

Stato di ATLAS

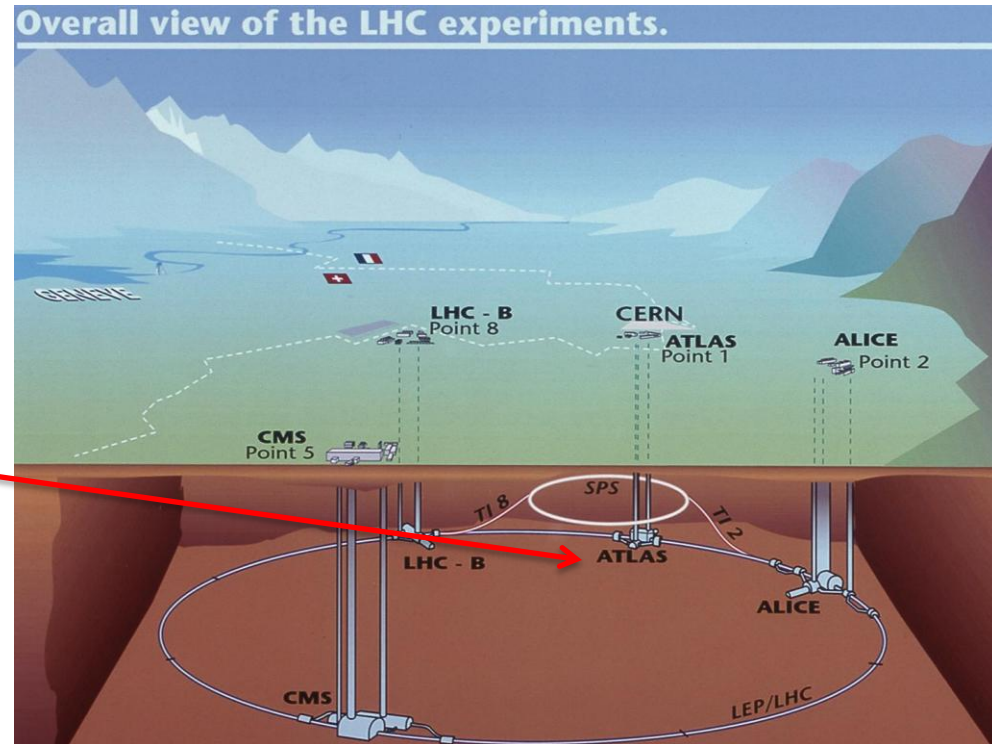
- ✓ L'esperimento
- ✓ Prima raccolta dati (12/2009)
- ✓ Funzionamento del rivelatore (→ M. Donega')
- ✓ Prime misure a 900 GeV
- ✓ Collisioni a 7 TeV

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

IFAE, Roma, 7-9 Aprile 2010

Large Hadron Collider

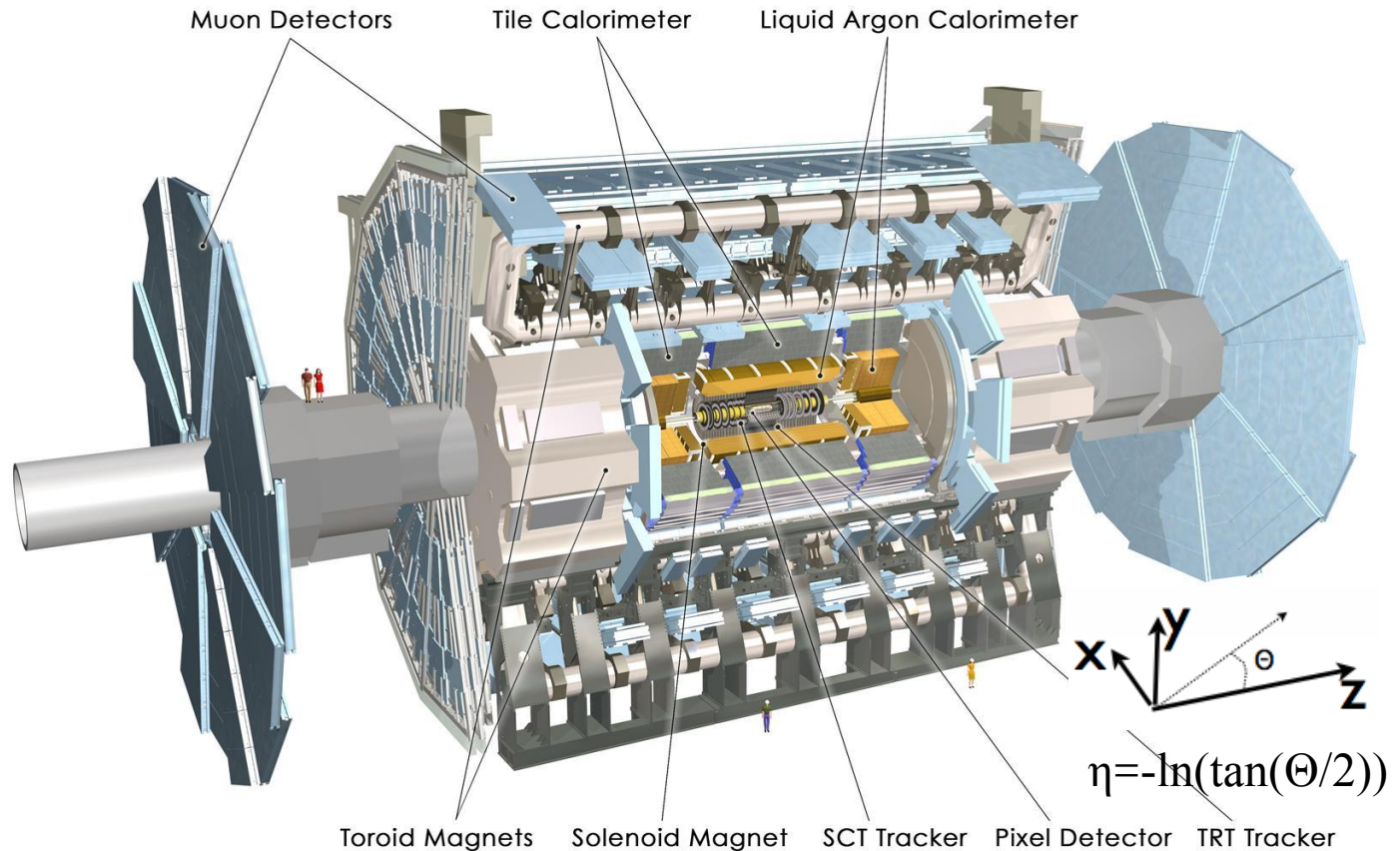
- Proton-proton collider
- 27 km di circonferenza
- 4 regioni di interazione equipaggiate con esperimenti
 - Alice, **ATLAS**,
 - CMS, LHCb



	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.

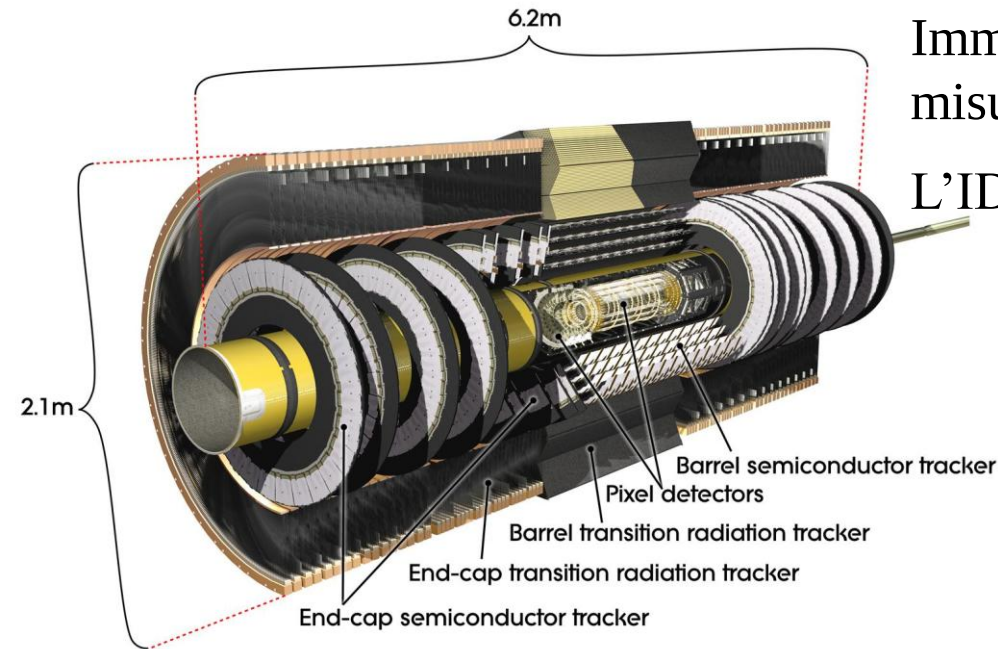
L'ID comprende 3 sub-detectors: (resolution)

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

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

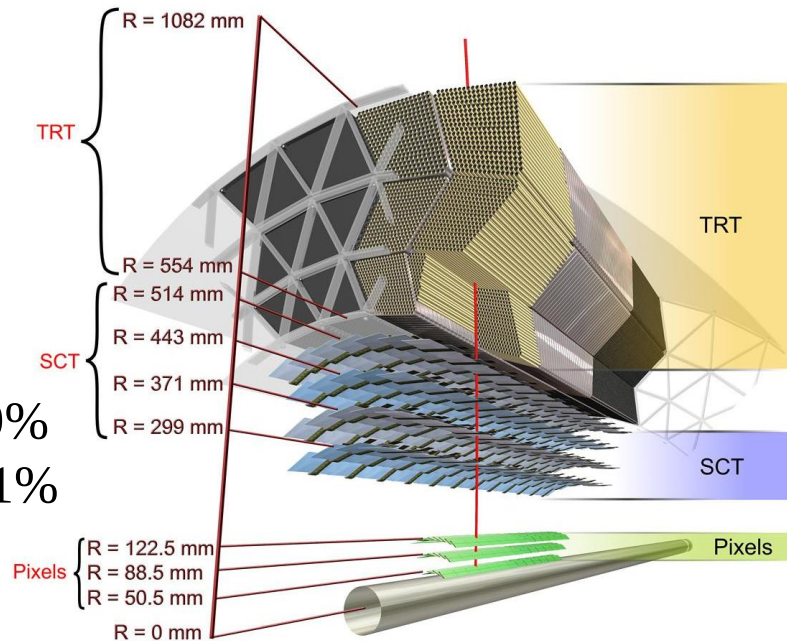
Transition radiation tracker (TRT):

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



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

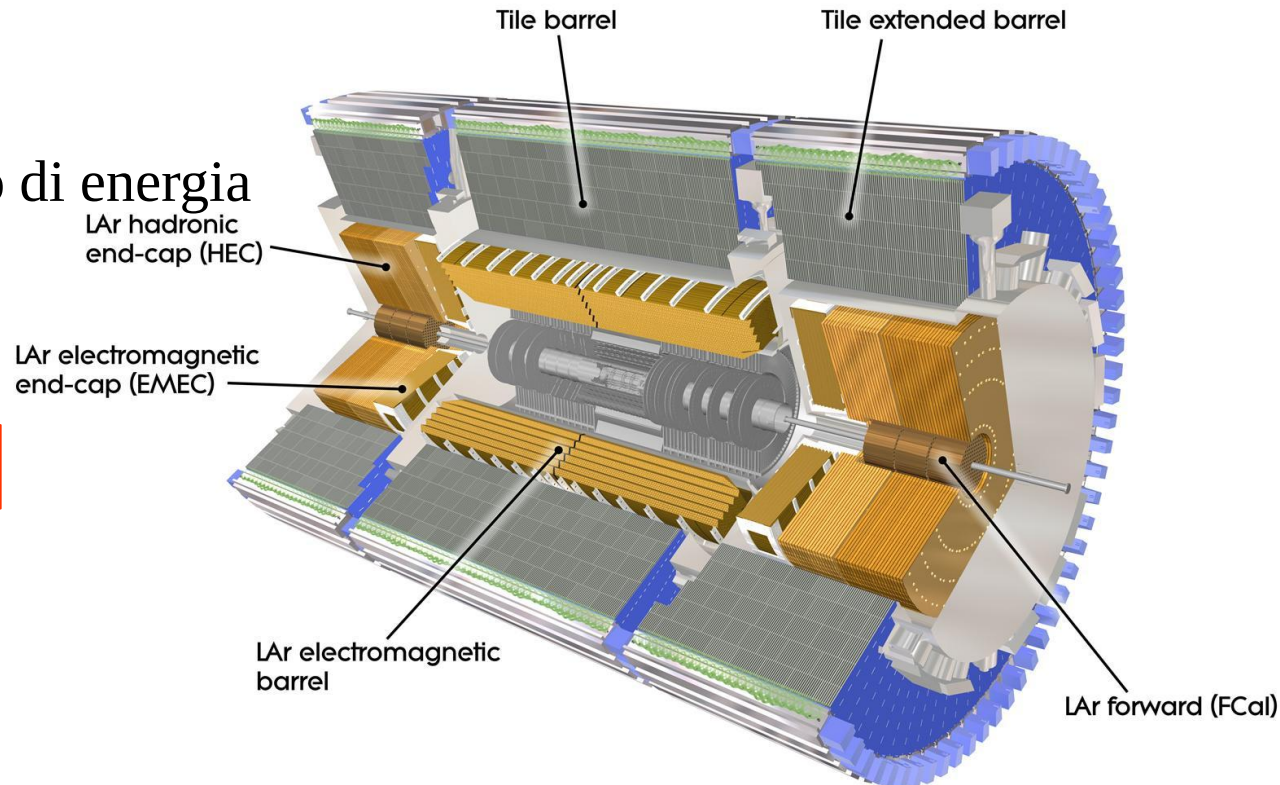
Disegnato per efficienze di traccia $> 90\%$ (π) e 99% (μ), misura momenti con $\sigma_{p_T}/p_T = 0.05\%$ $p_T \oplus 1\%$ e parametri di impatto (ad alti p) = $10 \mu\text{m}$



