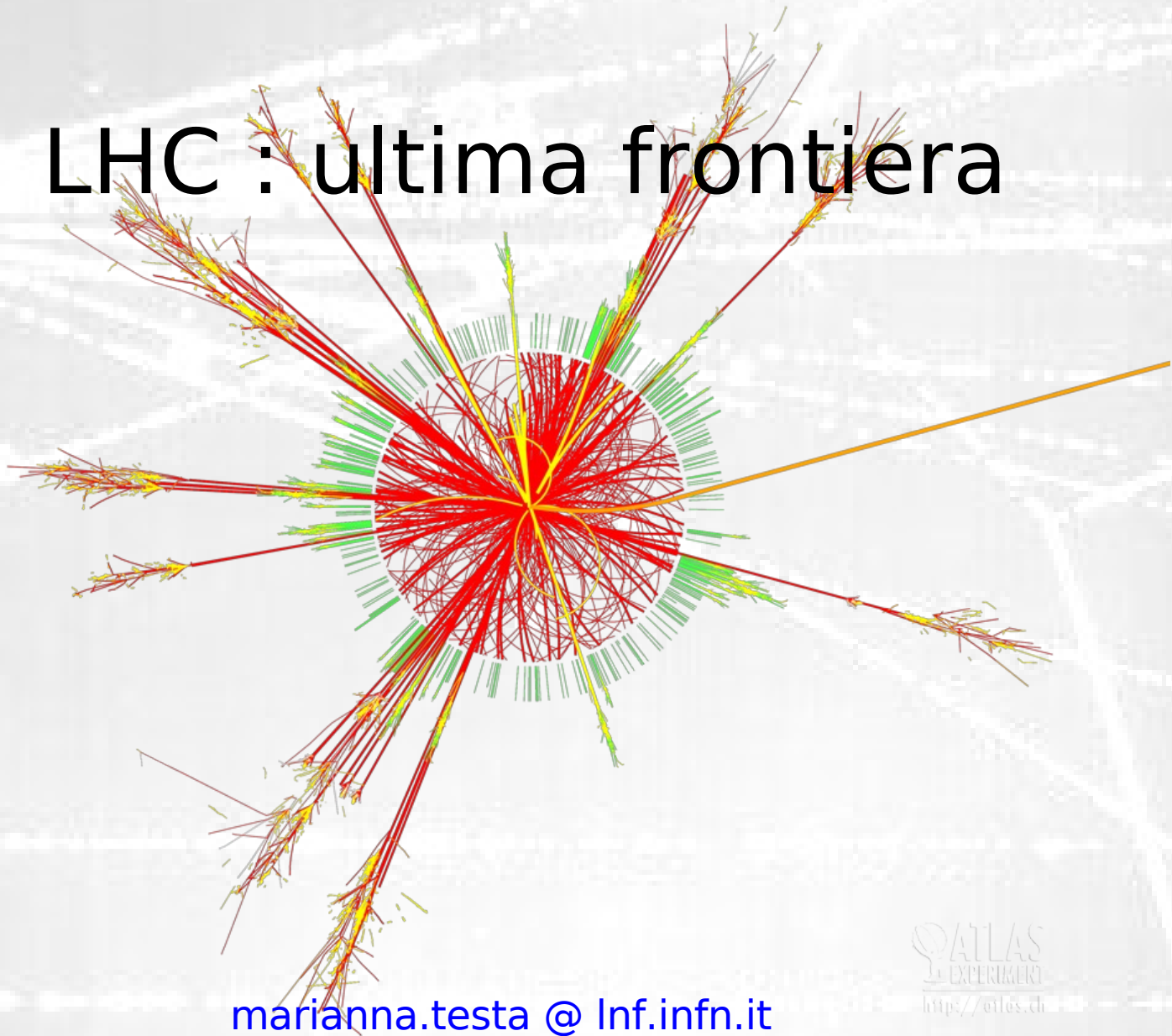


LHC : ultima frontiera



[marianna.testa @ Inf.infn.it](mailto:marianna.testa@Inf.infn.it)
Laboratori Nazionali di Frascati
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Argomenti del Seminario

- Introduzione e richiamo ai limiti del Modello Standard
- L'acceleratore LHC
 - La macchina, gli apparati
 - Le tracce sperimentali
- Risultati
- Conclusioni e due Epiloghi

La **Ricerca in Fisica Fondamentale** si prefigge di dare una risposta alle domande piu' elementari :

- come si e' formato l'Universo ?
- quando ?
- di cosa e' fatto ?
- quali sono le forze che agiscono sulla materia ?
- di cosa e' fatta la materia che ci circonda ?
- come determina le proprieta' dell'Universo ?

Il goal della Fisica delle Particelle, dell'Astrofisica e della Cosmologia e' di creare una teoria che possa spiegare i dati che osserviamo (agli acceleratori, ai telescopi, sui satelliti, nei laboratori sotterranei)

Negli ultimi 30 anni, e' stato messo a punto uno schema teorico della Fisica delle Particelle, il Modello Standard (SM), che riproduce in maniera eccezionale i dati sperimentali, che permette di spiegare alcuni dei meccanismi di evoluzione dell'Universo dopo il Big Bang.

Lo SM e' stato in grado di spiegare ad es. i meccanismi di produzione delle abbondanze degli elementi nell'Universo, a partire dai modelli di evoluzione (nucleosintesi)

Da molti anni pero' si intuisce che lo SM non puo' essere la Teoria Finale
Lo SM presenta alcune difficolta' teoriche e delle lacune:

Manca all'appello il bosone di Higgs

Lo SM non spiega (osservazioni sperimentali):

- La materia oscura che c'e' nell'Universo (per non dire dell'energia oscura)
- L'asimmetria barionica (non esiste antimateria nell'Universo – ma c'era al Big Bang)
- La massa dei neutrini (va messa “a mano”)

Lo SM non spiega (speculazioni teoriche):

- La scala di massa delle particelle
- La diversita' di comportamento delle famiglie
- L'enorme diversita' di intensita' tra le forze
- L'incapacita' di unificare la Relativita' Generale con la Meccanica Quantistica

Inoltre nello SM ci sono 19 parametri “messi a mano”.

Va sottolineato che non c'e', sino ad oggi, *nessuna misura sperimentale* che ci faccia pensare che lo SM non funzioni.

Tuttavia dagli anni '70, numerosi teorici hanno iniziato a prefigurare diversi scenari per il superamento dello SM: le teorie supersimmetriche, di stringa, le extra-dimensioni.

Gli scopi scientifici di LHC

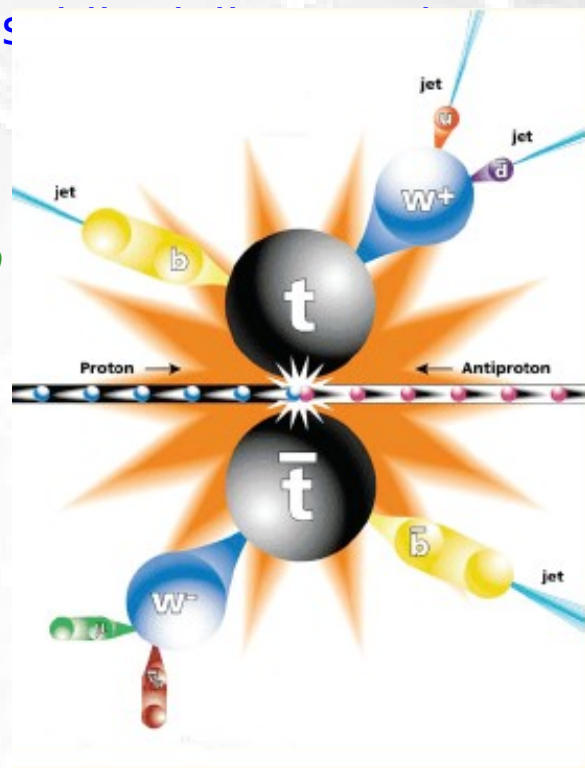
LHC e' una macchina lunga **27 km** nella quale protoni si scontrano contro altri protoni per rilasciare energia utile a creare nuovi stati della materia, mai visti dall'uomo, ma forse creati nei primi istanti del Big Bang.

- Scoprire il bosone di Higgs
- Cercare nuove particelle o nuove interazioni fondamentali
- Scoprire la possibile elementarieta' di quarks e leptoni
- Trovare evidenza diretta di una particella responsabile della Materia Oscura

• Dare indicazione su quali sono, tra le molte possibilita', i modelli teorici che meglio potrebbero risolvere i problemi prima elencati

Questo aspetto, seppure importante, potrebbe essere pero' di non semplice risoluzione

Entriamo in LHC e nei suoi apparati per capire in che modo si possano chiarire questi aspetti....



L' LHC al CERN di Ginevra

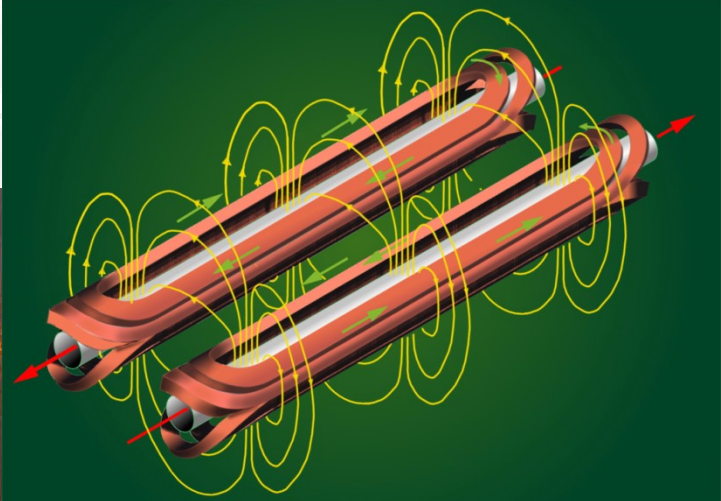
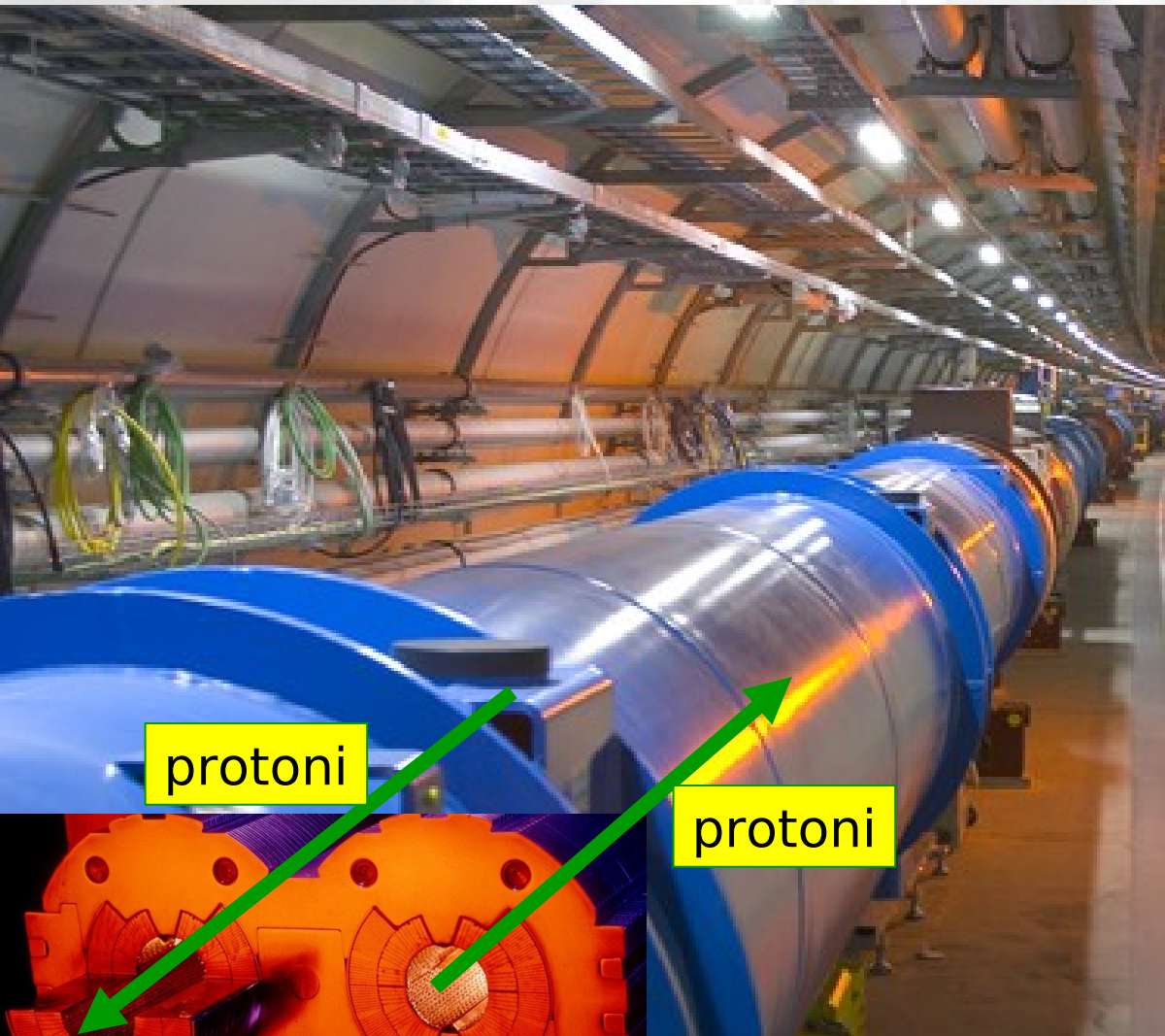
(prime collisione fine 2009, dopo lo stop tecnico dovuto ad un guasto nel 2008)

Collisioni tra protoni alla massima energia disponibile oggi
(14 TeV)



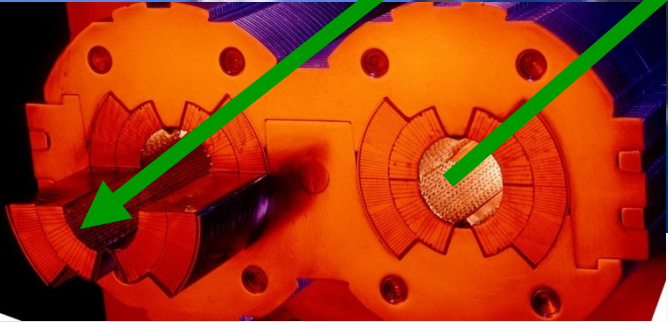
27 km

Il Tunnel di LHC



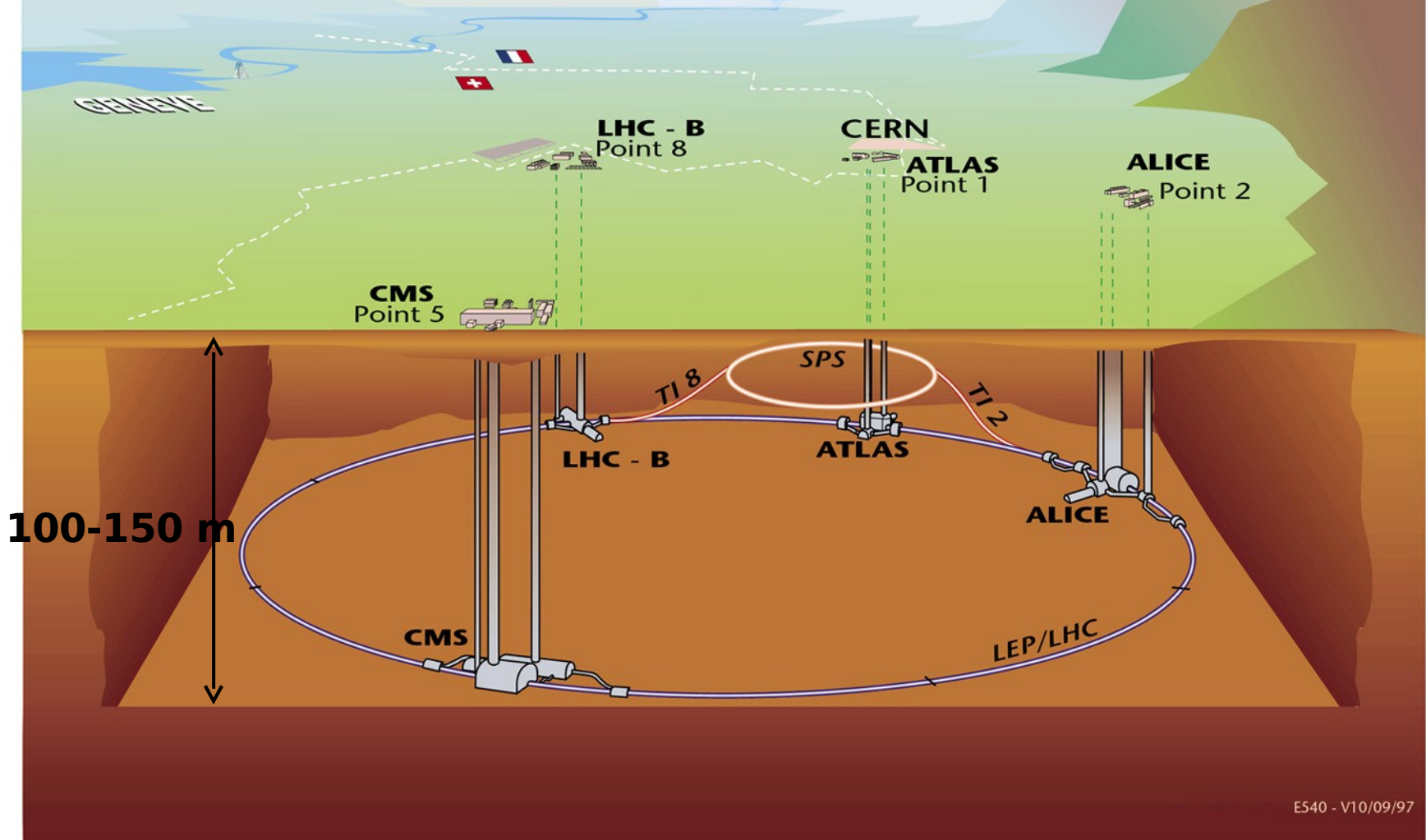
protoni

protoni

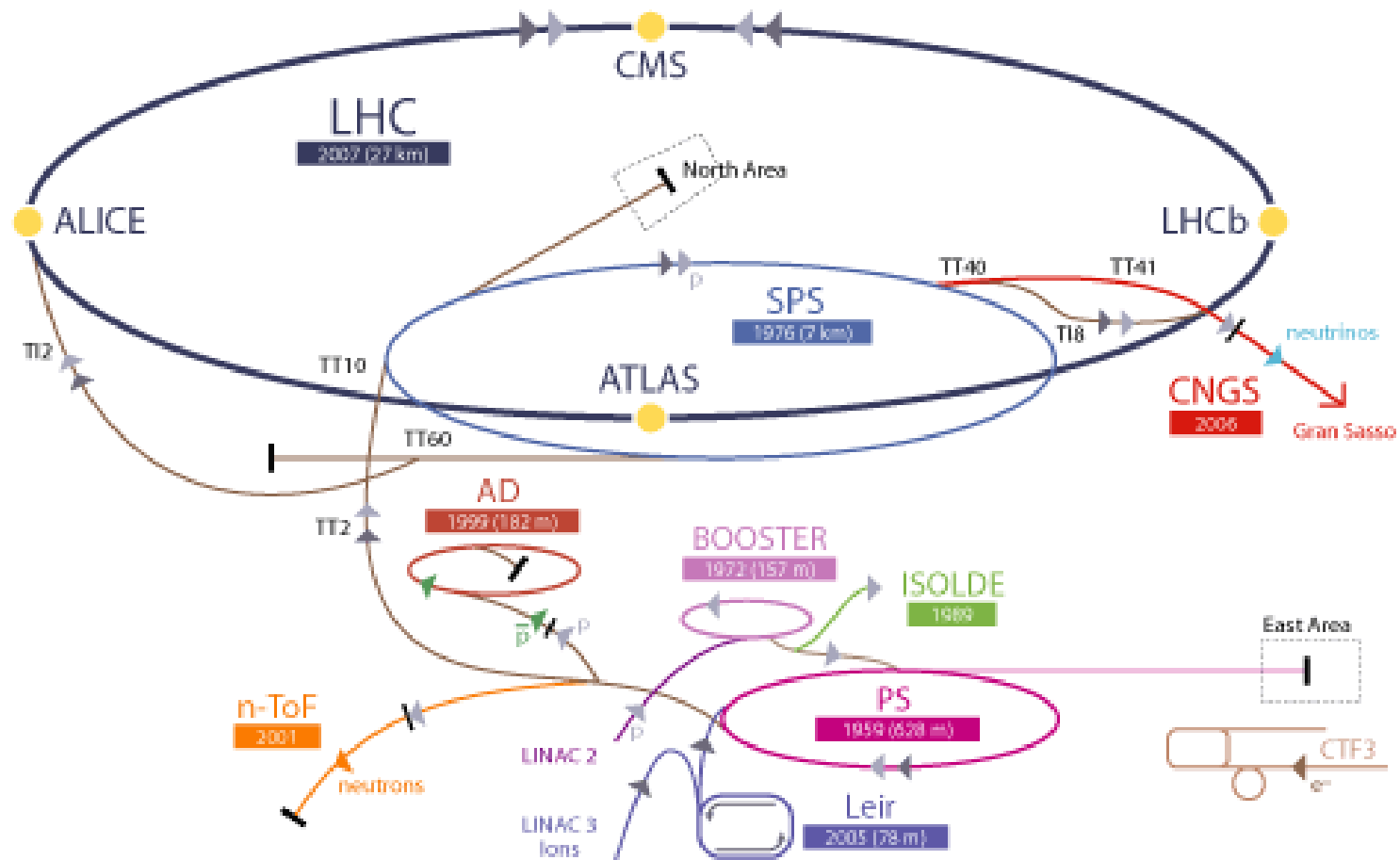


Overall view of the LHC experiments.

