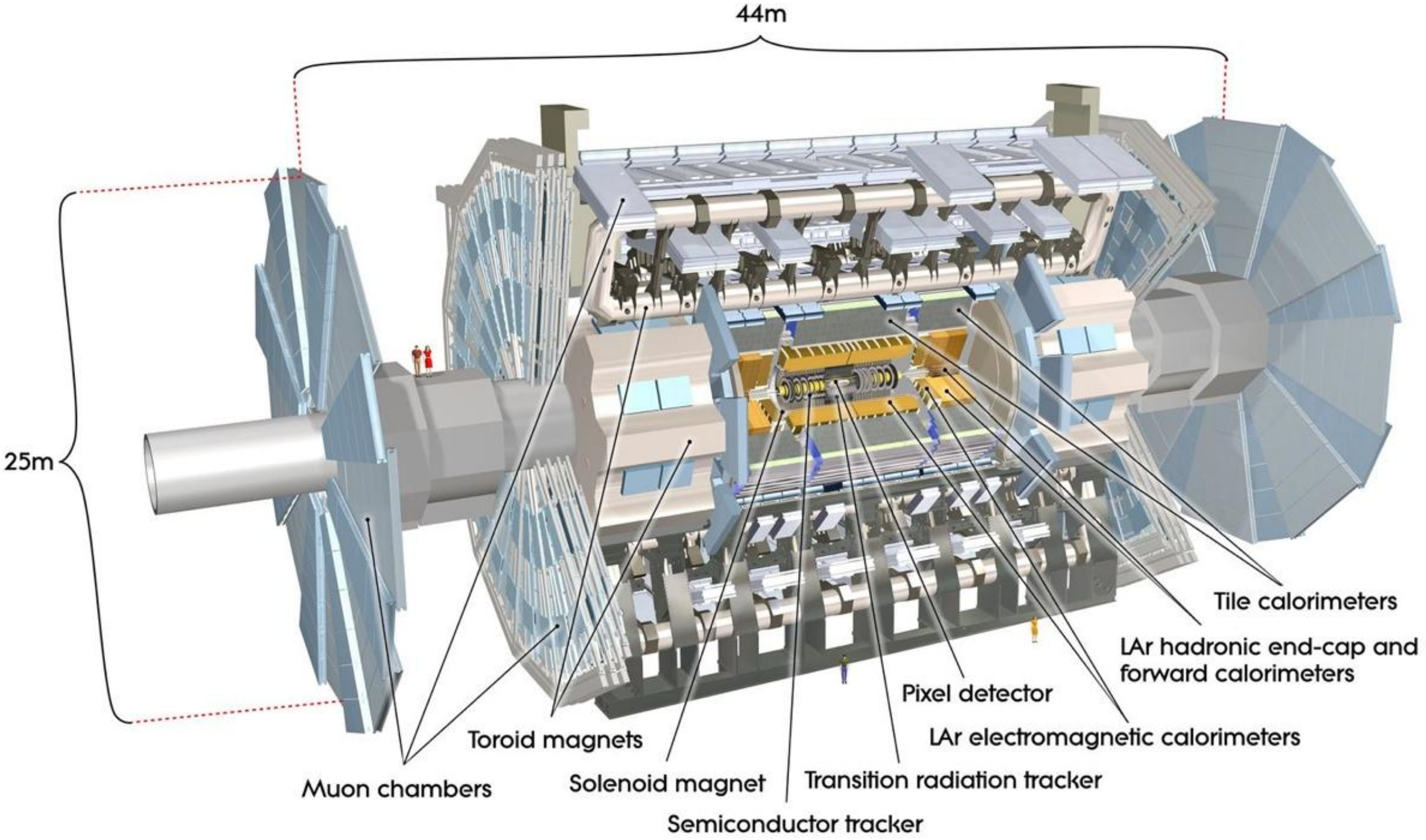
L'esperimento ATLAS

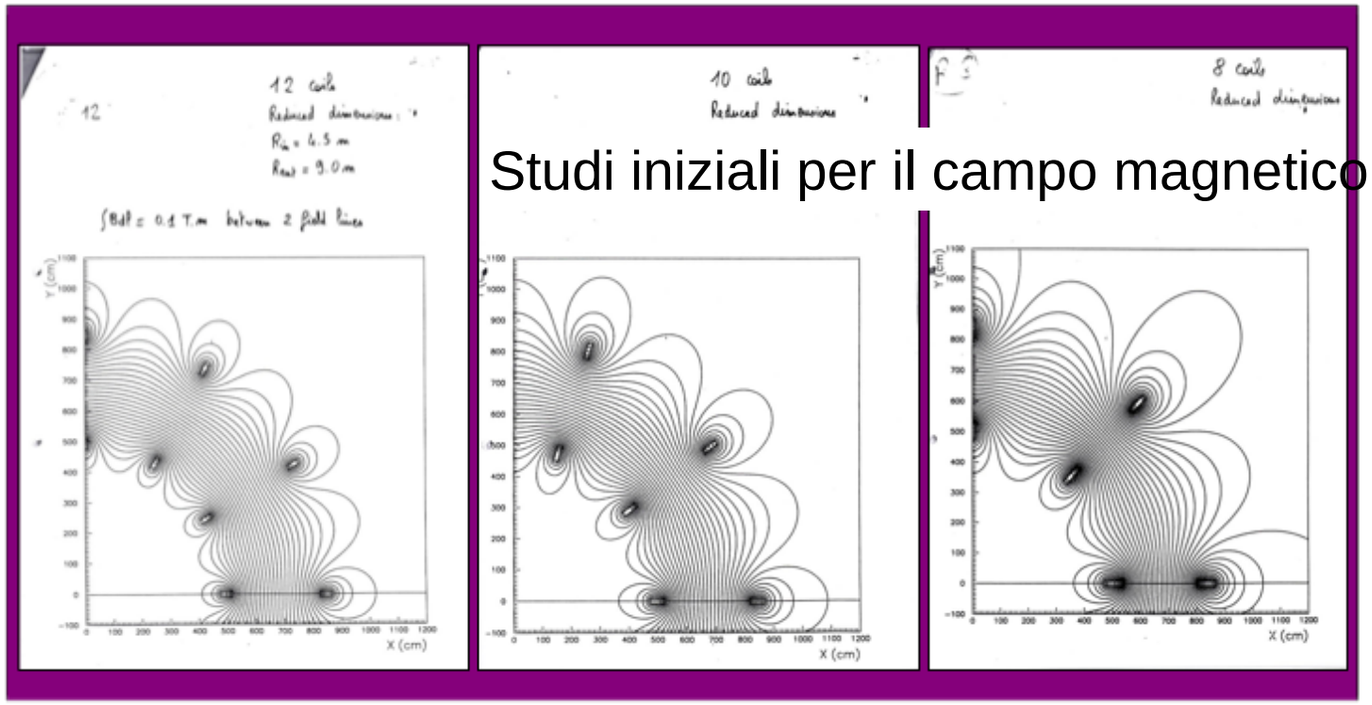
Scaletta

- Le scelte di progetto di ATLAS
  - Alcuni esempi
- Una panoramica del rivelatore
- Le caratteristiche dei sotto-rivelatori
- Lo stato del rivelatore



Un rivelatore gigantesco, composto da milioni di elementi, perché ATLAS è stato costruito in questo modo?

Una lunga storia...

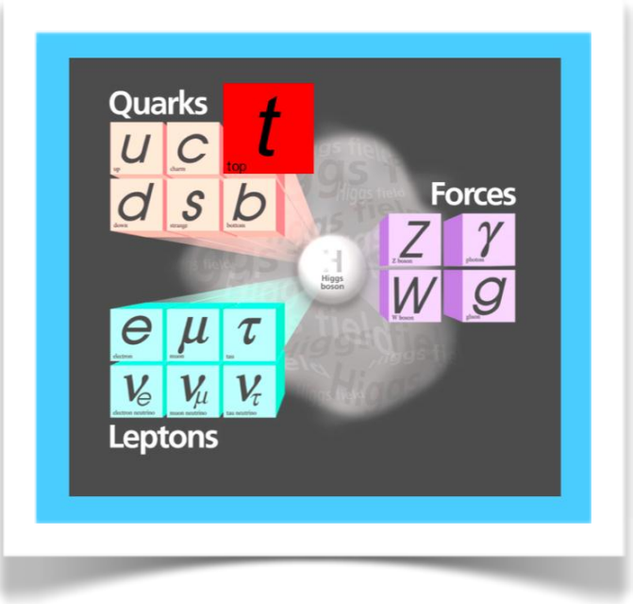


Studi iniziali per il campo magnetico

1989: ricerca e sviluppo sulle prime idee dei rivelatori
1996: ATLAS approvato dal CERN
1997: inizio costruzione
2003: inizio installazione nella caverna
2008: installazione completata, inizio presa dati con raggi cosmici

La progettazione di ATLAS è funzionale agli obiettivi di fisica: è un rivelatore “general purpose”, pronto a misurare con precisione sia la fisica già nota che quella sconosciuta.
Misurare con precisione le proprietà di una gamma molto vasta di particelle richiede un rivelatore con caratteristiche complementari

La fisica di ATLAS



- Uno degli obiettivi degli esperimenti di LHC è anche quello di migliorare la precisione delle misure di fisica del Modello Standard (sistema di particelle fondamentali e forze fondamentali che regolano l'Universo)
- Un **esempio** è la misura della massa del quark top (scoperto nel 1995 a Fermilab)
- Grazie alla grande energie e luminosità di LHC è possibile migliorare la misura della massa del quark top già nella primissima fase di presa dati

Probabilità di avere un evento di un certo tipo allo scontrarsi di due protoni (in generale dipende dall'energia della collisione, aumentando l'energia aumenta la probabilità)

Eventi per secondo

$$\frac{dN}{dt} = L \times \sigma(E_{cm})$$

$$L = f \times n \times \frac{N_1 \times N_2}{A}$$

Luminosità

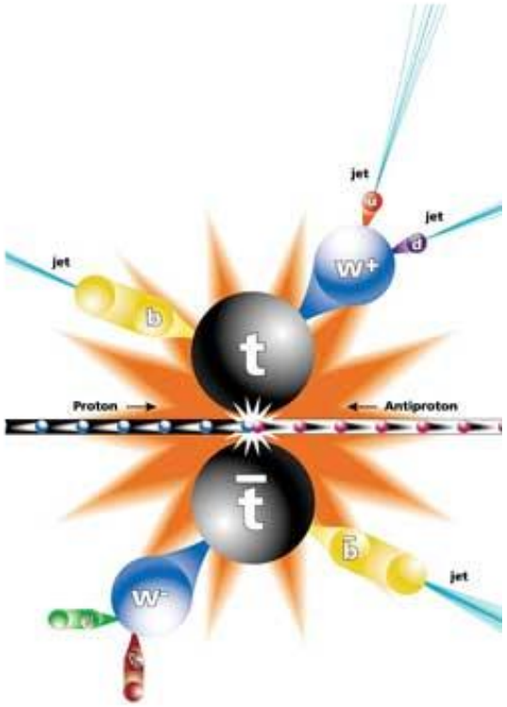
Frequenza di rotazione e nuomero dei pacchetti di protoni

numero di protoni per pacchetto e dimensioni dei pacchetti

σ dipende dalle leggi di natura, Ecm e L invece dalle caratteristiche dell'acceleratore

$$t \rightarrow W + b \rightarrow q + q + b$$
$$t \rightarrow W + b \rightarrow l + \nu + b$$