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 $|\eta| < 1.7$

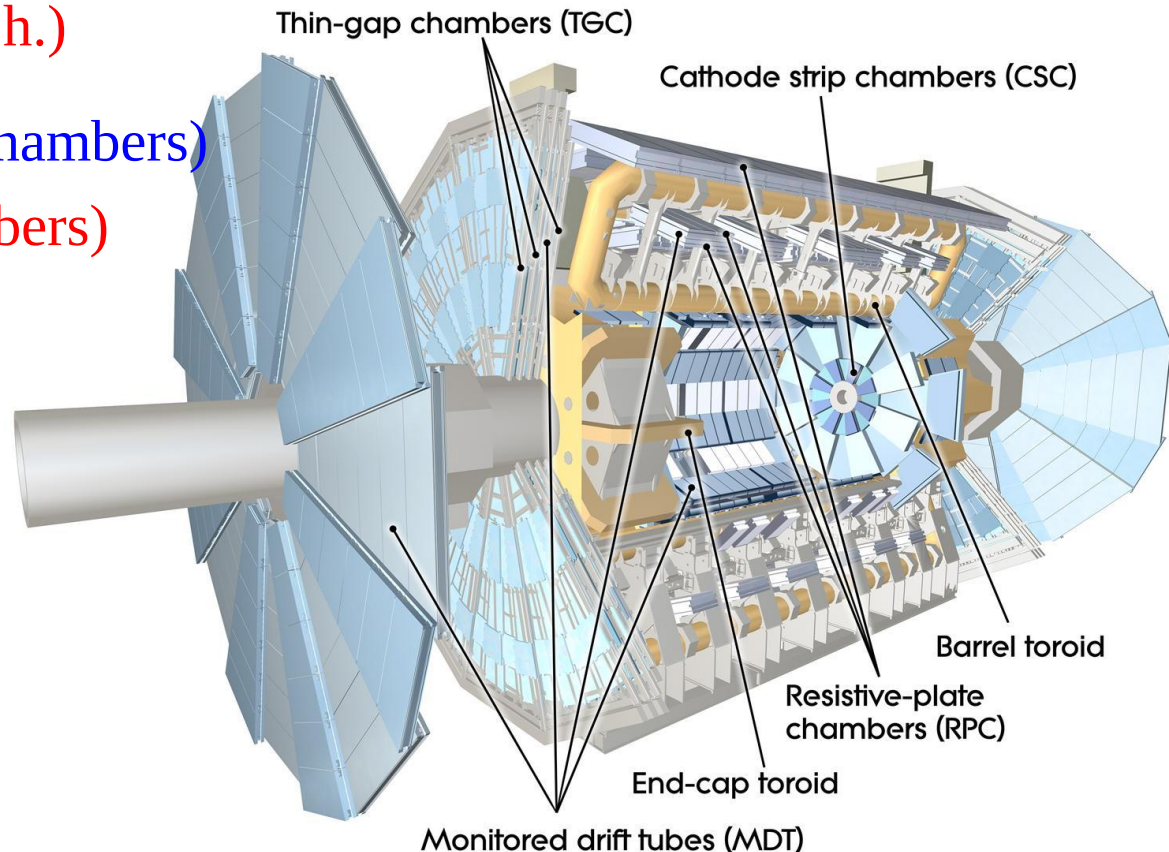
$$\sigma_E/E = 50\%/\sqrt{E} \oplus 3\%$$



Lo spettrometro a μ

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

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



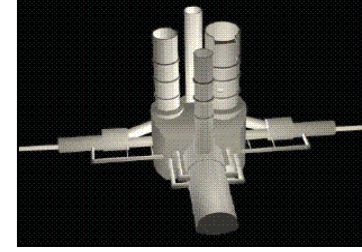
Aspettando le collisioni: stato del rivelatore

	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	

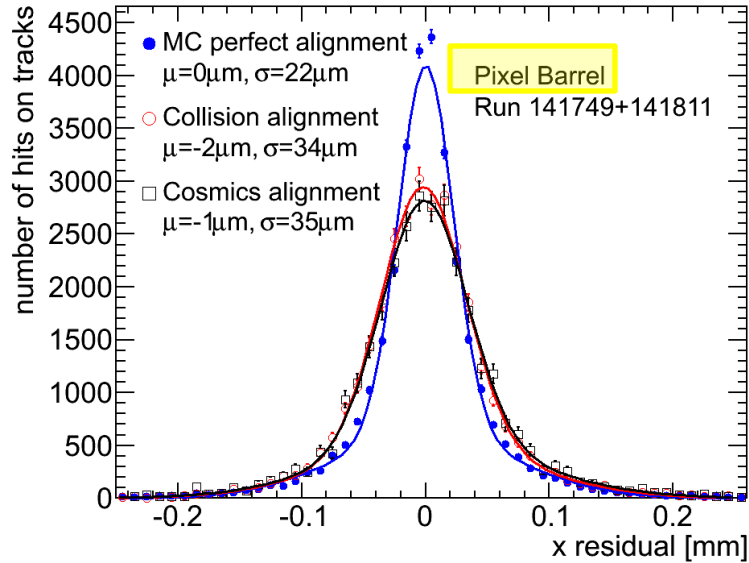
Il rivelatore funziona tutto

Dopo lo shut-down di Gennaio 2010

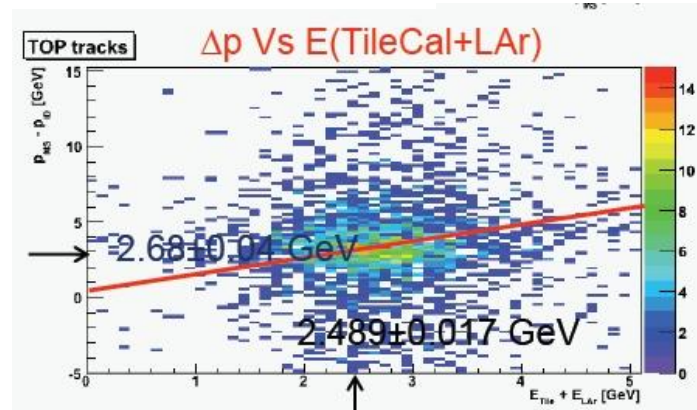
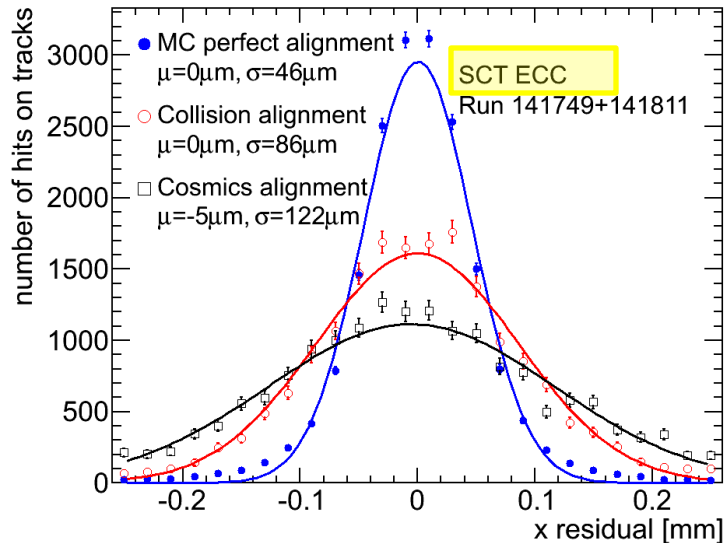
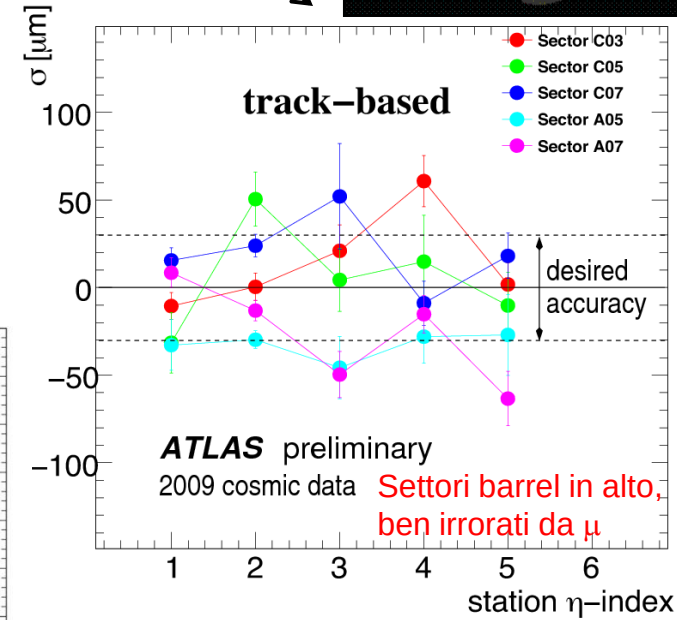
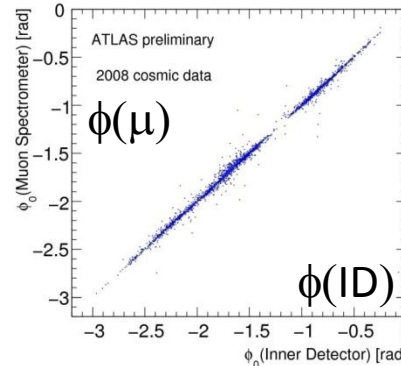
Aspettando le collisioni: μ -cosmici per allineare



