

Stato dell'esperimento ATLAS a LHC

1. GENERALITA' SUI RIVELATORI AD LHC
2. DESCRIZIONE DI ATLAS
3. STATO ATTUALE E PRIME COLLISIONI

Michele PINAMONTI

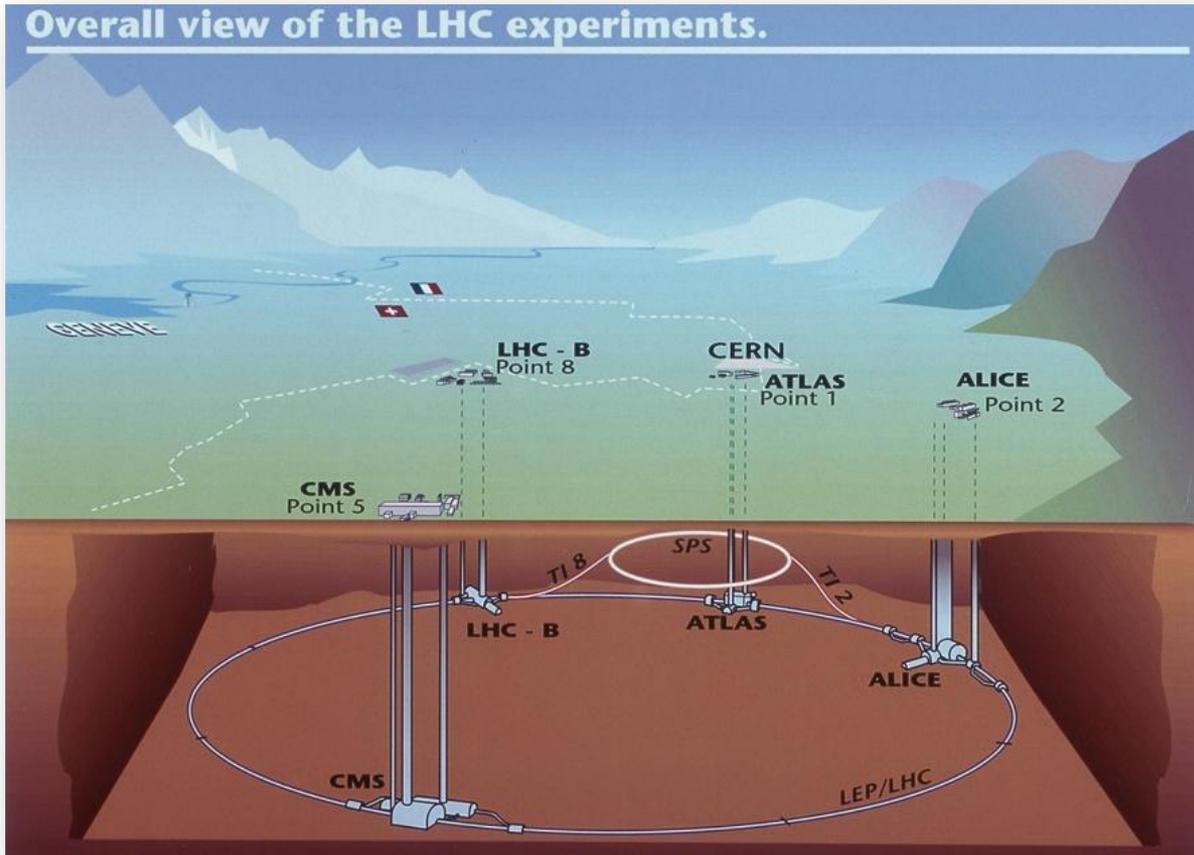
INFN Udine & Università di Trieste

(grazie a Claudia Gemme, INFN Genova)

10 Aprile 2010, CERN



ATLAS

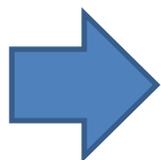
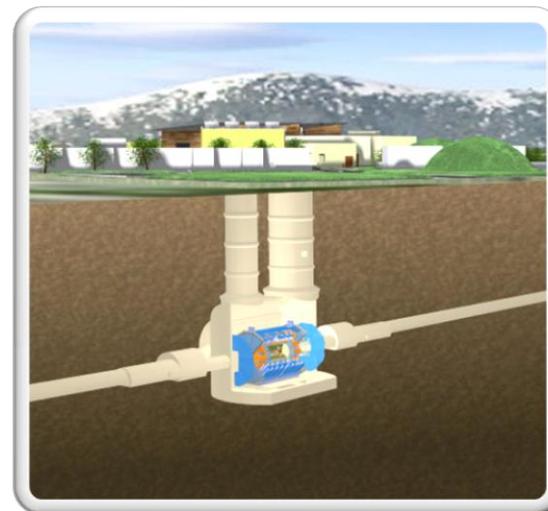


GENERALITÀ SUI RIVELATORI AD LHC

Un rivelatore per LHC



- ✓ I rivelatori sono posti nei punti in cui i due fasci vengono fatti collidere
- ✓ Devono essere in grado di:
 - identificare le particelle che si formano
 - misurare l'energia, la carica e la direzione di ciascuna particella
- ✓ A complicare:
 - Molte particelle pesanti che si formano nelle interazioni (Z, W, top, Higgs) decadono immediatamente in particelle più leggere
 - Alcuni costituenti fondamentali (i quarks) non sono capaci di stare da soli e formano immediatamente particelle composte



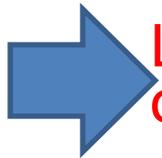
è dalle particelle secondarie che si deducono le proprietà di quelle genitrici e dei processi elementari

Un rivelatore per LHC



✓ A complicare ancora di più:

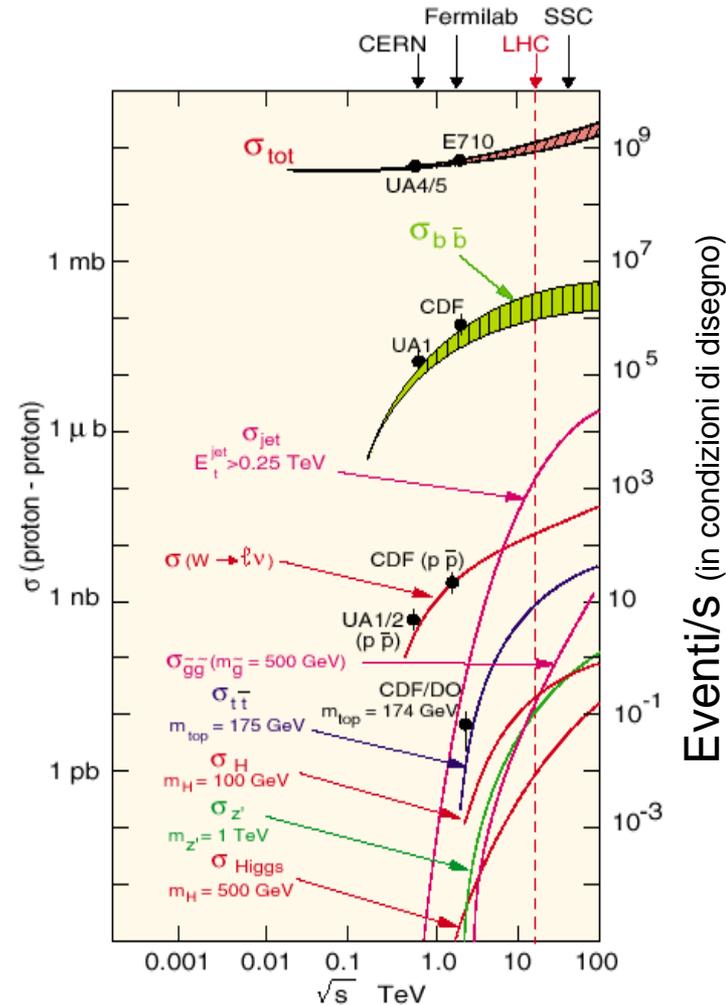
- Collisioni a 40 MHz
- Ogni secondo ~100 miliardi di particelle
- Gli eventi realmente interessanti sono pochi



Le interazioni nel rivelatore ATLAS creano un enorme flusso di dati

✓ Per digerire questi dati servono:

- un sistema di trigger: seleziona 100 eventi interessanti /secondo a partire da 1000 milioni/secondo
- un sistema di acquisizione dati: deve incanalare i dati dal detector al sistema di storage (disco)
- un sistema di computing: deve analizzare 1000 milioni di eventi/anno registrati



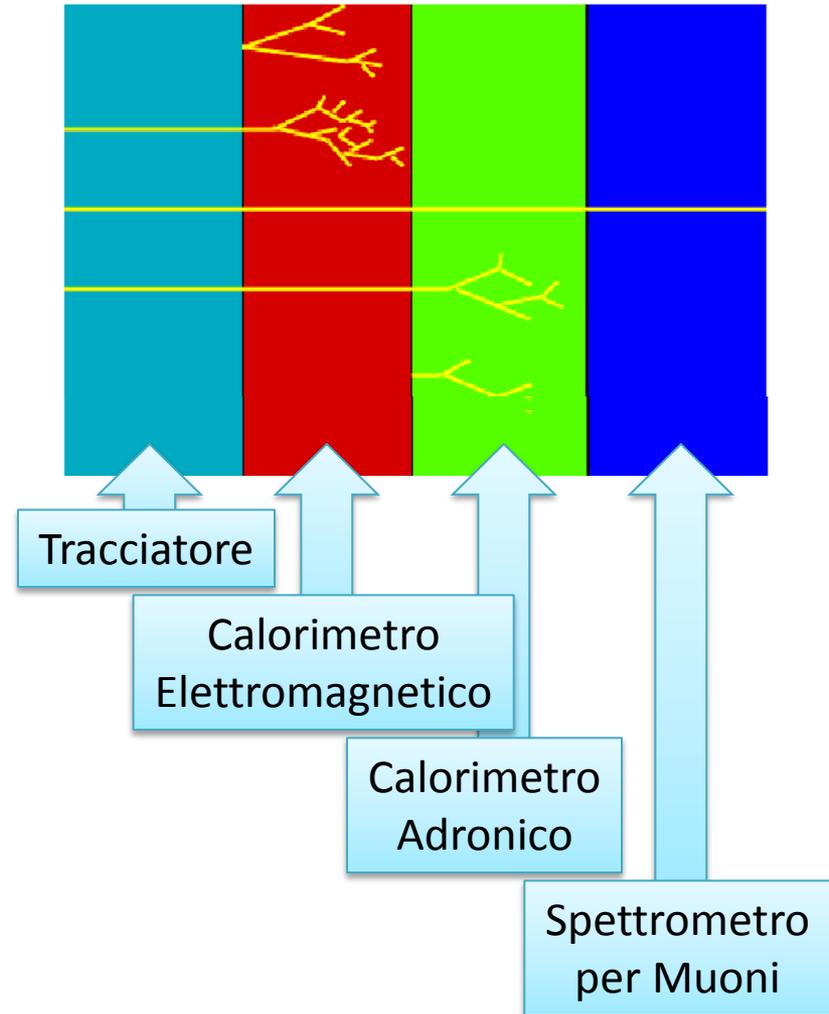
Un "microscopio" a strati specializzati



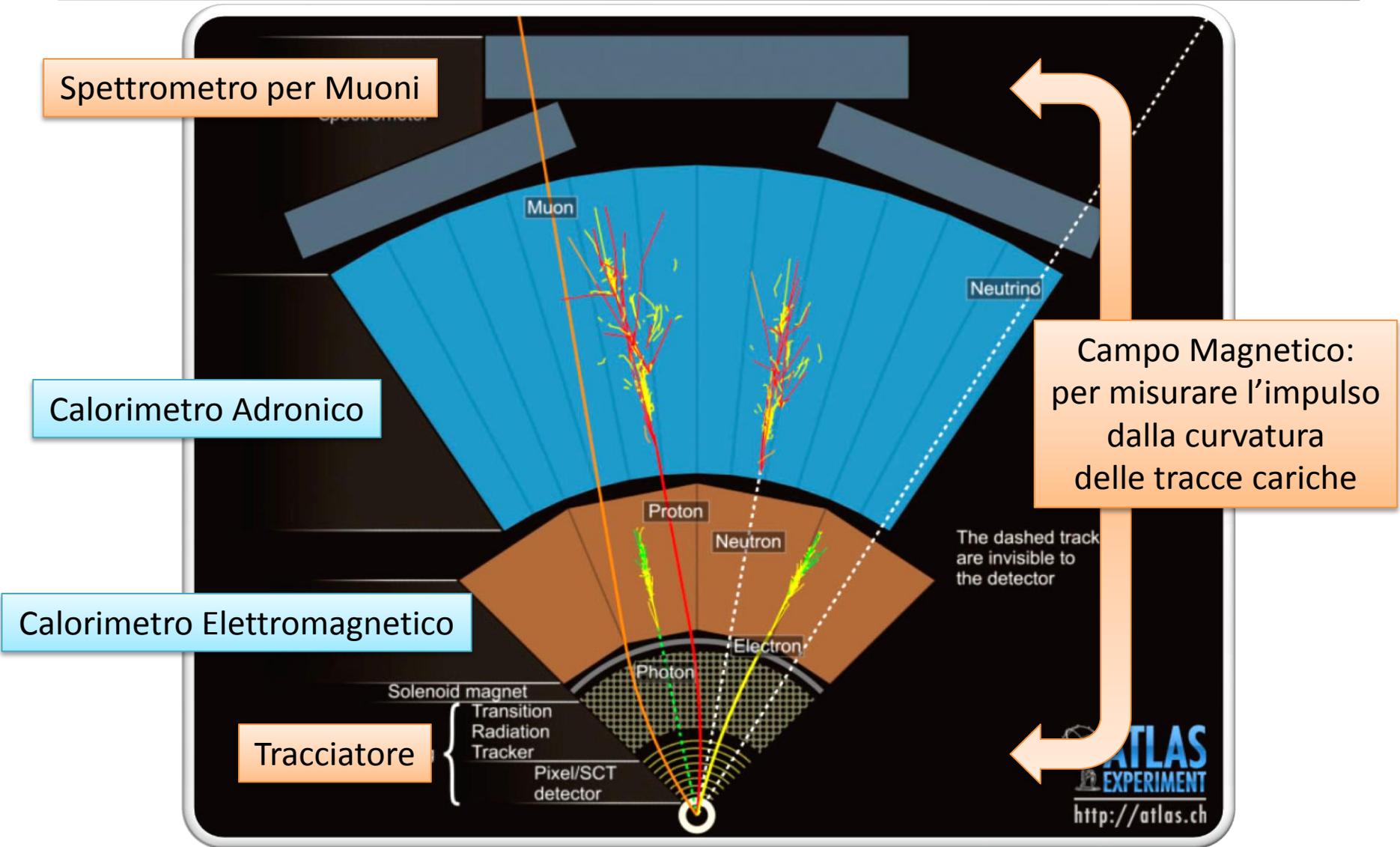
- ✓ Particelle "stabili" da distinguere e misurare:

fotoni
elettroni
muoni
adroni carichi (p, pioni, K...)
adroni neutri (n, K⁰...)
neutrini (e neutralini?) ...