Produzione di quark top



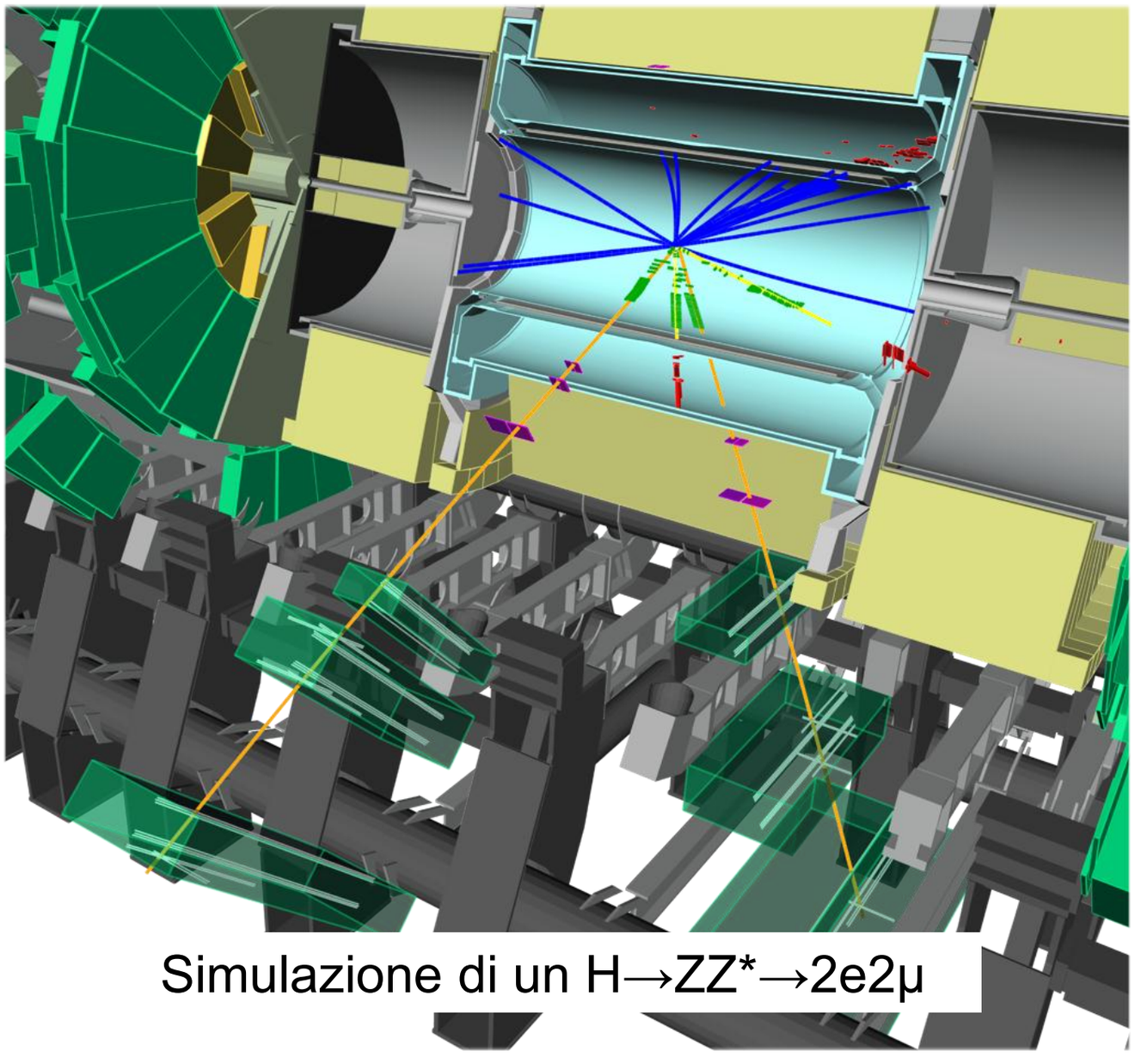
Occorre misurare con precisione:

- "getti" di particelle collimate, indicanti la presenza dei quark prodotti dal decadimento dei quark top
- Leptoni (e,μ), e neutrini indicanti il decadimento dell'altro bosone W

Occorre quindi un rivelatore

- Con un buon sistema calorimetrico per misurare i getti e gli elettroni
- Con buon sistema di tracciatura per identificare i muoni
- Con ampia "copertura" (assenza di *buchi*) che possa identificare i neutrini dal mancato bilanciamento di energia e impulso

La fisica di ATLAS



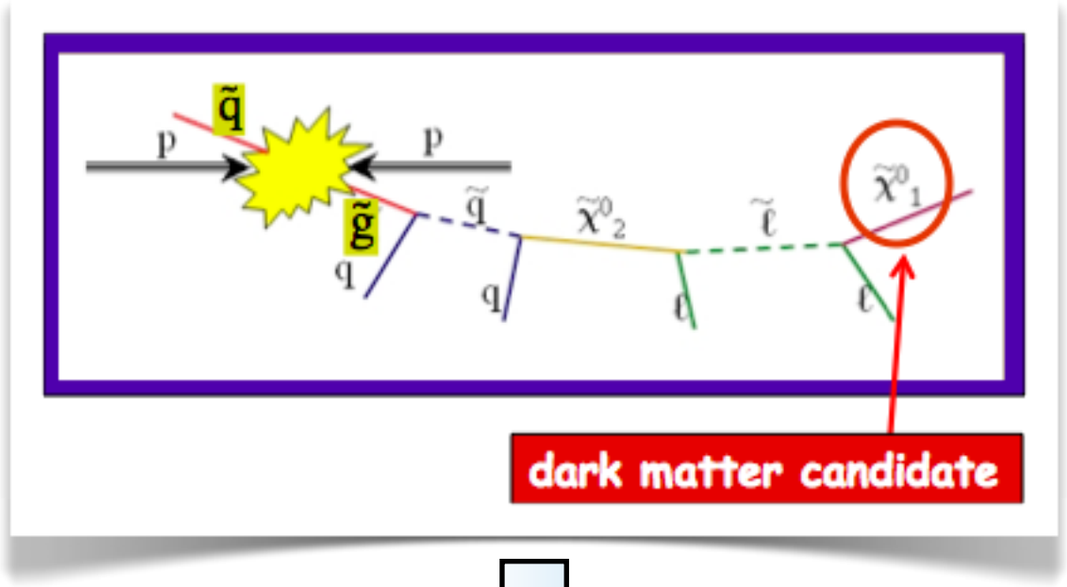
Simulazione di un H→ZZ*→2e2μ

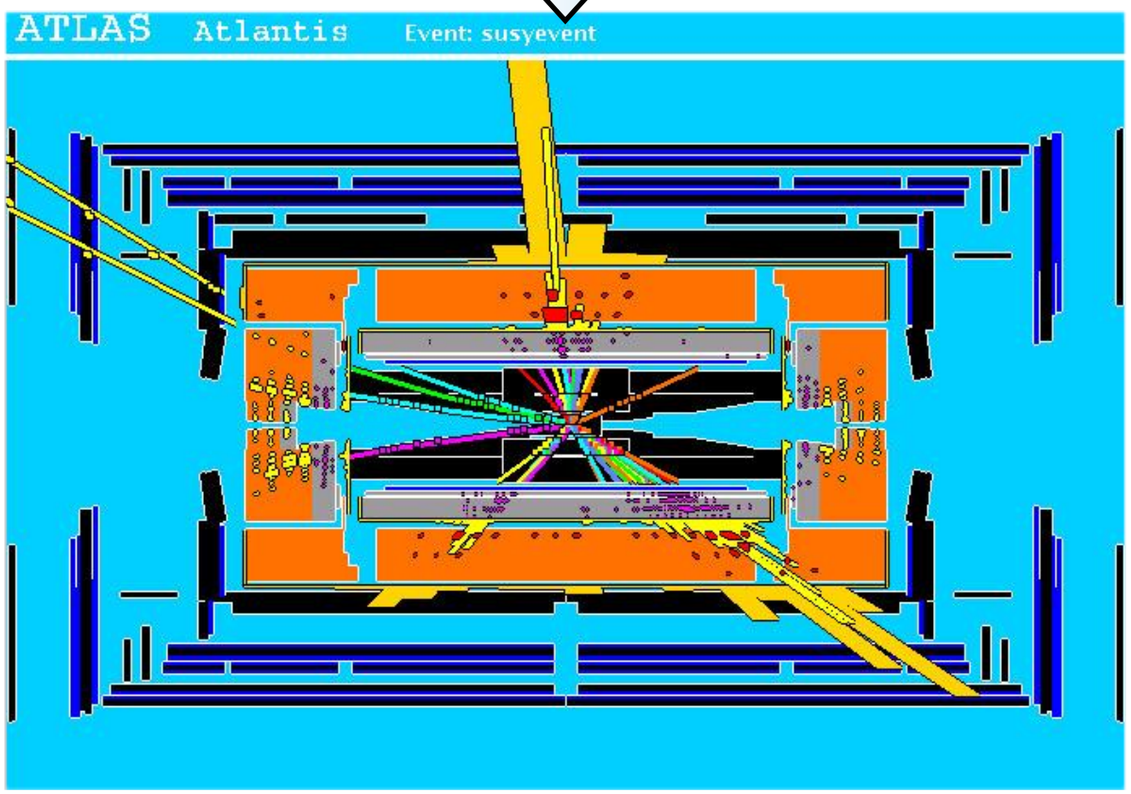
- Uno degli scopi principali di ATLAS è la scoperta del bosone di Higgs
- Il meccanismo di Higgs è responsabile di far acquisire massa alle altre particelle
- Il meccanismo di Higgs è atteso: naturale "completezza" del Modello Standard
- Se il meccanismo di Higgs è corretto allora deve esistere una nuova particella: il bosone di Higgs
- Il bosone di Higgs decade in altre particelle che a loro volta possono decadere in altre particelle osservabili (elettroni, muoni, getti)
- La probabilità di produrre un bosone di Higgs è molto bassa, σ in questo caso è 100 volte più piccola che per la produzione di coppie di quark top

Occorre un rivelatore

- Con ottime capacità di misurare precisamente le proprietà di leptoni e getti
- Un sistema "intelligente" in grado di selezionare, tra tutti gli eventi prodotti, quelli rari (in questo caso li bosone di Higgs)

La fisica di ATLAS



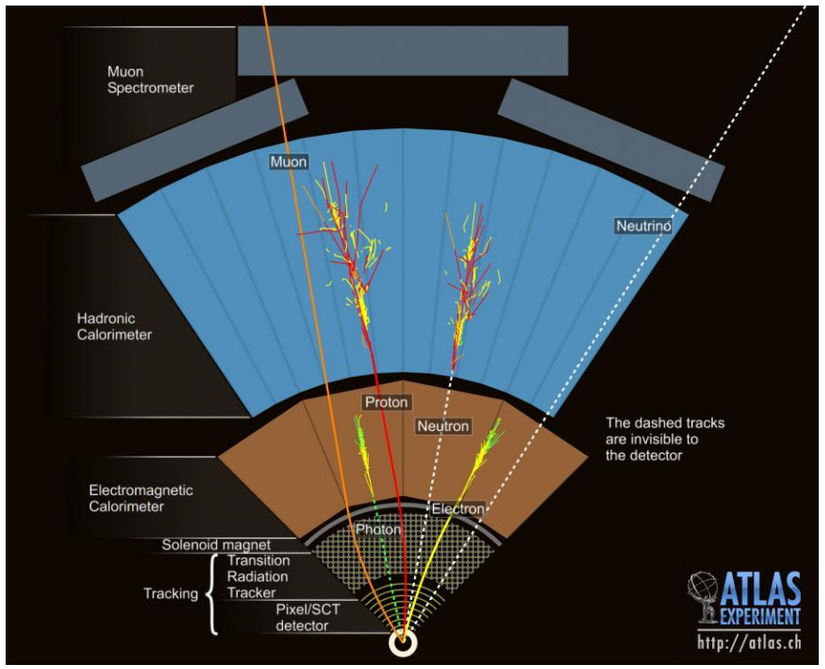


- Vi sono indicazioni (principalmente da misure di astrofisica) che il Modello Standard sia in qualche misura un'approssimazione di qualche modello più generale (come la meccanica di Newton è un'approssimazione, a bassa velocità, della meccanica di Einstein)
- ATLAS è stato progettato non solo per misurare con precisione la fisica nota o in qualche modo "attesa", ma anche per poter misurare possibili fenomeni inaspettati (nuova fisica)
- **Esempio**: la teoria SUper-SYmmetry prevede una nuova classe di particelle (le particelle super-simmetriche o *sparticelle*) che decadono, a volte seguendo lunghe catene, in altre particelle SUSY e in particelle del Modello Standard
- Tipicamente questi sono eventi molto "affollati" con molti getti, leptoni isolati e *sparticelle* (neutralini) che, come i neutrini, sfuggono dal rivelatore (energia

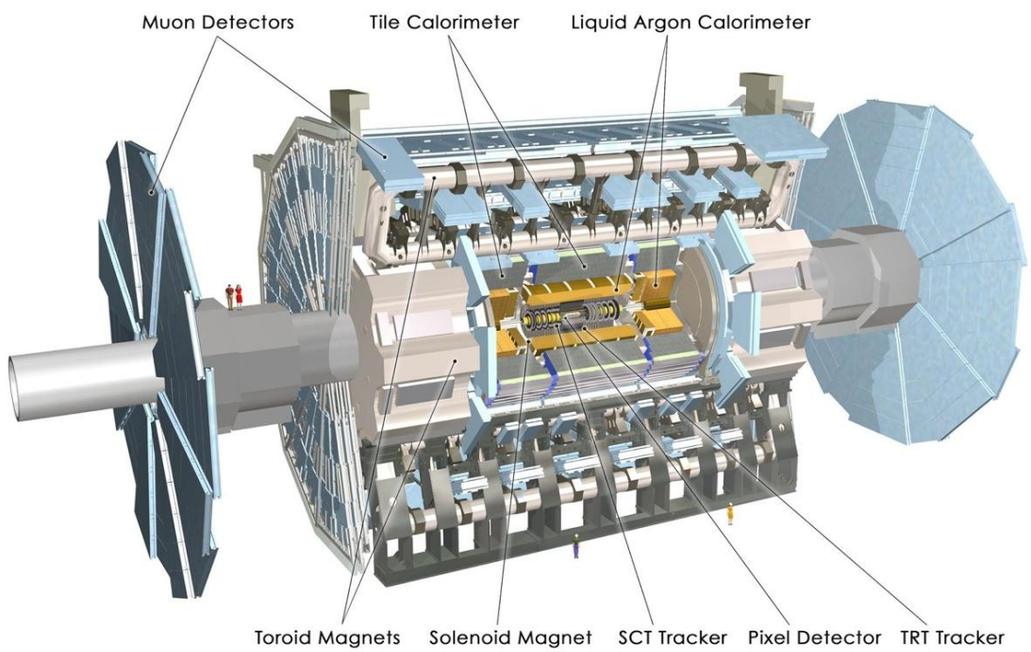
Occorre un rivelatore

- Con ampia "copertura" (assenza di *buchi*) che possa identificare i neutralini dal mancato bilanciamento di energia e impulso
- Che siano fortemente "segmentati" per poter distinguere i componenti di eventi molto affollati