Atlas e Cms, di grandi dimensioni (generale purpose)
Lhcb, per la ricerca della violazione di CP
Alice, per lo studio del quark-gluon plasma
(primi istanti Big Bang)



CERN Accelerator Complex



- ▶ p (proton) ▶ ion ▶ neutrons ▶ \bar{p} (antiproton) ▶ neutrinos ▶ electron
- ↔↔↔ proton/antiproton conversion

LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron
 AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility
 CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
 LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINEar ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

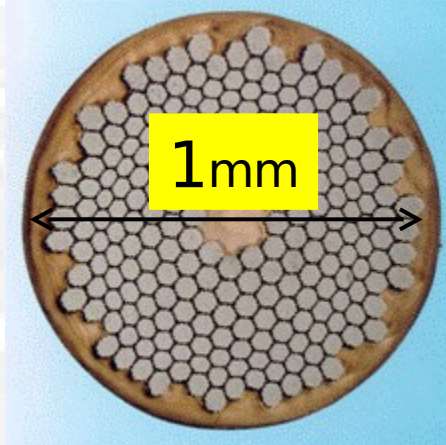
La Macchina LHC

Un'impresa al limite delle tecnologie attuali (→ ricadute)

- 1200 dipoli magnetici superconduttori (tenuti a $T=1.5$ K)
- 2800 pacchetti circolanti, ciascuno con $\sim 10^{11}$ protoni ~ 370 MJ

→ **l'energia di un treno lanciato a 150 km/h**

→ **l'energia necessaria a fondere 1 T di rame**

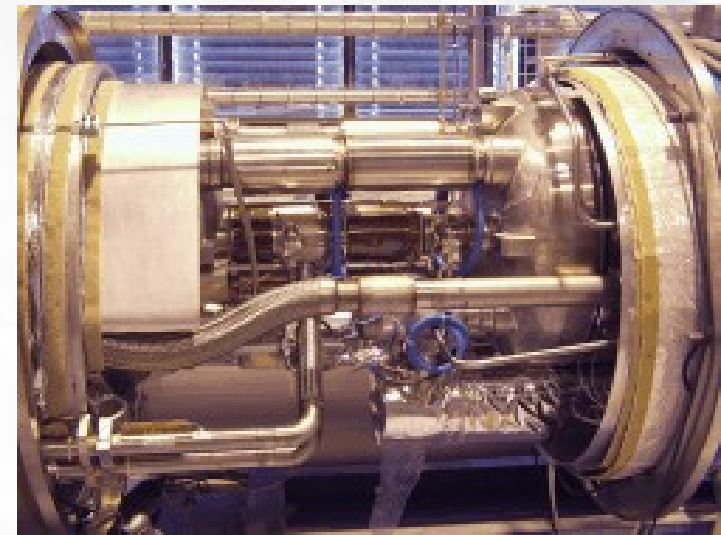


- Il sistema criogenico e' ad Elio Superfluido (scelto per le sue caratteristiche di trasportabilita' su grandi distanze) - Consumo di elettricit a' ~ 120 MW

- Il fascio circolera' in una ciambella dove e' stato fatto un vuoto ultraspinato per evitare le collisioni con il gas residuo: 10^{-10} Torr (760 Torr=1 atm) ($< 3 \cdot 10^6$ molecole/cm³): la stessa pressione che incontriamo a 1000 km di altezza

- I protoni si urtano ad una frequenza di 40 MHz
Sulle fibre ottiche che portano gli eventi ai calcolatori, c'e' un evento "in fila" ogni 4-5 m !

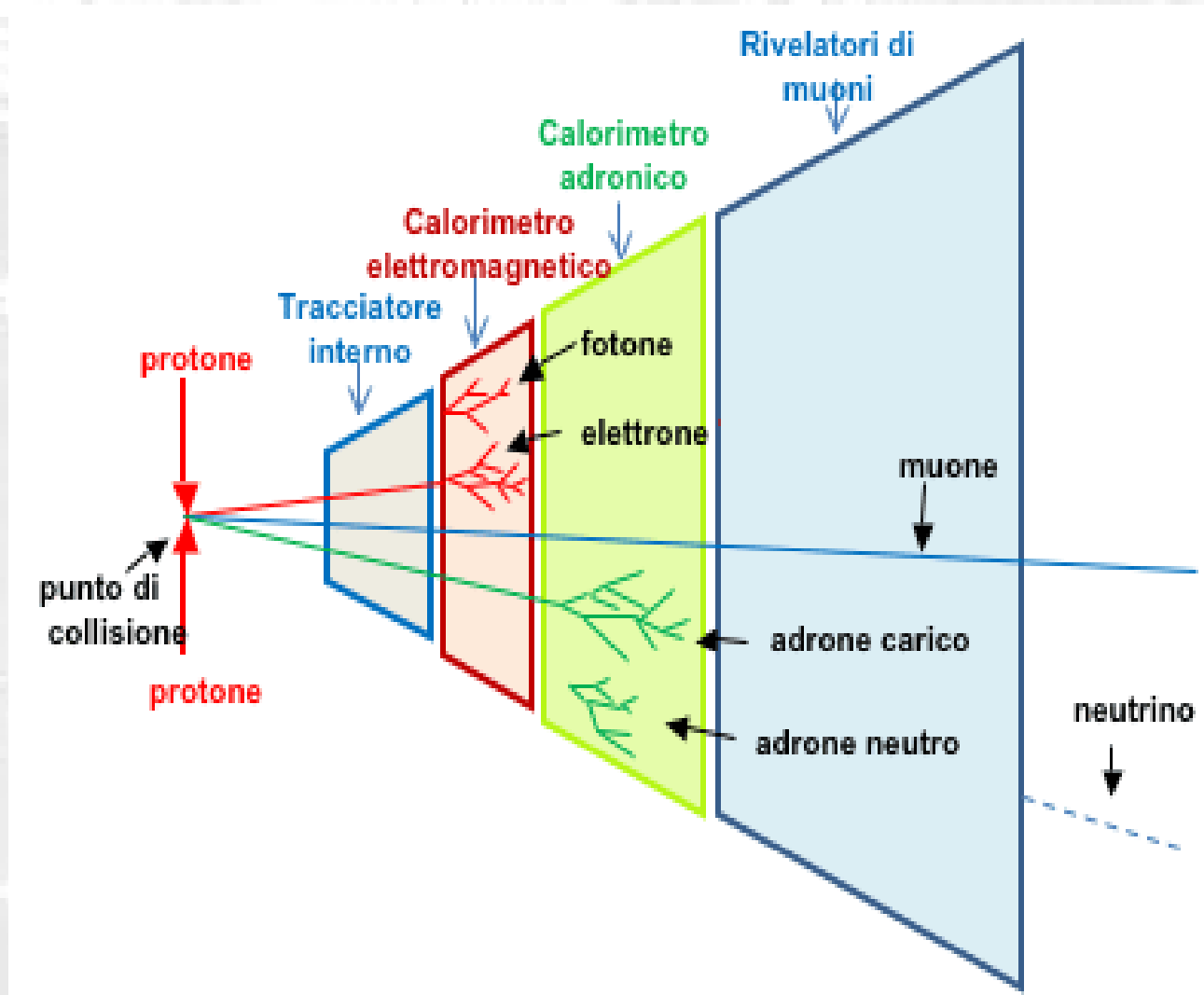
- I 4 esperimenti producono una quantita' di dati pari ad 1 DVD ogni 10 sec. ($> 100,000$ l'anno)



Perche' usare magneti superconduttori?

Se si usassero magneti resistivi a 1.8 T (campo limitato dalla saturazione del ferro), la circonferenza dovrebbe essere di 100 km ($E = 0.3 B r$) e si avrebbe un consumo elettrico di 900 MW, con conseguenti costi elevatissimi.

Come e' concepito un grande apparato alla Atlas / Cms

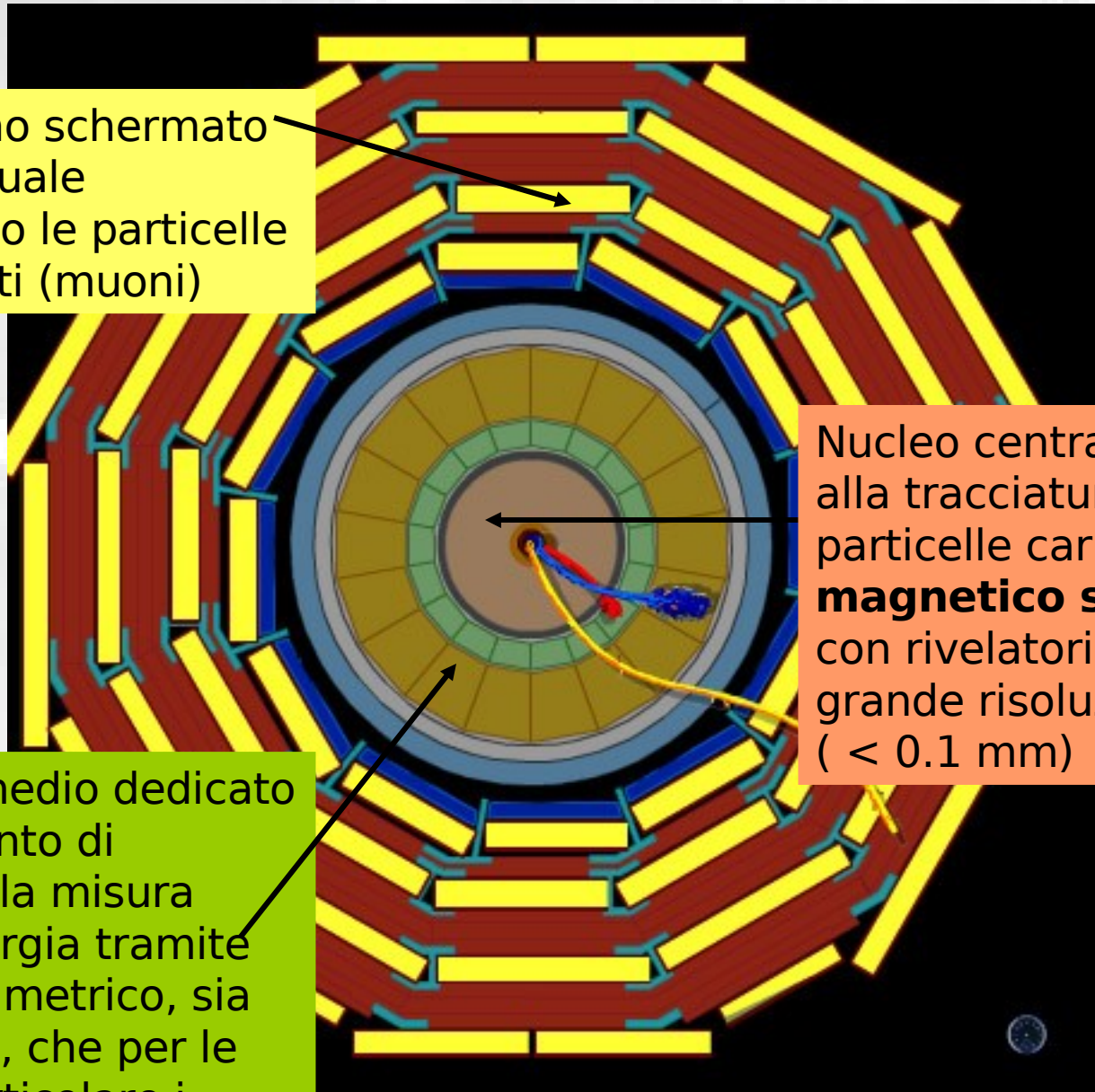


Come e' concepito un grande apparato alla Atlas / Cms

Nucleo esterno schermato di ferro, dal quale emergono solo le particelle piu' penetranti (muoni)

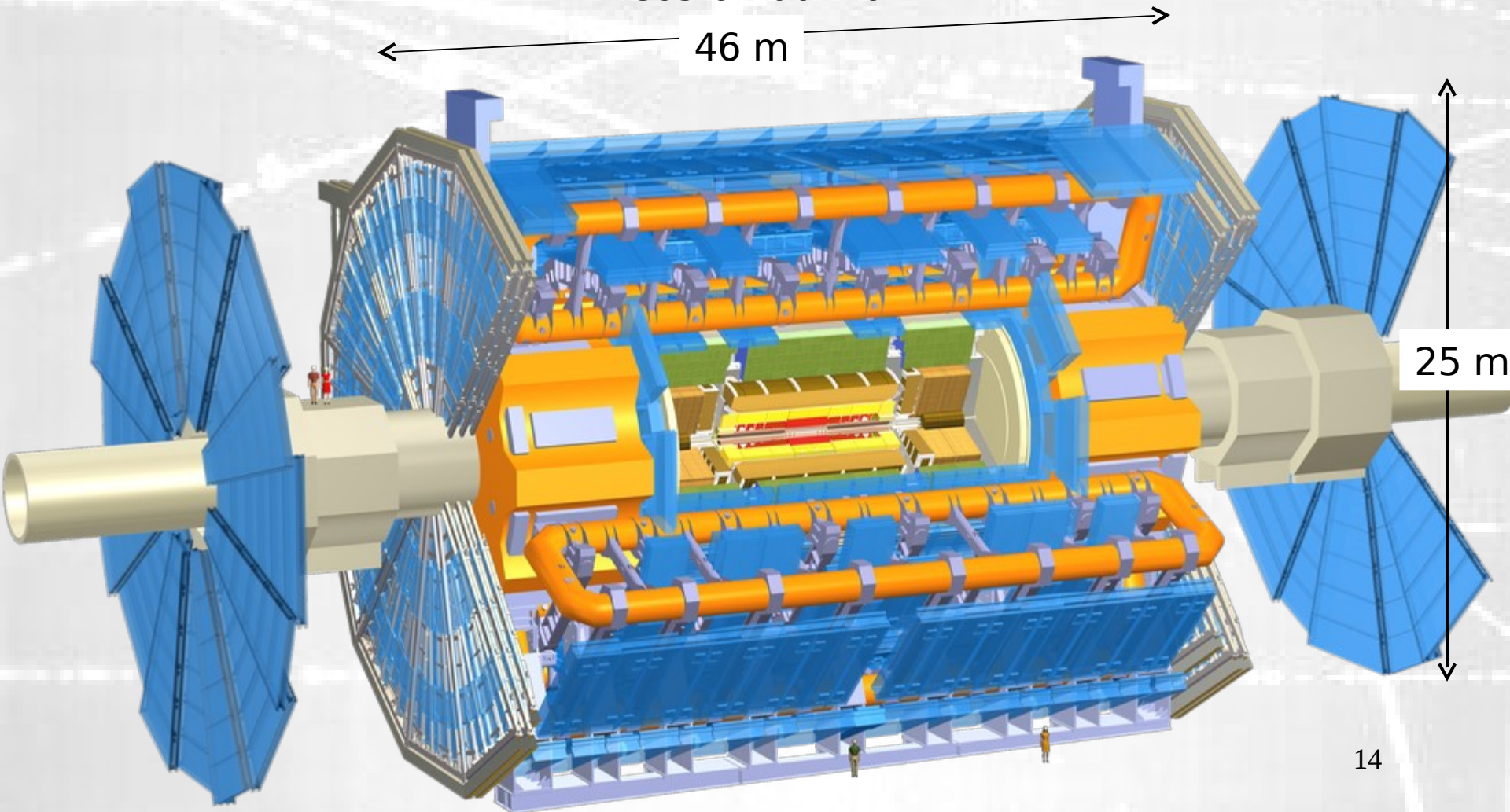
Nucleo intermedio dedicato all'assorbimento di particelle e alla misura della loro energia tramite metodo calorimetrico, sia per le cariche, che per le neutre (in particolare i fotoni)

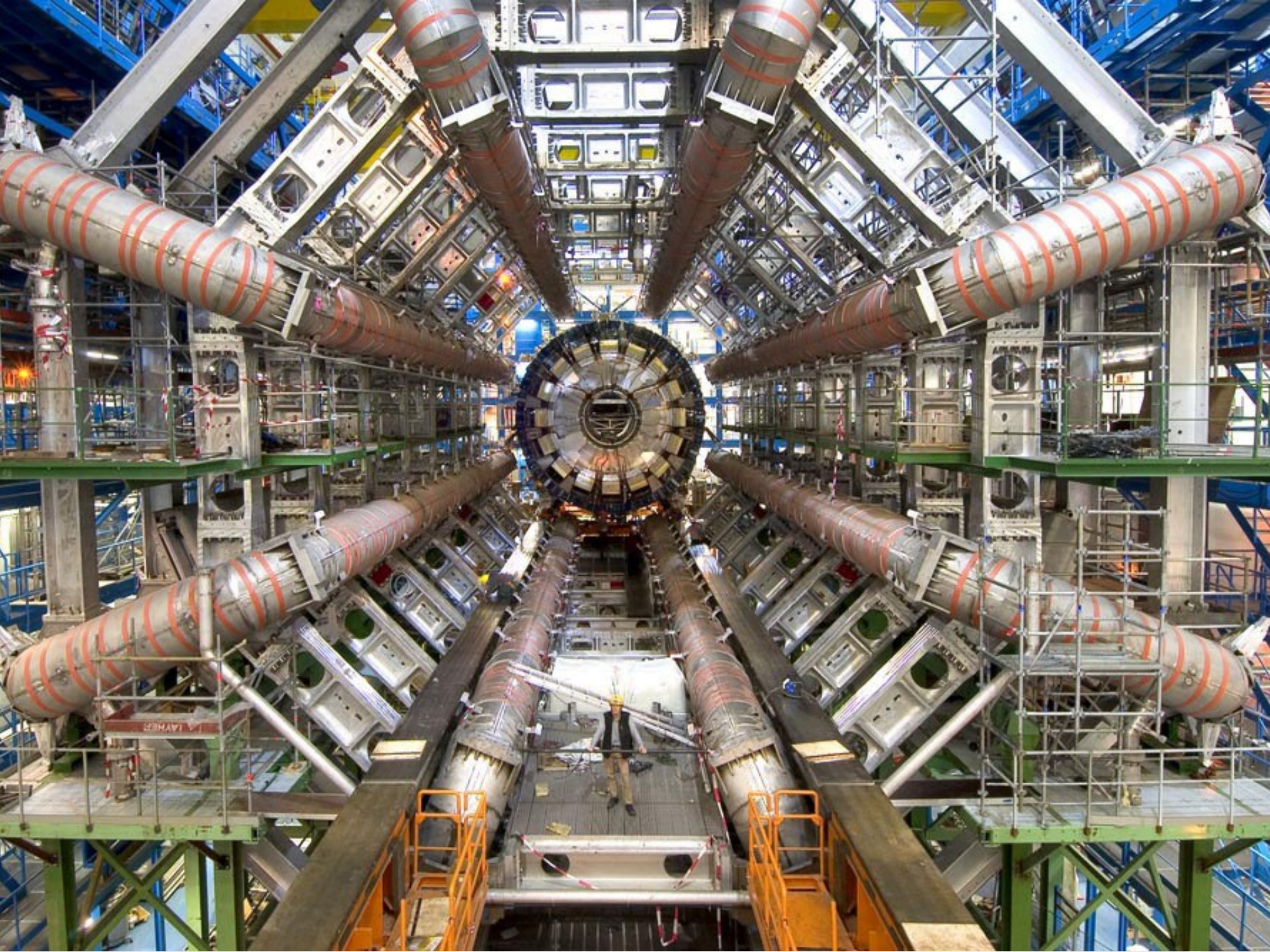
Nucleo centrale dedicato alla tracciatura delle particelle cariche in **campo magnetico solenoidale** con rivelatori al silicio, di grande risoluzione spaziale ($< 0.1 \text{ mm}$)