- ✓ Il rivelatore è costruito "a cipolla", con strati sovrapposti specializzati che utilizzano diverse tecnologie



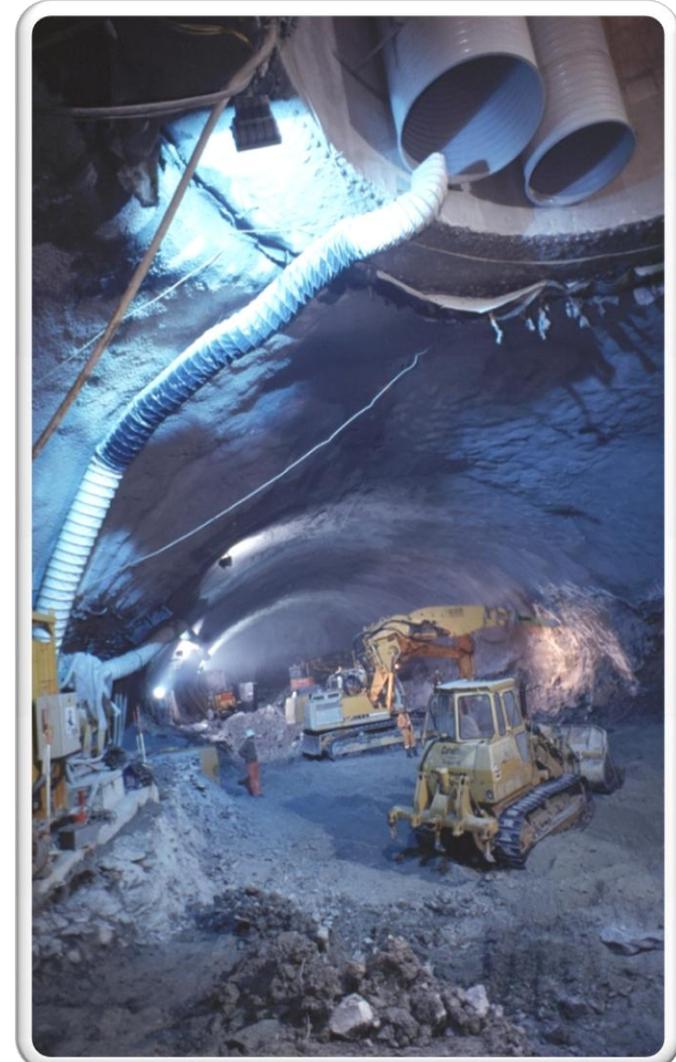
Un "microscopio" a strati specializzati



Perché "seppellire" i rivelatori?



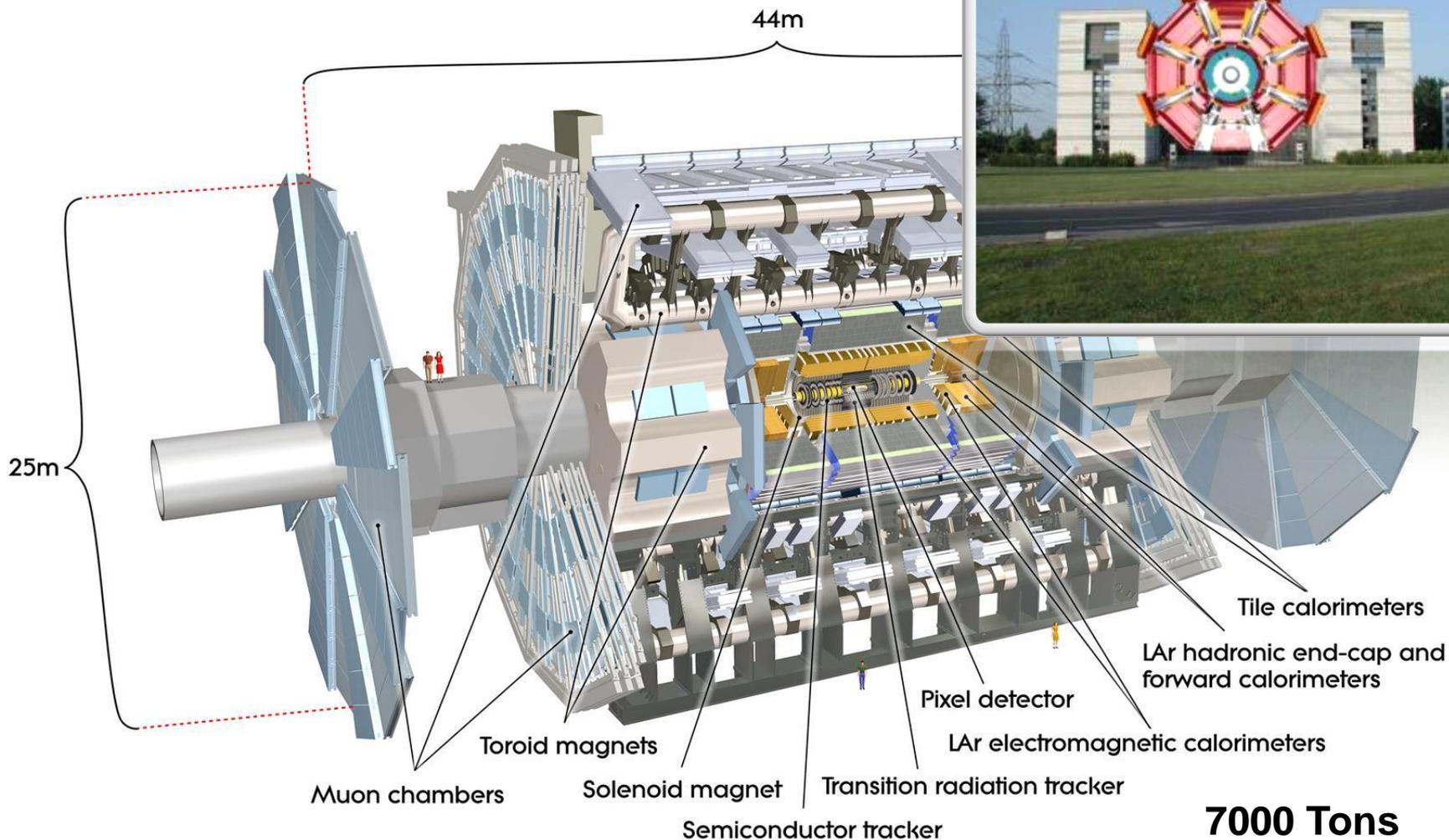
- ✓ Sia acceleratore che rivelatori sono 100m sotto terra
 - per proteggere loro dall'ambiente (vibrazioni, ΔT , ...)
 - per proteggere l'ambiente da loro (radiazioni emesse durante il funzionamento)



Più grande è l'energia:



✓ Più grande è il rivelatore:

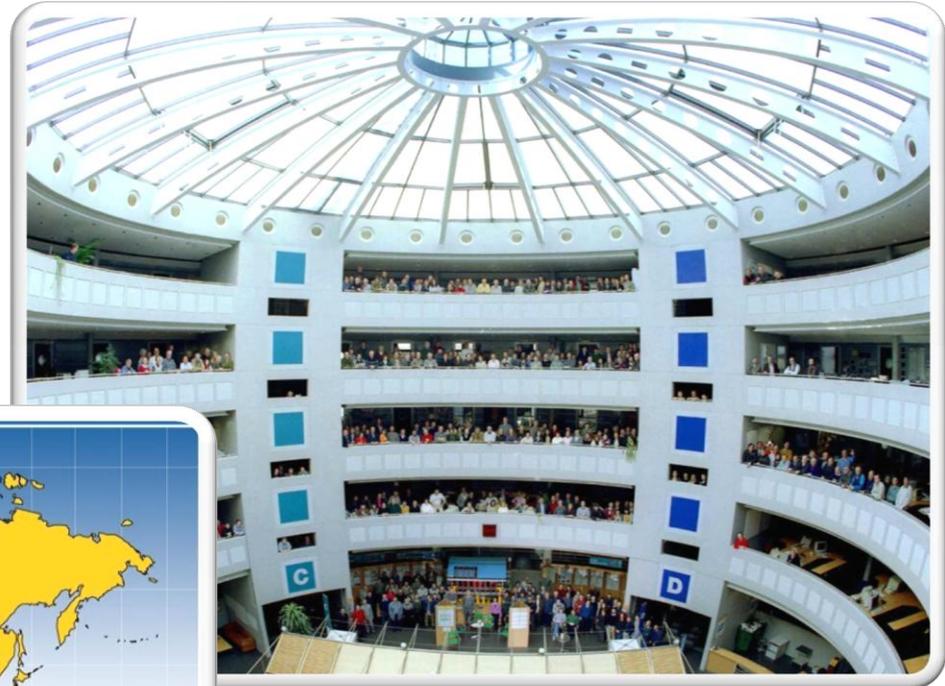


Più grande è l'energia:



✓ Più sono le persone:

- 173 università e laboratori
- 37 nazioni
- 3000 scienziati
- di cui 1000 studenti



Più grande è l'energia:



- ✓ Più tempo è necessario per realizzare il rivelatore:
 - 15 anni tra progettazione e costruzione

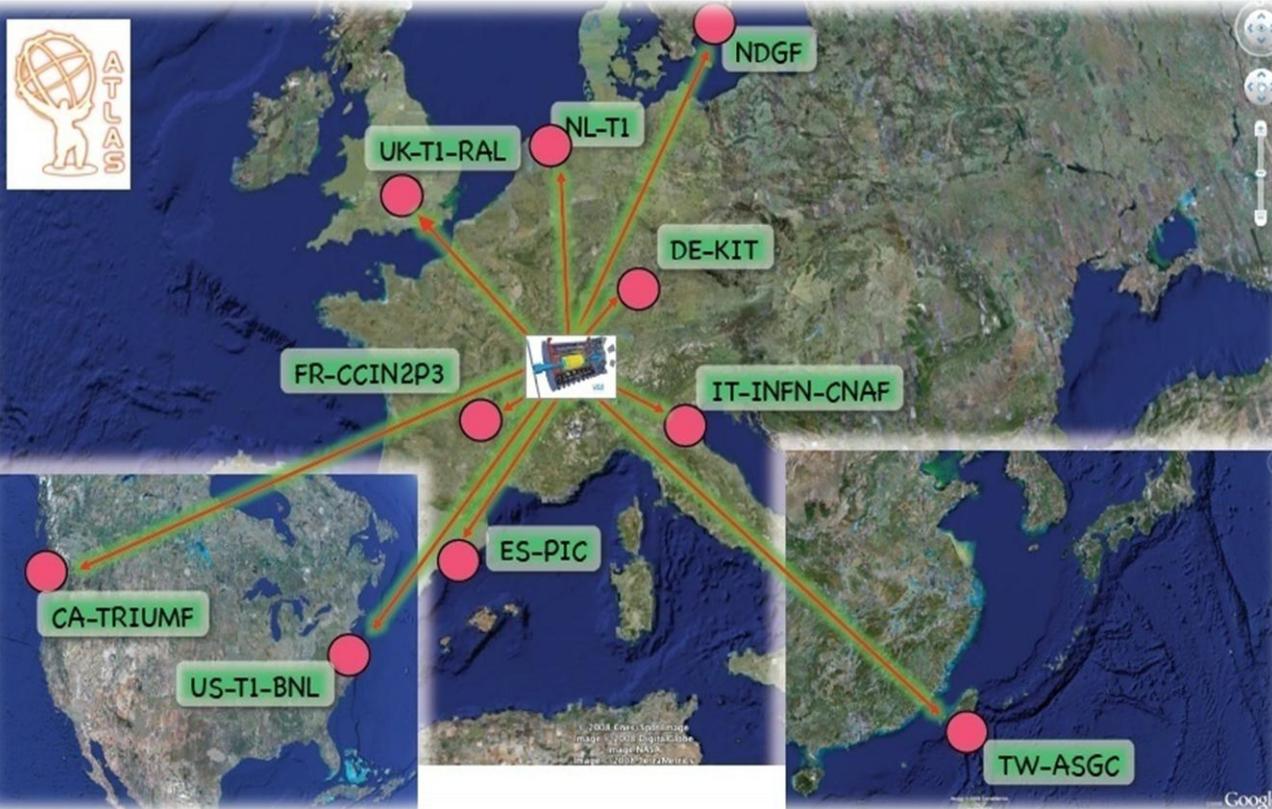
- ✓ Più alti sono i costi:
 - ~500 M euro

Più grande è l'energia:



✓ Più grande deve essere la potenza di calcolo:

- per selezionare gli eventi in tempo reale (da 109/s → 100/s)
- per studiare ognuno dei 100/s rimasti (1 anno = 2 10¹⁵ Bytes = 4 milioni di CD...)



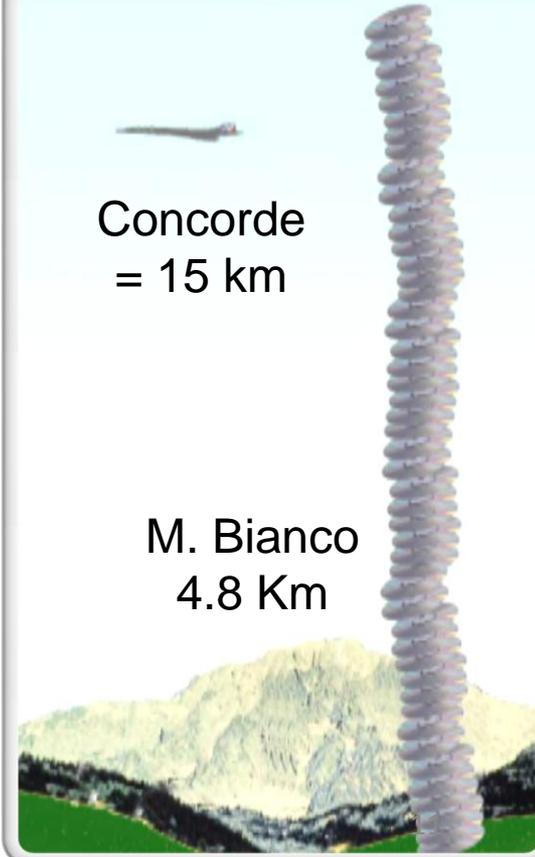
Pallone = 30 km

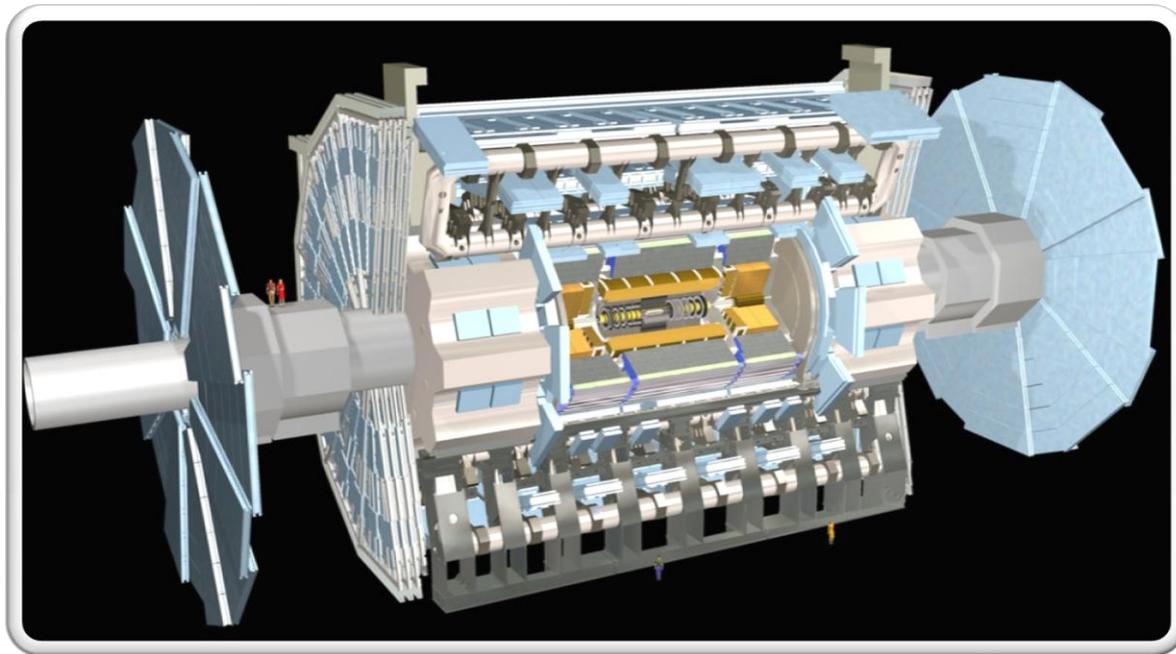
Pila di CD x 1 anno
= 20 km



Concorde
= 15 km

M. Bianco
4.8 Km





DESCRIZIONE DI ATLAS

Preparazione della caverna di ATLAS



2000



La caverna finita!