Il rivelatore



- ATLAS è stato progettato per soddisfare tutti i criteri elencati negli esempi precedenti:
- Possiede un sofisticato sistema di tracciatura centrale per misurare impulso delle particelle e distinguere gli elettroni dalle altre particelle
- Un calorimetro elettromagnetico per misurare con precisione l'energia degli elettroni
- Un calorimetro adronico per misurare, con quello e.m., l'energia dei getti
- Un sistema di tracciatura esterno per misurare l'impulso dei muoni
- Un sistema di *trigger* che permette di selezionare nel miliardo di collisioni che avvengono ogni secondo i 200 *eventi* più interessanti
- Un sistema che permette di ricostruire e analizzare l'enorme quantità di dati prodotta



Alcune peculiarità di ATLAS

- Possiede due sistemi diversi di magneti (superconduttori): un solenoide centrale e tre magneti toroidali per le camere a muoni. Pro: sistemi indipendenti, maggiore precisione misura impulso muoni. Contro: maggiore complessità
- I sotto-rivelatori arrivano fino a piccoli angoli rispetto alla fascio per permettere una misura precisa del bilancio di impulso ed energia. Pro: grande ermeticità. Contro: necessità di utilizzare tecnologie resistenti ad alte dosi di radiazioni
- Un sistema speciale nel tracciatore centrale permette di distinguere gli elettroni rispetto alle altre particelle. Pro: aumenta capacità di distinguere le varie particelle. Contro: minore "granularità"

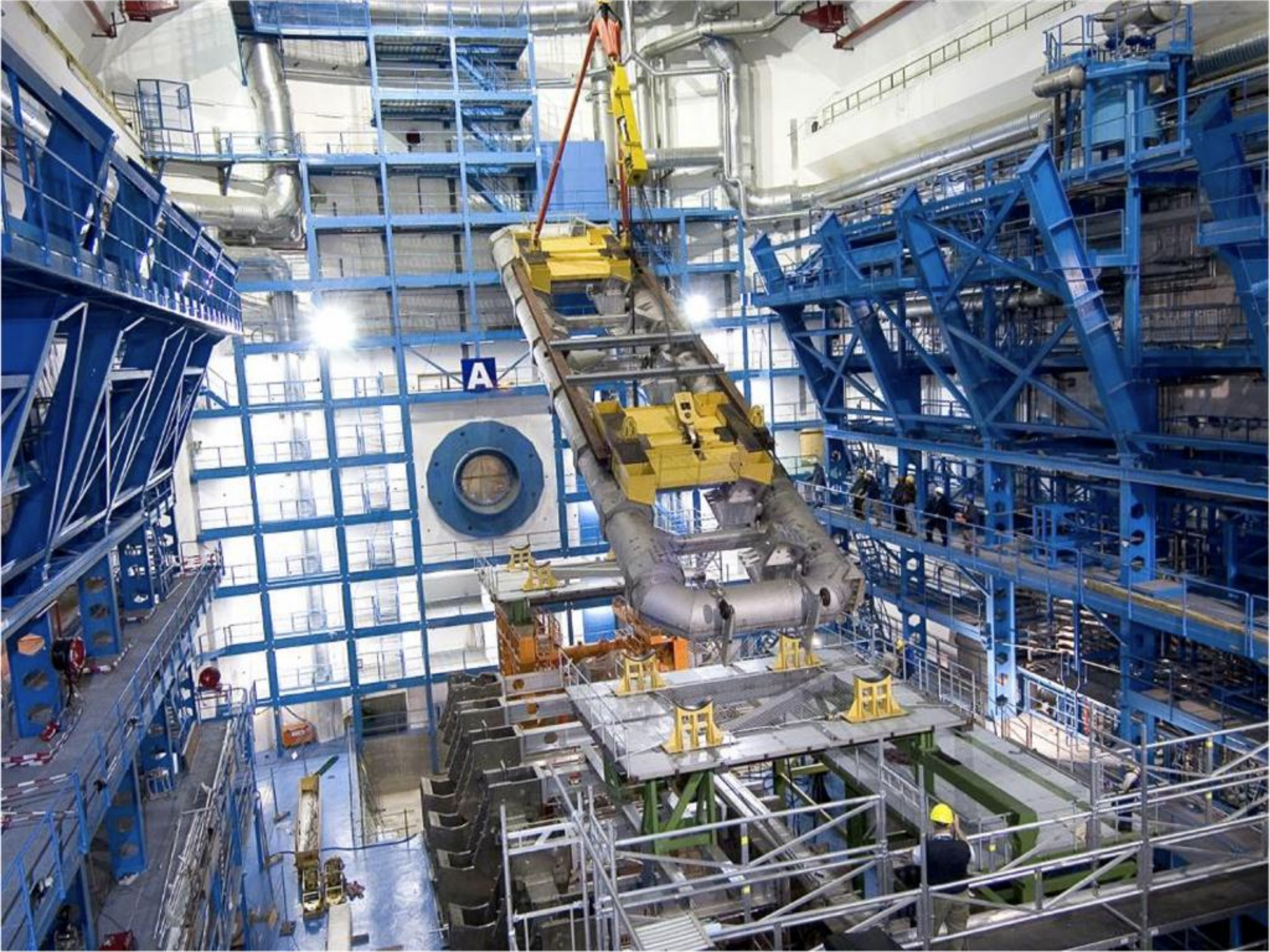
L’esperimento ATLAS

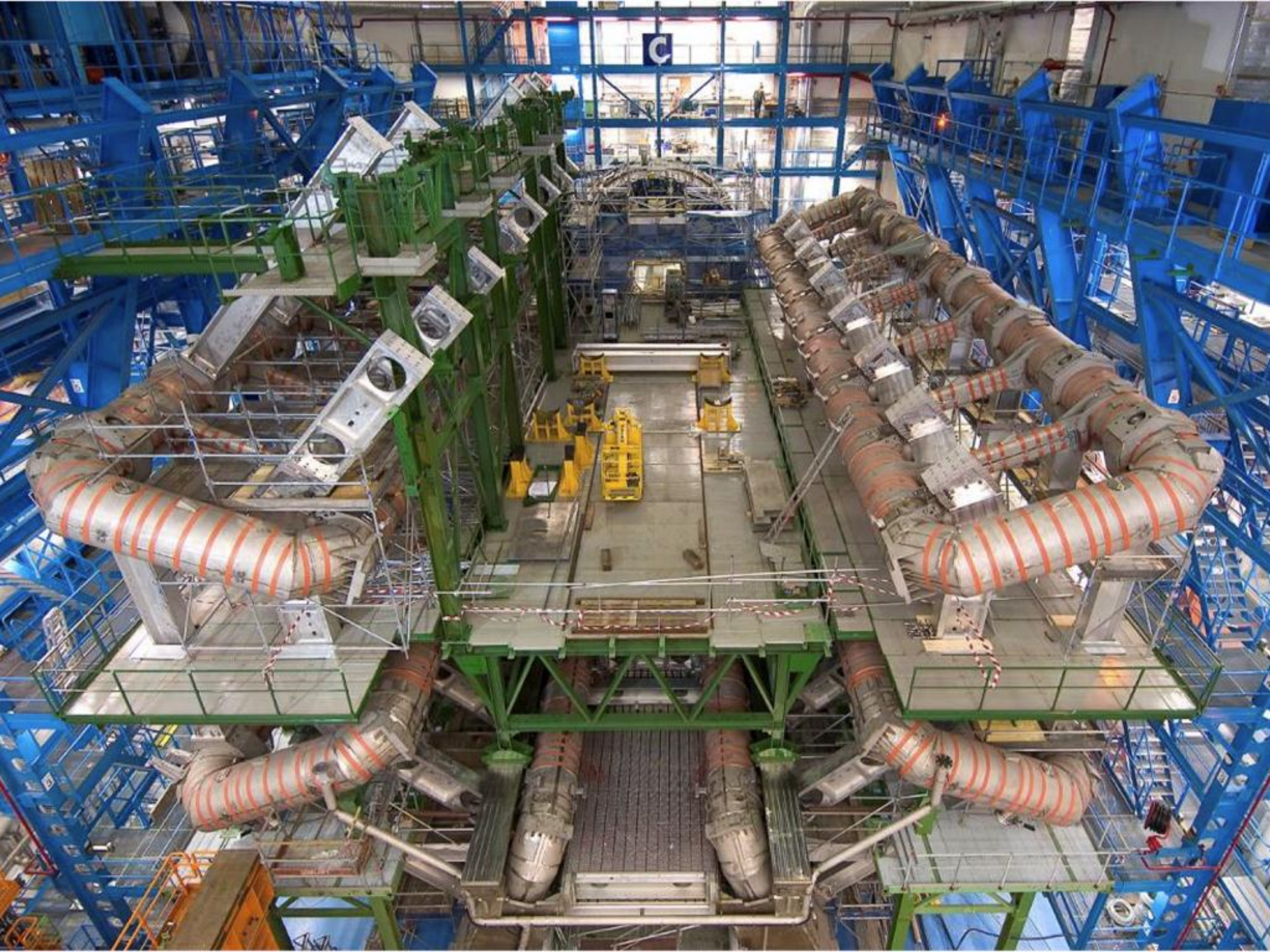
Una collaborazione mondiale

Albany, Alberta, NIKHEF Amsterdam, Ankara, LAPP Annecy, Argonne NL, Arizona, UT Arlington, Athens, NTU Athens, Baku,
IFAE Barcelona, Belgrade, Bergen, Berkeley LBL and UC, HU Berlin, Bern, Birmingham, UAN Bogota, Bologna, Bonn, Boston, Brandeis, Brasil Cluster, Bratislava/SAS Kosice, Brookhaven NL, Buenos Aires, Bucharest, Cambridge, Carleton, CERN, Chinese Cluster, Chicago, Chile, Clermont-Ferrand, Columbia, NBI Copenhagen, Cosenza, AGH UST Cracow, IFJ PAN Cracow,
UT Dallas, DESY, Dortmund, TU Dresden, JINR Dubna, Duke, Frascati, Freiburg, Geneva, Genoa, Giessen, Glasgow, Göttingen,
LPSC Grenoble, Technion Haifa, Hampton, Harvard, Heidelberg, Hiroshima, Hiroshima IT, Indiana, Innsbruck, Iowa SU, Irvine UC, Istanbul Bogazici, KEK, Kobe, Kyoto, Kyoto UE, Lancaster, UN La Plata, Lecce, Lisbon LIP, Liverpool, Ljubljana, QMW London, RHBNC London, UC London, Lund, UA Madrid, Mainz, Manchester, CPPM Marseille, Massachusetts, MIT, Melbourne, Michigan, Michigan SU, Milano, Minsk NAS, Minsk NCPHEP, Montreal, McGill Montreal, RUPHE Morocco, FIAN Moscow, ITEP Moscow, MEPhI Moscow, MSU Moscow, Munich LMU, MPI Munich, Nagasaki IAS, Nagoya, Naples, New Mexico, New York, Nijmegen, BINP Novosibirsk, Ohio SU, Okayama, Oklahoma, Oklahoma SU, Olomouc, Oregon, LAL Orsay, Osaka, Oslo, Oxford, Paris VI and VII, Pavia, Pennsylvania, Pisa, Pittsburgh, CAS Prague, CU Prague, TU Prague, IHEP Protvino, Regina, Ritsumeikan, Rome I, Rome II, Rome III, Rutherford Appleton Laboratory, DAPNIA Saclay, Santa Cruz UC, Sheffield, Shinshu, Siegen, Simon Fraser Burnaby, SLAC, Southern Methodist Dallas, NPI Petersburg, Stockholm, KTH Stockholm, Stony Brook, Sydney, AS Taipei, Tbilisi, Tel Aviv, Thessaloniki, Tokyo ICEPP, Tokyo MU, Toronto, TRIUMF, Tsukuba, Tufts, Udine/ICTP, Uppsala, Urbana UI, Valencia, UBC Vancouver, Victoria, Washington, Weizmann Rehovot, FH Wiener Neustadt, Wisconsin, Wuppertal, Würzburg, Yale, Yerevan

