



The ATLAS Experiment

Mapping the Secrets of the Universe



L'esperimento ATLAS



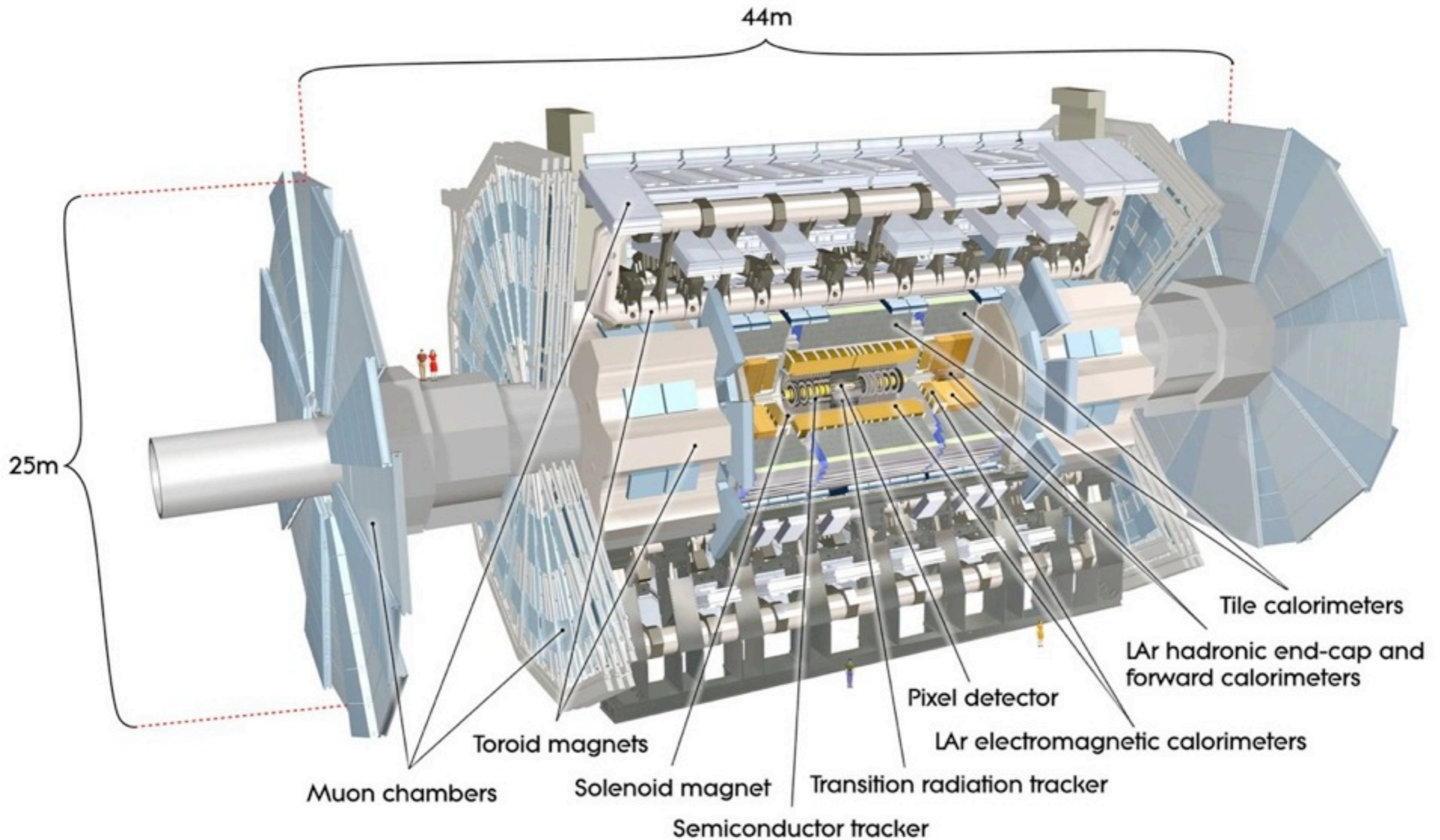
European Organization for Nuclear Research

|



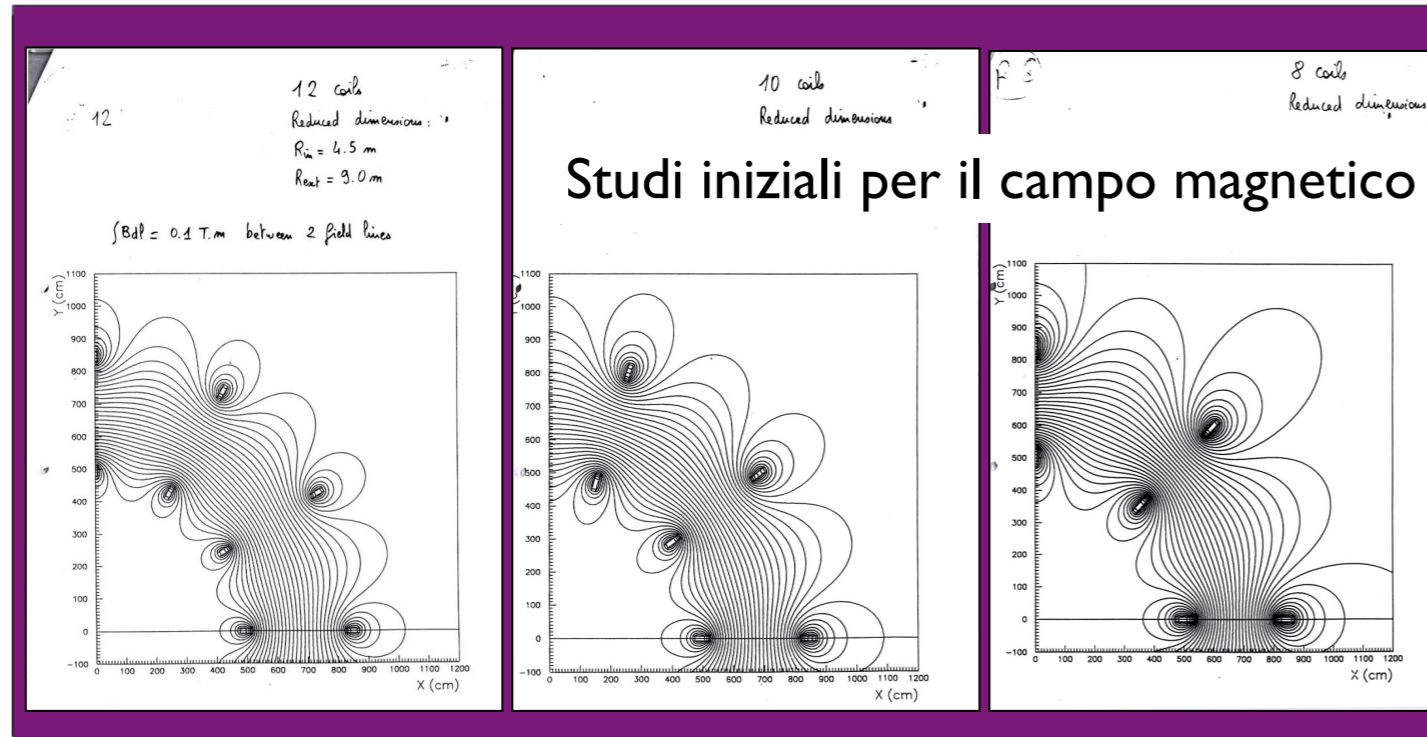
Scaletta

- 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...

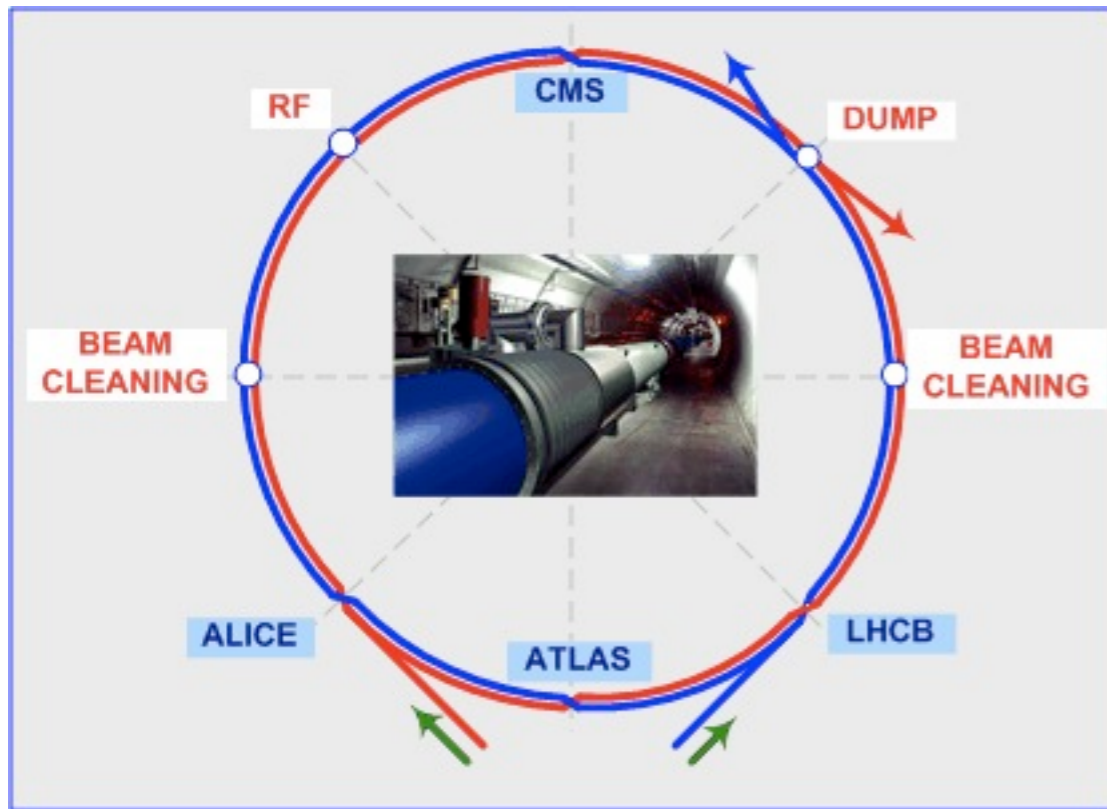


1989: ricerca e sviluppo sulle prime idee dei rivelatori
1996: ATLAS approvato dal CERN
1997: inizio costruzione
2003: inizio installazione nella caverna
2008: installazione completata, inizio presa dati con raggi cosmici

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 5

Il perché di LHC



- LHC è un acceleratore di protone-protone:**
- 1- Essi vengono accelerati (aumentando l'**energia cinetica**)
 - 2- Fatti collidere (l'Energia accumulata viene liberata in **un'interazione**)
 - 3- quest'energia può trasformarsi in massa e nuove particelle (**$E=mc^2$**)

σ dipende dalle leggi di natura, E_{cm} e L invece dalle caratteristiche dell'acceleratore

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

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

Luminosità

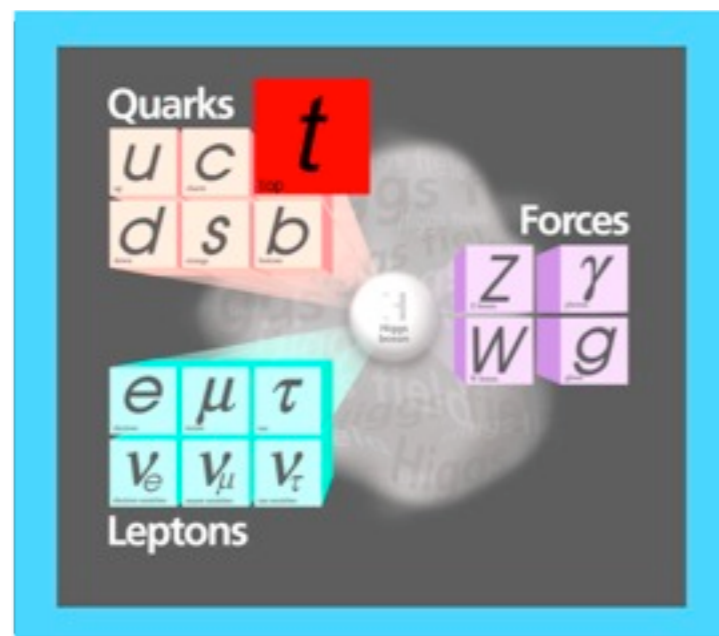
$$L = f \times n \times \frac{N_1 \times N_2}{A}$$

