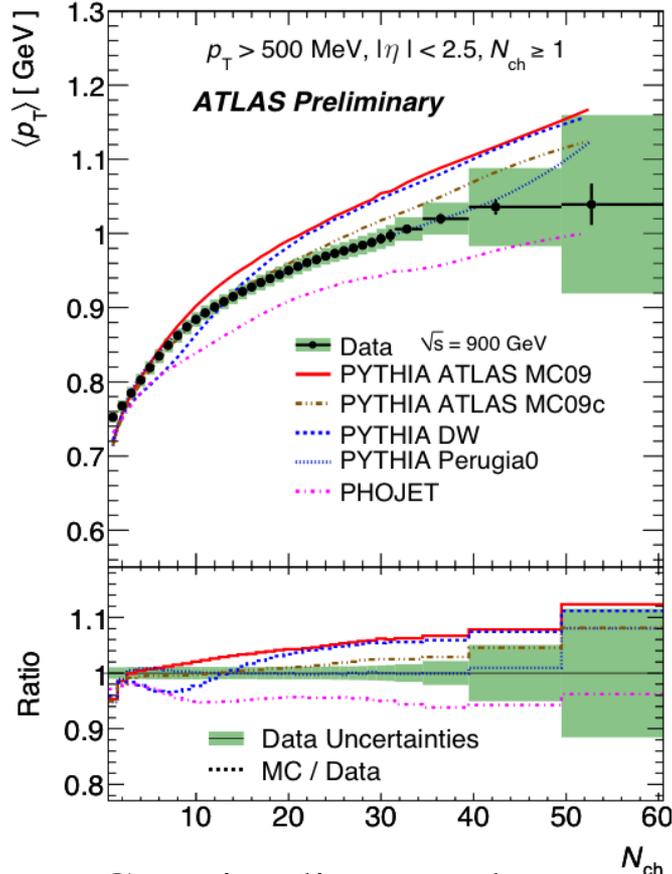
$p_T > 500 \text{ MeV}$   
 $|\eta| < 2.5$   
 $N_{ch} \geq 1$

Errore sistematico domina ed e', a sua volta, dominato dalla limitata conoscenza del materiale

# Risultati: molteplicita' di particelle cariche e $\langle p_T \rangle$ vs $N_{ch}$

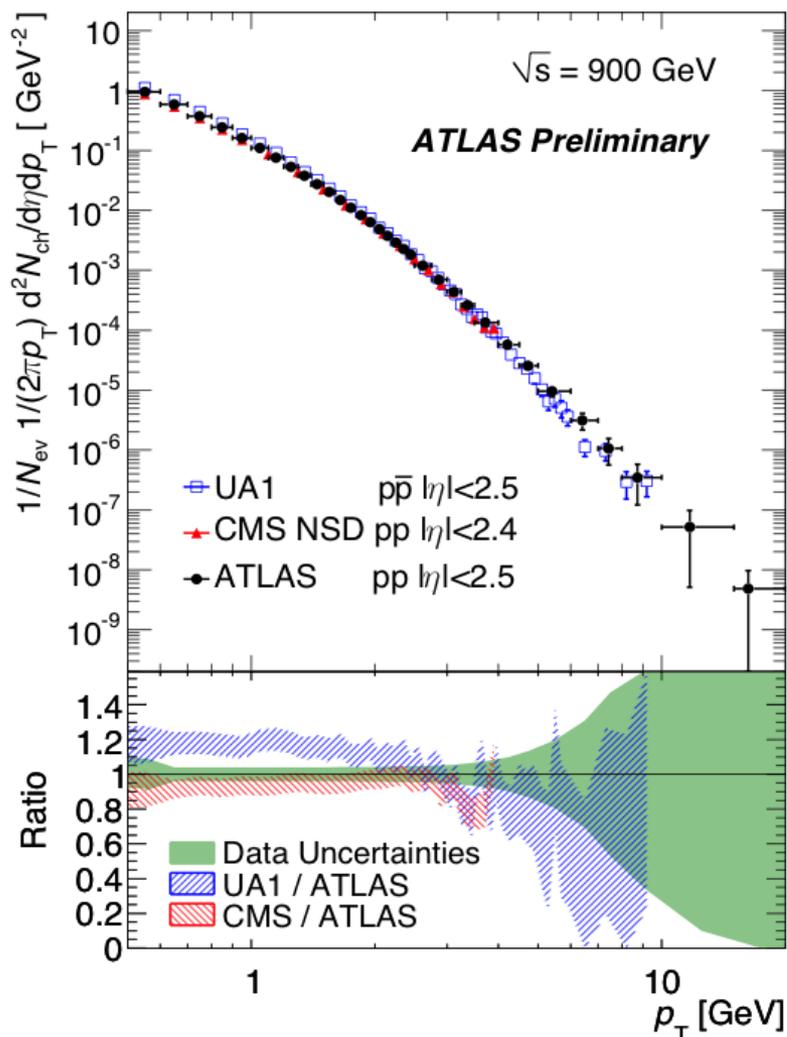


Disaccordo per  $N_{ch}=1$  e  $N_{ch}>10$  ( di segno opposto)



Crescita di  $\langle p_T \rangle$  al crescere di  $N_{ch}$  cambiamento di pendenza per  $N_{ch}>10$  (come CDF)

# Confronto con altri esperimenti



## Confronto con CMS:

$N_{ch}$  minore di quanto misurato da ATLAS (ma CMS corregge per l'efficienza di selezione delle componente DD).