Atlas (a toroidal lhc apparatus) → atlas.ch

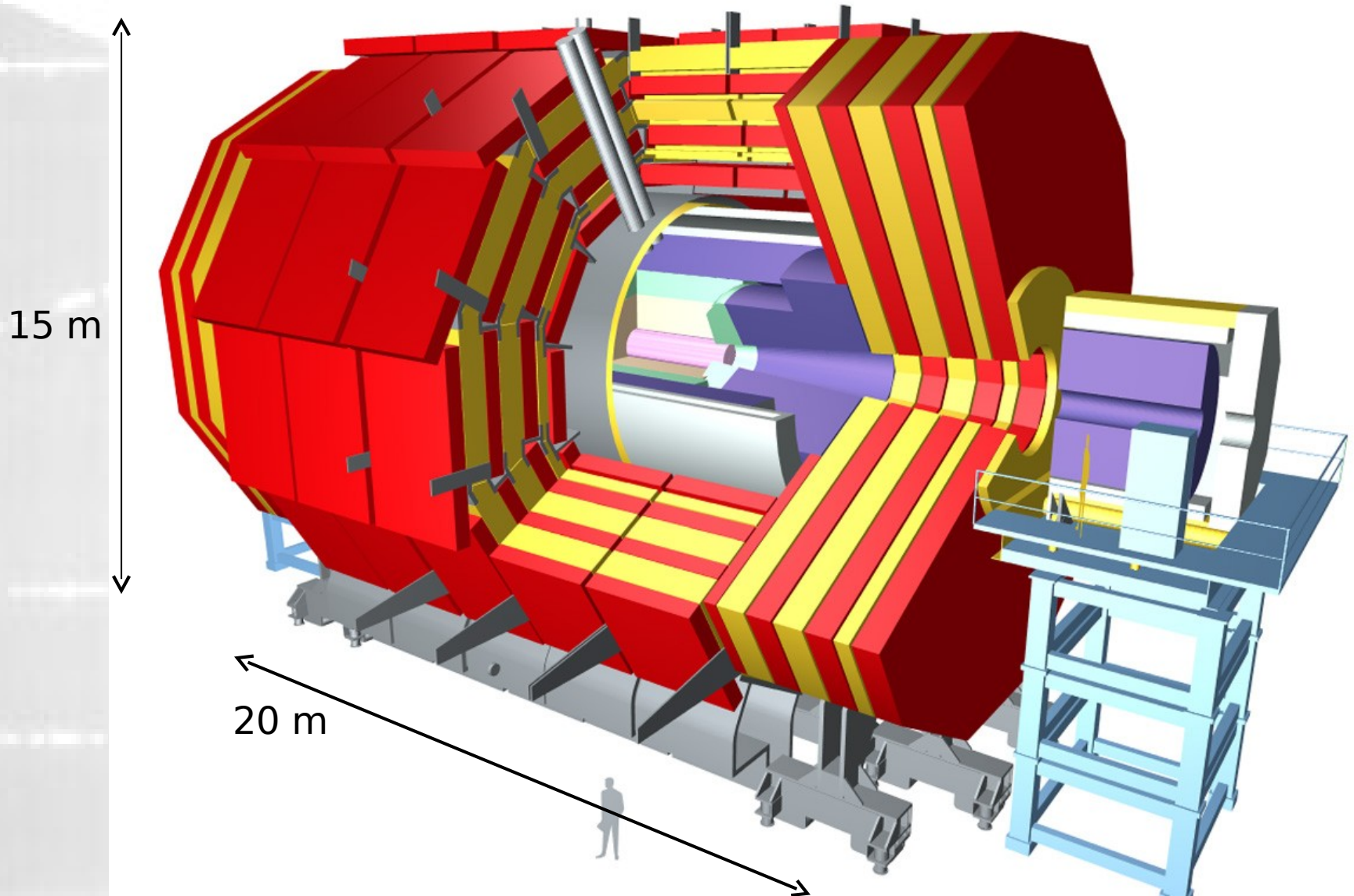
7000 t – 100,000,000 canali di elettronica - 2100 scienziati 37 nazioni 167 istituti
Costo 400 M€

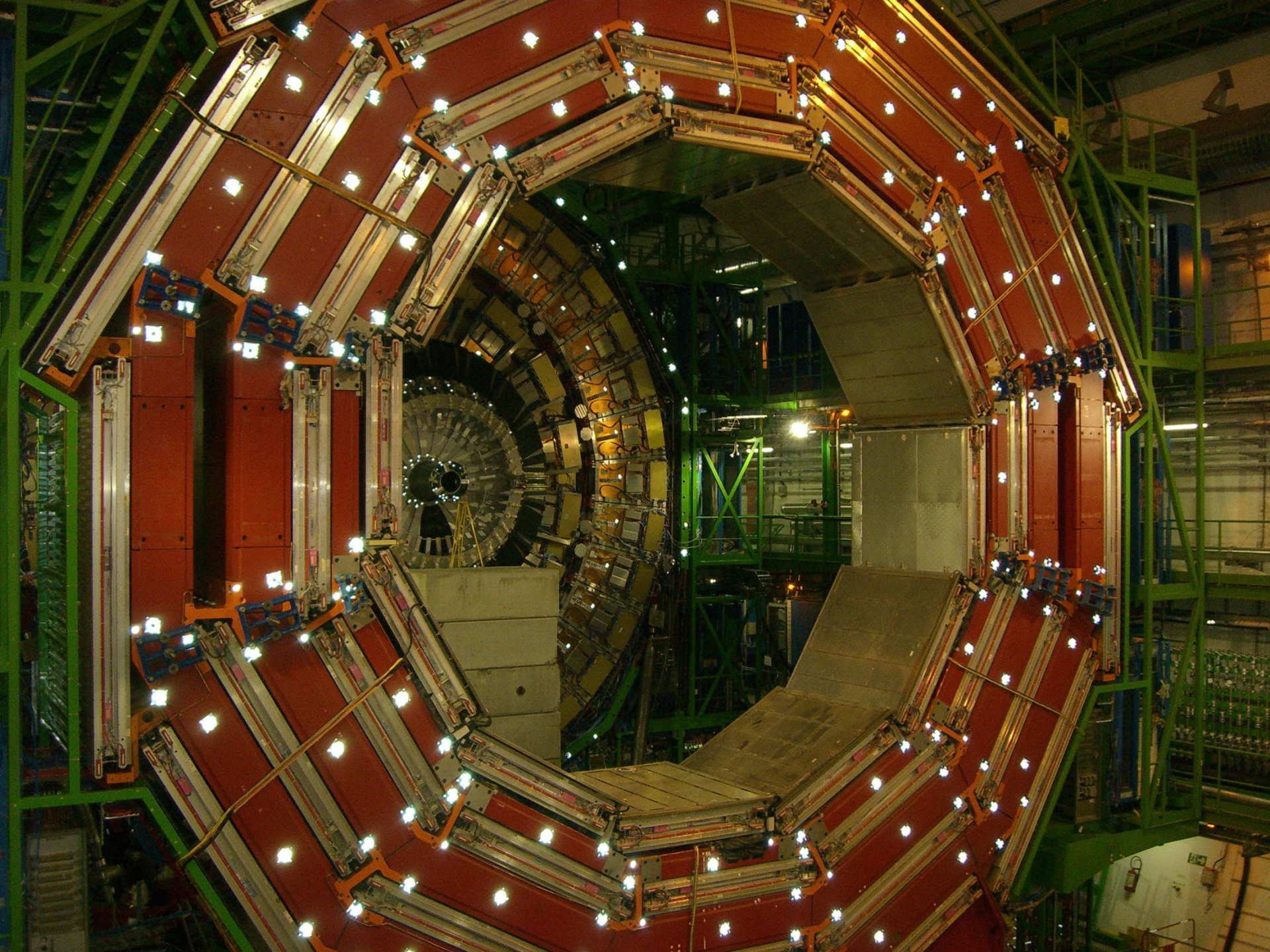




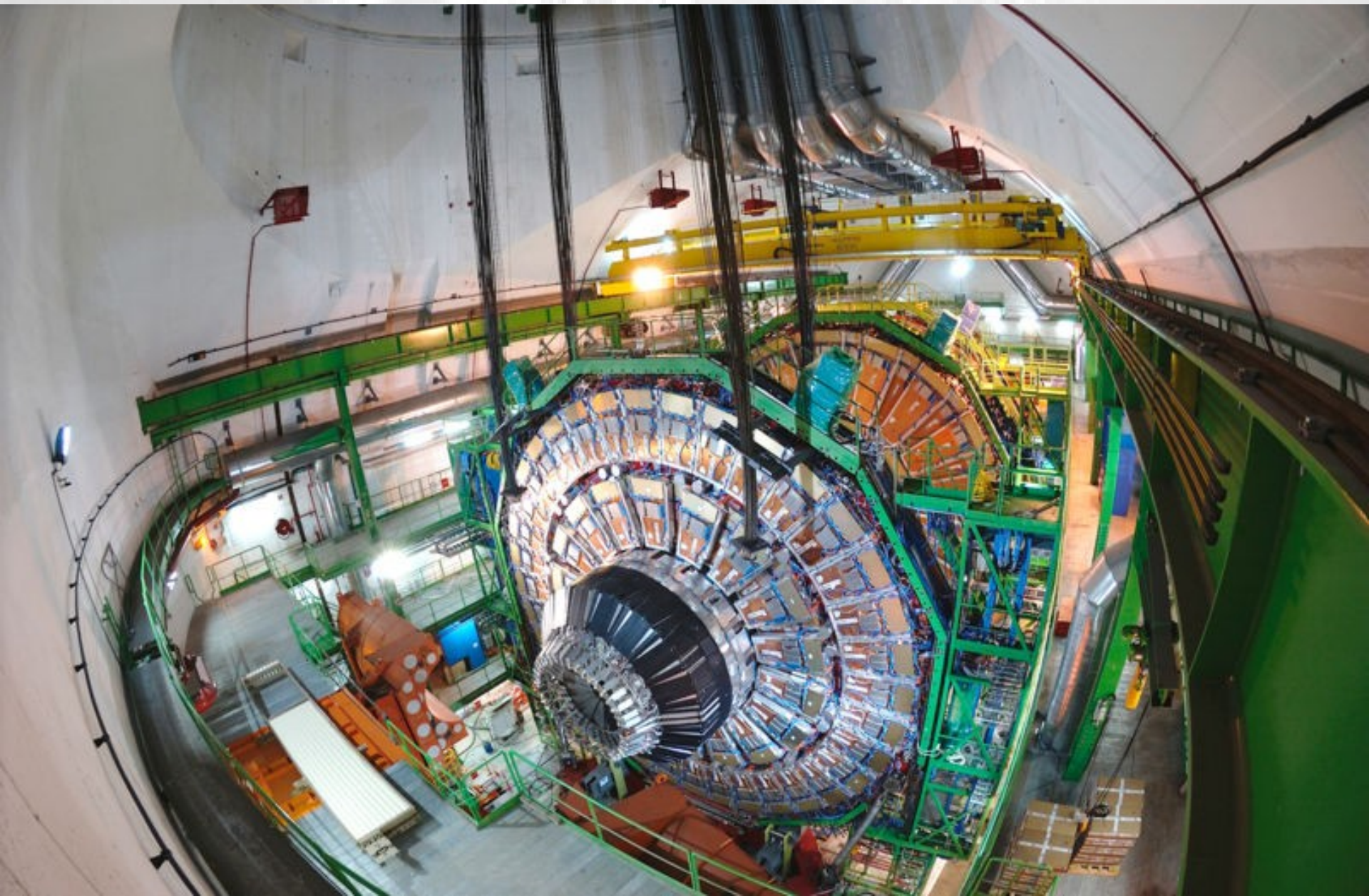
Cms (compact muon solenoid) → cms.cern.ch

12,500 t - 2800 scienziati 180 istituti - Costo 400 M€

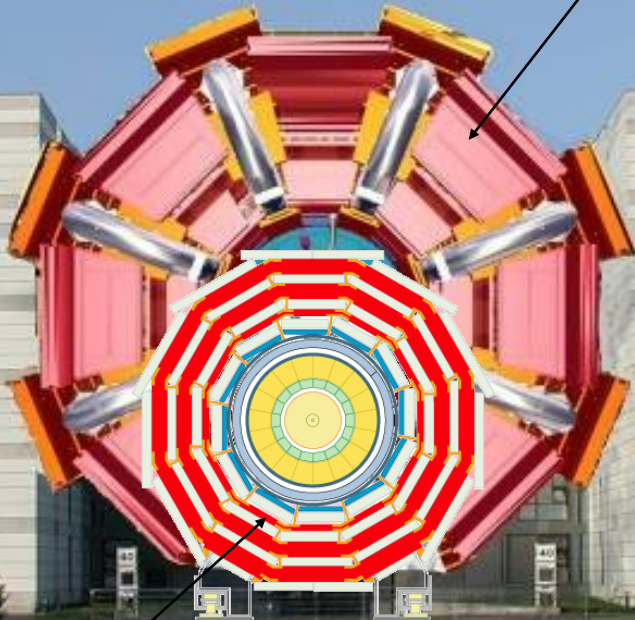




La discesa nel pozzo di Cms di un pezzo del rivelatore da 1270 t



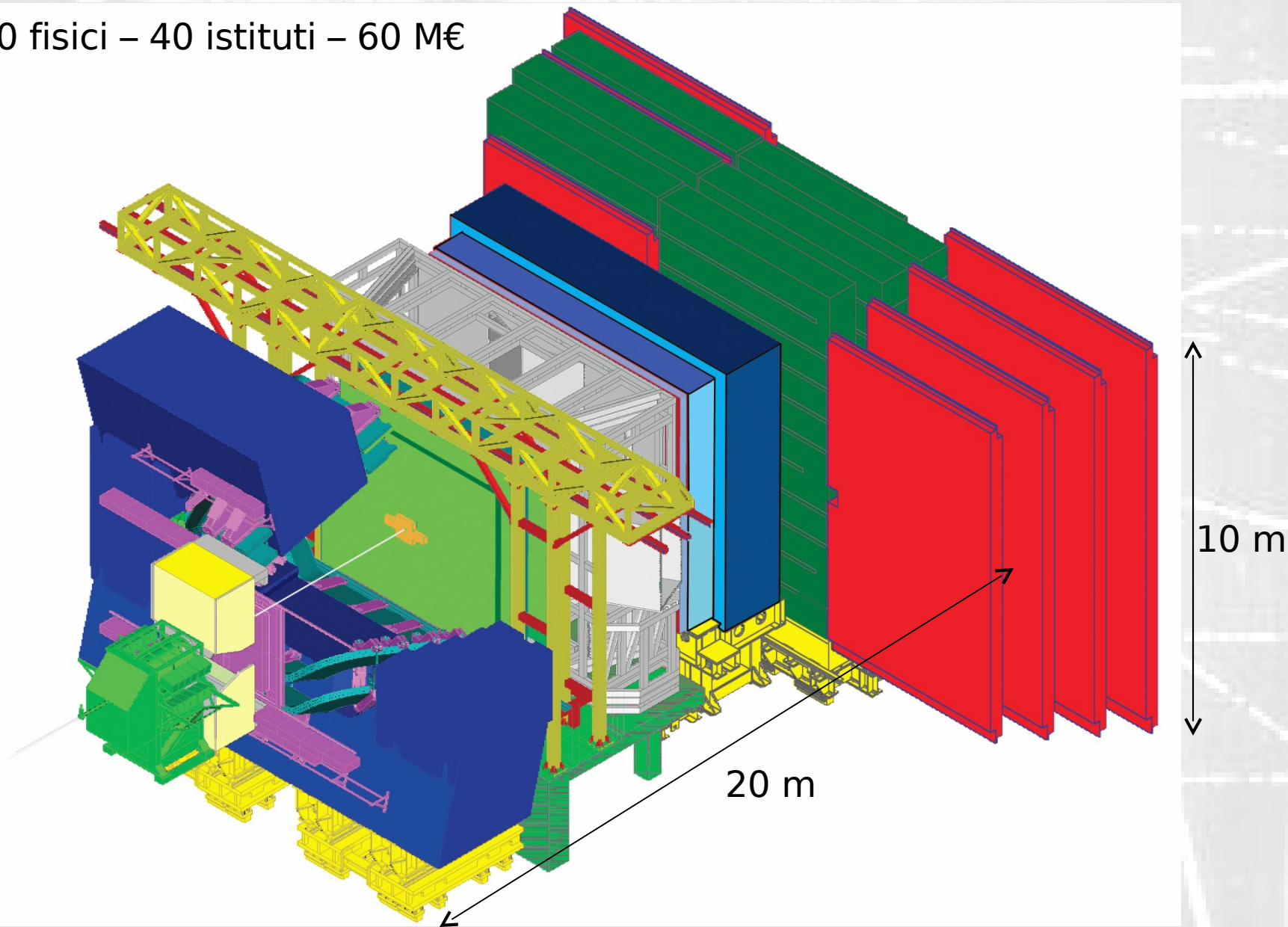
ATLAS



CMS

Lhcb – lhcb.web.cern.ch

400 fisici – 40 istituti – 60 M€



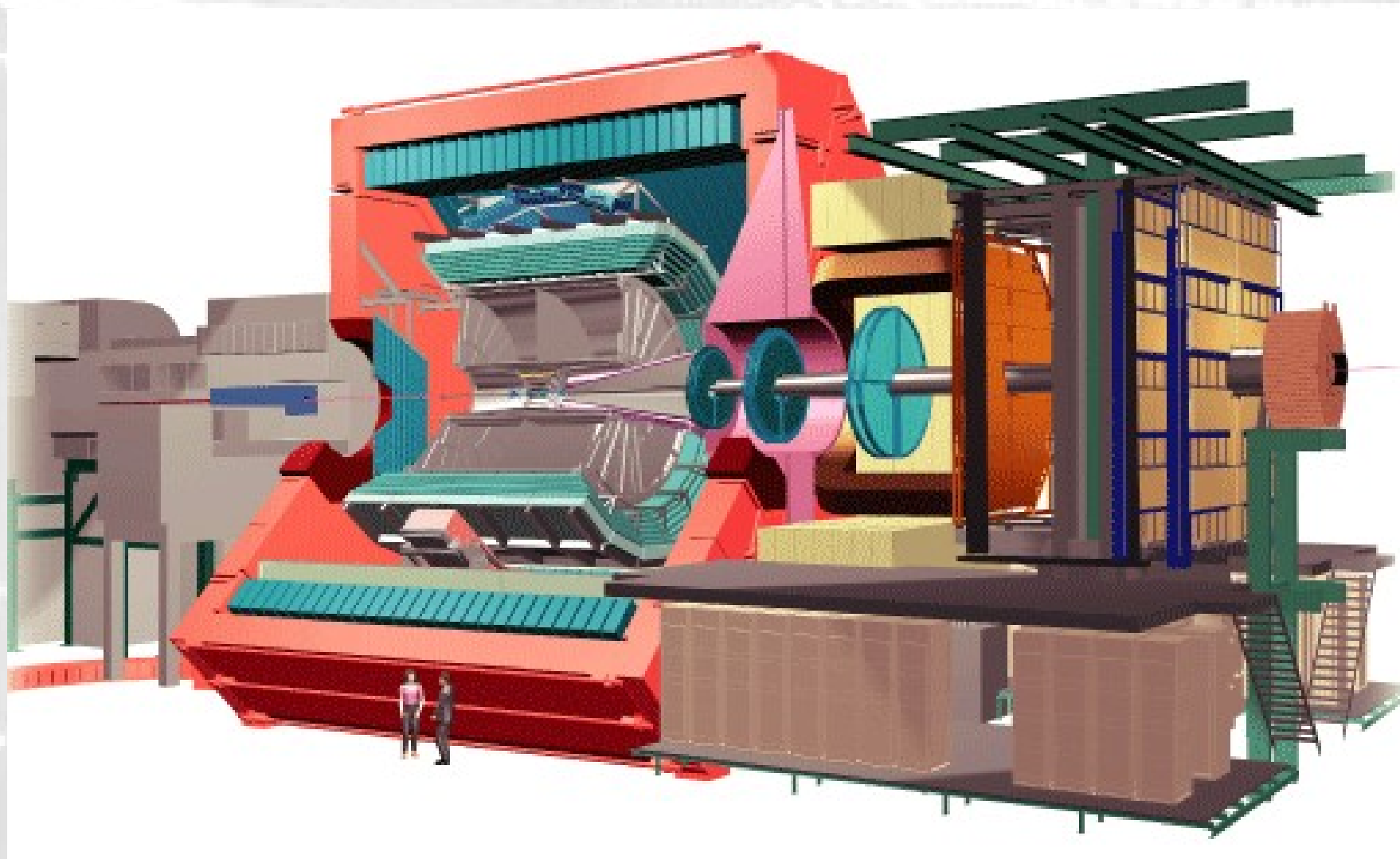
Un esperimento dedicato allo studio della violazione di CP nel sistema del quark b, ma anche dedicato alla ricerca di fenomeni inaspettati, possibilmente dovuti a Nuova Fisica, nei decadimenti molto rari. Un approccio alternativo a Atlas / Cms