Frequenza di rotazione e numero dei pacchetti di protoni

numero di protoni per pacchetto e dimensioni dei pacchetti



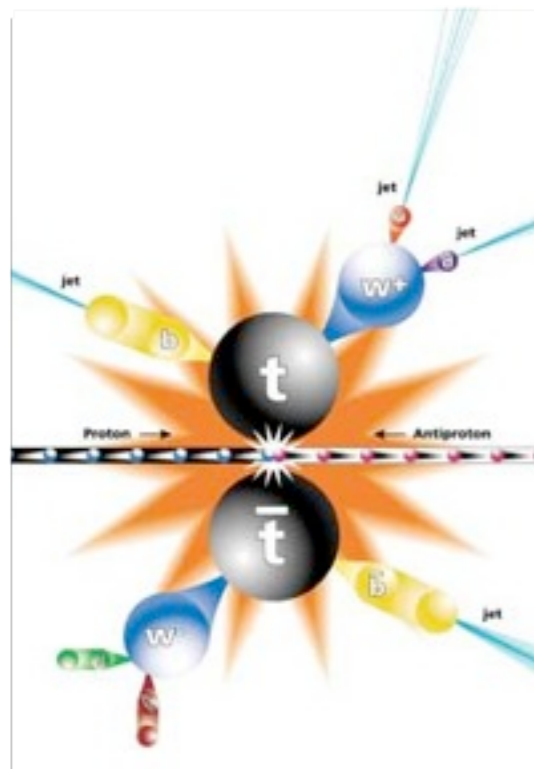
La fisica di ATLAS



- 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

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

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



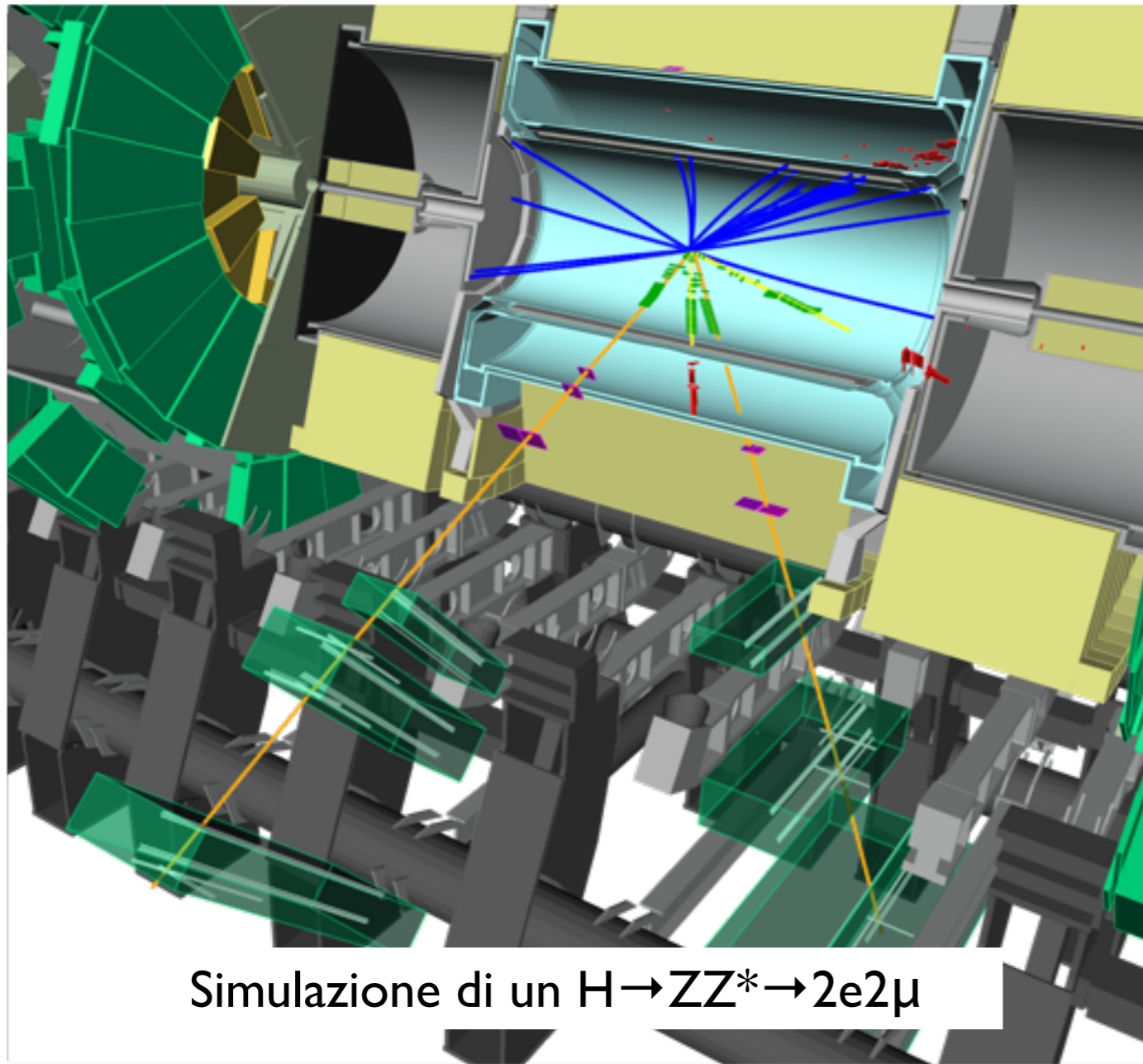
Occorre misurare con precisione:

- “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

- Buon sistema calorimetrico per misurare i getti e gli elettroni
- Buon sistema di tracciatura per identificare i muoni
- Un rivelatore con ampia “copertura” (assenza di *buchi*) che possa identificare i neutrini dal mancato bilanciamento di energia e impulso

La fisica di ATLAS

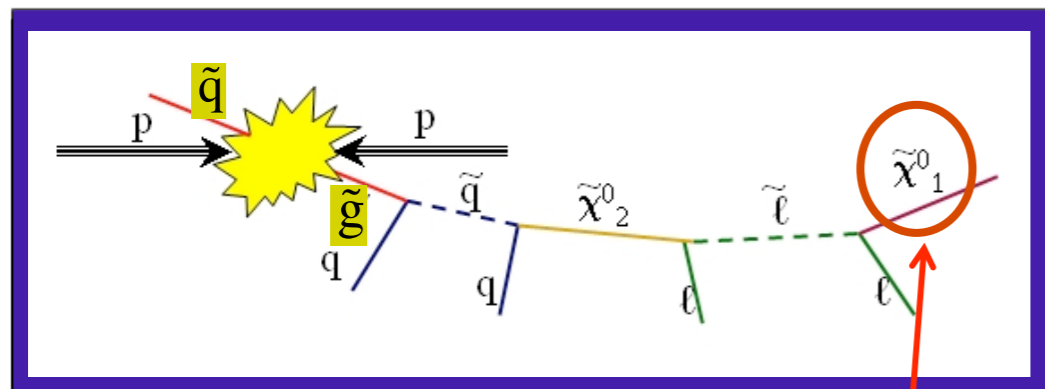


- **Uno degli scopi principali di ATLAS è la scoperta del bosone di Higgs**
- Il meccanismo di Higgs è responsabile di far acquisire massa alle altre particelle
- Il meccanismo di Higgs è atteso: **naturale “completezza” del Modello Standard**
- Se il meccanismo di Higgs è corretto allora deve esistere 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

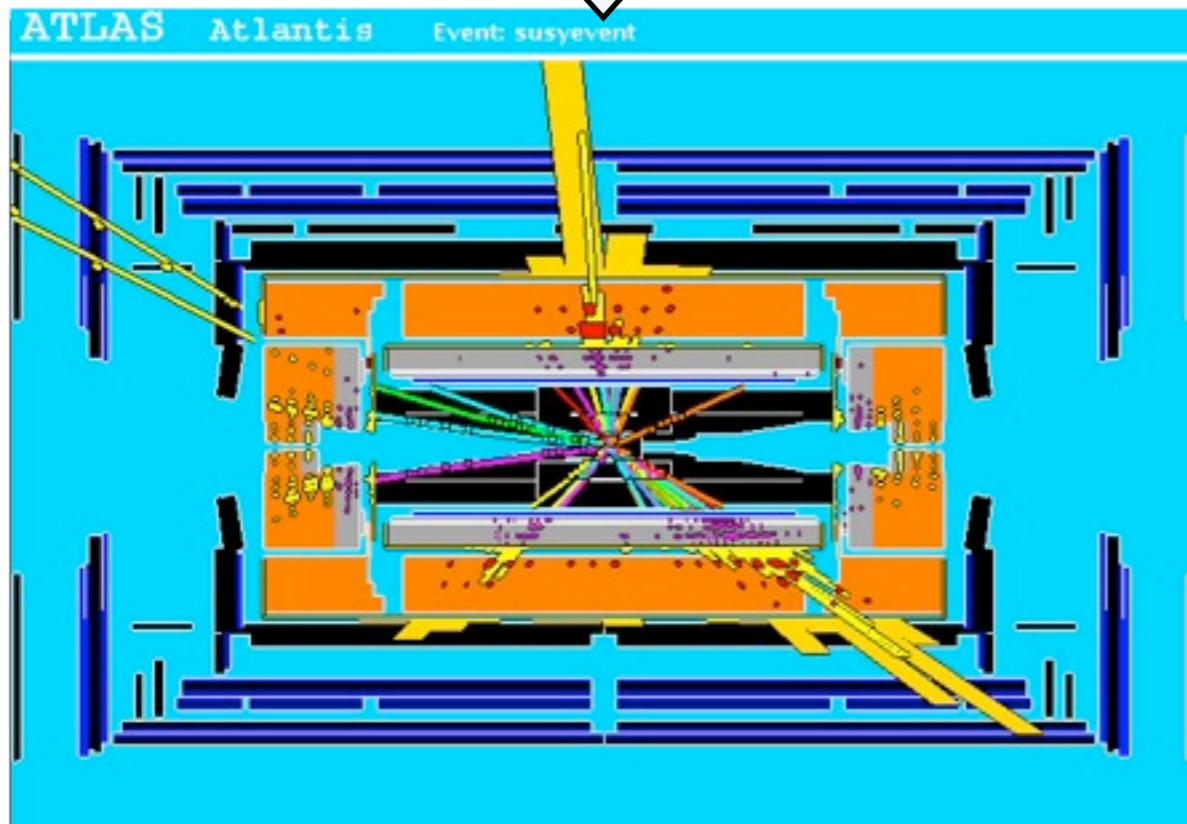
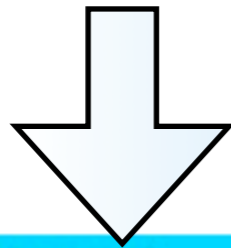
Occorre un rivelatore

- 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 il bosone di Higgs)