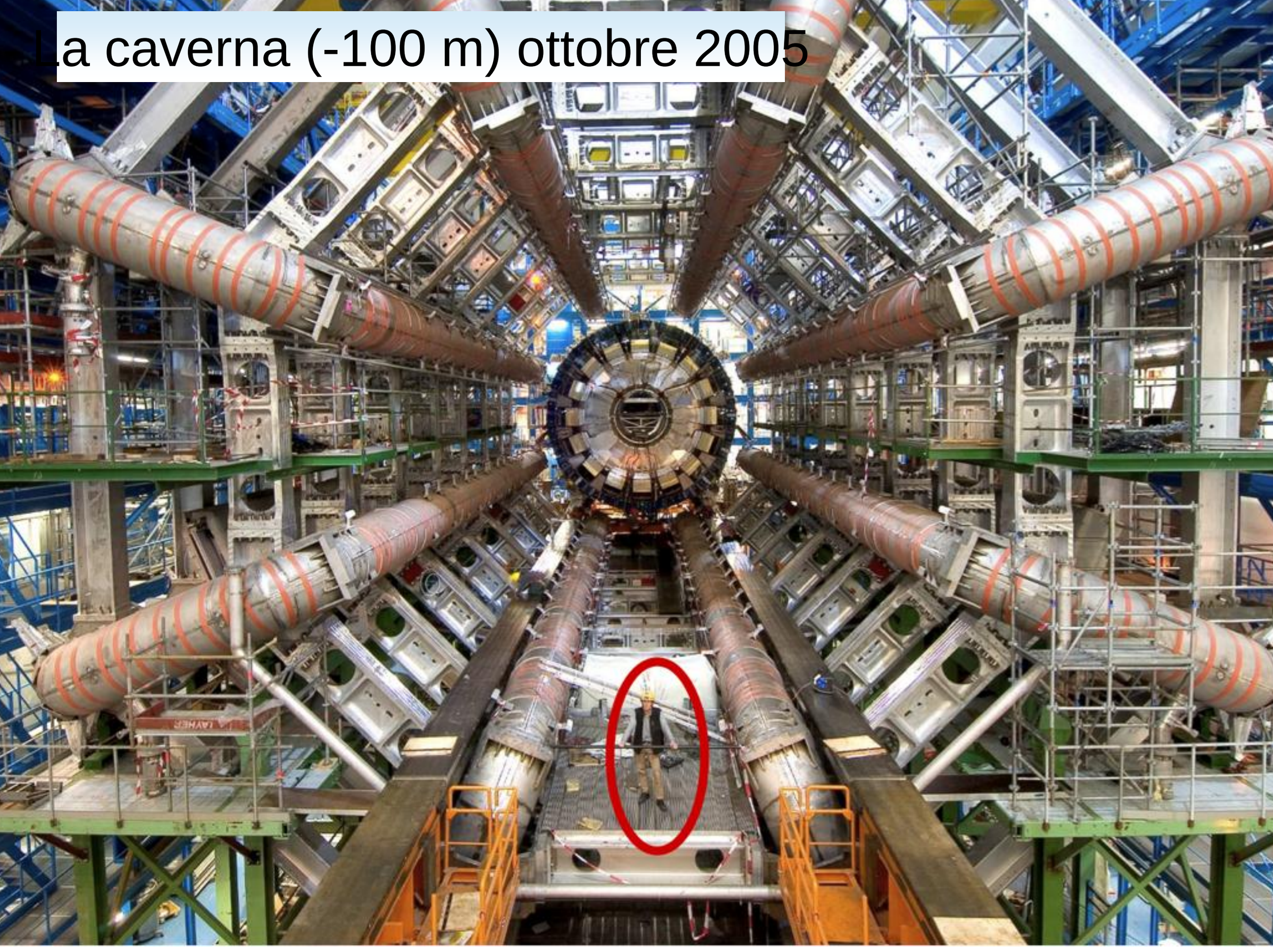
Circa 3000 fisici (di cui piu’ di 1000 studenti!) da + di 170 istituti, 37 paesi, 5 continenti

La caverna (-100 m) giugno 2003


A



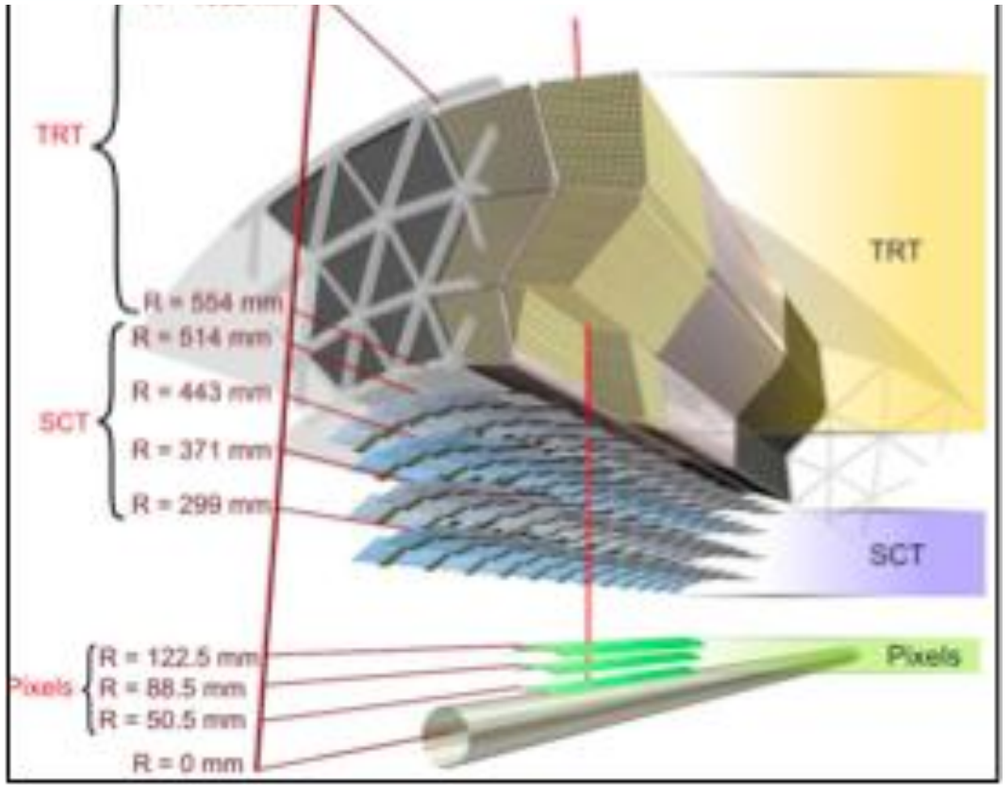
La caverna (-100 m) ottobre 2005

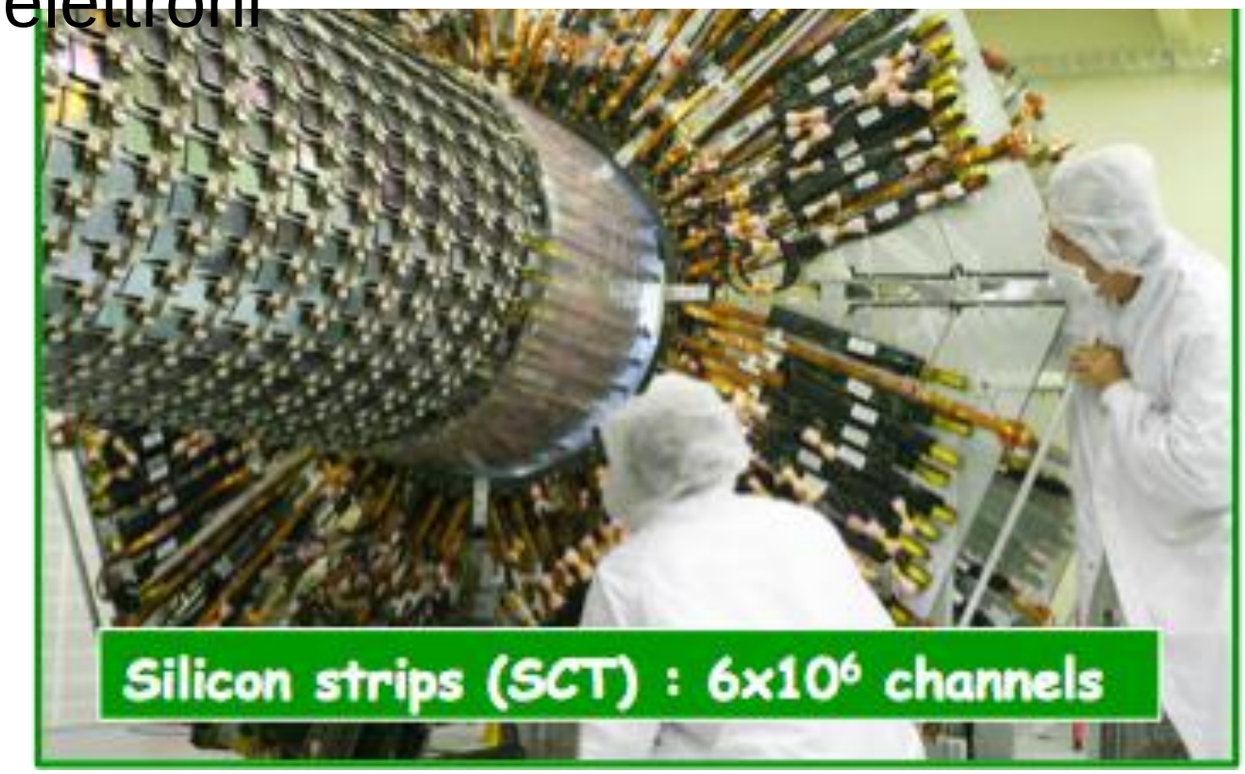


La costruzione di ATLAS in 1

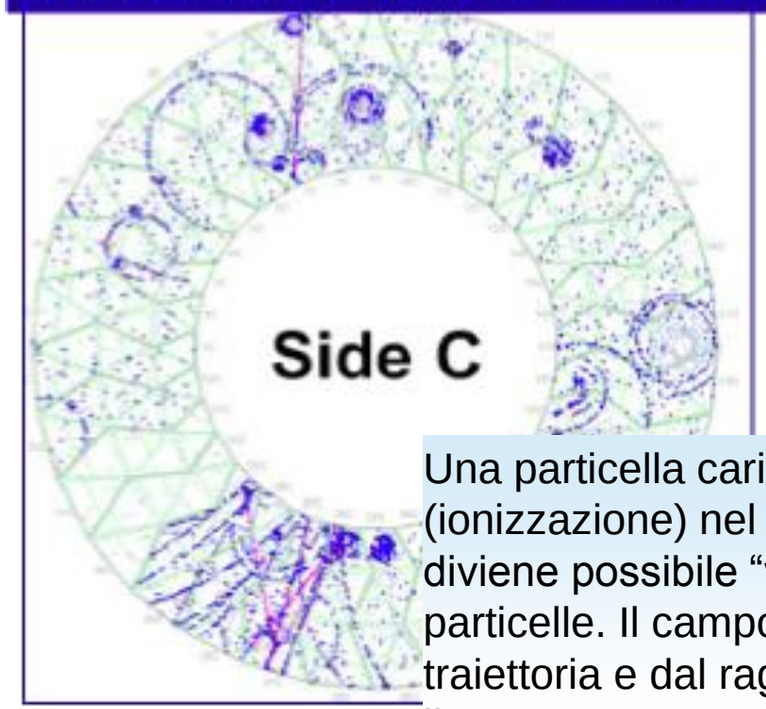
I sotto-rivelatori

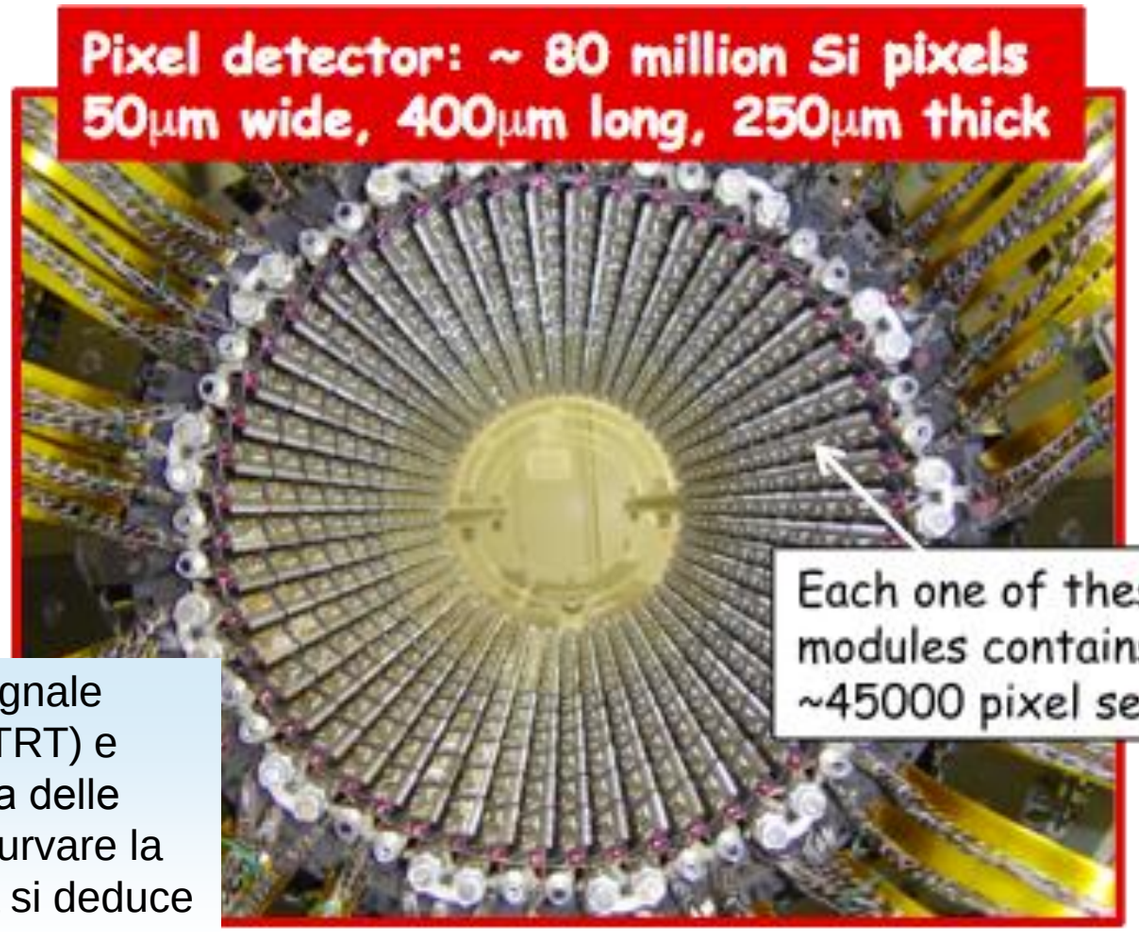
Il rivelatore centrale: misura impulso particelle cariche, riconoscimento elettroni