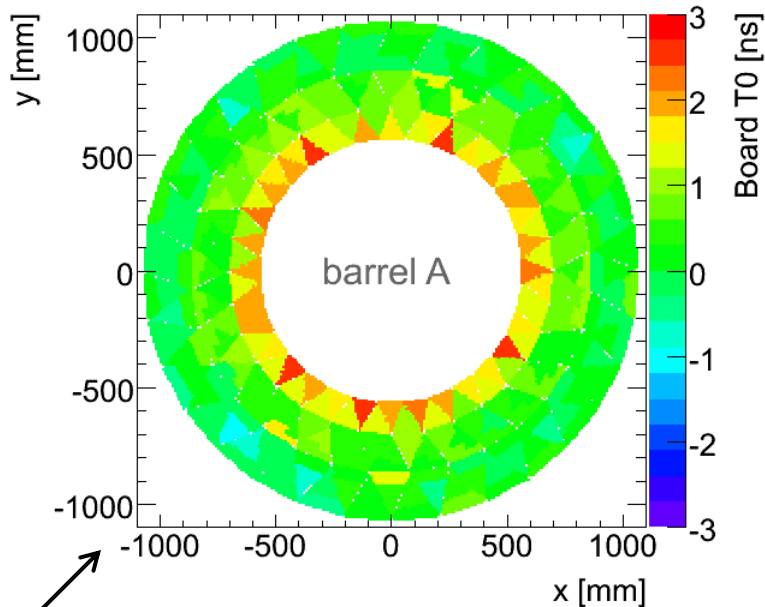
tracciatore e spettrometro μ



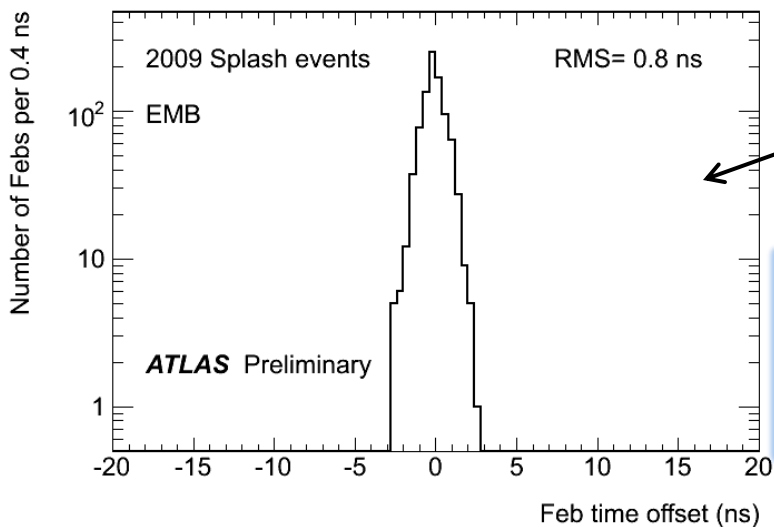
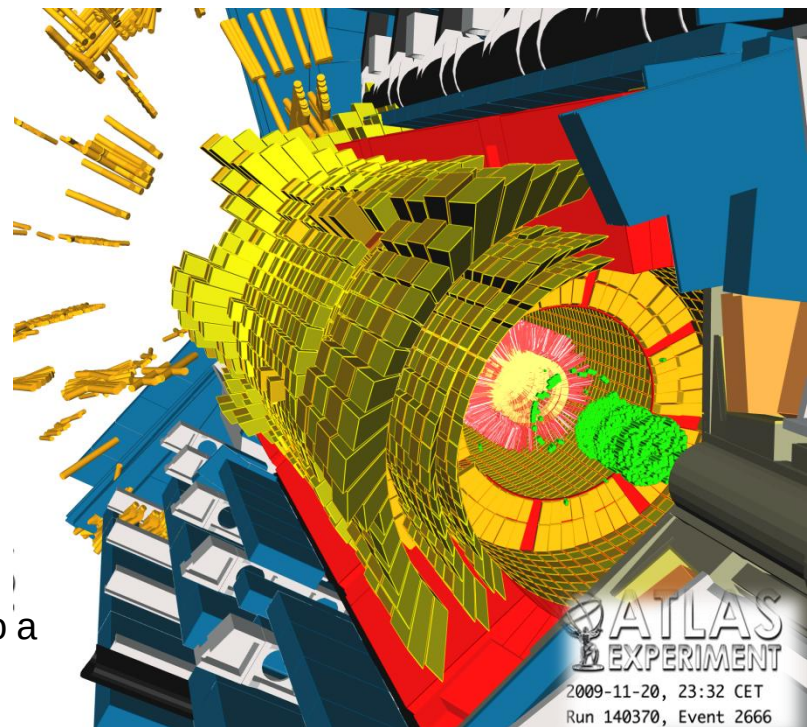
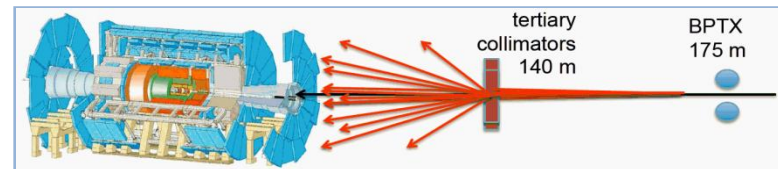
e per correlare



Preparazione alle collisioni: beam splash e messa in tempo



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



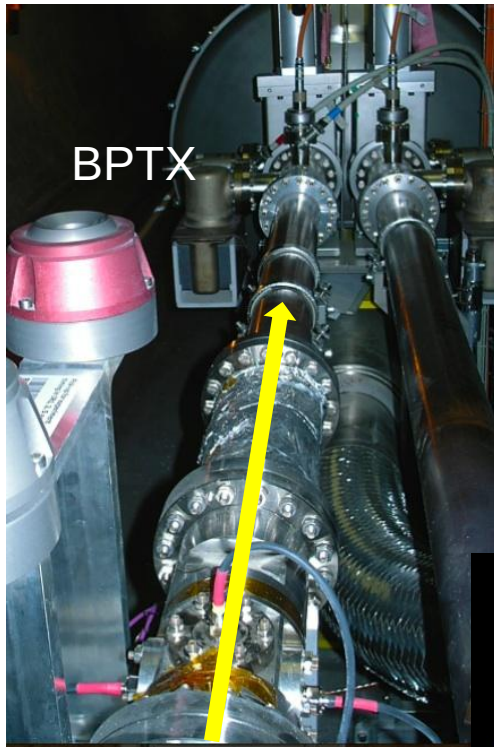
Timing nel calor. elettromagnetico a LAr

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

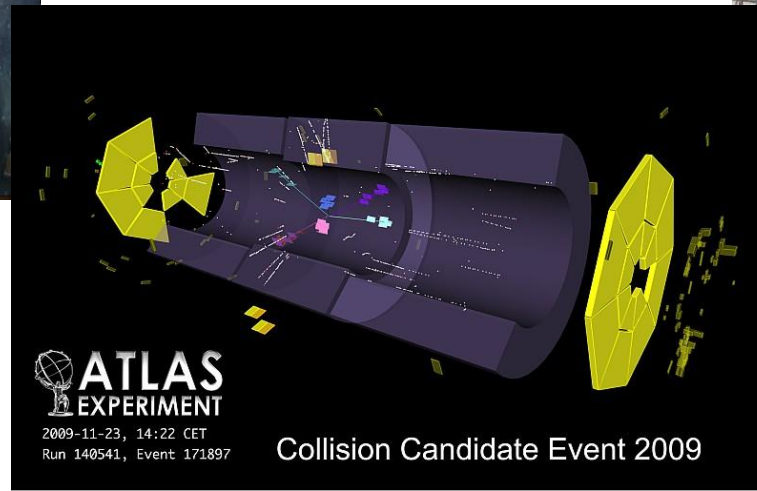
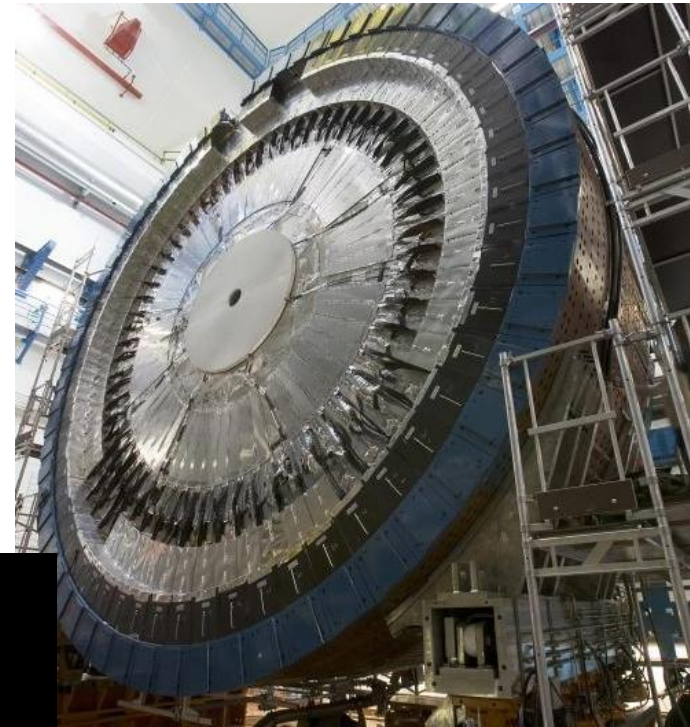
Il trigger di ATLAS e' a 3 livelli di selettivita' crescente e in grado di gestire 40MHz di collisioni (registrandone solo 200Hz).

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



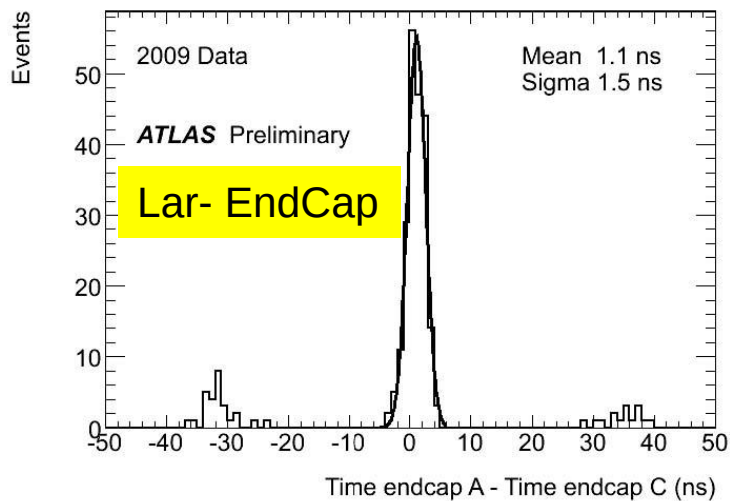
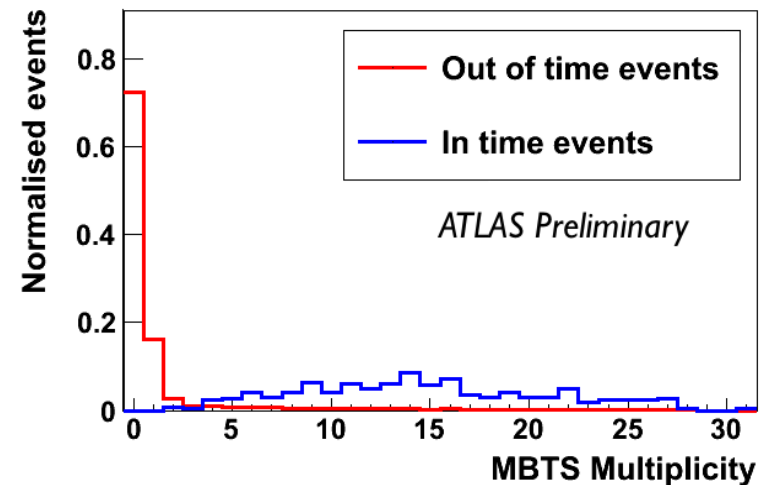
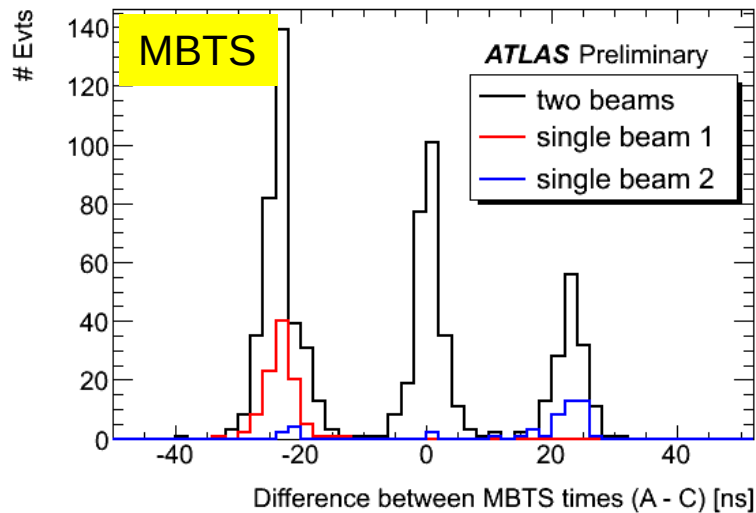
BPTX= beam pick-up
elettrostatico situato a
175m da ATLAS

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: $|t_A - t_C| > 7.5 \text{ ns}$
In time: $|t_A - t_C| < 7.5 \text{ ns}$

Strategia di trigger (esempio su uno spill)

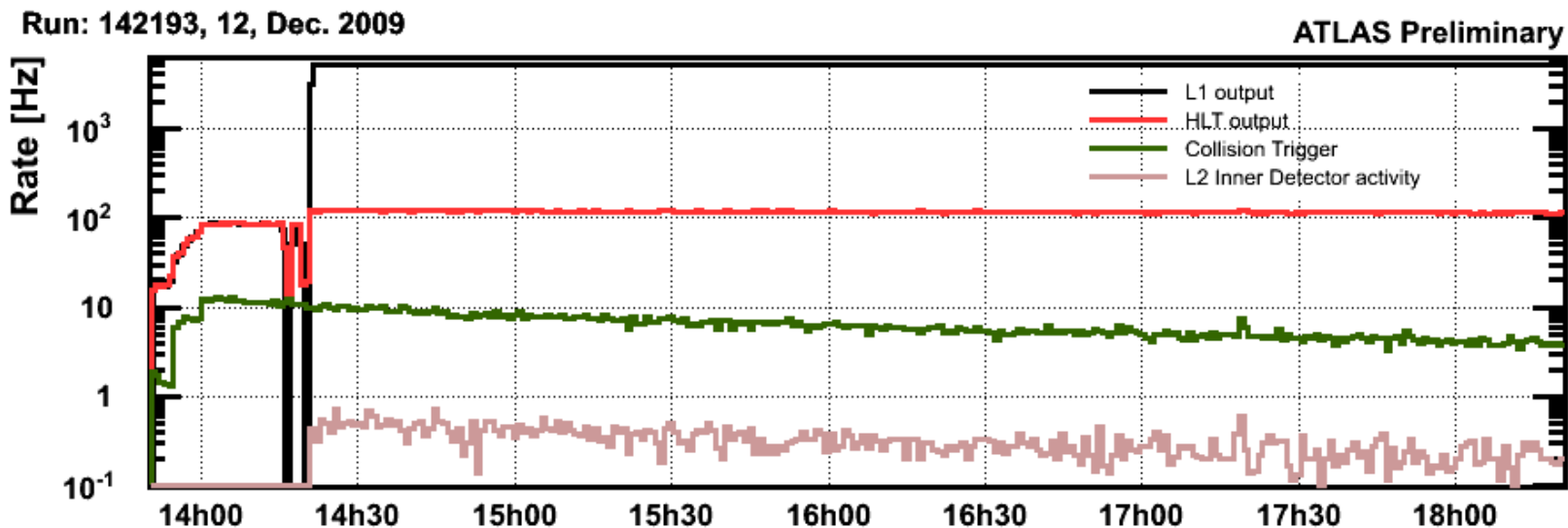
Inizio dello spill, si registrano collisioni (MBTS)



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.