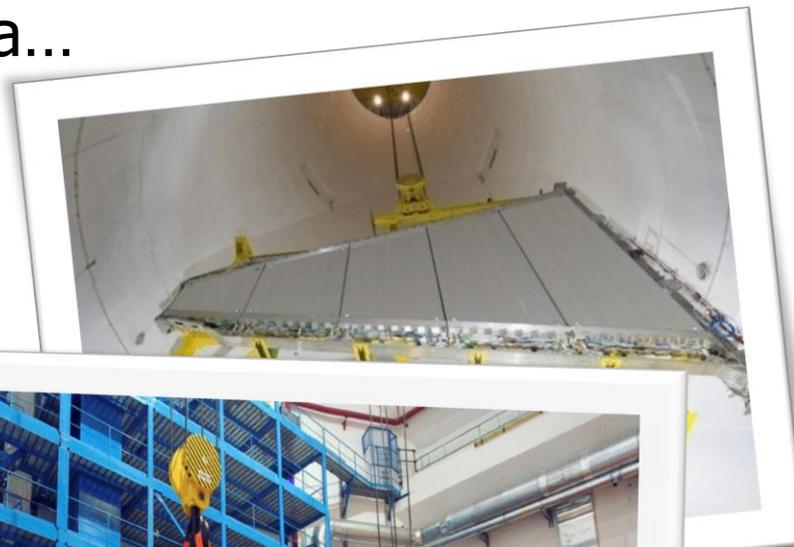
Giugno 2003



Costruzione del Rivelatore



- ✓ Le varie parti del rivelatore sono state assemblate un po' come modelli di navi in bottiglia...



Tracciatore - Inner Detector



Tracciatore - Inner Detector

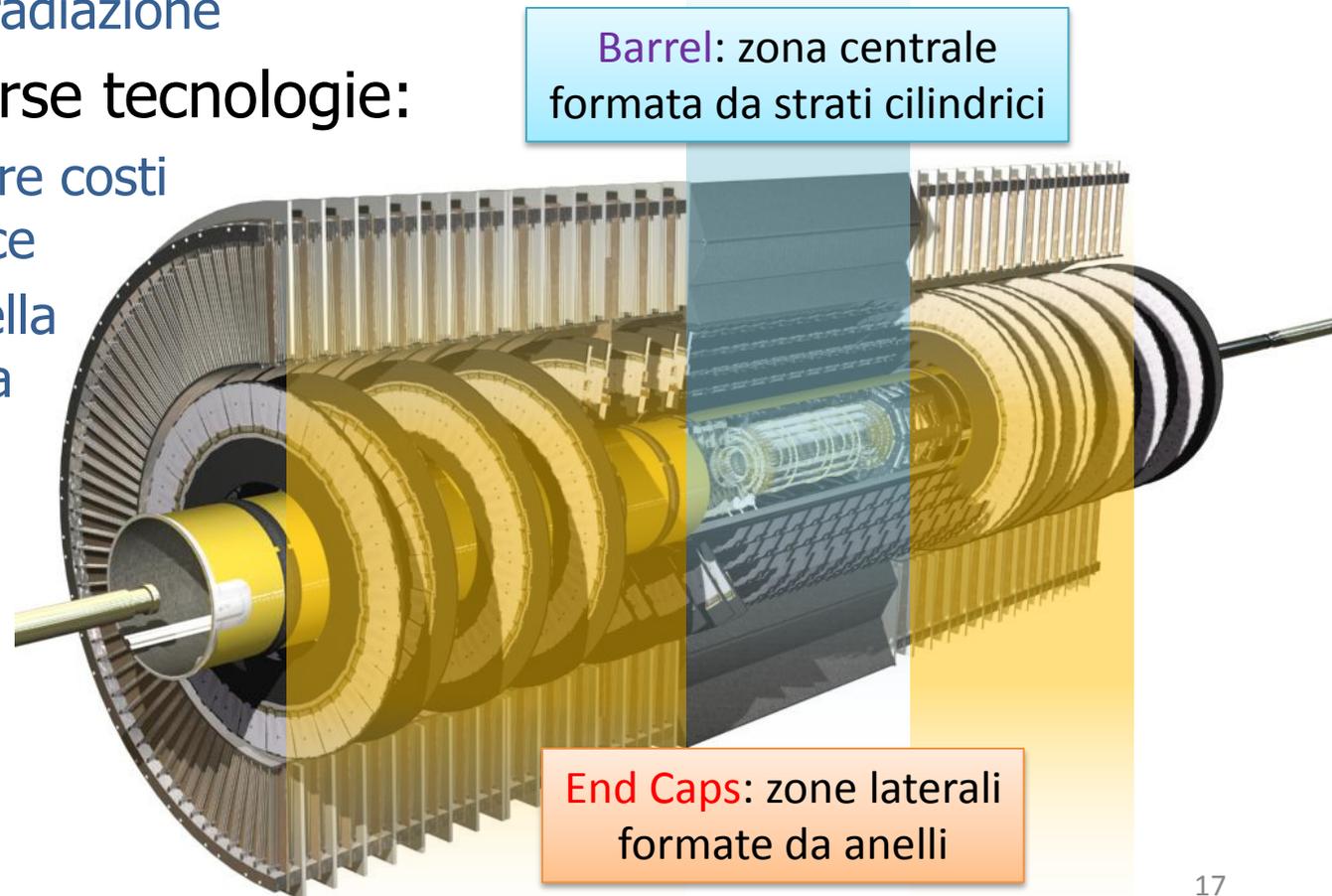


✓ Rivelatore più vicino alla regione di interazione:

- alta densità di particelle (1000 tracce / evento a luminosità normale)
- alta dose di radiazione

✓ Utilizzate diverse tecnologie:

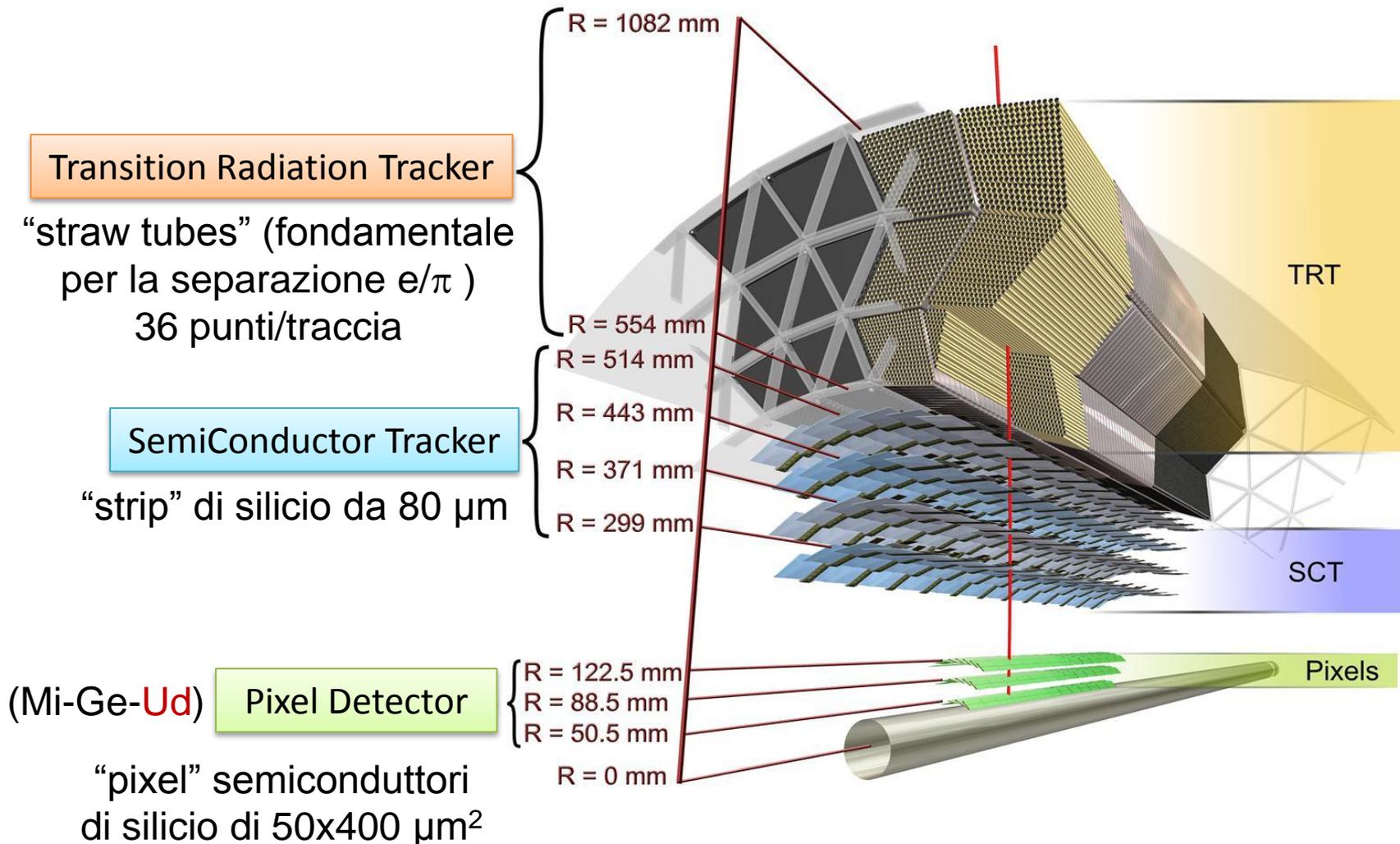
- per ottimizzare costi e performance
- a seconda della distanza dalla regione d'interazione



Tracciatore - Inner Detector



✓ Composto da 3 sottorivelatori:



Tracciatore - Inner Detector



Sfida:
~1k tracce / 25ns

36 punti dal TRT

7 punti di precisione
da pixel e SCT

Risoluzione richiesta sul momento:
 $\sigma_{p_T}/p_T = 0.05\% p_T \oplus 1\%, \quad |\eta| < 2.5$

Tracciatore - Inner Detector

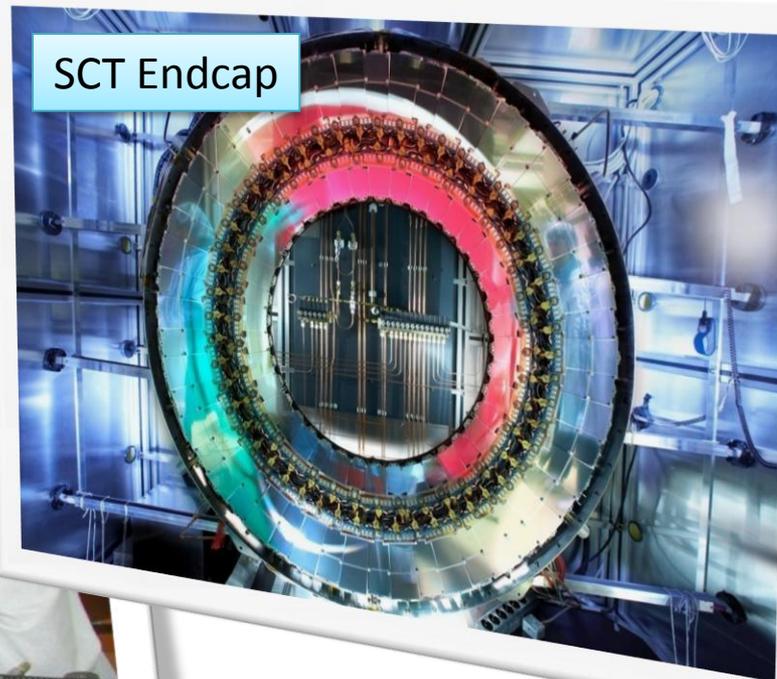


✓ Alcune fasi della costruzione:

TRT Wheel



SCT Endcap



Tracciatore – Inner Detector



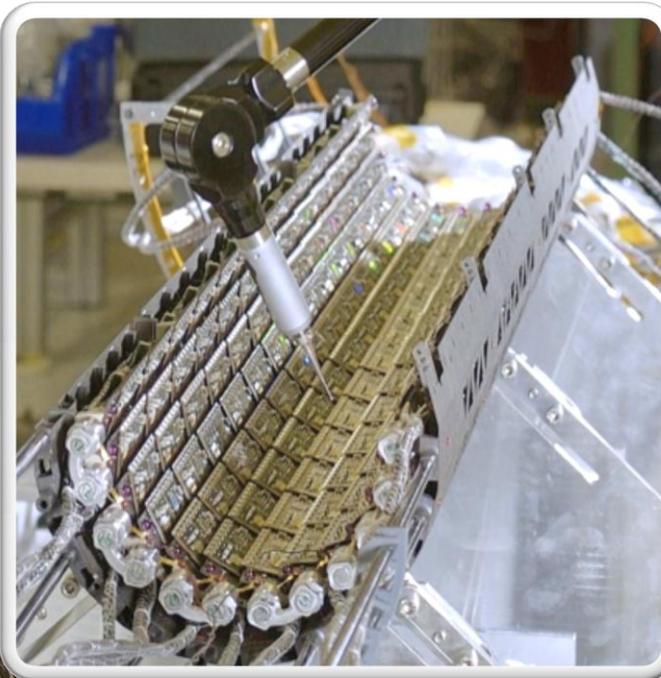
Installazione del Barrel Tracker (Agosto 2006)