La fisica di ATLAS



dark matter candidate

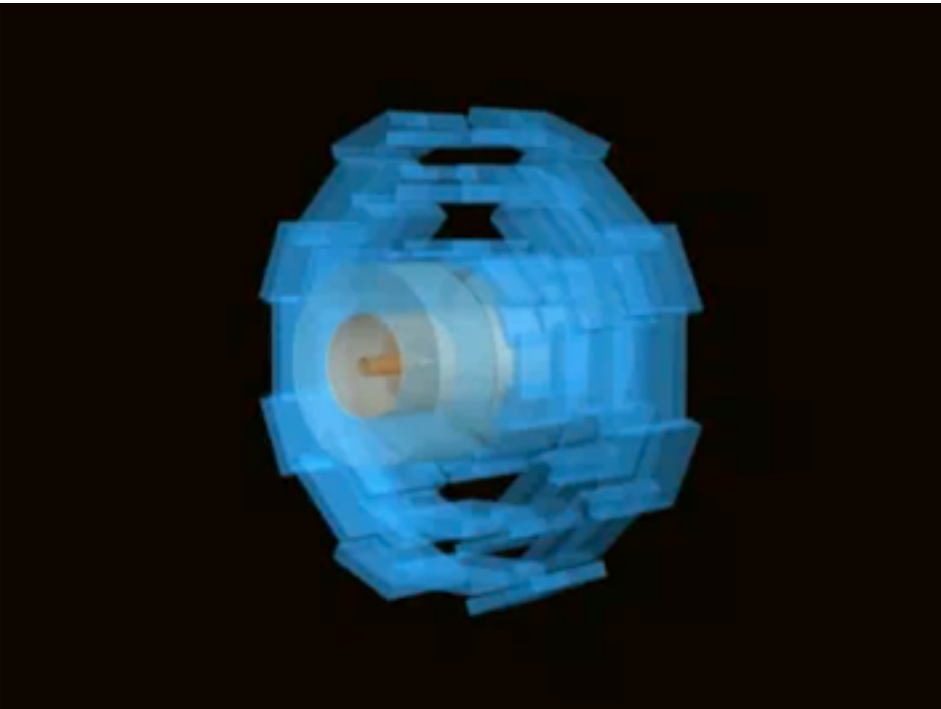


- Vi sono indicazioni (principalmente da misure di astrofisica) che il Modello Standard sia in qualche misura **un'approssimazione di qualche modello più generale** (come la meccanica di Newton è un'approssimazione, a bassa velocità, della meccanica di Einstein)
- ATLAS è stato progettato non solo per 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 mancante)

Occorre un rivelatore

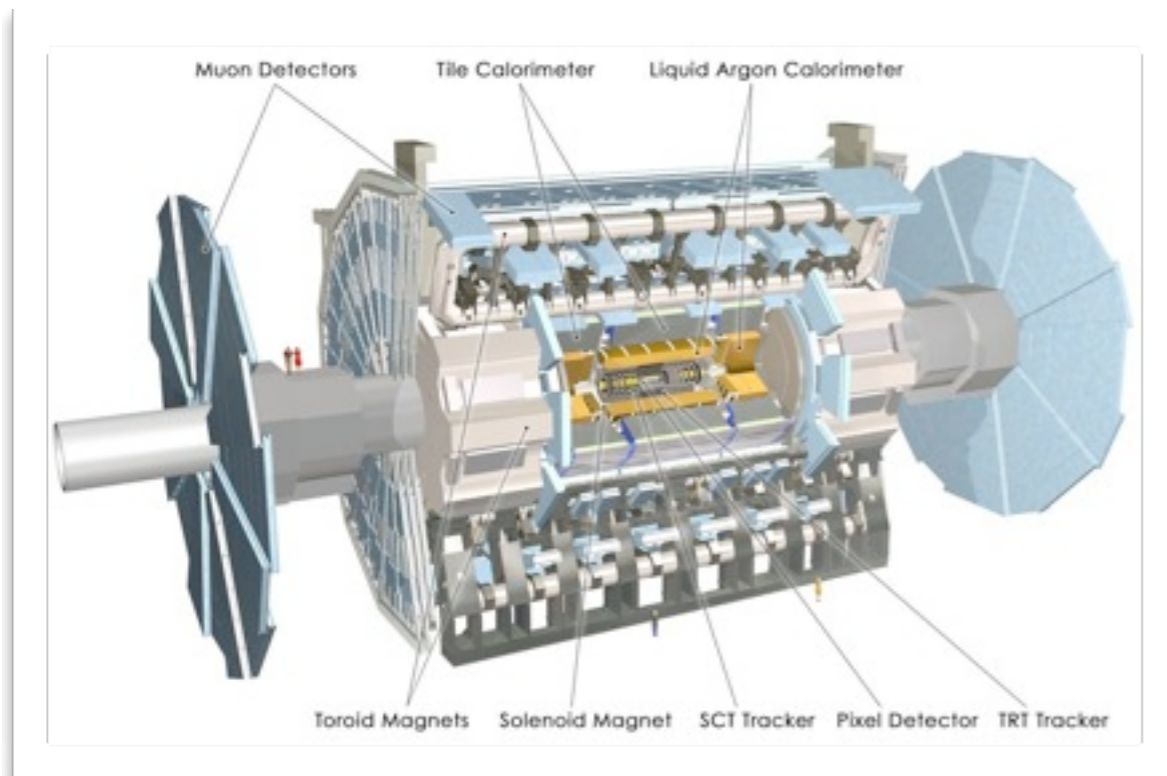
- Un rivelatore con ampia “copertura” (assenza di *buchi*) che possa identificare i neutralini dal mancato bilanciamento di energia e impulso
- Che siano fortemente “segmentati” per poter distinguere i componenti di eventi molto affollati

Il rivelatore



ATLAS è stato progettato per soddisfare tutti i criteri elencati negli esempi precedenti:

- Possiede un sofisticato sistema di tracciatura centrale per **misurare l'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 al 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** (TRT) 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

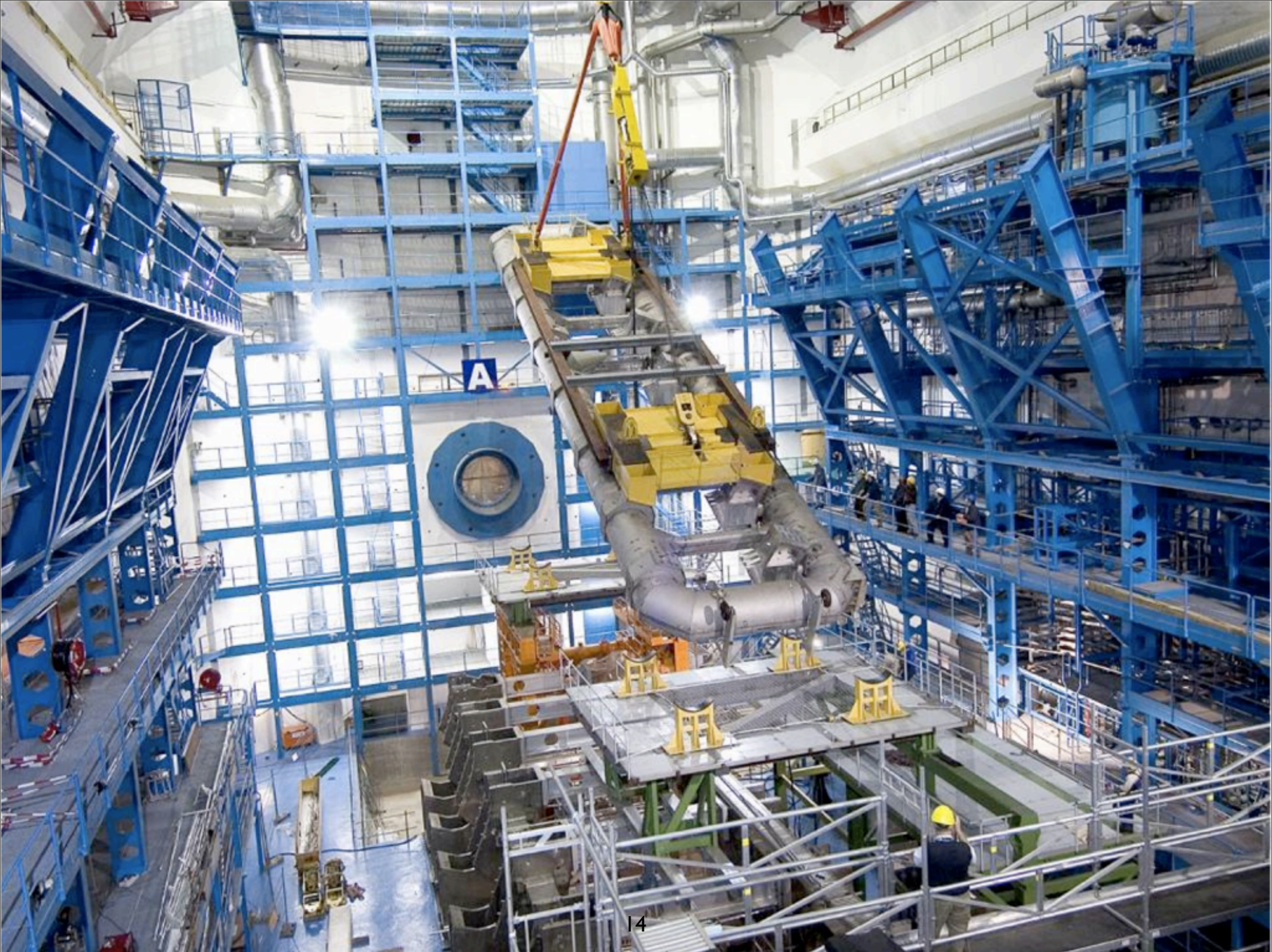


Albany, Alberta, NIKHEF Amsterdam, Ankara, LAPP Annecy, Argonne NL, Arizona, UT Arlington, Athens, NTU Athens, Baku, IEAE Barcelona, Belgrade, Bergen, Berkeley LBL and UC, HU Berlin, Bern, Birmingham, UAN Bogota, **Bologna**, Bonn, Boston, Brandeis, Brasil Cluster, Bratislava/SAS Kosice, Brookhaven NL, Buenos Aires, Bucarest, 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, Shinsnu, Siegen, Simon Fraser Burnaby, SLAC, Southern Methodist Dallas, NPI Petersburg, Stockholm, KTH Stockholm, Stony Brook, Sydney, AS Tainpei, Tbilisi, Tel Aviv, Thessaloniki, Tokyo ICEPP, Tokyo MU, Toronto, TRIUMF, Tsukuba, Tufts, **Udine/ICTP**, Uppsala, Urbana UI, Valencia, UBC Vancouver, Victoria, Washington, Weizmann Rehovot, FN Wiener Neustadt, Wisconsin, Wuppertal, Würzburg, Yale, Yerevan

