

CHIARAMENTE SCIENZA





Umberto Dosselli Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Fisica delle Particelle Elementari

Punta a rispondere alle due domande:

- Quali sono i costituenti fondamentali della materia?
- Quali sono le forze che controllano il loro comportamento?

Fisica delle Particelle Elementari

Sperimentalmente

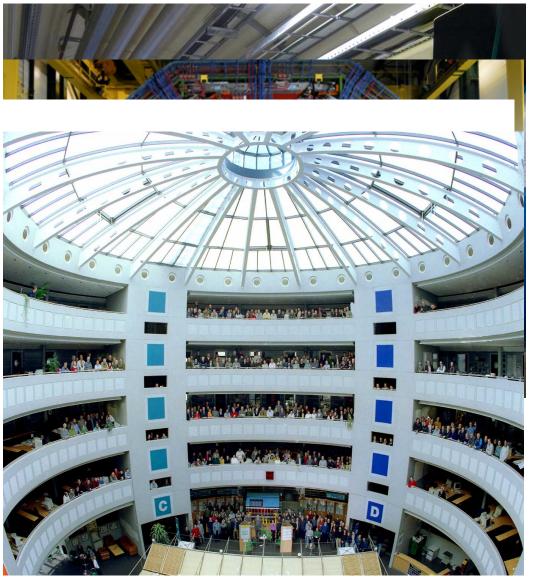
Si fanno interagire particelle e si studiano i prodotti risultanti e le loro caratteristiche.

Si misurano le energie, le direzioni e le identita' di questi prodotti il piu' precisamente possibile.

Si confrontano le misure con i modelli teorici, cercando di spiegare quanto osservato e di prevedere cosa si celi "dietro l'angolo"



Questo richiede.....



- 1. Acceleratori: potenti macchine che accelerano le particelle ad energie estremamente elevate e le portano in collisione con altre particelle
- 2. Rivelatori: strumenti giganteschi per registrare le particelle prodotte mentre escono dal punto di collisione
- **3. Computers :** per raccogliere, immagazzinare, distribuire ed analizzare la grande quantita' di dati prodotti dai rivelatori
- **4. Gente :** solo una collaborazione mondiale di migliaia di scienziati, ingegneri tecnici e staff di supporto puo' progettare, costruire e mettere in funzione queste complicate "macchine"



Acceleratori di Particelle

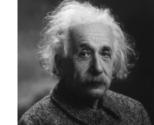


Acceleratori di Particelle

Accelerano particelle ad alte energie.

Le energie sempre piu' alte permettono

- Guardare in profondita' nella materia (E α 1/dimensione), ("potenti microscopi")
- Scoprire nuove particelle piu' pesanti($E = mc^2$)







de Broglie

Rivisitare i primi momenti del nostro universo ancestrale ("potenti telescopi"),

per osservare fenomeni e particelle normalmente non piu' visibili o esistenti oggigiorno.

Il tutto in condizioni controllate in laboratorio.



II CERN







CERN e il Progetto LHC

L'acceleratore LHC E gli Esperimenti



> 2017

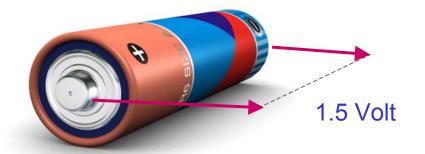
Scaletta temporale del Progetto LHC

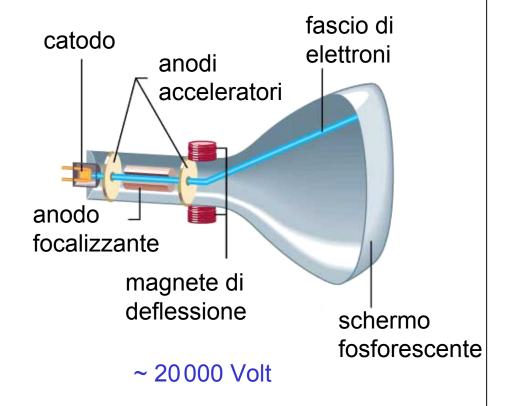
1984 Workshop on installing a Large Hadron Collider (LHC) in the LEP tunnel 1987 CERN's long-range planning committee chaired by Carlo Rubbia recommends Large Hadron Collider as the right choice for CERN's future 1989 Large Electron Positron collider starts operation First concepts for LHC Experiments, Evian les Bains 1992 LHC Approved, ATLAS and CMS approved (Technical Proposals) 1994 **Construction begins** 1998 2000 CMS assembly begins above ground; **LEP Collider closes** 2003 ATLAS underground cavern delivered and assembly underground begins 2004 CMS experiment cavern delivered LHC & Experiments ready for Beam. First proton-proton Collisions 2008 2011 Reach design luminosity (1 billion pairs of protons interacting per second) @ 7 TeV 2013 Reach design energy: 14 TeV Upgrade LHC Phase 1: increase pp interaction rate by factor of 2-4 > 2015 Upgrade LHC Phase 2: increase pointeraction rate to about 10 billion/second



Acceleratori di particelle

• Anche un (vecchio ...) televisore a CRT è un acceleratore





I protoni in LHC collidono ad un'energia di 14 TeV = 14 000 000 000 000 eV



Accelerazione in LHC





I magneti superconduttori

- Per far restare protoni da 7 TeV nell'orbita circolare di LHC sono necessari campi magnetici da circa 8 Tesla (circa 100000 volte il campo magnetico terrestre)
- 1600 magneti superconduttori sono raffreddati con He liquido superfluido ad 1.9°K (271.25°C)
- LHC contiene il sistema criogenico più grande al mondo, ed è il luogo massivo (conosciuto...) più freddo dell'Universo!
- ~7000 km di cavo superconduttore: l'intera produzione mondiale di due anni!



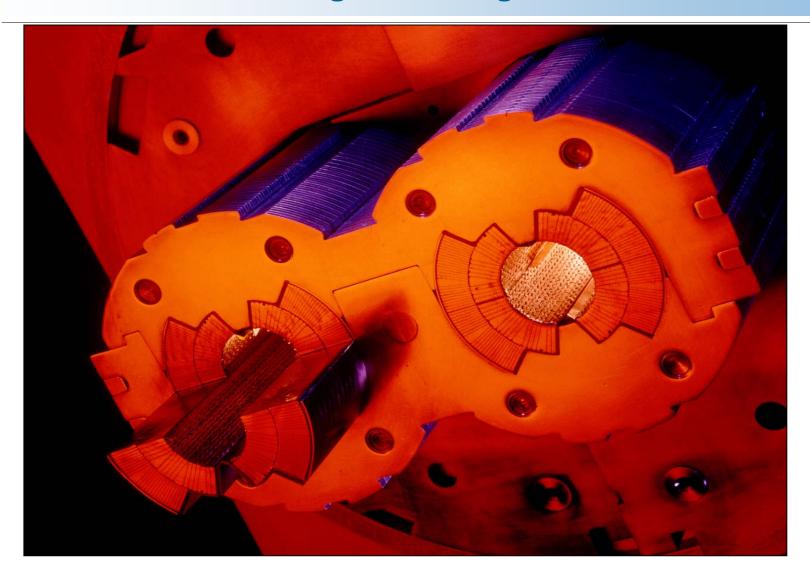


wrt Tevatron (USA)

Energy (14 TeV) \times 7 Luminosity (10³⁴cm⁻²s⁻¹) \times 30



Dettaglio dei magneti





Test e istallazione dei magneti





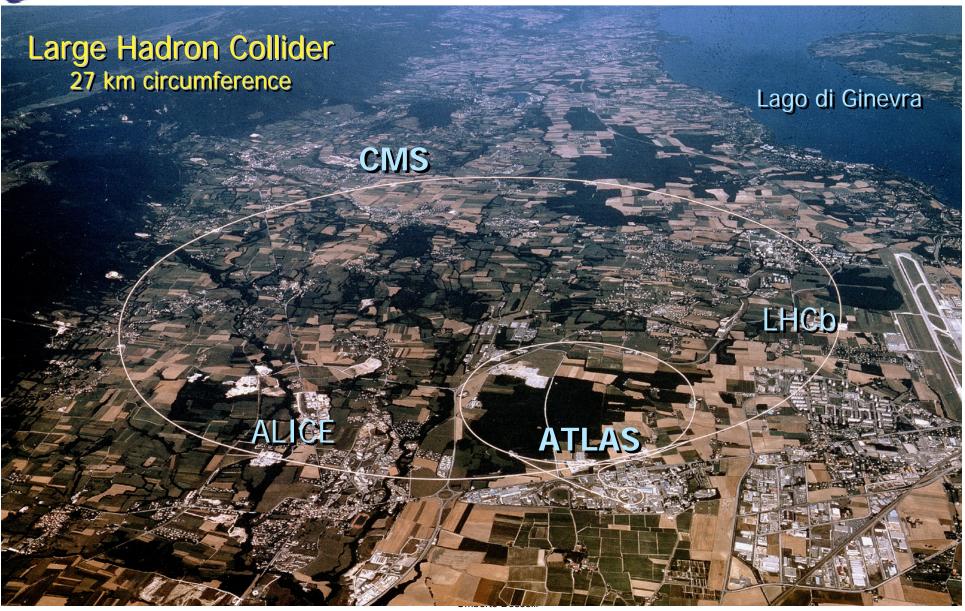


Istallazione di LHC





CERN Site





Gli esperimenti all'LHC

La Sociologia L'ambiente La Costruzione e l'assemblaggio

L'LHC & gli esperimenti all' LHC (specialmente ATLAS, CMS) sono senza dubbio i piu' complessi esperimenti scientifici mai costruiti.