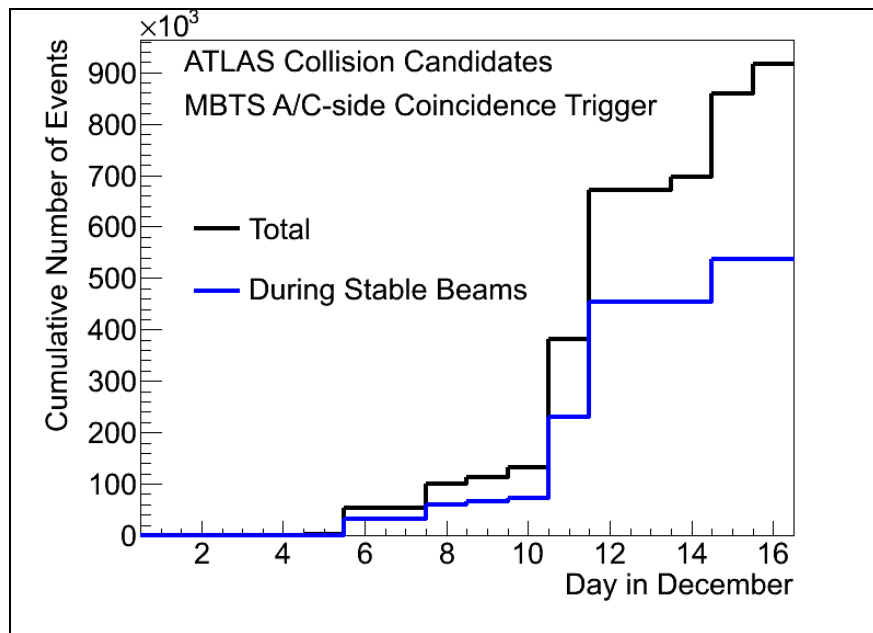


Trigger rate collisioni ~ 10 Hz all'inizio dello spill

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

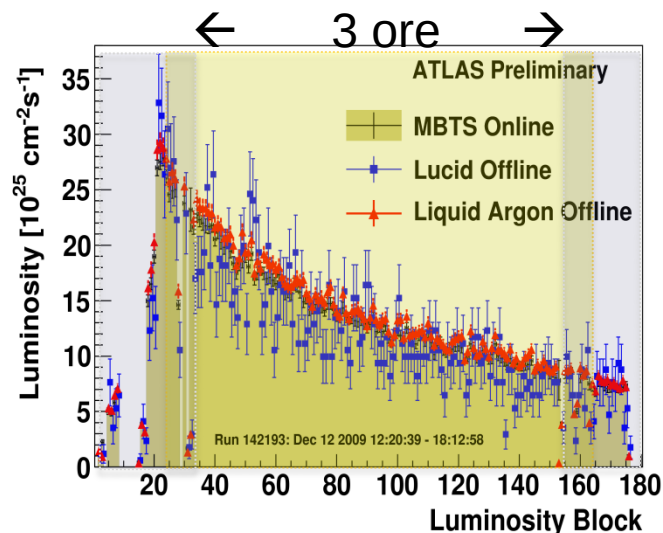
Output data rate (HLT) ~ 100 Hz costante nel run, dominato da stream di calibrazione/monitor/RANDOM trigger

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 (μb^{-1}) <i>Incertezza sist. <30%</i>
Total $\sqrt{s} = 900 \text{ GeV}$ (Stable beam)	917k (538k)	~ 20 (~ 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 four sub-diagrams within a blue box, each representing a different type of particle interaction. The first sub-diagram, labeled σ_{el} , shows two incoming particles (p) interacting and emerging as two outgoing particles (p). The second sub-diagram, labeled σ_{SD} , shows two incoming particles (p) interacting, with one particle emerging as a single particle (p) and the other as a system of particles (M). The third sub-diagram, labeled σ_{DD} , shows two incoming particles (p) interacting, with each emerging as a system of particles (P). The fourth sub-diagram, labeled σ_{ND} , shows two incoming particles (p) interacting and emerging as a single system of particles (P). A large blue arrow points downwards from the box.

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

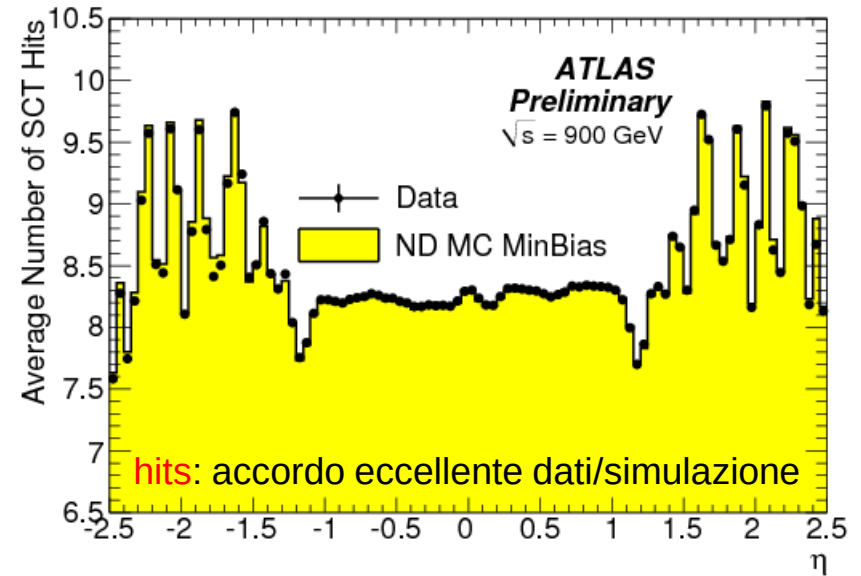
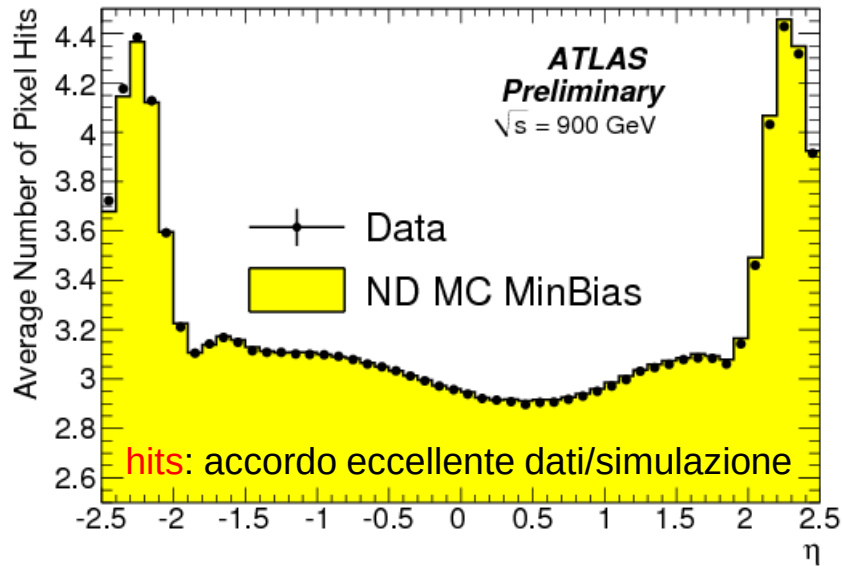
Per studiare le **collisioni inelastiche** si deve usare un trigger di minimum bias e misurare la distribuzione delle particelle cariche primarie ($\tau > 0.3 \cdot 10^{-10}$ s).

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

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

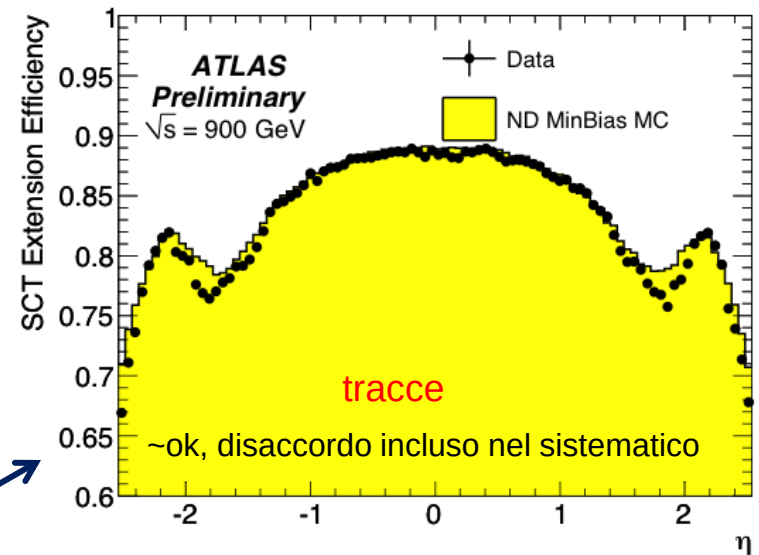


Il contributo maggiore alla misura dell'efficienza di traccia viene dagli effetti del materiale.

Si sono usati vari metodi:

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

Segmenti ricostruiti nei Pixel ed estrapolati nell'SCT

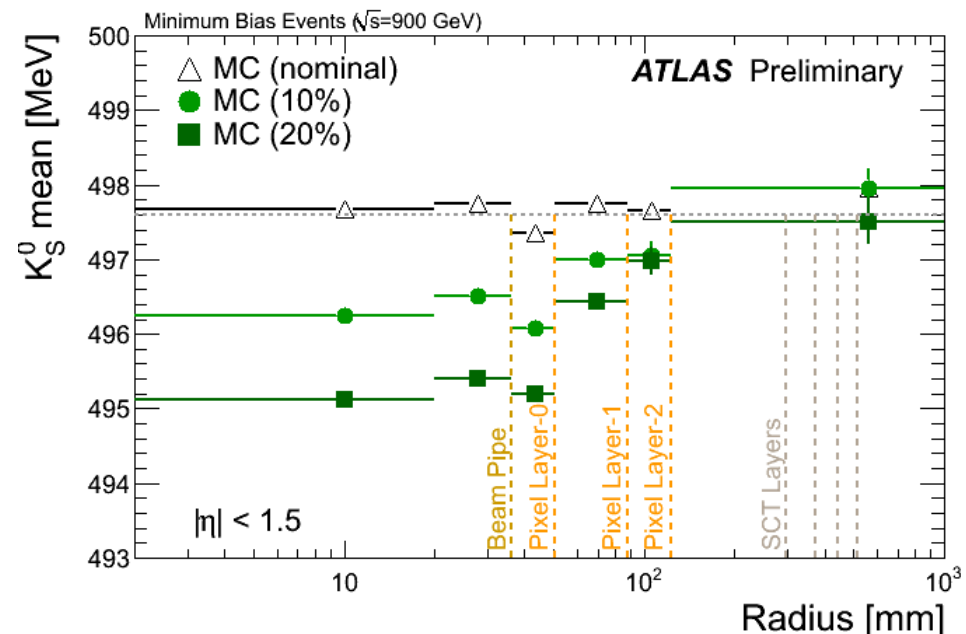
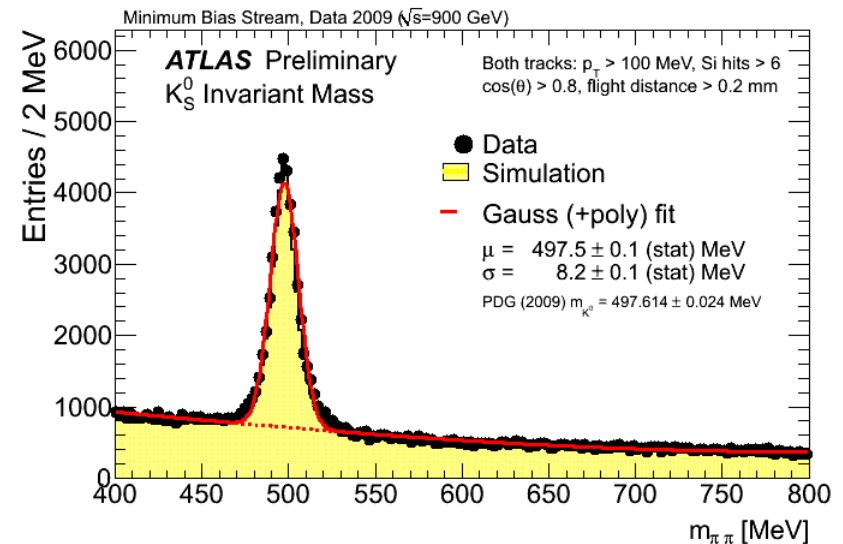


