

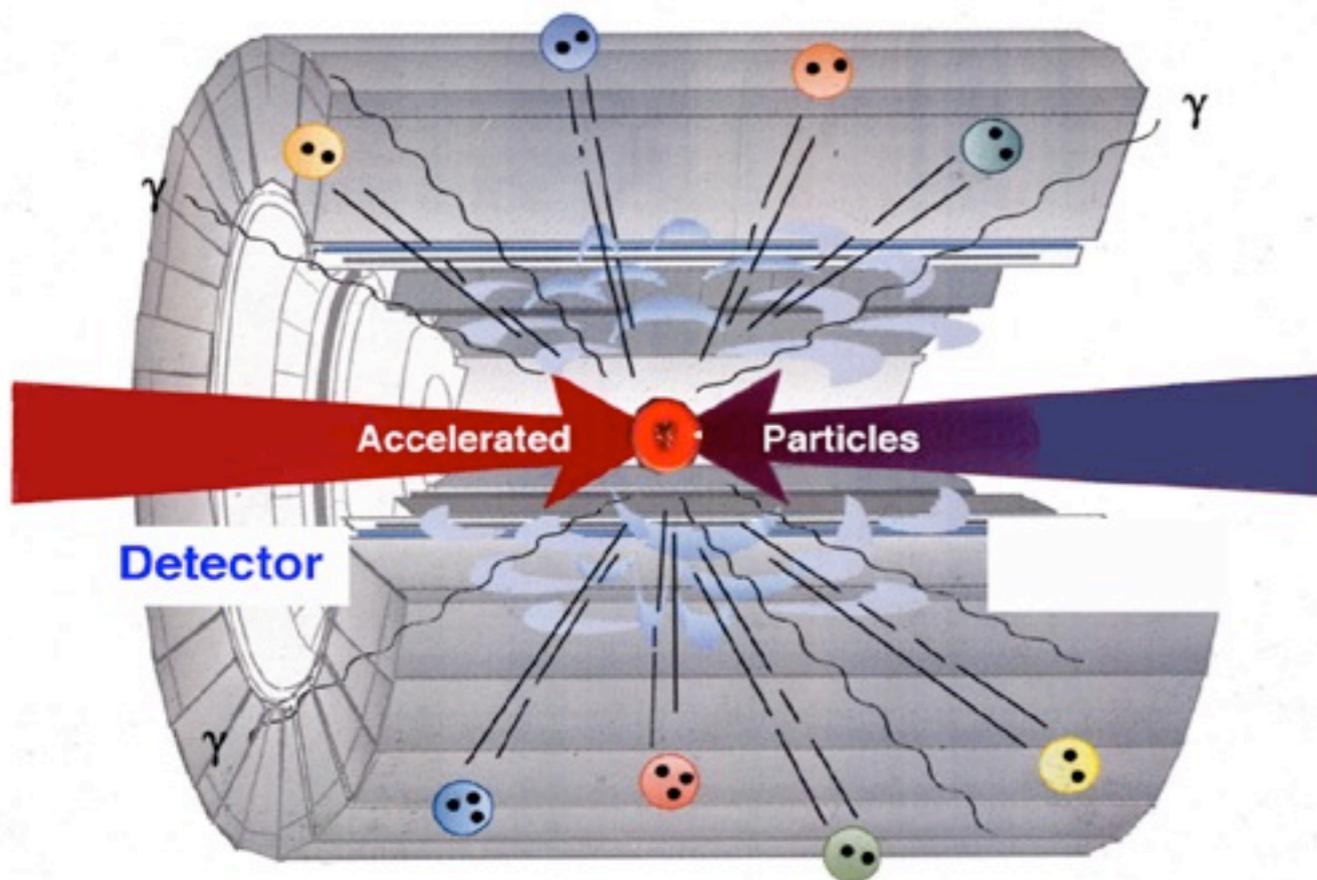
Introduzione a CMS

Visita al CERN
10 Aprile 2010

Federico De Guio
Università degli Studi di Milano Bicocca ed INFN

- **CMS: generalità e caratteristiche**
 - sottorivelatori e campo magnetico
 - selezionare gli eventi: il trigger
- **Status del rivelatore e fasi del commissioning**
- **Primi risultati in attesa di scoprire l'Higgs**
 - muoni cosmici e beam splash
 - collisioni a 7TeV

La fisica ai collisori



1) Concentrare energia sulle particelle nell' Acceleratore

2) Fare collidere le particelle

3) Identificare i prodotti dell'interazione nel rivelatore

$E=mc^2$: la massa si può trasformare in energia e viceversa
(annichilazione e produzione coppie)

Rivelare le particelle

- Se le particelle interagiscono con del “materiale sensibile” è possibile studiarne le caratteristiche
- **materiale sensibile = rivelatore di particelle**
- Due tipi di misure possibili:
 - **Non distruttive**: si vuole studiare la traiettoria di una particella senza disturbarla troppo
 - **Distruttive**: si vuole misurare l'energia di una particella, per cui facciamo in modo che trasferisca tutta la sua energia al rivelatore



Compact Muon Solenoid (CMS)

BOBINA SUPERCONDUTTIVA

ECAL: cristalli PbWO₄

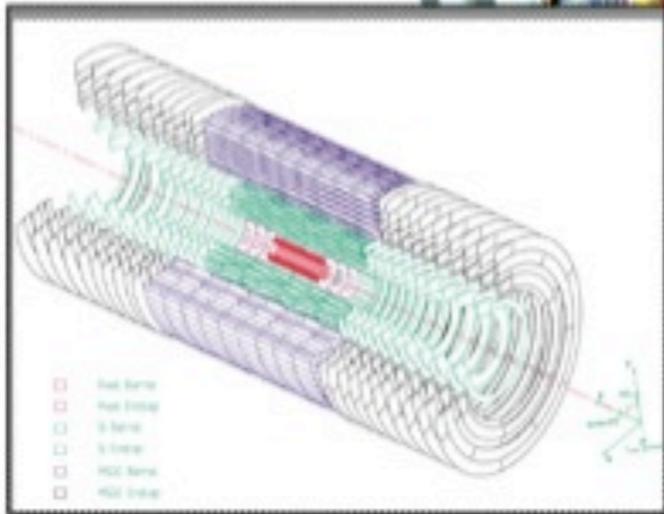
HCAL: scintillatore plastico

CALORIMETRI

Numero di scienziati: 1961
 Numero di istituti: 180
 Numero di nazioni: 37

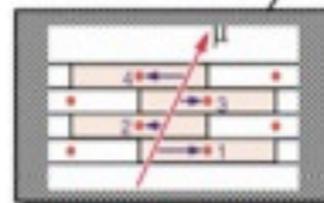
GIOGO RITORNO

TRACKER



Microstrisce Silicio
 Pixels

MUONI BARREL

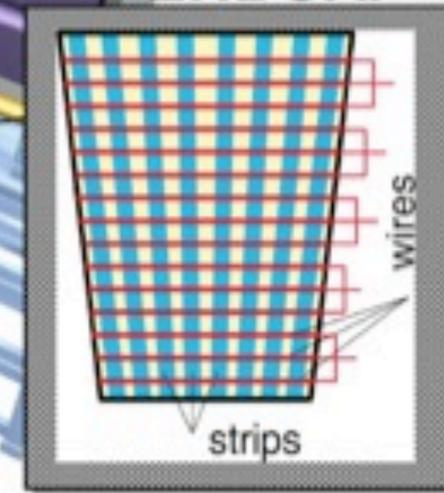


Drift Tube
Chambers (DT)



Resistive Plate
Chambers (RPC)

**MUONI
ENDCAP**



Cathode Strip Chambers (CSC)
 Resistive Plate Chambers (RPC)

Peso totale : 12,500 t
 Diametro : 15 m
 Lunghezza : 21.6 m
 Campo Magnetico : 3.8 Tesla

Qualche numero

- 12500 tonnellate
- 150 m sotto terra
- Dimensioni: $22 \times 15 \times 15 \text{ m}^3$ (ATLAS è 8 volte più grande)
- 220 m^2 di silicio (una piscina non olimpionica)
- 100 milioni di canali di acquisizione
- Campo magnetico 100.000 volte quello terrestre, su un volume di decine di metri cubi
- Ferro per il giogo del magnete nella stessa quantità di quello usato per costruire la torre Eiffel

Il tracciatore

Diameter 2.4m
Length 5.4m
Volume 24.4m³
Running temperature -10⁰C
Dry atmosphere for 10 years

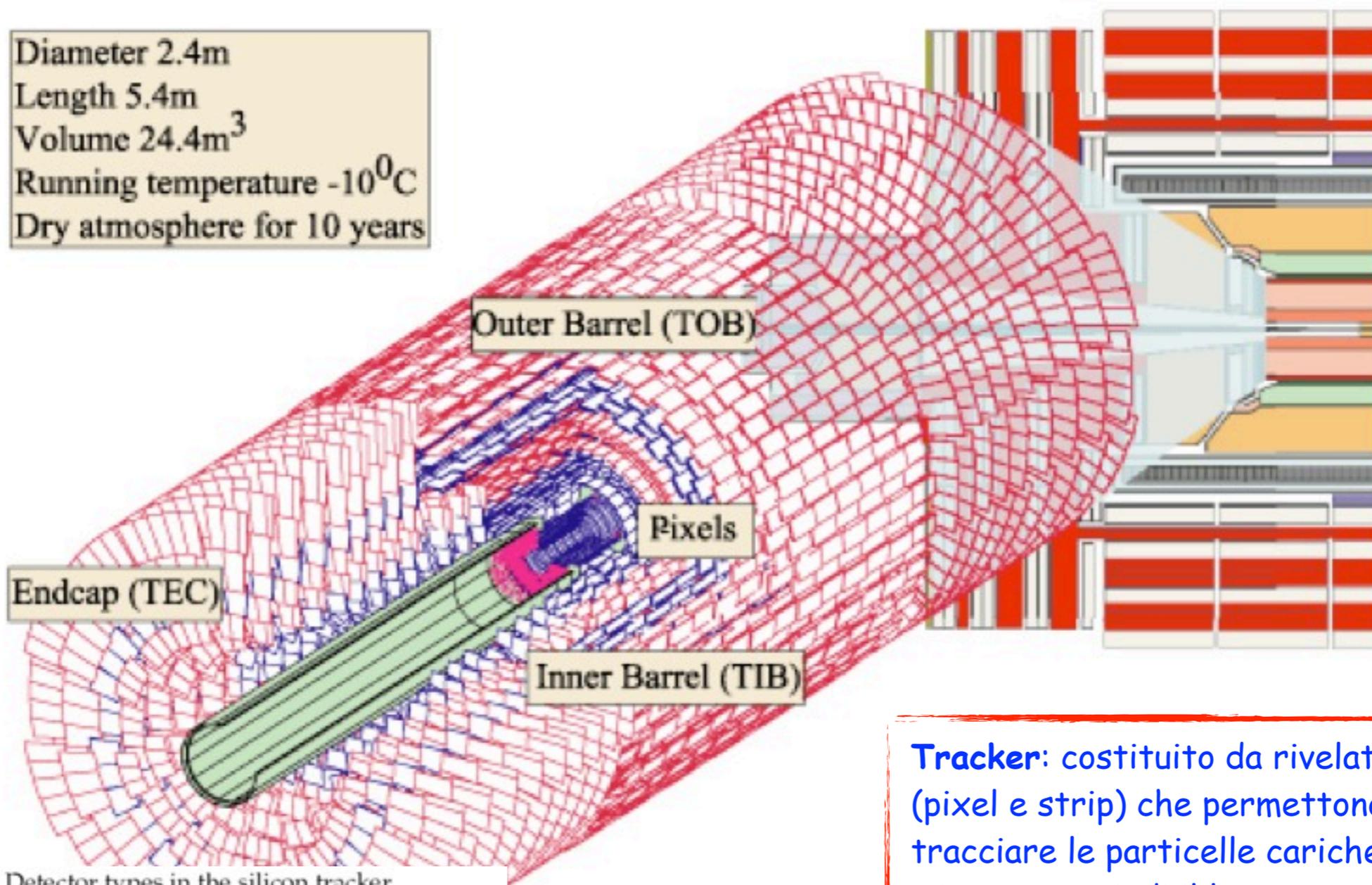


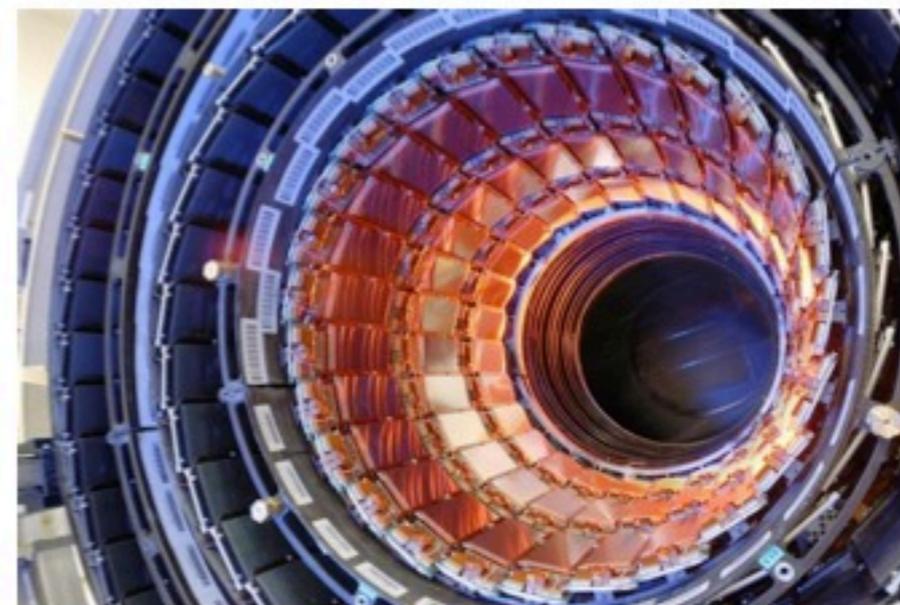
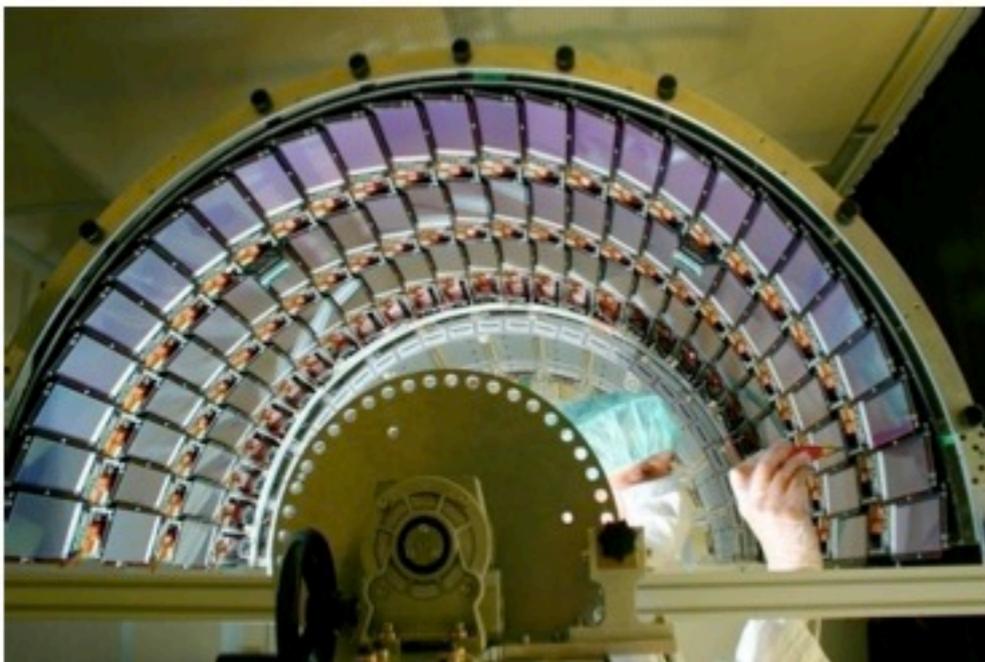
Table 1.4: Detector types in the silicon tracker

part	No. detectors	thickness (μm)	mean pitch (μm)
TIB	2724	320	81/118
TOB	5208	500	81/183
TID	816	320	97/128/143
TEC	2512	320	96/126/128/143
TEC(2)	3888	500	143/158/183

Tracker: costituito da rivelatori al silicio (pixel e strip) che permettono di tracciare le particelle cariche e di misurarne quindi il loro momento. E' possibile inoltre ricostruire i vertici secondari delle particelle non stabili a vita lunga.