E' un apparato che ha la caratteristica di rivelare solo le particelle che vanno in avanti rispetto ad una direzione dei protoni, al contrario degli altri che accettano particelle in tutte le direzioni

Alice (a large ion collider experiment)– aliceinfo.cern.ch

1000 fisici – 105 istituti - 30 nazioni – Costo 150 M€





E' un esperimento che intende studiare nelle collisioni Pb-Pb in LHC a 5 TeV per nucleone. In questo tipo di collisioni si crea una materia nucleare ad una temperatura tale che i quark e i gluoni sono liberi (plasma di quark e gluoni). Tali studi servono a capire la fisica delle particelle in condizioni di alta temperatura, ossia quelle che si sono verificate nei primi istanti (circa 0.1 msec) dal Big Bang e sono importanti per le missioni su satellite che studieranno l'universo.

LHC Computing Grid

Il Large Hadron Collider produrrà, ad ogni istante, una quantità di dati superiore a quella generata dall'intera rete di telefonia mobile al mondo, per un totale di 15 Petabytes all'anno...ovvero, 15 milioni di Gigabytes; o ancora, l'equivalente di 200mila DVD; o, se preferite, una pila di CD alta all'incirca quanto 3 volte l'Everest.

Per gestire questa immensa mole di dati, occorre una "nuova internet", che ha preso il nome di [LHC Computing Grid](#) o, più semplicemente, Grid.



CERN
Ginevra

CHE COS'È

È una rete planetaria che unisce e utilizza contemporaneamente la potenza di calcolo e la memoria di decine di migliaia di differenti computer sparsi nel mondo

Noti di livello

- CNAF - Bologna, ITA
- In2p3 - Lione, FRA
- SARA - Amsterdam, OLA
- Rsl - Oxford, GBR
- GridKa, Karlsruhe - Stoccarda, GER
- Fermilab - Chicago, USA
- Triumf - Vancouver, CAN
- Brookhaven - Long Island, USA
- Noritio - SVE-FIN-NOR
- Pico - Barcellona, SPA
- Asso - Taiwan, CHN

Fibra ottica dedicata per i nodi di livello

L'utente può collegarsi alla Grid dal proprio pc e usare le risorse di calcolo che gli servono



140 centri di calcolo in 33 Paesi



Oltre 10.000 gli utenti che utilizzano Grid



La potenza di calcolo prodotta è pari a quella di 100.000 computer

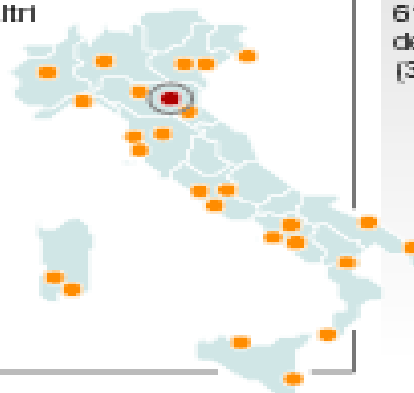
A CHE COSA SERVE

Permette agli scienziati di affrontare e tentare di risolvere problemi estremamente complessi, come comprendere l'evoluzione dell'Universo dopo il Big Bang, l'effetto sulla nostra vita del riscaldamento globale, la ricerca di possibili farmaci per la malaria o il cancro



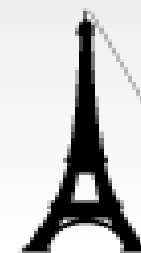
GLI ITALIANI

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è uno dei promotori principali del progetto e ospita al CNAF di Bologna uno degli undici nodi del primo livello della GRID. Questi nodi riceveranno direttamente dal Cern i dati prodotti da Lhc, per smistarli successivamente a numerosi altri siti sparsi sul pianeta



È STATA SVILUPPATA PER...

Immagazzinare e rendere accessibili i dati prodotti dall'acceleratore LHC: 15 milioni di Gigabyte ogni anno, pari a una torre di CD di 20.000 metri che corrisponde a circa 61 volte l'altezza della Torre Eiffel (324 m)



20 km

A grayscale image showing a complex network of white lines on a dark background, representing particle tracks from a collision event. The tracks are dense and form a web-like structure, with some lines being thicker and more prominent than others. The overall appearance is that of a high-energy physics experiment's data visualization.

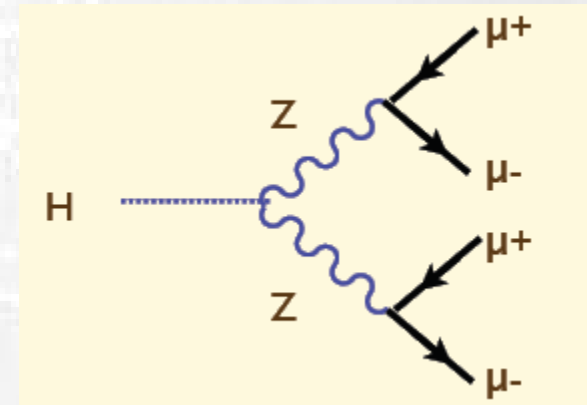
Come si studiano gli eventi prodotti dalle collisioni?

Quali sono le caratteristiche di un evento con un Bosone di Higgs in Atlas / Cms ?

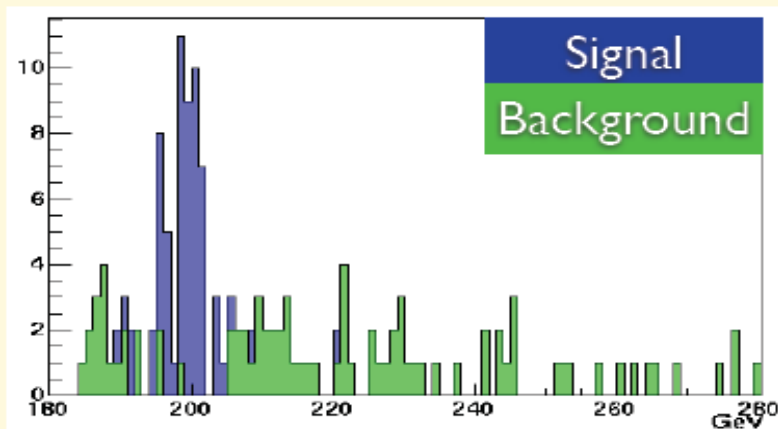
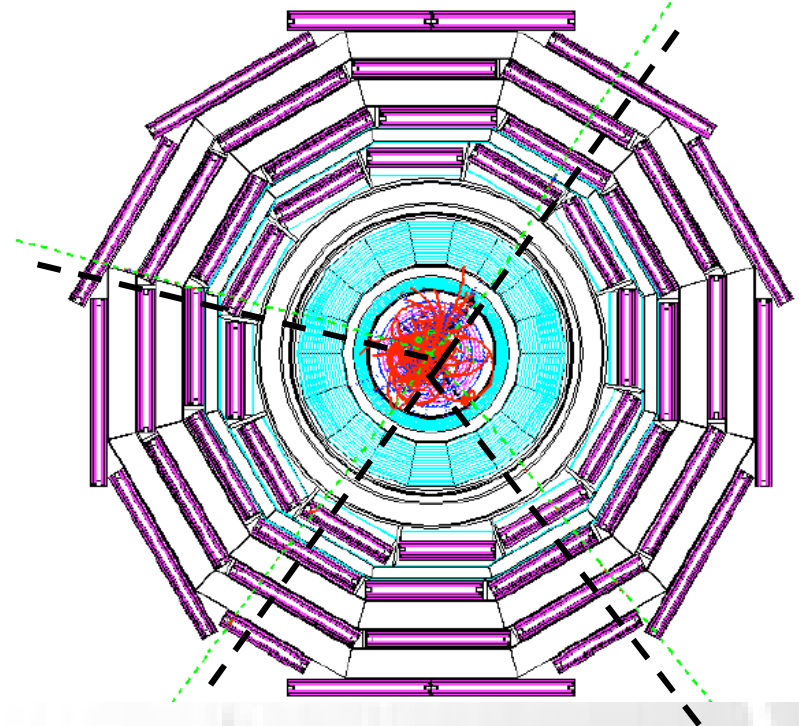
Il modo piu' immediato (e semplice) e' quello di cercare 4 muoni, i cui parametri cinematici determinano:

- a coppie (con cariche opposte) la massa dello Z da cui si originano;
- tutti e 4 insieme permettono di determinare la massa del bosone di Higgs

Questo e' pero' un evento molto raro, che deve essere identificato in un fondo altissimo di altre particelle che si sovrappongono (solo 1 evento ogni 10^8 e' tra quelli interessanti)

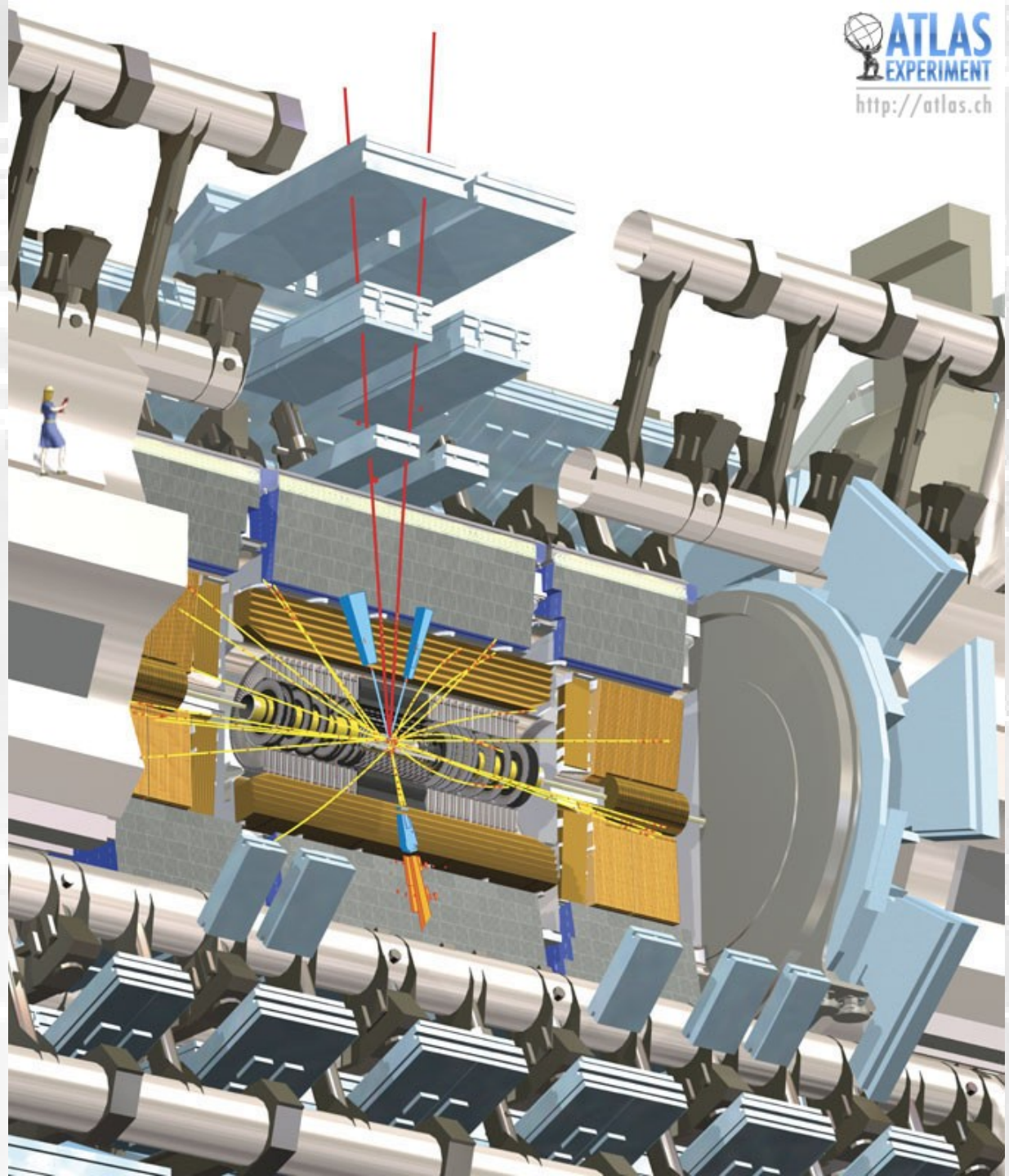


$H(150\text{GeV}) \rightarrow Z^0 Z^0 \rightarrow 4\mu$ (event 10)



$m(\mu\mu\mu\mu) \rightarrow m_H$

Un evento simulato
di Higgs + jets
Higgs \rightarrow ZZ
Z \rightarrow $\mu\mu$, Z \rightarrow ee



Un candidato per la Materia Oscura

La teorie Susy individuano nella Particella Susy piu' Leggera (LSP) il responsabile della materia oscura (il **neutralino** o il **gravitino**, a seconda dei modelli)

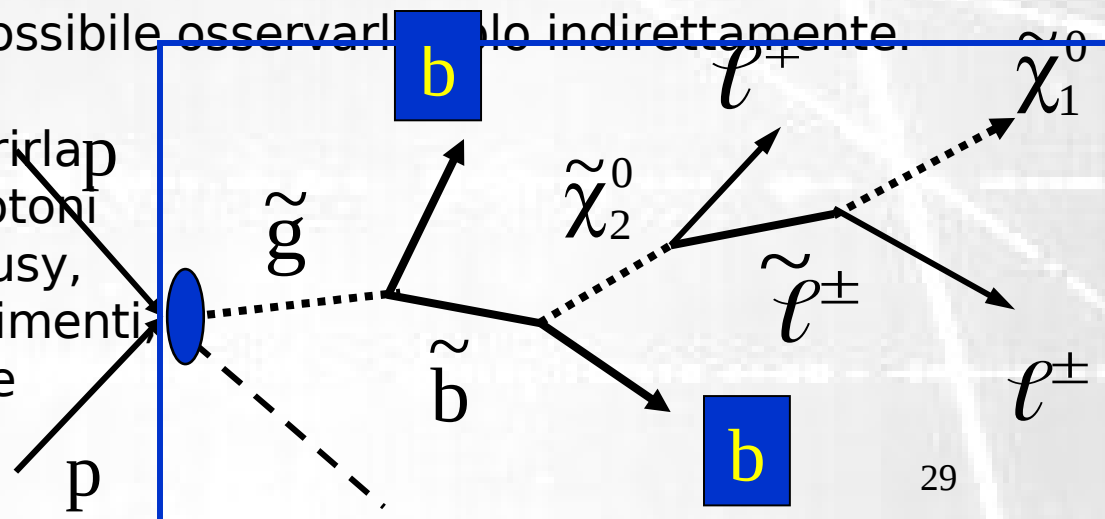
Nella catena di decadimenti delle s-particelle, deve sempre essere conservata almeno una particella di tipo-s.

Nel caso della LSP, essendo la piu' leggera, non puo' decadere e quindi rimane stabile.

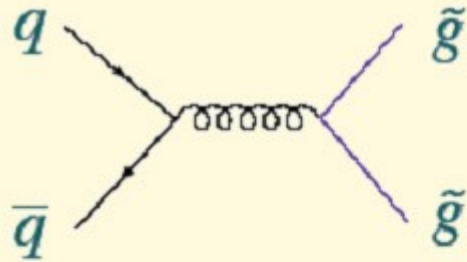
Si pensa che la LSP sia stata prodotta durante il Big Bang (quando c'era sufficiente energia per creare particelle Susy) e che da allora riempia lo spazio ("reliquia cosmica").

La LSP e' una particella neutra, ha interazioni molto deboli con la materia e, anche a LHC, e' possibile osservarla solo indirettamente.

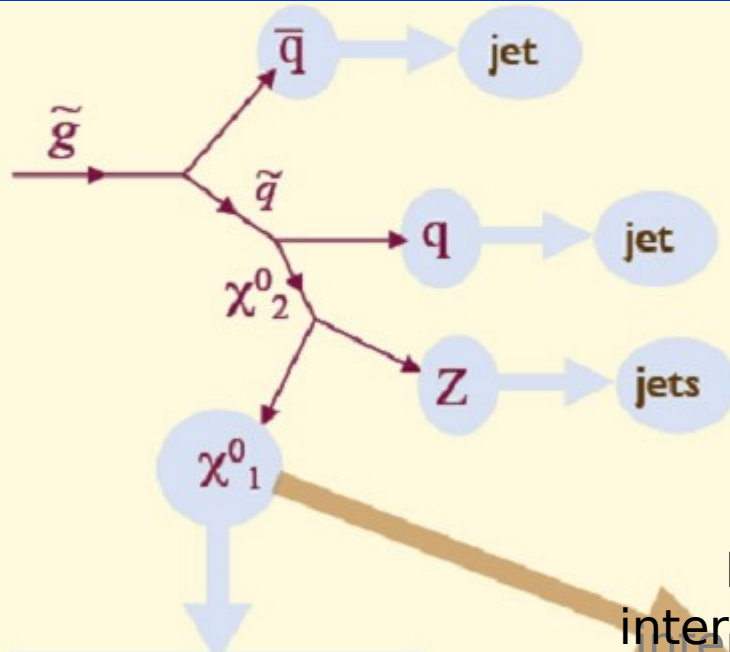
LHC ha la possibilita' di scoprirla attraverso le collisioni tra protoni che produrranno particelle Susy, che con una catena di decadimenti porteranno alla sua creazione



Quali sono le caratteristiche di un evento con Materia Oscura in Atlas / Cms ?