### ATLAS Preliminary $\langle N_{ch} \rangle$

$|\eta| < 2.5$        $1.333 \pm 0.003(\text{stat.}) \pm 0.040(\text{syst.})$

NSD  $|\eta| < 2.4$        $1.241 \pm 0.040$

➔ NSD ottenuta usando Pythia DW tune (Tevatron)

CMS NSD ( $p_t > 0.5$  GeV)

$1.202 \pm 0.043$

## Confronto con UA1:

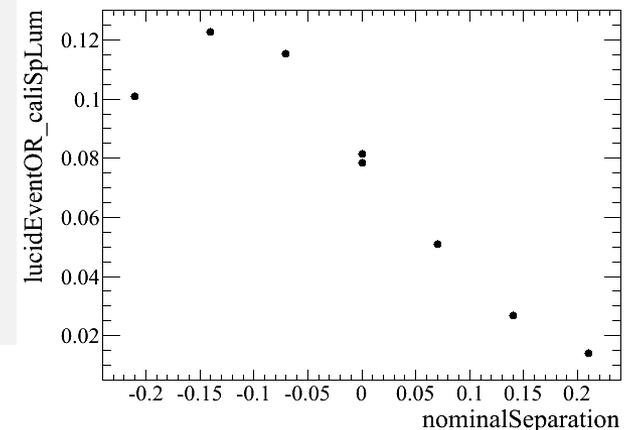
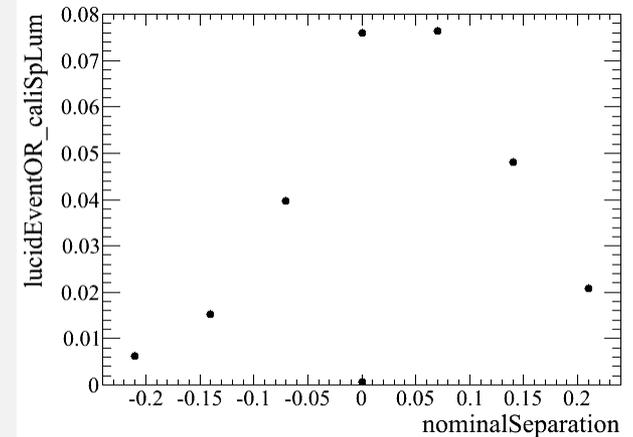
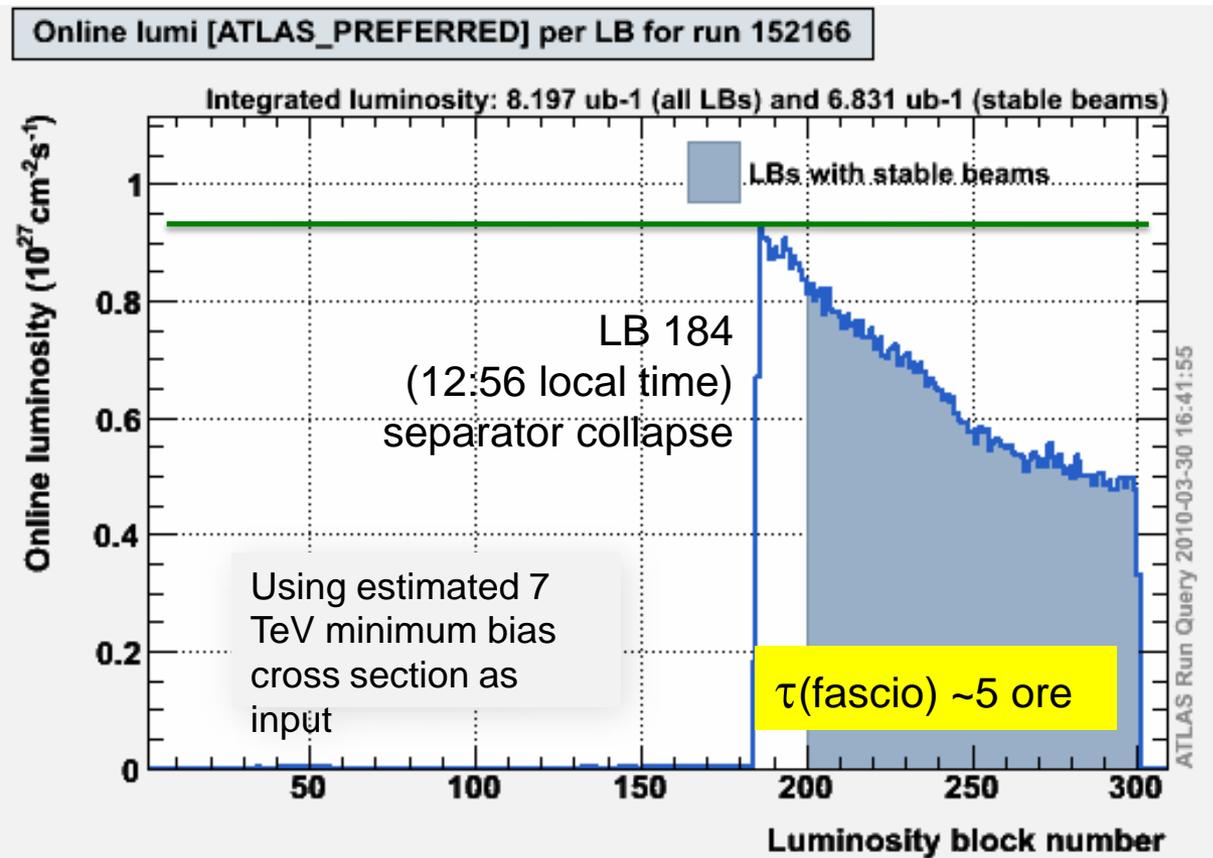
$N_{ch} \approx 20\%$  maggiore che in ATLAS

UA1 ha usato un trigger “double arm” che sopprime le basse molteplicita’.