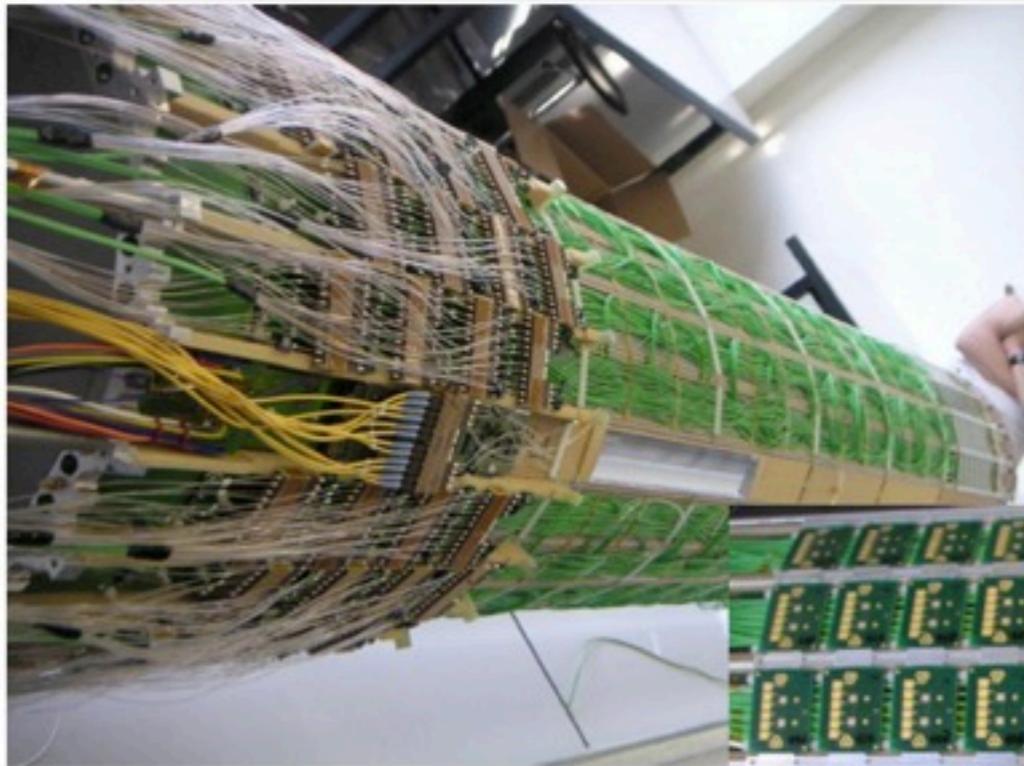
Microstrip - Barrel

Il tracciatore



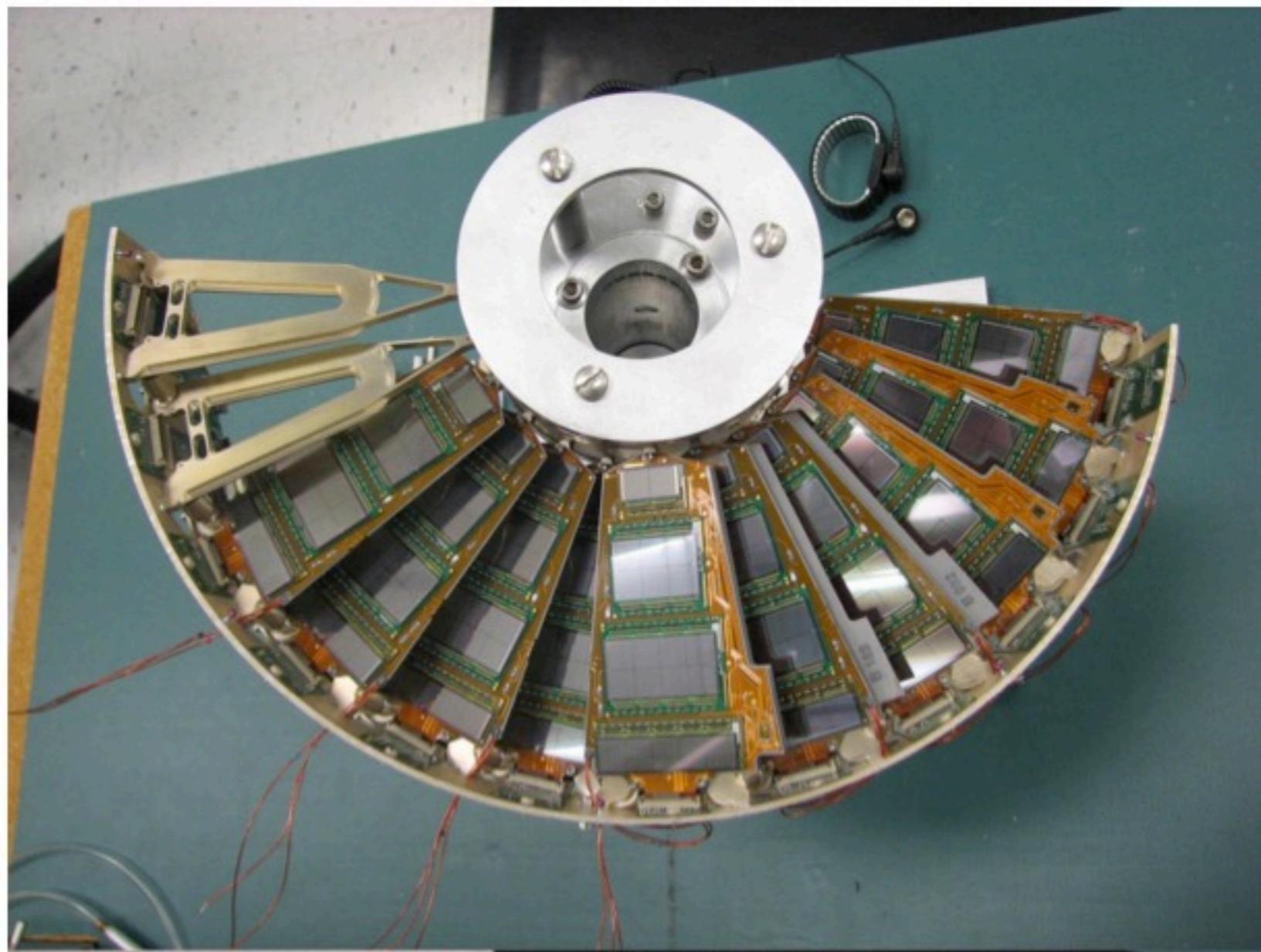
Pixels - Barrel

Il tracciatore

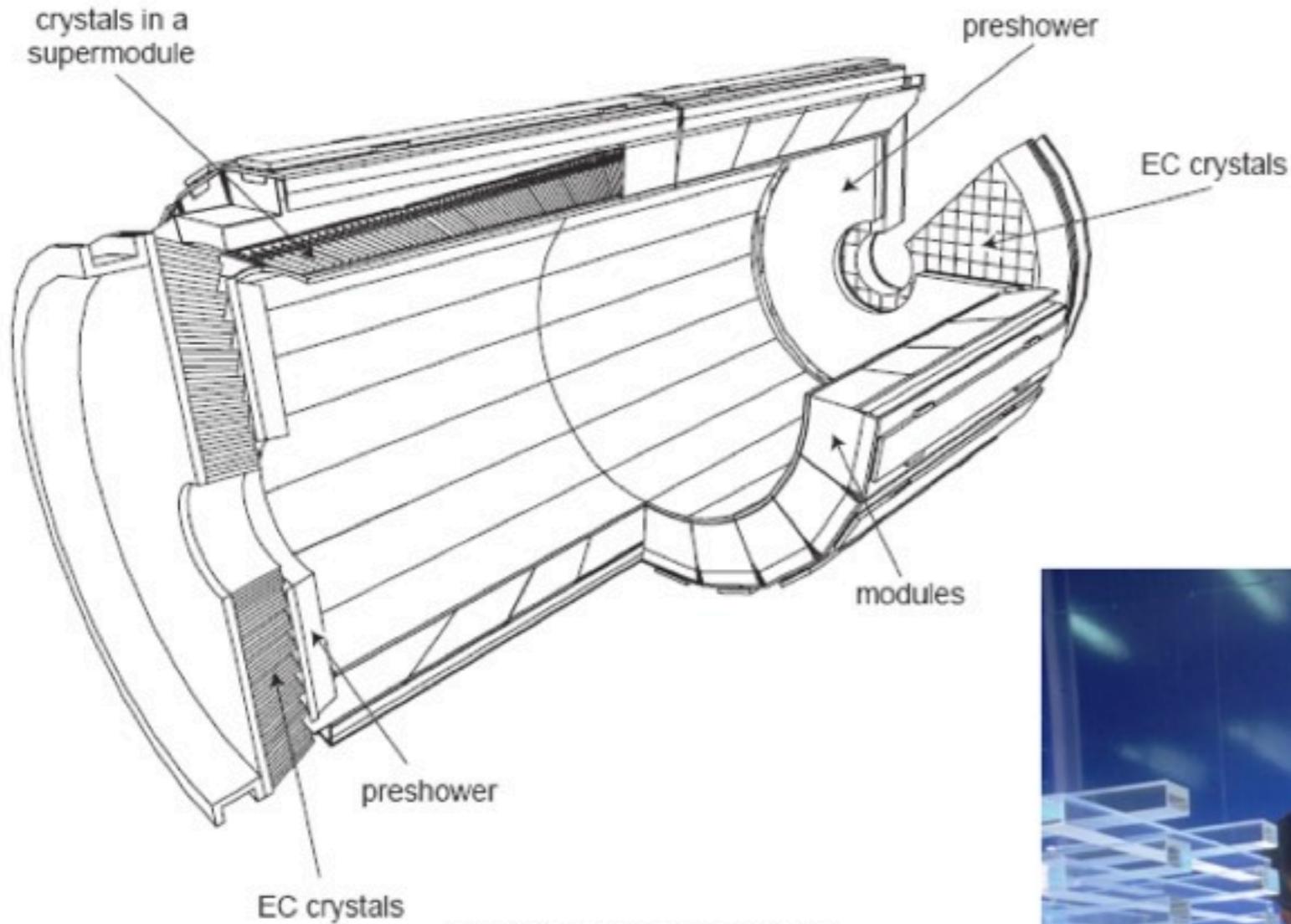


Pixels - Endcap

Il tracciatore



ECAL



ECAL: quasi 80000 cristalli scintillanti di tungstato di piombo sono usati per la rivelazione di elettroni e fotoni. Un preshower aiuta a identificare le particelle negli endcaps.

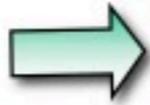
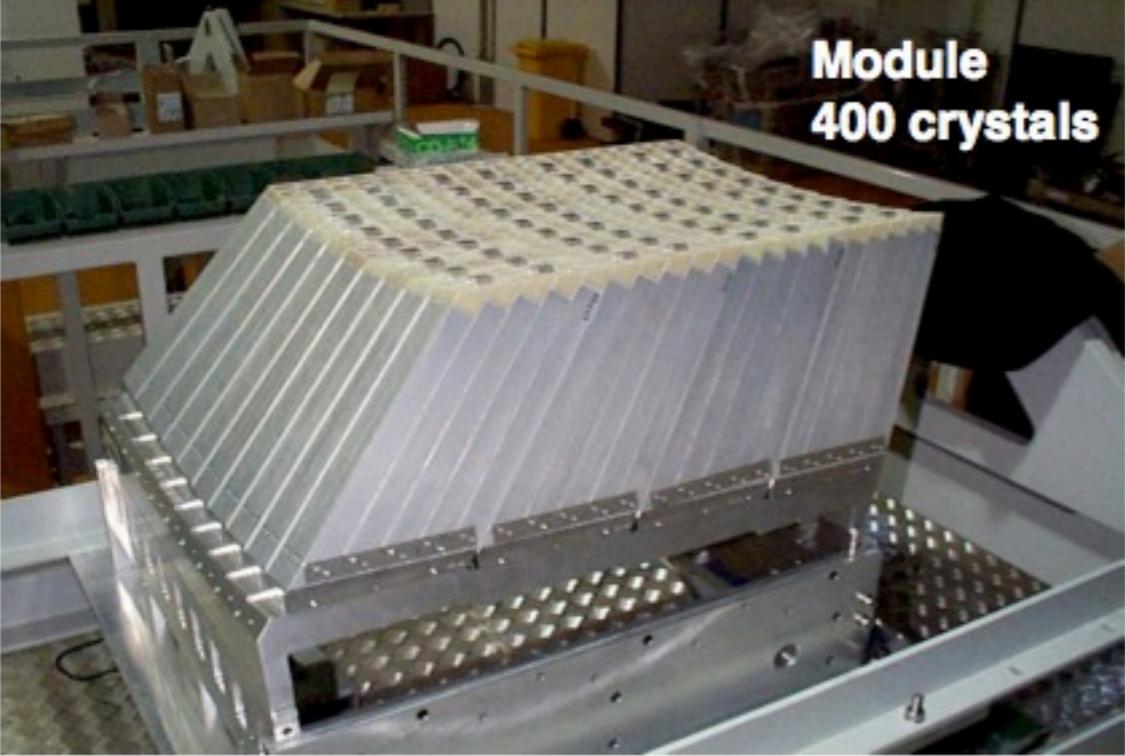
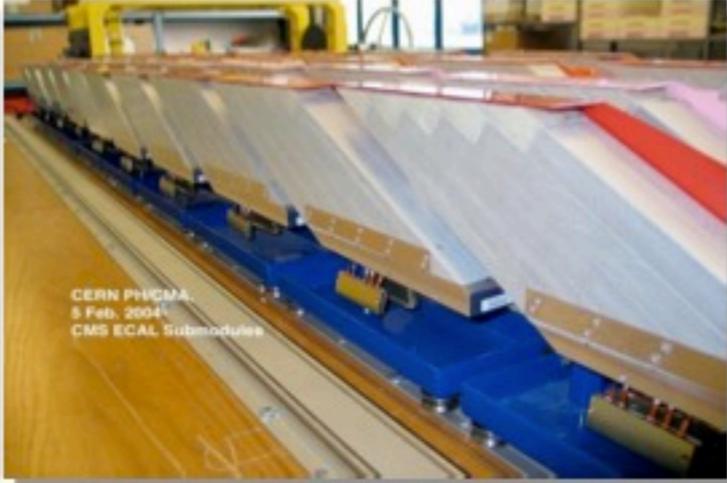
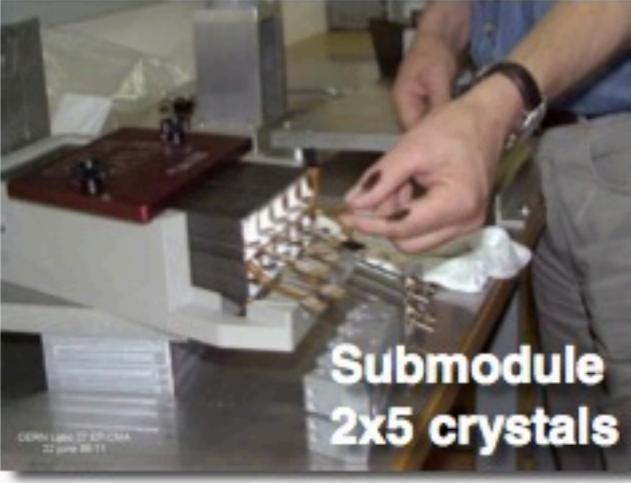
Fig. 3.2: Artist's view of ECAL.



Cristalli - Barrel

ECAL

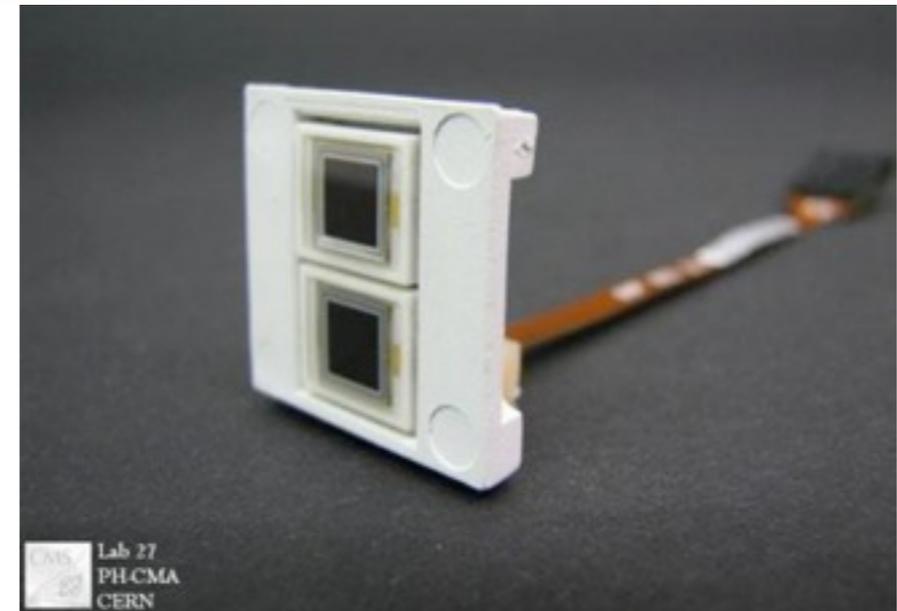
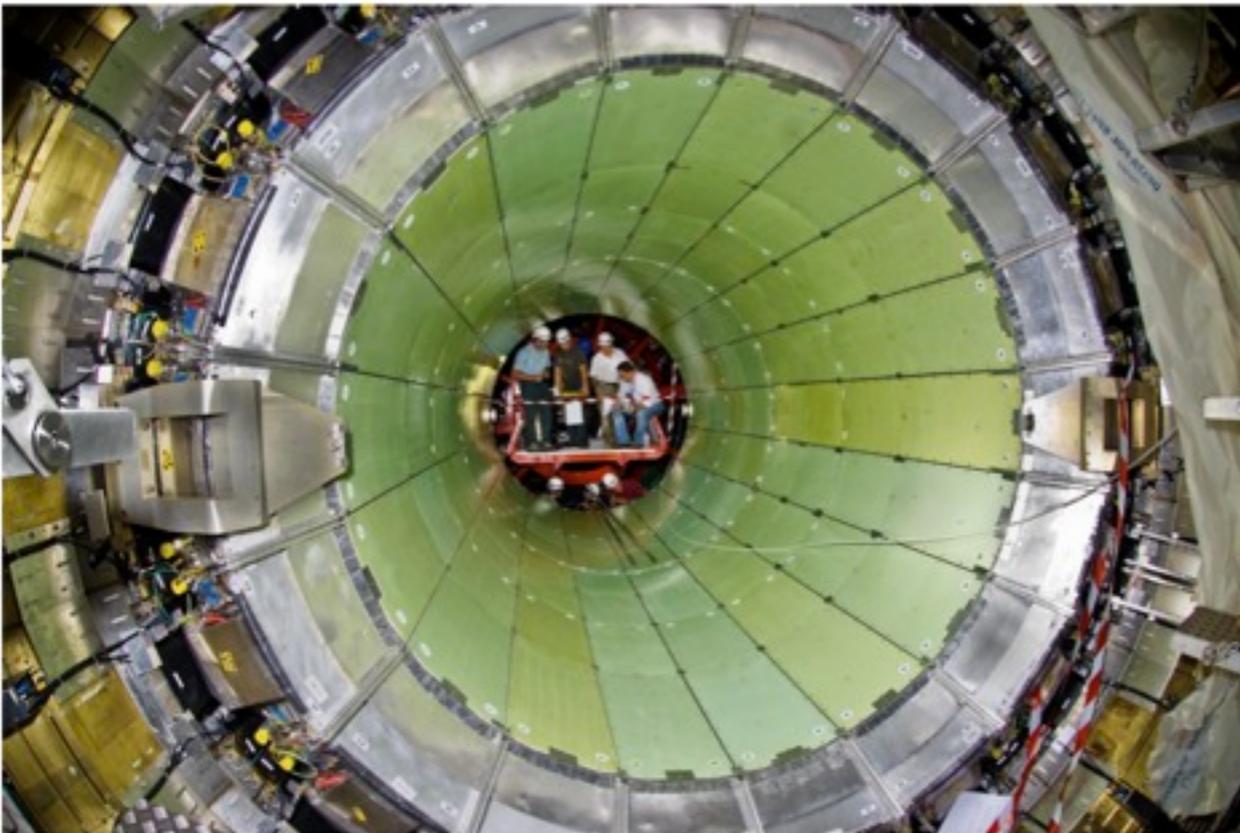
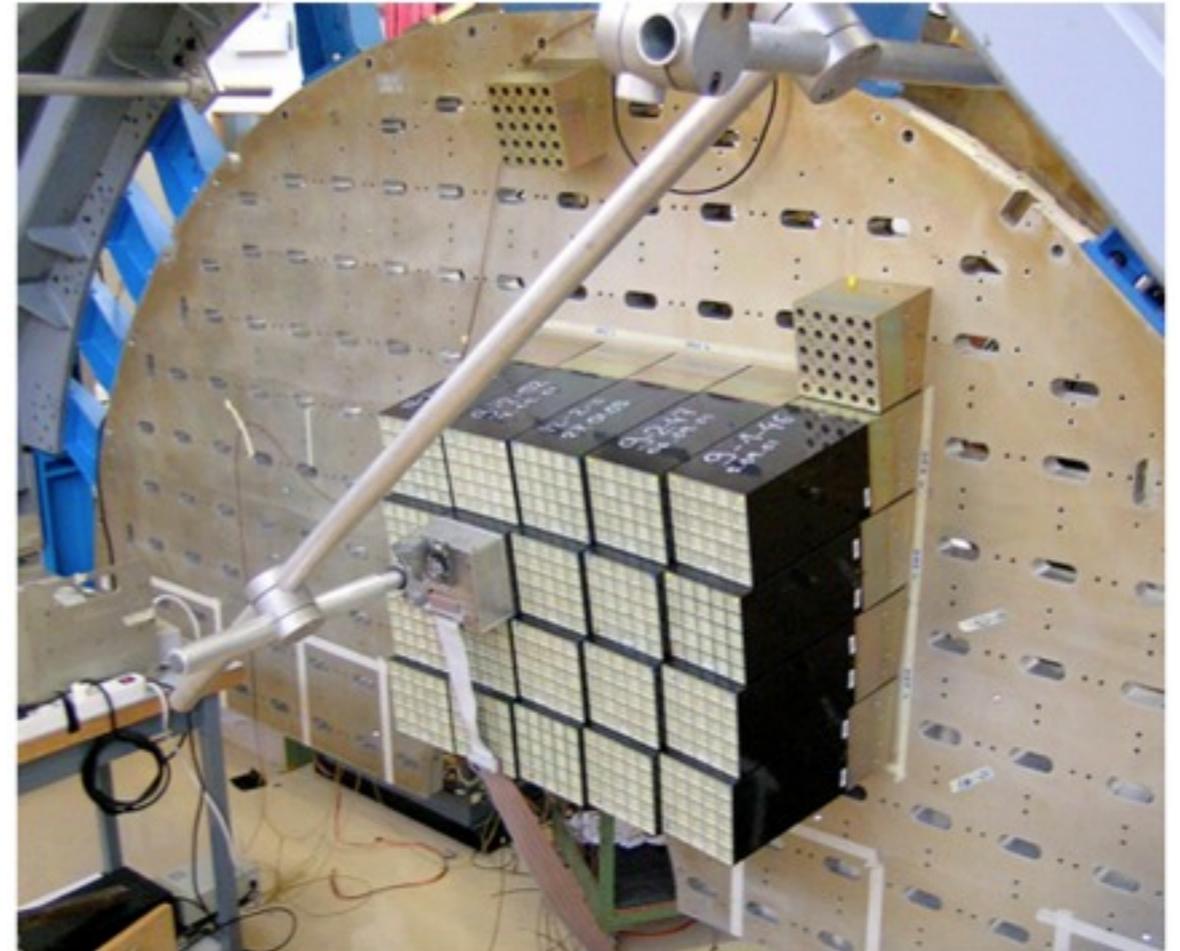
Barrel: 36 supermoduli con 1700 cristalli ciascuno. Luce rivelata da Avalanche Photo Diodes
Endcaps: ~16000 cristalli organizzati in matrici 5x5. Luce rivelata da Vacuum Photo Triodes