La misura della massa del K_S^0 e' in accordo con la simulazione (e PDG) → la scala dei momenti e' capita bene (a questi p_T)

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 η con piu' statistica

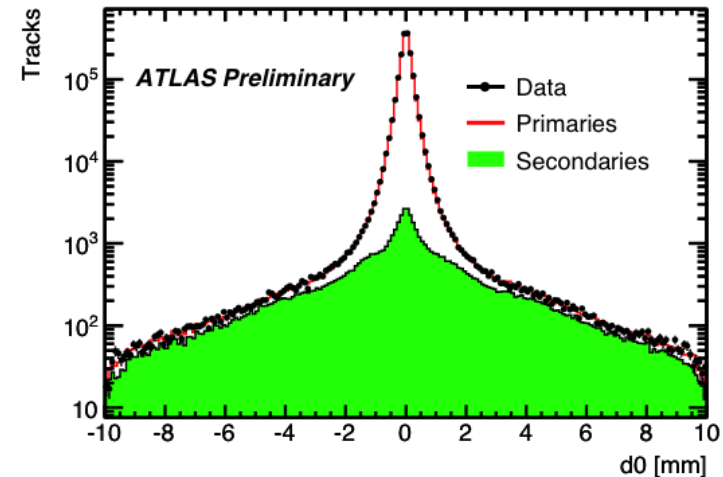
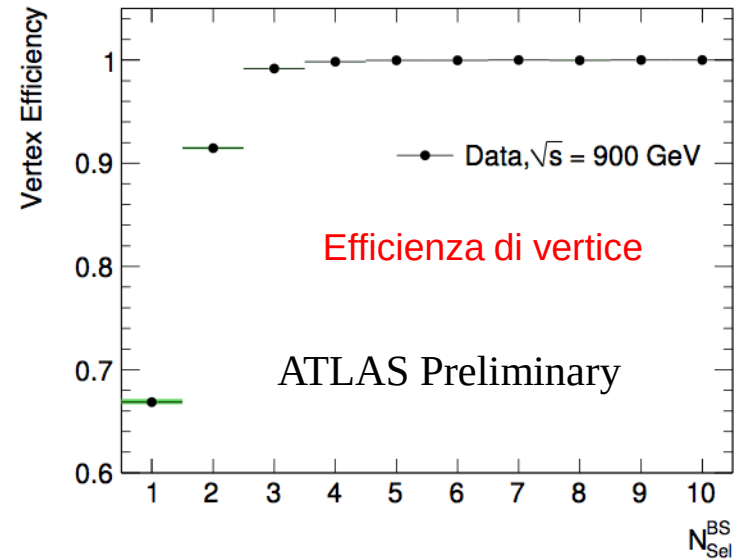


Strategia di analisi

- 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:
 - $p_T > 500 \text{ MeV}$, $|\eta| < 2.5$
 - ≥ 1 hit nei pixel, ≥ 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 $< 10^{-4}$

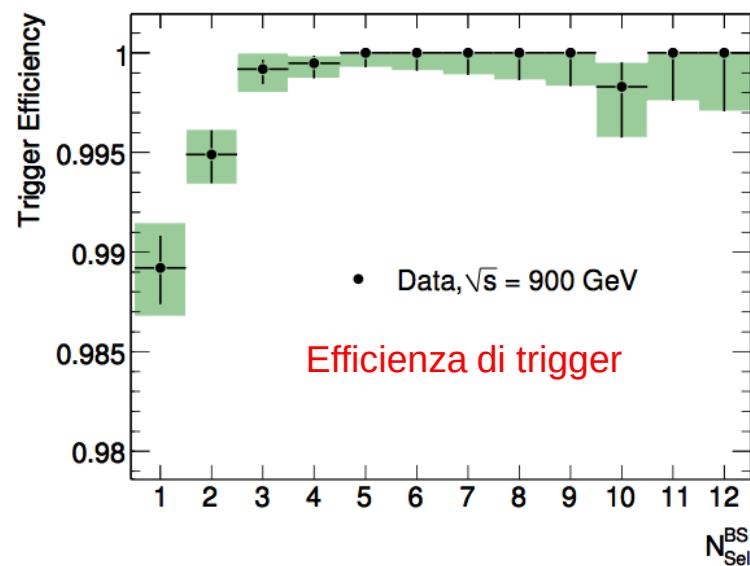
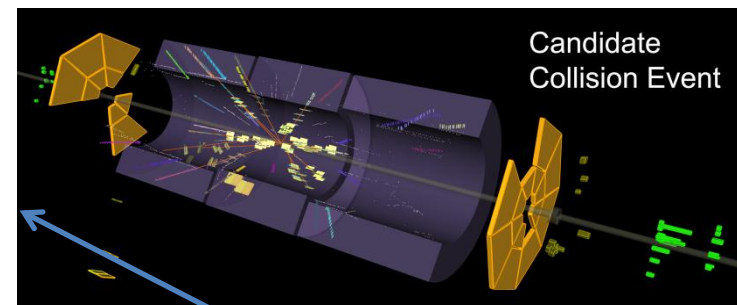
Misura dell'efficienza di vertice

- Il vertice primario ricostruito deve
 - contenere ≥ 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) ± 0.11 (syst) delle tracce selezionate

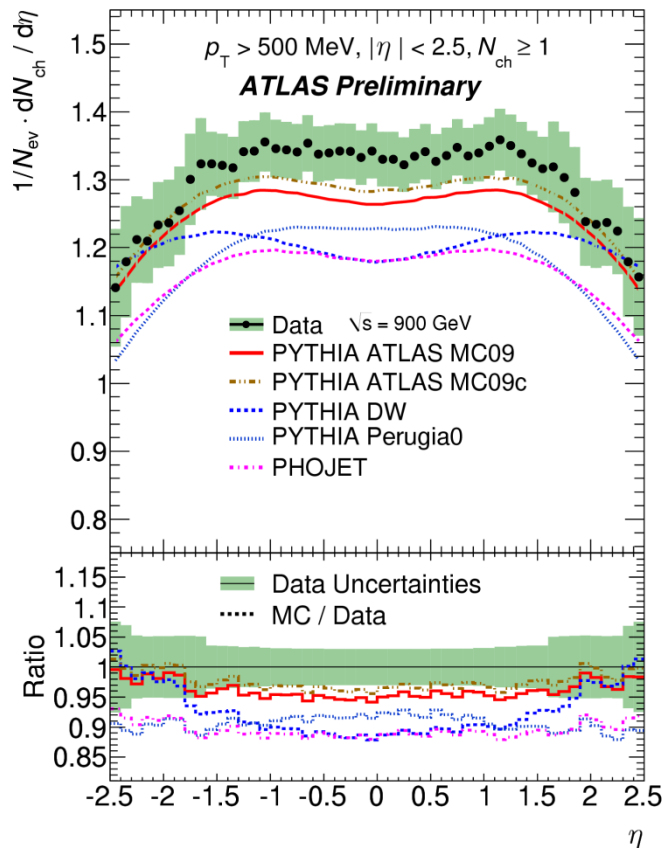


Misura dell'efficienza del trigger

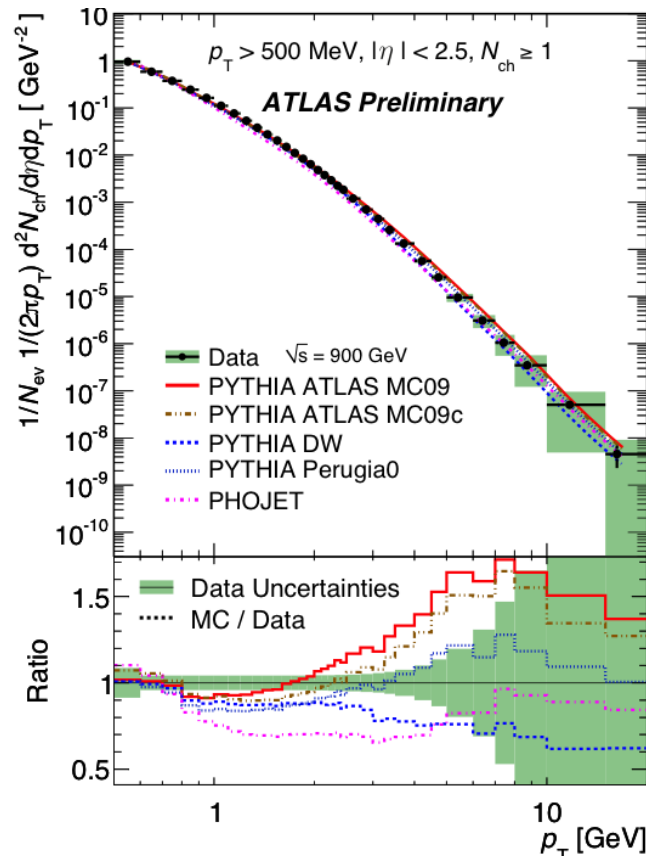
- Il trigger e' molto "aperto" e semplice
 - un solo hit in un solo ramo MBTS
- L'efficienza di trigger e' misurata usando i dati
 - con trigger indipendenti che richiedono
 - bunch che collidono in ATLAS
 - almeno 6 hits in Pixel/SCT e una traccia "loose" con $p_T > 200$ MeV
- L'efficienza di trigger 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 η , p_T
- L'incertezza sistematica e' molto piccola $< 0.03\%$



Risultati: densita' di particelle cariche vs η 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)

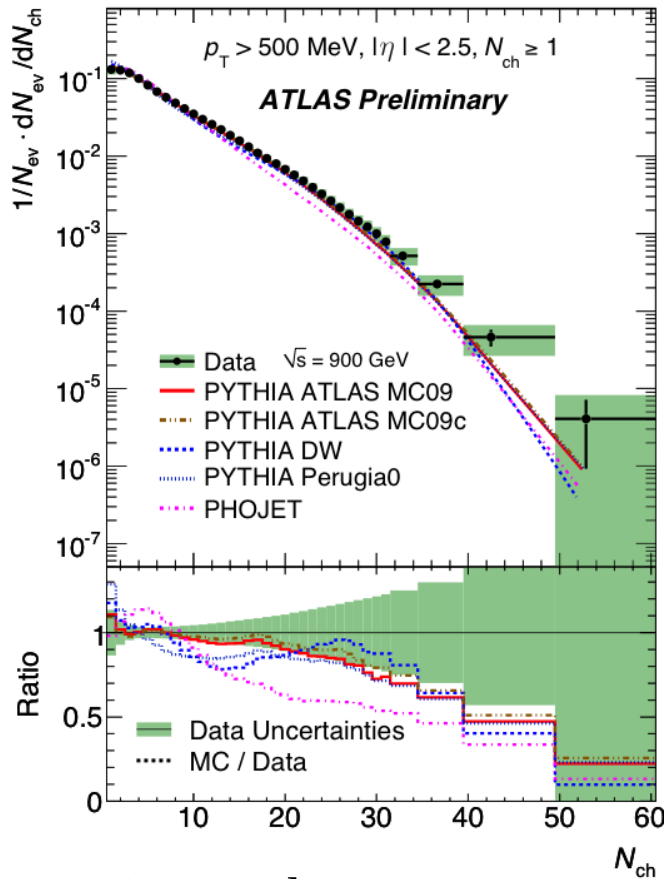
N_{ch} : numero di
particelle cariche
primarie