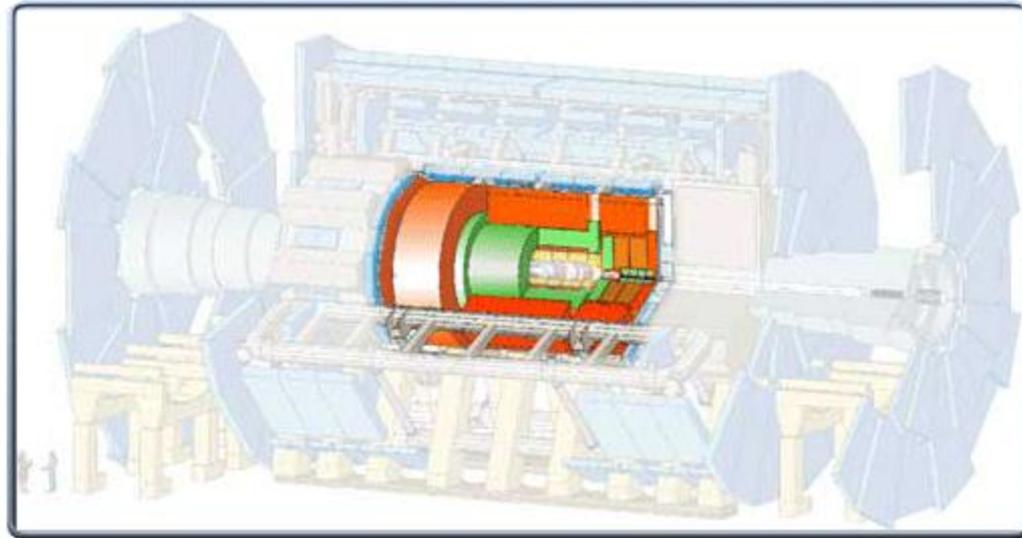
Tracciatore – Inner Detector



- ✓ Installazione del rivelatore a pixel (Giugno 2007)



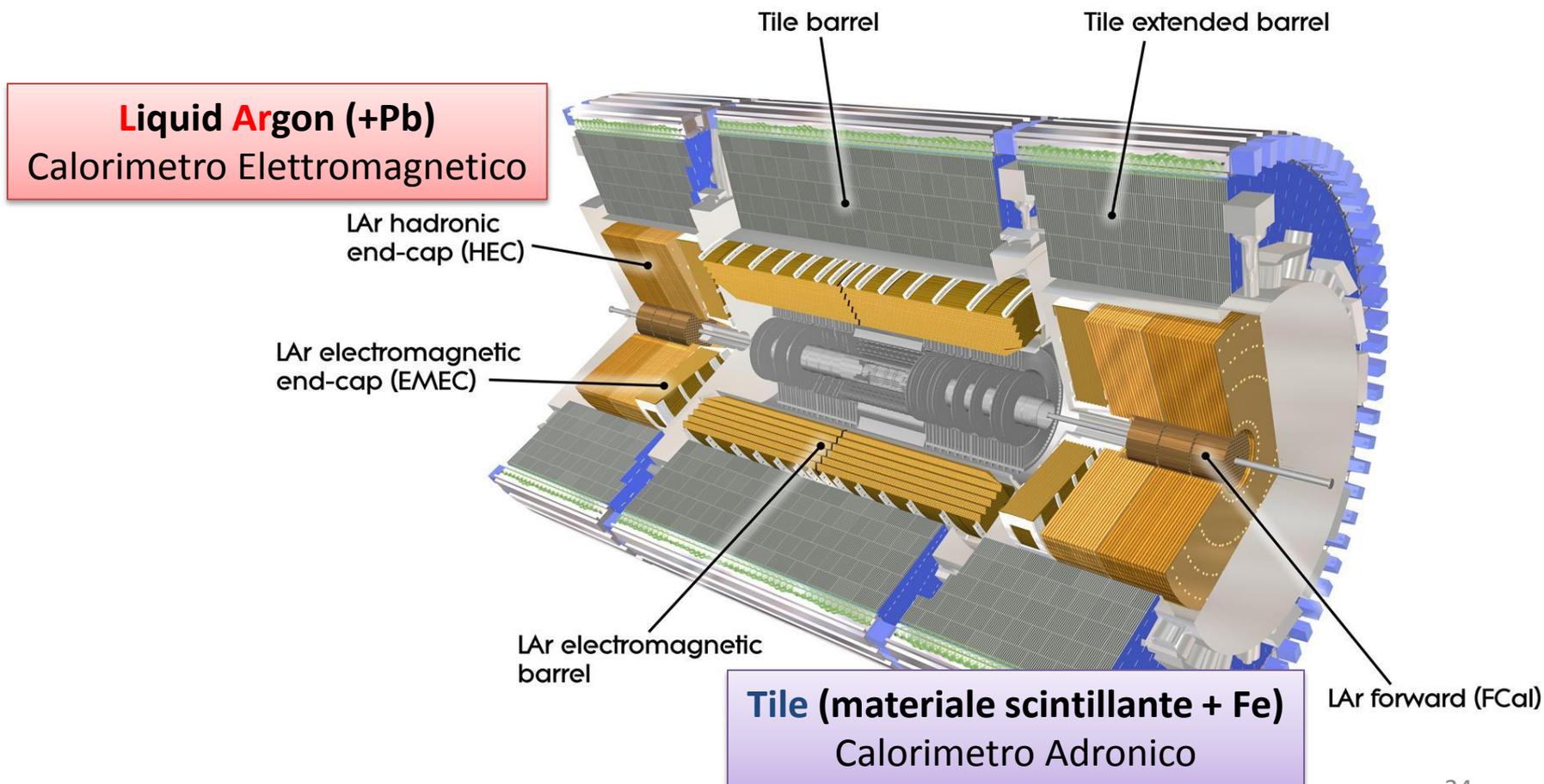
Calorimetri E.M. e Adronico



Calorimetri E.M. e Adronico



- ✓ Misura l'**energia** delle particelle neutre e cariche che interagiscono nel suo materiale e vengono completamente assorbite



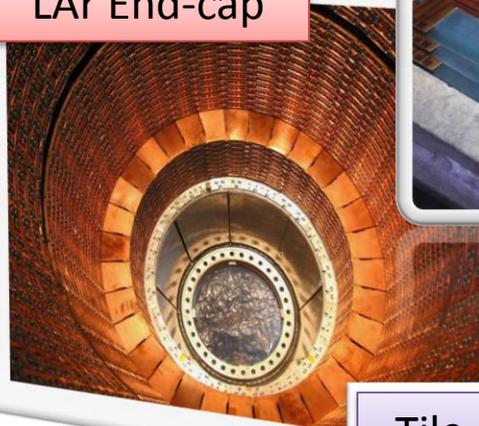
Calorimetri E.M. e Adronico



- ✓ Ha funzionalità di **trigger**
- ✓ Deve essere ermetico

bisogna derivare tramite calibrazioni ad hoc il legame tra energia della particella ed effetto nel rivelatore

LAr End-cap



LAr Barrel



Tile



Risoluzione in energia richiesta

EM: $\sigma_E/E = 10\%/ \sqrt{E} \oplus 0.7\%$, $|\eta| < 3.2$

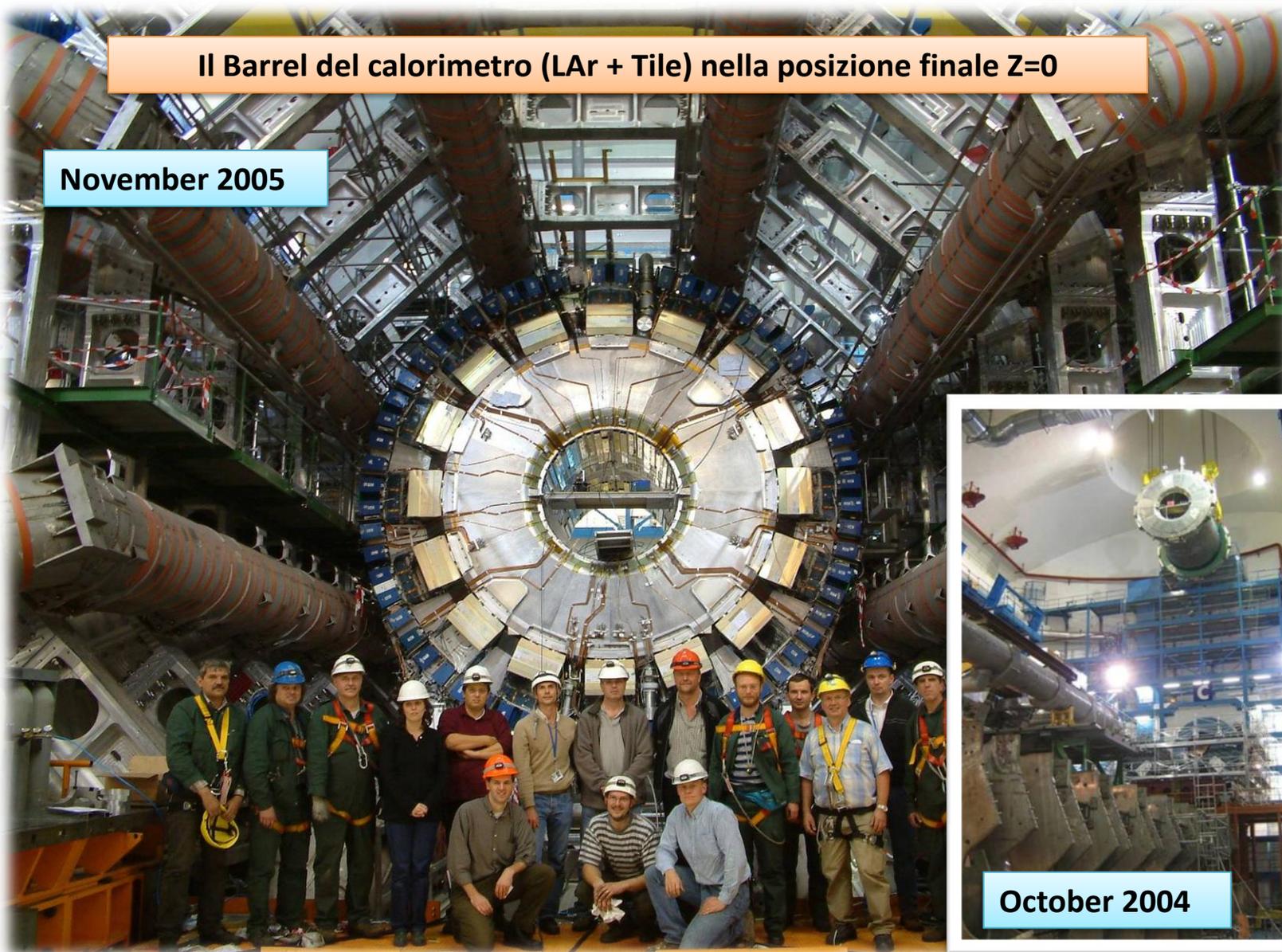
Hadro: $\sigma_E/E = 50\%/ \sqrt{E} \oplus 3\%$, $|\eta| < 3.2$

Calorimetri E.M. e Adronico



Il Barrel del calorimetro (LAr + Tile) nella posizione finale Z=0

November 2005



October 2004

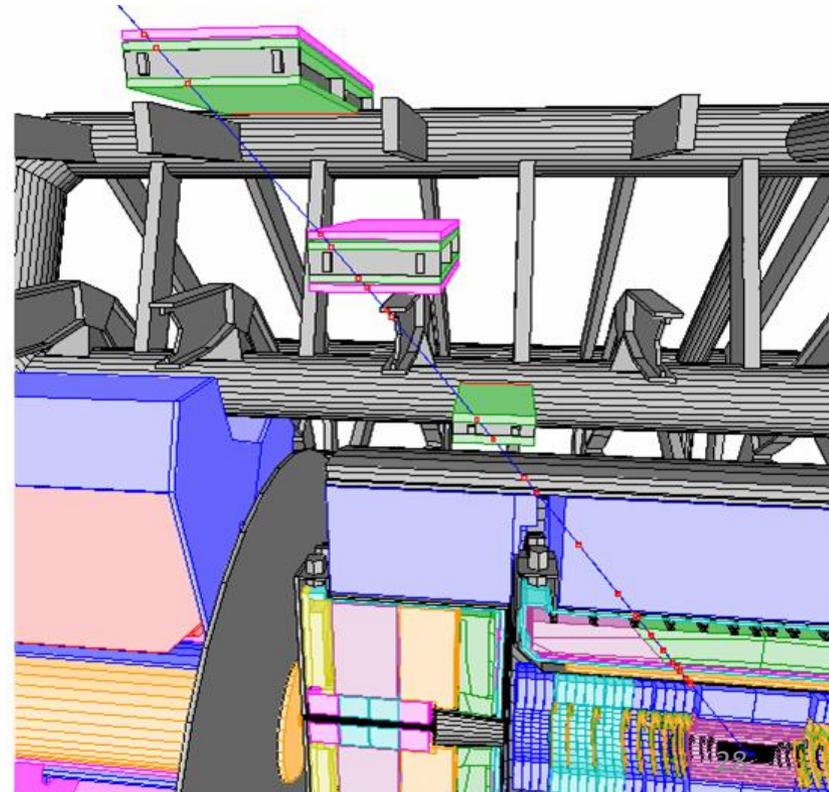
Spettrometro per Muoni



Spettrometro per Muoni



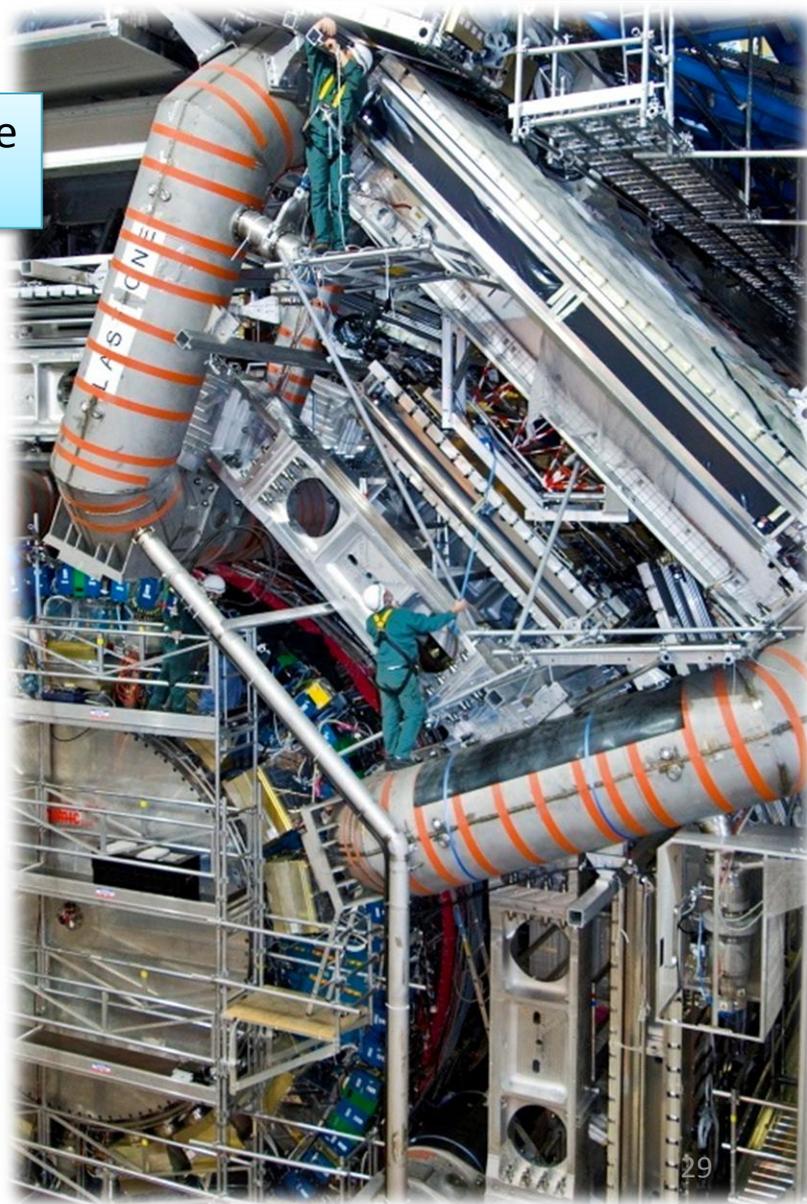
- ✓ Sistema complesso con due funzionalità:
 1. Tracciatore delle tracce cariche che riescono ad attraversare i calorimetri (muoni)
 2. Trigger basato sulla richiesta di avere almeno n muoni con impulso maggiore di una determinata *soglia*
- ✓ Per misurare l'impulso dei muoni con la precisione richiesta deve:
 - misurare distanze di 0.5 mm
 - con una precisione di 50 μm
 - su una lunghezza di 5m
- ✓ L'allineamento delle camere e il suo monitoraggio sono essenziali