Total 36 Supermodules

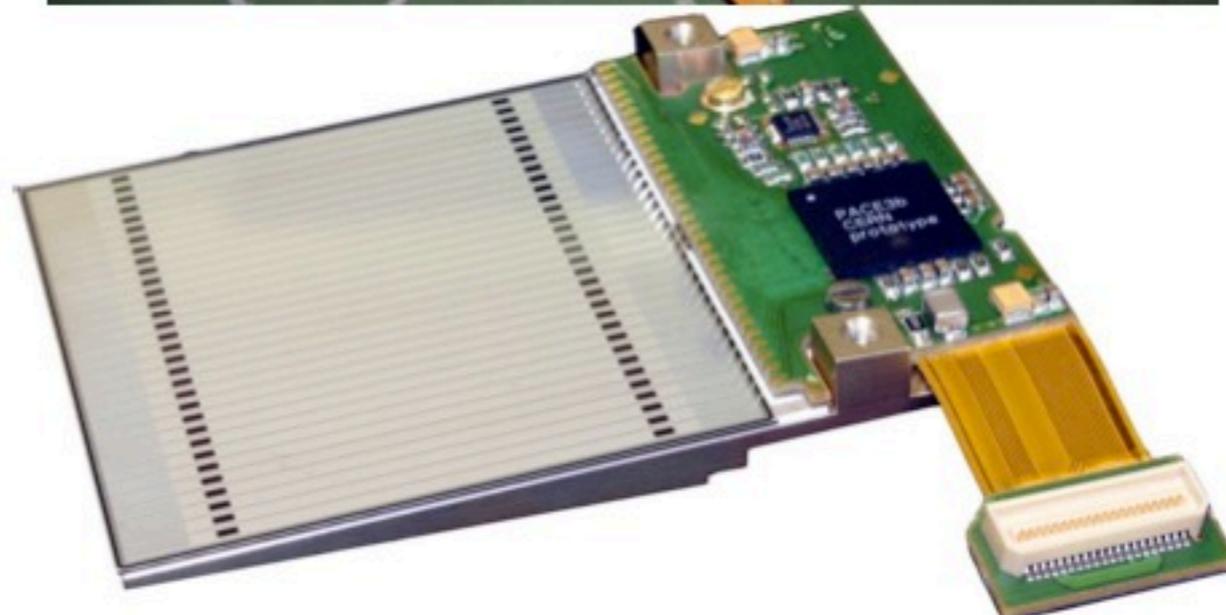
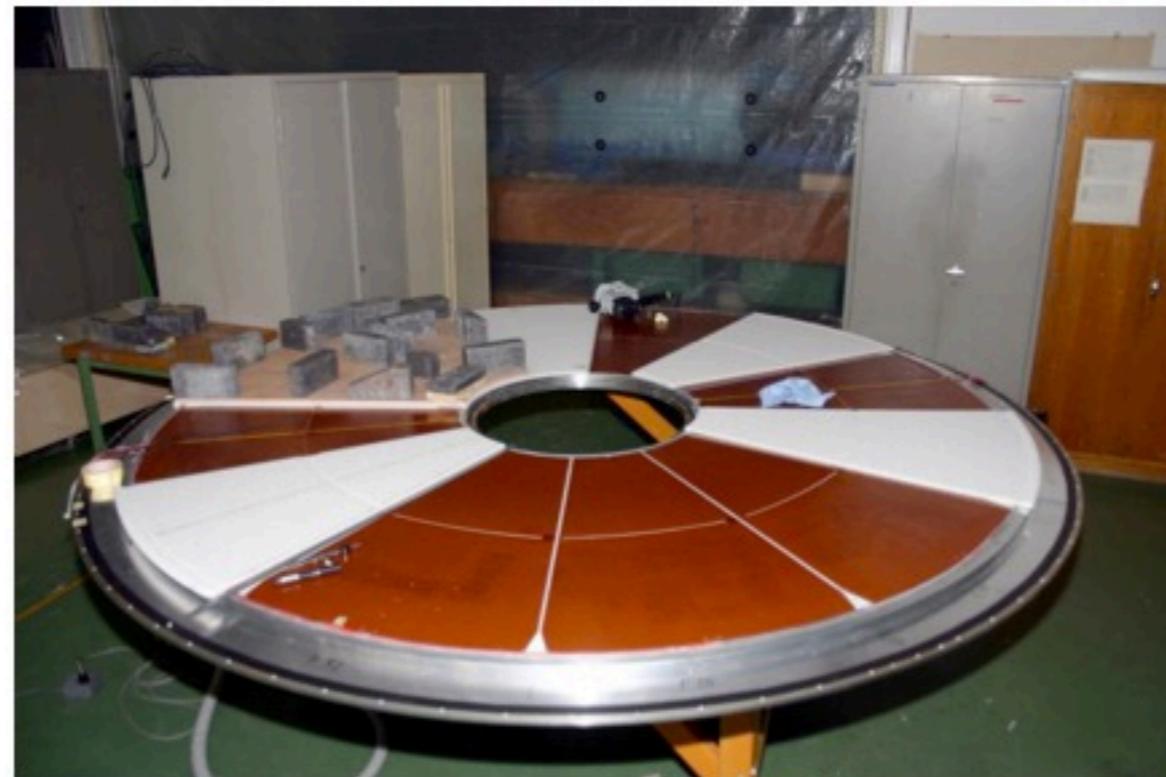
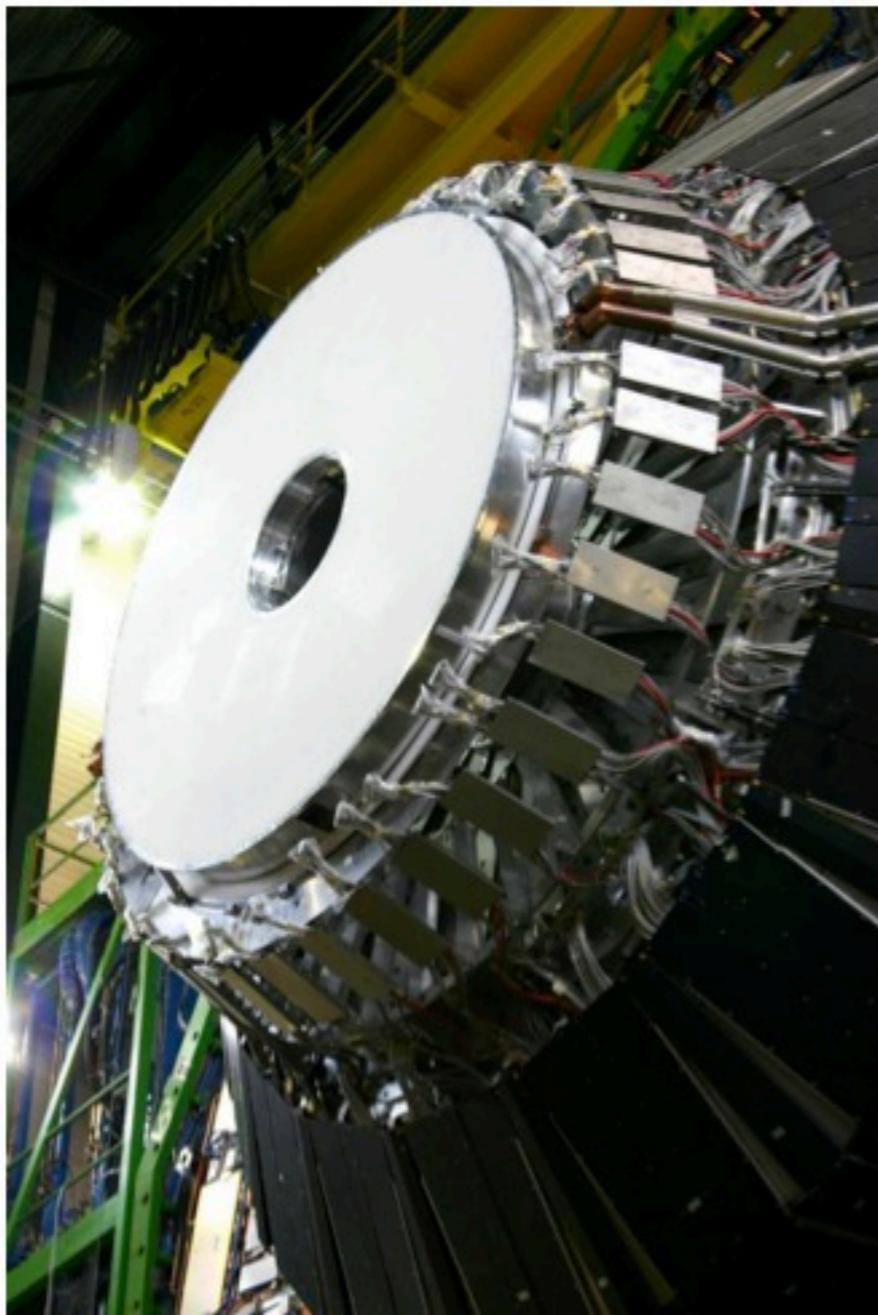
Cristalli e Supermoduli

ECAL



Il preshower

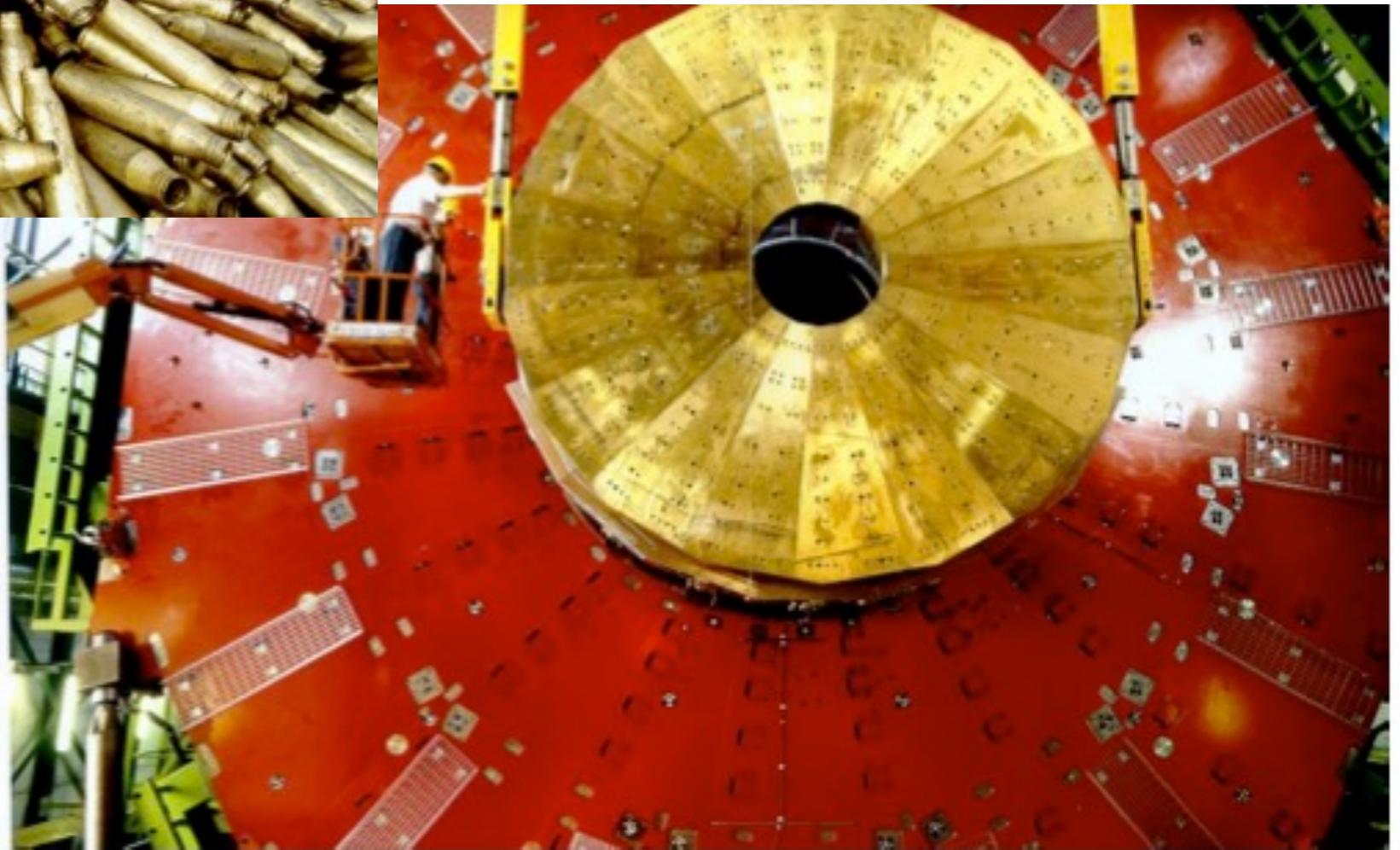
ECAL





HCAL: strati di ottone e acciaio intervallati da scintillatori permettono di misurare l'energia di adroni (protoni, neutroni, pioni, kaoni...)

Ottone recuperato da armamenti militari russi



HCAL Barrel



Il Magnete



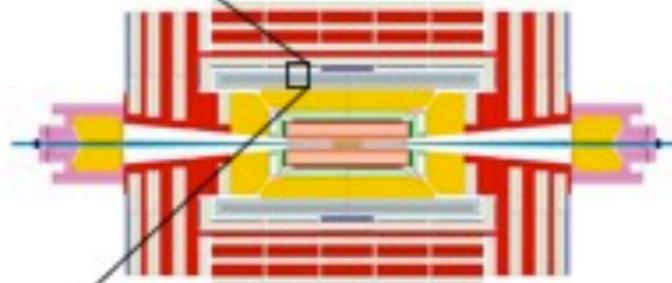
Magnete: una corrente di 20.000A attraverso superconduttore di niobio-titanium a -270°C produce un campo magnetico di 3.8T. Permette di incurvare le tracce cariche e di misurarne il momento.

La fibra superconduttiva

Il Magnete



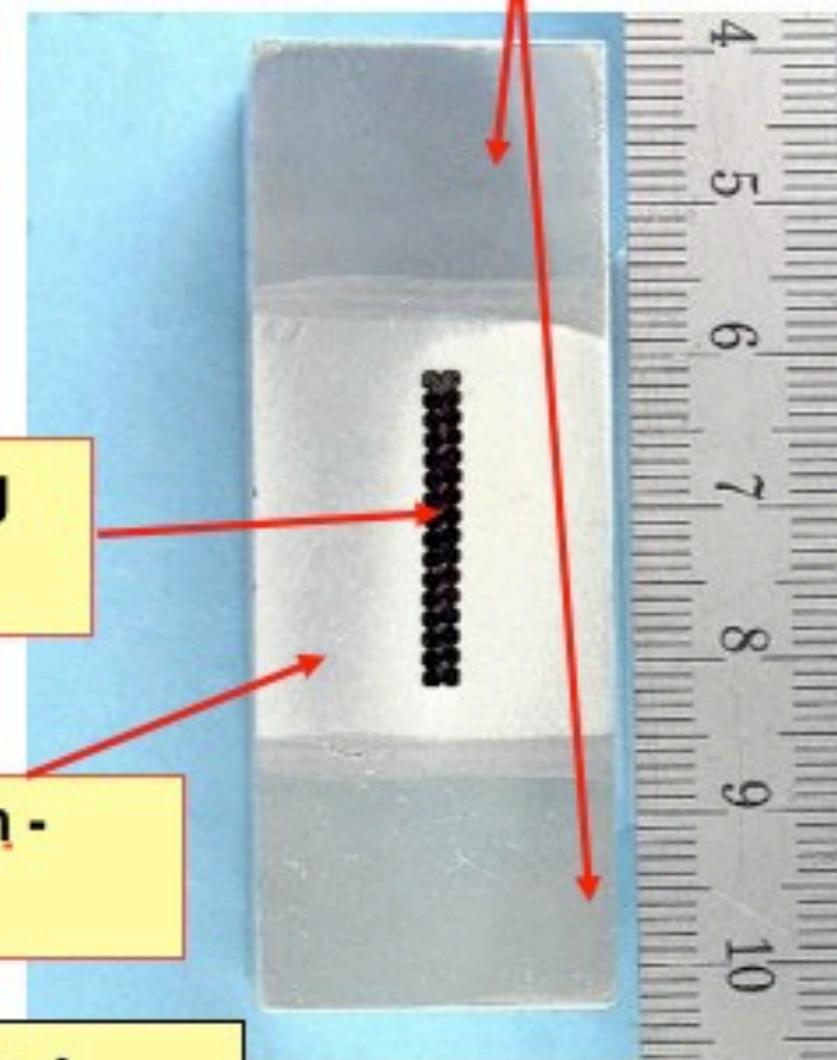
Solenoid piece
at Cessy



**Aluminium alloy -
mechanical stabilizer**

**Superconducting
cable - NbTi**

**Ultra-pure Aluminium -
magnetic stabilizer**



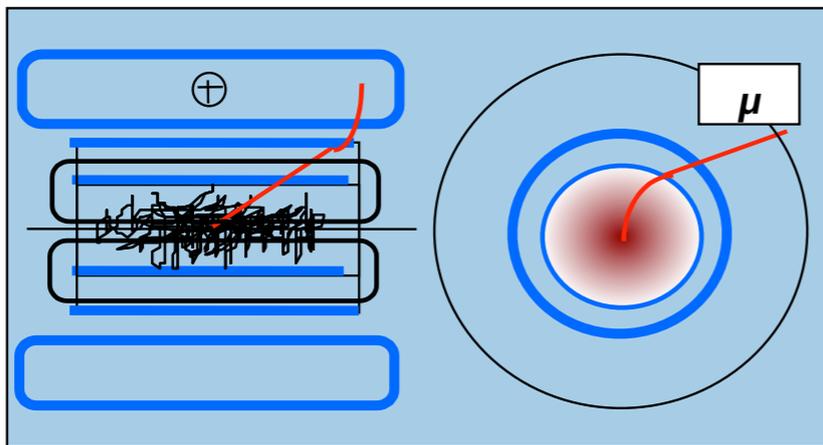
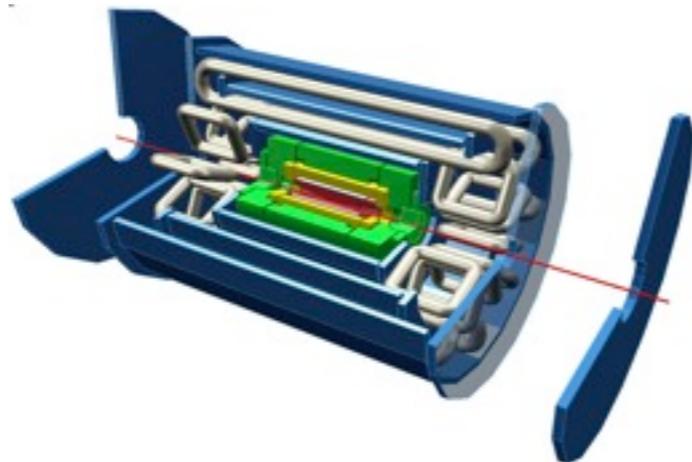
Approx: 1 million km of NbTi filaments!