Circa 2800 fisici (di cui 800 studenti!) da 169 istituti, 37 paesi, 5 continenti

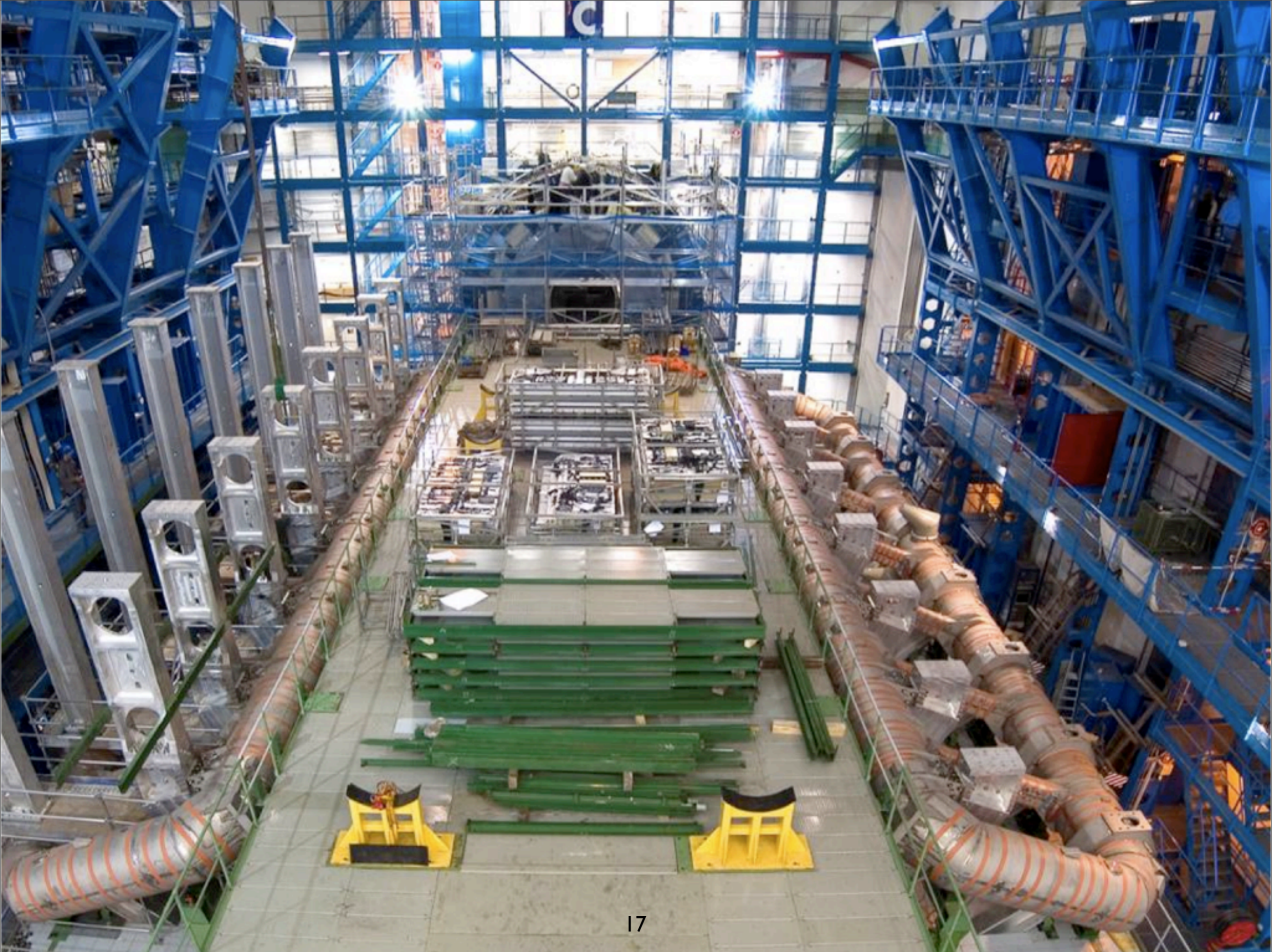
La caverna (-100 m) giugno 2003



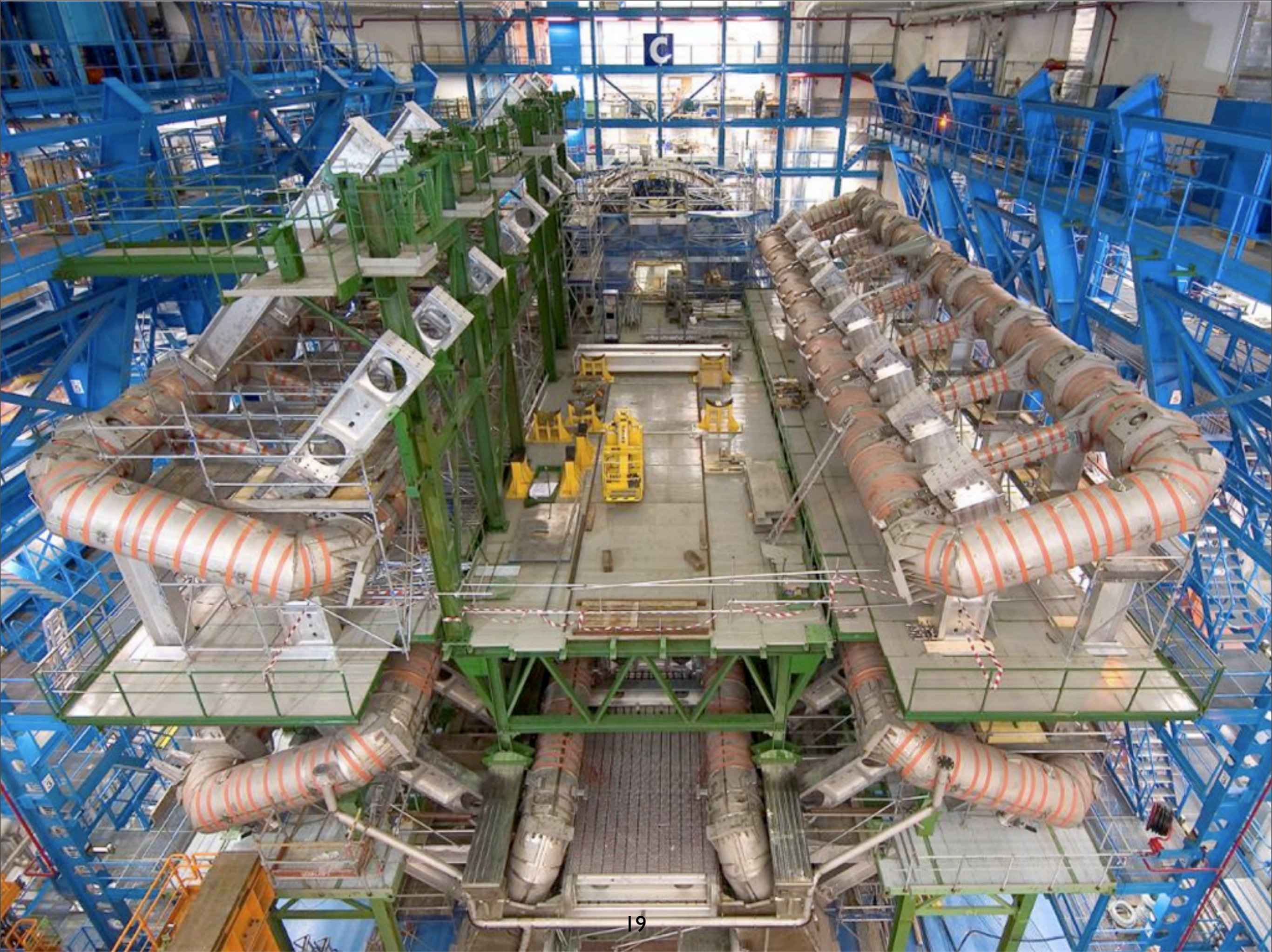






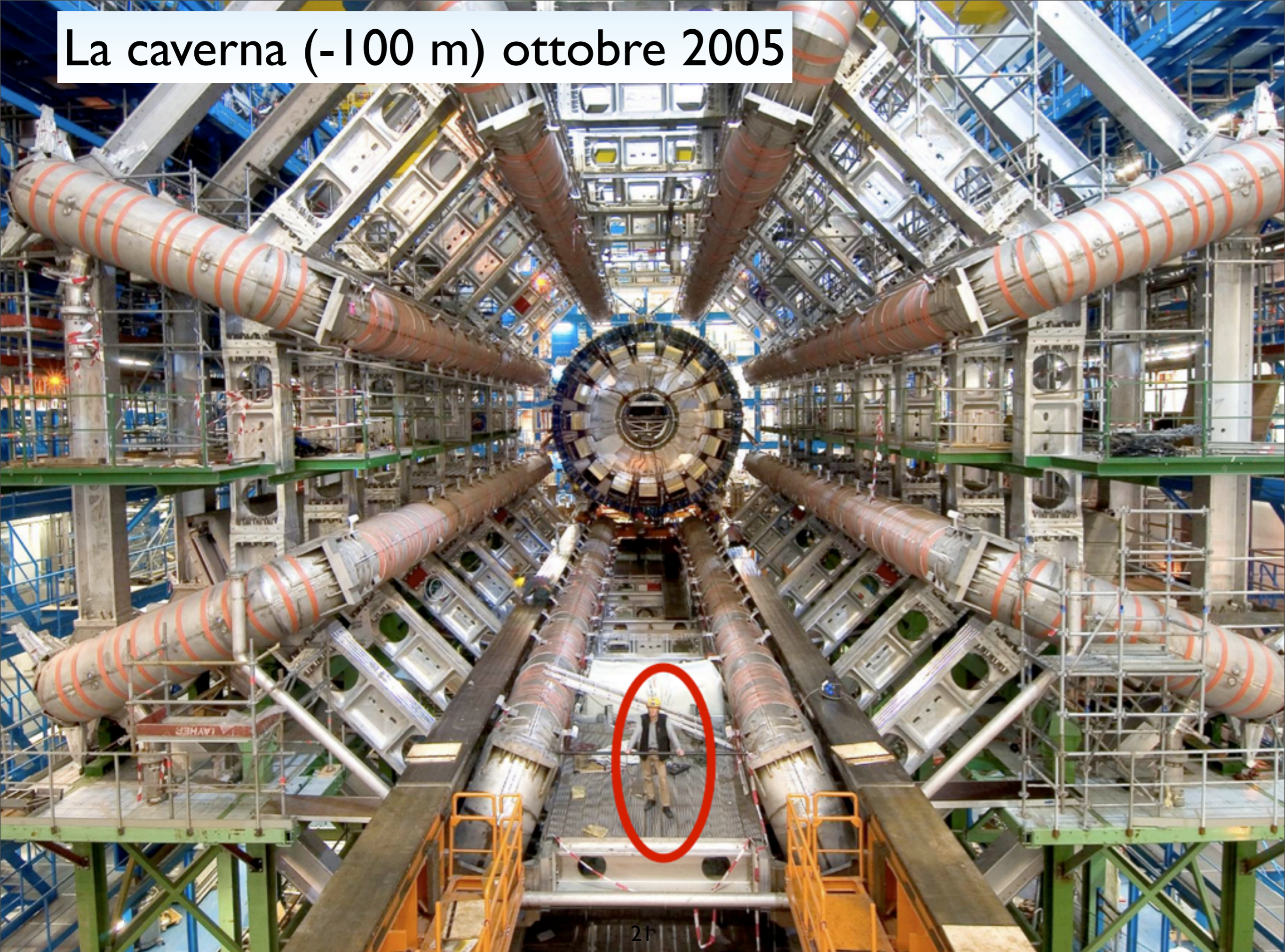






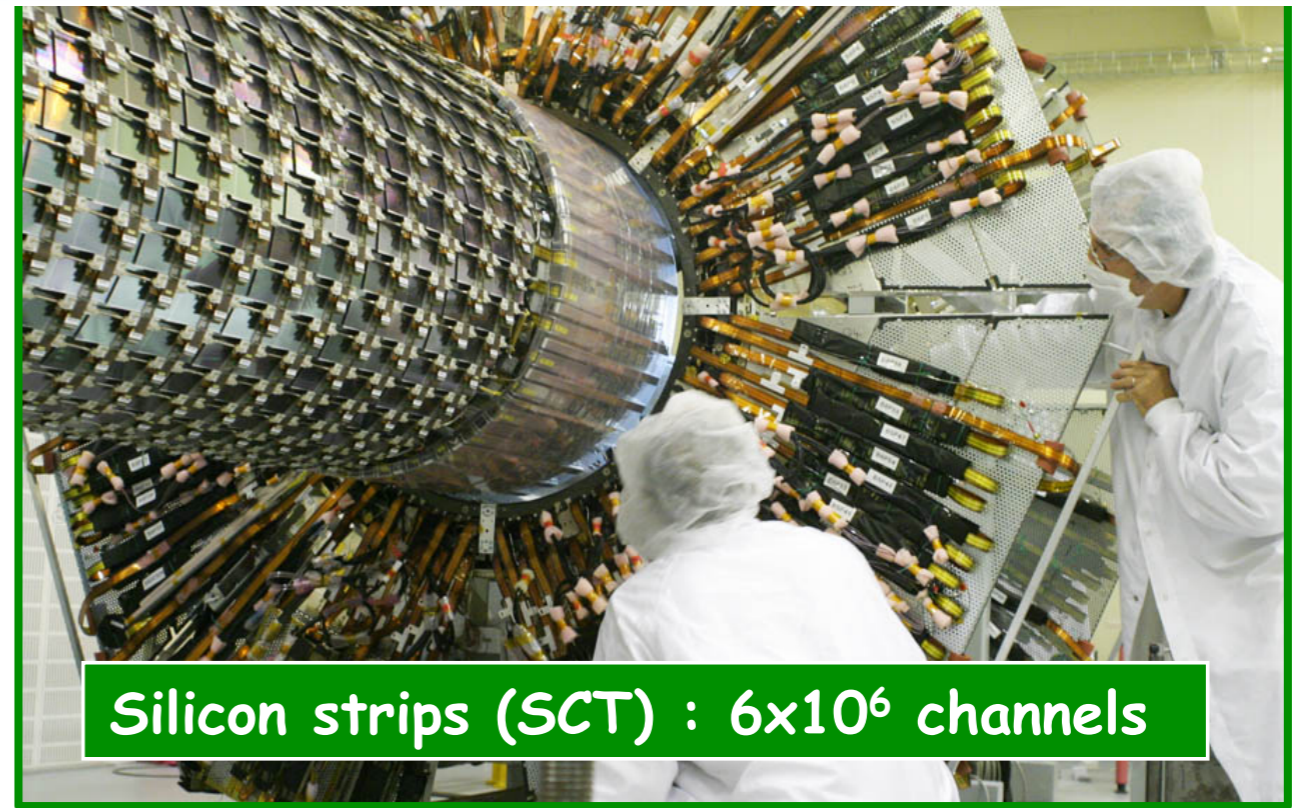
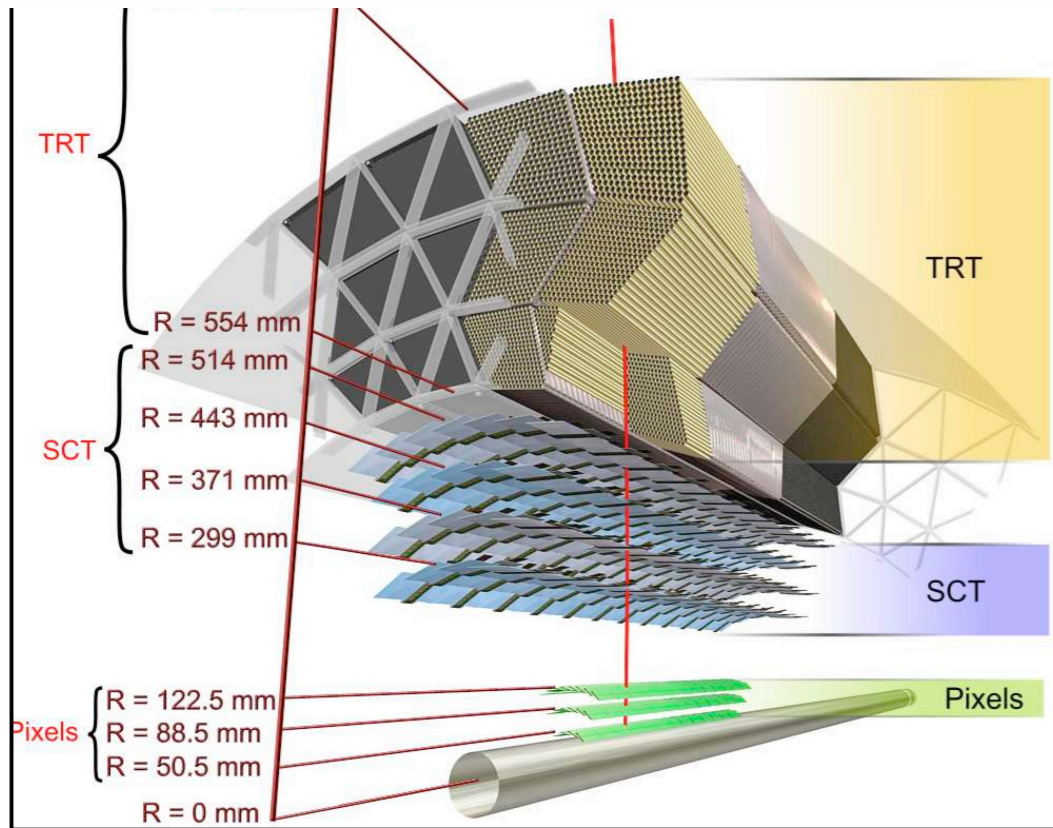


La caverna (-100 m) ottobre 2005



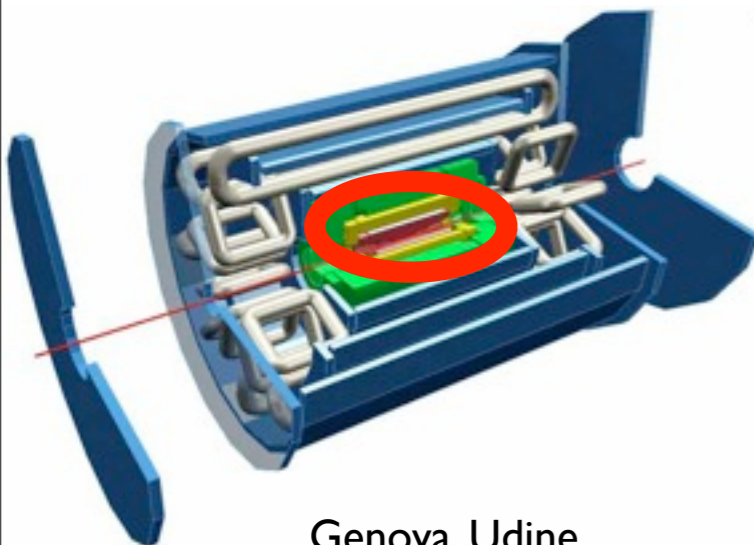