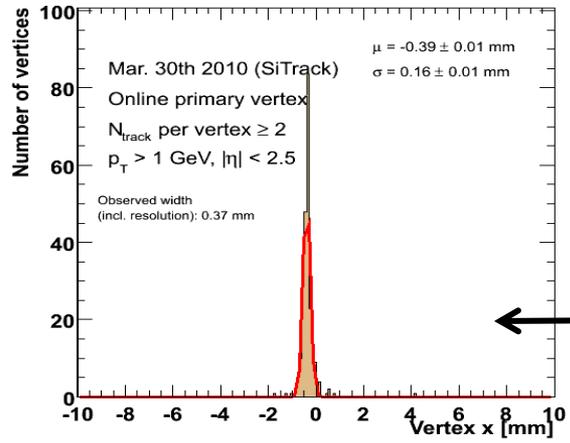
# E ora?

- Dal 30/3/2010 @12.58 abbiamo iniziato a misurare collisioni a 7 TeV
- Già' il primo pomeriggio la statistica raccolta in condizione di fascio stabile ha ~eguagliato quella di Dicembre.

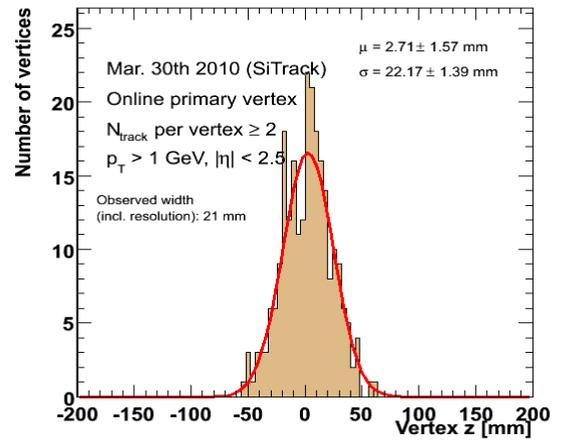
Scan di luminosita' (31/3): fascio fuori di (30 $\mu$ m(h) e 130 $\mu$ m(v)).  
Centrando +60% lumi.