Il campo solenoidale

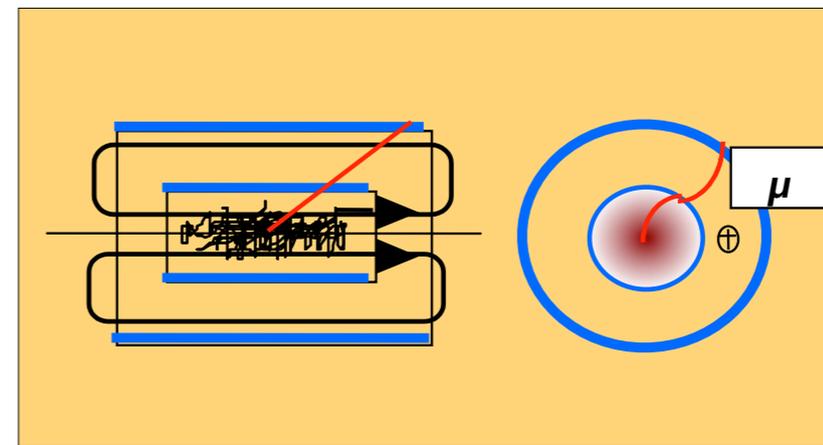
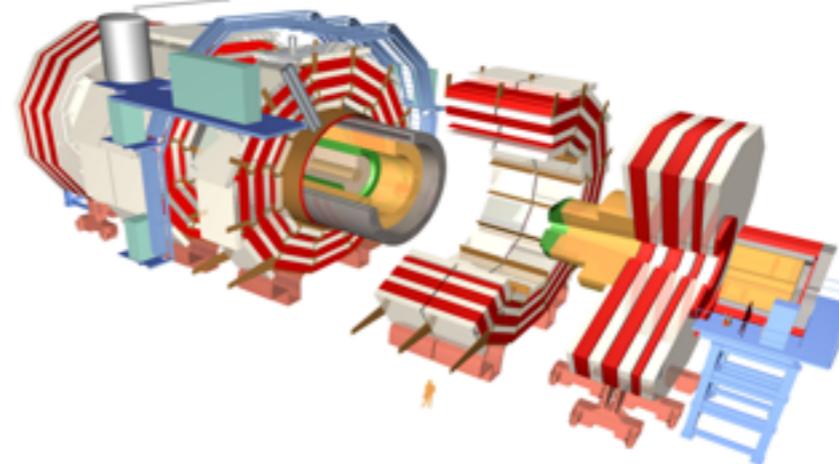
Il Magnete

Rispetto ad ATLAS il campo solenoidale curva le tracce solo nel piano trasverso. Questo rende la vita piu' facile ai fisici! Inoltre il grande diametro del magnete (5.9m) permette di contenere il sistema di tracciamento e i calorimetri al suo interno -> se ne sfruttano meglio le potenzialita'.

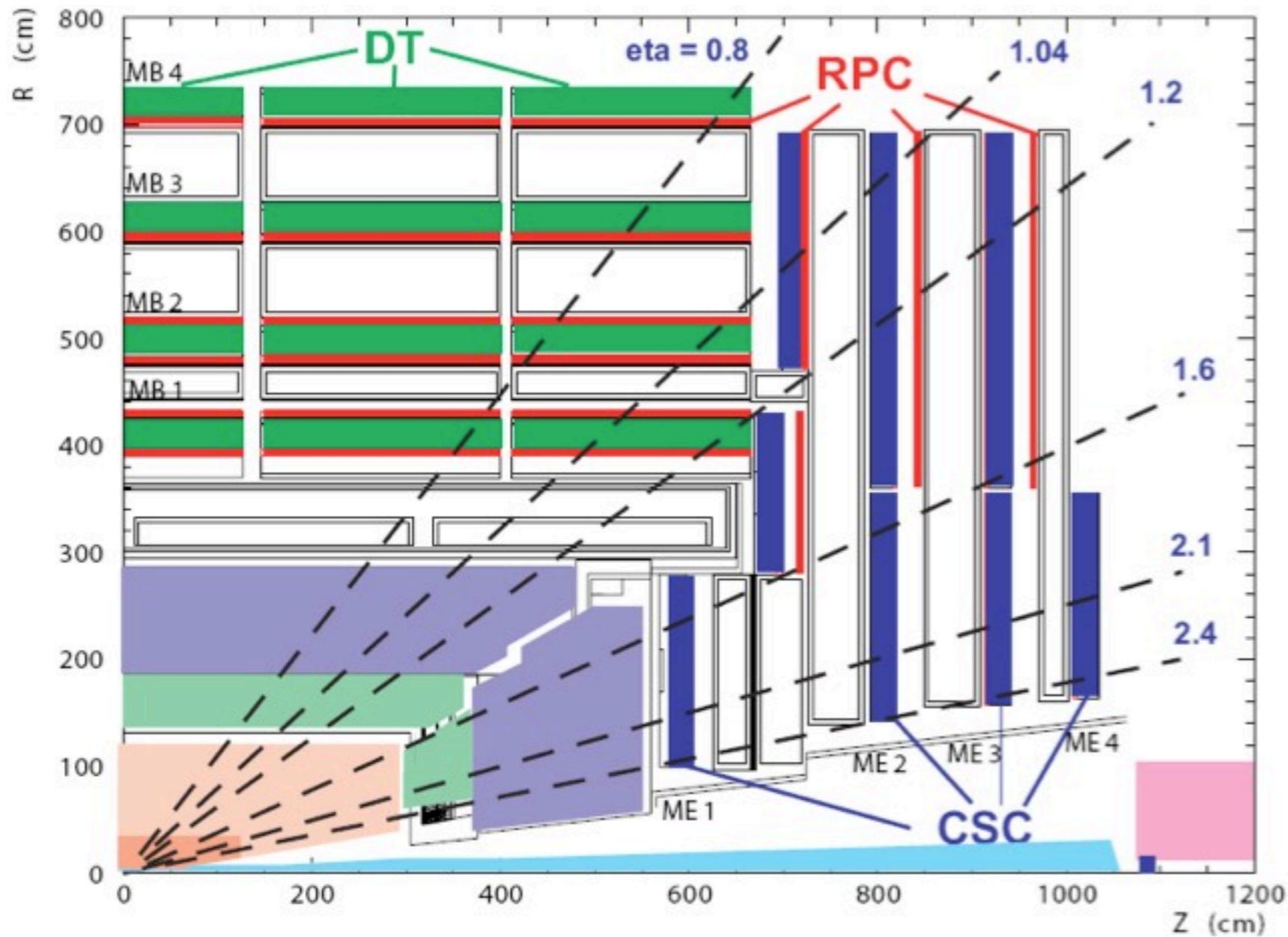
ATLAS A Toroidal LHC Apparatus



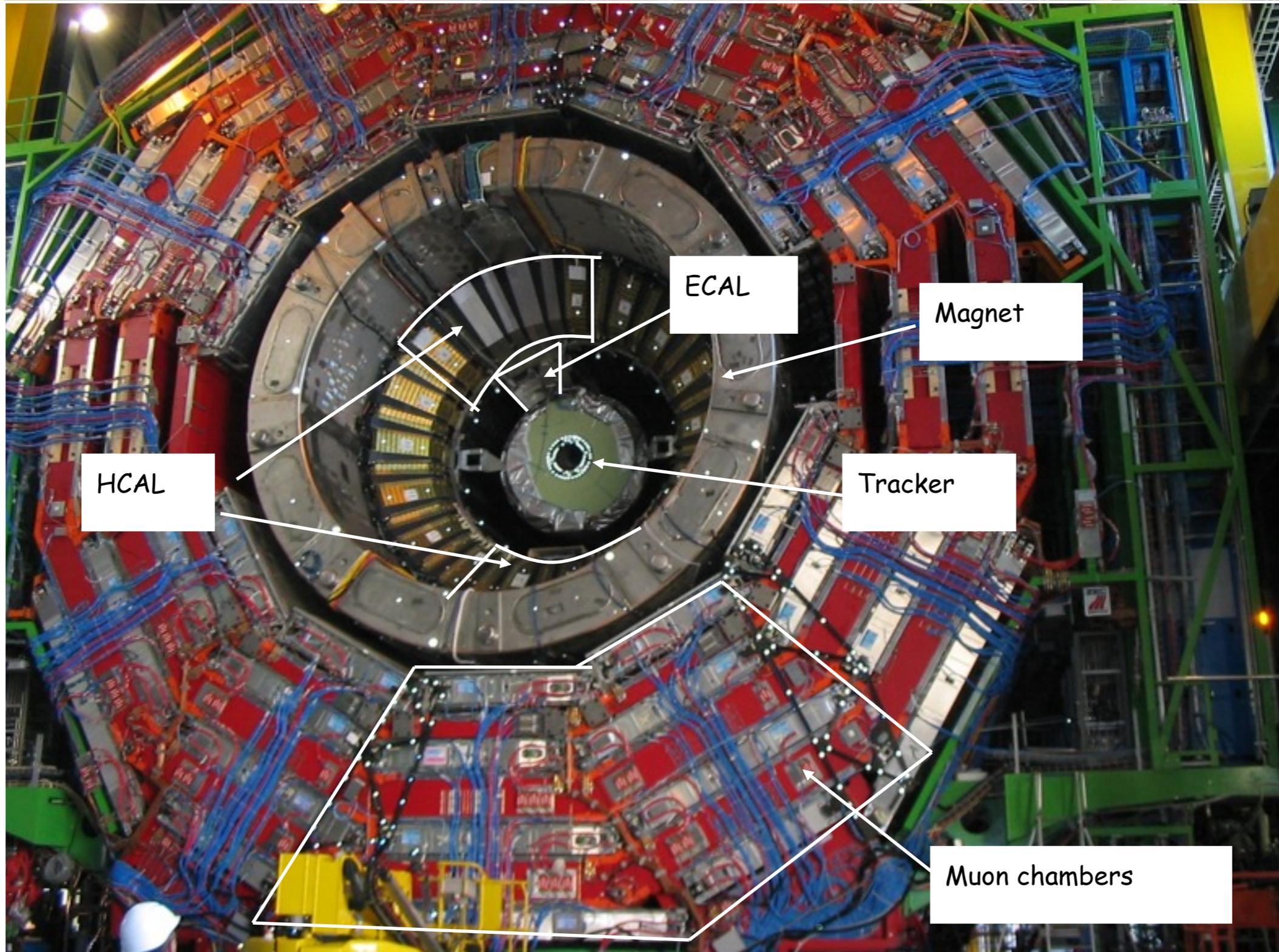
CMS Compact Muon Solenoid



Il sistema a muoni

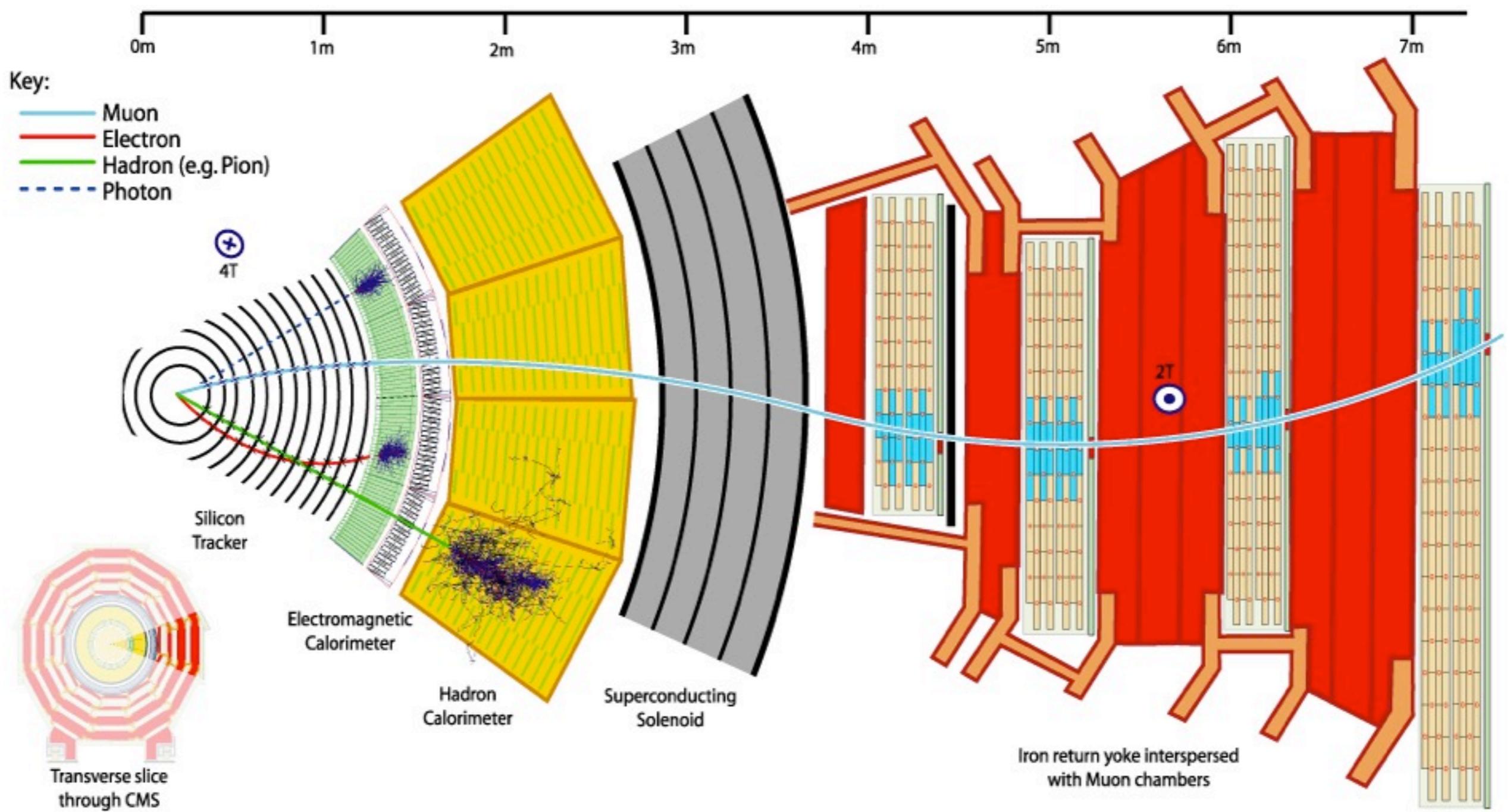


Diversi rivelatori sono utilizzati nel sistema a muoni. Alle regioni sensibili e' alternata la struttura di ferro, giogo di ritorno del campo magnetico. I muoni non vengono stoppati all'interno di CMS, sono le uniche particelle "visibili" che escono dal rivelatore. La loro identificazione e ricostruzione sono fondamentali per lo studio degli "eventi interessanti".



Rivelazione di particelle in CMS

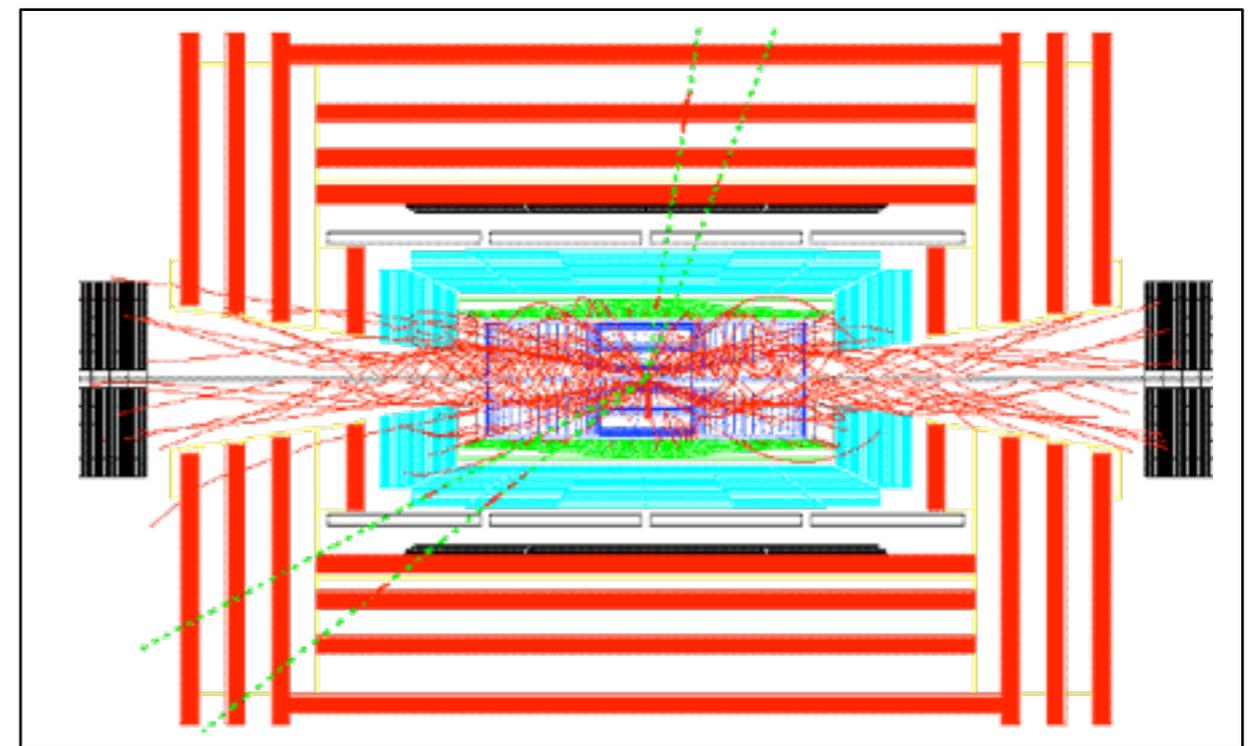
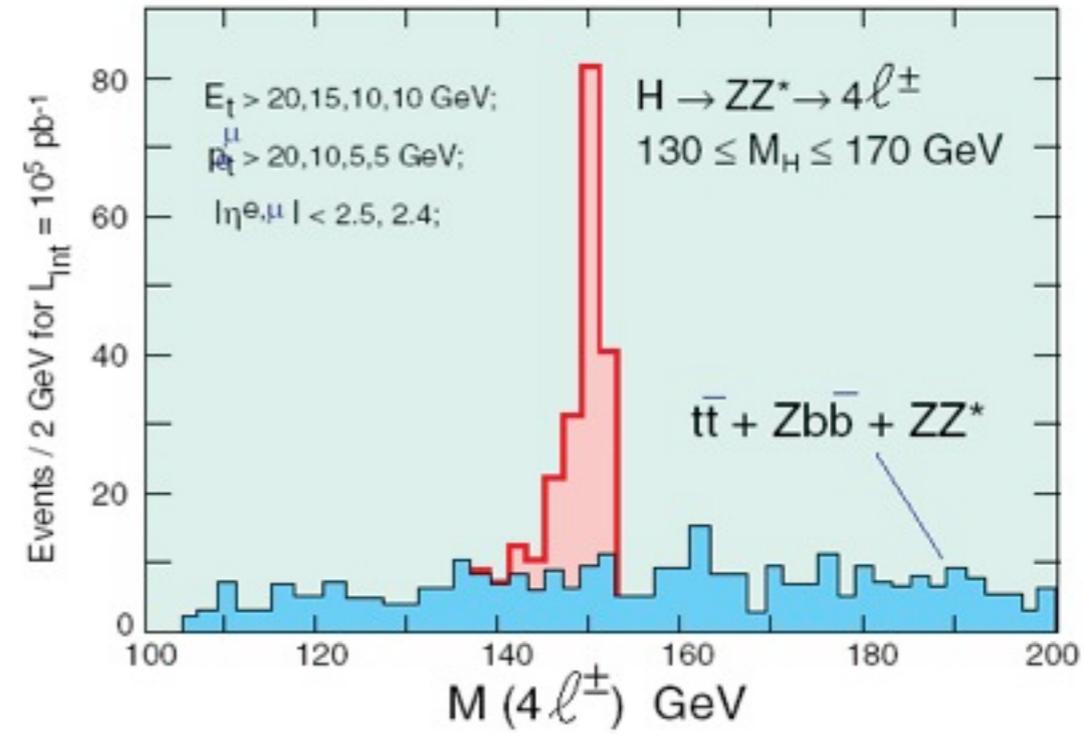
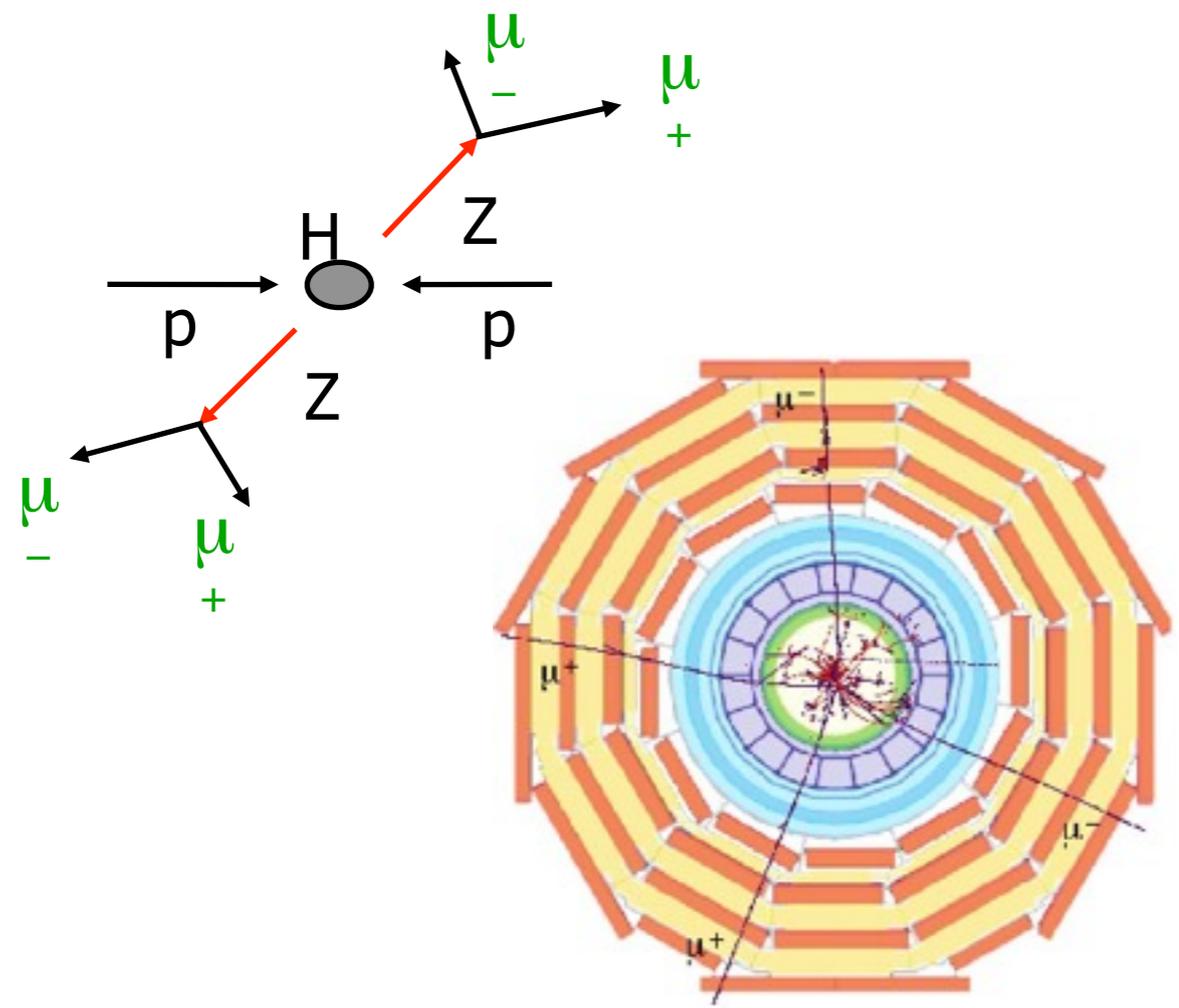
riassumendo...