Transition Radiation Tracker:
4 10^5 straw tubes. Cosmics-ray shower recorded in barrel TRT





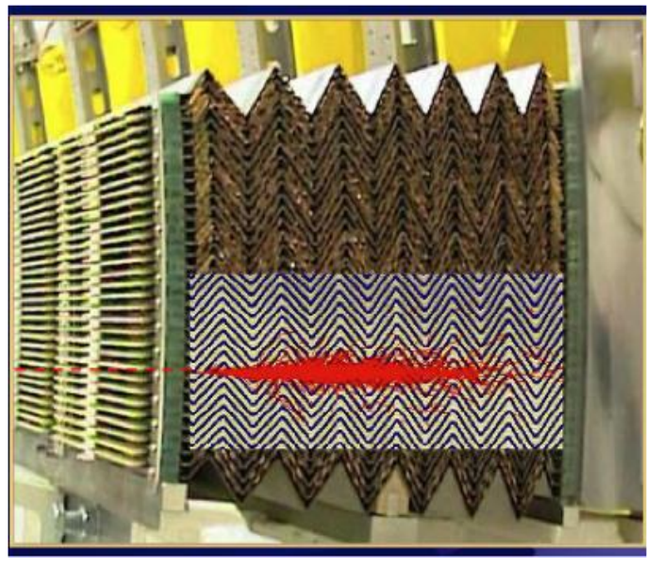
Una particella carica rilascia un segnale (ionizzazione) nel silicio o in gas (TRT) e diviene possibile “vedere” la traccia delle particelle. Il campo magnetico fa curvare la traiettoria e dal raggio di curvatura si deduce il momento

I calorimetri: misura delle energie di elettroni e getti di adroni

Calorimetro adronico centrale

Elementi di Ferro e materiale plastico scintillante: le particelle rilasciano la propria energia, nel materiale plastico si genera luce, la cui intensità è proporzionale all'energia posseduta dalle particelle

Calorimetro elettromagnetico centrale

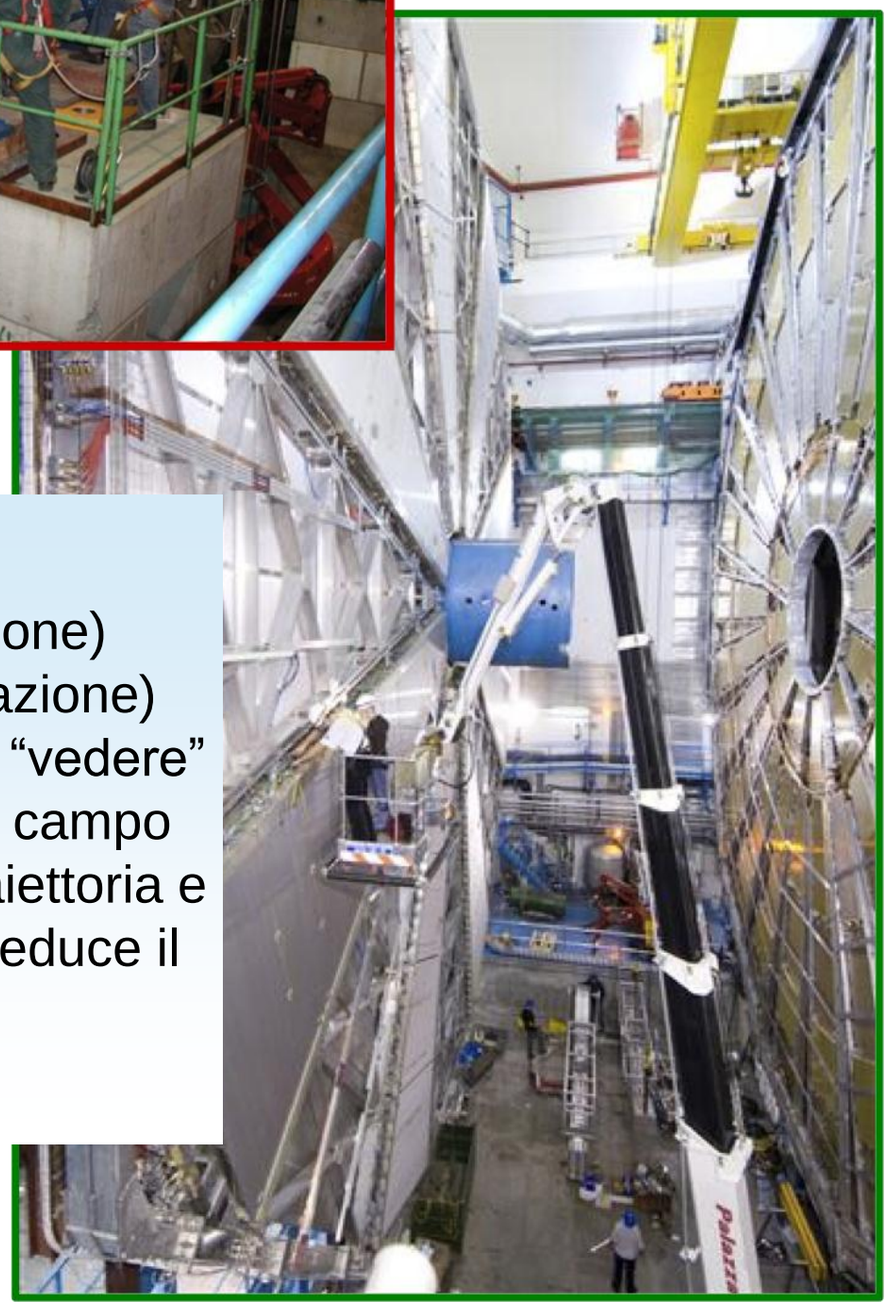


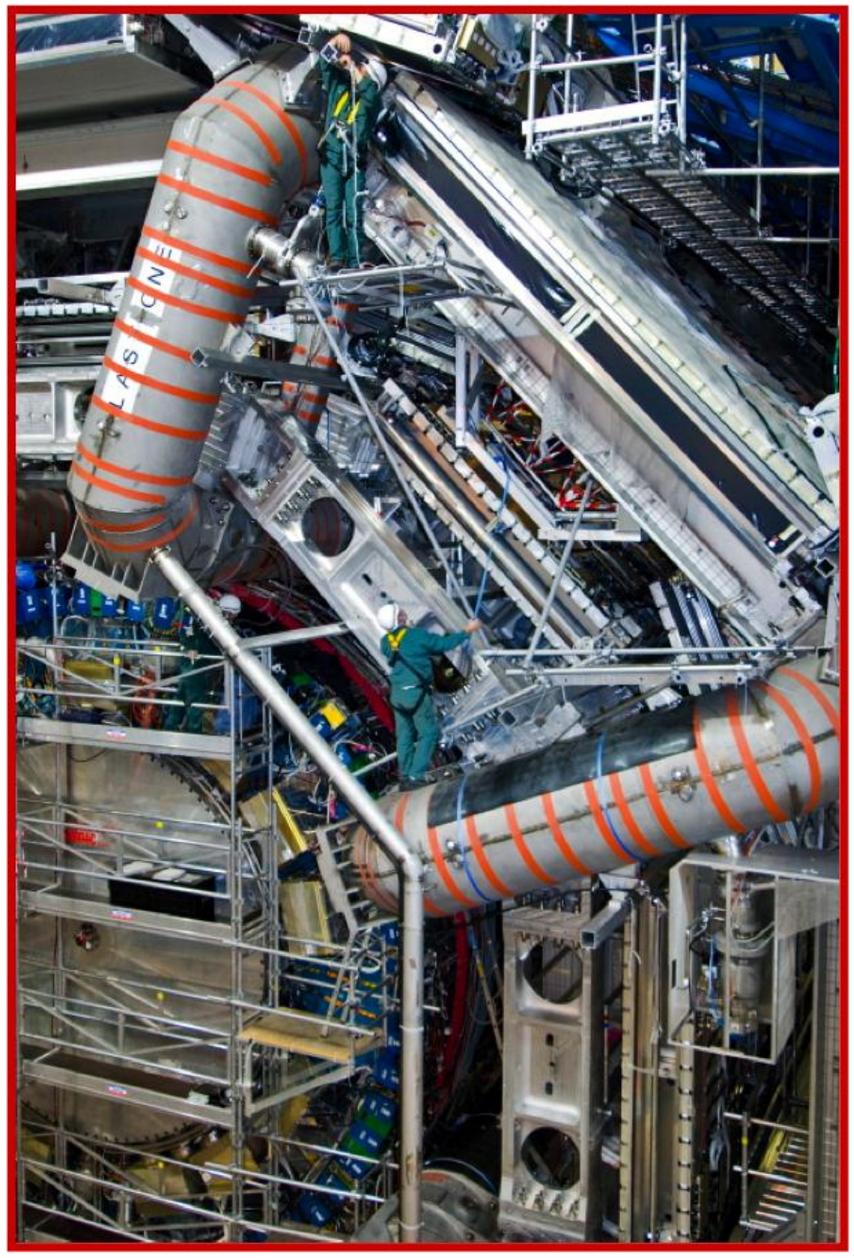
Elementi di piombo immersi in Argon liquido (-190° C), gli elettroni rilasciano la propria energia ionizzando atomi di Argon questo genera una carica elettrica, la cui intensità è proporzionale all'energia dell'elettrone

Le camere esterne: misura dell’impulso dei muoni

Camere per muoni di diverse tecnologie: MDT/RPC/TGC/CSC

Tecnologie diverse (basate su camere/tubi pieni di gas) in zone diverse dell’esperimento (diverse dosi di radiazioni)





Una particella carica (il muone) rilascia un segnale (ionizzazione) nel gas e diviene possibile “vedere” la traccia delle particelle. Il campo magnetico fa curvare la traiettoria e dal raggio di curvatura si deduce il momento

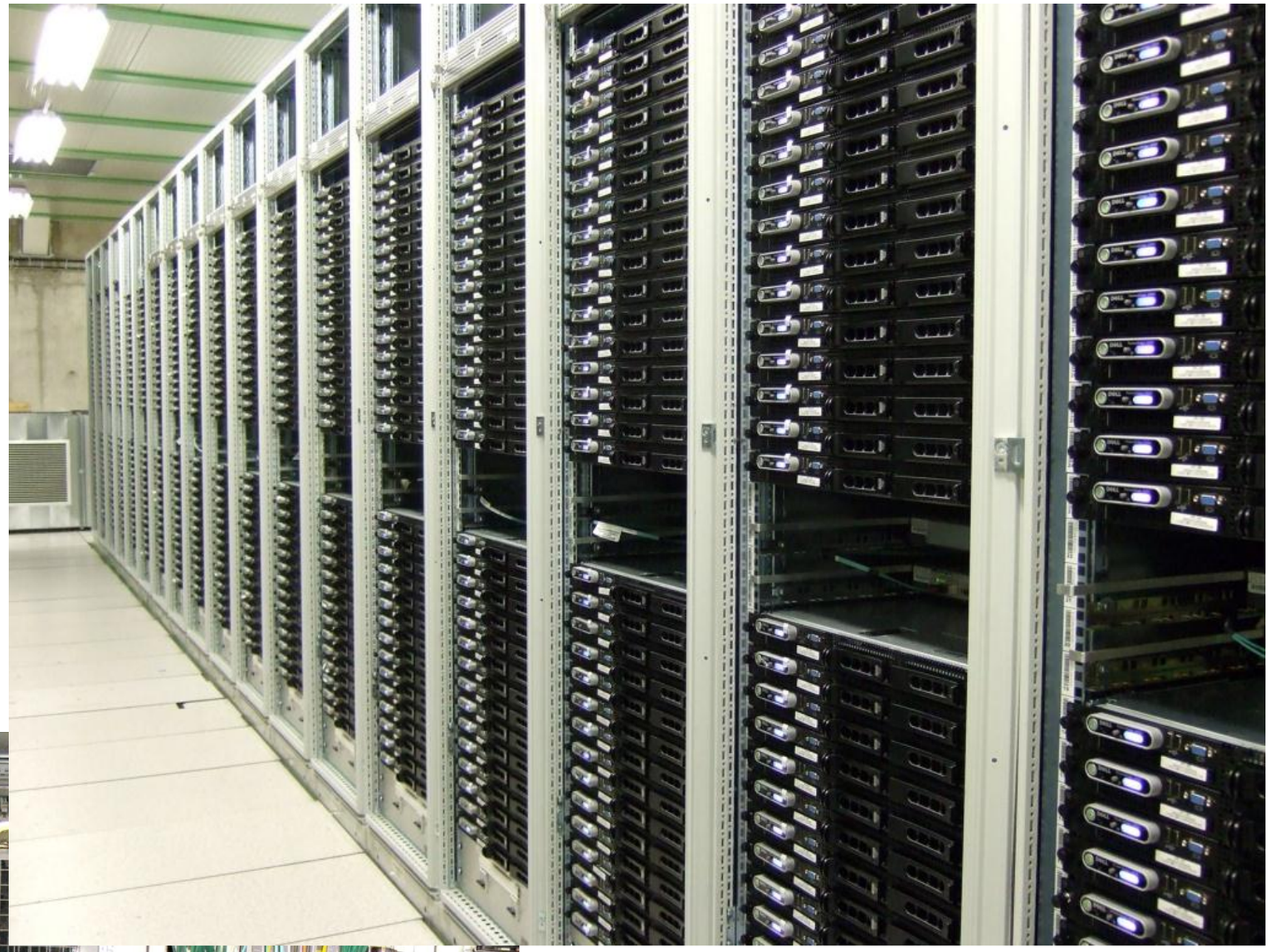
Il sistema di acquisizione dati, selezione degli eventi e di controllo dell’esperimento: TDAQ/DCS