# Confronto beam spot a 7 e 0.9 TeV

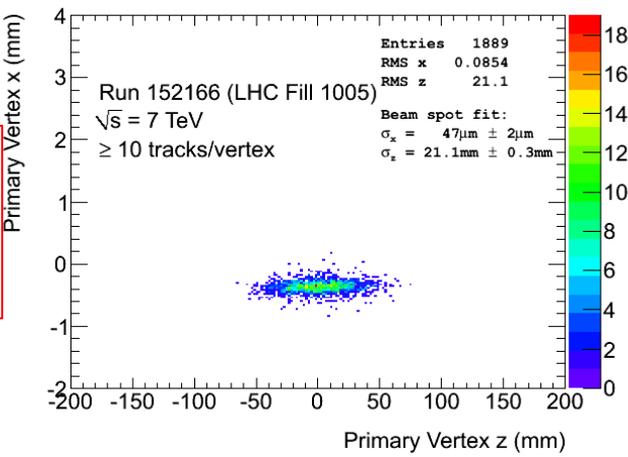


← Horiz. beam width (on line) = 370 μm

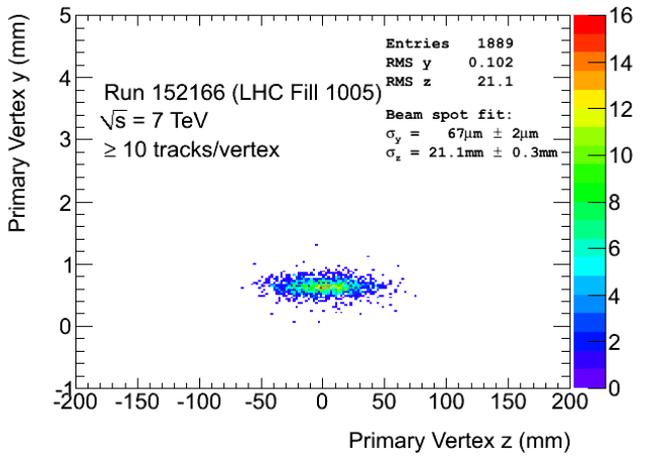


7 TeV

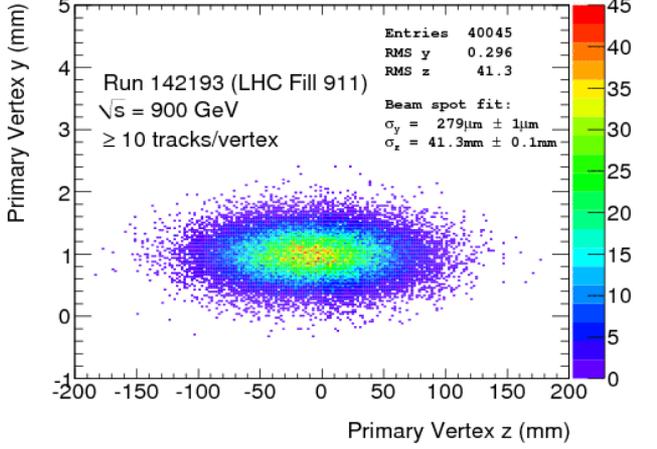
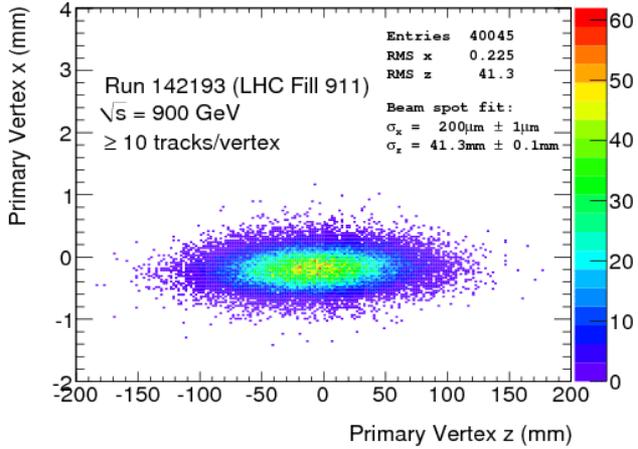
orizzontale