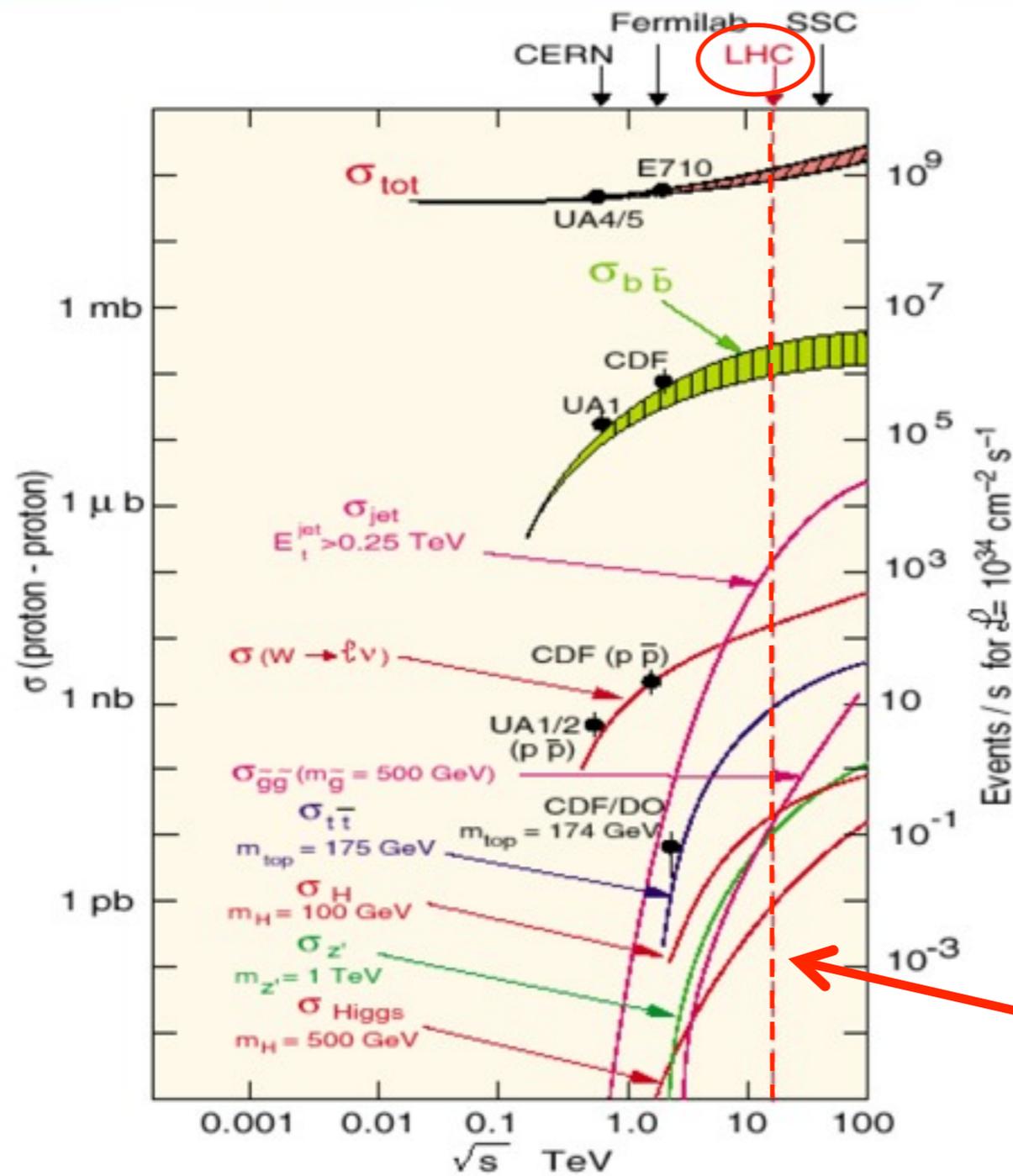
L'identificazione dell'Higgs ad LHC

fino ad ora solo simulazione

L'Higgs decade subito (10^{-22} secondi) e lo puo' fare in quattro muoni.
La scommessa e' riconoscere i segnali interessanti, distinguerli dal fondo e salvarli per permetterne il processamento offline.



Cosa ci aspettiamo di vedere?



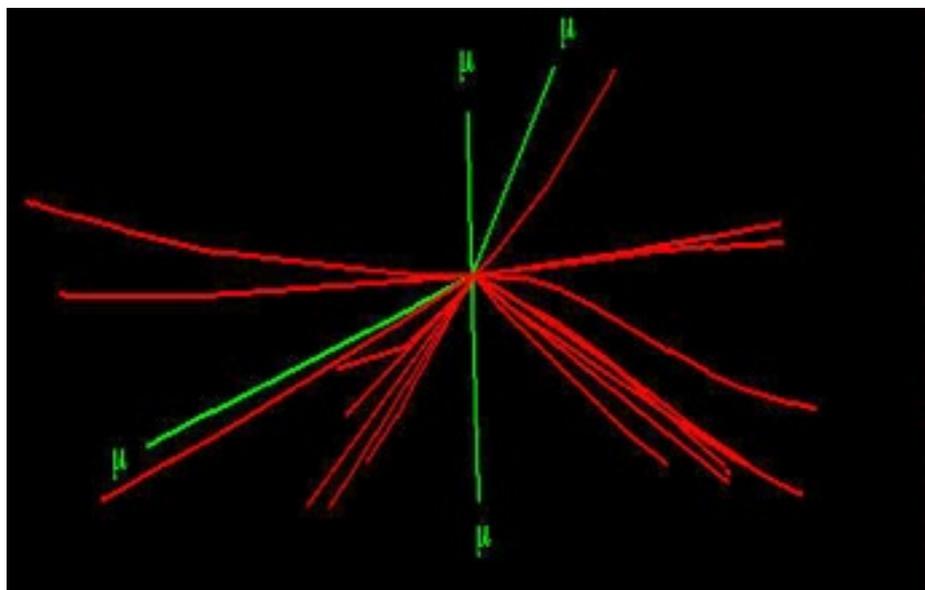
$$\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Process	σ (nb)	Production rates (Hz)
Inelastic	10^8	10^9
bbar	5×10^5	5×10^6
$W \rightarrow \ell \nu$	15	100
$Z \rightarrow \ell \ell$	2	20
$t\bar{t}$	1	10
$H(100\text{GeV})$	0.05	0.1
$Z'(1\text{TeV})$	0.05	0.1
$gg(1\text{TeV})$	0.05	0.1
$H(500\text{GeV})$	10^{-3}	10^{-2}

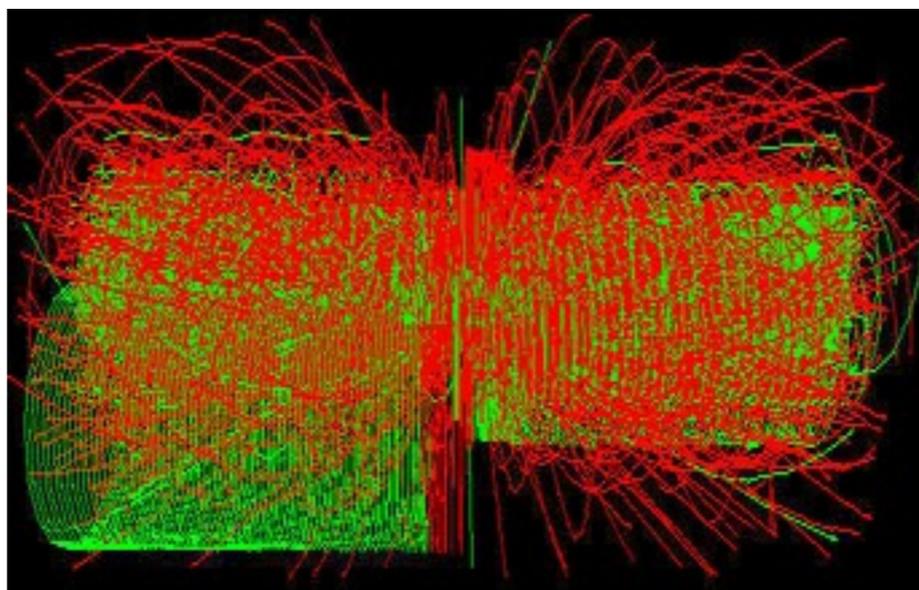
You are here

- **40 milioni di volte al secondo** si incontrano pacchetti di protoni provenienti dai 2 fasci, producendo 20 interazioni sovrapposte per ogni incontro.
- **Flusso di dati "vergini": 80 TeraBytes al secondo**. Una torre di 100 metri di CD al secondo! (114.000 cd/s)
- Con algoritmi di preselezione (trigger) si riesce a scrivere su disco molto meno: **200 MBytes/s (150 - 300Hz)**. -> sono comunque **6Pbyte/anno!!!**
- La "nuova fisica" arriva con frequenze inferiori all'Hertz e sommersa dalla "vecchia fisica".

Reconstructed tracks with
 $p_T > 25 \text{ GeV}$

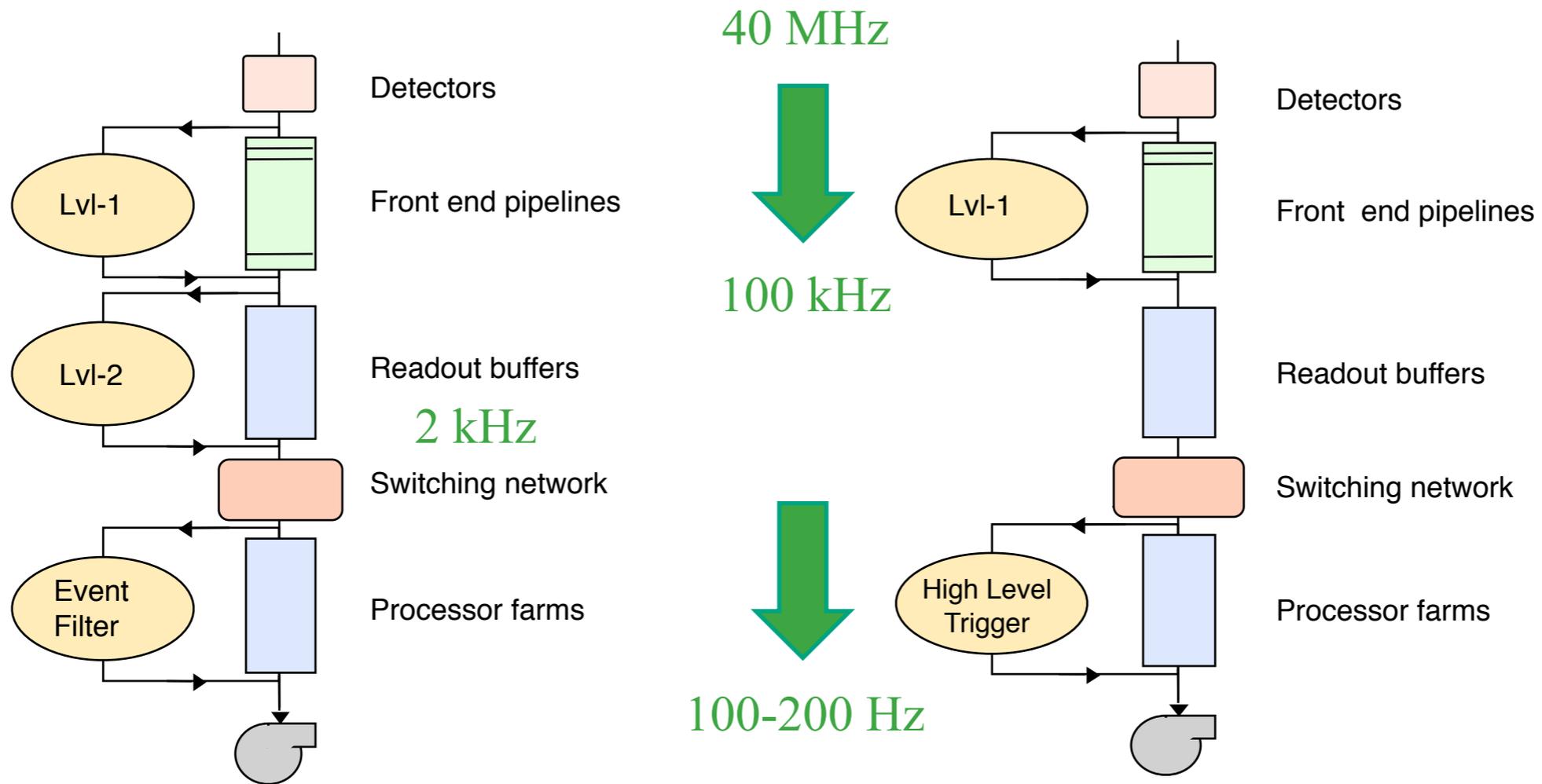


Reconstructed tracks with
 $p_T > 2 \text{ GeV}$



For every exciting
interaction...
...expect 20 non-exciting
overlaid interactions
(at ~ 1000 tracks per
event)

Trigger: Atlas VS CMS



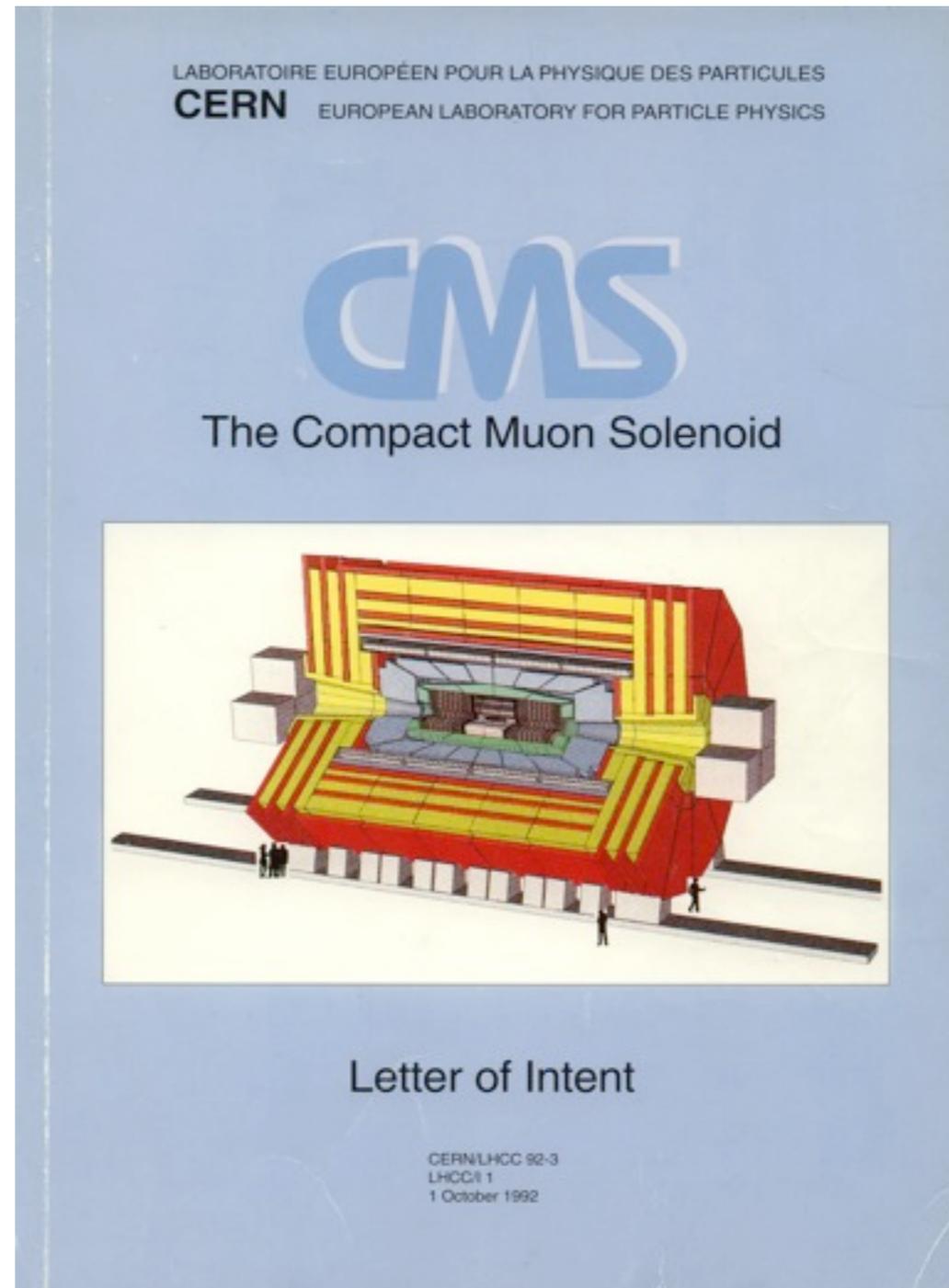
ATLAS

- 3 levels (traditional design)
- L1: hardware, firmware
- L2 + EvF: high-level software