Spettrometro per Muoni



Installazione delle stazioni tra le bobine
(~ 700 stazioni)



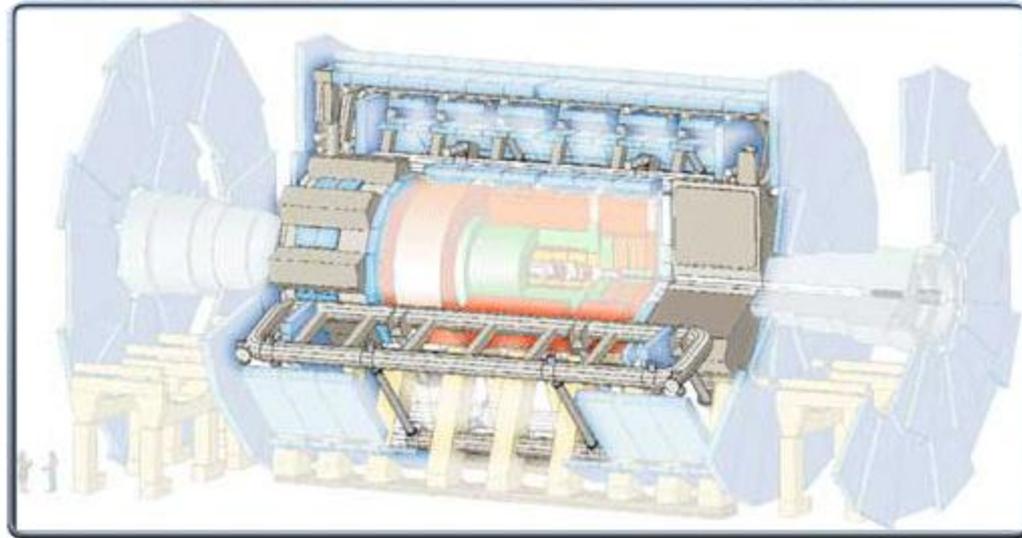
Spettrometro per Muoni



Installazione della seconda "Small Wheel" 29 febbraio 2008



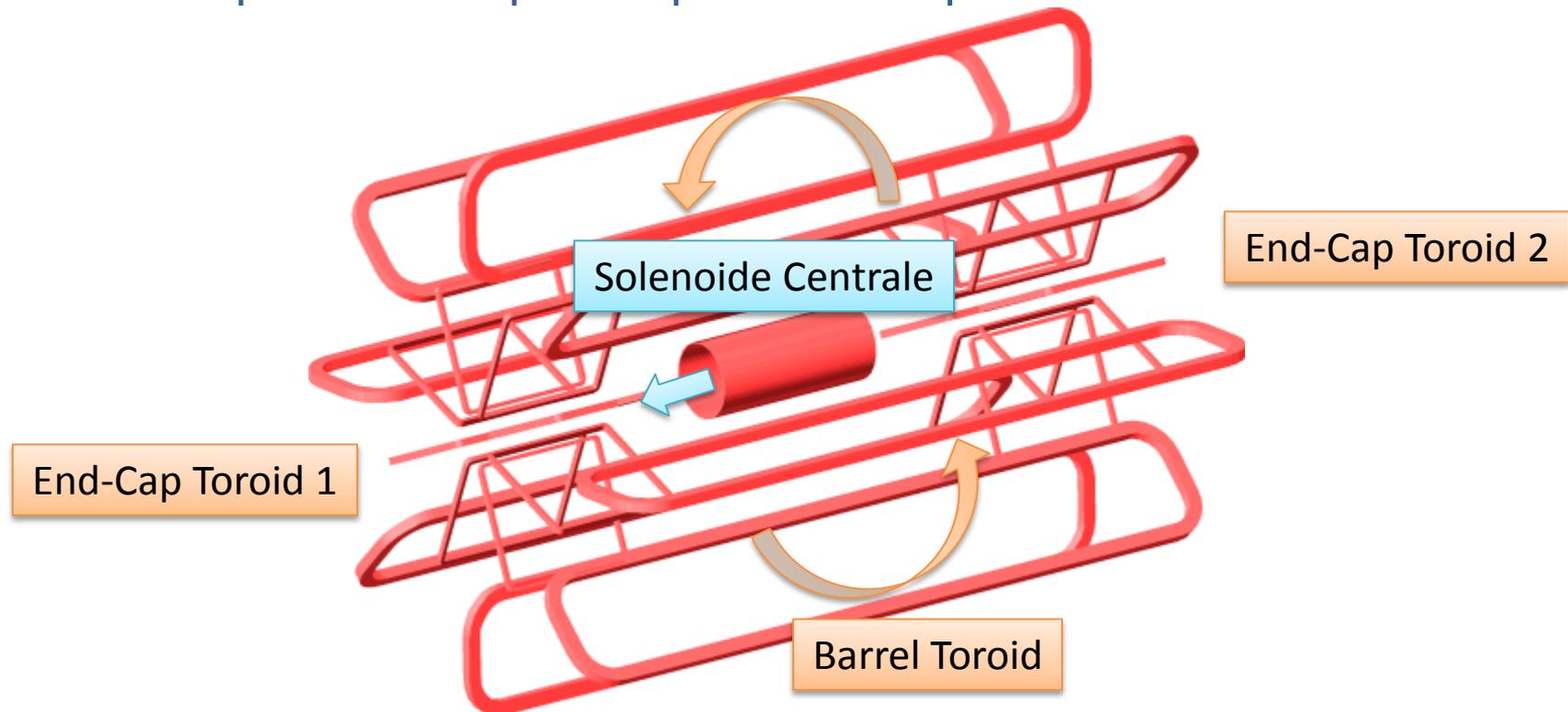
Sistema Magnetico



Sistema Magnetico



- ✓ Due sistemi magnetici distinti, composti da diverse parti:
 - campo solenoidale per il tracciatore
 - campo toroidale per lo spettrometro per muoni

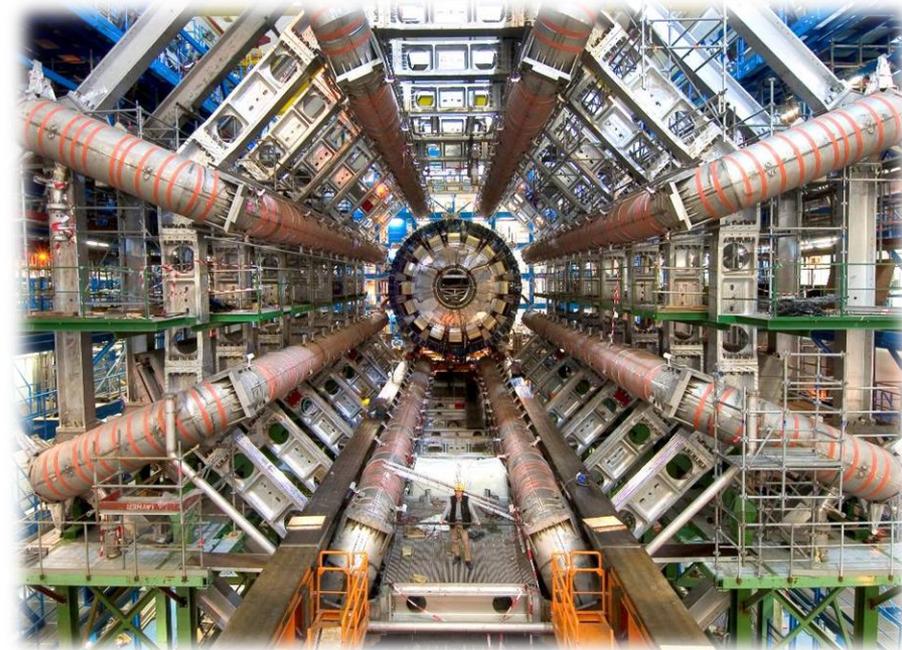


ATLAS = A Toroidal LHC ApparatuS

Sistema Magnetico



- ✓ Nel complesso:
 - 20 m diametro x 25 m lunghezza
 - 12000 m³ volume
 - 20.5 kA a 4.1 T nel toroide
 - 1.6 GJ energia immagazzinata
 - superconduttore a 4.8 K

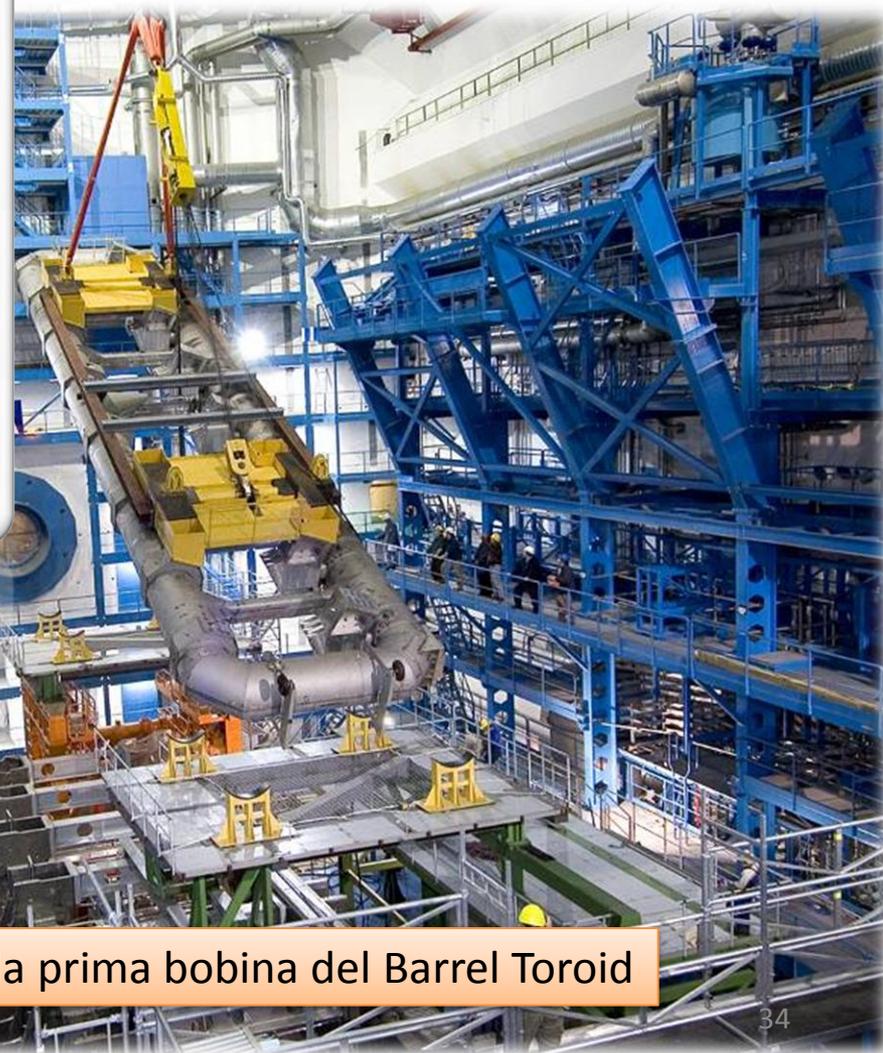


- ✓ E' cruciale per la misura dell'impulso delle particelle conoscere:
 - la posizione delle bobine
 - la mappatura del campo magnetico
- ✓ Migliaia di sensori assolvono a questi compiti