Normalizzato al # di
eventi selezionati N_{ev}

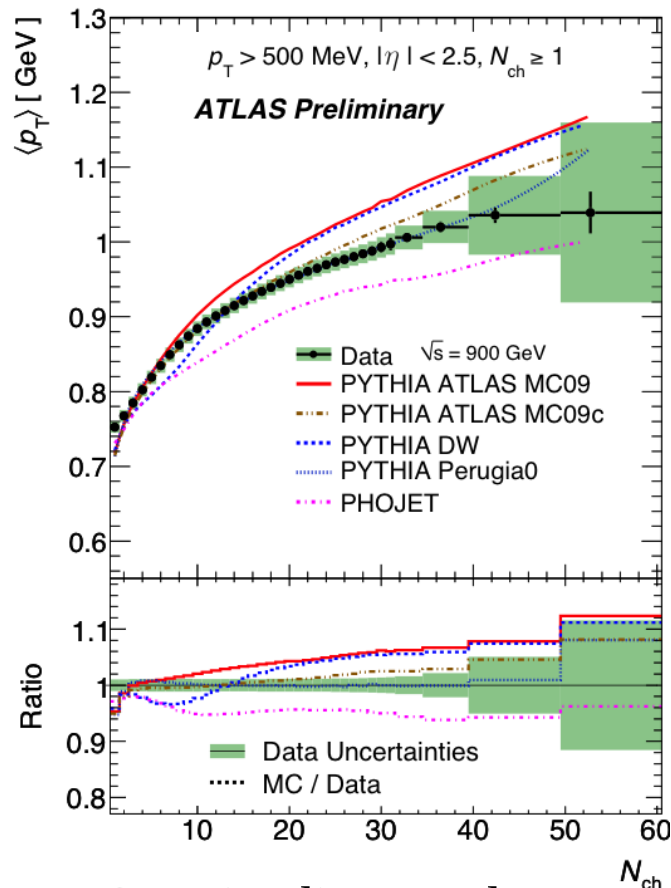
$p_T > 500 \text{ MeV}$
 $|\eta| < 2.5$
 $N_{ch} \geq 1$

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

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

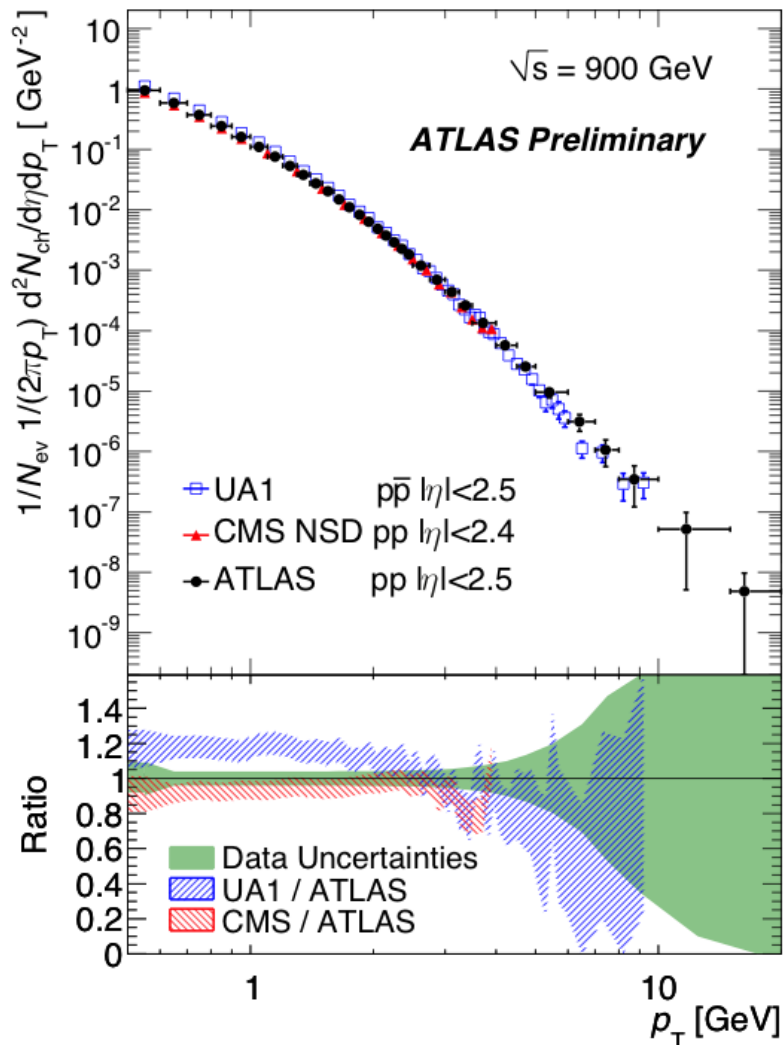


Disaccordo per $N_{ch}=1$ e $N_{ch}>10$ (di segno opposto)



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 $\langle N_{\text{ch}} \rangle$

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

NSD $ \eta < 2.4$	1.241 ± 0.040
--------------------	-------------------

➔ NSD ottenuta usando Pythia DW tune (Tevatron)

CMS NSD ($p_t > 0.5 \text{ GeV}$)	1.202 ± 0.043
-------------------------------------	-------------------

Confronto con UA1:

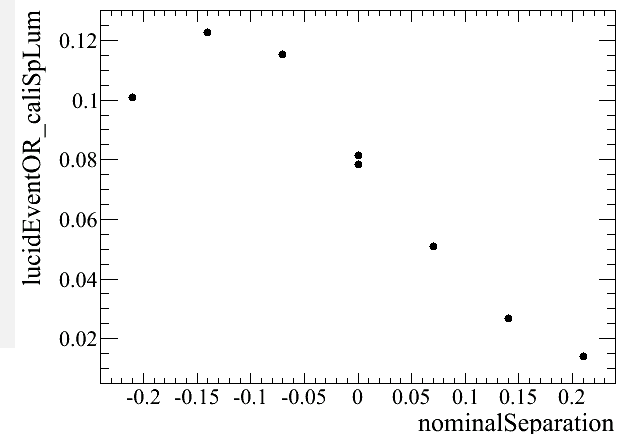
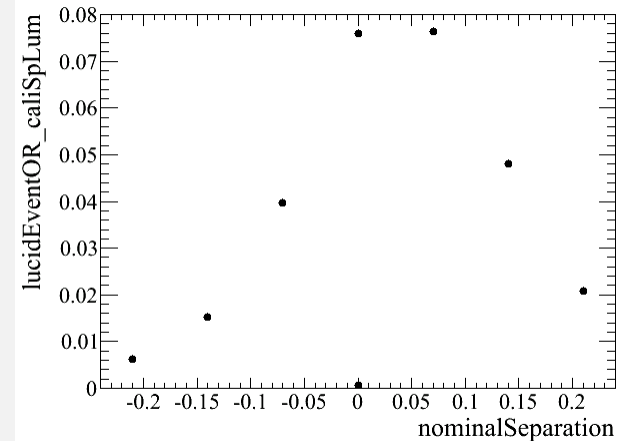
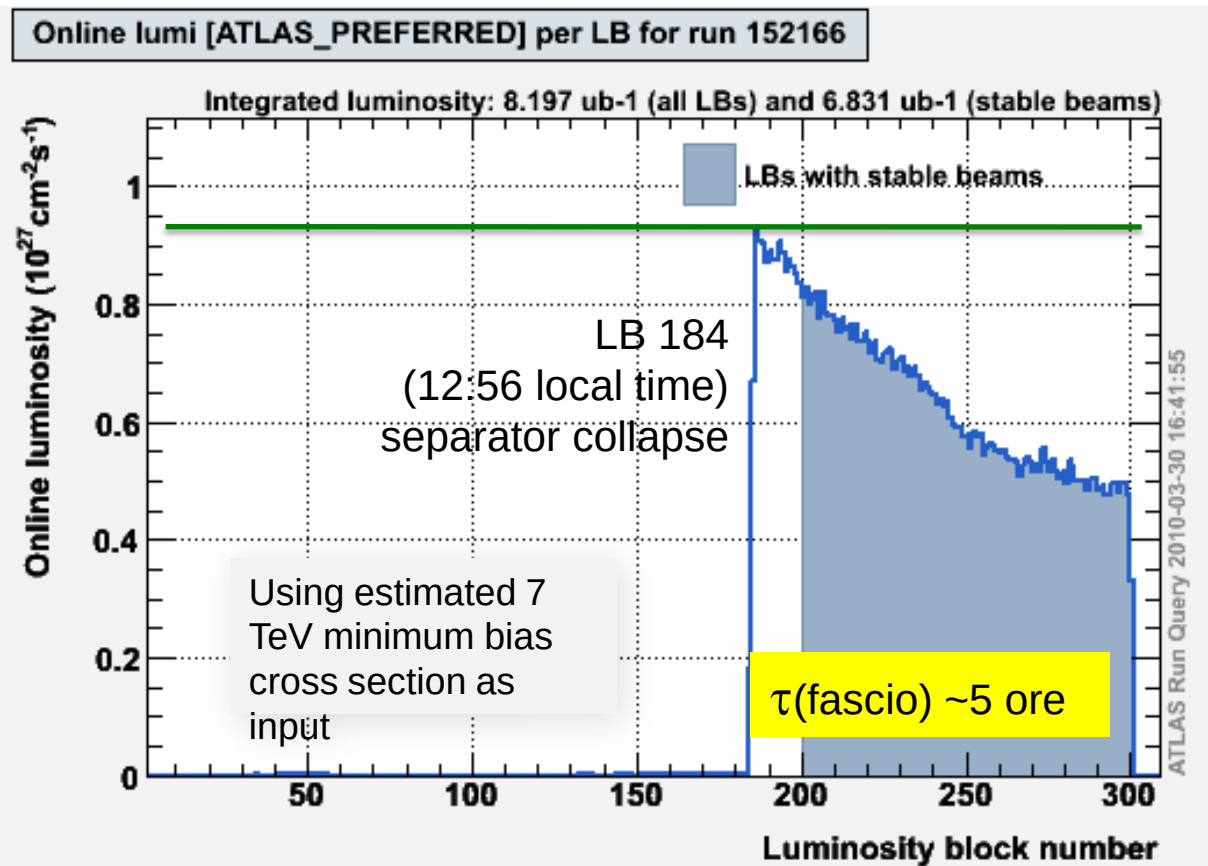
$N_{\text{ch}} \approx 20\%$ maggiore che in ATLAS

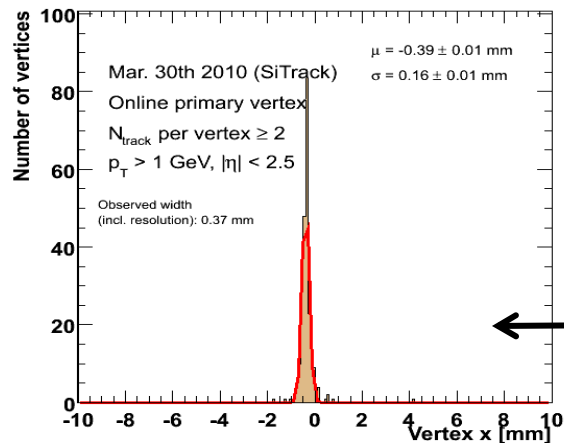
UA1 ha usato un trigger “double arm” che sopprime le basse molteplicità’.

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.

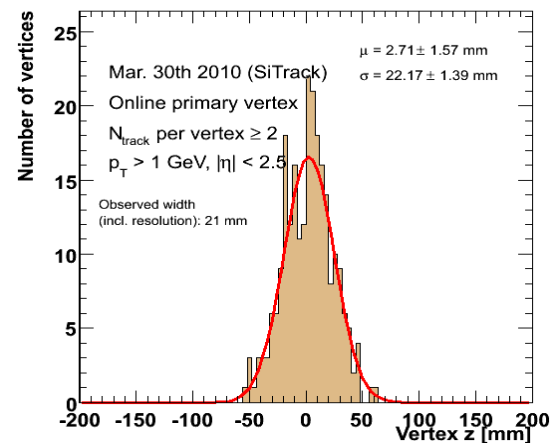
Scan di luminosita' (31/3): fascio fuori di (30 μ m(h) e 130 μ m(v)).
Centrando +60% lumi.