CMS

- L2, L3: merged into HLT
- L1: hardware, firmware
- HLT: high-level software

Commissioning di CMS



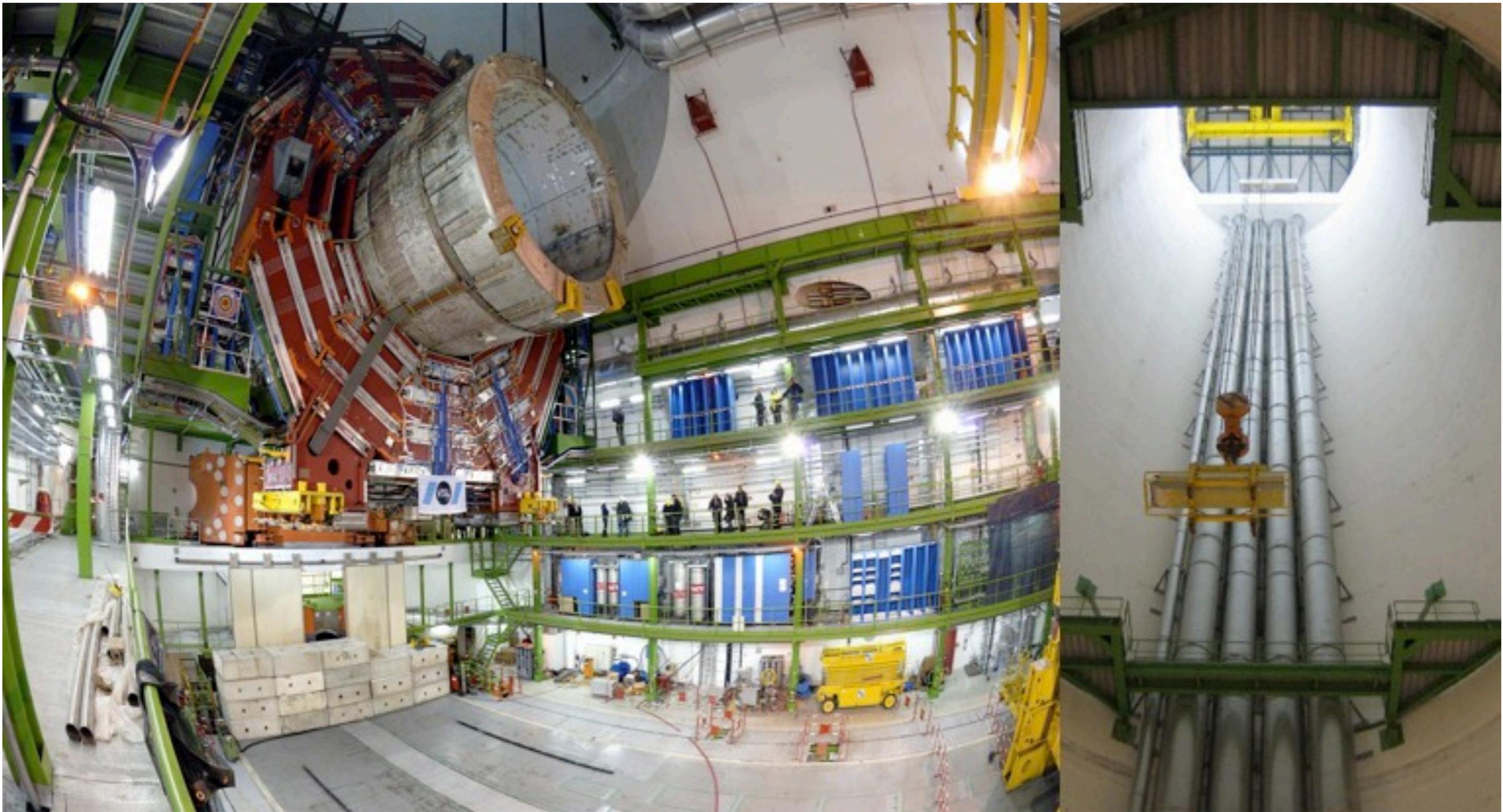
Test della schiuma

Commissioning di CMS



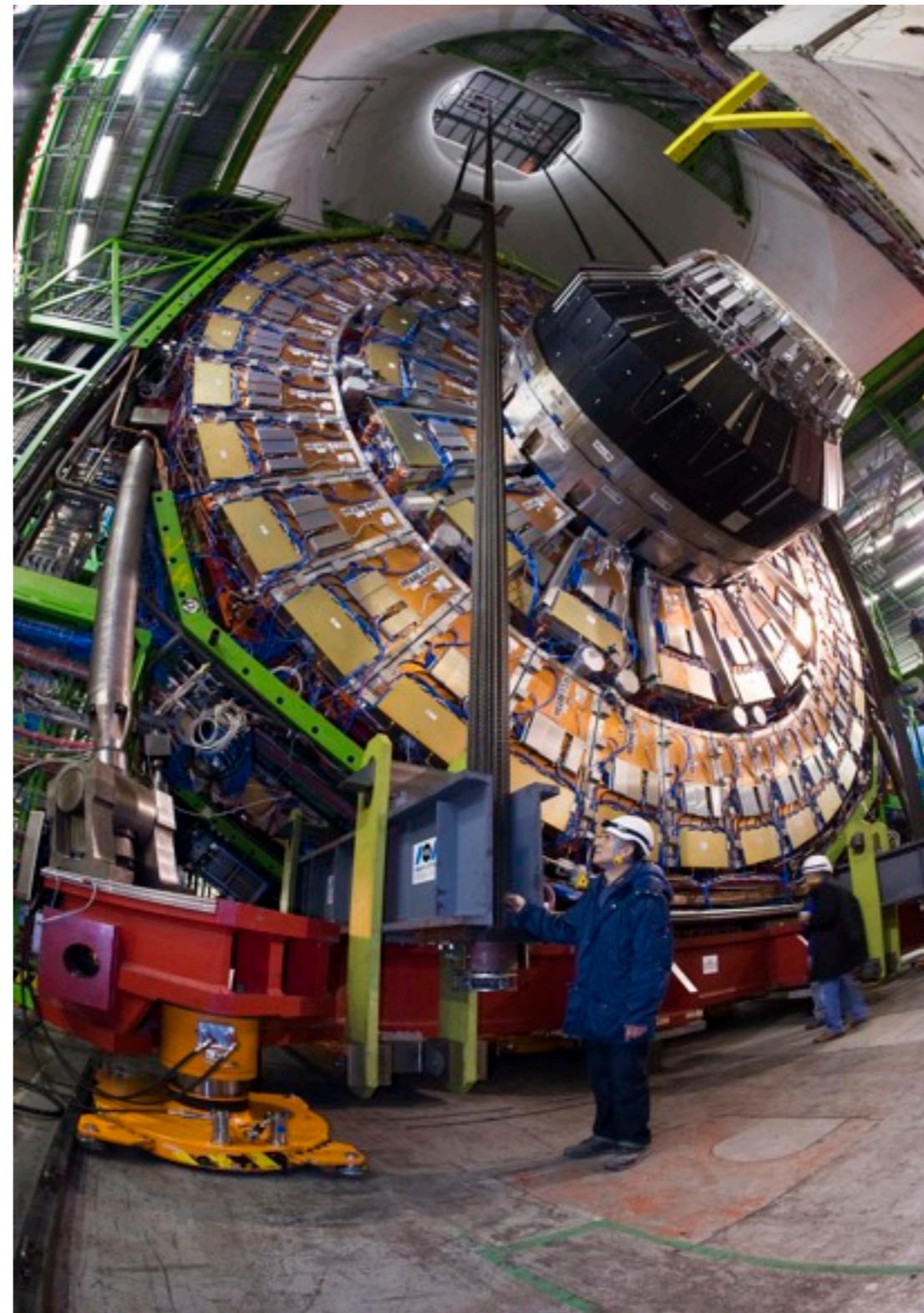
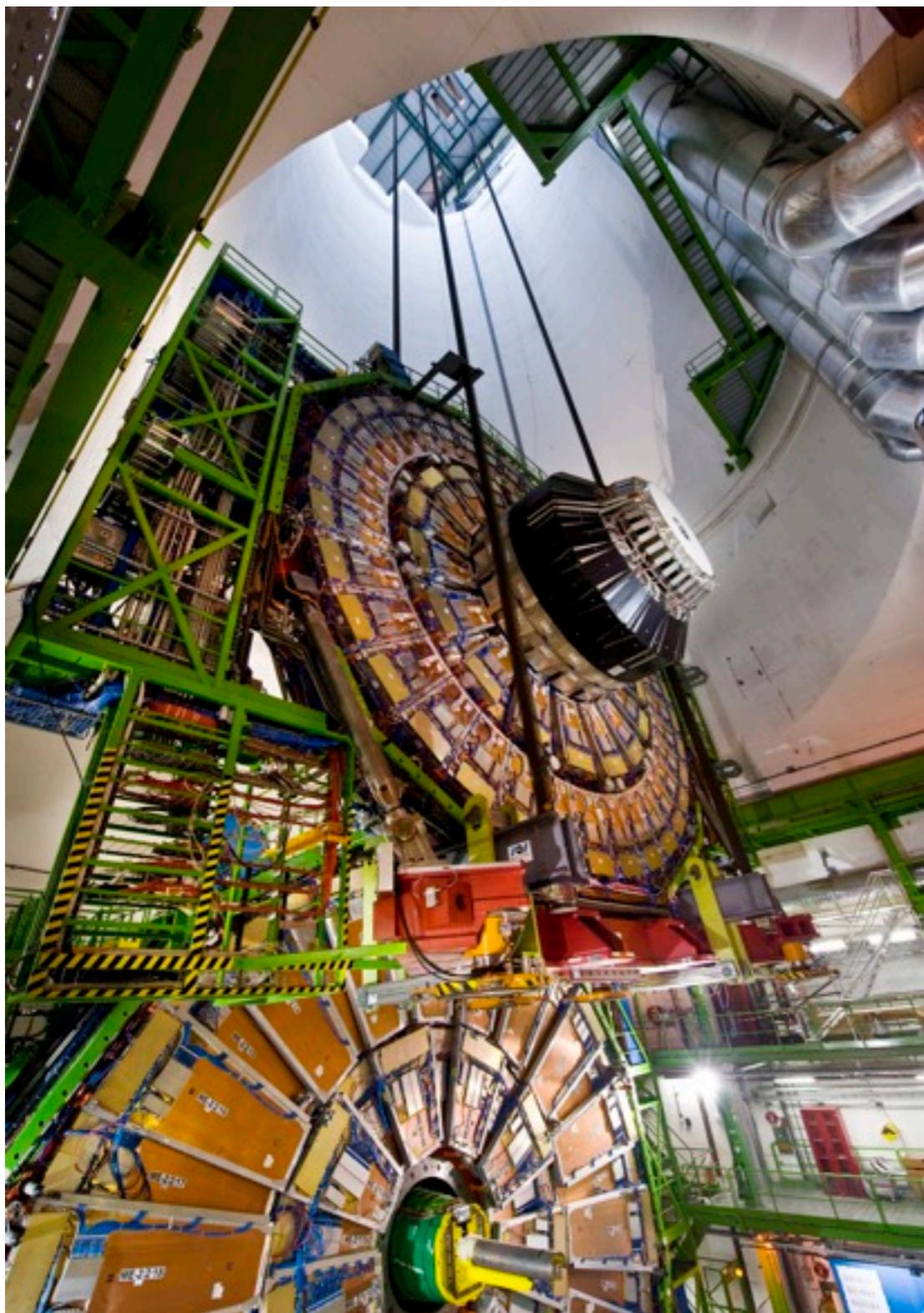
CMS in caverna

Commissioning di CMS



CMS in caverna

Commissioning di CMS



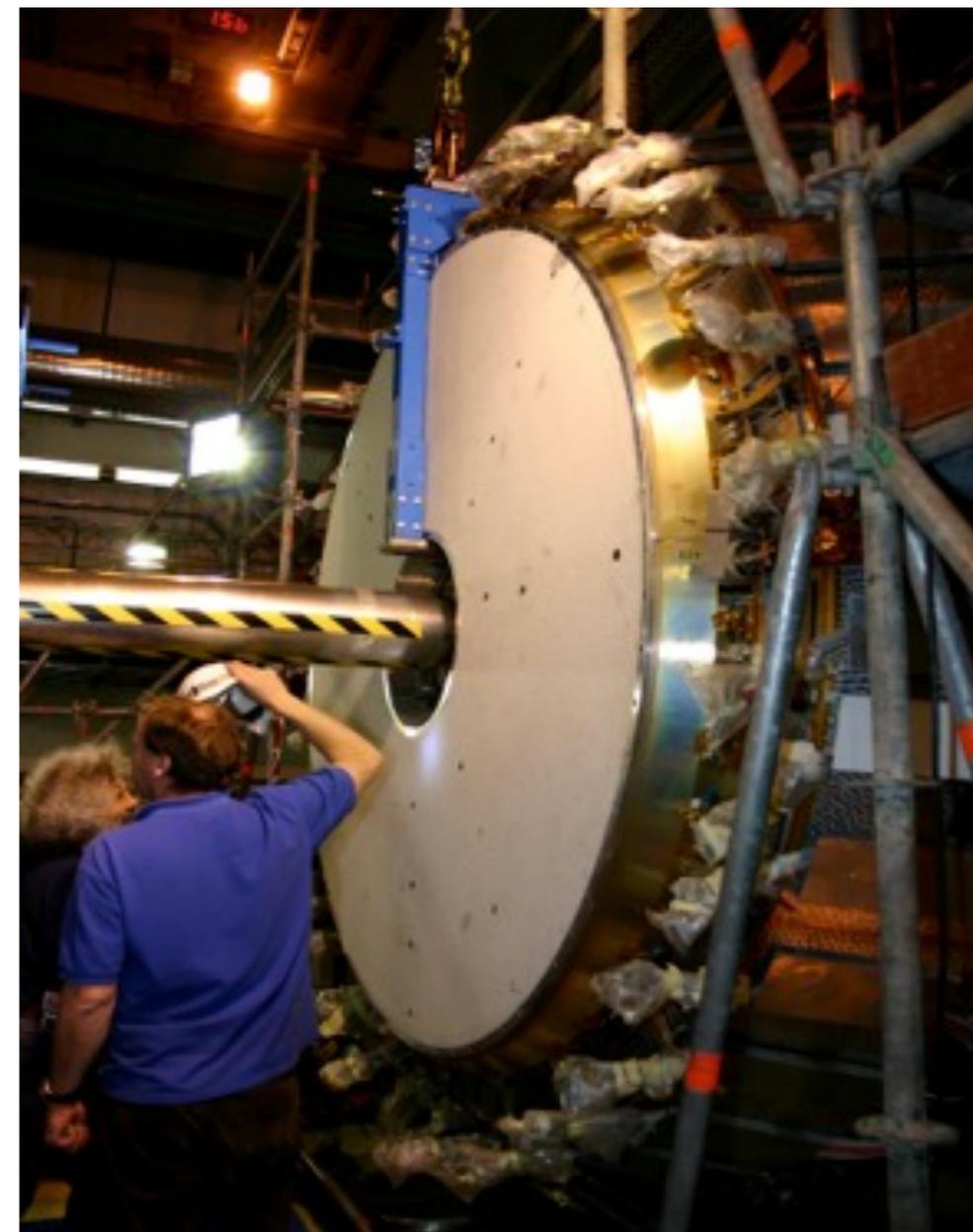
10/04/2010

F. De Guio

30

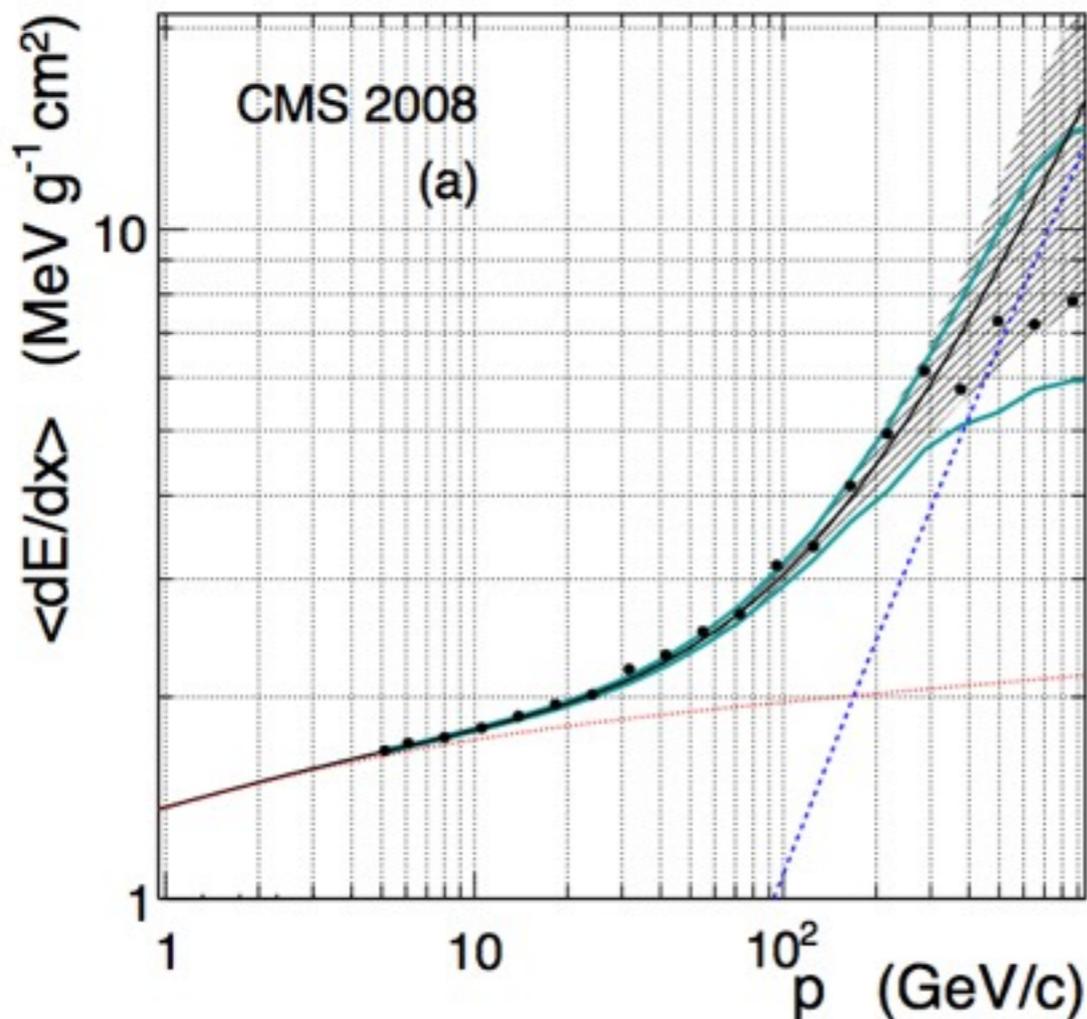
Installazione del preshower

Commissioning di CMS



Il preshower di ECAL e' stato l'ultimo sottorivelatore inserito. In figura le fasi di aggancio di ES ad EE.