I sotto-rivelatori

Il rivelatore centrale: misura impulso particelle cariche, riconoscimento elettroni

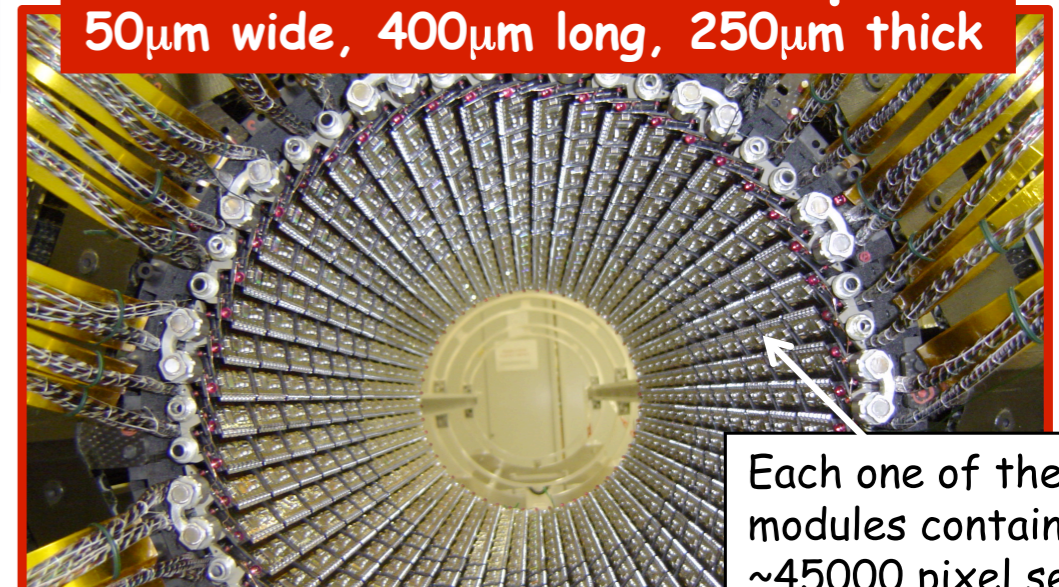
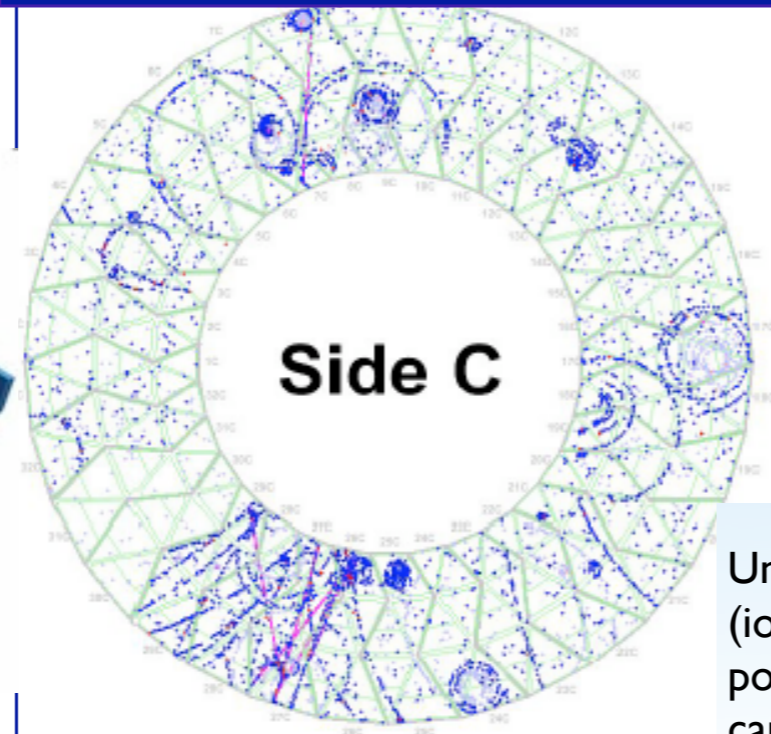


Transition Radiation Tracker:
 4×10^5 straw tubes. Cosmics-ray shower recorded in barrel TRT

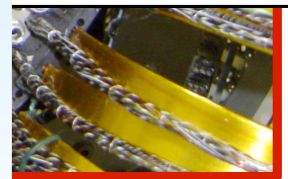
Pixel detector: ~ 80 million Si pixels
 50 μ m wide, 400 μ m long, 250 μ m thick