Sistema Magnetico



Trasporto di un End-Cap Toroid



Installazione della prima bobina del Barrel Toroid

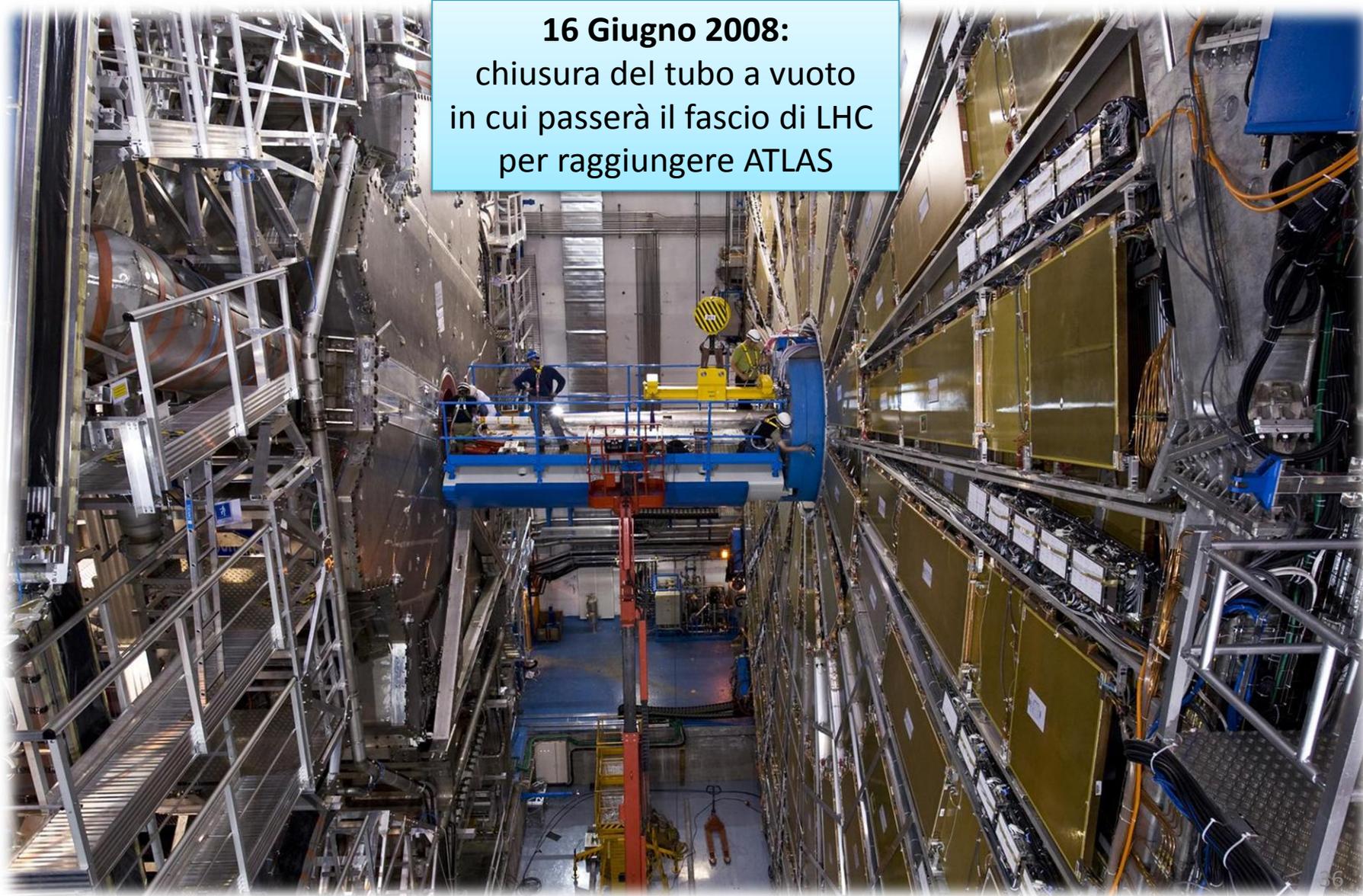


STATO ATTUALE E PRIME COLLISIONI

Momento Storico



16 Giugno 2008:
chiusura del tubo a vuoto
in cui passerà il fascio di LHC
per raggiungere ATLAS

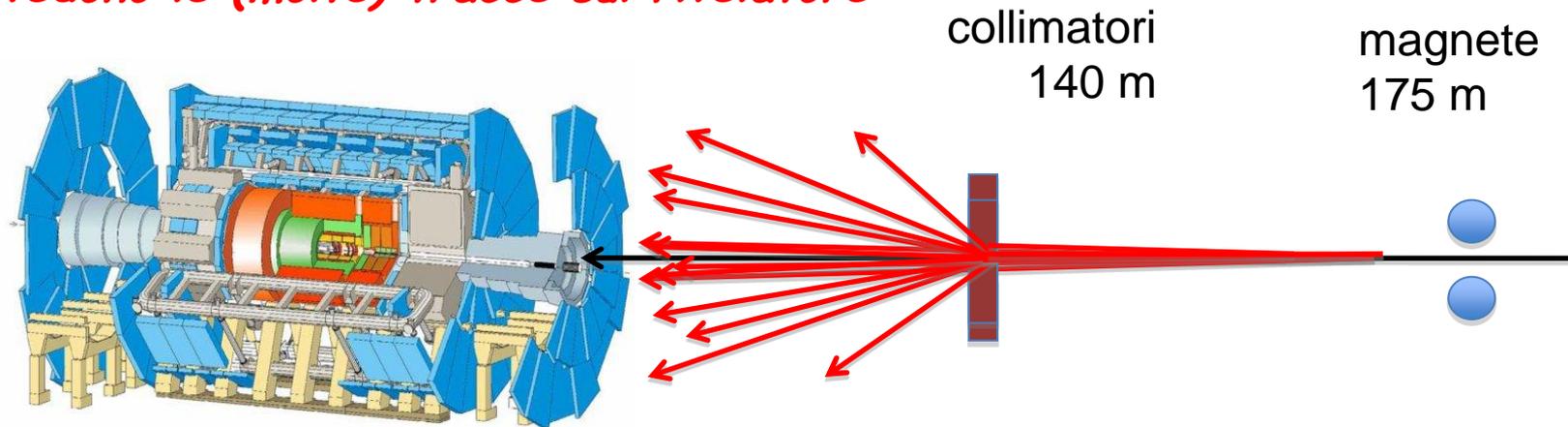


Prove Generali



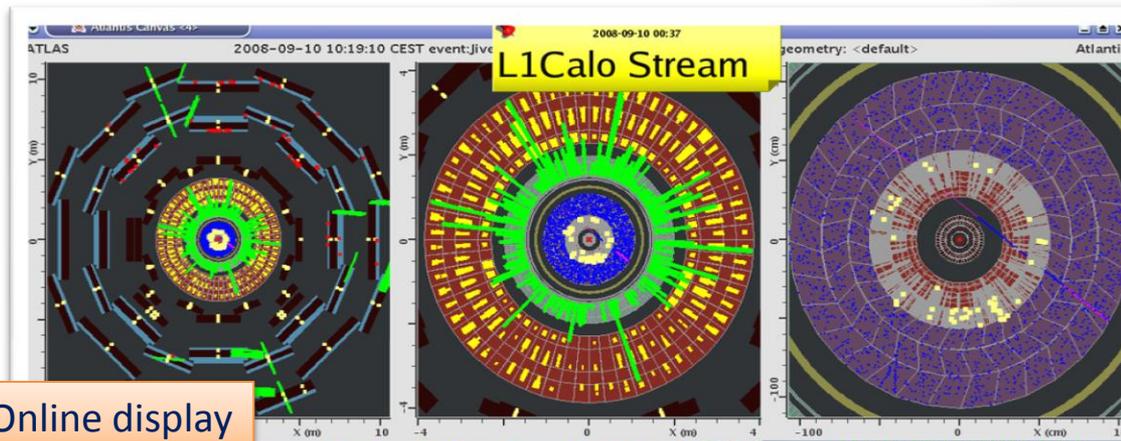
Dopo 10 anni di studi preliminari e 15 di costruzione (per ~7000 scienziati su 4 esperimenti) siamo arrivati alla prova generale 10/9/08 → fasci iniettati nell'LHC e attraversato ATLAS che si trova vicino ai punti di iniezione.

La prima prova di funzionamento (prima delle collisioni fascio-fascio) e' quella di fare girare il fascio lungo i 27 km del tubo a vuoto. Poi si manda un solo fascio contro un collimatore chiuso e si vedono le (molte) tracce sul rivelatore

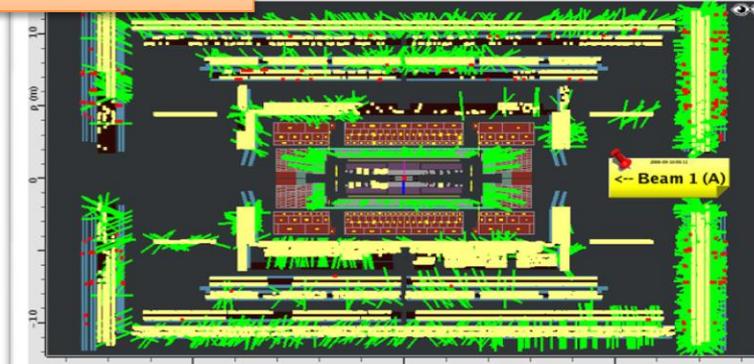


✓ Ha funzionato con i primi fasci in LHC?

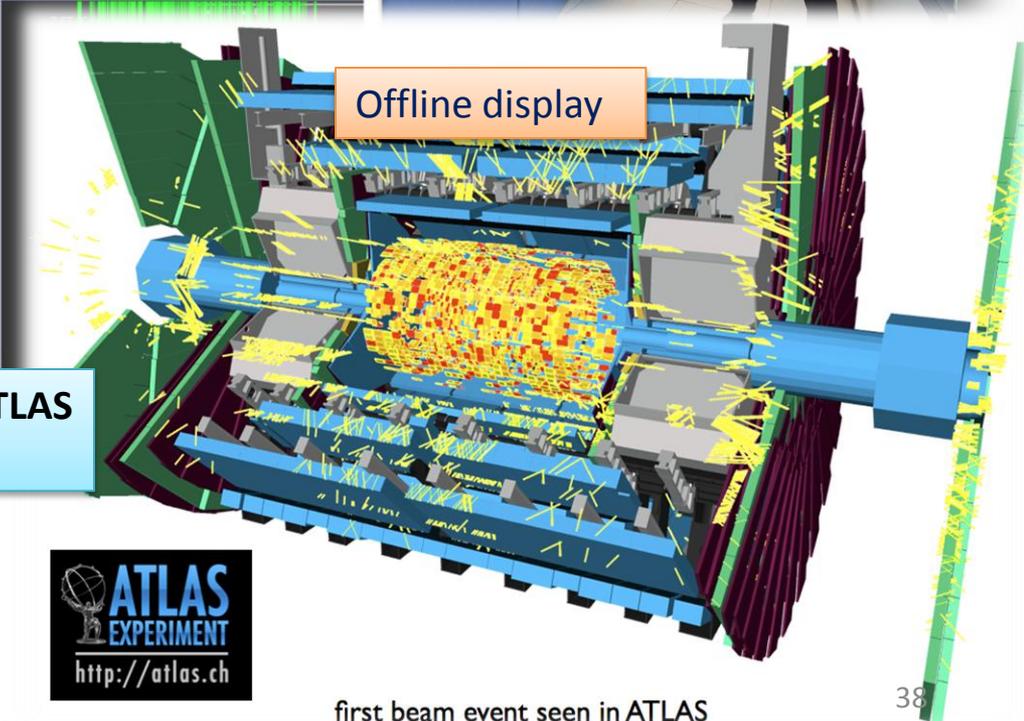
Prove Generali



Online display



Primo evento di fascio LHC in ATLAS
10:19, 10 Settembre 2008



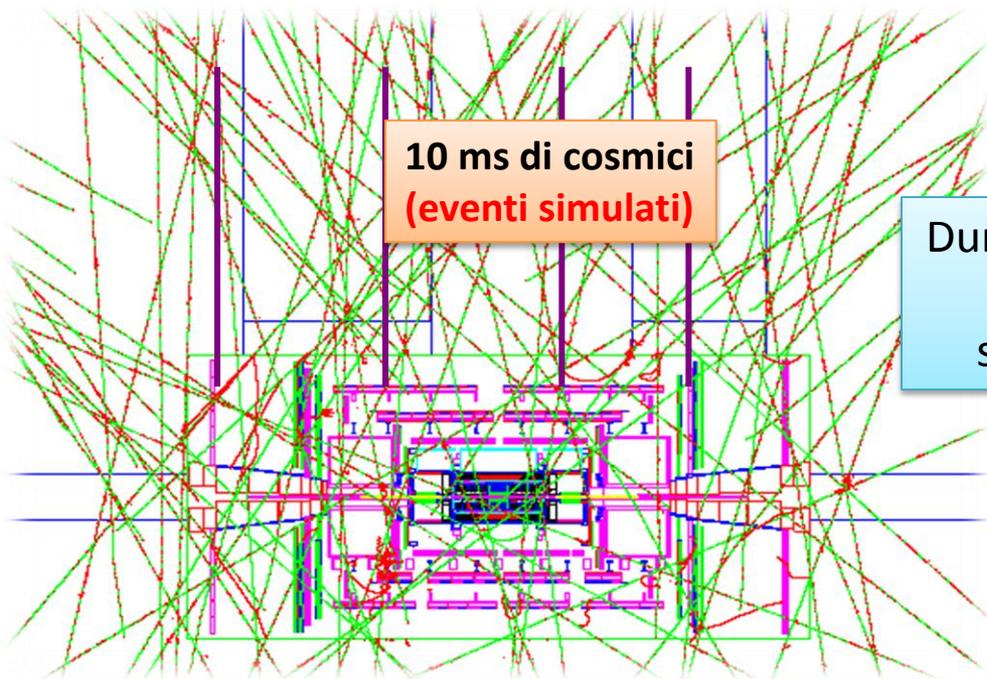
Offline display



Calibrazione con Raggi Cosmici

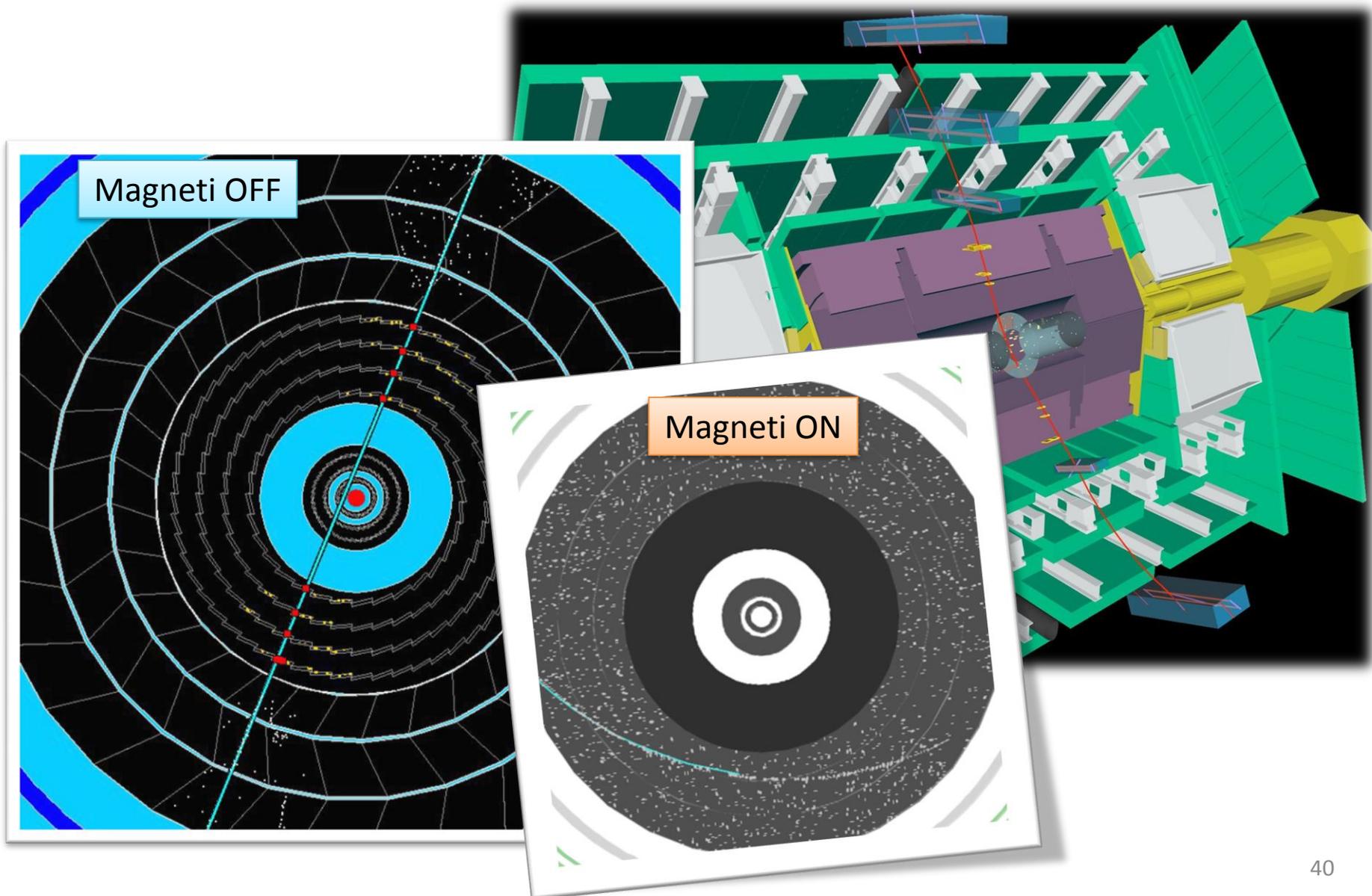


- ✓ I raggi cosmici vengono utilizzati per verificare che tutte le parti degli esperimenti funzionino ed inoltre:
 - Allineamento dei sistema a muoni e del tracciatore interno
 - Calibrazioni dei calorimetri
 - Ottimizzazione delle procedure di presa dati, monitoring, trigger, data flow, etc...