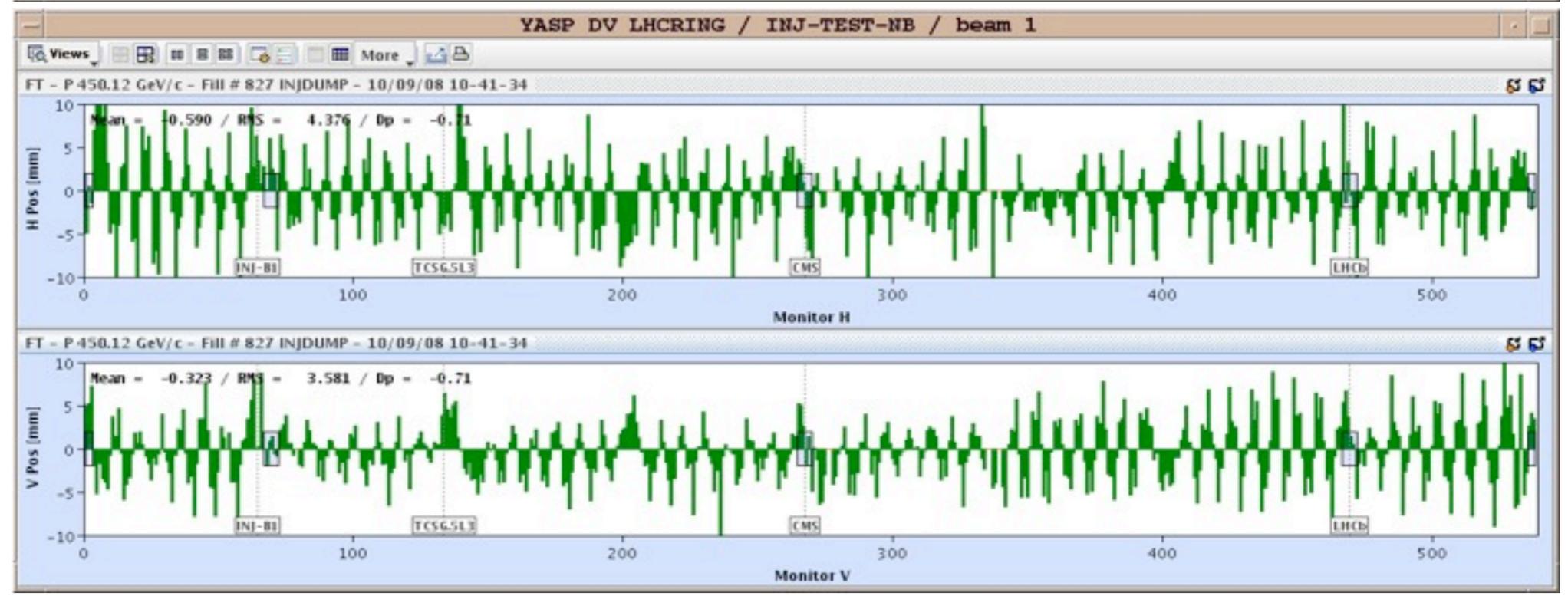
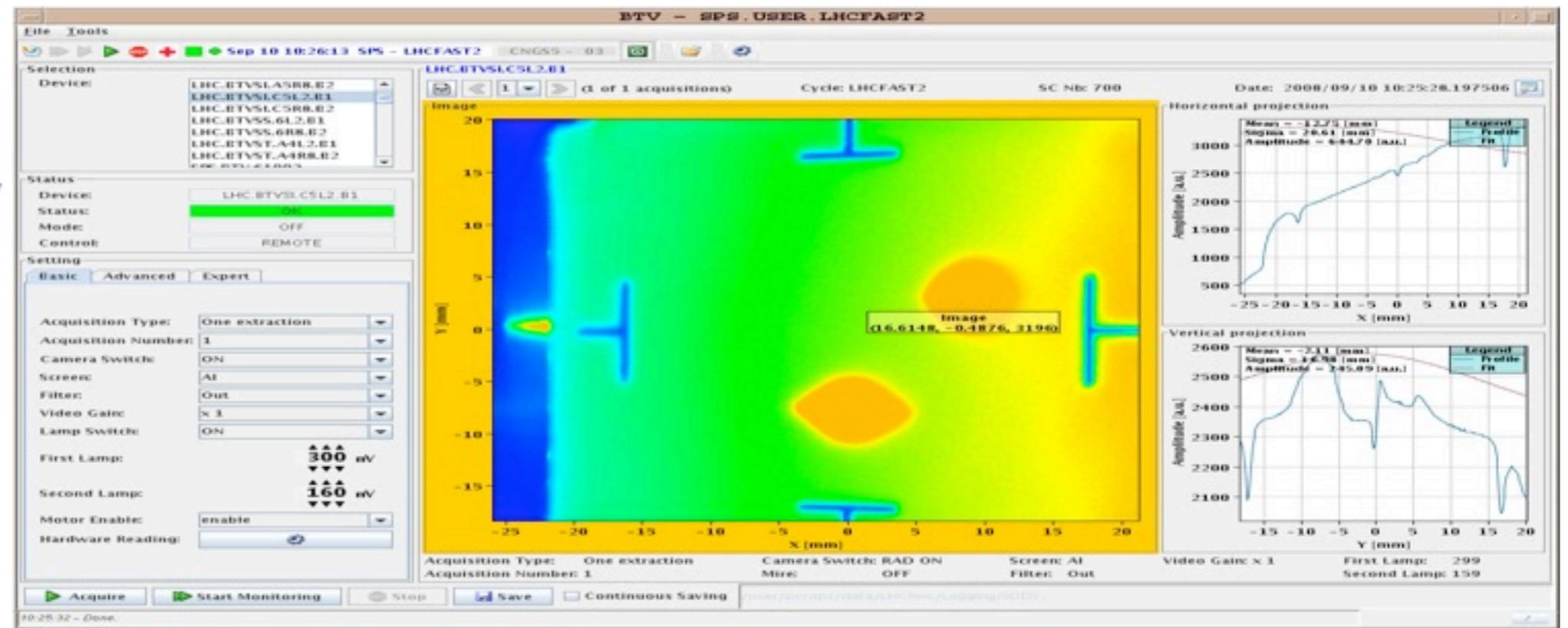
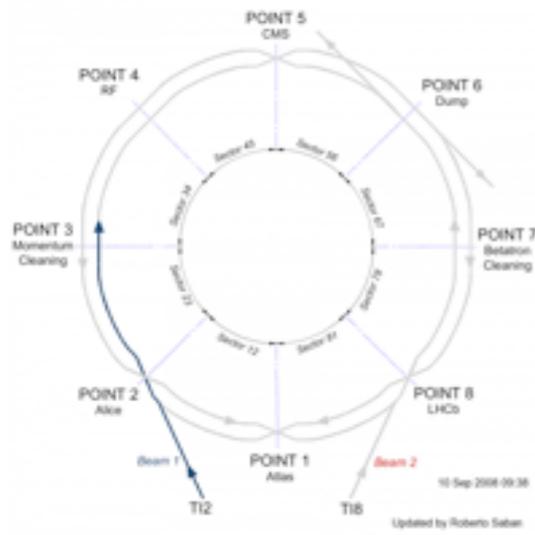
- Le fasi che hanno preceduto le collisioni sono state di fondamentale importanza per iniziare a comprendere il comportamento dei sottorivelatori installati nella loro posizione finale e per testare il complicato sistema di acquisizione dell'intero CMS.
- I cosiddetti Global Runs in cui tutti i rivelatori hanno acquisito muoni cosmici hanno permesso di effettuare anche qualche misura di fisica

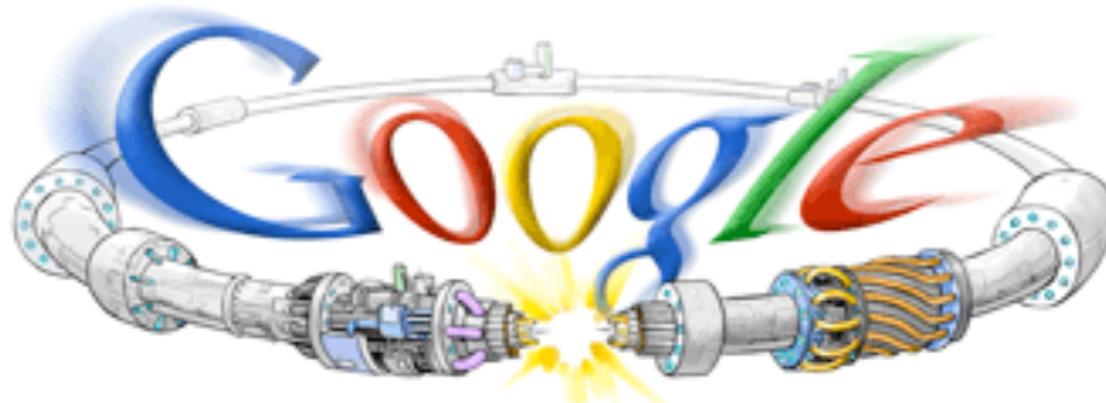


BetheBloch per muoni cosmici in tungstato di piombo.

Primi fasci

Sep 2008





L'ESPERIMENTO DEL CERN

Parte il test del Big Bang a Ginevra, festa e applausi per gli scienziati | [Foto](#)



08:44 | **SCIENZE** | Al via il progetto più ambizioso della fisica moderna, alla ricerca della «particella di Dio». I primi scontri tra nubi di protoni a novembre. Ma Monsignor Sgreccia frena gli entusiasmi sulla particella Higgs: «Dio non si può trovare con gli esperimenti» [Caprara](#) [Video](#)

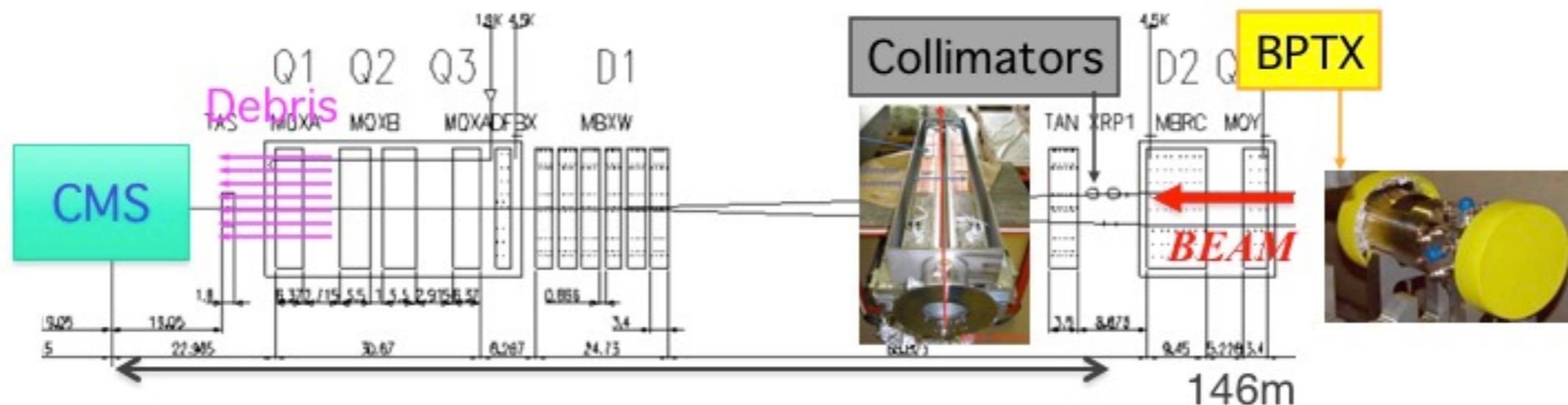
- Scheda - Il ritorno alle origini dell'universo e le prime stelle
- Il Cosmo visto con gli occhi di Spinoza di *Giulio Giorello*
- Video - L'avventura di Lhc: ecco come funziona e a che serve
- ⚡ L'Istituto di fisica nucleare: «Nel mondo miliardi di Lhc naturali»
- 📺 Video ■ Il blog - Guarda le vignette 🗳️ Vota

- Singoli pacchetti di $2 \cdot 10^9$ protoni sono stati fatti collidere contro collimatori a 150 metri da CMS.

- centinaia di migliaia di muoni per evento hanno attraversato CMS in direzione parallela all'asse del fascio (asse z)
- enorme energia depositata nei calorimetri

⇒ e' stato possibile

- sincronizzare i triggers
- verificare la sincronizzazione interna dei sottorivelatori
- migliorare l'intercalibrazione dei cristalli degli endcaps di ECAL

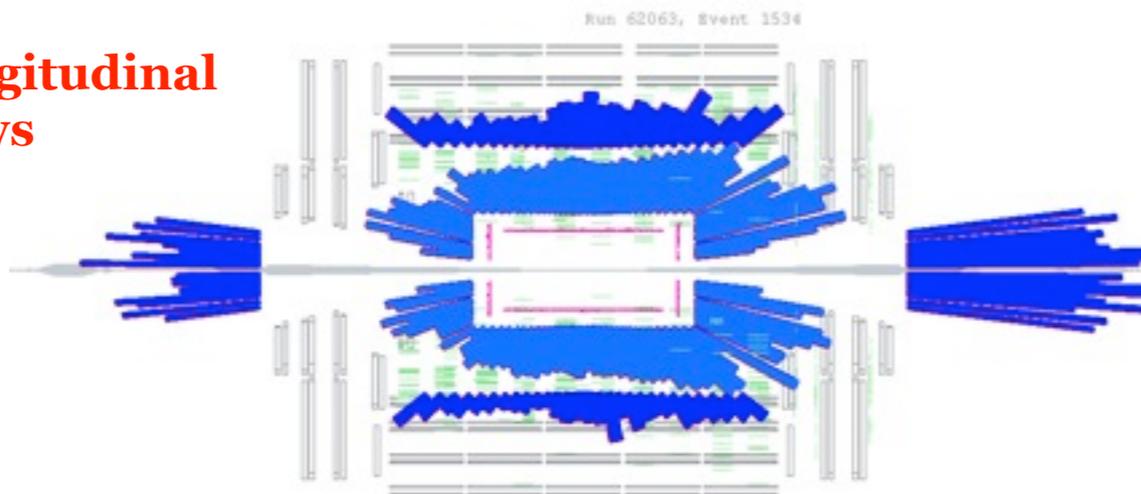


Beam Splash - Event Display

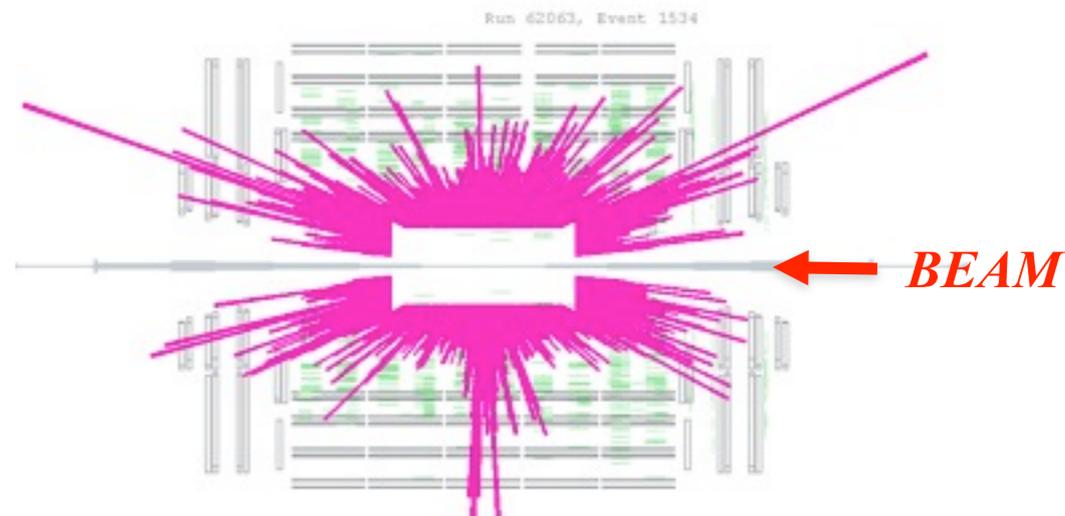
end 2008

Longitudinal views

HCAL energy

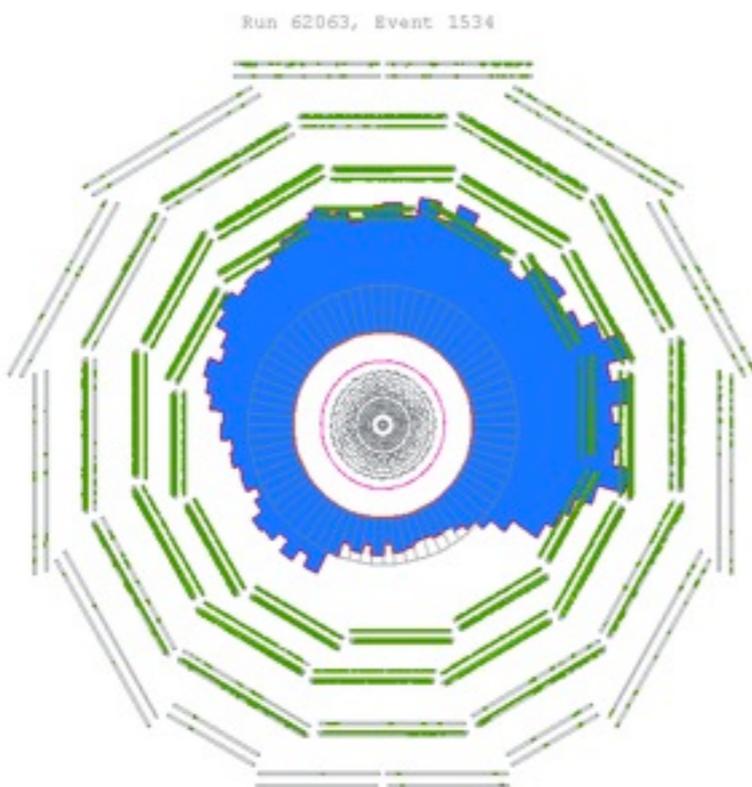


ECAL energy



Transverse views

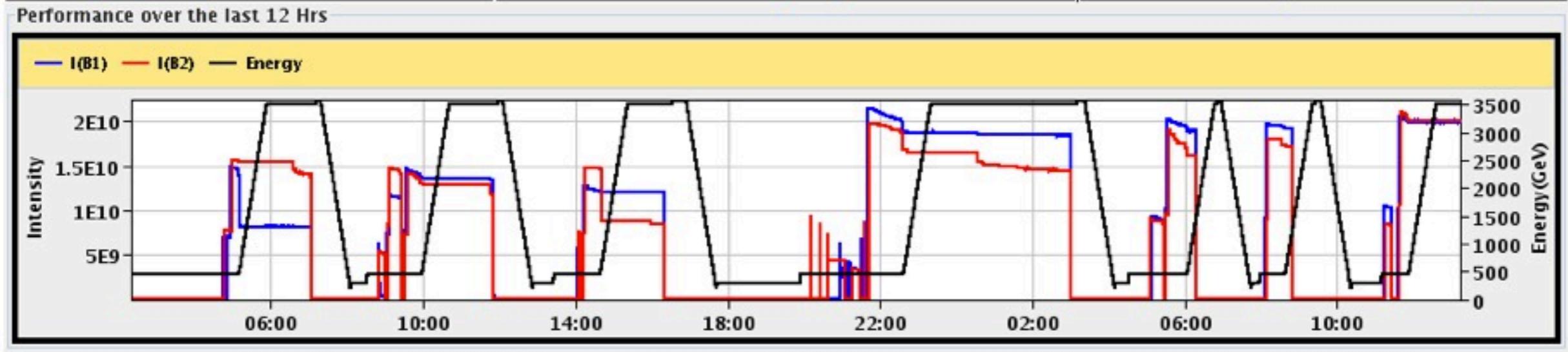
3.1/0.3 fpx



Prime collisioni a 7 TeV

30 Mar 2010

30-Mar-2010 13:13:11					Fill #: 1005	Energy: 3500.4 GeV	I(B1): 2.00e+10	I(B2): 2.01e+10
Experiment Status	ATLAS	ALICE	CMS	LHCb				
	STANDBY	PHYSICS	STANDBY	STANDBY				
Instantaneous Luminosity	8.398e-04	0.000e+00	5.770e-07	0.000e+00				
BRAN Count Rate	1.656e+02	7.690e-01	5.925e+02	2.189e+01				
BKGD 1	0.042	0.011	0.042	0.160				
BKGD 2	0.000	0.150	0.000	0.002				
BKGD 3	0.000	0.007	0.000	0.040				
LHCf	STANDBY	Count(Hz): 0.000	LHCb VELO Position	OUT	Gap: 58.0 mm	TOTEM:	CALIBRATION	