Genova, Udine,
Milano



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

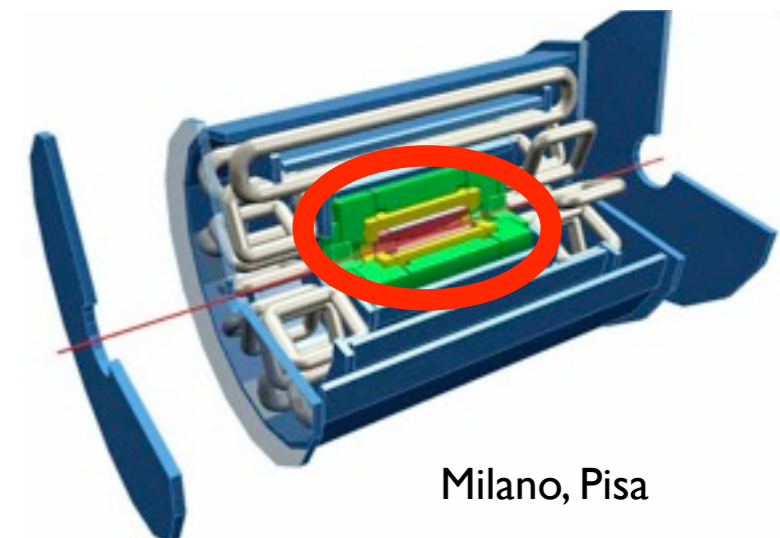


Calorimetro elettromagnetico centrale



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

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



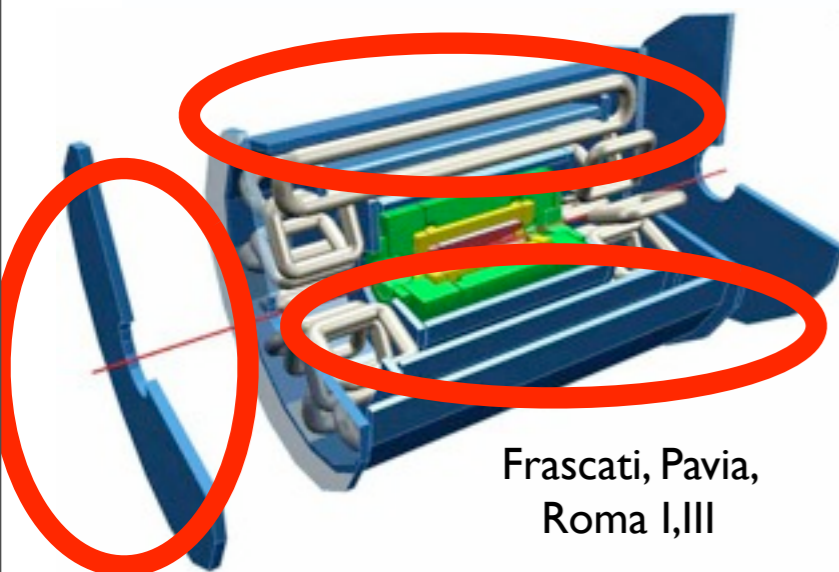
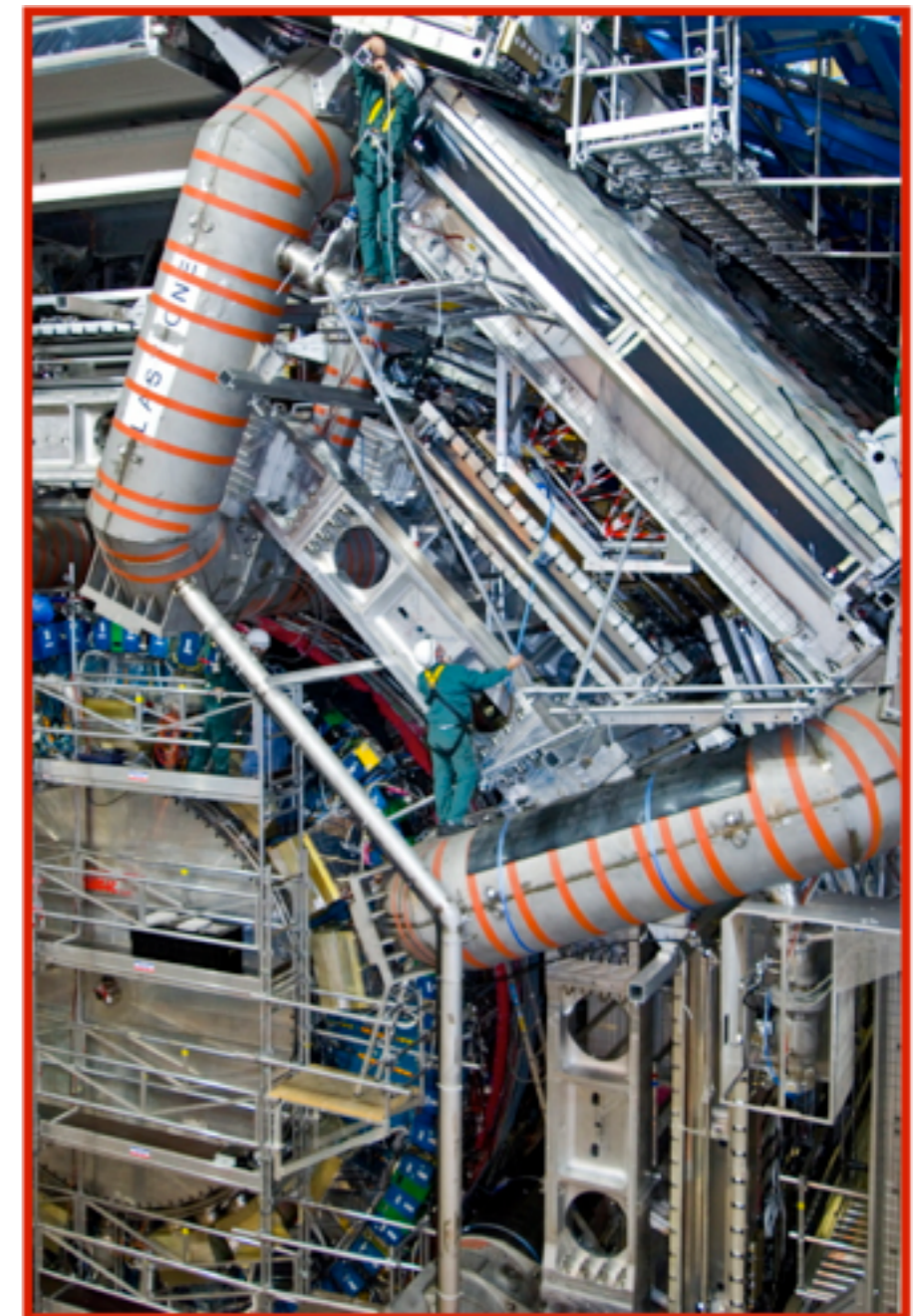
Le camere esterne: misura dell'impulso dei muoni



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



Frascati, Pavia,
Roma I,III

251

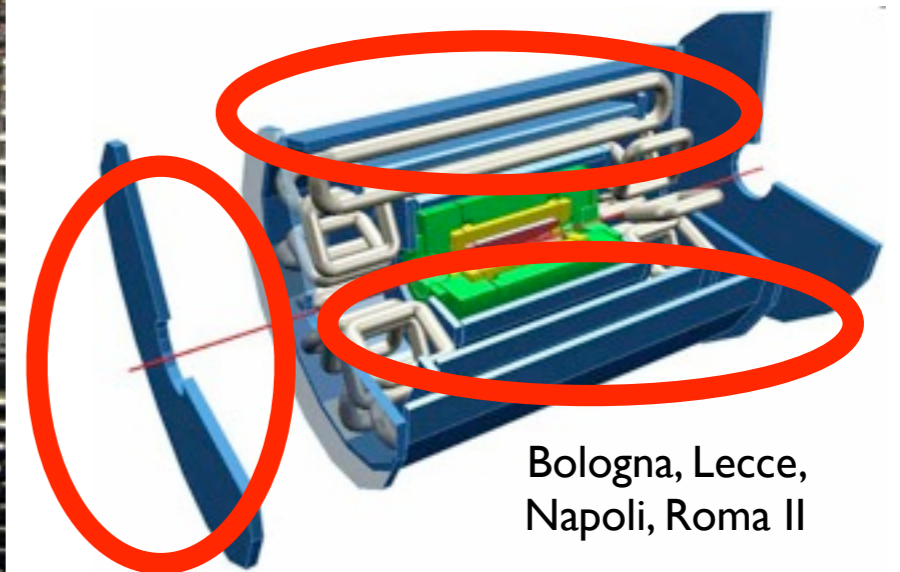
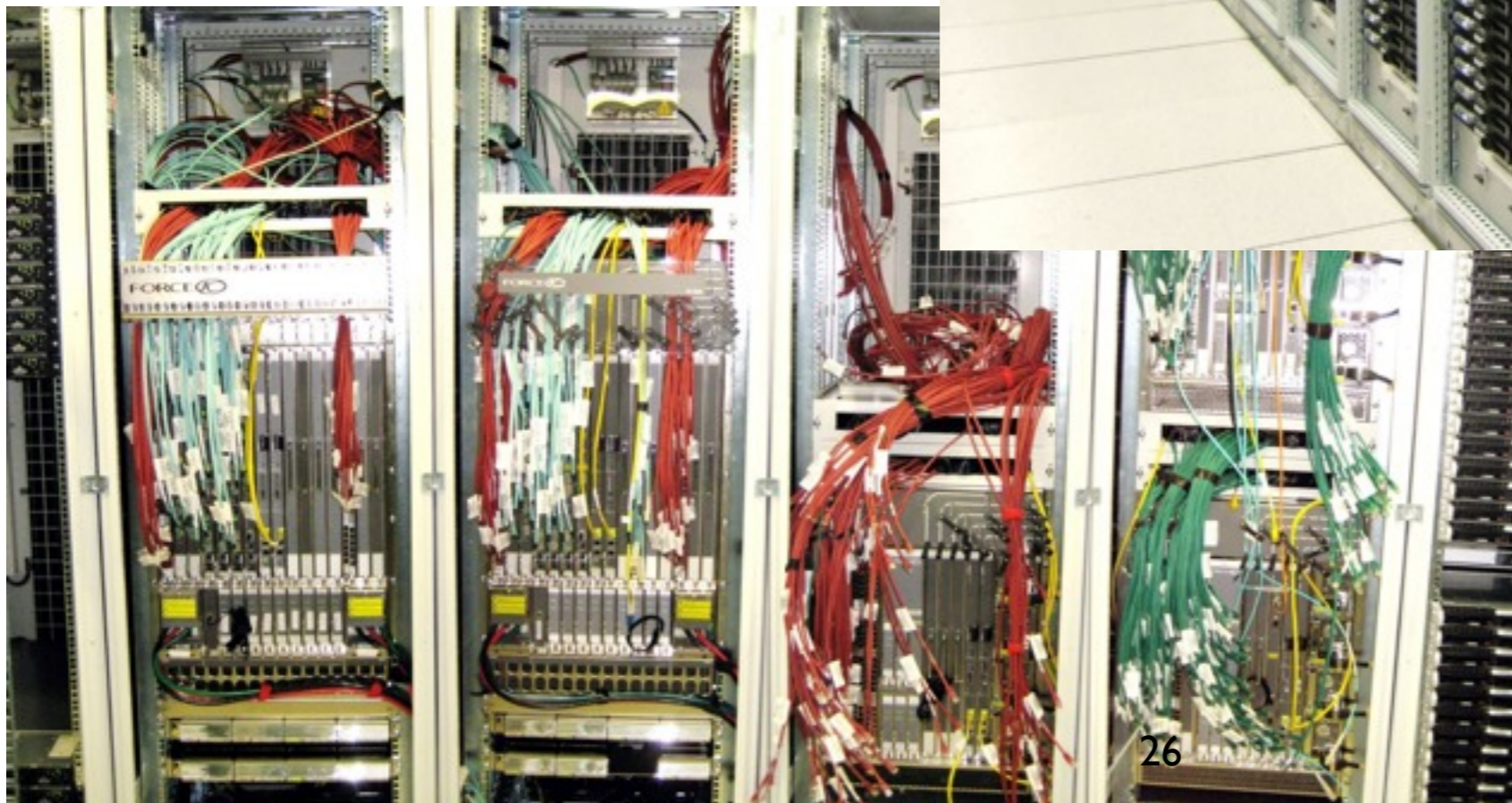
Il sistema di acquisizione dati, selezione degli eventi e di controllo dell'esperimento: TDAQ/DCS

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)



Bologna, Lecce,
Napoli, Roma II

L'analisi dei dati: GRID

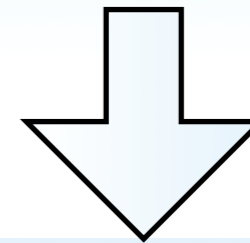


Memorizzare, gestire, analizzare ai fisici i dati prodotti da ATLAS è un'impresa di per sè!