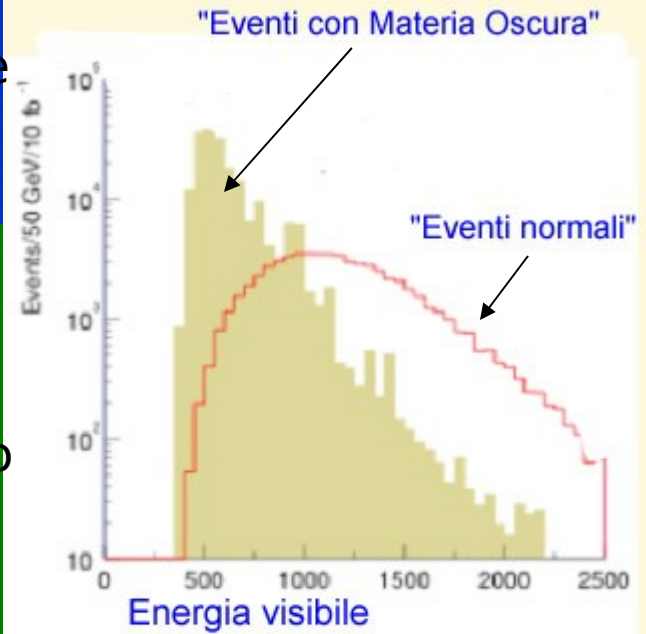


Nelle collisioni si Producono particelle Supersimmetriche



Queste decadono e producono la lsp (dm), insieme alle altre

Energia Mancante



Poiche' nel rivelatore la particella LSP non interagira' e si portera' via una consistente fetta di Energia, l'evento sara' visto proprio per uno sbilanciamento di energia

An aerial photograph of a road network, showing a central intersection where several roads meet. The roads are light-colored, likely asphalt or concrete, and are set against a darker, textured ground surface. The perspective is from a high angle, looking down at the roads.

Dalla simulazione alla realta'..

Il **Large Hadron Collider** del CERN

Novembre 2009: prime collisioni

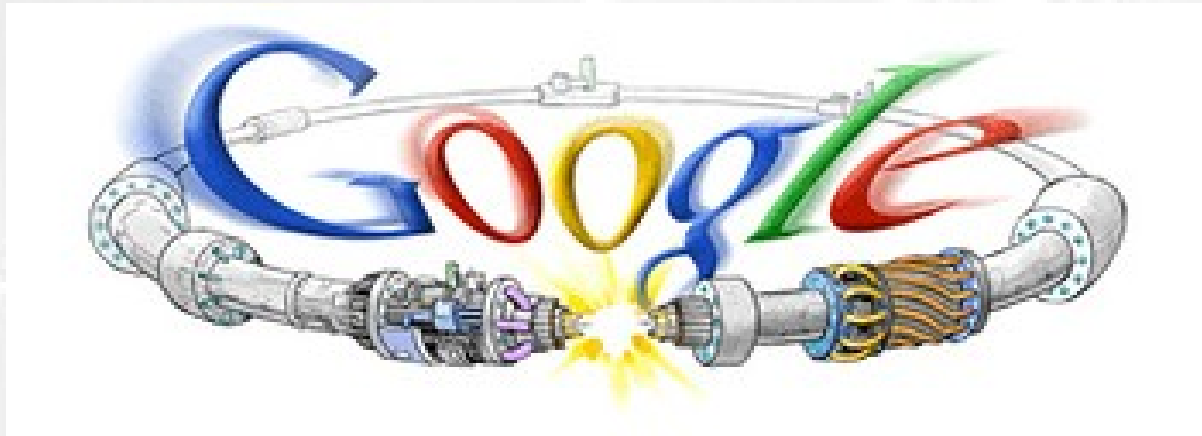
(dopo interruzione nel 2008 a causa di un guasto)

30 Marzo 2010 collisioni protone-protone a 3.5 TeV/fascio
(record Mondiale)

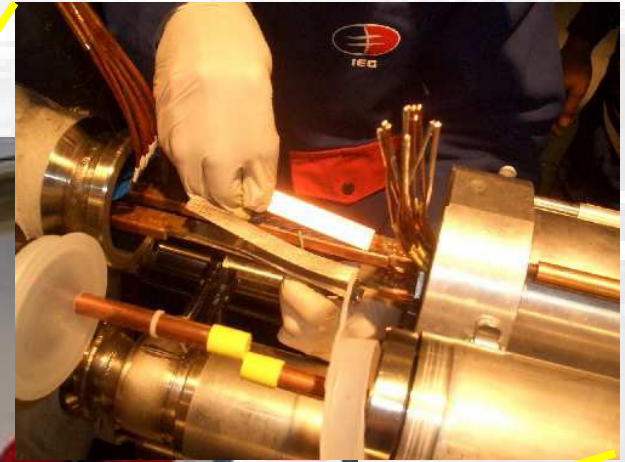
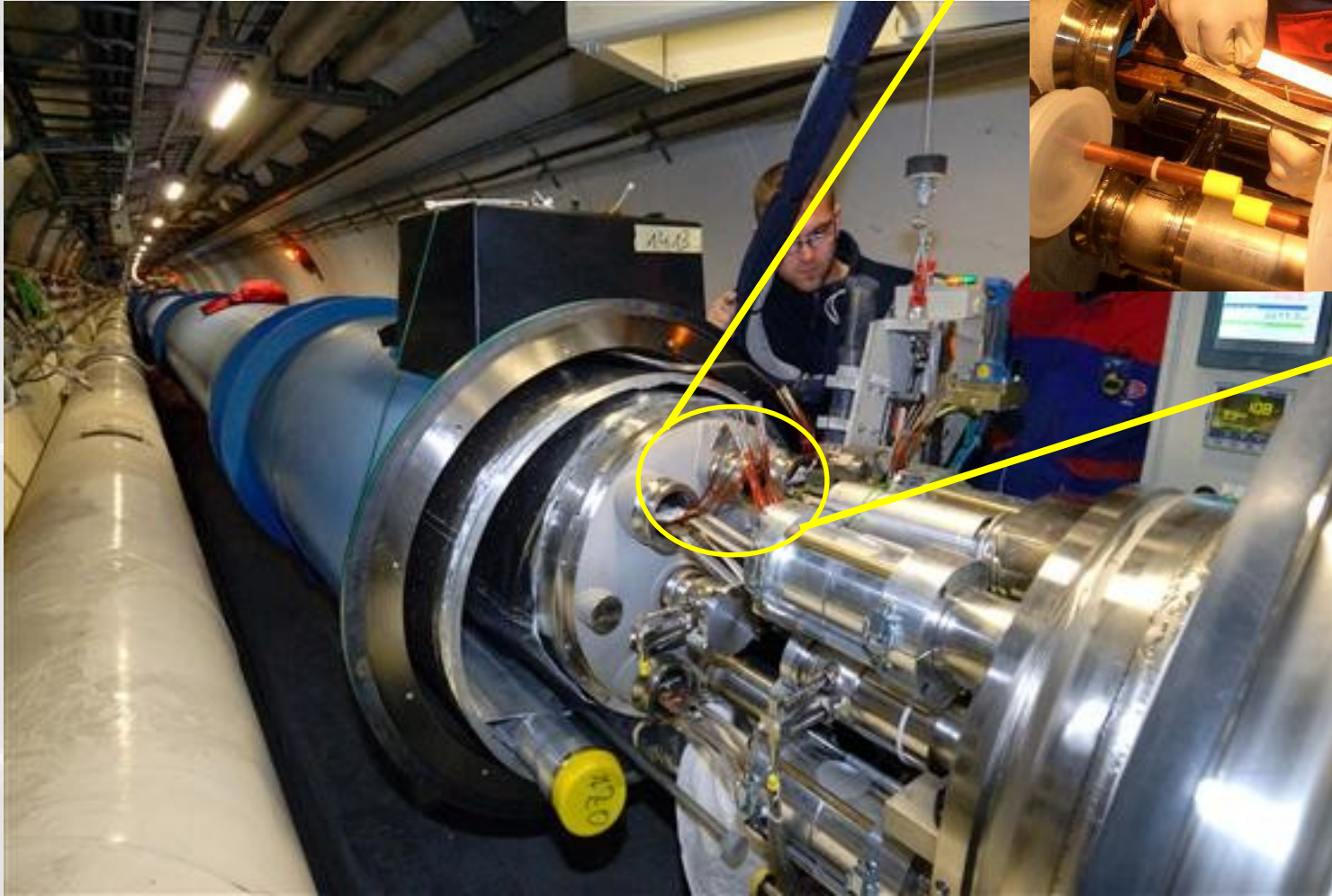
Novembre 2010 collisioni ioni di piombo

Febbraio 2011 collisioni protone-protone a 3.5 TeV/fascio

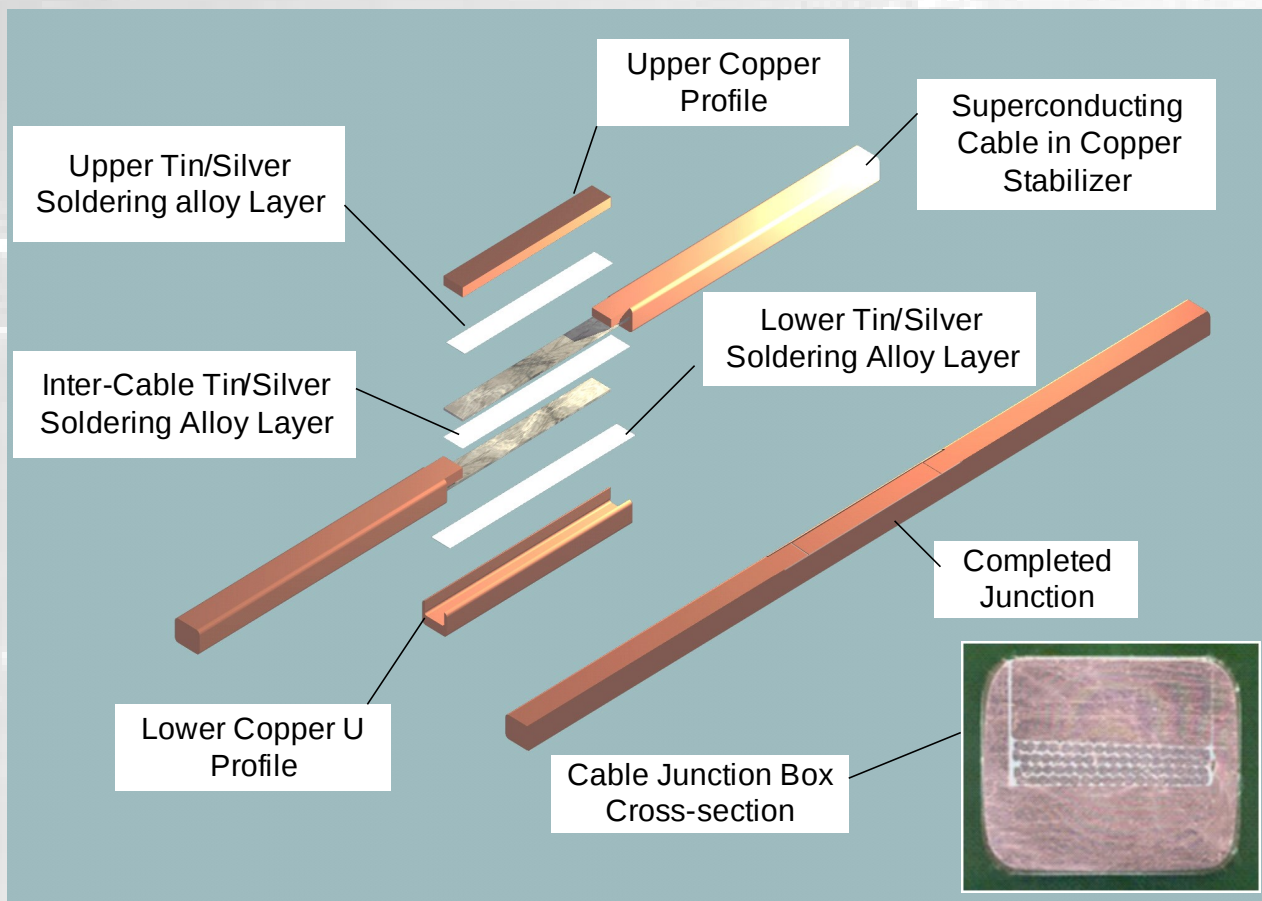
2013-2014 energia verra' raddoppiata a 7 TeV/fascio



Perche' LHC si era rotto ?

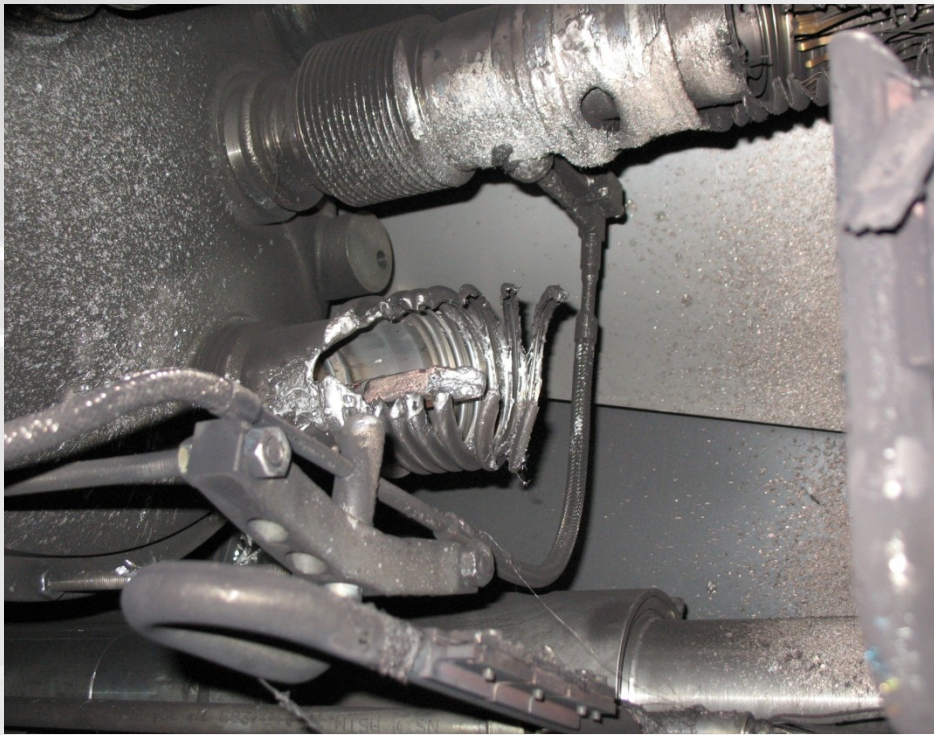


I magneti superconduttori di LHC sono interconnessi elettricamente da giunzioni in rame, saldate tra di loro (ce ne sono 30,000)



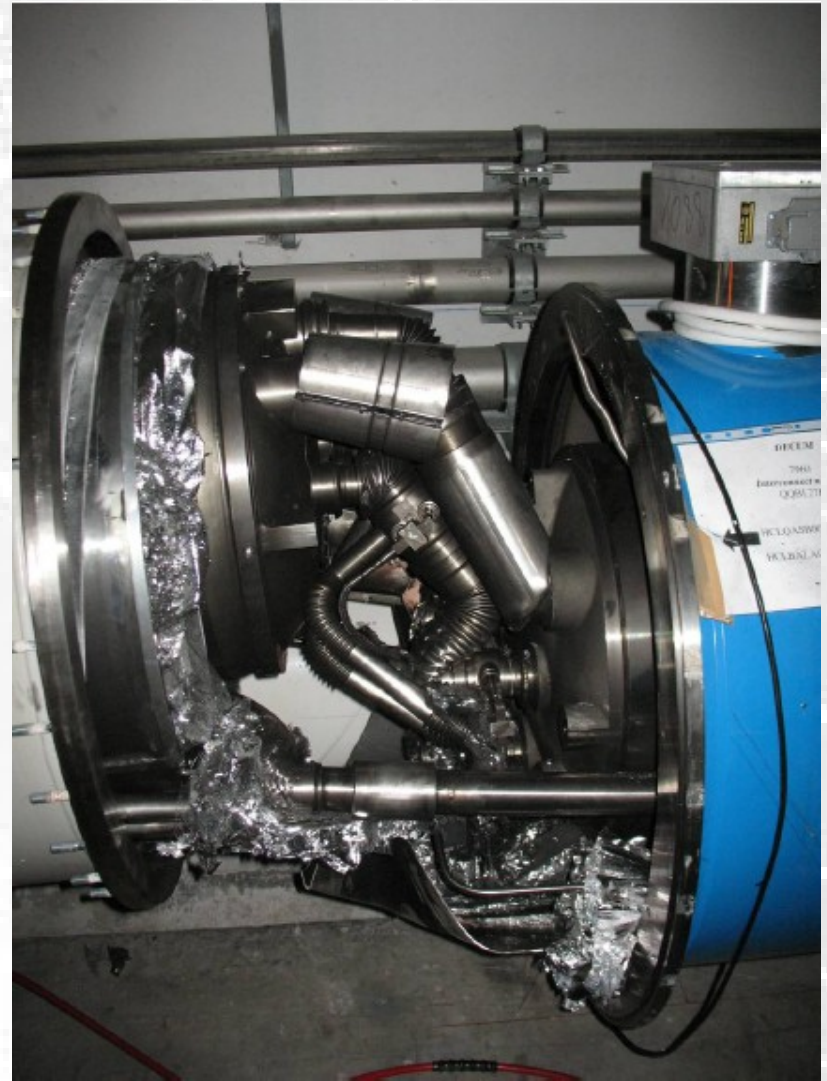
Questi giunti presentano una resistenza piccolissima in presenza di Superconduttività'. Se però accidentalmente la Superconduttività' sparisce ("quench"), una corrente notevole (9000 A) può passare in queste connessioni

In tale momento anche un *resistenza piccola* ($100 \text{ n}\Omega = 10^{-7} \Omega$), può creare un forte Effetto Joule ($\mathbf{E=I^2 R}$) e "fondere" la giunzione, con gravi effetti...



Una di queste giunzioni, fondendosi, ha perforato la camicia che conteneva l'Elio superfluido, che e' entrato in contatto con la temperatura ambiente, ha vaporizzato istantaneamente, provocando un'onda d'urto che ha spostato dalla loro sede una serie di magneti ciascuno del peso di decine di tonnellate

Da novembre del 2008, LHC e' stato in riparazione per ripartire prima della fine del 2009



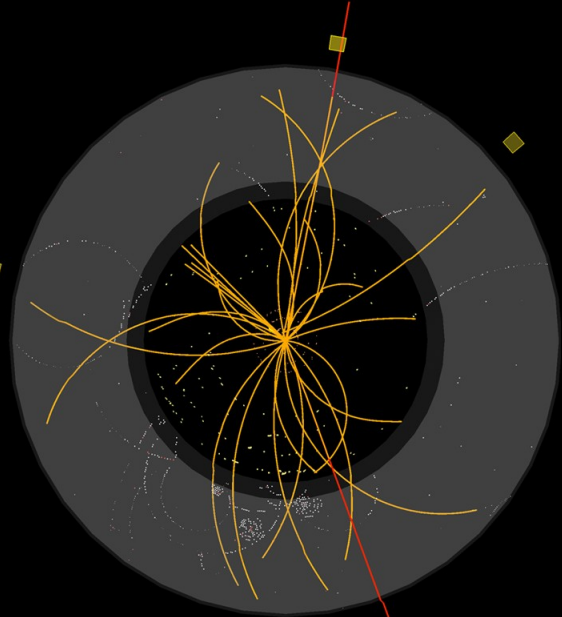
A grayscale image showing a complex network of white lines on a dark background, representing particle tracks in a detector. The tracks are dense and form a web-like structure, with many lines intersecting and branching out. The overall appearance is that of a high-energy collision event being recorded by a detector.

Cosa succede nei detector negli eventi di collisione?