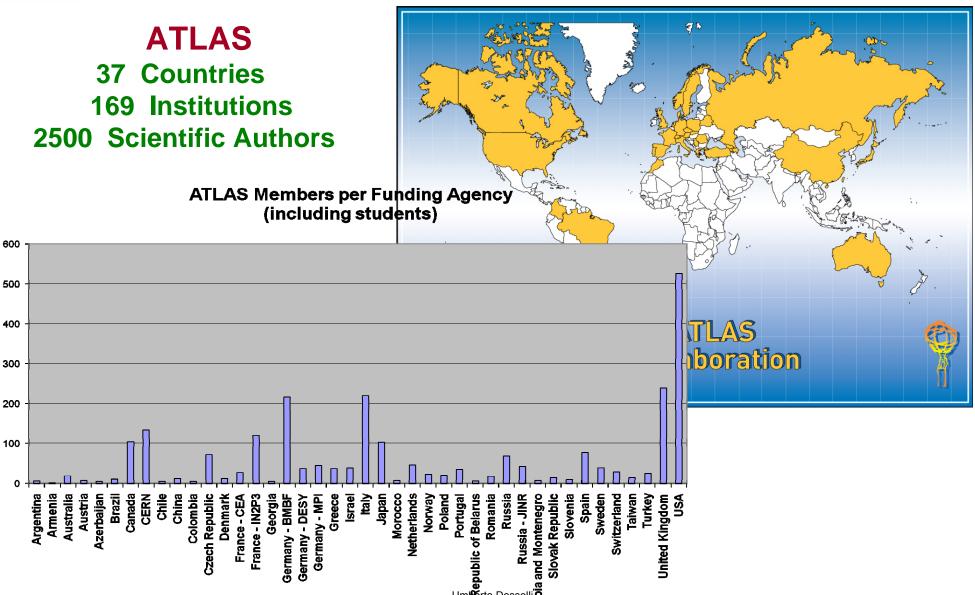


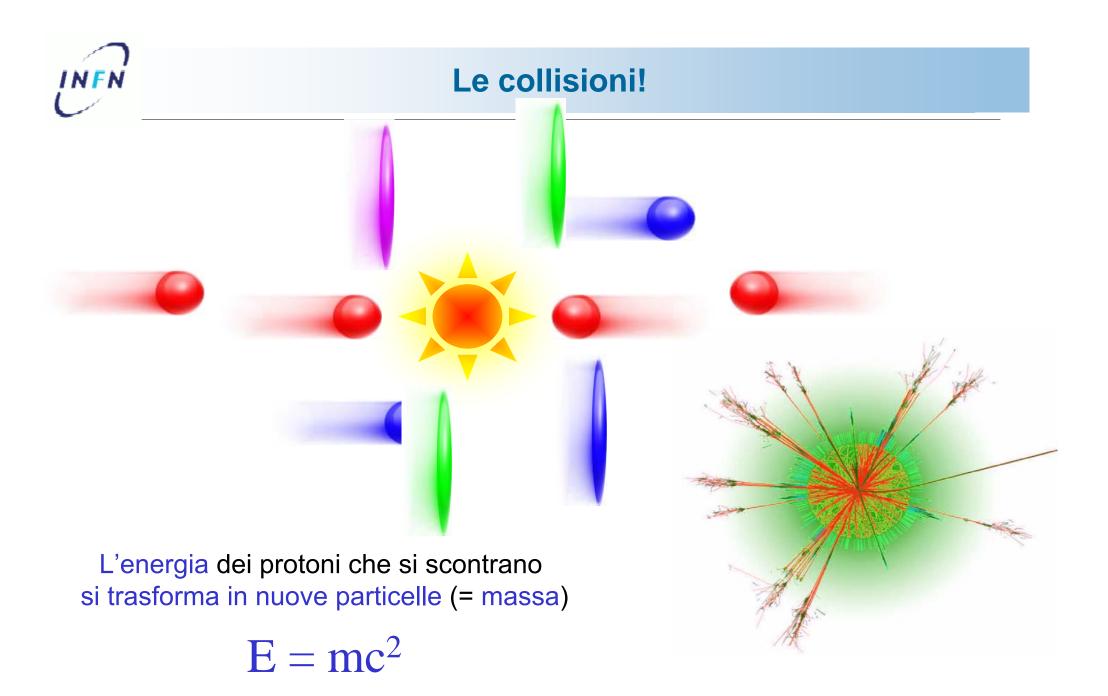
Collaborazioni internazionali

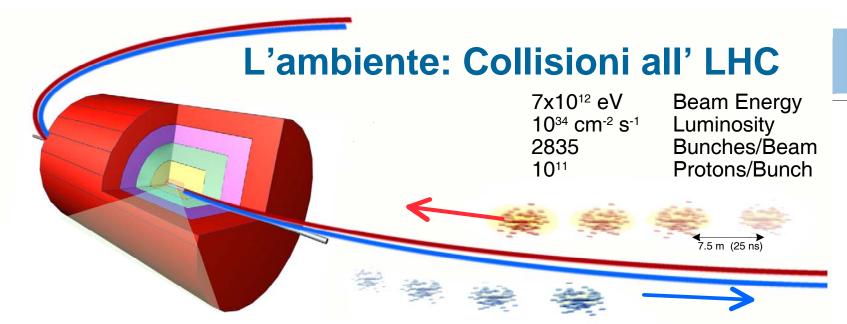




Worldwide Scientific Collaboration!







7 TeV Proton Proton colliding beams



La sfida sperimentale

Altissimi tassi di interazione

1 miliardo di interazioni protone-protone per secondo

Grandi Flussi di particelle

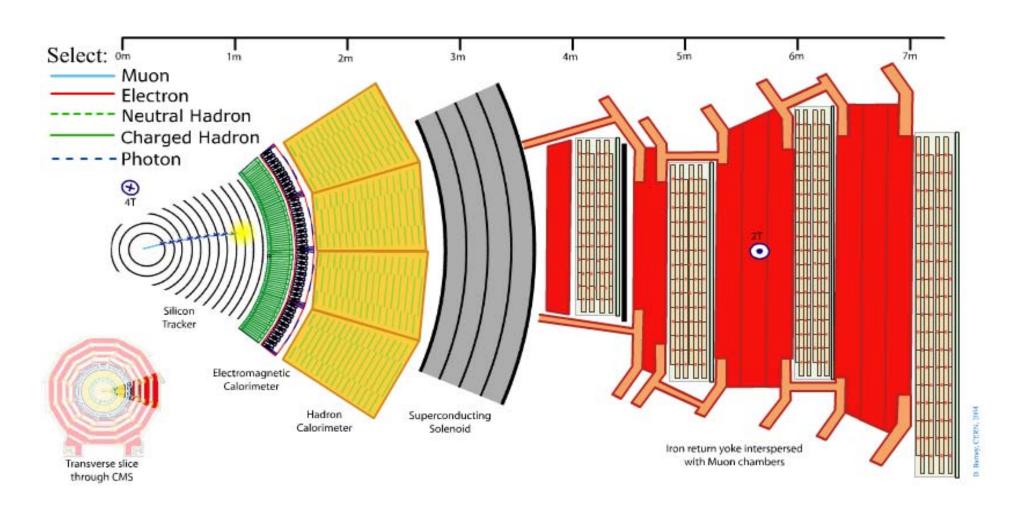
- ~ 1000 tracce si affollano nel rivelatore ogni 25 ns (25 miliardesimi di secondo!)
 - ⇒ grande numero di canali elettronici (~ 100 M ch)

Alti livelli di radiazione

⇒ rivelatori ed elettronica "radiation hard "(tolerant)