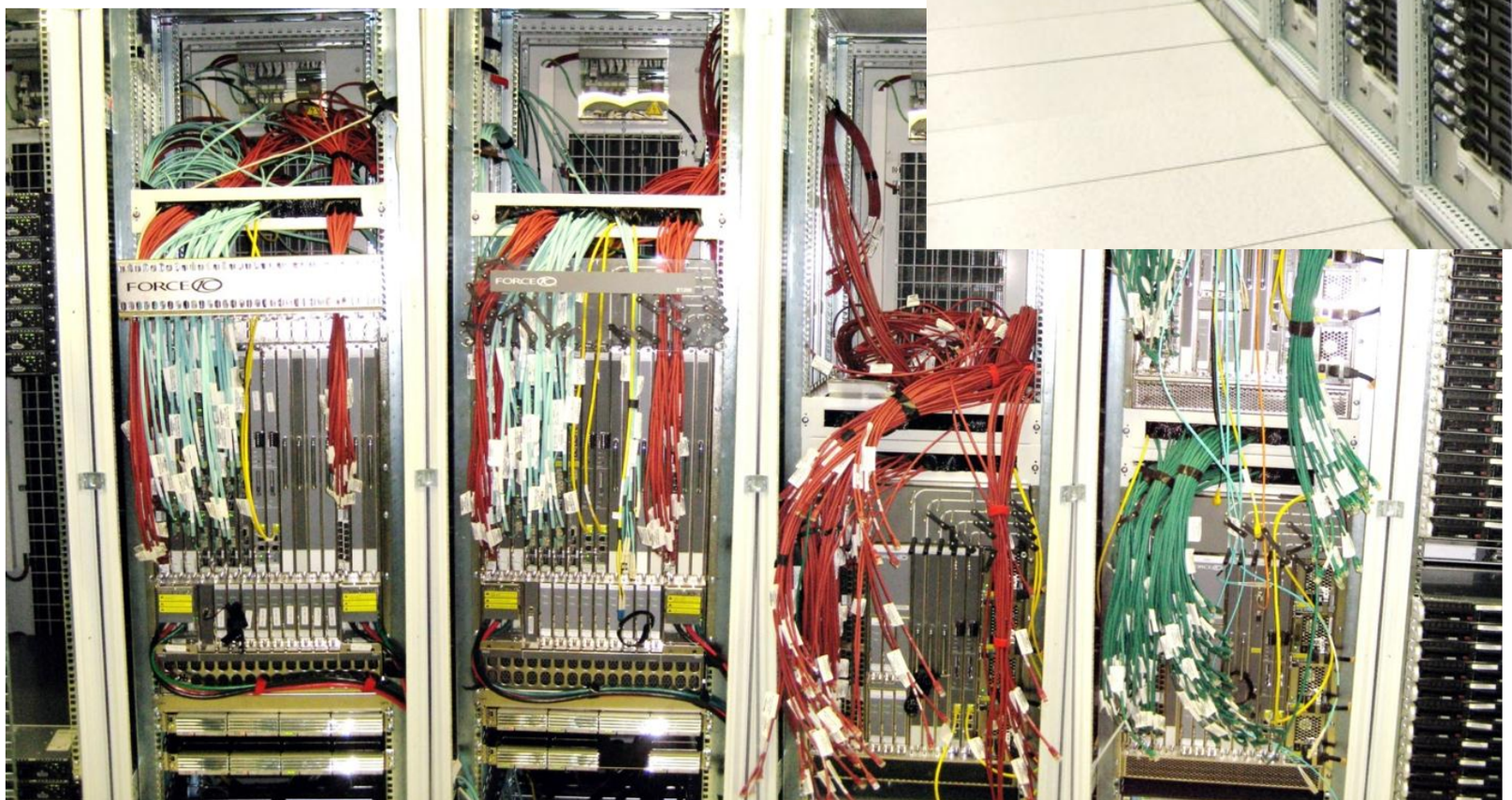
Selezione degli eventi fatta con una catena di tre livelli di “filtraggio”:

Primo livello: moduli di elettronica specializzata, riducono gli eventi da 1 miliardo a 75000 al secondo (bassa precisione, alta velocità)

Secondo livello: programmi su computer (circa 800), riducono gli eventi da 75000 a 3000 al secondo (media precisione, media velocità)

Terzo livello: programmi su computer (circa 2000), riducono gli eventi da 3000 a 200 al secondo (alta precisione, bassa velocità)





L’analisi dei dati: GRID

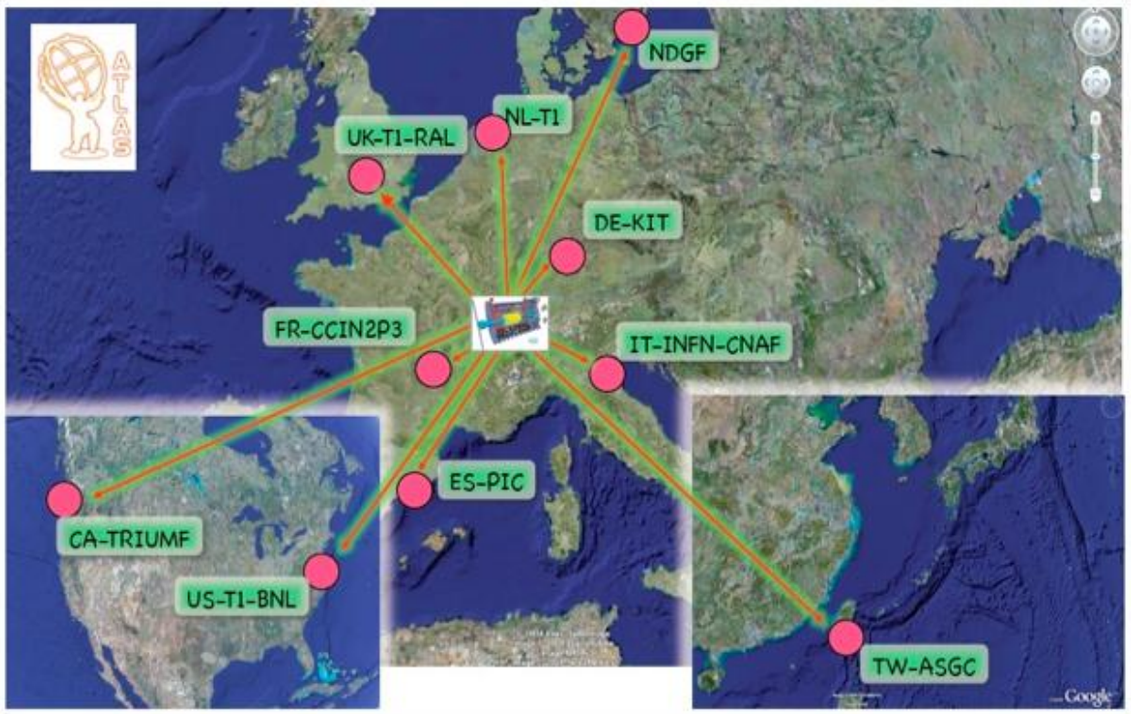
200 Eventi/secondo * 1 MB/evento = 200 MB/secondo

ATLAS funzionerà 7/7 per 7/8 mesi all’anno

Memorizzare, gestire, e far analizzare ai fisici i dati prodotti da ATLAS è un’impresa di per sè!

Non è pensabile utilizzare singoli computer, per quanto potenti, per analizzare questa mole di dati

Unire i computer di tutti i partecipanti ad ATLAS, in modo da farli cooperare come se fossero un unico gigantesco computer: GRID



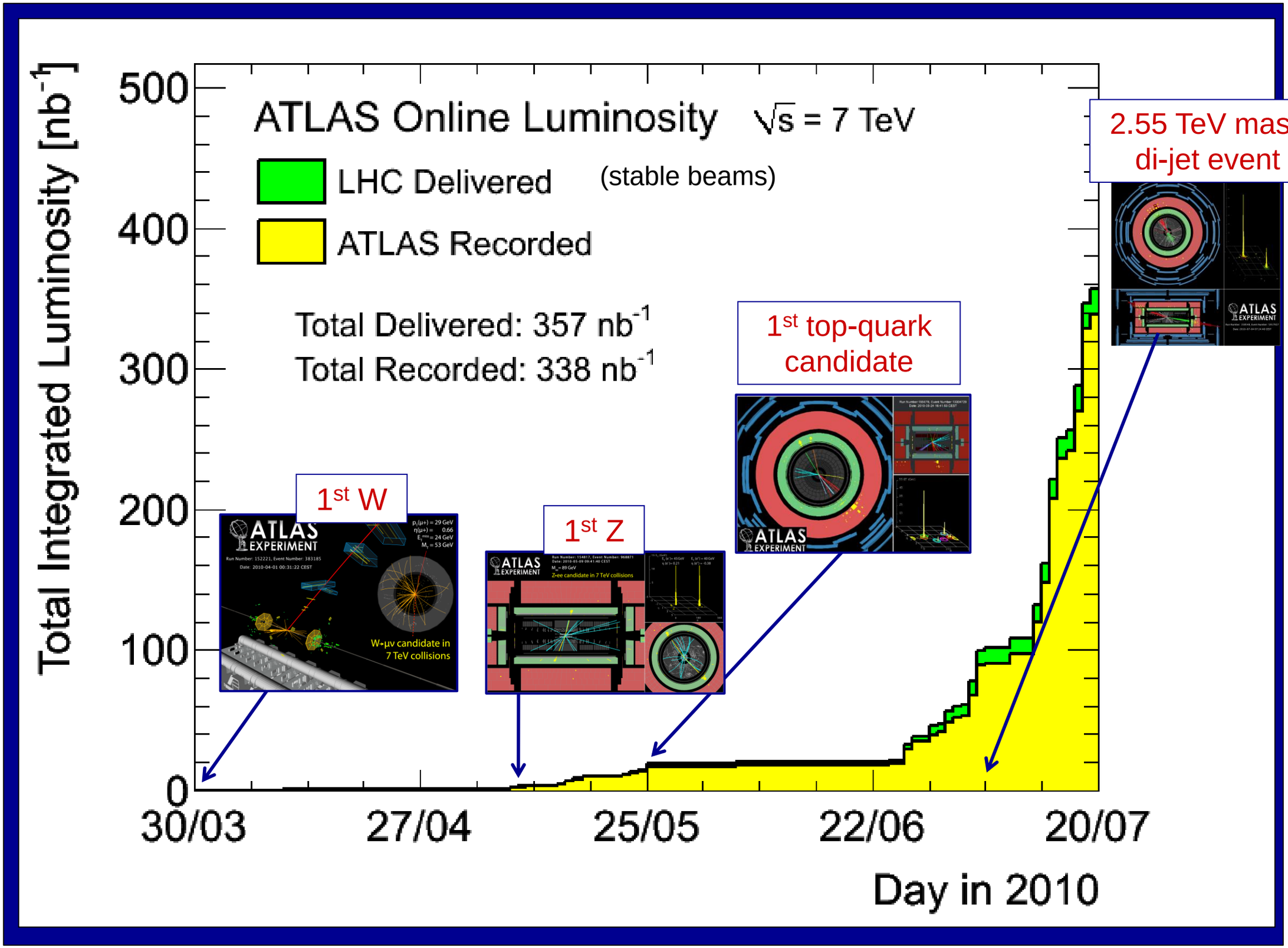
I dati dal CERN vengono distribuiti in tutto il globo, dove vengono analizzati e immagazzinati