Durante il lungo periodo di riparazione di LHC (settembre 2008 – novembre 2009) si sono presi moltissimi eventi di cosmici

Calibrazione con Raggi Cosmici



Collisioni a 900 GeV



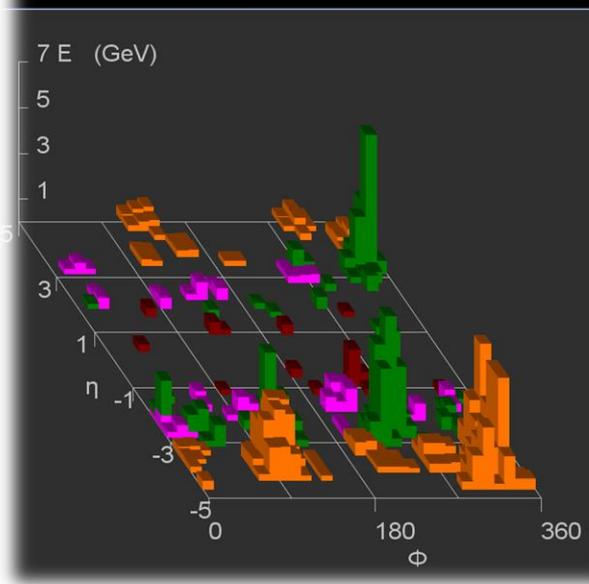
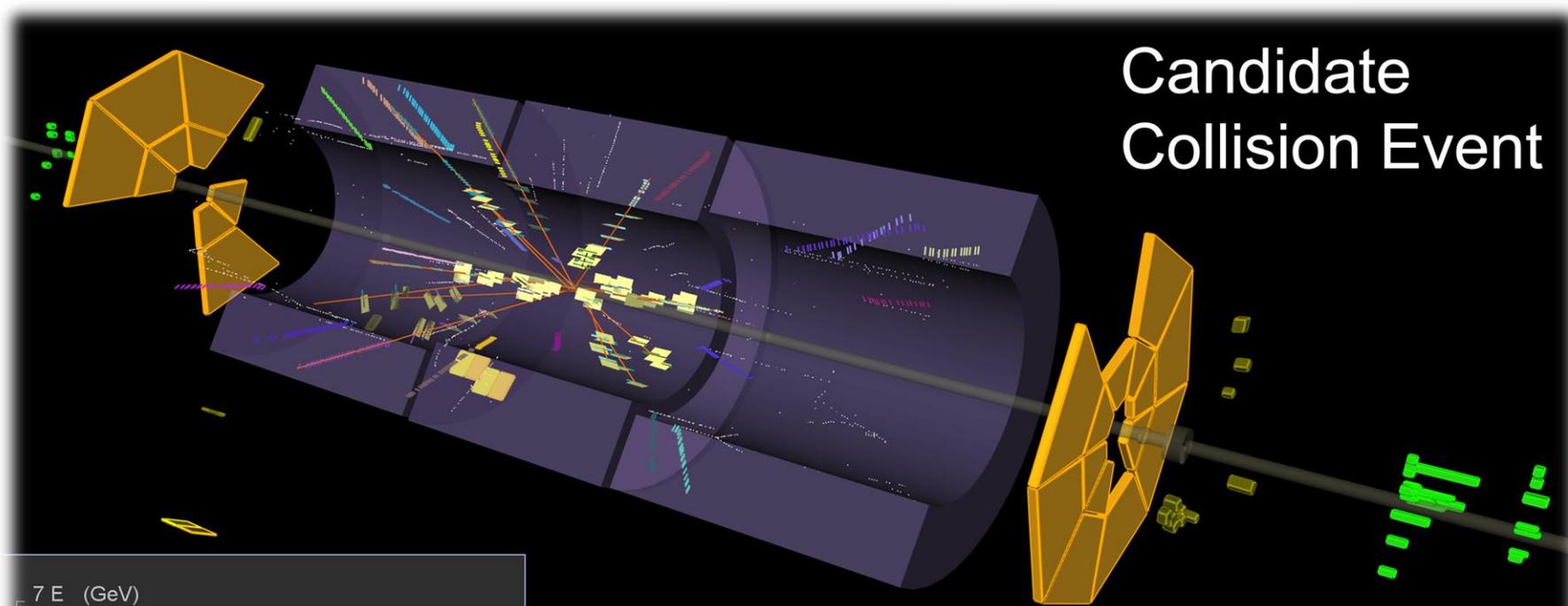
✓ Novembre 2009:



Collisioni a 900 GeV



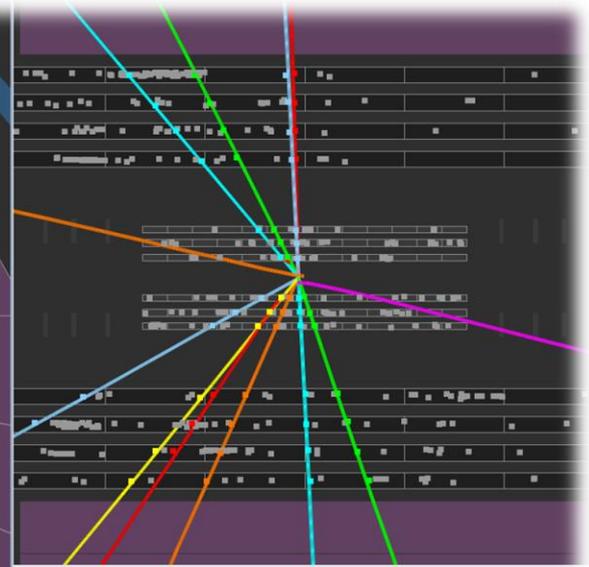
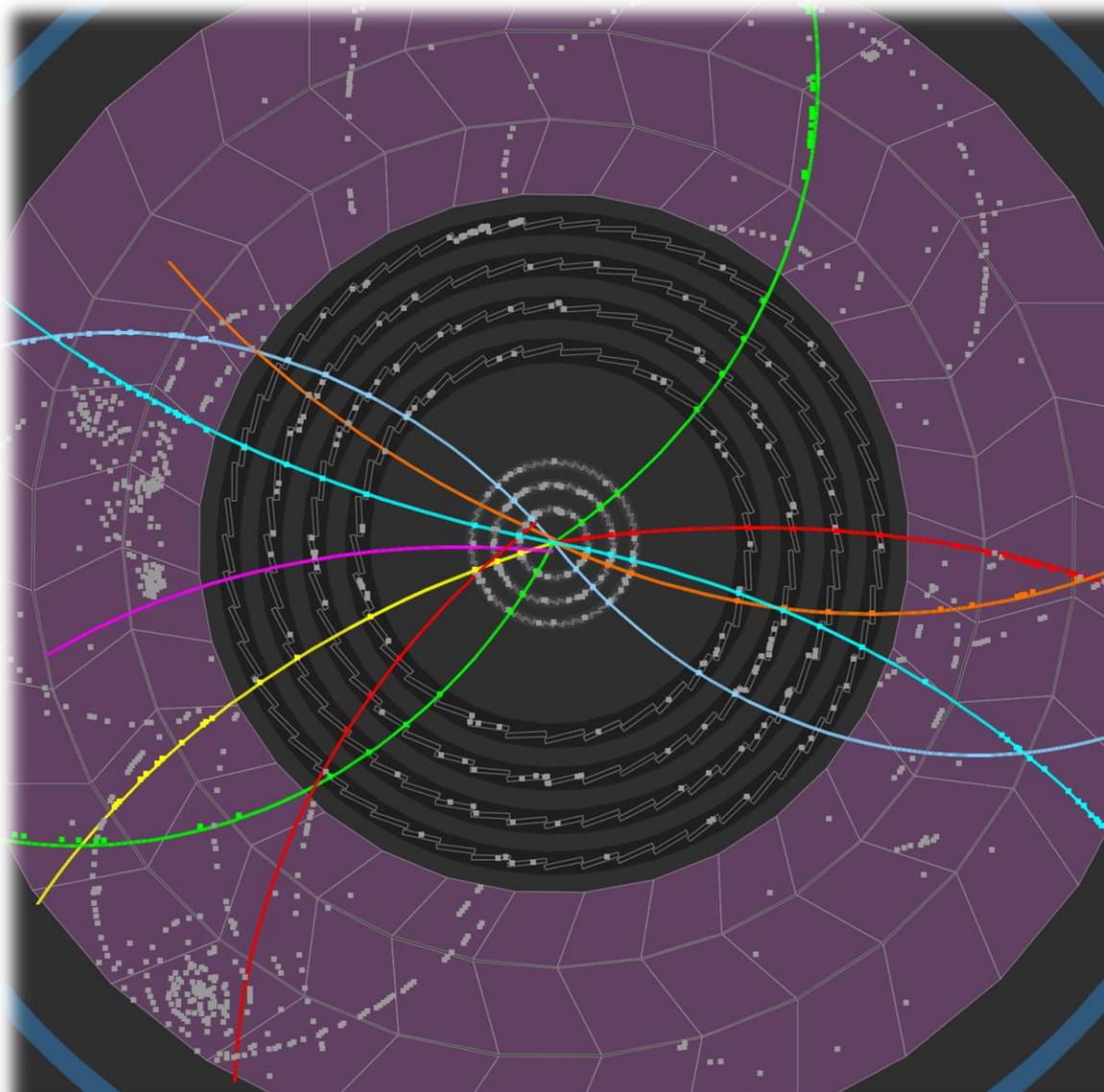
Candidate Collision Event



 **ATLAS**
EXPERIMENT

2009-11-23, 14:22 CET
Run 140541, Event 171897

Collisioni a 900 GeV



ATLAS
EXPERIMENT

2009-12-06, 10:03 CET

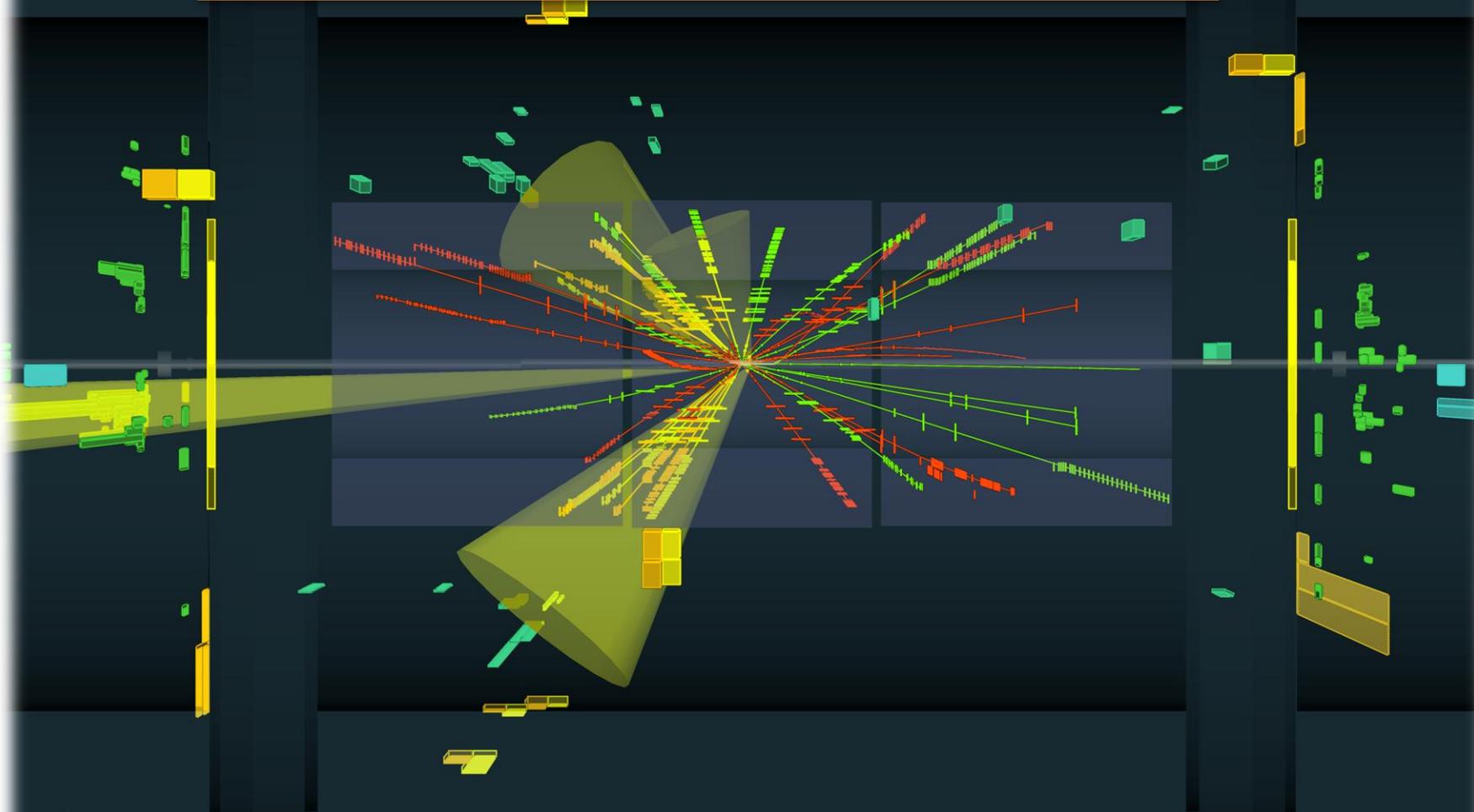
Run 141749, Event 405315

Collision Event

Collisioni a 2.36 GeV



Dicembre 2009: LHC è l'acceleratore più potente al mondo!