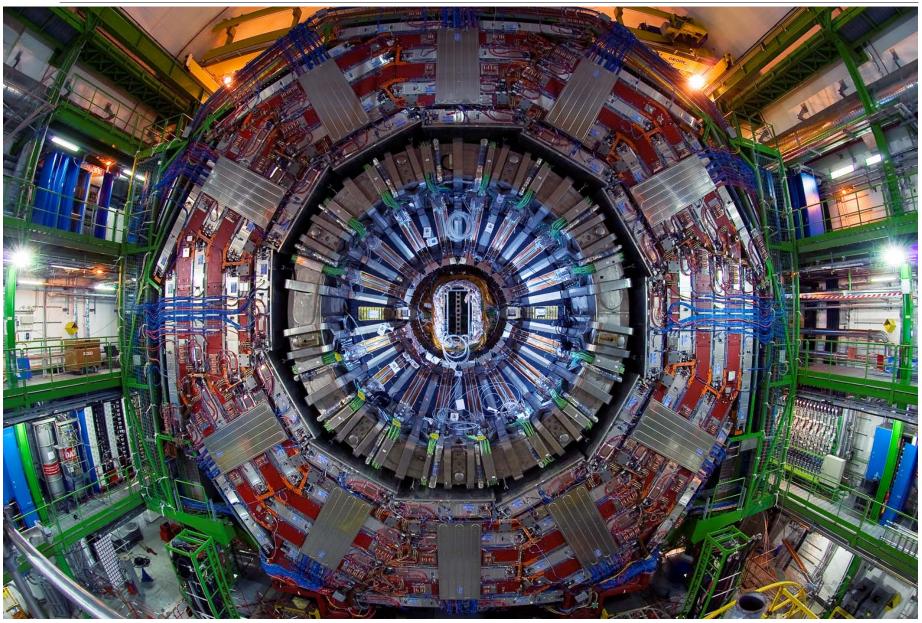


I rivelatori di particelle





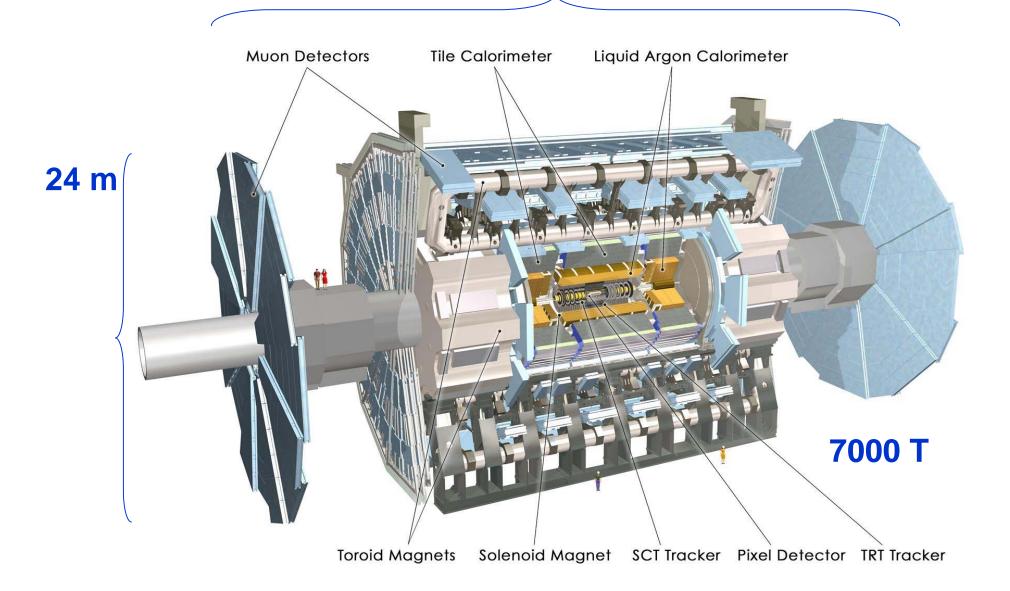
Fisheye View of the CMS Experiment





ATLAS Experiment

45 m



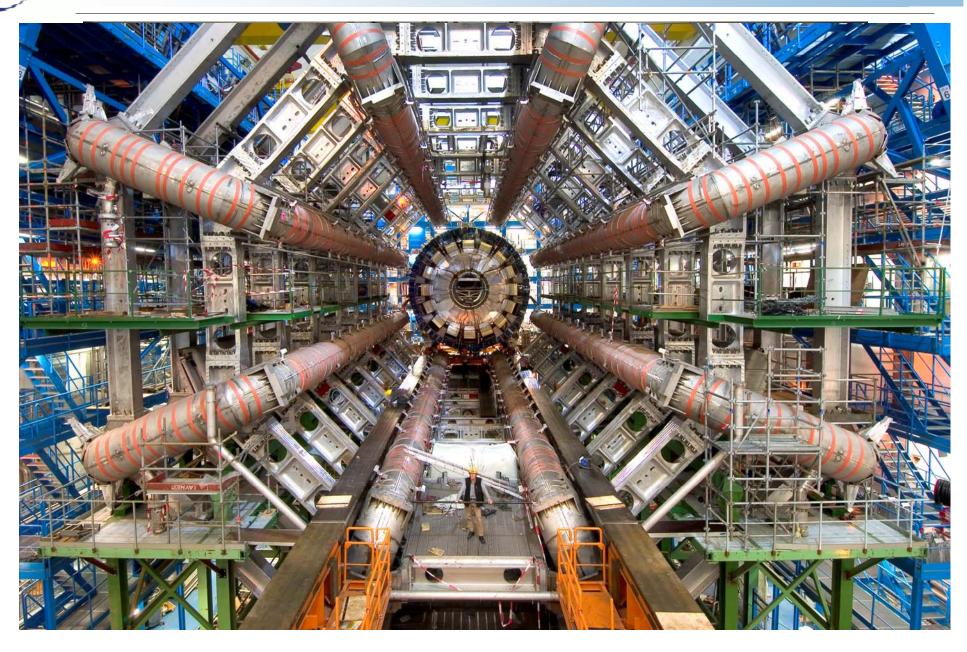


Costruzione ed Assemblaggio

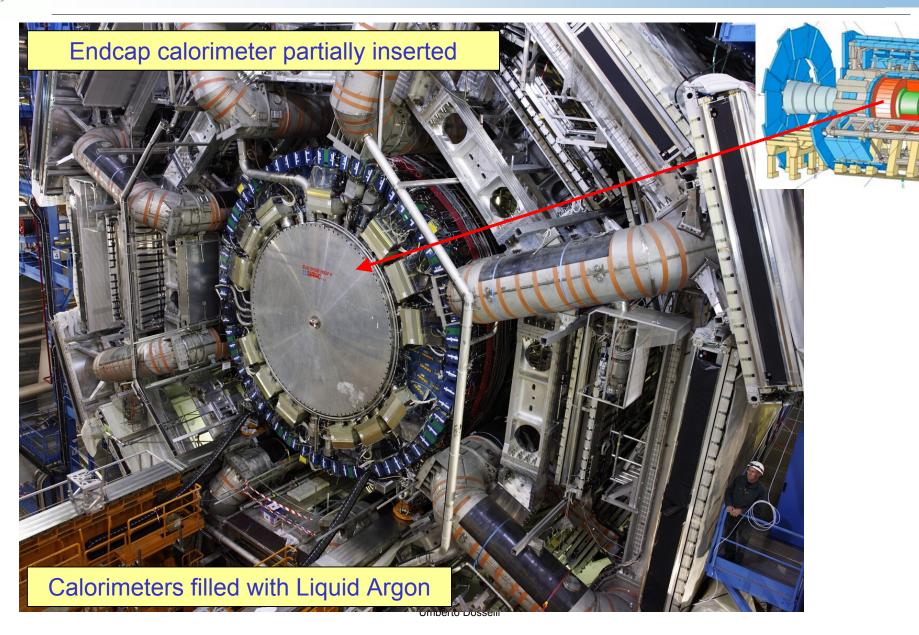
Qualche esempio

Una sfida ingegneristica
Una nuova tecnologia
Istallazione di un esperimento

The Toroidal System of Magnets of ATLAS



Calorimeters Inserted in Toroidal System





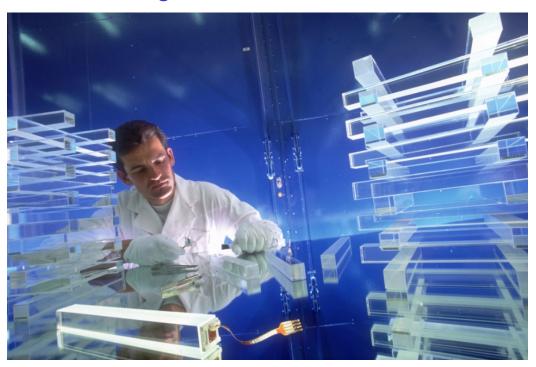
Nuove tecnologie per rivelatori

Un esempio:

Calorimetro elettromagnetico fatto di cristalli di Tungstato di Piombo

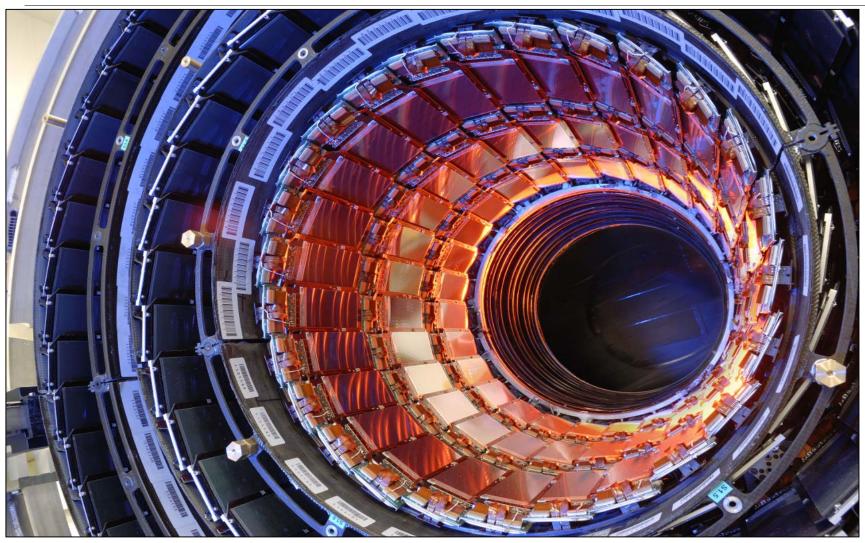
Driving Design Goal:

Misurare precisamente le energie di fotoni da decadimenti del bosone di Higgs.