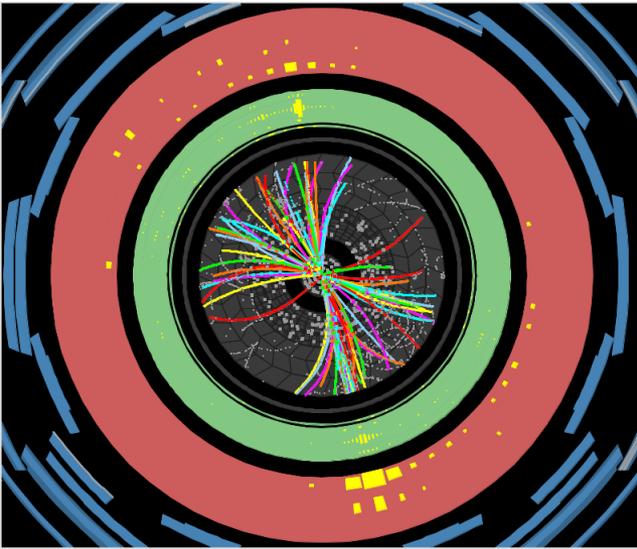
verticale



0.9 TeV



$\Delta\phi \sim 176$  degrees  
 $\Sigma(E_T\text{-jets}) \sim 300$  GeV

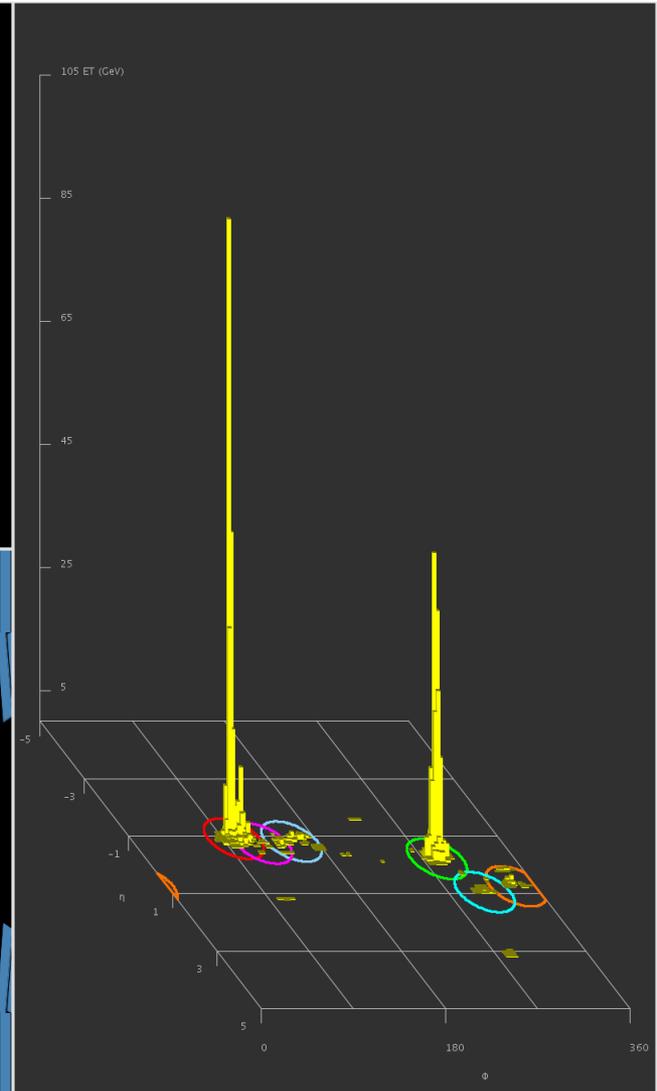
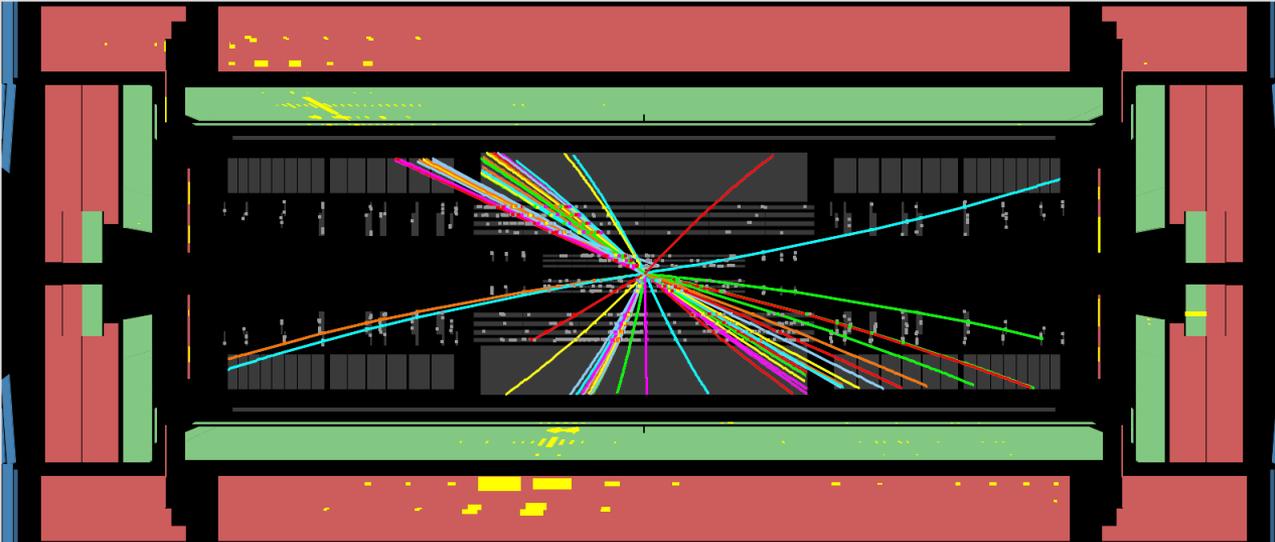


# ATLAS EXPERIMENT

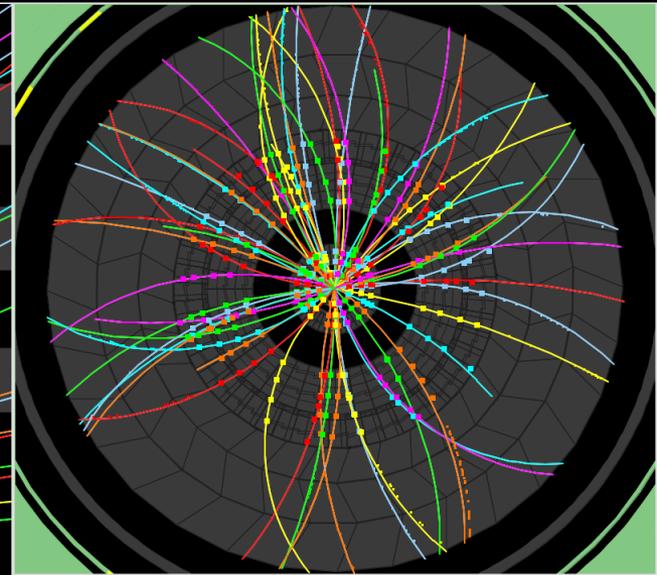
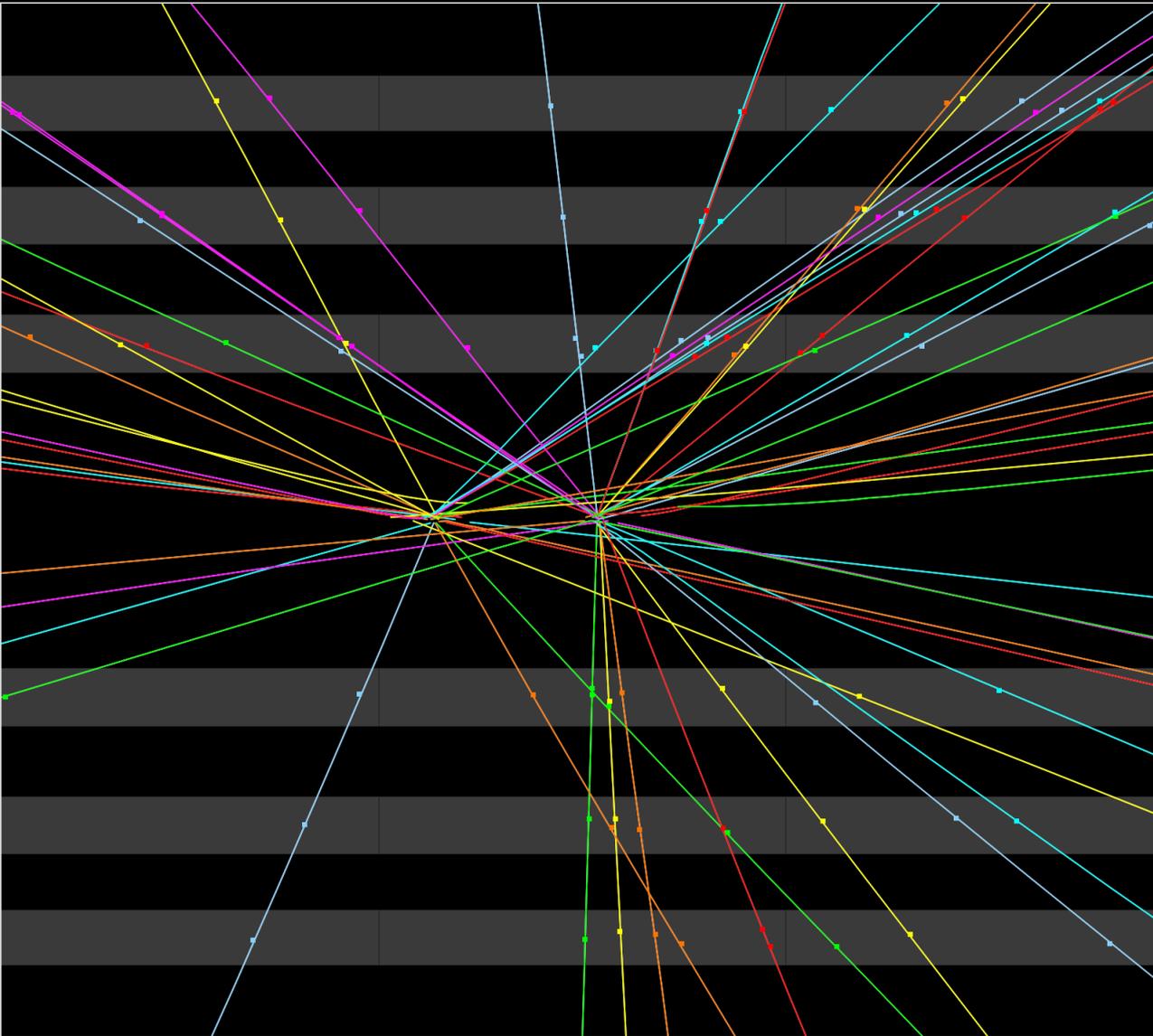
Run Number: 152166, Event Number: 810258

