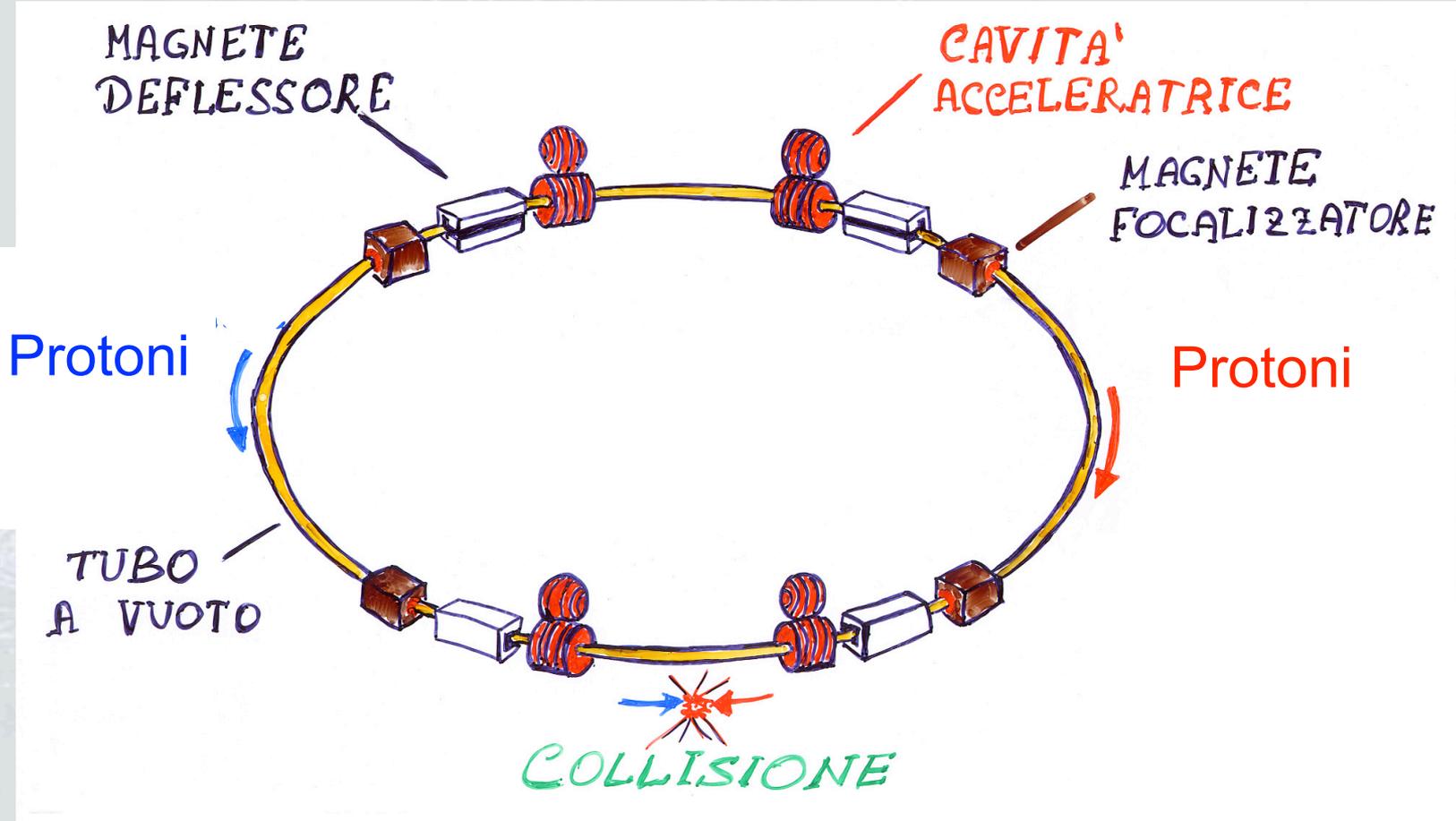
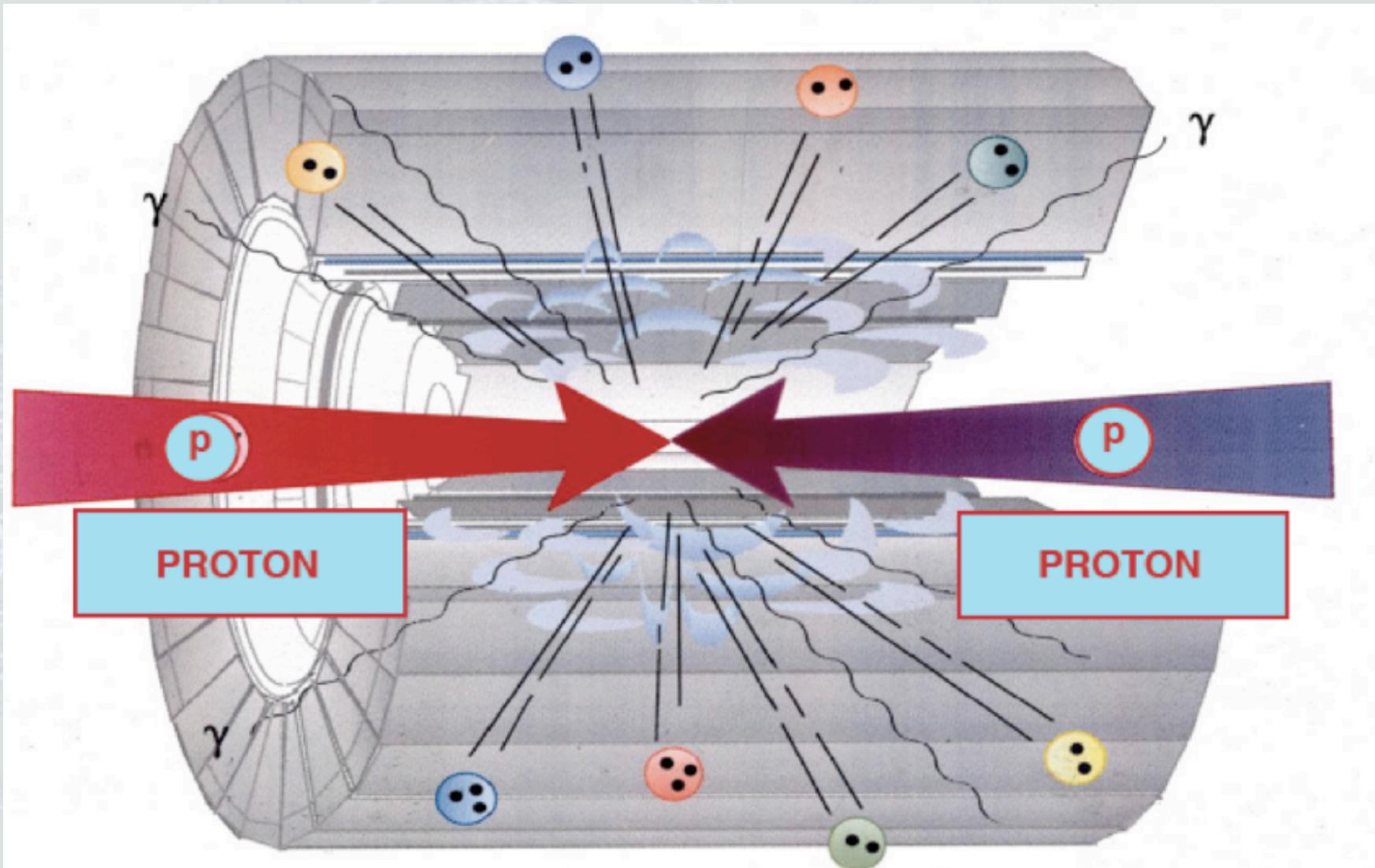