Il rivelatore di tracce di CMS



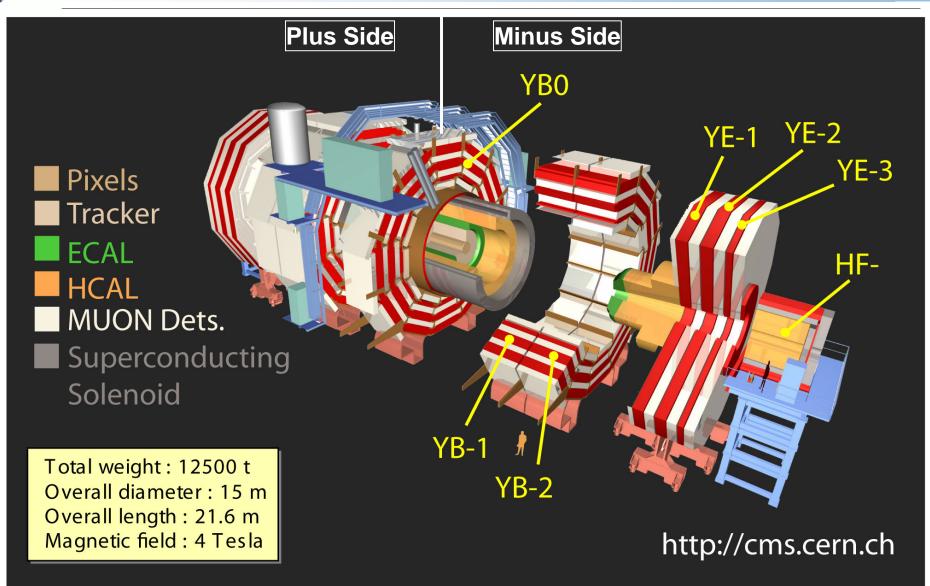


Assemblaggio e Installazione di un esperimento all' LHC

Un esempio: CMS



Exploded View of CMS





Sito di superficie nel 2000



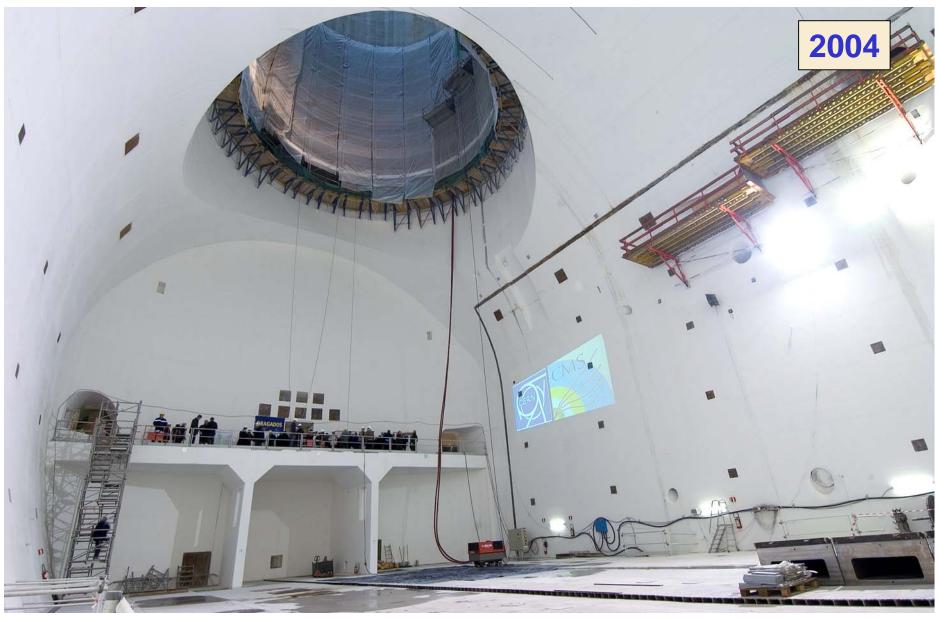


Assemblaggio della struttura di ferro



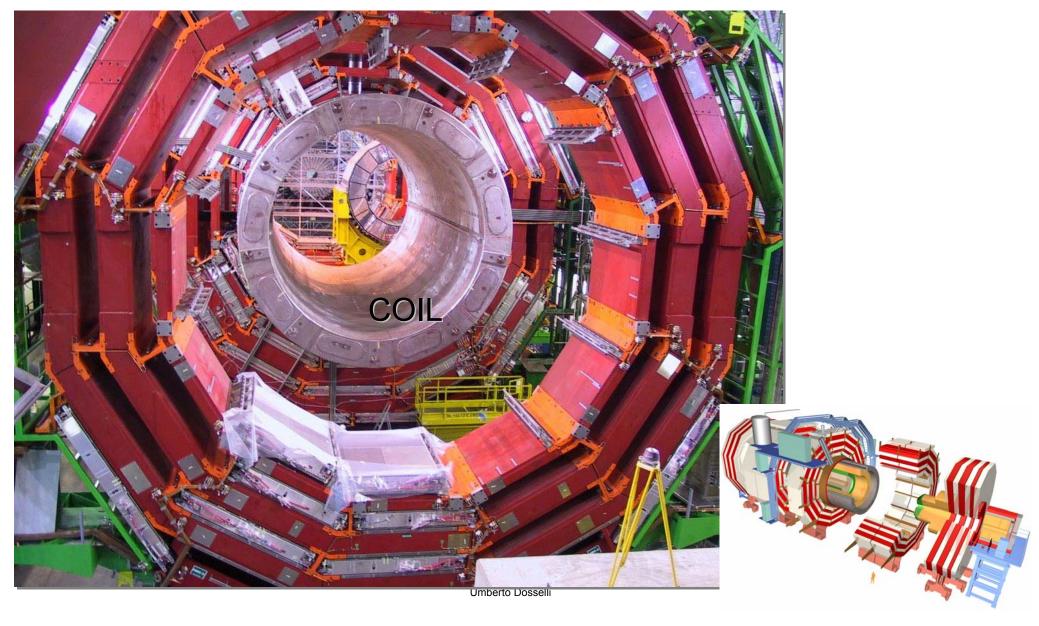


Caverna sperimentale sotterranea



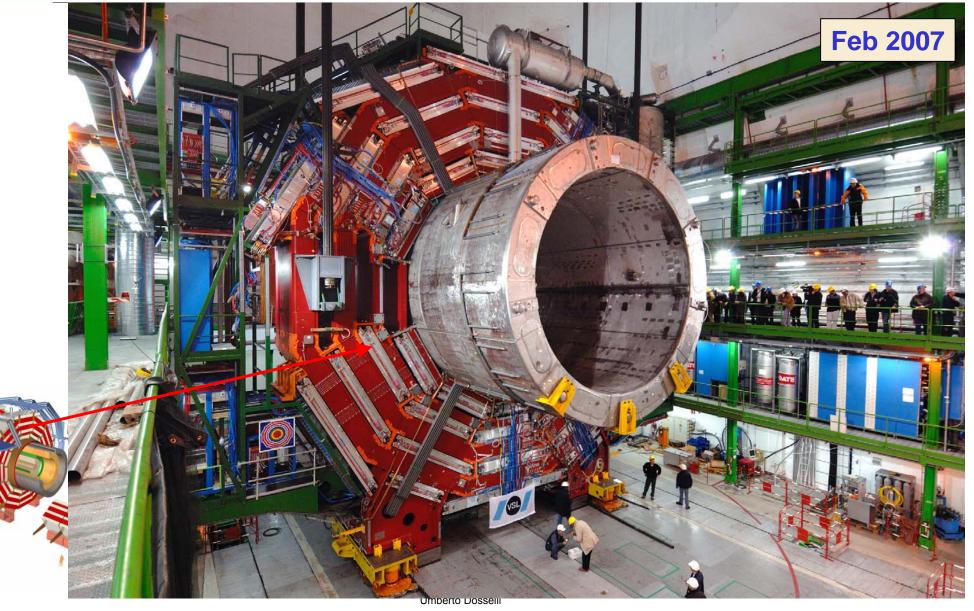