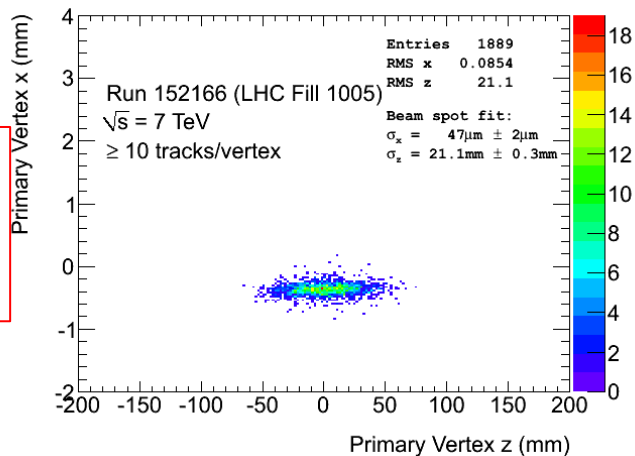
Confronto beam spot a 7 e 0.9 TeV

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

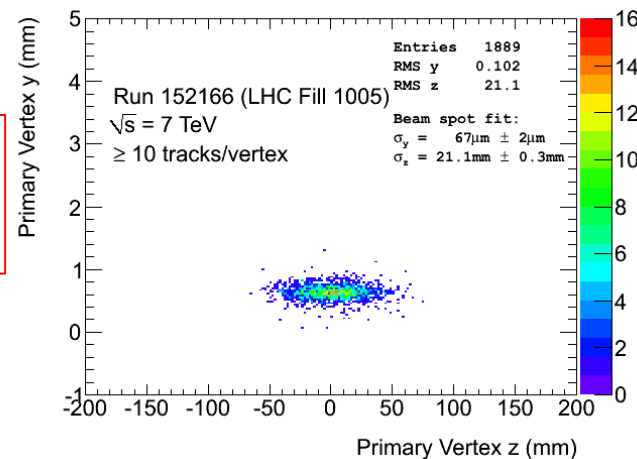


7 TeV

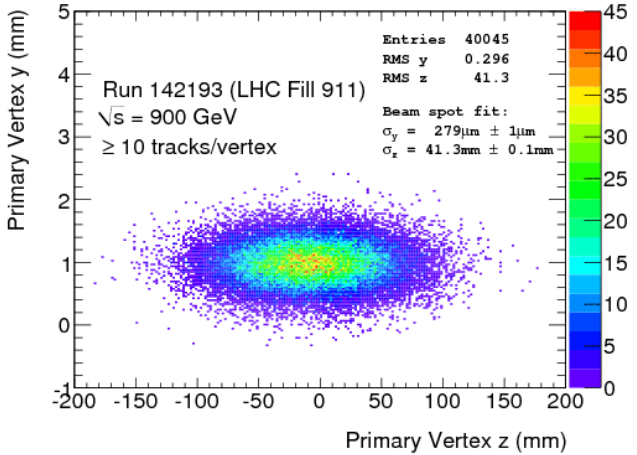
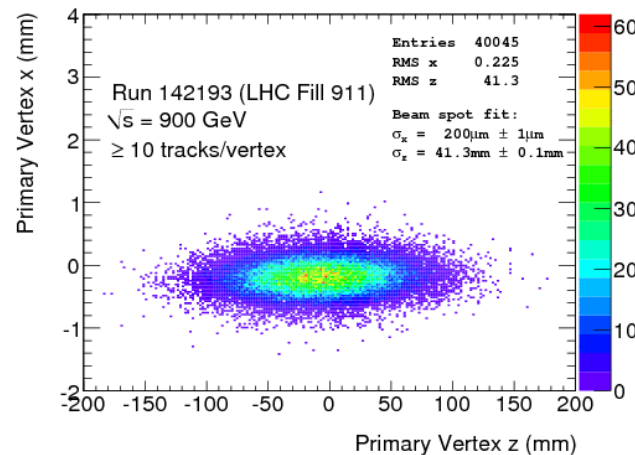
orizzontale



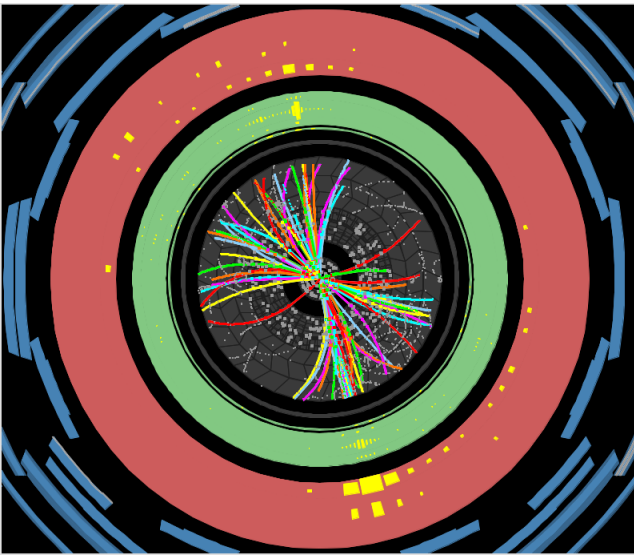
verticale



0.9 TeV



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

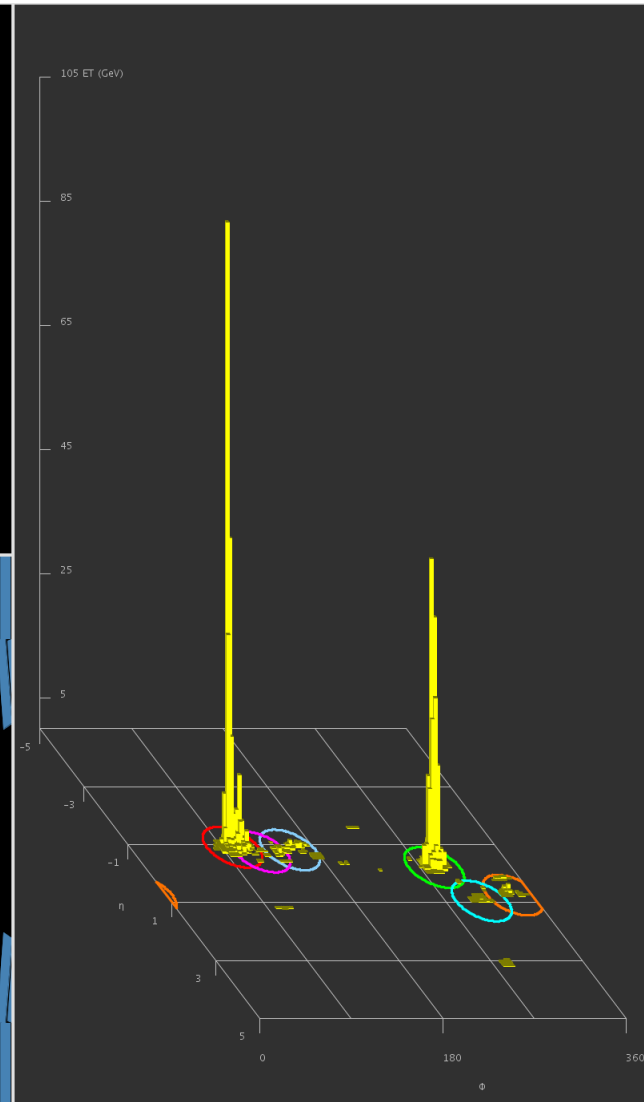
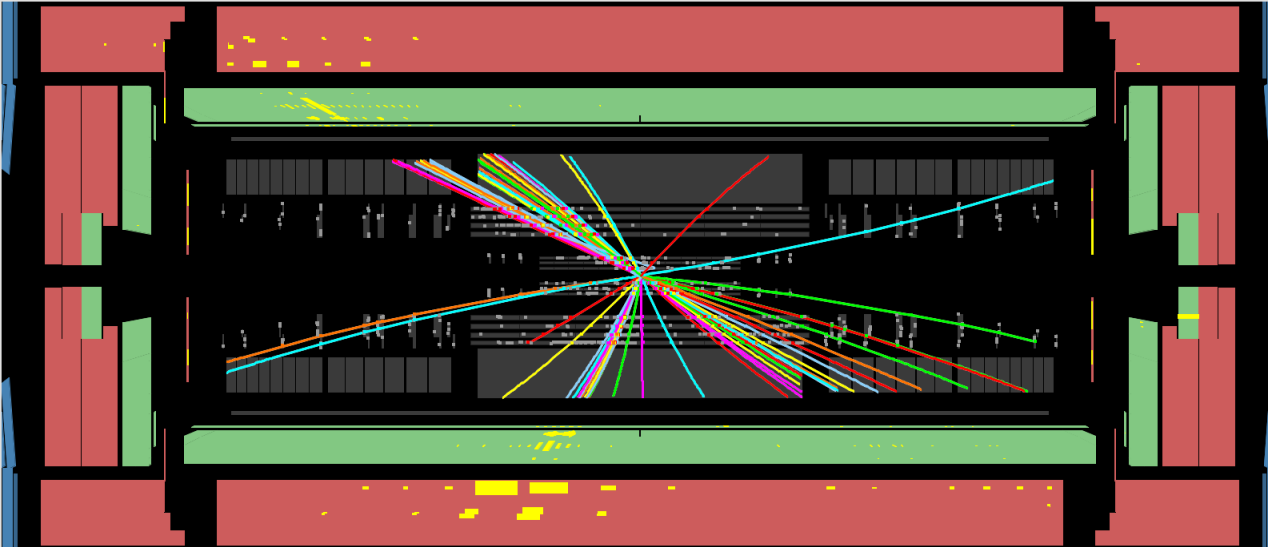


ATLAS EXPERIMENT

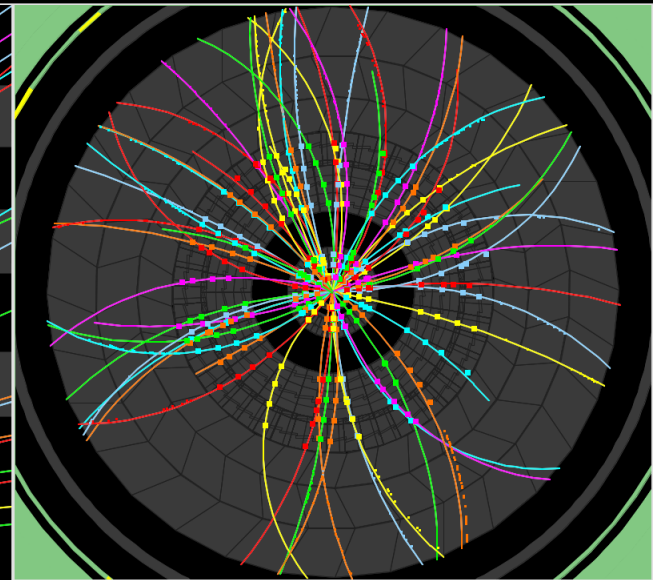
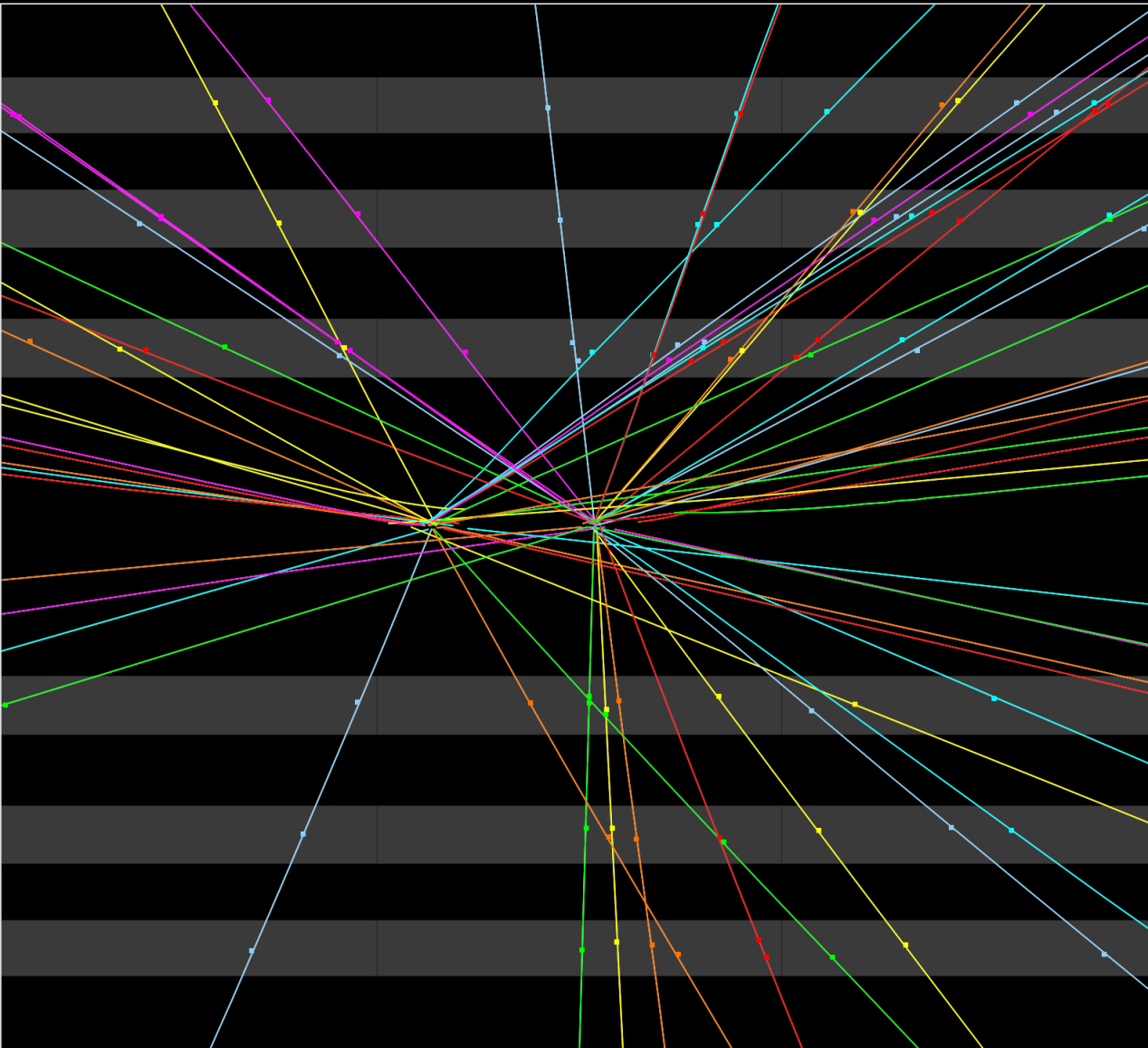
Run Number: 152166, Event Number: 810258