Date: 2010-03-30 14:56:29 CEST

## Di-jet Event at 7 TeV



# Collision Event at 7 TeV with 2 Pile Up Vertices



**ATLAS**  
**EXPERIMENT**

Run Number: 152166, Event Number: 467774

Date: 2010-03-30 13:31:46 CEST

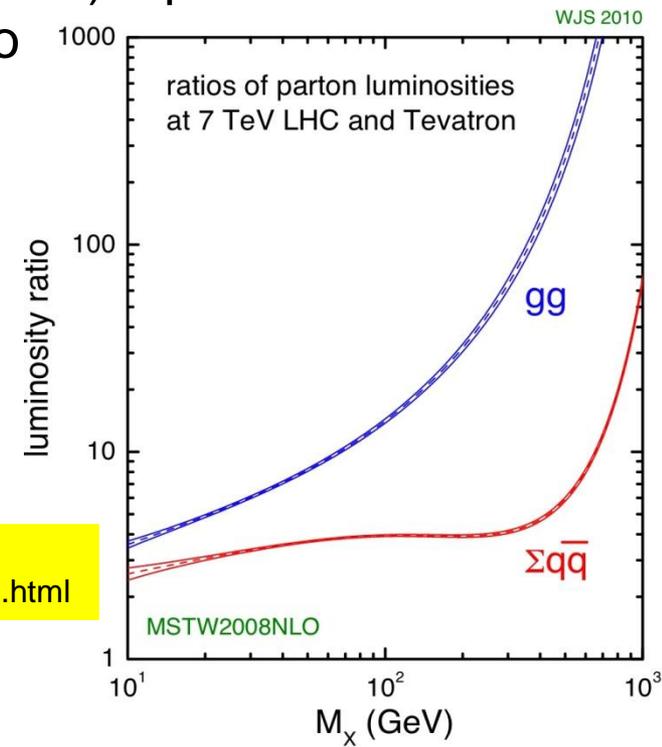
<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