Jet Event at 2.36 TeV Collision Energy

2009-12-14, 04:30 CET, Run 142308, Event 482137

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

Collisioni a 7 TeV



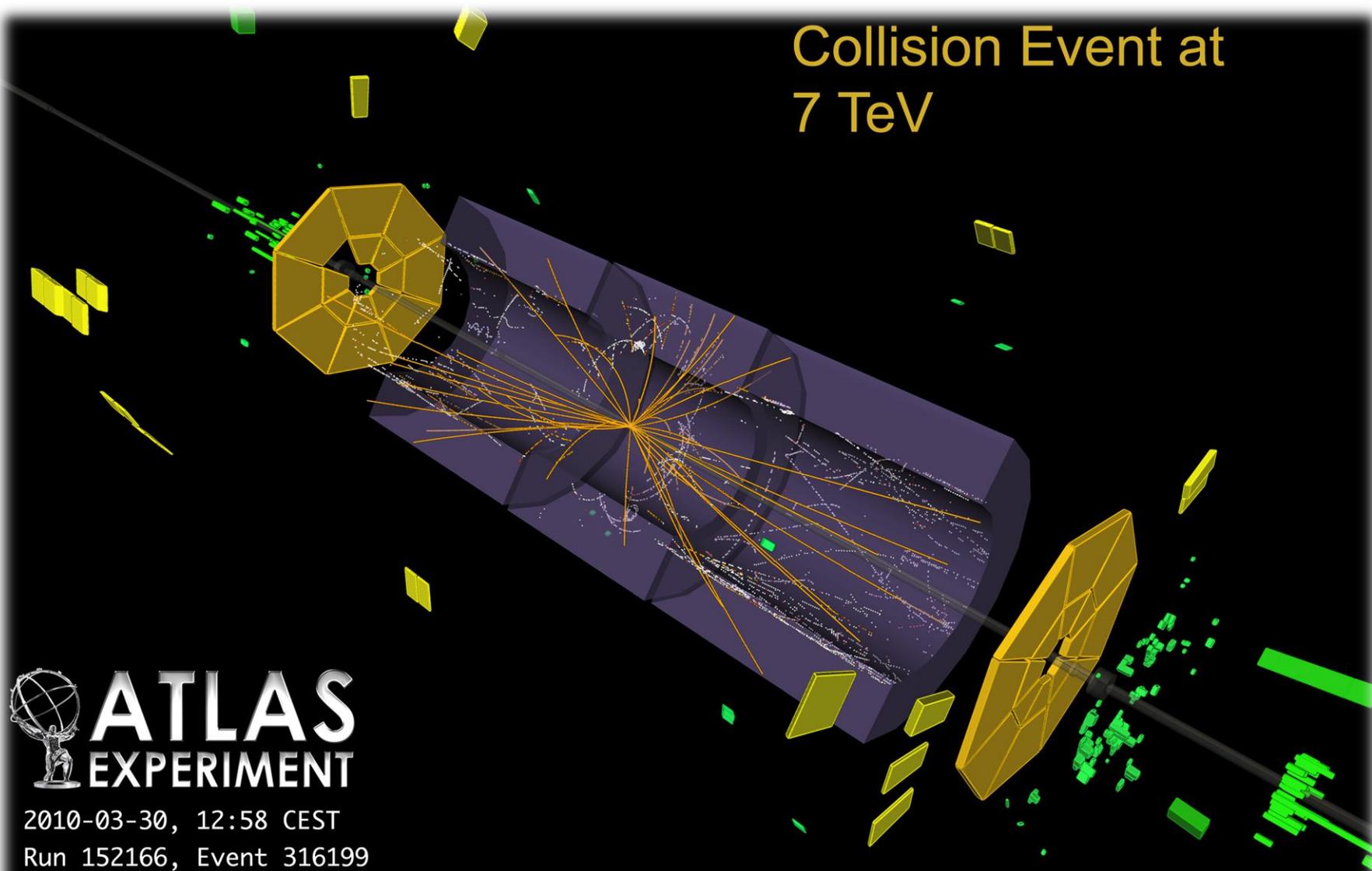
30 marzo 2010:
collisioni a fasci stabili
di 3.5 TeV ciascuno



Collisioni a 7 TeV



Collision Event at
7 TeV



 **ATLAS**
EXPERIMENT

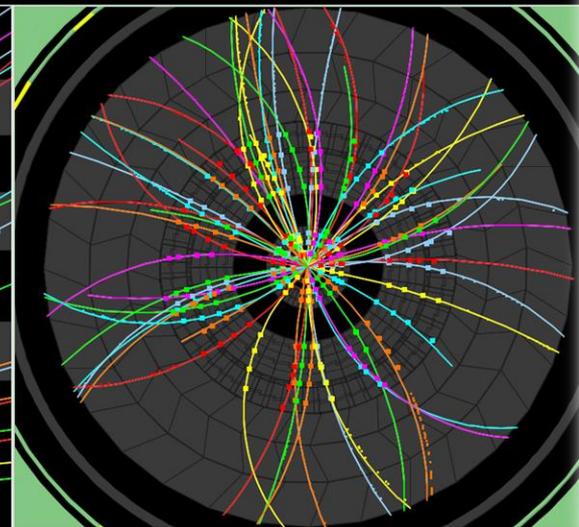
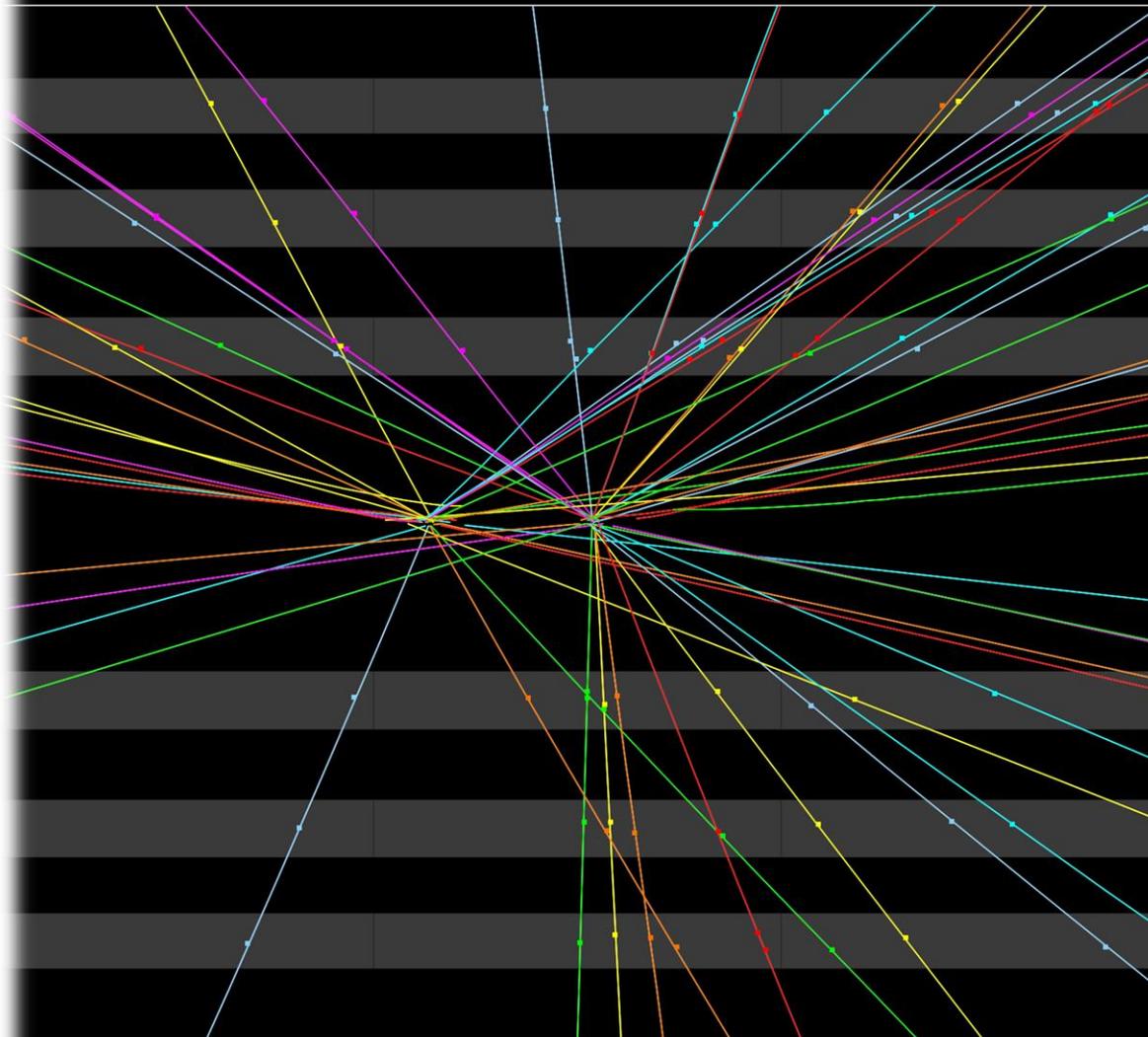
2010-03-30, 12:58 CEST
Run 152166, Event 316199

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

Collisioni a 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

Collisioni a 7 TeV

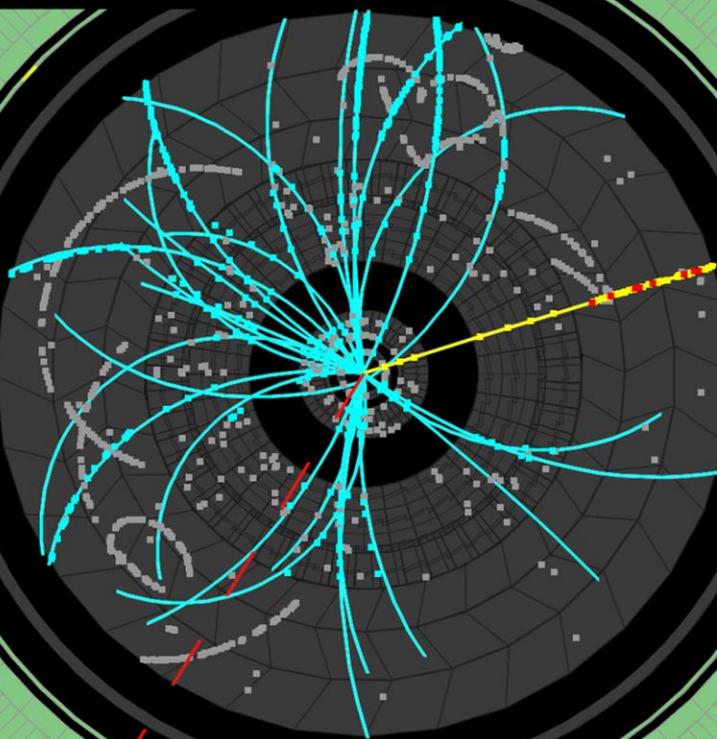


✓ Primi candidati W:



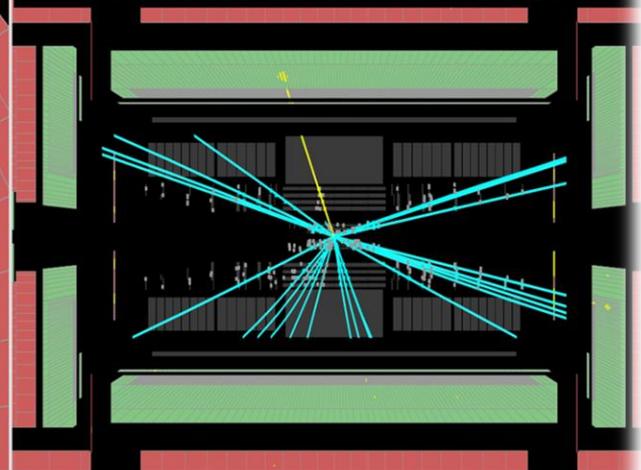
ATLAS

EXPERIMENT



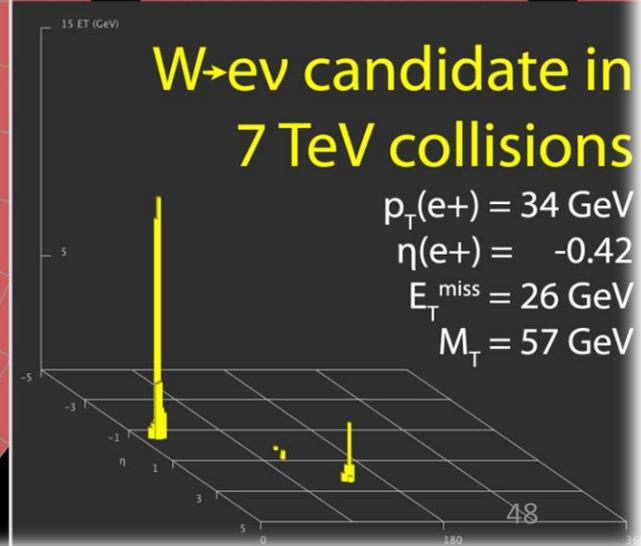
Run Number: 152409, Event Number: 596680

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



W \rightarrow ev candidate in 7 TeV collisions

$p_T(e^+) = 34$ GeV
 $\eta(e^+) = -0.42$
 $E_T^{\text{miss}} = 26$ GeV
 $M_T = 57$ GeV



Collisioni a 7 TeV



Run Number: 152221, Event Number: 383185

Date: 2010-04-01 00:31:22 CEST

$p_T(\mu^+) = 29 \text{ GeV}$
 $\eta(\mu^+) = 0.66$
 $E_T^{\text{miss}} = 24 \text{ GeV}$
 $M_T = 53 \text{ GeV}$

**W → μν candidate in
7 TeV collisions**

Stato Attuale



ATLAS Schedule 2008 and forward:

- ✓ 10 Sept. -- First splashes of particles in the ATLAS detector as LHC circulates first beams (in both directions). No collision events were planned, but the particles in the detector were used to debug and setup the detector.
- ✓ October 2008 - Fall 2009 --LHC is shutdown due to incident in the tunnel (described elsewhere). During parts of this period, ATLAS will use cosmic ray events to commission and tune the detector. Improvements to the detector will also be made during the shutdown.
- ✓ Late 2009 -- Startup of LHC and first event collisions at a total energy of 0.9 TeV and later at 2.36 TeV (above the previous world record).
- ✓ **March 2010** -- Event collisions at a total energy of 7 TeV. This will lead to about **18 months** of intensive data taking before the next shutdown. The next shutdown is expected to be about a year long. Following that shutdown it is expected that the total collision energy will be increased towards 14 TeV. **First papers with early results may come in summer 2010.**
- ✓ **Next 15-20 years** -- Continued data taking with publication of results on an ongoing basis.

Stato Attuale



Data	No di eventi	Luminosità integrata (μb^{-1}) <i>Incertezza sist. <30%</i>
Total $\sqrt{s} = 900$ GeV (Stable beam)	917k (538k)	~20 (~12)
Total $\sqrt{s} = 2.36$ GeV	34k	0.7



Nel week end di Pasqua si è accumulata una luminosità integrata di 0.2 nb^{-1}

Nei 18 mesi di run a 7 TeV si prevede di collezionare 1 fb^{-1} di dati

Luminosità Integrata:
 $1 \text{ fb}^{-1} = 1000 \text{ pb}^{-1} = 10^6 \text{ nb}^{-1} = 109 \mu\text{b}^{-1}$

Detector Status

Pixels, SCT, TRT
LAr Cal., Tile Cal., Muon
ON

Magnet Status

Barrel Toroids,
EndCap Toroids, Solenoid
ON

ATLAS Run Status

Collision energy is 7 TeV (3.5 + 3.5)
Highest luminosity = $1.9 \cdot 10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
Total Collisions (at 7 TeV) = 10,900,000

Latest LHC Runs

[Status](#) [Plans](#)

Per saperne di più



✓ Sul sito:

<http://atlas.ch/>

si possono trovare

- informazioni
- filmati illustrativi
- immagini
- event display

✓ E inoltre si possono avere notizie sullo stato attuale del rivelatore e dell'acceleratore!