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

Di-jet Event at 7 TeV



Collision Event at 7 TeV with 2 Pile Up Vertices



Run Number: 152166, Event Number: 467774

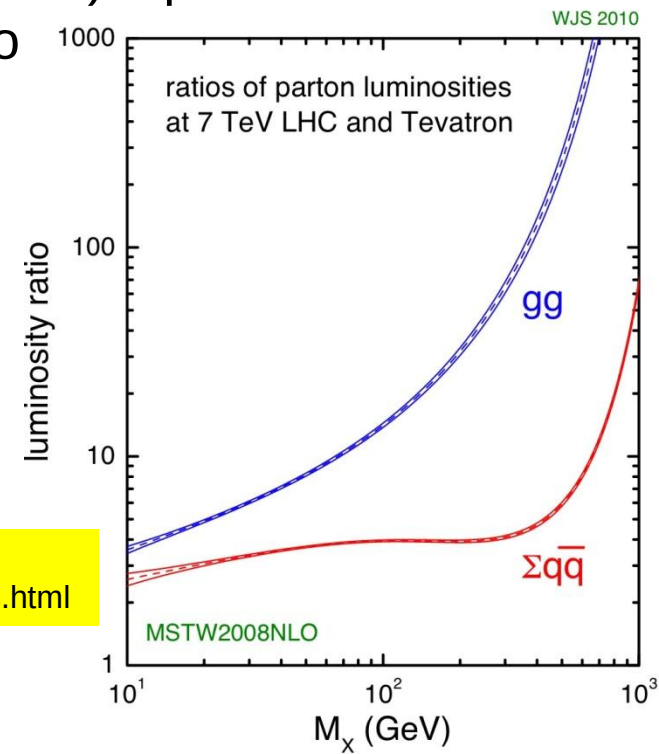
Date: 2010-03-30 13:31:46 CEST

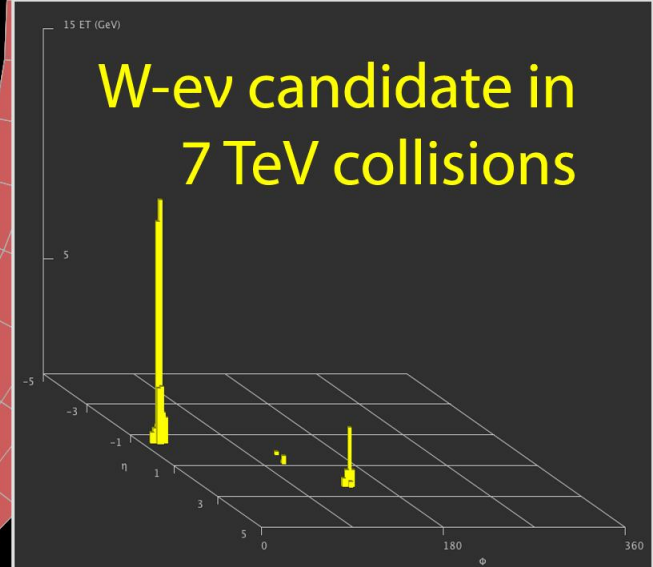
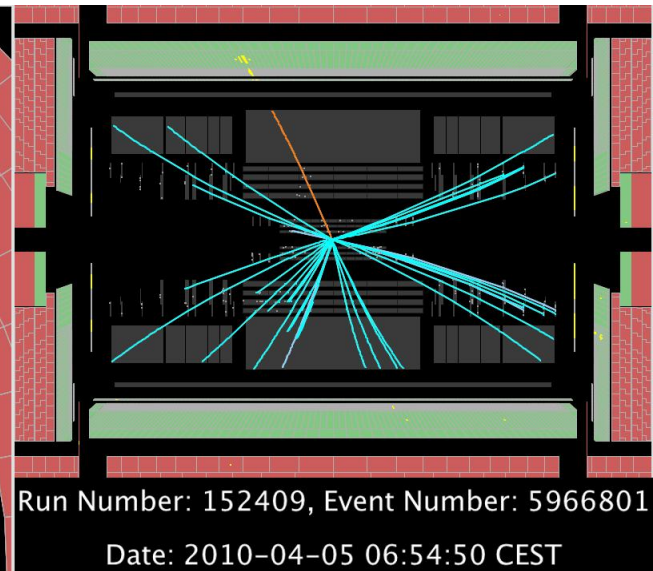
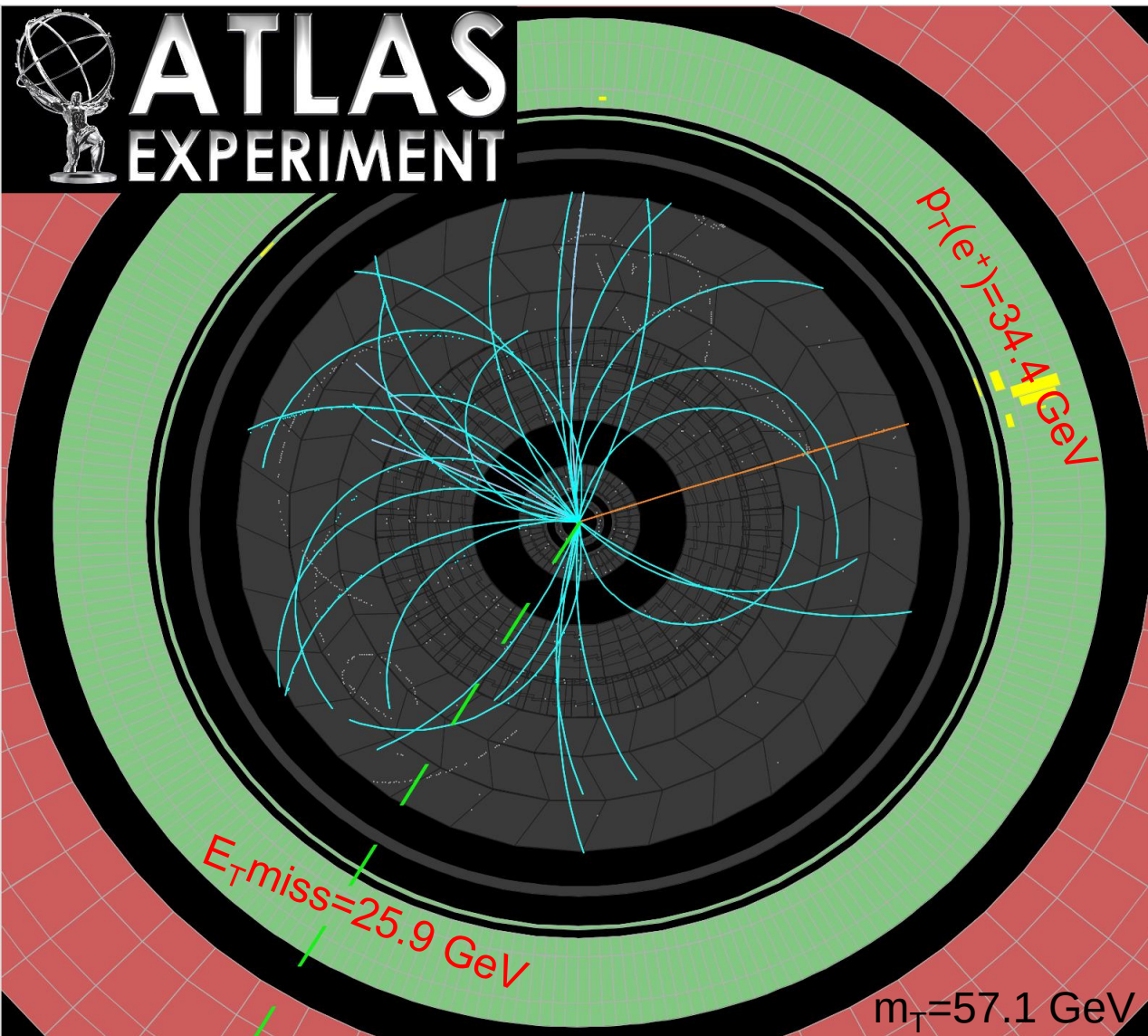
<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

Conclusioni

- 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](https://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 ~ 18 mesi e fornire 1 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>



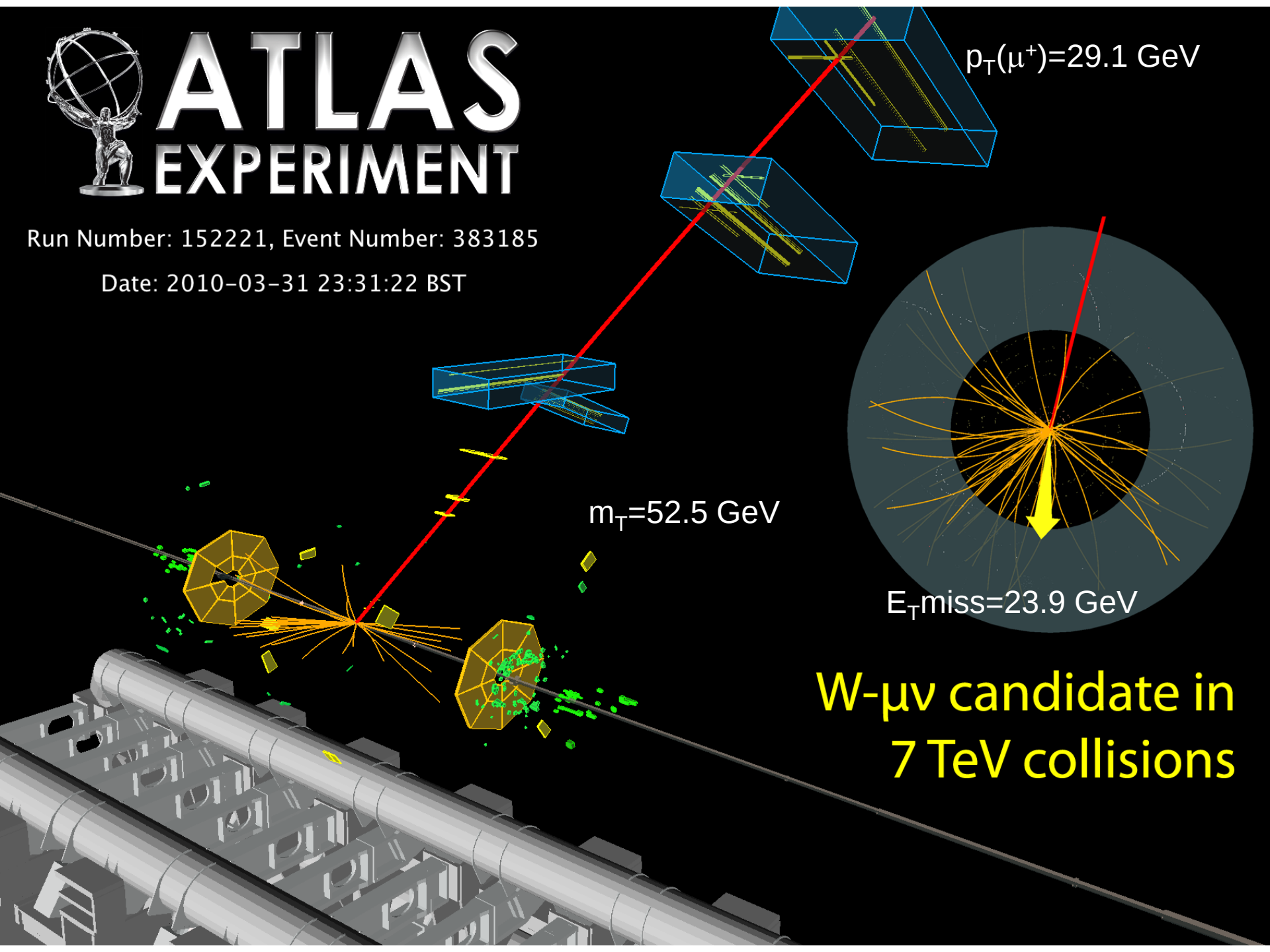




ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 152221, Event Number: 383185

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



backup

Expected number of events in ATLAS for 100 pb⁻¹ after cuts