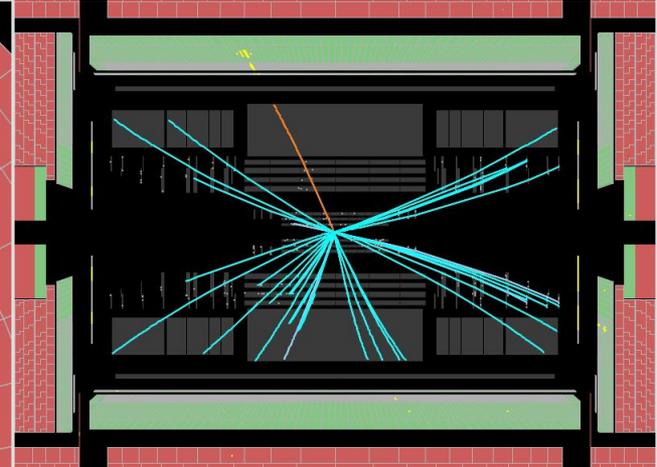
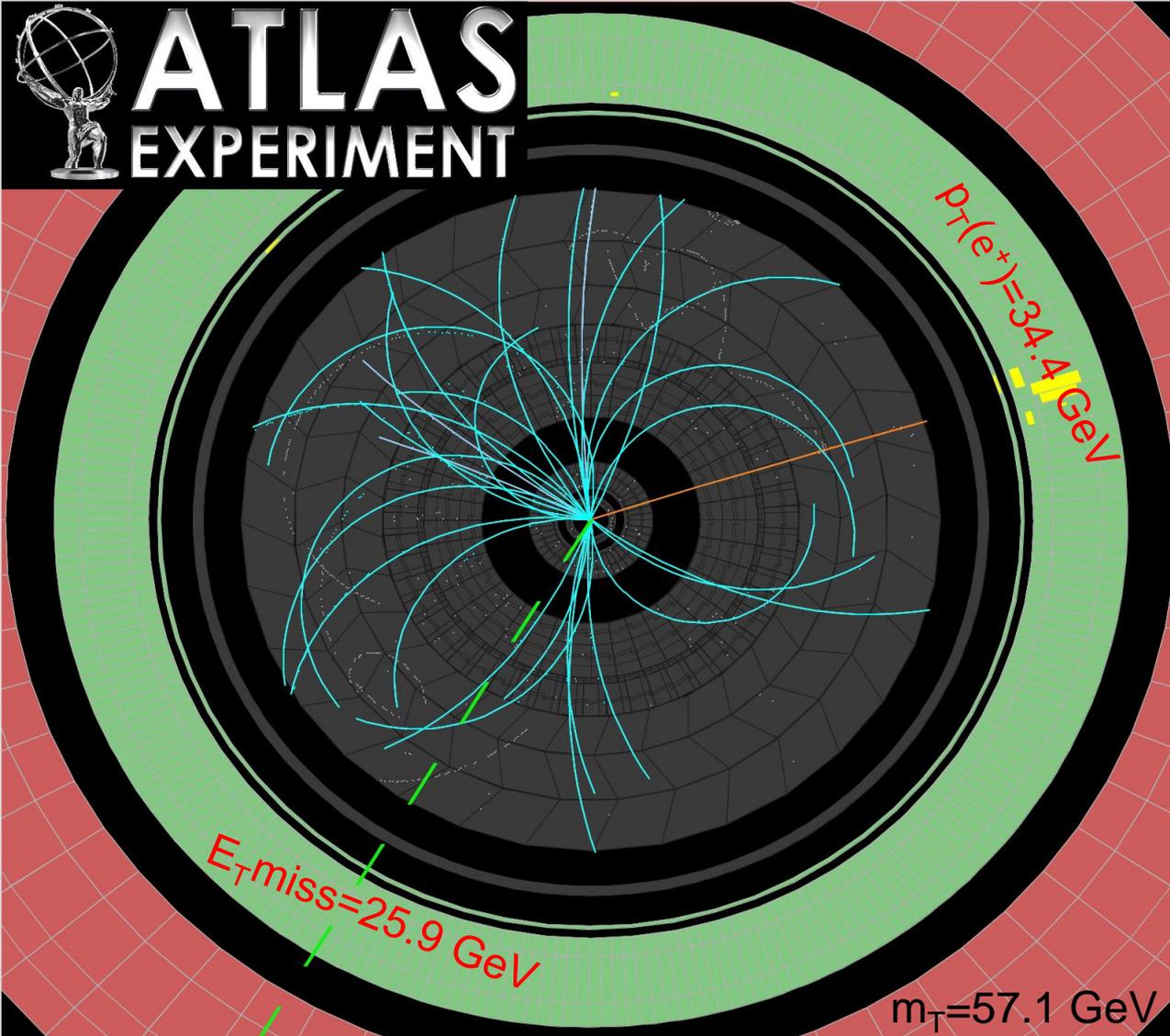
# Conclusions

- Il run a 0.9 TeV ha:
  - provato che ATLAS funziona bene ( $\rightarrow$  Donega' + PhD posters)
  - portato alla prima pubblicazione di fisica ([arXiv:1003.3124v1](http://arxiv.org/abs/1003.3124v1))
- Il run a 7 TeV e' iniziato bene e, nel lungo week-end di Pasqua, si e' gia' accumulata una luminosita' integrata di  $\sim 0.2 \text{ nb}^{-1}$   $\rightarrow$  **inizia la fisica ad alto  $p_T$** .
- La prima misura sara' la ripetizione a 7 TeV della misura di molteplicita' di particelle cariche (poche settimane) e poi un vasto programma di misure per "riscoprire" il modello (ATLAS) e poi....
- Il run e' previsto durare  $\sim 18$  mesi e fornire  $1 \text{ fb}^{-1}$  di luminosita' integrata  $\rightarrow$  gli esperimenti a LHC diventeranno competitivi con FNAL soprattutto per i fenomeni ad alto  $p_T$  (o la produzione di alte masse)