Hall di superficie in Feb 2006



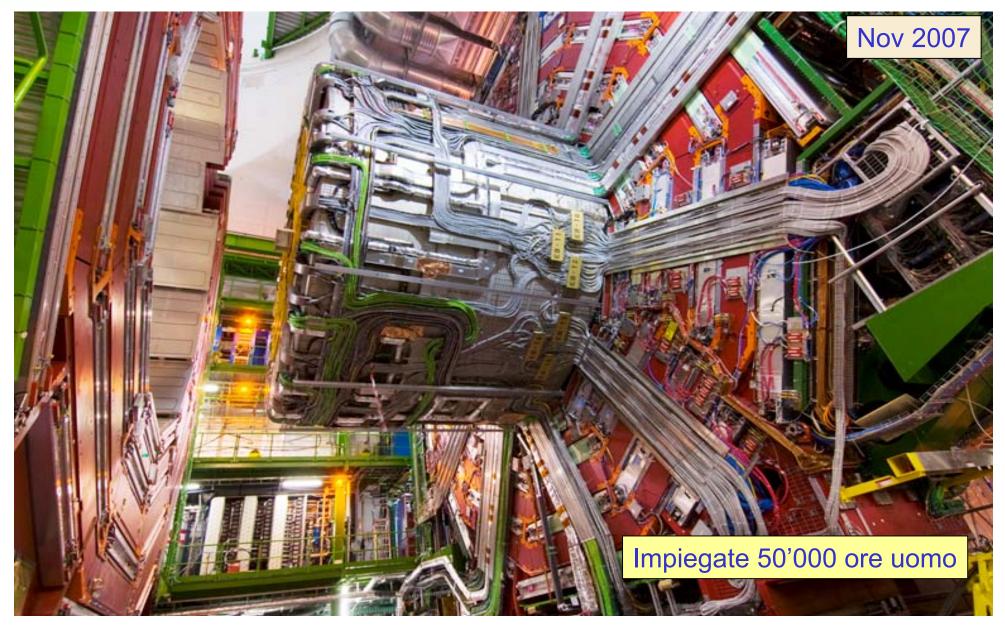


Operazioni spettacolari



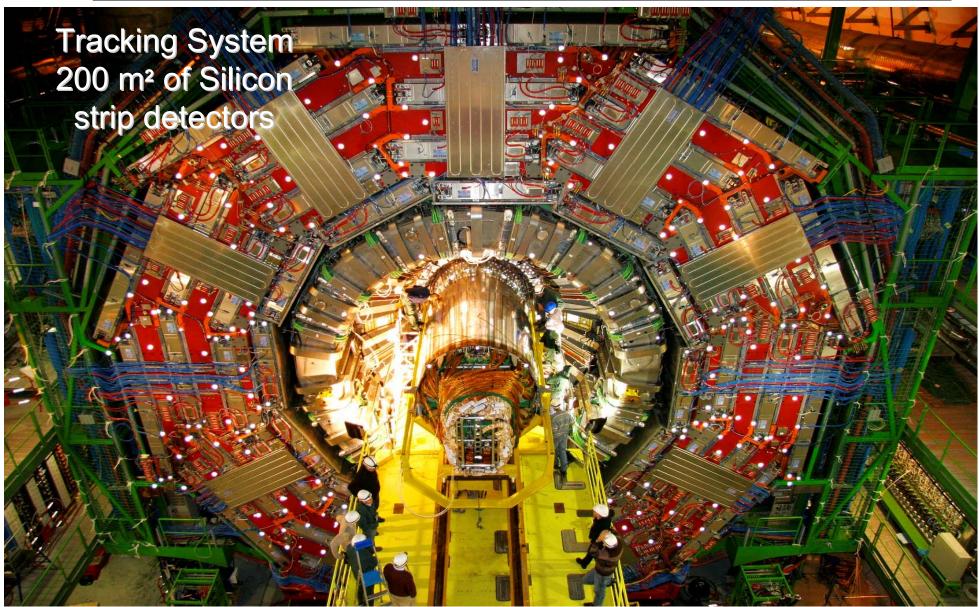


Cavi, tubi & Fibre Ottiche!



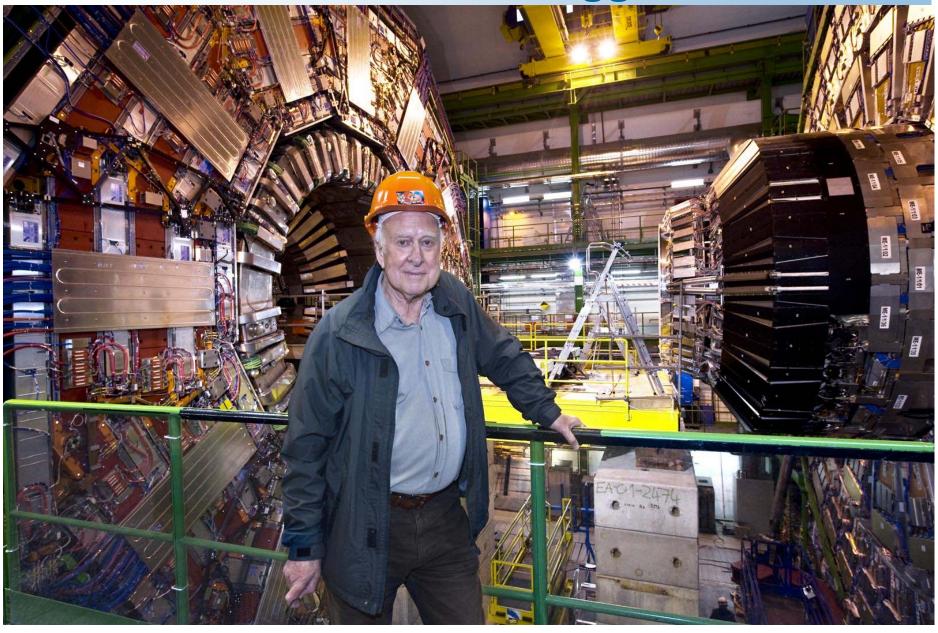


Inserzione dell'elemento piu' interno (Dic'07)



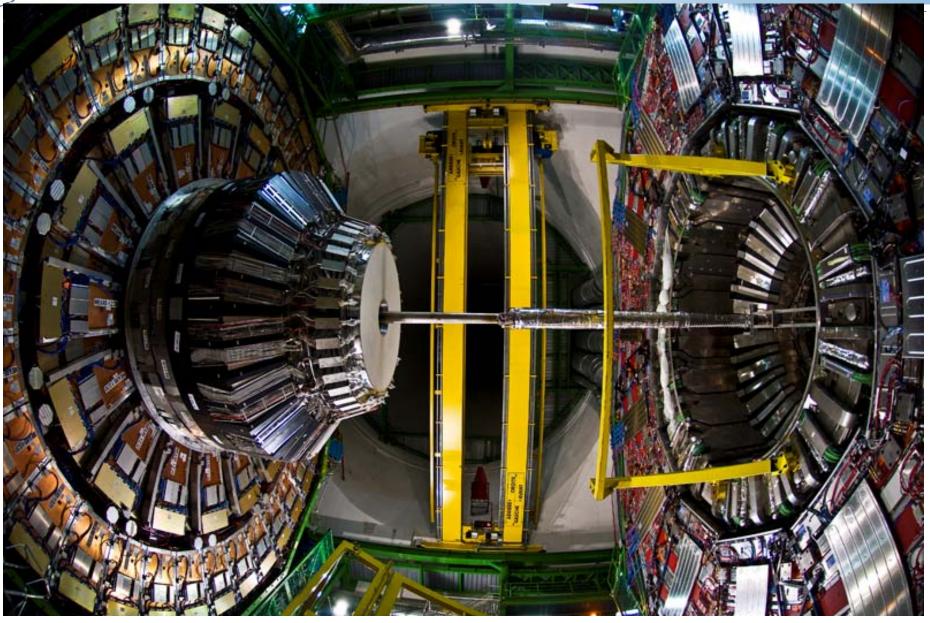


.... il Professor Higgs....





Quasi "Ready to Go!"





READY!!