ATLAS EXPERIMENT

Run: 154822, Event: 14321500
Date: 2010-05-10 02:07:22 CEST

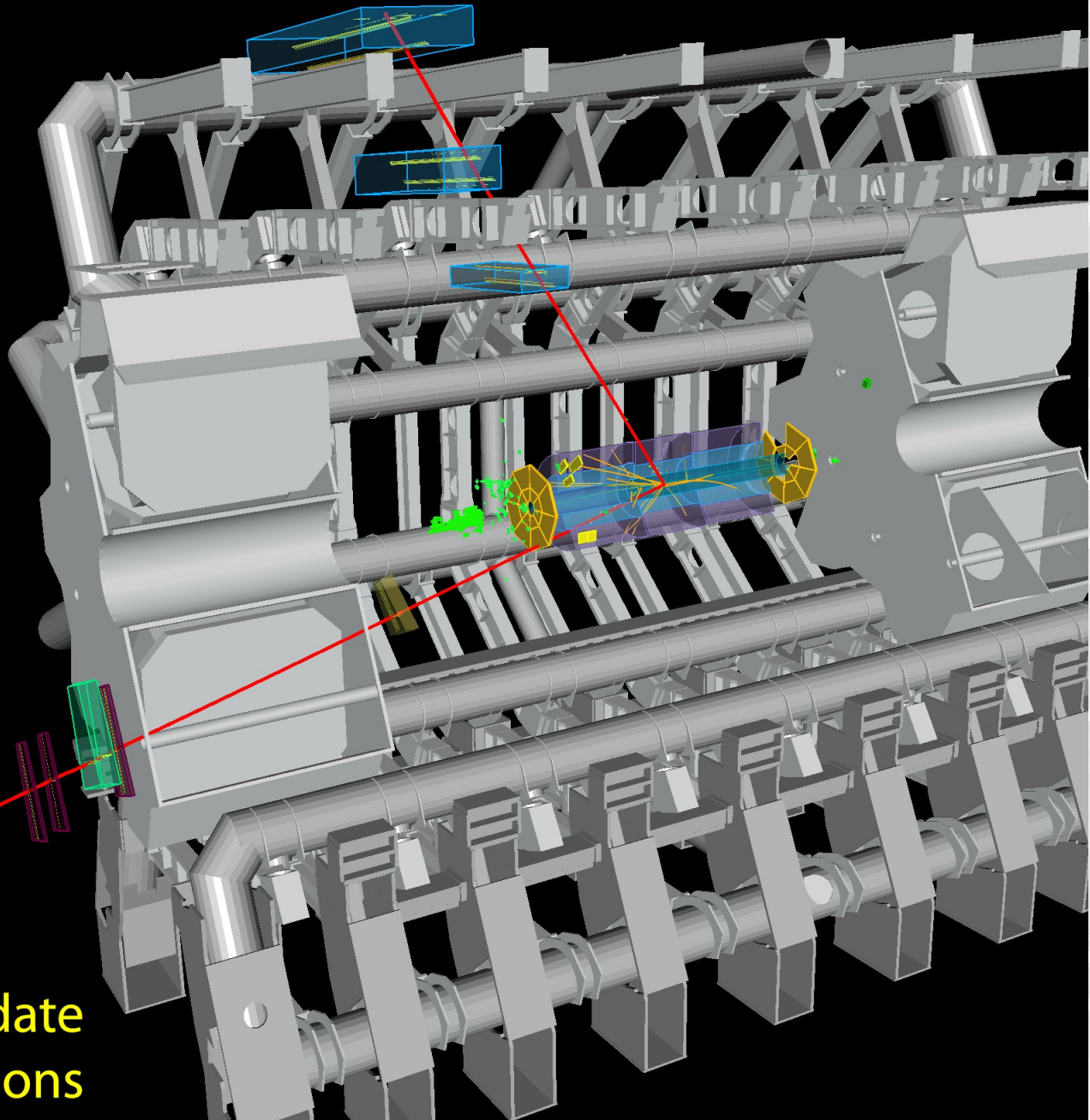


$p_T(\mu^-) = 27 \text{ GeV}$ $\eta(\mu^-) = 0.7$
 $p_T(\mu^+) = 45 \text{ GeV}$ $\eta(\mu^+) = 2.2$

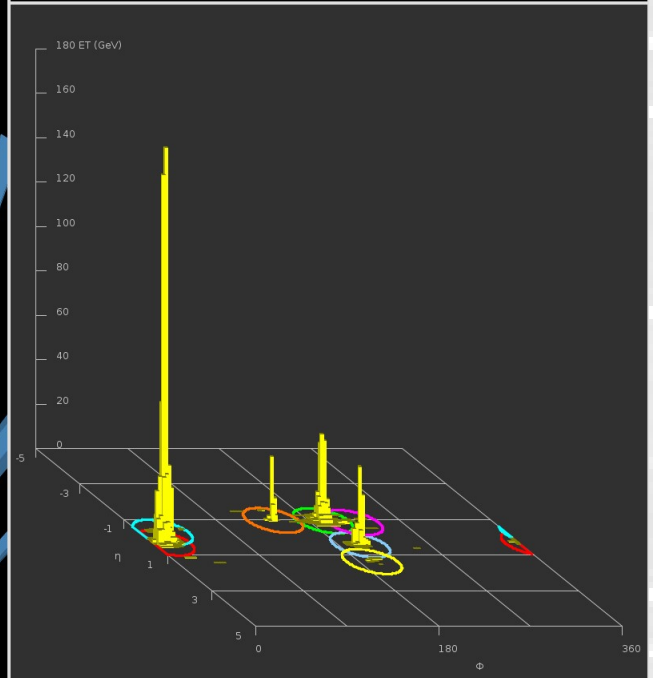
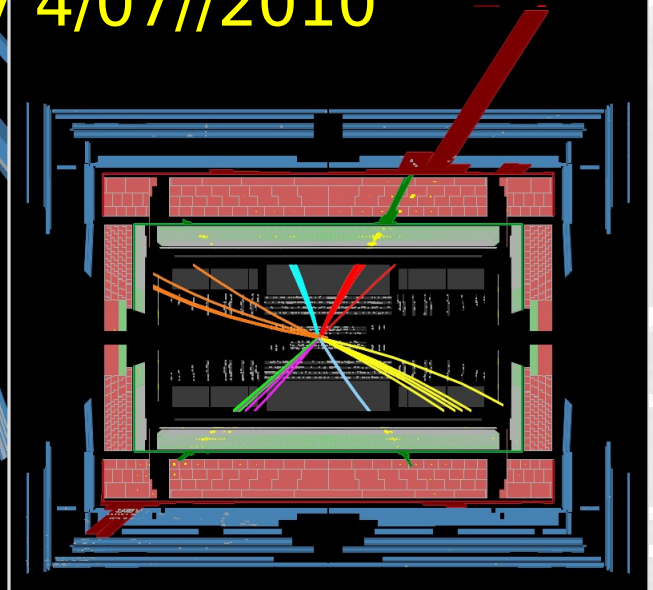
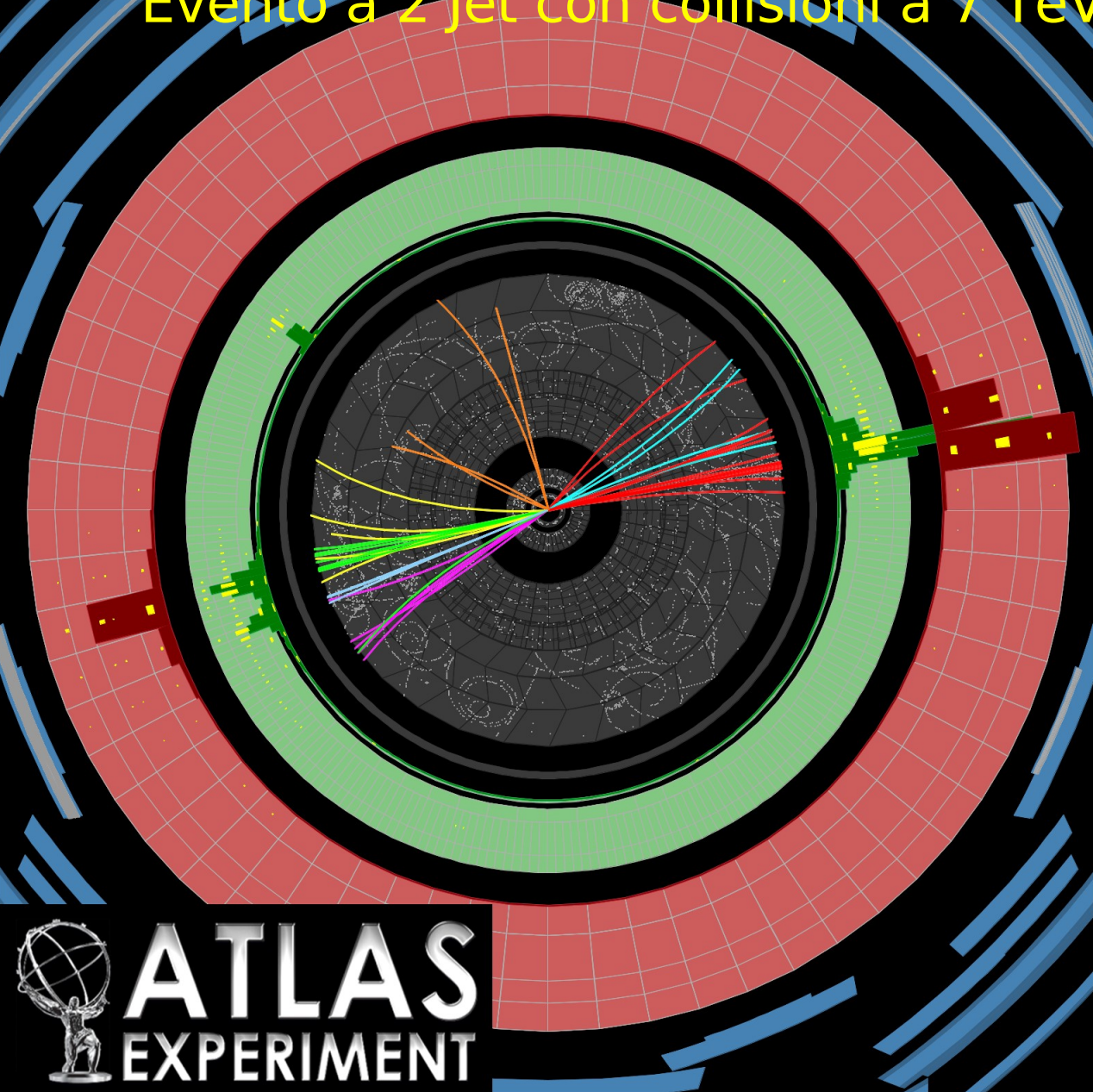
$M_{\mu\mu} = 87 \text{ GeV}$



**Z $\rightarrow\mu\mu$ candidate
in 7 TeV collisions**



Evento a 2-jet con collisioni a 7 TeV 4/07/2010




 **ATLAS**
EXPERIMENT

Aumentando l'intensita' dei fasci si hanno nello stesso incrocio piu vertici di interazione

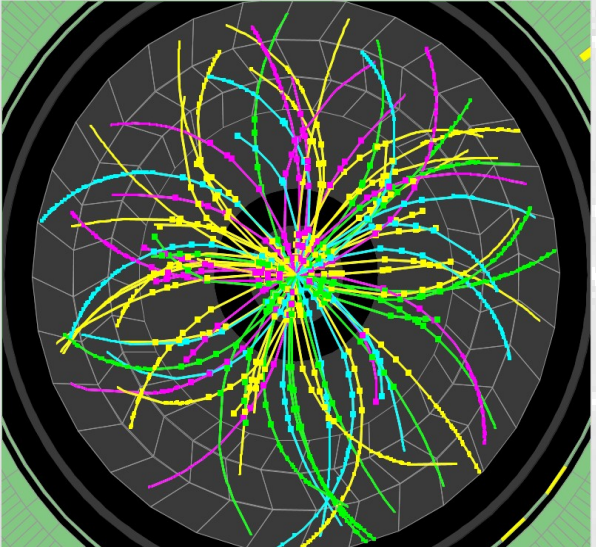


ATLAS
EXPERIMENT



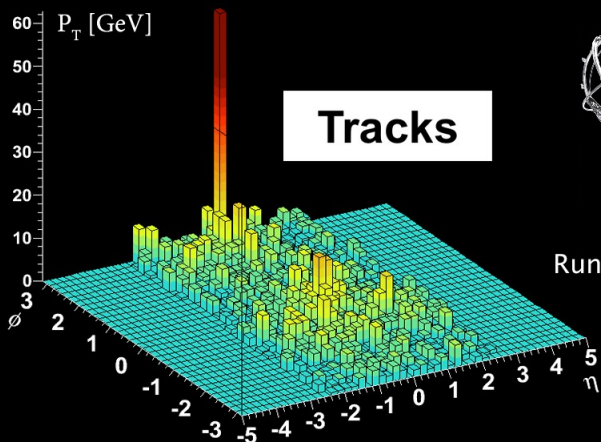
Run Number: 153565, Event Number: 4487360
Date: 2010-04-24 04:18:53 CEST

Evento con 4 verticie in collisioni a 7 TeV 2010



Event with 4 Pileup Vertices
in 7 TeV Collisions

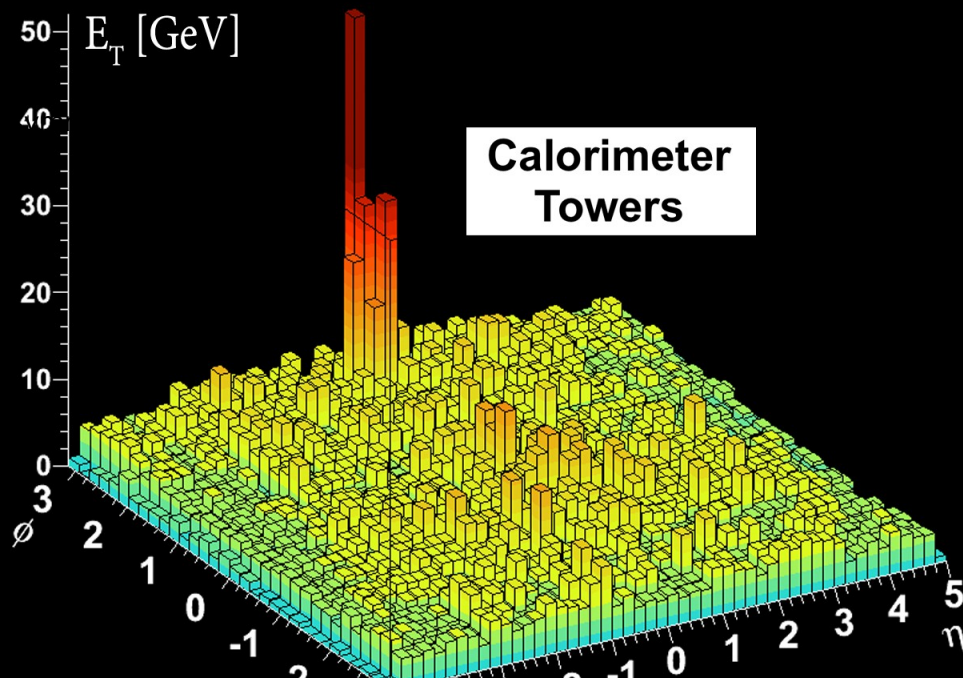
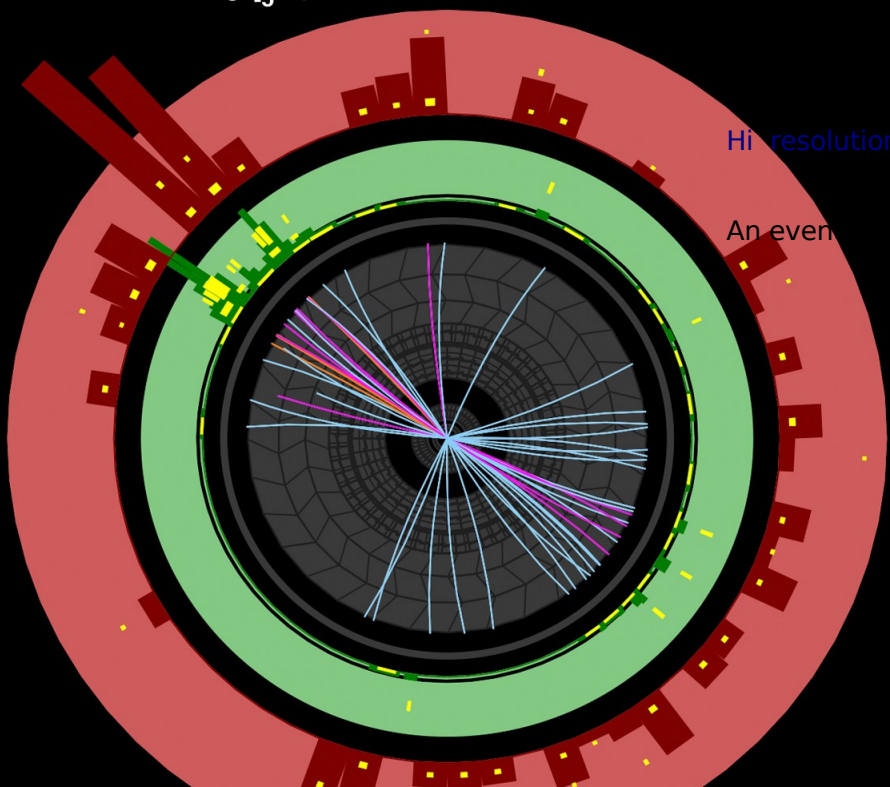
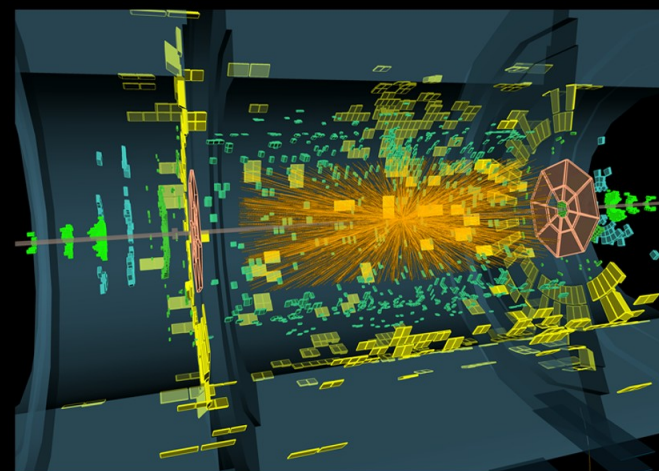
Evento con jet sbilanciato in collisioni piombo-piombo



ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 169045, Event Number: 1914004

Date: 2010-11-12 04:11:44 CET

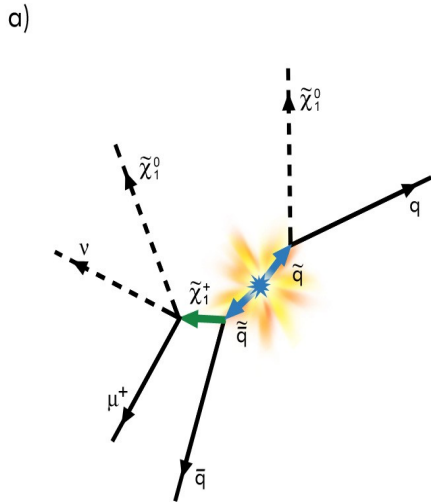


An aerial photograph of a road network, showing a central intersection where several roads meet. The roads are light-colored and stand out against the darker, textured ground. The perspective is from a high angle, looking down at the intersection.