J. Stirling

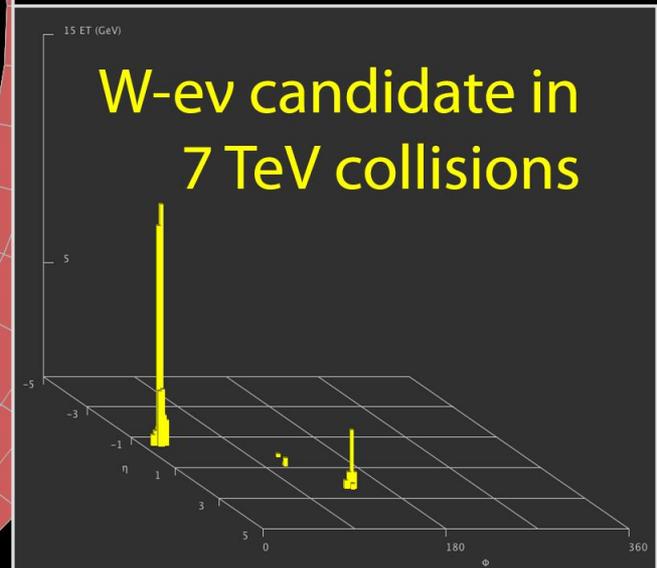
<http://projects.hepforge.org/mstwpdf/plots/plots.html>





Run Number: 152409, Event Number: 5966801

Date: 2010-04-05 06:54:50 CEST

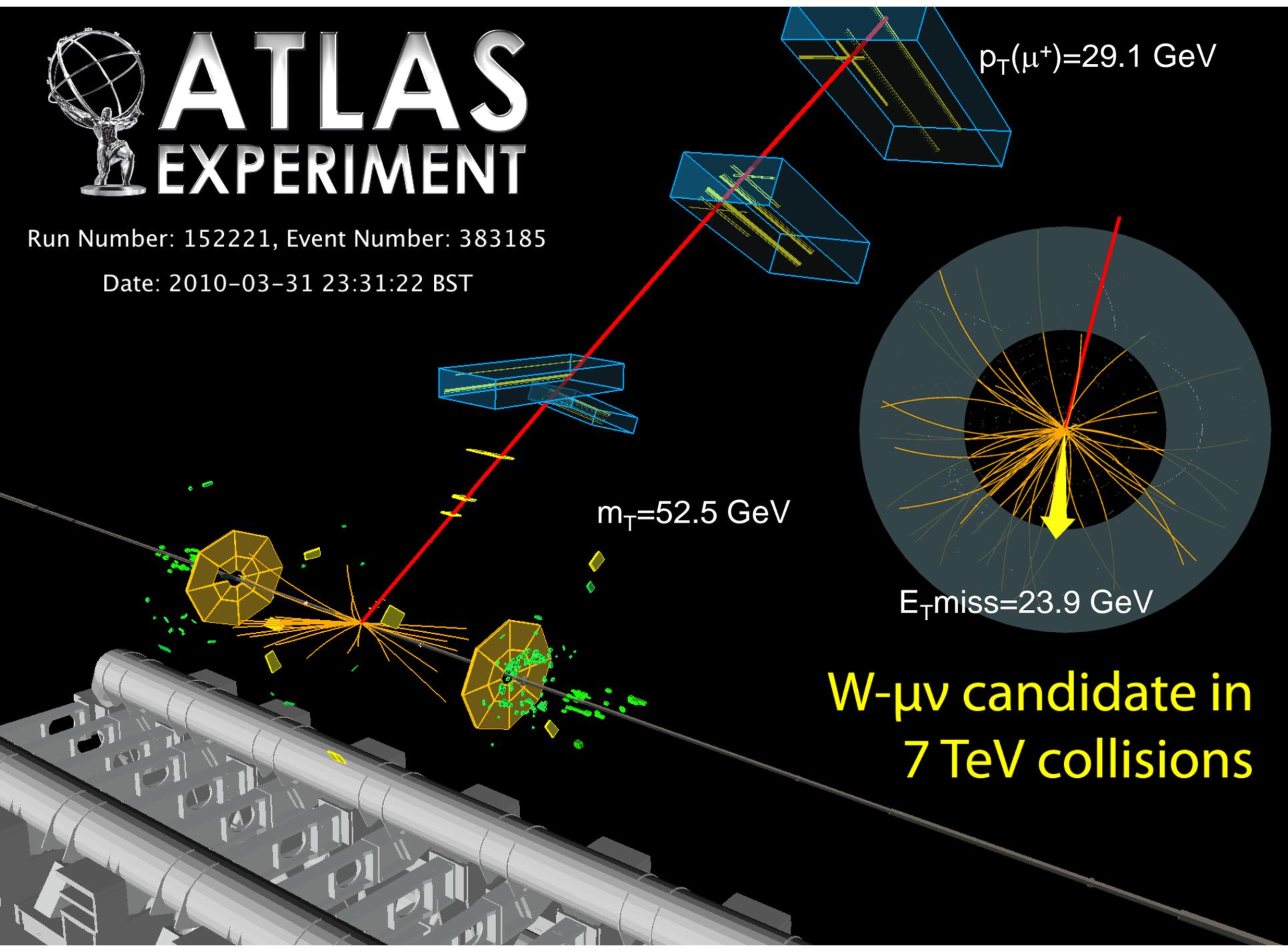




# ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 152221, Event Number: 383185

Date: 2010-03-31 23:31:22 BST



**W- $\mu\nu$  candidate in  
7 TeV collisions**

backup

# Expected number of events in ATLAS for 100 pb<sup>-1</sup> after cuts