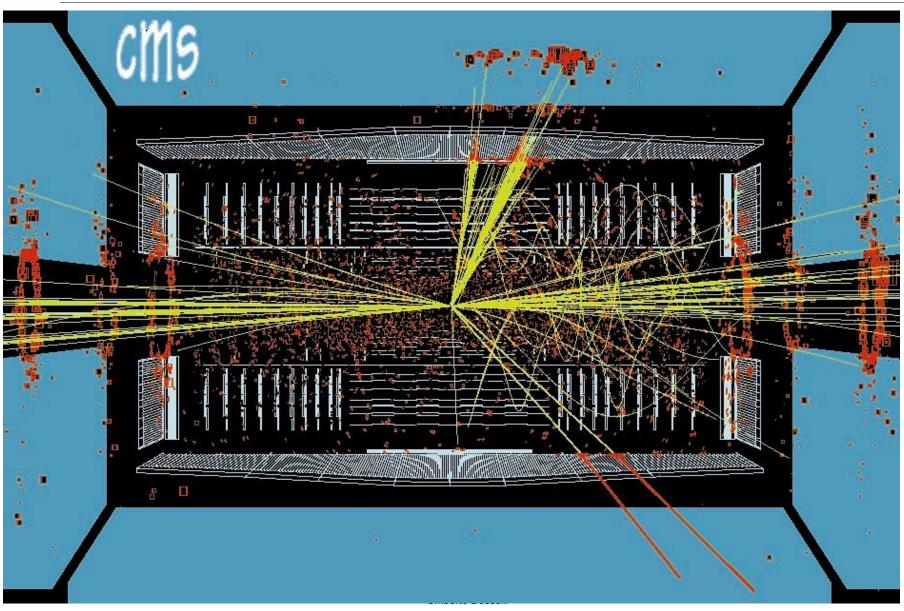




Selezione di "Eventi" interessanti Acquisire i Dati - Da elettroni a Bytes Grid Computing

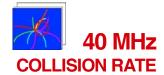


Selezione di "Eventi" interessanti





Acquisizione e Recording Dati interessanti

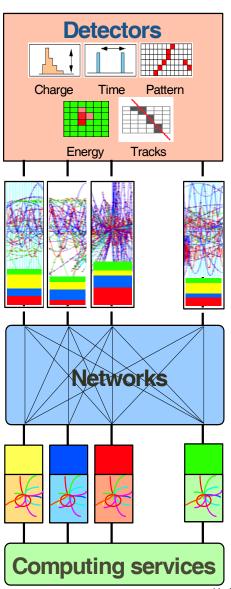


100 kHz LEVEL-1 TRIGGER

1 Terabit/s (50000 DATA CHANNELS)

500 Gigabit/s

Gigabit/s SERVICE LAN



Analogia

Con una 100 Mpix 3-D digital camera 40M foto/s

Ciascuna foto (~ 1 MB)

- presa in ~ 500 pezzi diversi
- messi insieme usando uno 'switch' delle telecomunicazioni
- analizzate in una CPU (in una farm di ~ 50000 PC)

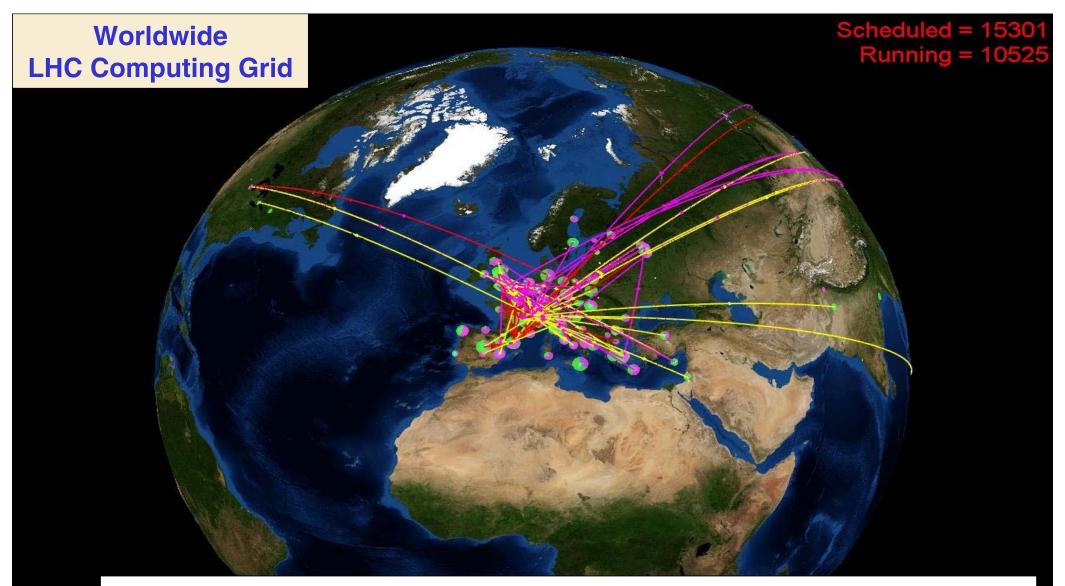
Solo poche centinaia di foto al secondo immagazzinate nel mass storage.

~ 15 milioni GB/anno (15 PB/anno)

farms convenient for on-line and off-line applications. The farm architecture is such that a single CPU processes one event

Petabyte ARCHIVE

Umberto Dosselli



Gli esperimenti produrranno circa **15 Million Gigabytes** di dati per anno (circa 5 milioni di DVD!)

L'analisi dati per l'LHC richiede una potenza di calcolo equivalente a ~100,000 dei piu' veloci PC oggi esistenti



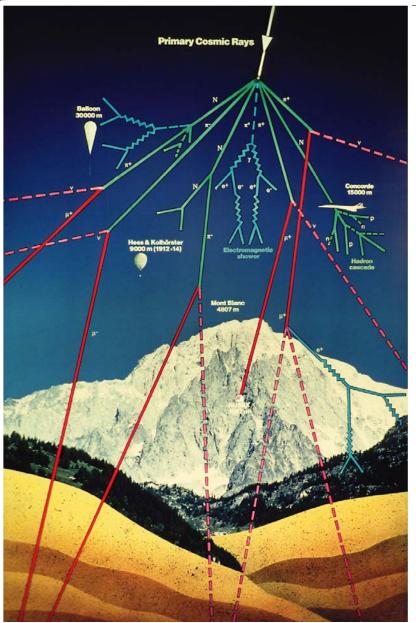
Preparazione per la partenza dell' LHC

Gli Esperimenti sono in presa dati *in situ* usando i muoni dei raggi cosmici!

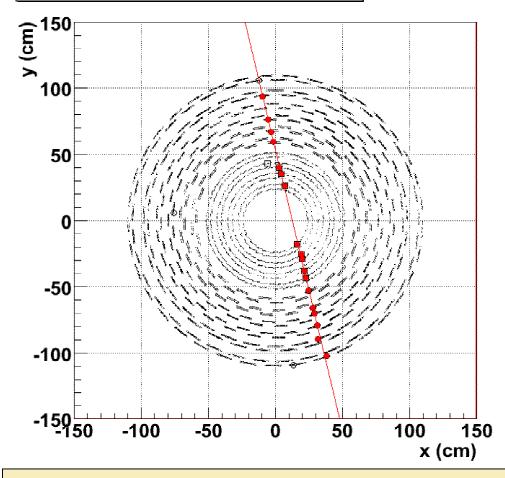
Tutto indica che gli esperimenti si comportano come atteso.



Cosmic Rays



Run 50905 Event 1576, y vs x



Decine di milioni di "eventi" da muoni da raggi cosmici visti dagli esperimenti

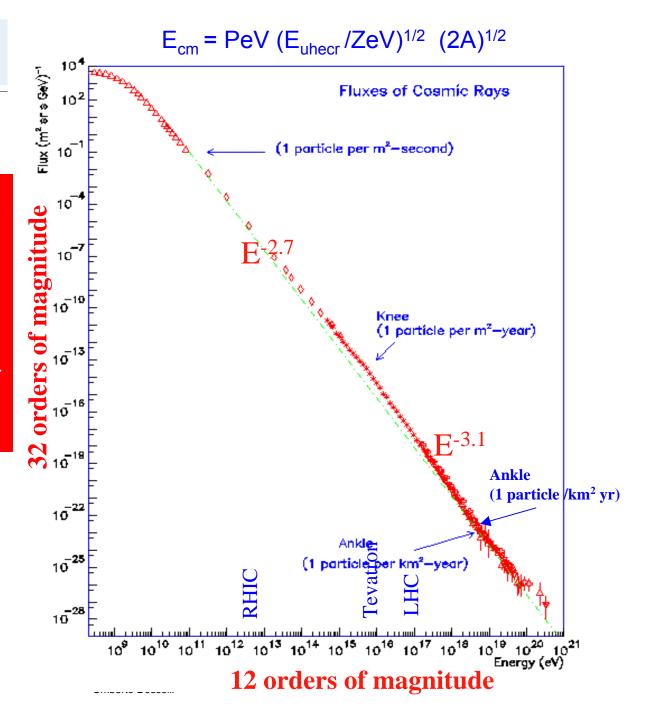
Umberto Dosselli



Due conti:

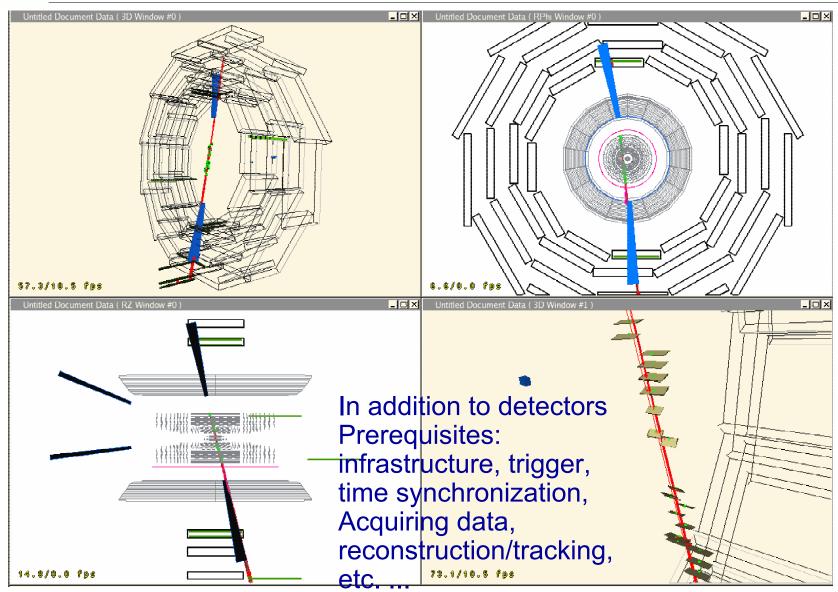
Superficie "bersaglio" Terra: 1.3 10¹⁴ m²
Flusso di raggi cosmici al suolo ~ 100 s⁻¹ m⁻²
Numero di secondi all'anno: 3 10⁷ s y⁻¹
Eta' della Terra in anni ~ 10⁹ y
Fattore di riduzione da 1 Gev a LHC: ~ 10⁻²¹

Da quando e' nata sulla Terra sono piovuti >> 1000 miliardi di raggi cosmici con energie pari o superiori a quelle dell'LHC





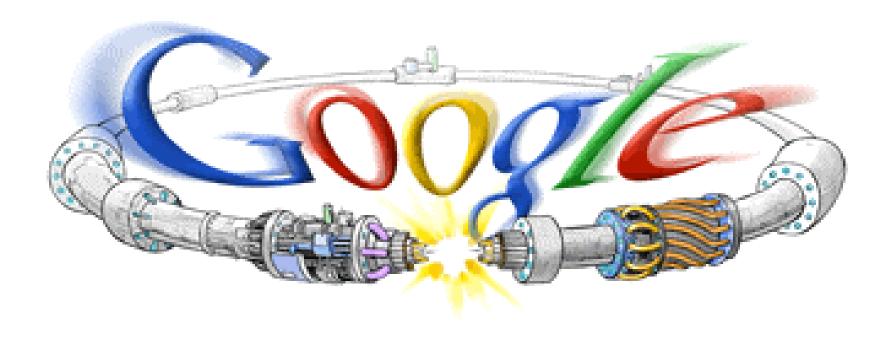
CMS: Data Taking using Cosmics



Umberto Dosselli



10 settembre 2008: si parte!!!!







Five DGs



Umberto Dosselli

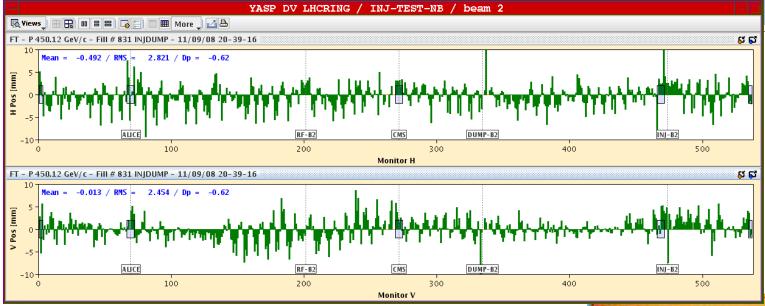


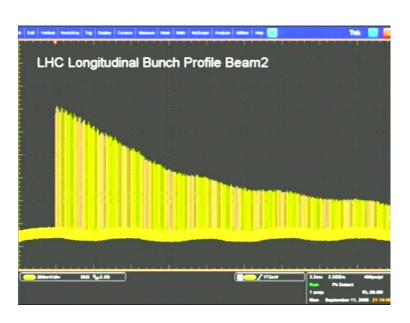
..... grande interesse

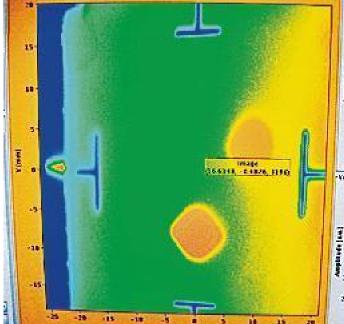


Umberto Dosselli

Orbita chiusa



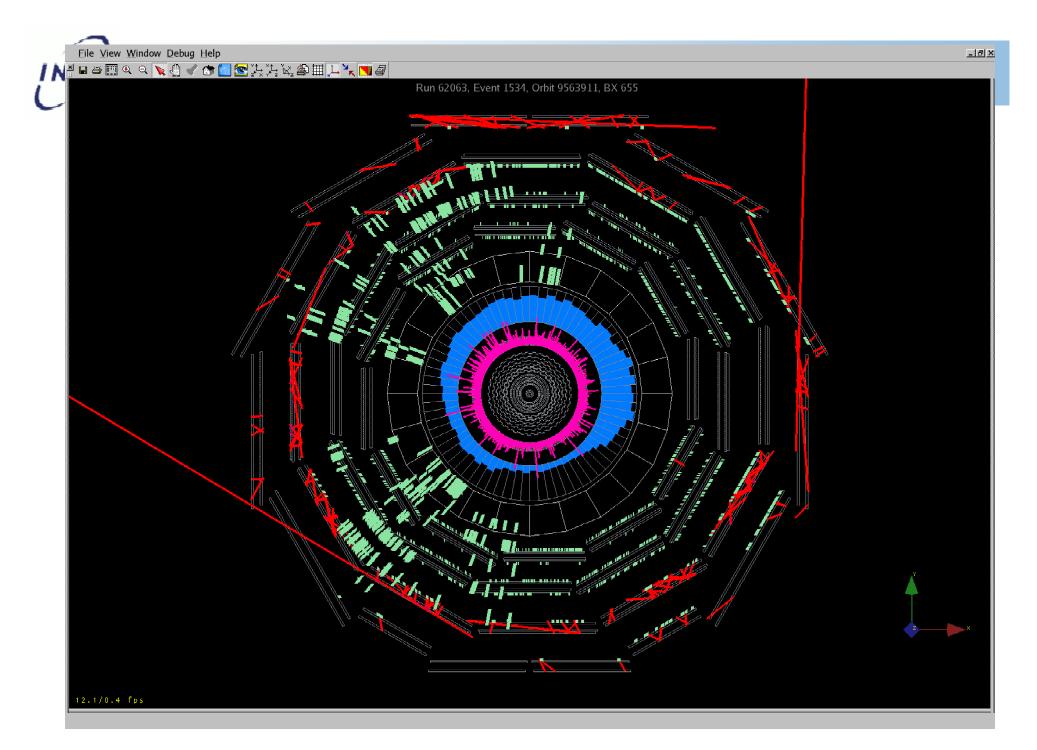




Umberto Dosselli



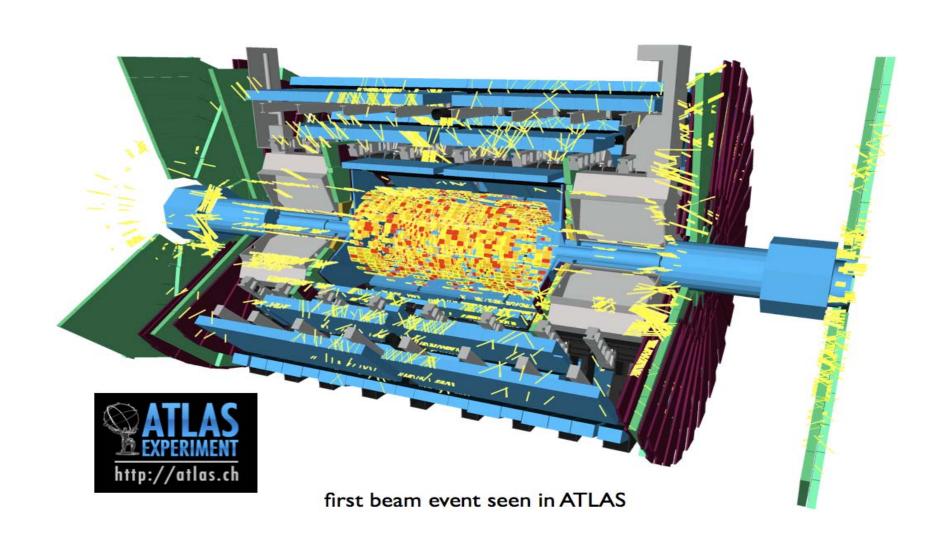
Umberto Dosselli



Run 62063, Event 1534

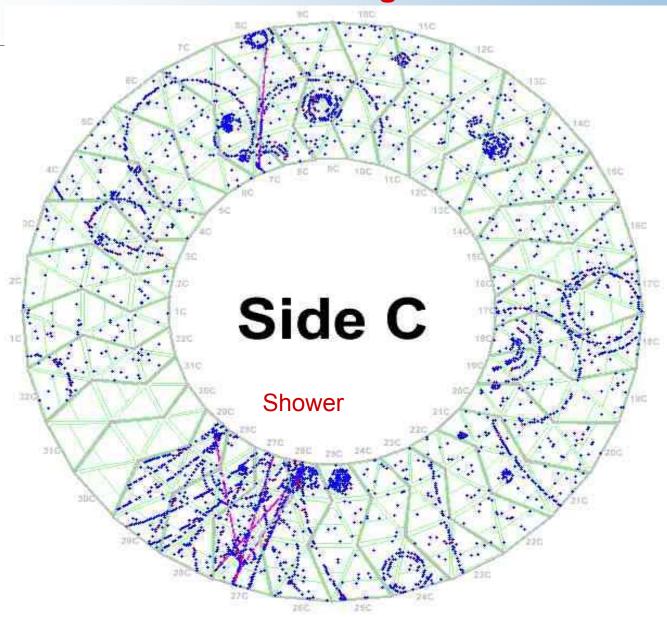


Atlas





TRT in the run 22-25 August: another event







Umberto Dosselli



Successo! Apriamo le news...