ATLAS oggi

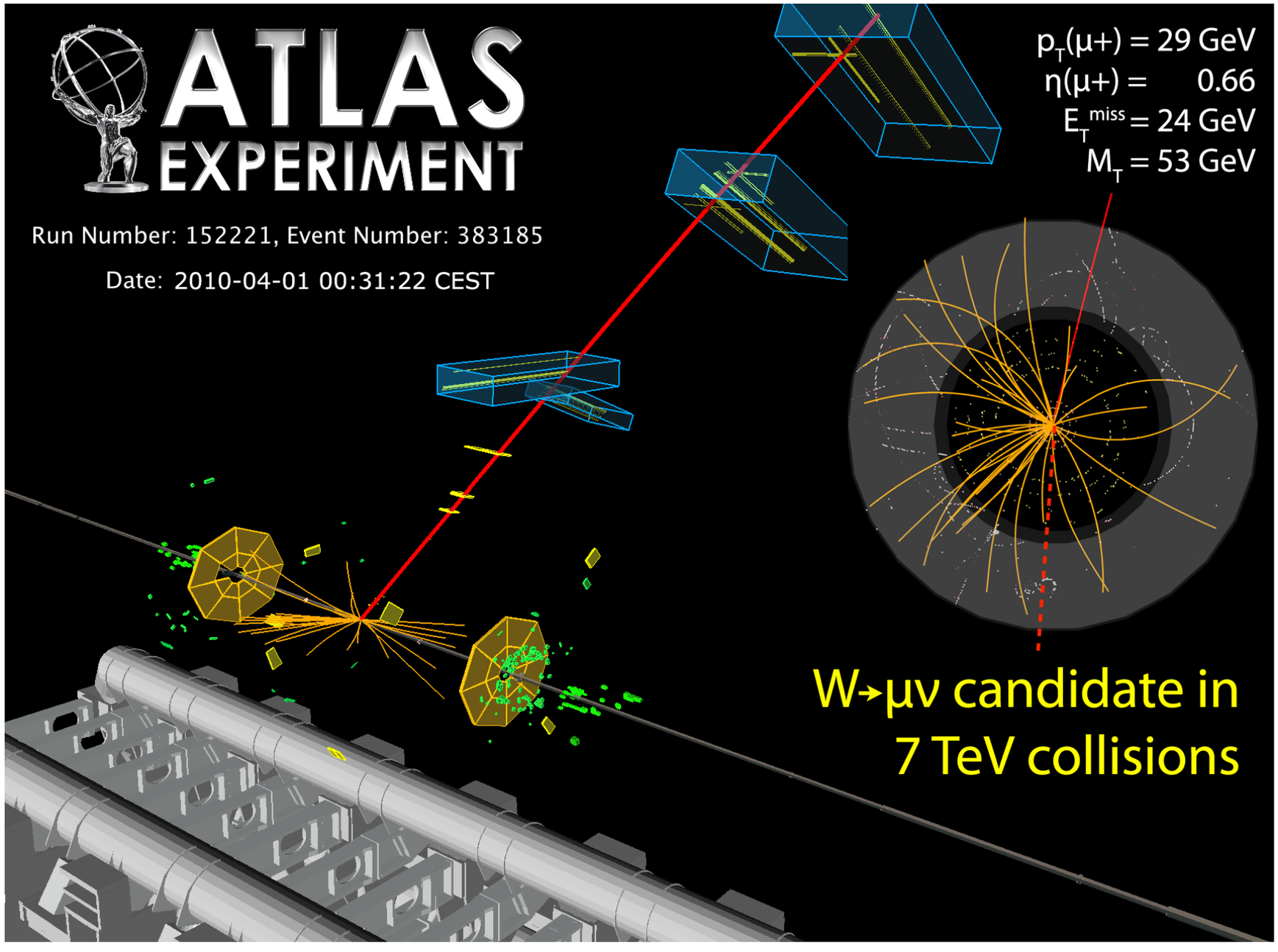
10 Settembre 2008, in attesa dell'accensione di LHC!

Novembre 2009 - Riaccensione LHC

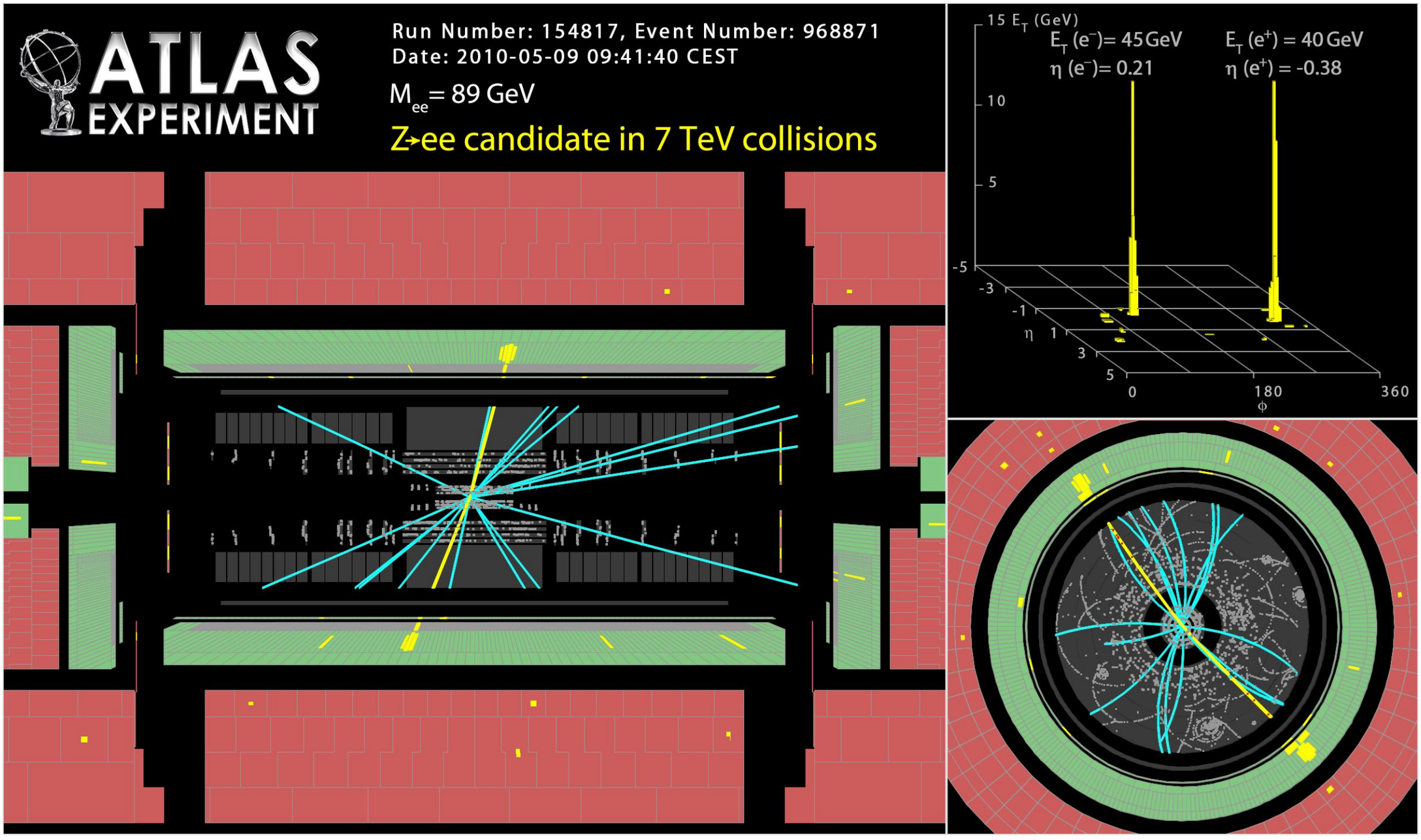
Primavera 2010 - LHC fornisce le prime collisioni a 7 TeV e la prima fisica