Risultati da LHC

LHC per ora non vede eventi di supersimmetria (Marzo 2011)

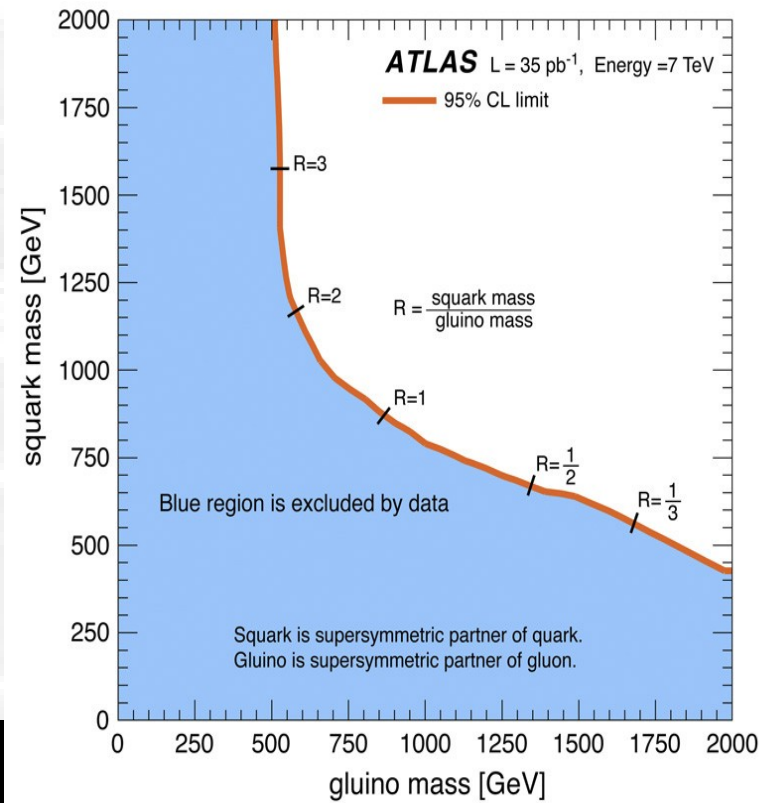
Esempio di evento di susy: sbilanciamento dell'energia dovuta a presenza di neutralini



q = quark
q̃ = squark
q̄ = anti-quark
q̄̃ = anti-squark
μ = muon
ν = neutrino
χ± = chargino
χ±⁰ = neutralino
(lightest super-partner)



ATLAS
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>



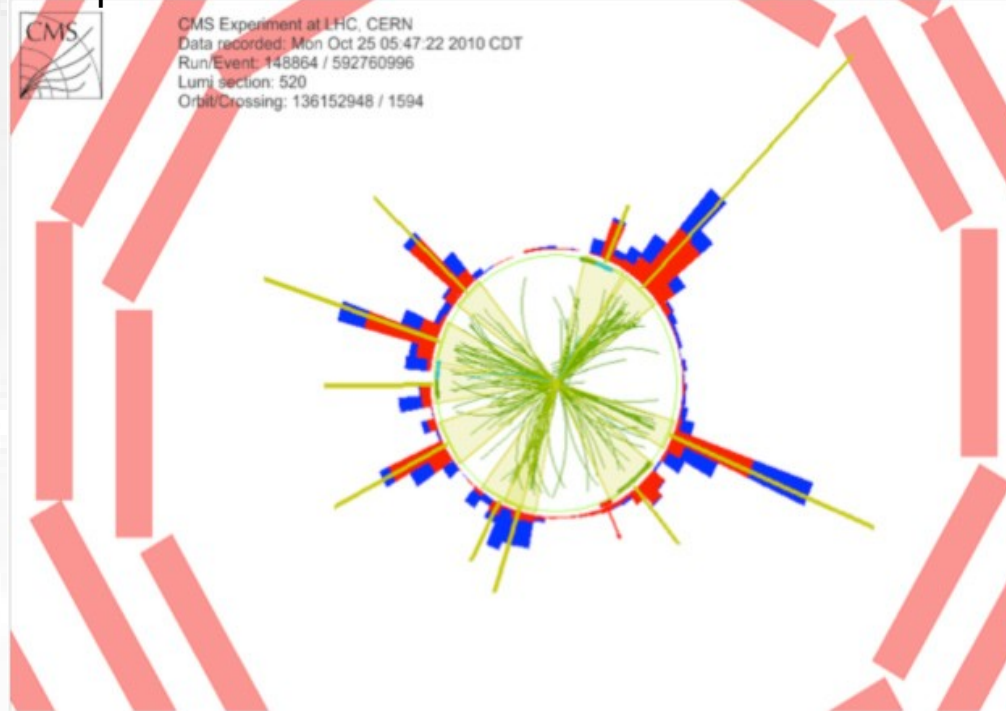
Si possono escludere una regione di valori di massa ma non ancora rigettare il modello teorico.

NIENTE BUCHI NERI DURANTE LE COLLISIONI (Dic 2010)

Le previsioni di mini buchi neri originati nelle collisioni a energie di alcuni (TeV) sono basate su teorie che tengono conto degli effetti gravitazionali delle extradimensioni dello spazio. Dimensioni oltre alle tre accessibili alla nostra esperienza, che sarebbero confinate su scale ultramicroscopiche.

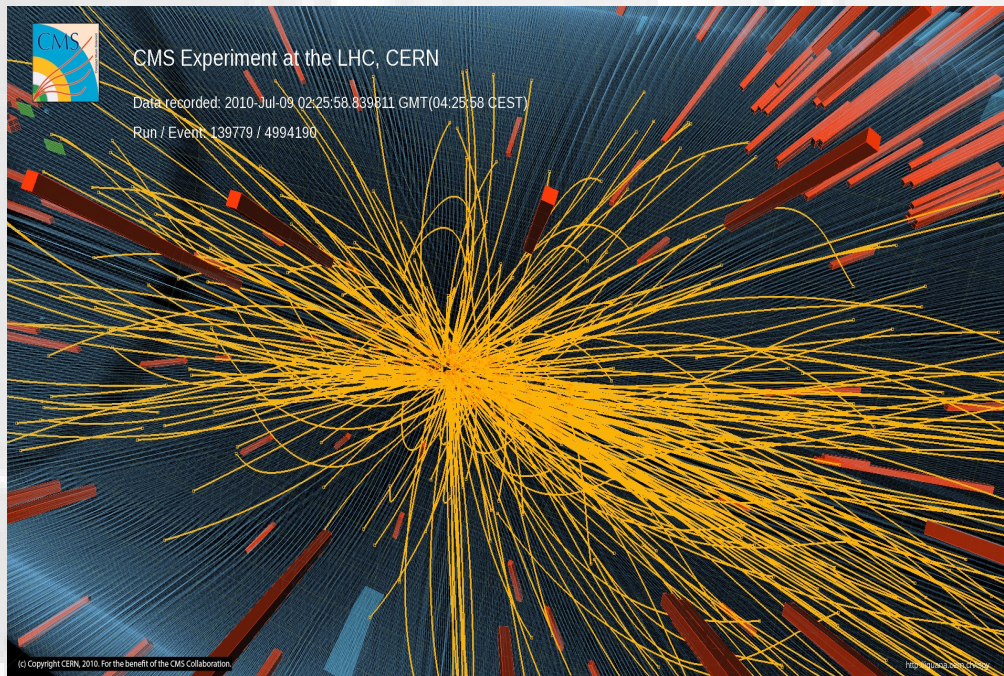
Smentendo le previsioni di alcuni teorici (ma non della maggioranza dei fisici), gli scienziati di Lhc hanno rivelato che non sono stati finora creati microscopici buchi neri all'interno del Large Hadron Collider, escludendoli fino a energie di 3,4-4.5, TeV

Esempio di fondo alla ricerca di micro buchi neri



Nuovo effetto nella correlazione tra due particelle osservato dal rivelatore CMS

Lo studio di urti a “alta molteplicità”, nei quali sono prodotte più di cento particelle cariche, suggerisce che alcune particelle sono in qualche modo “correlate” – associate tra loro quando si creano nel punto della collisione.

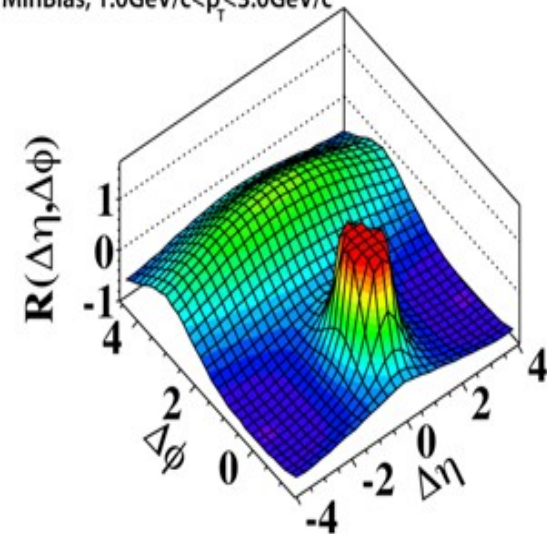


Sebbene non ci sia ancora una spiegazione definitiva, la forma della correlazione ricorda caratteristiche analoghe a quelle viste da esperimenti a RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider negli Stati Uniti) che furono spiegate essere causate dalla presenza di materia nucleare molto calda e densa formata negli urti tra ioni relativistici.

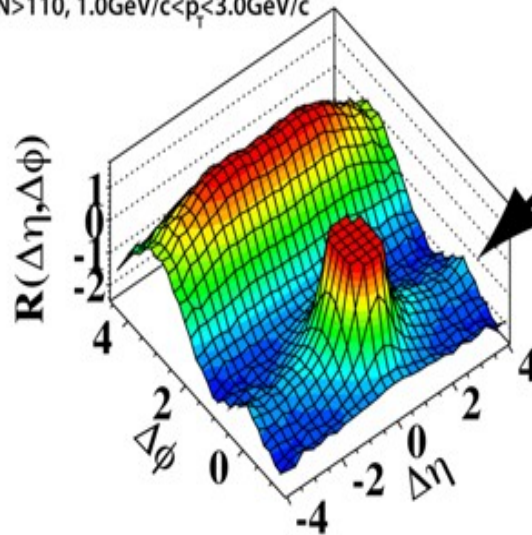
Nuovo effetto nella correlazione tra due particelle osservato dal rivelatore CMS

Lo studio di urti a “alta molteplicità”, nei quali sono prodotte più di cento particelle cariche, suggerisce che alcune particelle sono in qualche modo “correlate” – associate tra loro quando si creano nel punto della collisione.

CMS 2010, $\sqrt{s}=7\text{TeV}$
MinBias, $1.0\text{GeV}/c < p_T < 3.0\text{GeV}/c$



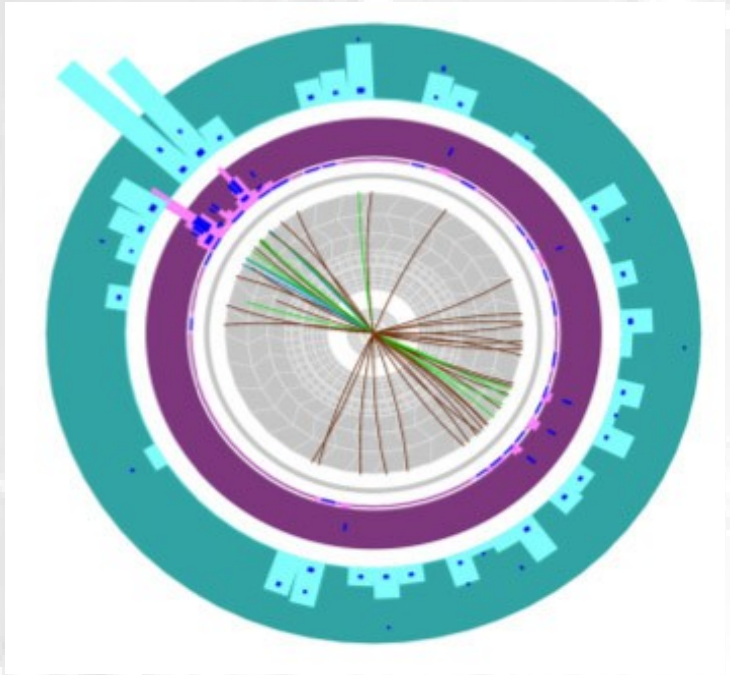
$N > 110$, $1.0\text{GeV}/c < p_T < 3.0\text{GeV}/c$



Sebbene non ci sia ancora una spiegazione definitiva, la forma della correlazione ricorda caratteristiche analoghe a quelle viste da esperimenti a RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider negli Stati Uniti) che furono spiegate essere causate dalla presenza di materia nucleare molto calda e densa formata negli urti tra ioni relativistici.

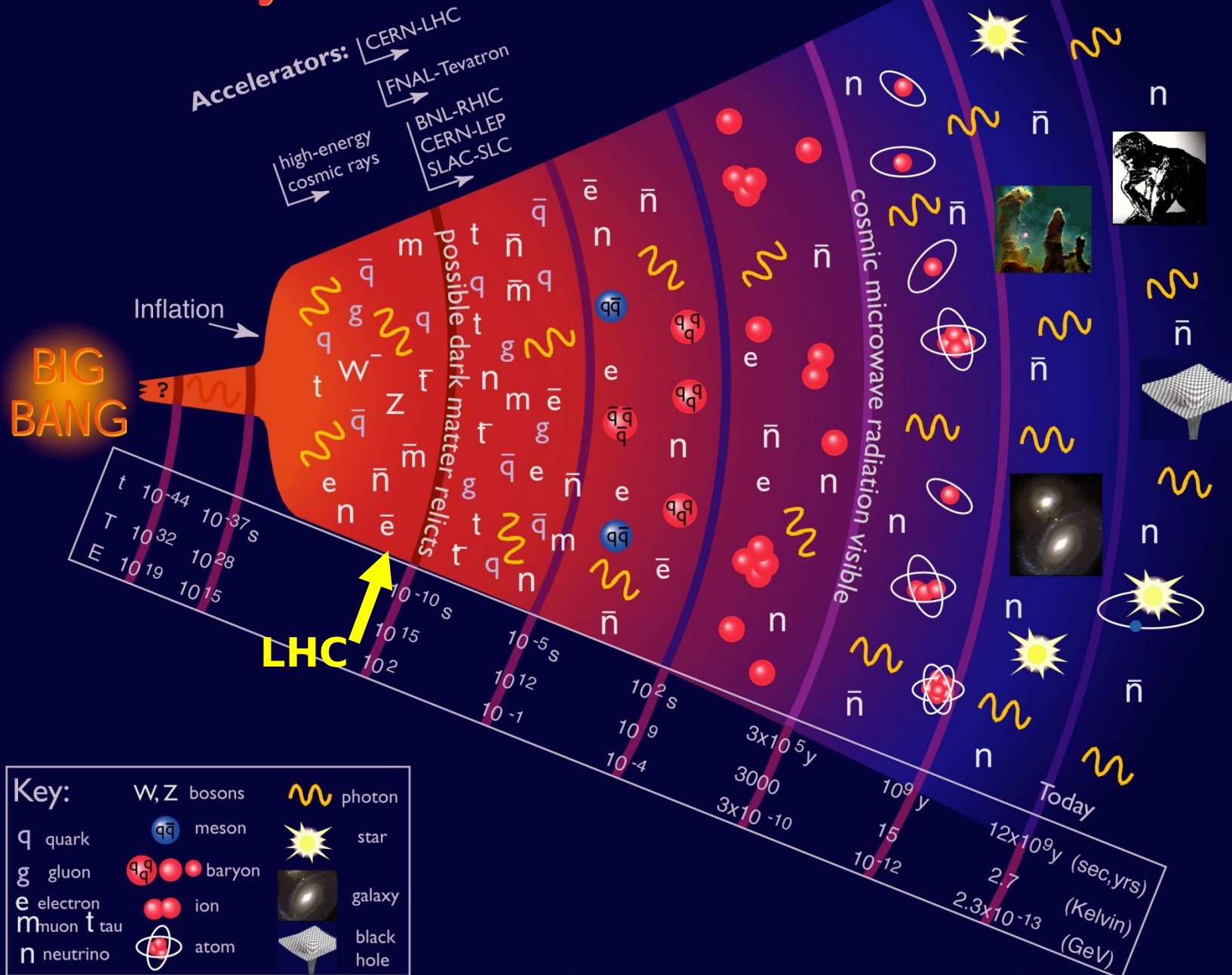
VISTA A LHC LA ZUPPA PRIMORDIALE (Nov 2010)

Con le collisioni di ioni pesanti, è stato osservato per la prima volta dagli esperimenti [ATLAS](#) e [CMS](#) il fenomeno del jet quenching, probabile indizio della produzione in laboratorio della zuppa di quark e gluoni che costituiva l'Universo primordiale (il cosiddetto Quark Gluon Plasma), che si manifesta con la comparsa di jet sbilanciati



L'osservazione di jet sbilanciati non è spiegabile con la fisica conosciuta fino ad ora. Questa asimmetria potrebbe essere dovuta alla formazione del plasma di quark e gluoni che attenua i getti di particelle che lo attraversano.

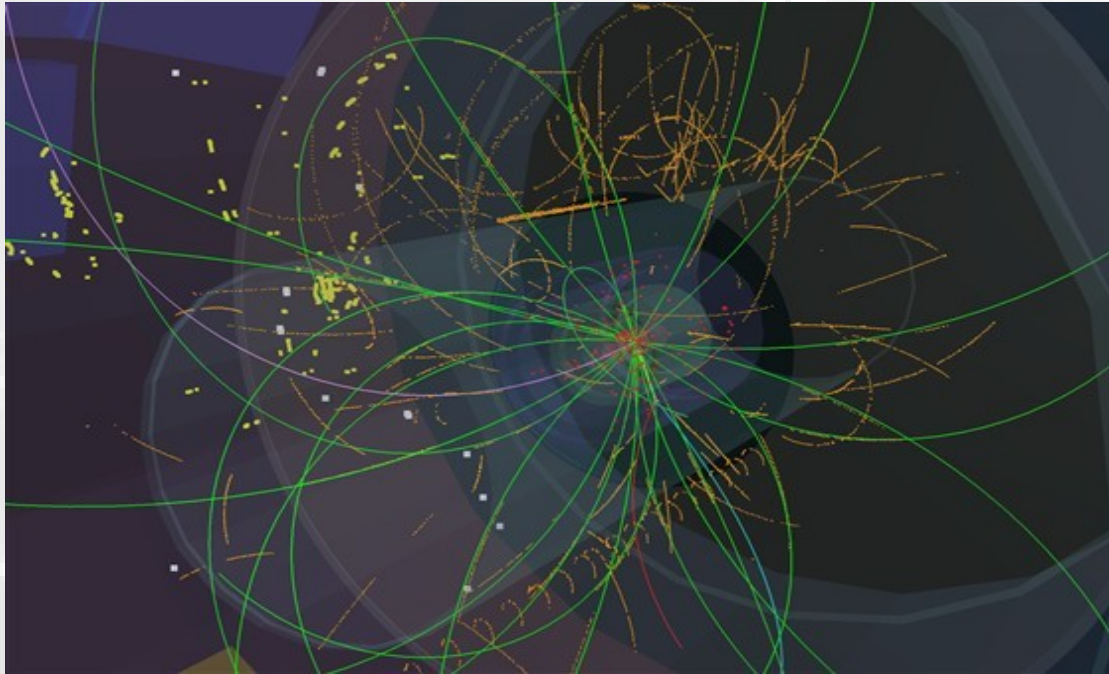
History of the Universe



PRIMI NUCLEI DI ANTELIO PER ALICE (aprile 2011)

ALICE ha “osservato” quattro nuclei di antielio 4.