.... negli uffici di Presidenza dell'INFN...



Umberto Dosselli



L'incidente!

Durante le primissime collisioni, il 19/09/2008, una giunzione superconduttiva tra due magneti ha causato una scarica che ha danneggiato il sistema criogenico

Una fuoriuscita di elio liquido ha causato un'onda d'urto che ha danneggiato diversi magneti



Fonte: BBC news



... un anno ulteriore di lavoro (tutto il 2009...)

- riparare i danni
- migliorare il sistema di allarme





23 novembre 2009: l'attesa!





23/11, 16:40 : le prime collisioni!





E ora? La Scienza

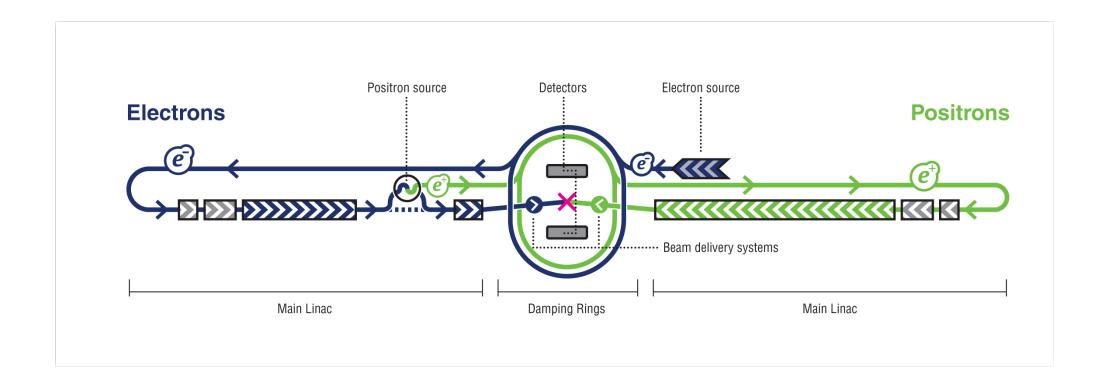
Dobbiamo affrontare alcune delle piu' profonde questioni in Fisica:

- Cosa e' la massa?
- Di che cosa e' fatto il 96% dell'Universo?
- Perche' non c'e' una maggior quantita' di antimateria?
- Esiste una Grande Unificazione in Fisica?

Il viaggio e' appena cominciato: e dopo?

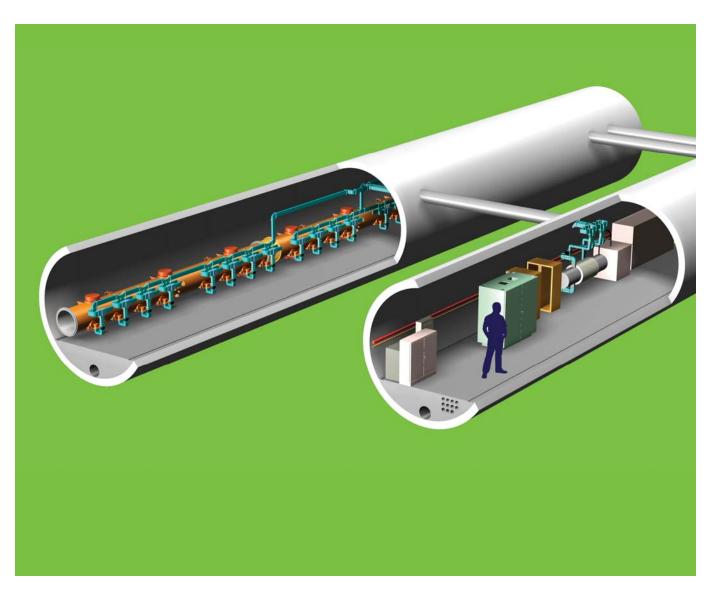


International Linear Collider/ CLIC



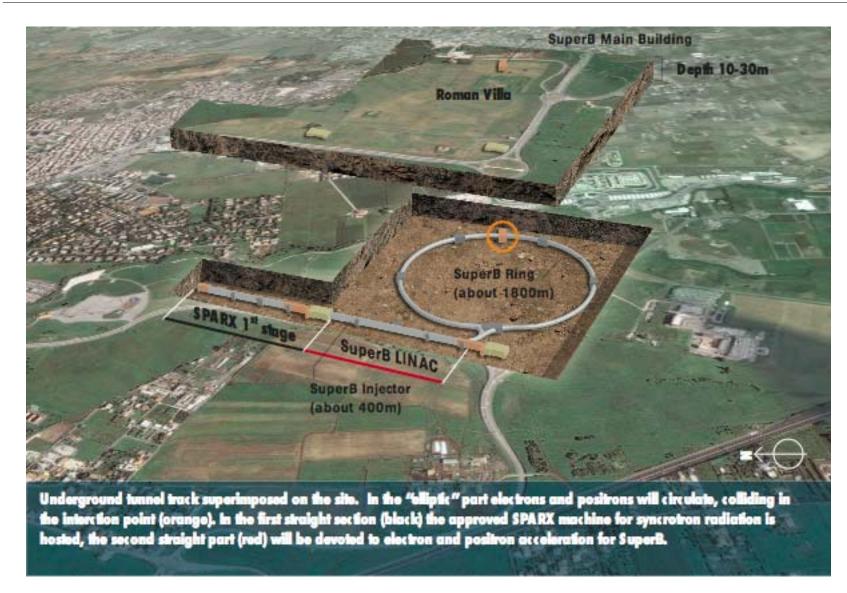


International Linear Collider/ CLIC





... e forse...





... ma tutto cio' a cosa serve?

conoscenza : conoscendo (Scienza) si puo' applicare (Tecnologia)

qualche esempio: studi antimateria ---> PET

acceleratori di particelle --> adroterapia, etc

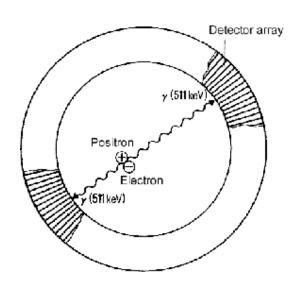
rivelatori di particelle --> tecniche diagnostiche

distribuzione dati --> WWW

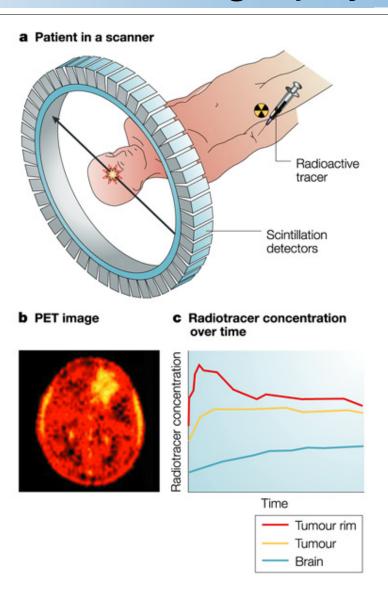
ricerca di base --> energia



PET: Positron Emission Tomography















Conclusioni

- La nave e' partita!
- durata prima presa dati ~ 5 anni
- successivamente upgrade e successiva seconda generazione
- Ci aiutera' a vedere in modo diverso l'Universo
- Abbiamo idee su come proseguire questa ricerca
- L'Italia (e quindi l'INFN) in prima linea



QuickTimeTM and a Sorenson Video 3 decompressor are needed to see this picture.



QuickTimeTM and a Sorenson Video 3 decompressor are needed to see this picture.



Grazie!!

Da Vita di Galileo di Berthold Brecht:

"...e in quel momento capii che l'era antica era finita, e stava per cominciare una nuova era... molto è stato trovato già ma quello che ancora è da scoprire è di più"

Per seguire l'avventura dell'LHC:

http://www.infn.it/lhcitalia/