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

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

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



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



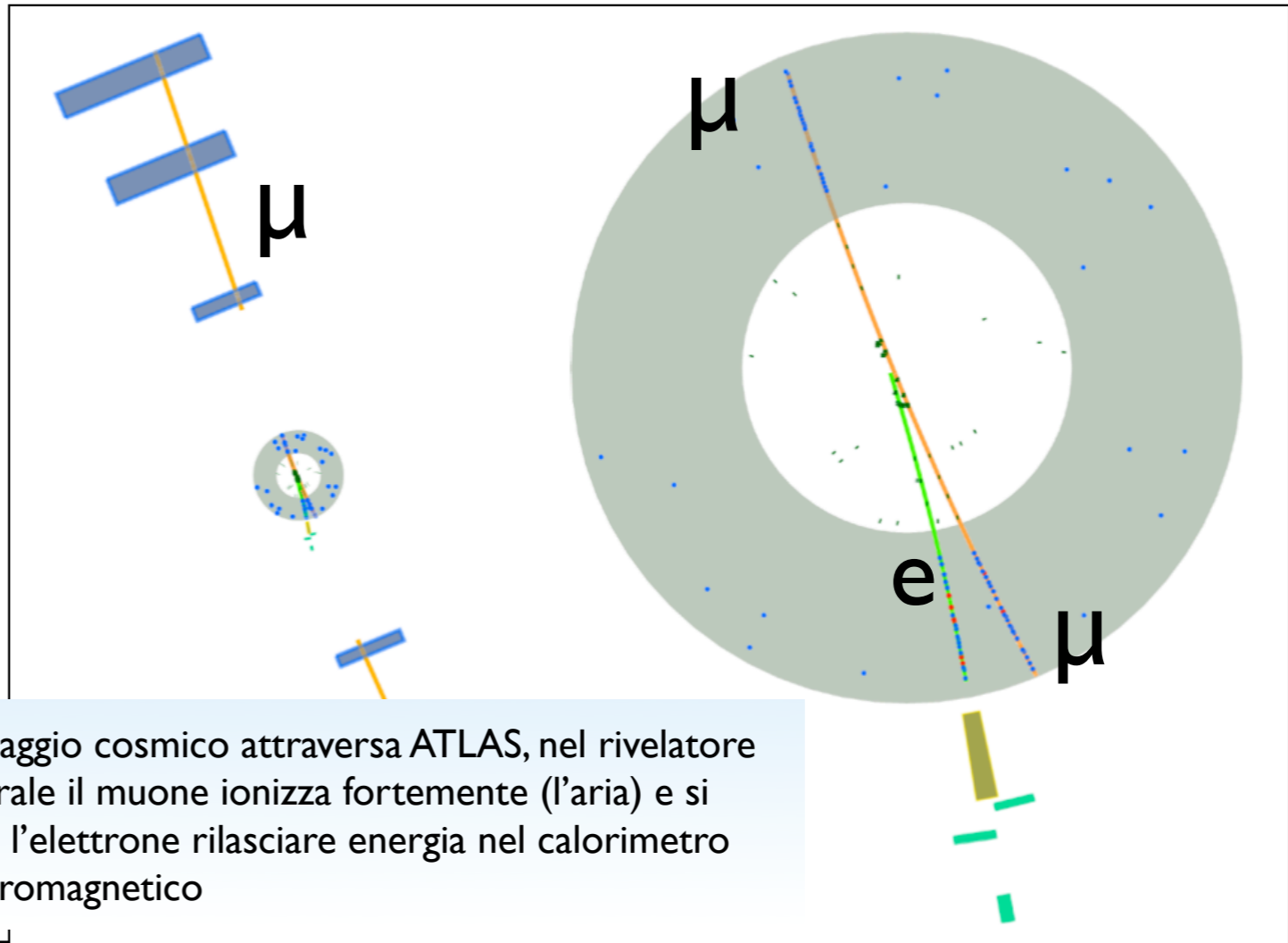
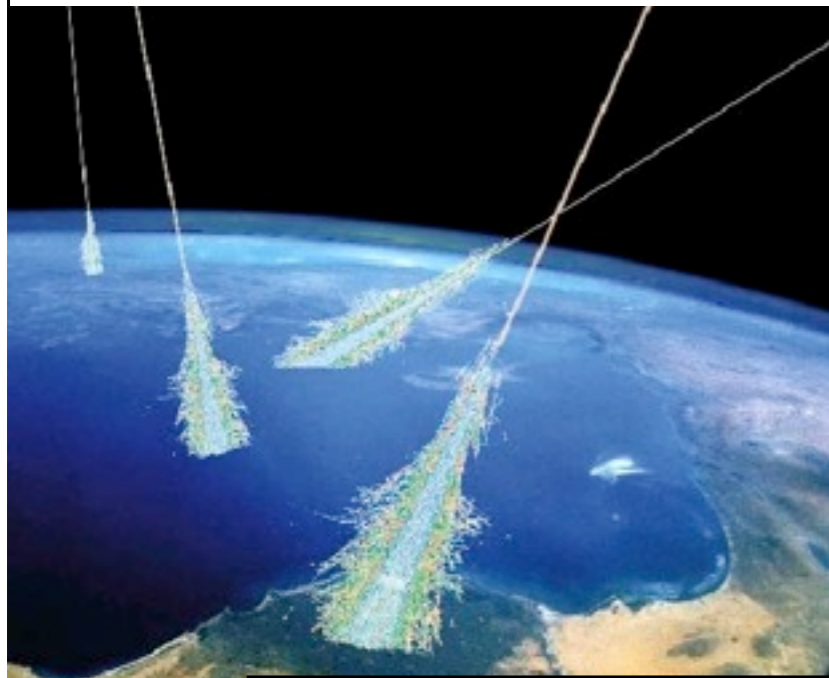
I dati dal CERN vengono distribuiti in tutto il globo, dove vengono analizzati e immagazzinati



Bologna, Milano, Napoli, Frascati

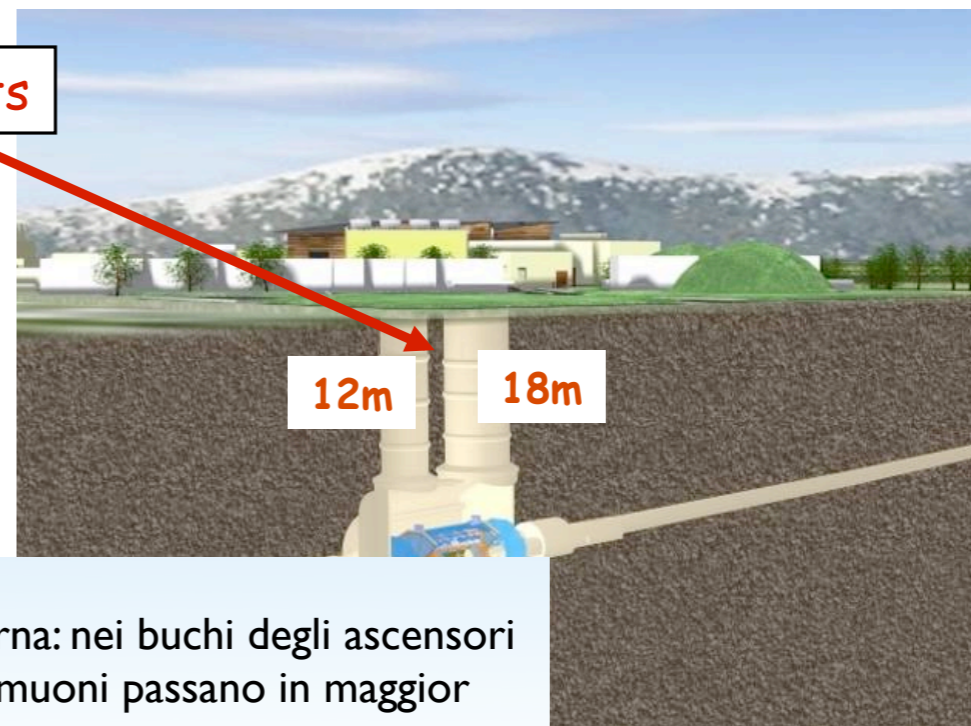
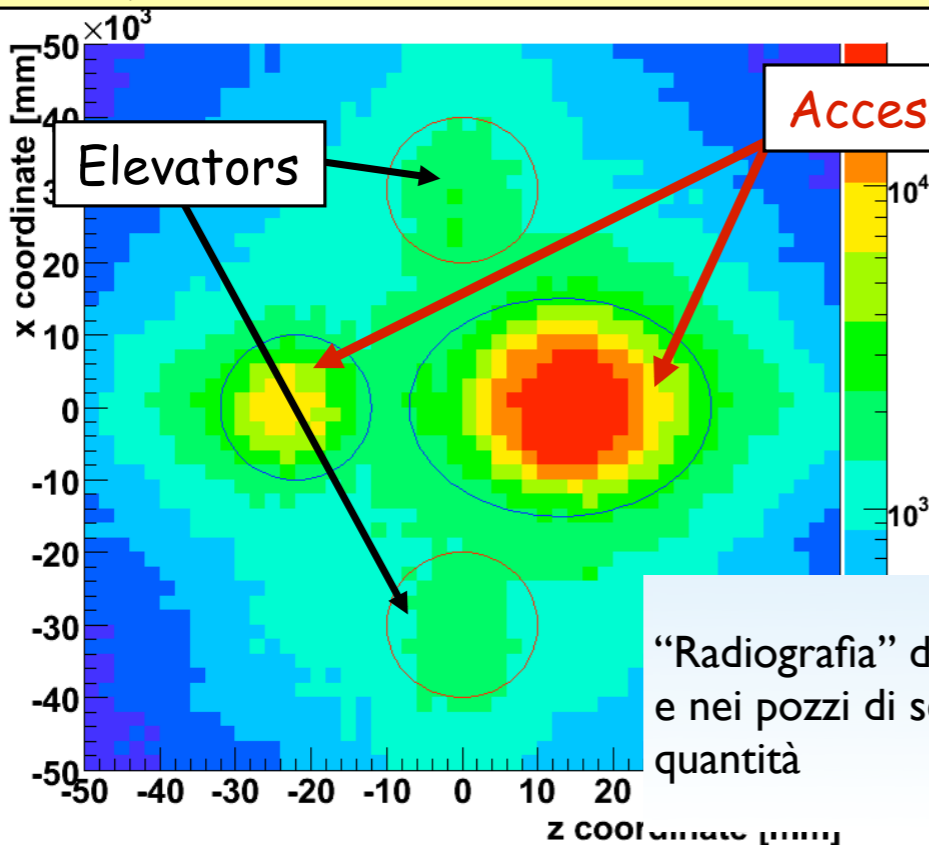
ATLAS oggi