Si tratta dell'antimateria più pesante che sia mai stata prodotta artificialmente: gli antinuclei di elio 4 (4He), infatti, sono composti ciascuno da due antiprotoni e due antineutroni. E a questo risultato si è arrivati analizzando i dati raccolti in un solo mese (lo scorso novembre) di collisioni tra nuclei di piombo



Prima pubblicazione sulla ricerca dell'higgs a Lhc (Marzo 2011)

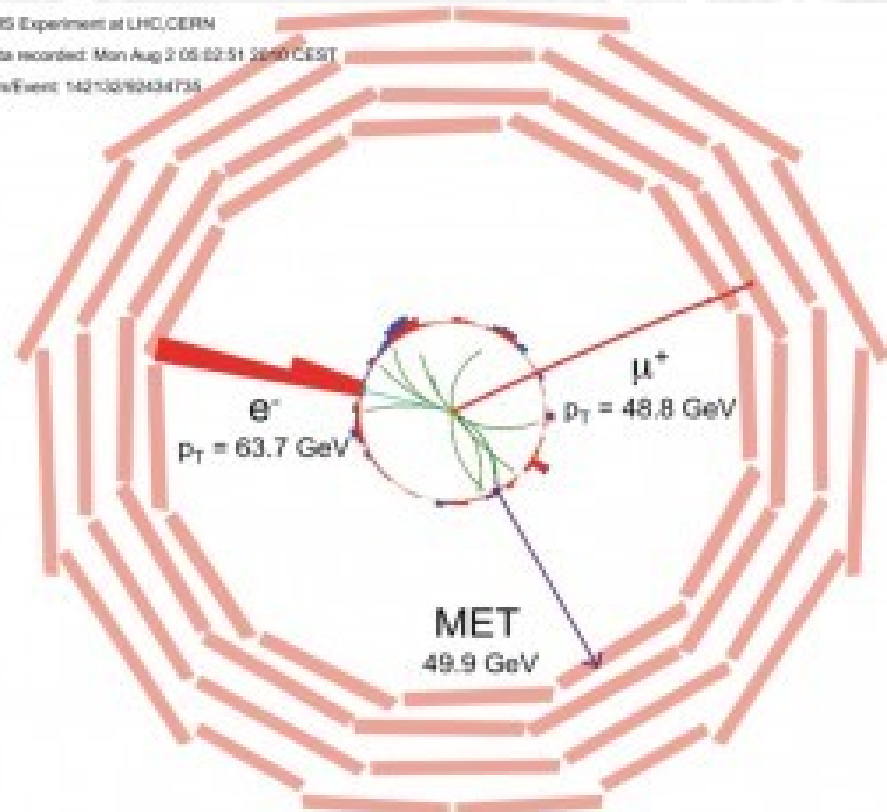
CMS ha pubblicato i primi risultati sulla ricerca del bosone di higgs a LHC in modelli che prevedono una 4^a generazione di leptoni e quark. Nessuna evidenza dell'higgs usando i dati del 2010. Si puo' escludere il bosone di higgs con una massa tra 144 e 207 GeV.

Ricerca di eventi
 $H \rightarrow W^+W^-$
 $W^- \rightarrow e^- \nu$, $W^+ \rightarrow \mu^+ \nu$

CMS Experiment at LHC, CERN

Data recorded: Mon Aug 2 08:52:51 2010 CEST

Run/Event: 142100/92434733



Tevatron chiama LHC: nuova particella?

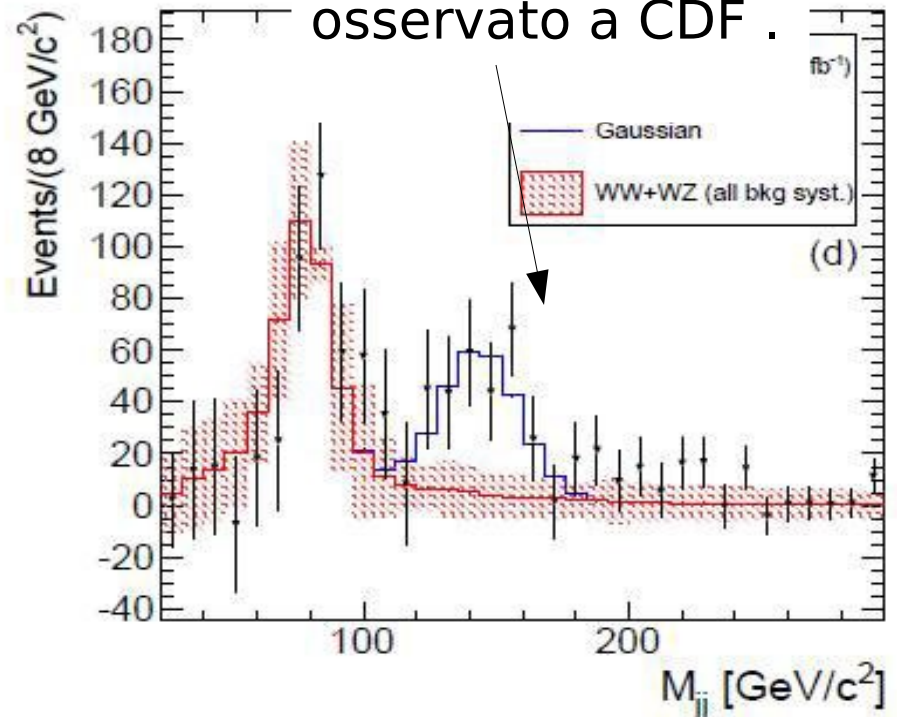
A Lhc, come al Tevatron (collisioni protone-antiproone) di Chicago, è più viva che mai la caccia alle preziose anomalie non previste dal Modello Standard.

L'esperimento CDF annunciava due mesi fa la probabile rivelazione di una particella del tutto sconosciuta, ma il 10 /06 i fisici dell'esperimento D0 del Tevatron hanno annunciato una possibile smentita di questo risultato.

E LHC?

Occorre accumulare piu' dati per confermare o smentire questo risultato

Eccesso di eventi osservato a CDF .



Conclusioni

LHC ha iniziato a produrre collisioni alla fine del 2009, dopo circa 15 anni di preparazione

E' un grande risultato tecnologico per tutta la comunita' internazionale (soprattutto per quella Europea che lo ha voluto tenacemente, mentre i politici americani hanno cancellato negli anni '90 un progetto simile previsto negli USA)

Gli italiani (e l'INFN) hanno un ruolo di primo piano in questa avventura

Non sappiamo cosa succedera' – quante nuove particelle verranno scoperte – e forse e' la prima volta che da un salto in energia cosi' grande (x 7 in energia e x 100 in intensita' rispetto a quanto disponibile sino ad ora) ci si aspetta una vera rivoluzione

E' sicuramente uno dei momenti piu' appassionanti per la Fisica delle Particelle ! Se non si trovasse nulla LHC potrebbe essere l'**ultima frontiera** di una ricerca che ha rappresentato dagli albori della Meccanica Quantistica e della Relativita' Generale, alla scoperta della fissione nucleare per usi bellici e pacifici, l'immagine della Scienza del XX secolo.

Nei prossimi anni qualcuno di voi potrebbe essere uno degli interpreti di questo film...

Epilogo (1) – Quanto costa questo tipo di Ricerca Fondamentale ?

Posto che la Fisica delle Particelle e' a partire da Fermi, il fiore all'occhiello della Ricerca Italiana, in particolare per il livello di considerazione che ha all'estero, e che le ricerche sono condotte con uno sforzo internazionale (caso unico), vanno ricordate alcune cifre:

L'INFN ha un bilancio annuo di 250 M€ (=5 € per ogni italiano), 2000 dipendenti (e altrettanti Universitari) che vi lavorano, con un bilancio per la Ricerca di circa 100 M€

Il CERN ha un bilancio annuo di circa 500 M€ (l'Italia contribuisce per il 12% : 60 M€)

LHC e i suoi 4 esperimenti sono costati circa 5 G€ (solo materiali, esclusa la manodopera) → funzioneranno per almeno 20 anni

L'Hubble Space Telescope e' costato 6 G\$ (e' in funzione da 20 anni)

La Stazione Spaziale Internazionale 156 G\$

ITER (progetto globale per la fusione) costera' 10 G€ (e durera' 30 anni)

Costo di una Centrale Nucleare 4 G€

Alta Velocita' in Italia 66 G€ (in costruzione da 15 anni)

Guerra in Iraq oltre 600 G\$

...a voi la scelta di quale sia il modo piu' proficuo per spendere il denaro pubblico...

Epilogo (2) – La Ricerca Fondamentale: ovvero come vivere meglio domani

Spesso ci si chiede: a cosa serve la Ricerca Fondamentale ? I costi sono giustificati dai benefici ?

Rispondere alle domande “primarie” dell’uomo e’ gia’ un obiettivo di grande significato (forse di questi tempi “l’opinione pubblica” se ne dimentica spesso)

Ma la Ricerca Fondamentale ha anche un altro risvolto : quello delle ricadute “tecnologiche” .

Quelle che entrano nella vita di tutti i giorni e la migliorano a distanza di decenni dalla prima scoperta : il radar, le applicazioni pacifiche dell’energia nucleare, il transistor, i raggi X, la medicina nucleare, la risonanza magnetica, il laser, la superconduttivita’, la criogenia, le telecomunicazioni, il WEB, ecc..., solo per considerare quelle guidate dalla Ricerca in Fisica

A volte, cercando di risolvere un problema, si scopre, involontariamente, qualcosa d’altro...

Per tutto cio' occorrono

tanti bravi giovani ricercatori (e non solo in fisica) → quindi datevi da fare !

An aerial photograph of a road network, showing a central intersection where a road splits into two directions. The roads are light-colored against the darker ground. The text "Back up" is overlaid in the center of the image.

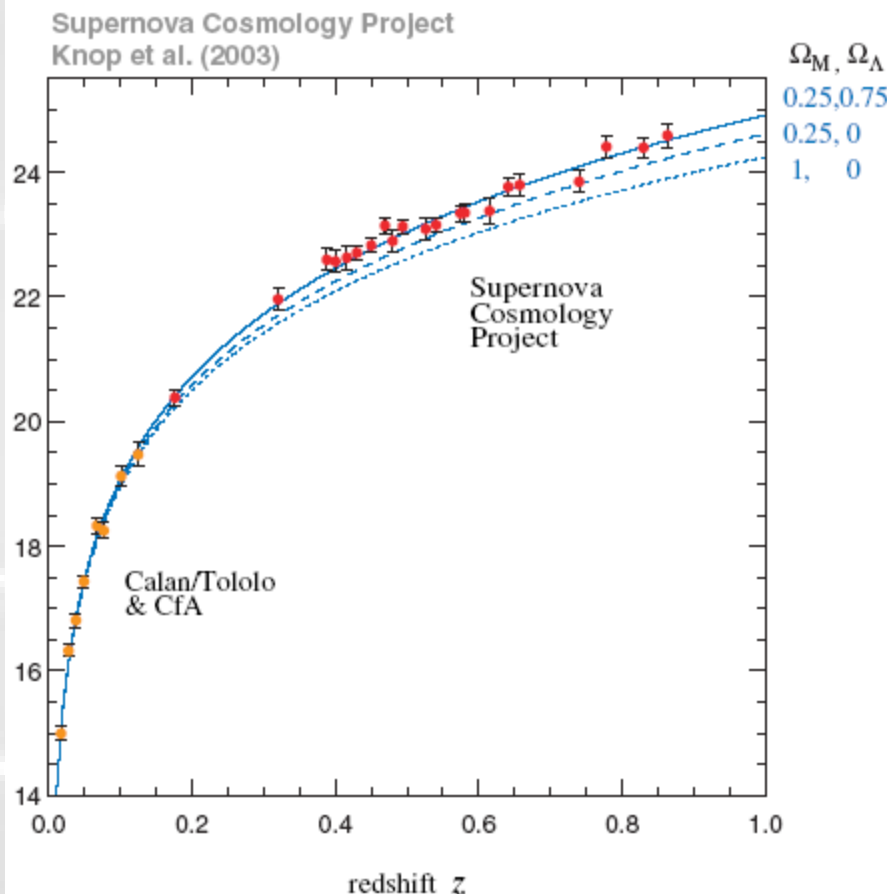
Back up

Grid e' una rete di centinaia di migliaia di processori con una struttura a molti livelli: un primo livello e' costituito dal Centro di Calcolo del CERN, collegato ad 11 grandi Centri detti Tier-1 (in Italia c'e' il [CNAF](#) dell'INFN a Bologna). I Tier-1 a loro volta distribuiscono i dati a piu' di 140 strutture minori, i cosiddetti Tier-2. Infine, l'ultimo livello nella catena di distribuzione e' costituito dai computer distribuiti nei vari Dipartimenti di Fisica o dai personal computer delle migliaia di scienziati che analizzeranno questi dati in ogni parte del mondo.



Appendice - L'Energia Oscura

Nel 1998 un gruppo di ricercatori americani, studiando le Supernovae distanti si e' accorto che – contrariamente a quanto si pensava dalla teoria di Einstein in poi – l'Universo e' in espansione e sta accelerando, sotto la spinta di una forza repulsiva ingente e sconosciuta.



Dalle misure si deduce che:

- la materia oscura rappresenta circa il 20% della materia esistente
- l'energia oscura rappresenta oltre il 70% della materia dell'Universo

Sino ad oggi non si sa quale siano l'origine e le caratteristiche di questa forza misteriosa che si oppone alla gravitazione e allontana tra loro le Galassie

3 Costante Cosmologica Λ

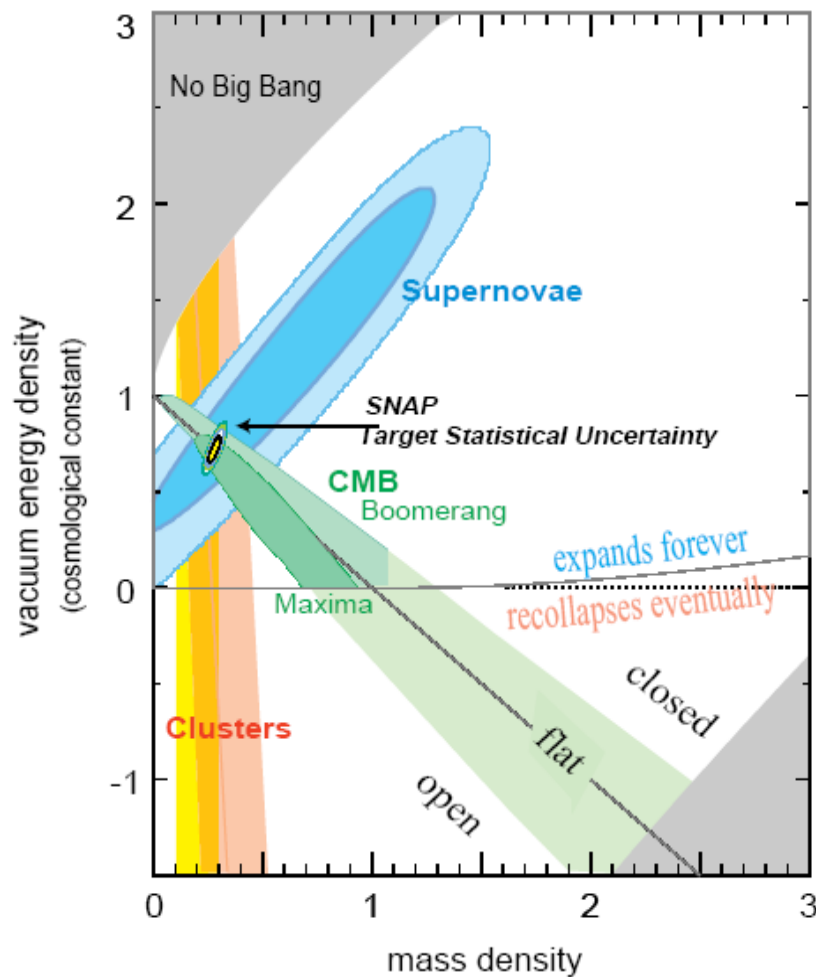
Anche altre misure, quali quelle sulla distribuzione della radiazione di fondo a 2.7 K e lo studio dei Cluster a grande scala, confermano che il nostro Universo sta accelerando nella sua espansione

Nel 1917, Einstein aveva predetto che, ipotizzando un Universo statico, era necessario introdurre "ad hoc" una forza repulsiva (Costante Cosmologica) che controbilanciasse l'attrazione gravitazionale

Nel 1929 Hubble scoprì che le Galassie si stanno allontanando (metodo del red shift) e quindi Einstein abbandonò

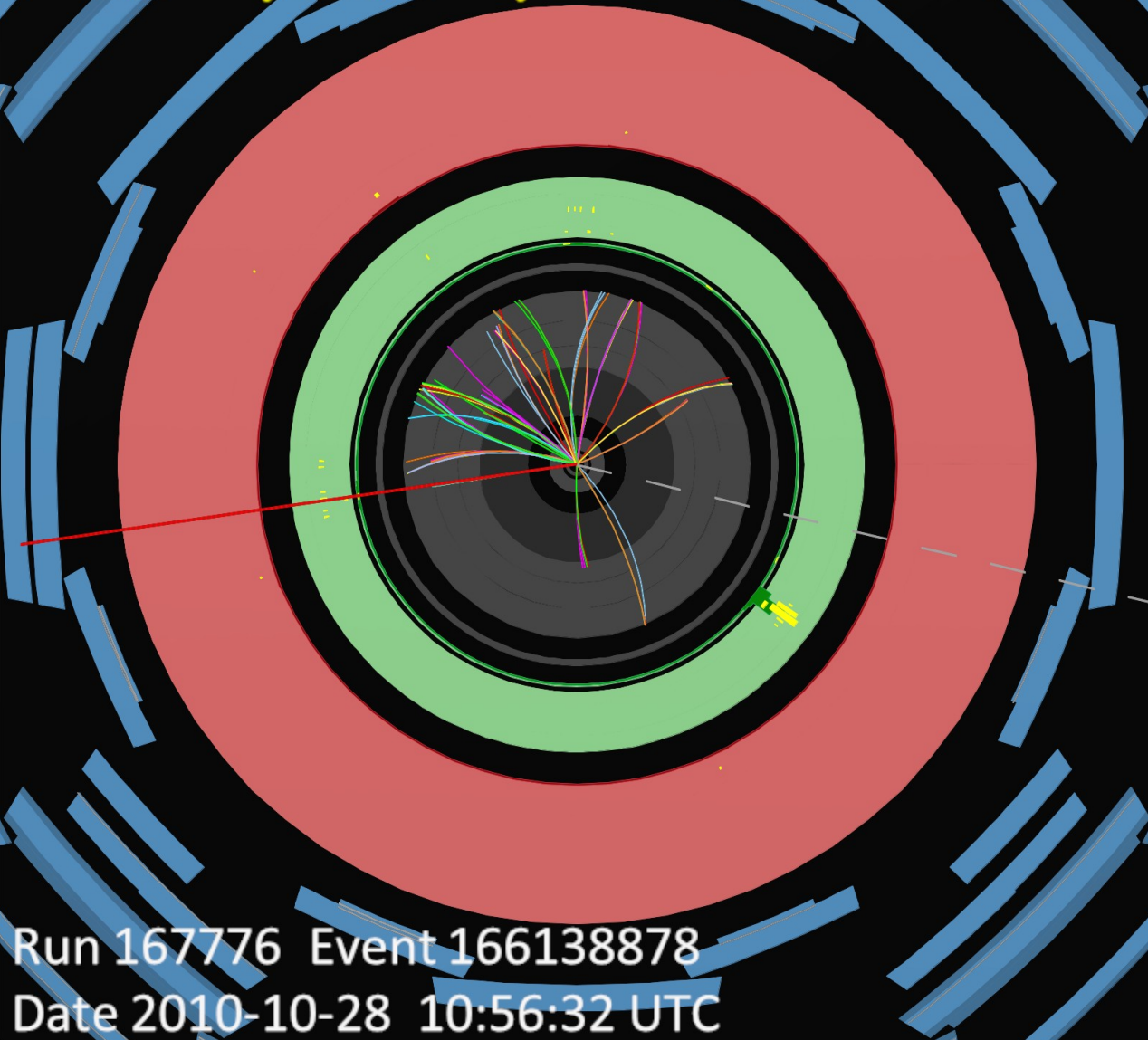
l'ipotesi della costante cosmologica, definendola come "una delle sue peggiori scoprienze"

Oggi non si sa dare una spiegazione coerente. Una suggestiva è quella per la quale Λ potrebbe essere causata dalle fluttuazioni del vuoto (un fenomeno tipicamente quantistico) che potrebbero "generare" un'energia non nulla nello spazio. Il problema è che la stima differisce per 120 ordini di grandezza....



Oggi non si sa dare una spiegazione coerente. Una suggestiva è quella per la quale Λ potrebbe essere causata dalle fluttuazioni del vuoto (un fenomeno tipicamente quantistico) che potrebbero "generare" un'energia non nulla nello spazio. Il problema è che la stima differisce per 120 ordini di grandezza....

$W(\rightarrow \mu\nu) + \gamma$ Candidate



Run 167776 Event 166138878
Date 2010-10-28 10:56:32 UTC



ATLAS
EXPERIMENT