Prime collisioni a 7 TeV

30 Mar 2010

LHC First Physics

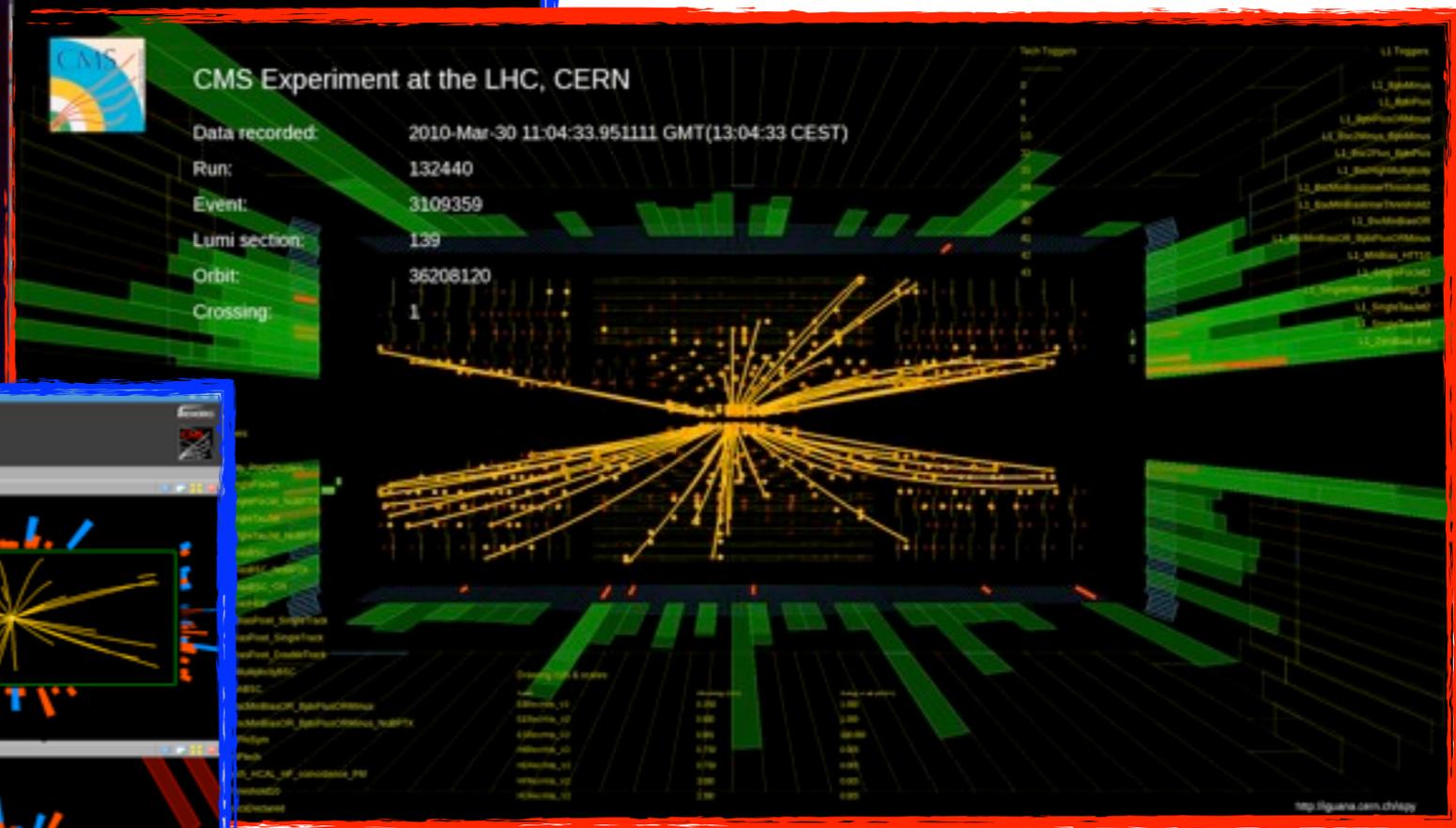
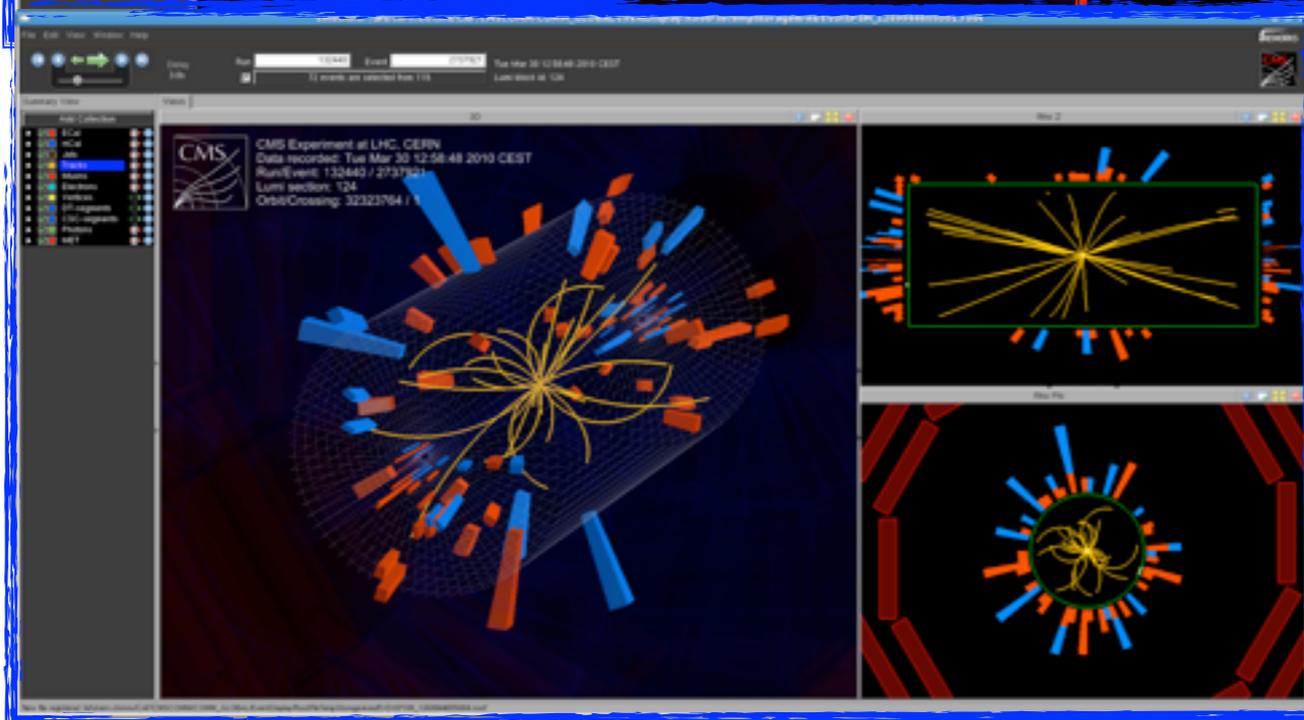
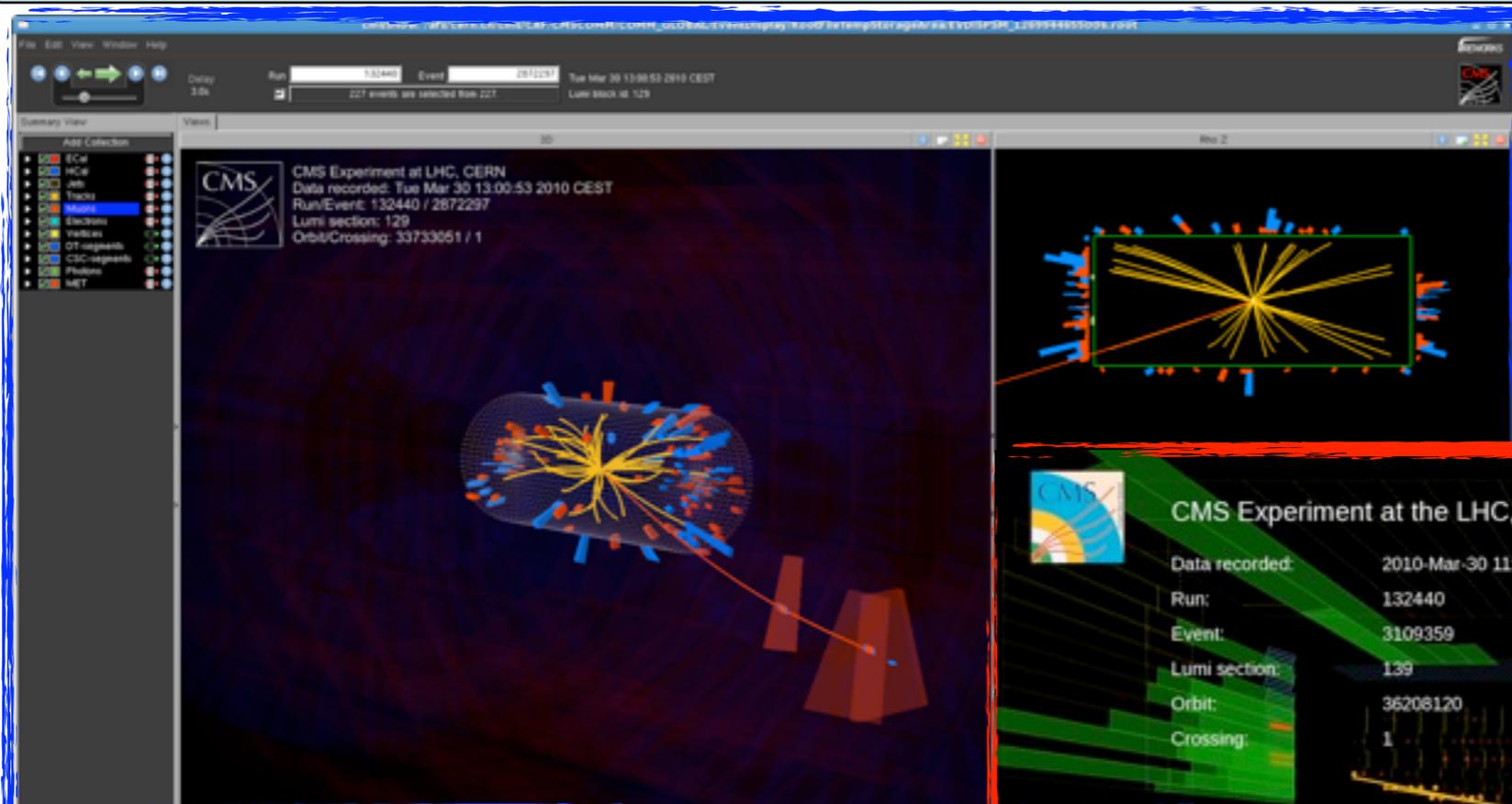
WEBCAST SCHEDULE | LHC CONTROL SCREENS

CERN

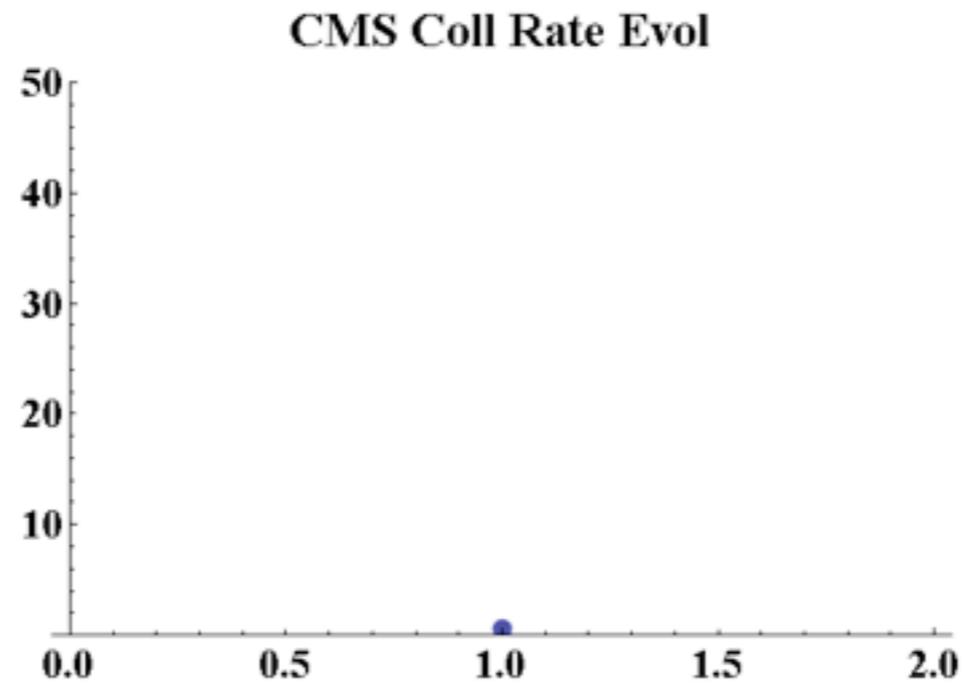
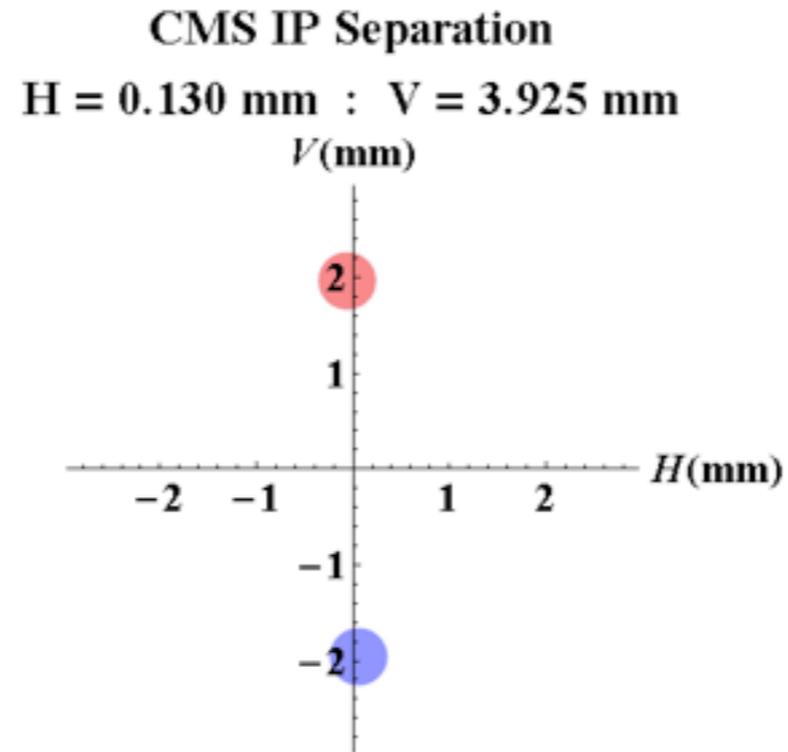
MAIN WEBCAST | ATLAS | ALICE | CMS | LHC

Event Display

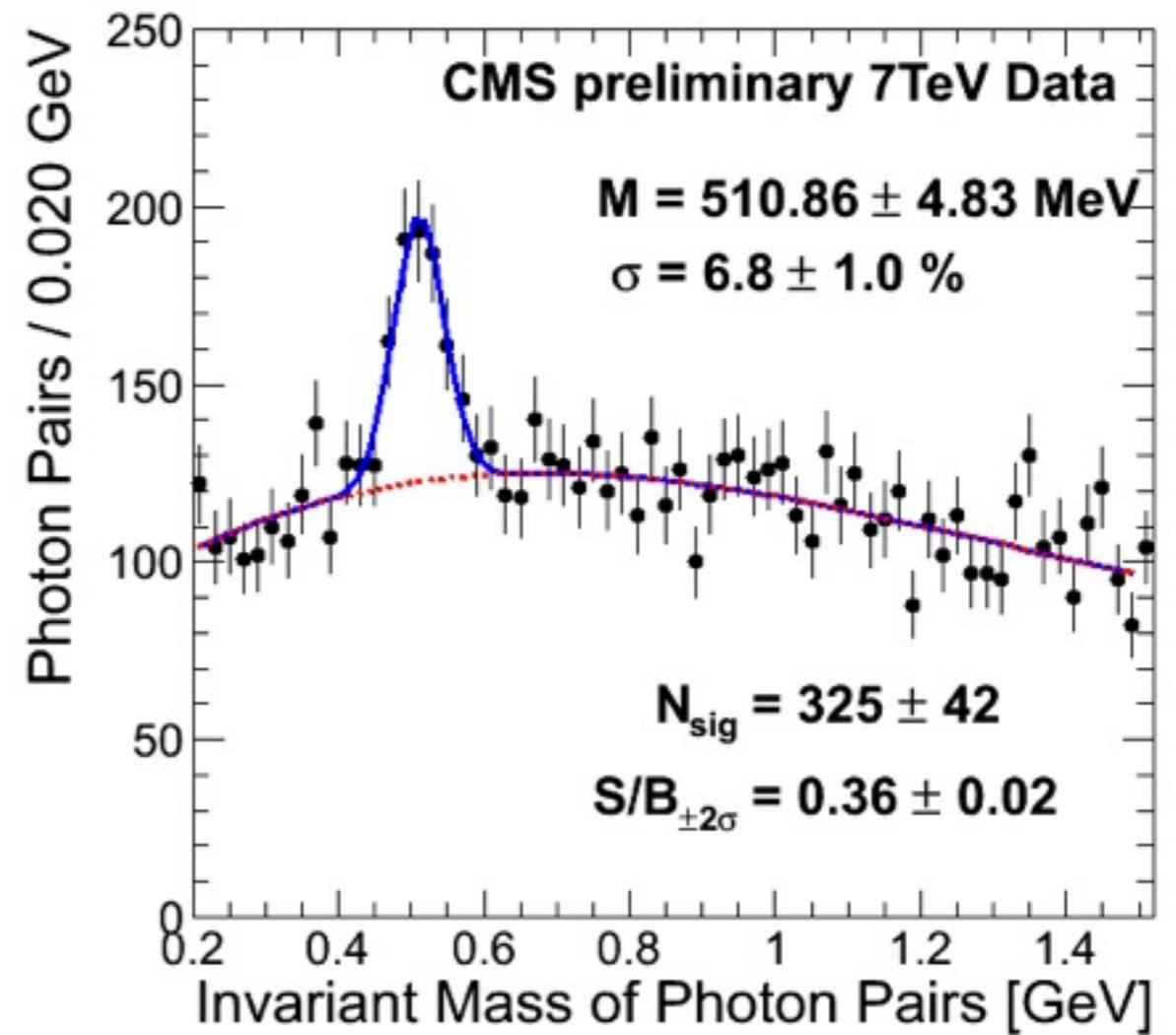
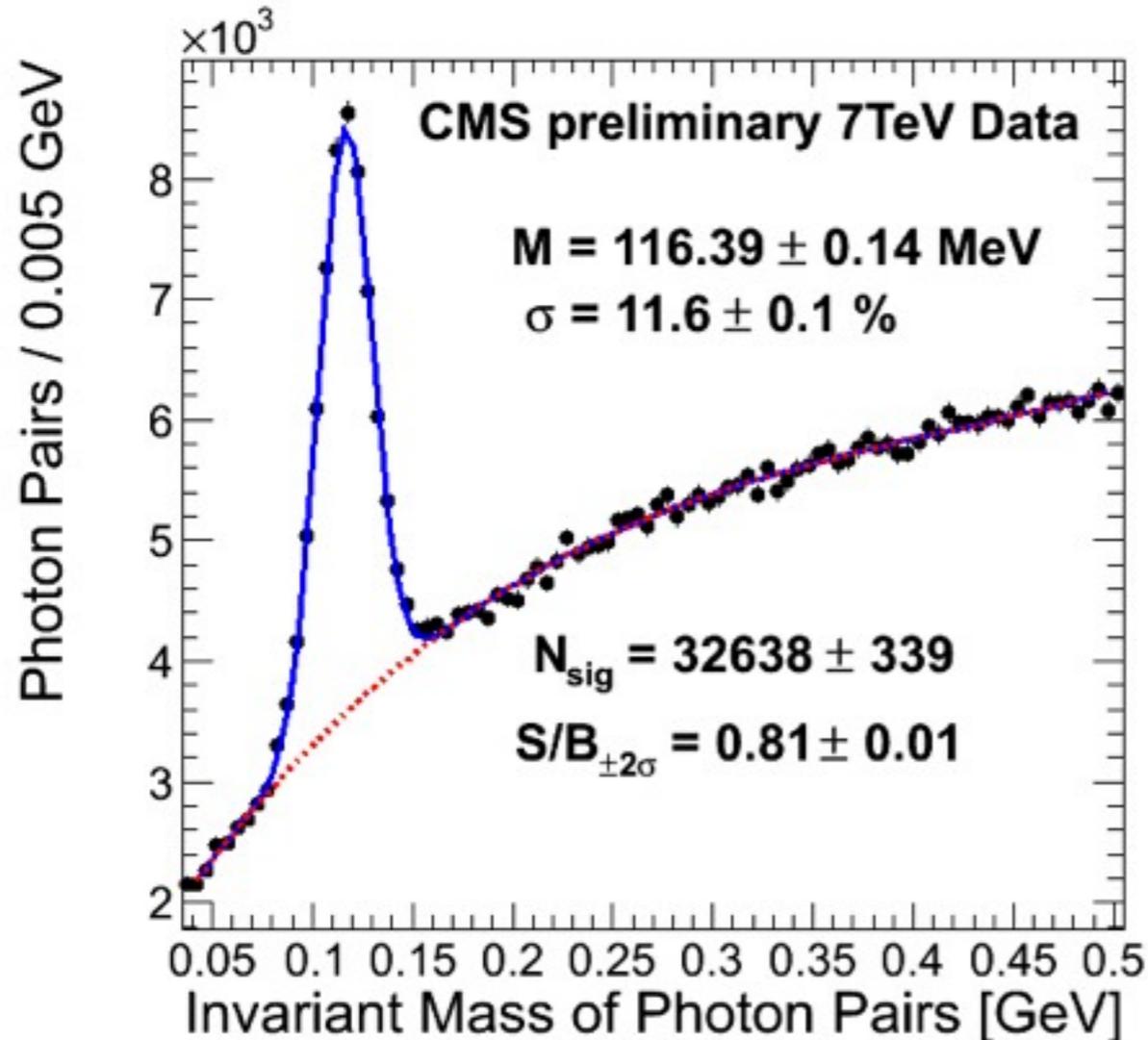
30 Mar 2010



Fasci sovrapposti



- Le prime due "riscoperte" di ECAL:
 - Pi0 -> 2fotoni
 - Eta -> 2fotoni
- La posizione dei picchi verra' utilizzata per calibrare la scala di energia del calorimetro



L'Higgs a CMS