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



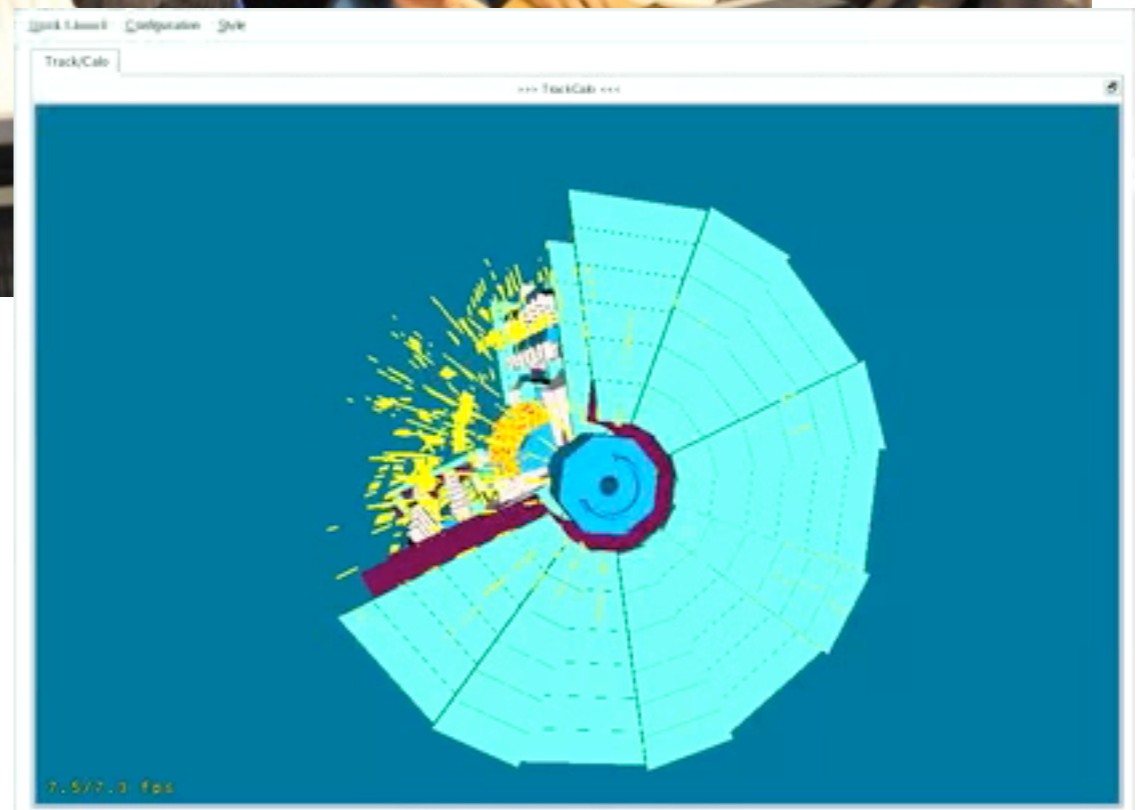
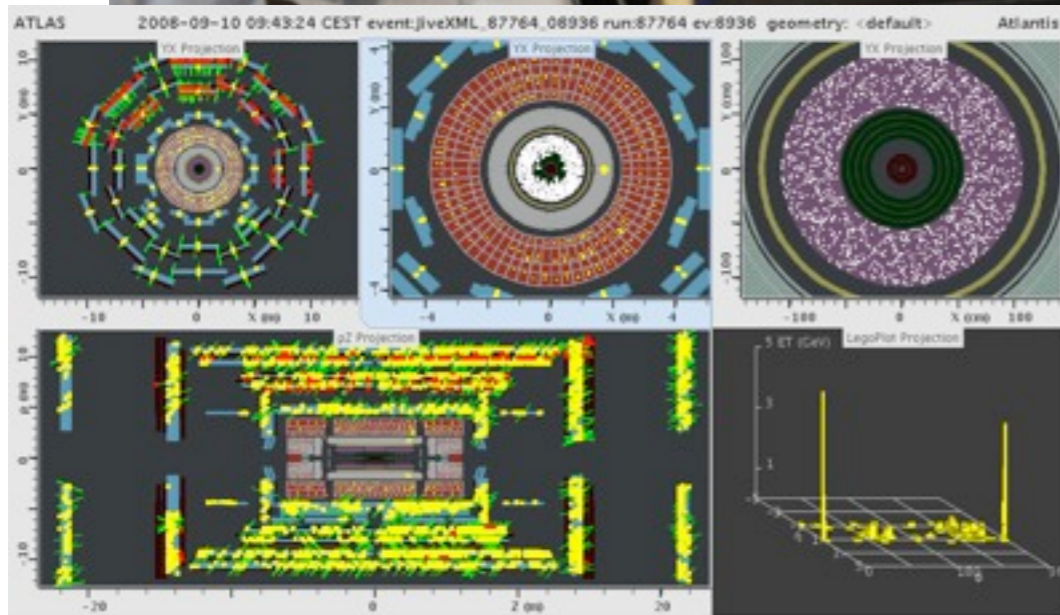
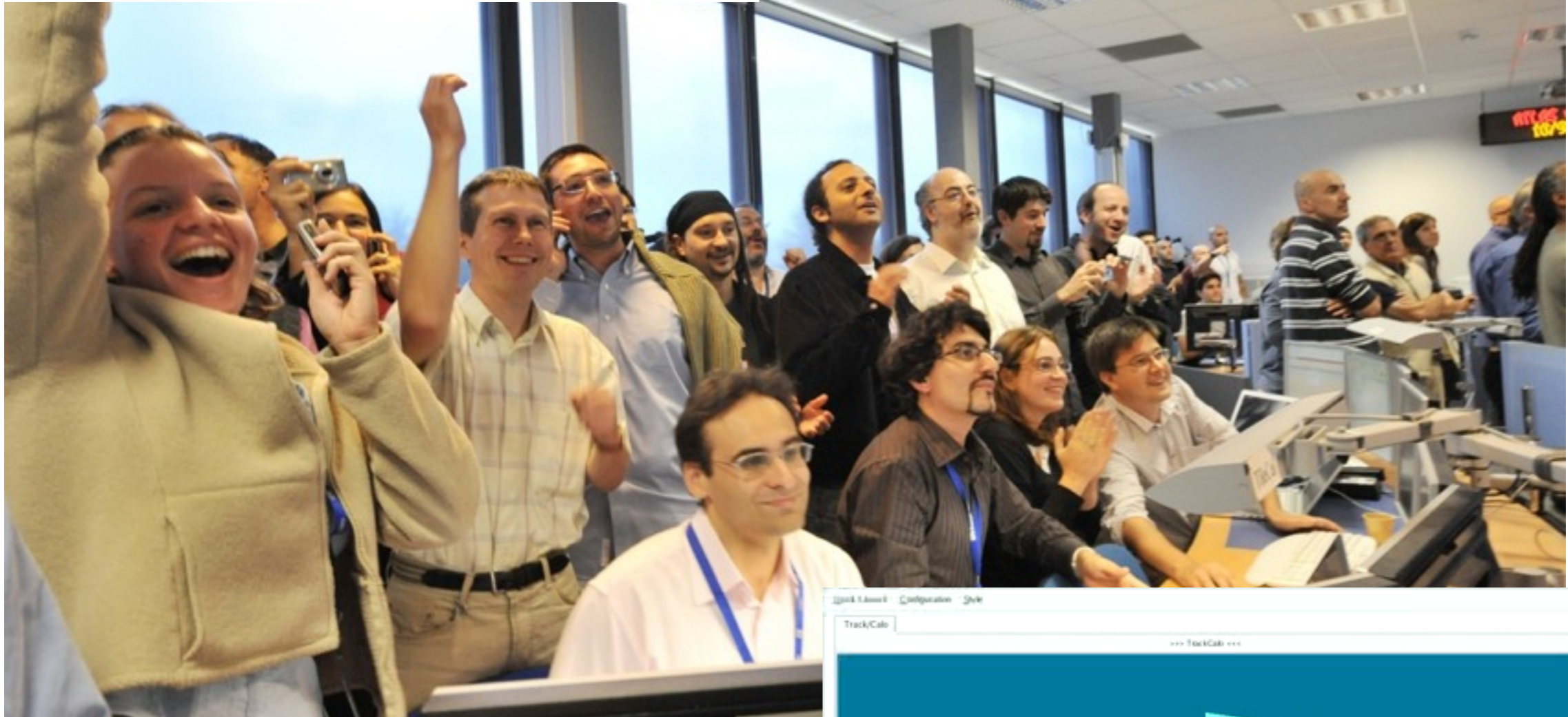
Un raggio cosmico attraversa ATLAS, nel rivelatore centrale il muone ionizza fortemente (l'aria) e si vede l'elettrone rilasciato energia nel calorimetro elettromagnetico

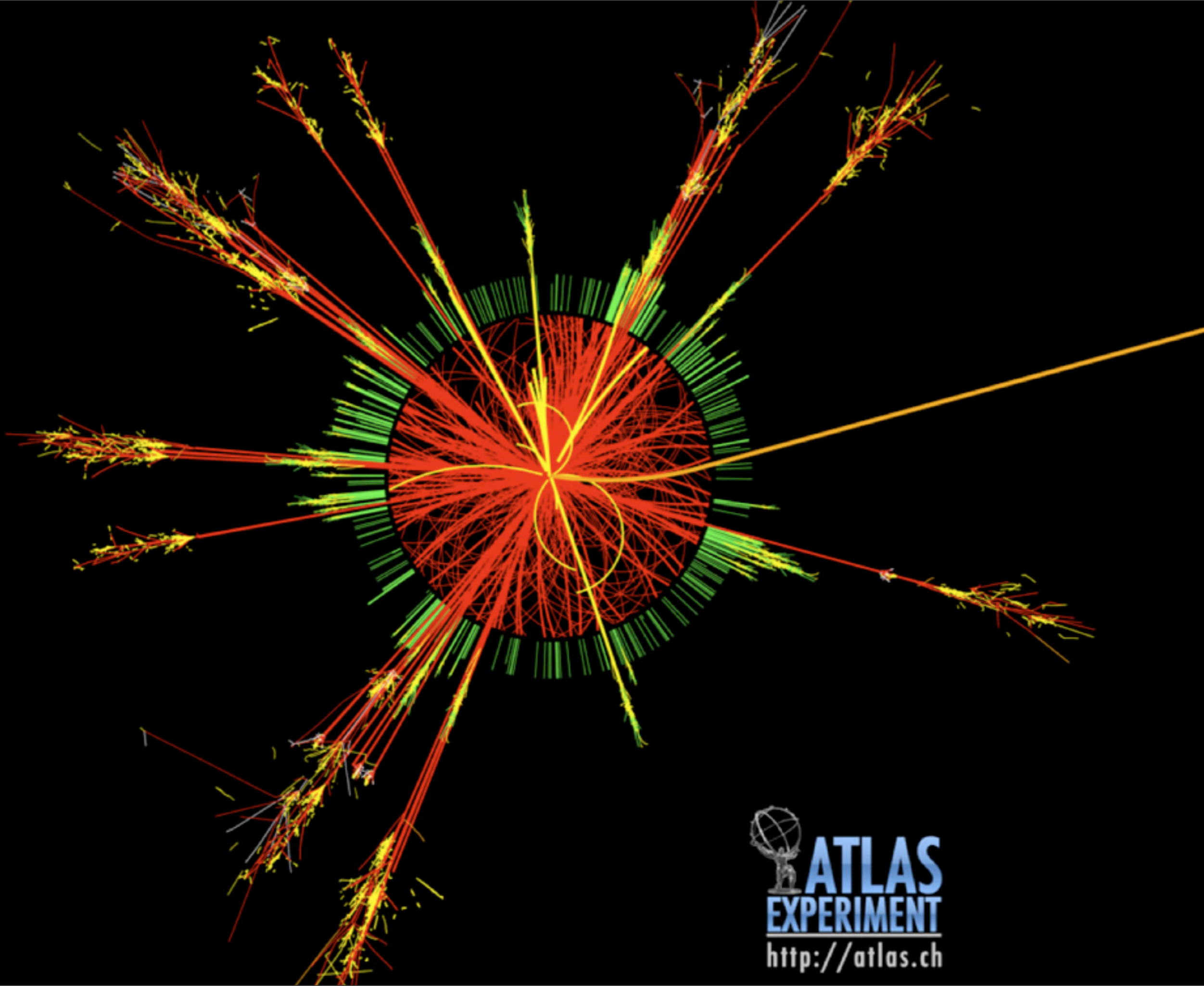
Extrapolation to the surface of cosmic muon tracks reconstructed by RPC trigger chambers



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

10 Settembre 2008, all'accensione di LHC, presto la sala di controllo sarà di nuovo così!





 **ATLAS**
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>