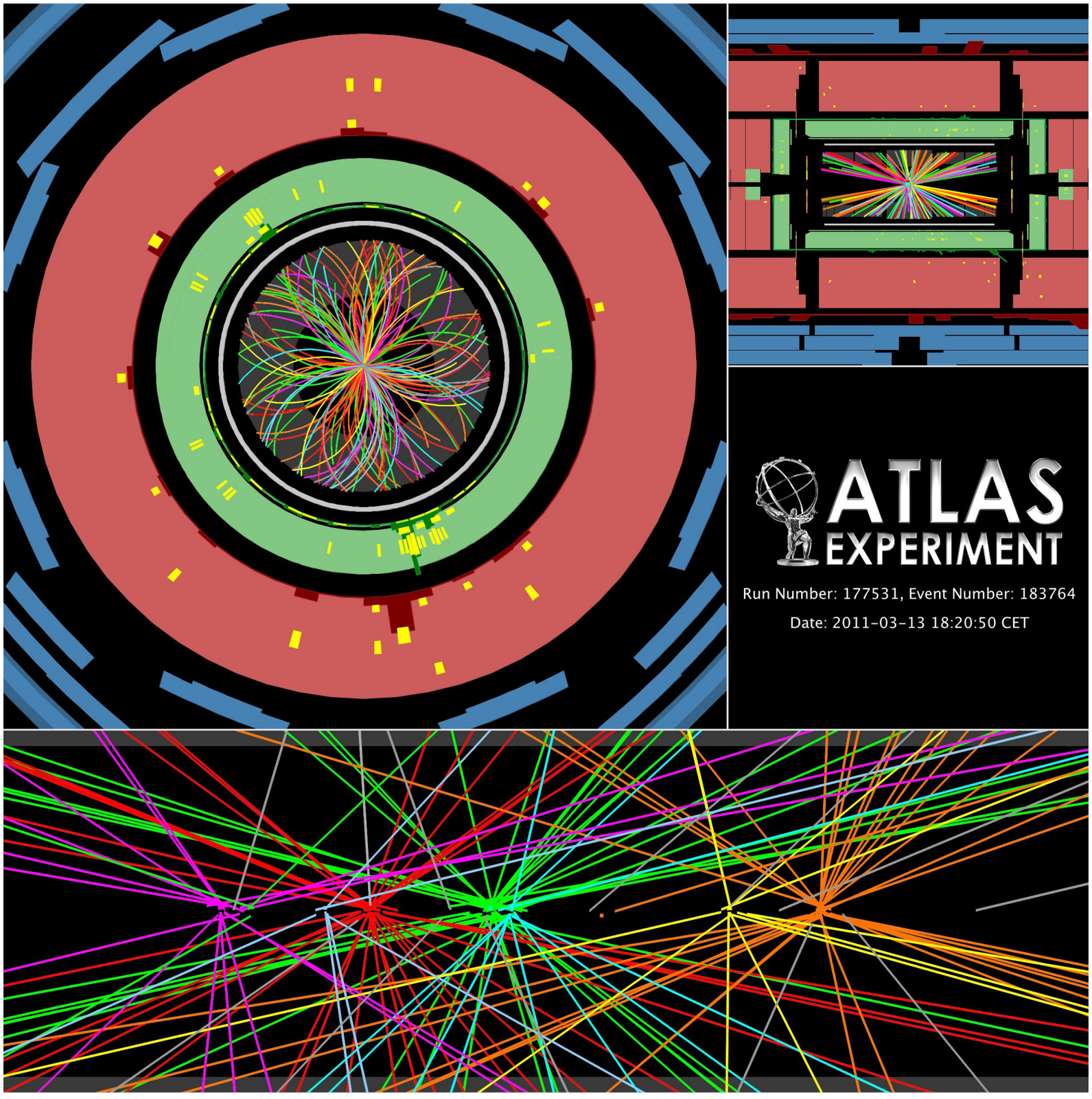
Primo W in ATLAS



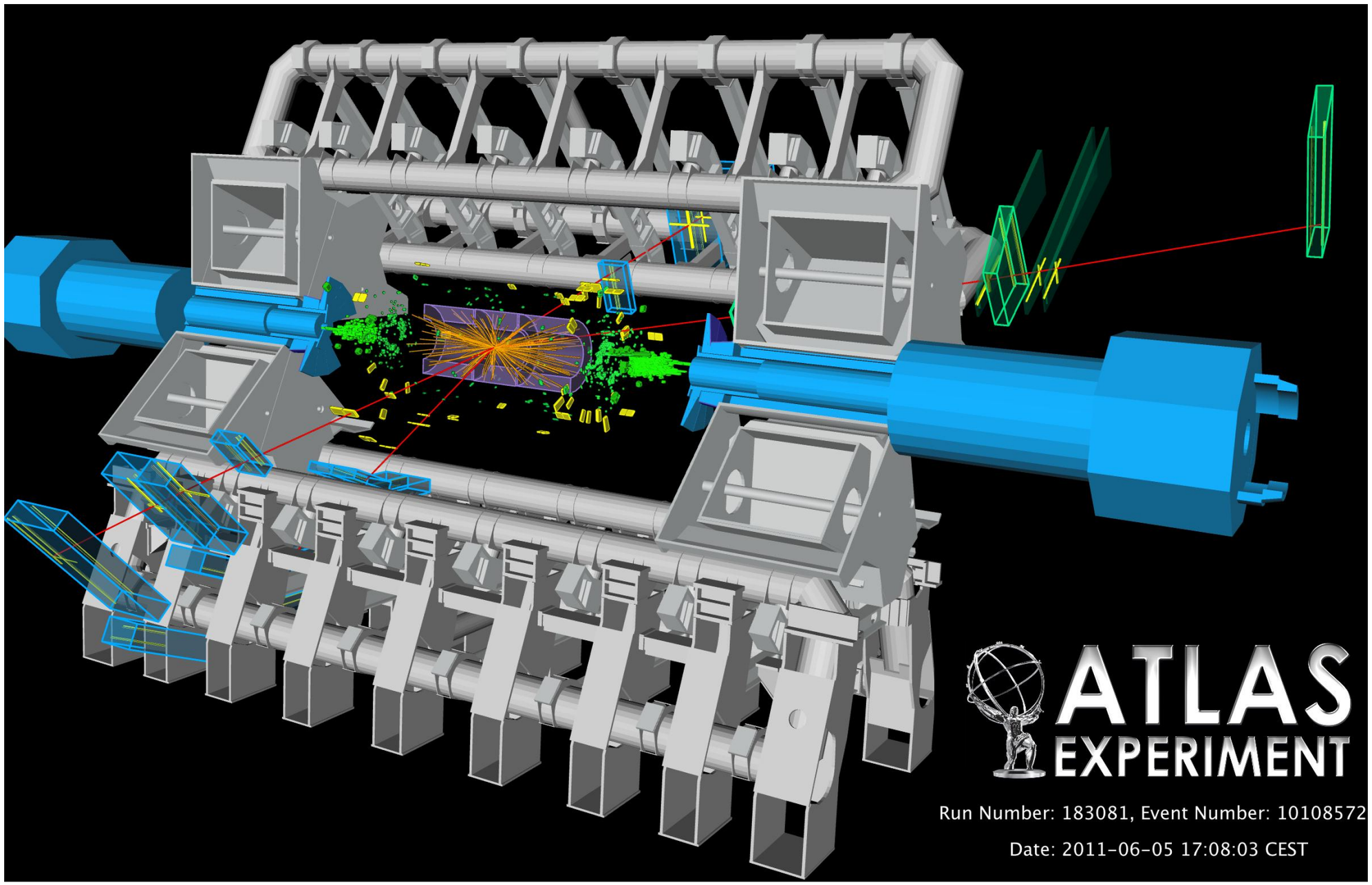
Primo Z^0 in ATLAS



2011 - Eventi con Pile



Un Candidato ZZ* in 4

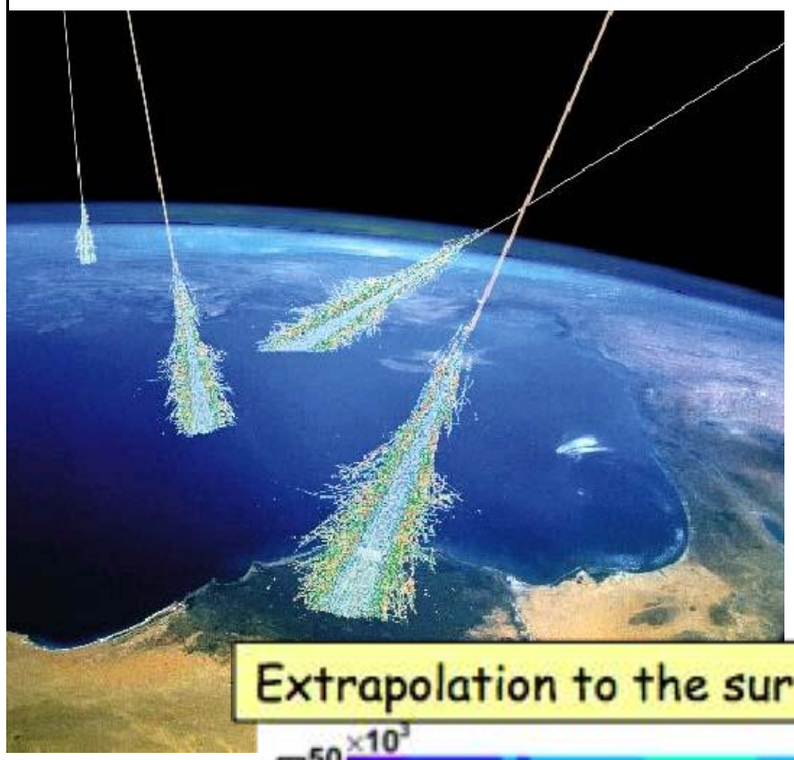


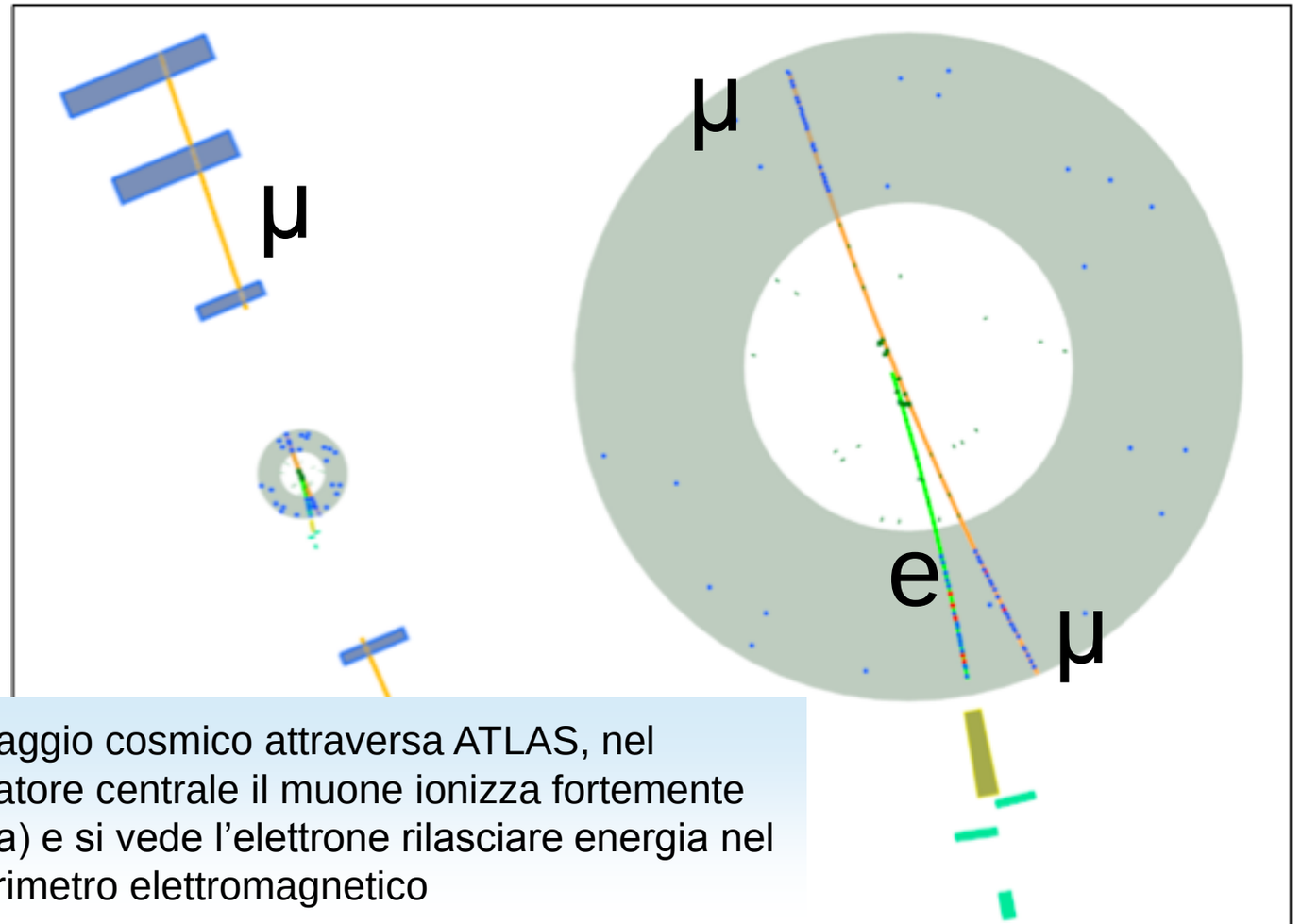
Conclusioni

LHC e gli esperimenti stanno funzionando molto bene e sono pronti a raccogliere tutte le sorprese che la Natura vorra' fornire.

Back up

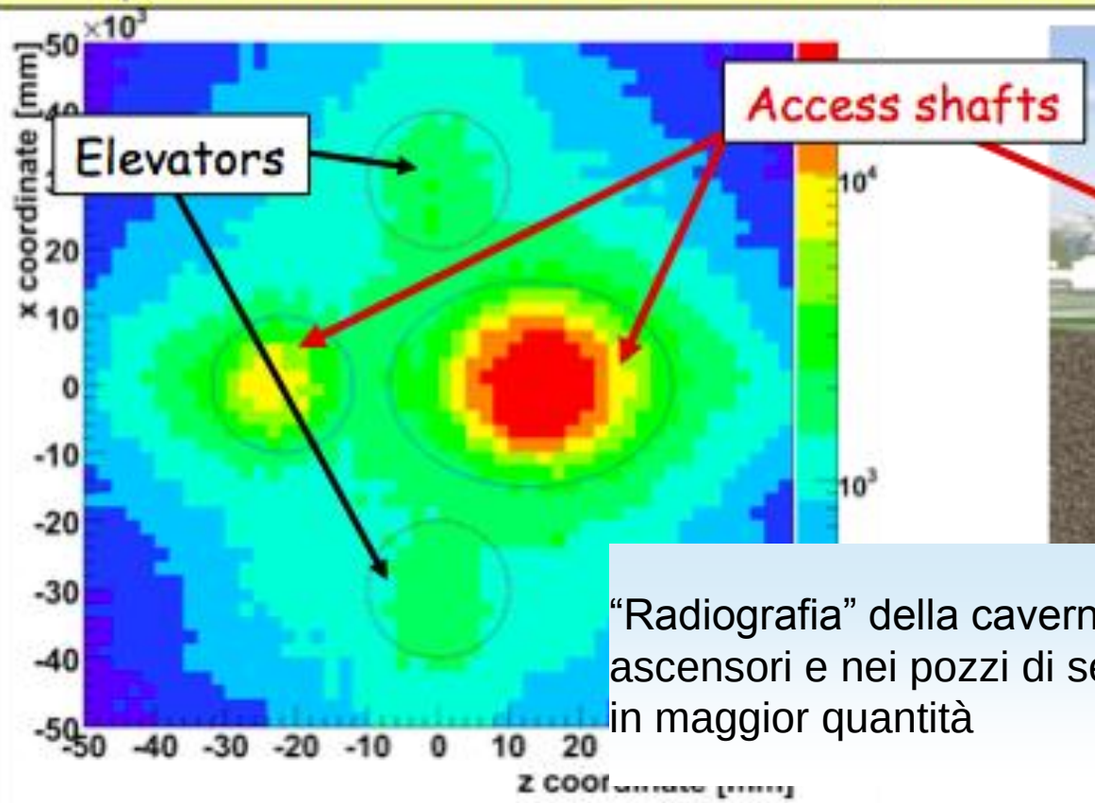
Nell’attesa del (ri-)avvio di LHC ATLAS utilizza i raggi cosmici (muoni) per verificare il corretto funzionamento dell’apparato ed impratichirsi con le procedure di controllo e analisi

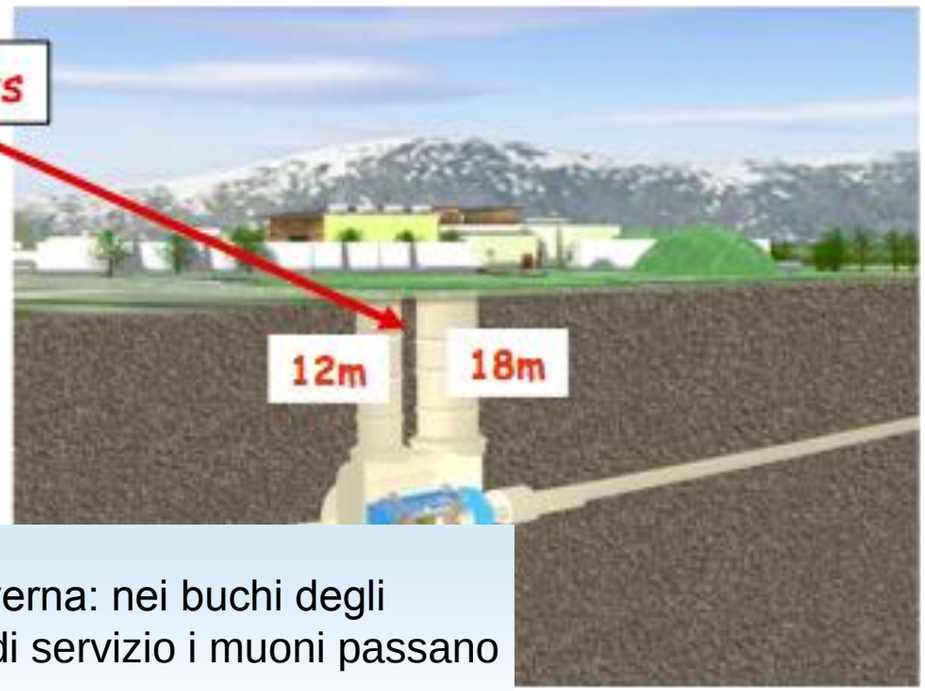




Un raggio cosmico attraversa ATLAS, nel rivelatore centrale il muone ionizza fortemente (l’aria) e si vede l’elettrone rilasciare energia nel calorimetro elettromagnetico

Extrapolation to the surface of cosmic muon tracks reconstructed by RPC trigger chambers





“Radiografia” della caverna: nei buchi degli ascensori e nei pozzi di servizio i muoni passano in maggior quantità

ATLAS
EXPERIMENT
http://atlas.ch