# Acceleratori (collisori) di particelle



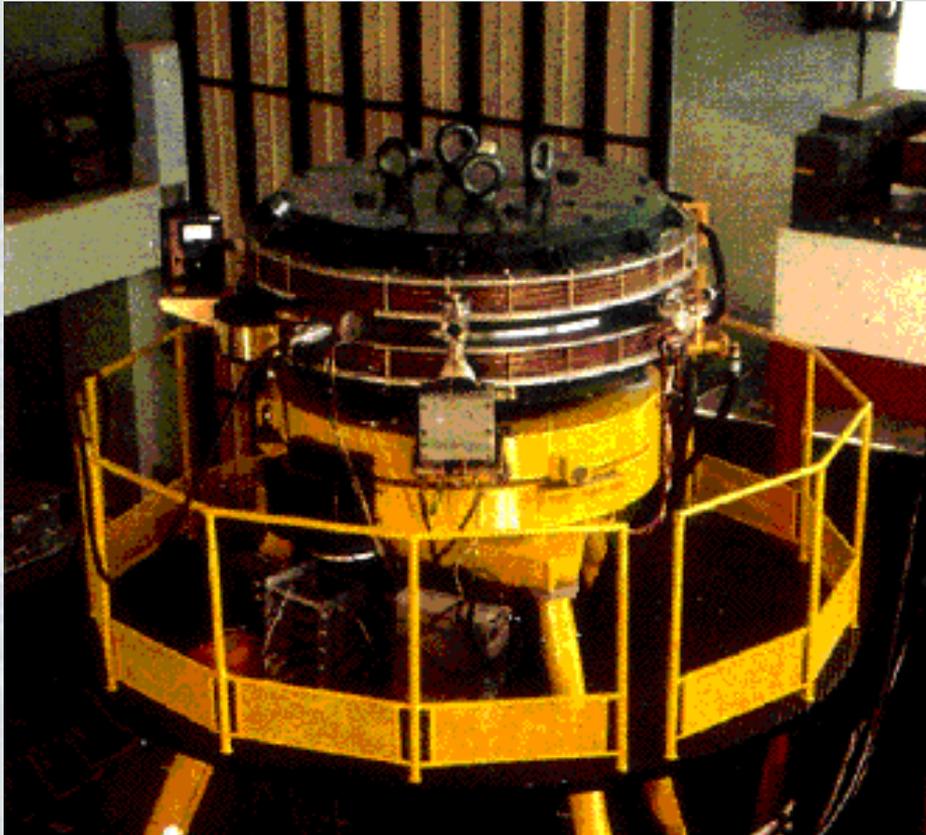
# Collisione di particelle



$$E=mc^2$$

# Il primo collisore di particelle

ADA a Frascati 1959



B.Tousheck

il piu' piccolo ( $d \sim 1\text{m}$ )

# LHC (Large Hadron Collider), CERN

protoni si scontrano contro protoni alla massima energia realizzabile oggi

il piu' grande,  $d \sim 9\text{km}$

prime collisioni: 23 novembre 2009



# La scoperta dei bosoni W, Z (il trionfo del Modello Standard)



## Materia

## Forze

$u$ up	$c$ charm	$t$ top	$g$ gluone
$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom	$\gamma$ fotone
$\nu_e$ e-neutrino	$\nu_\mu$ $\mu$ -neutrino	$\nu_\tau$ $\tau$ -neutrino	$W$ bosone
$e$ elettrone	$\mu$ muone	$\tau$ tau	$Z$ bosone

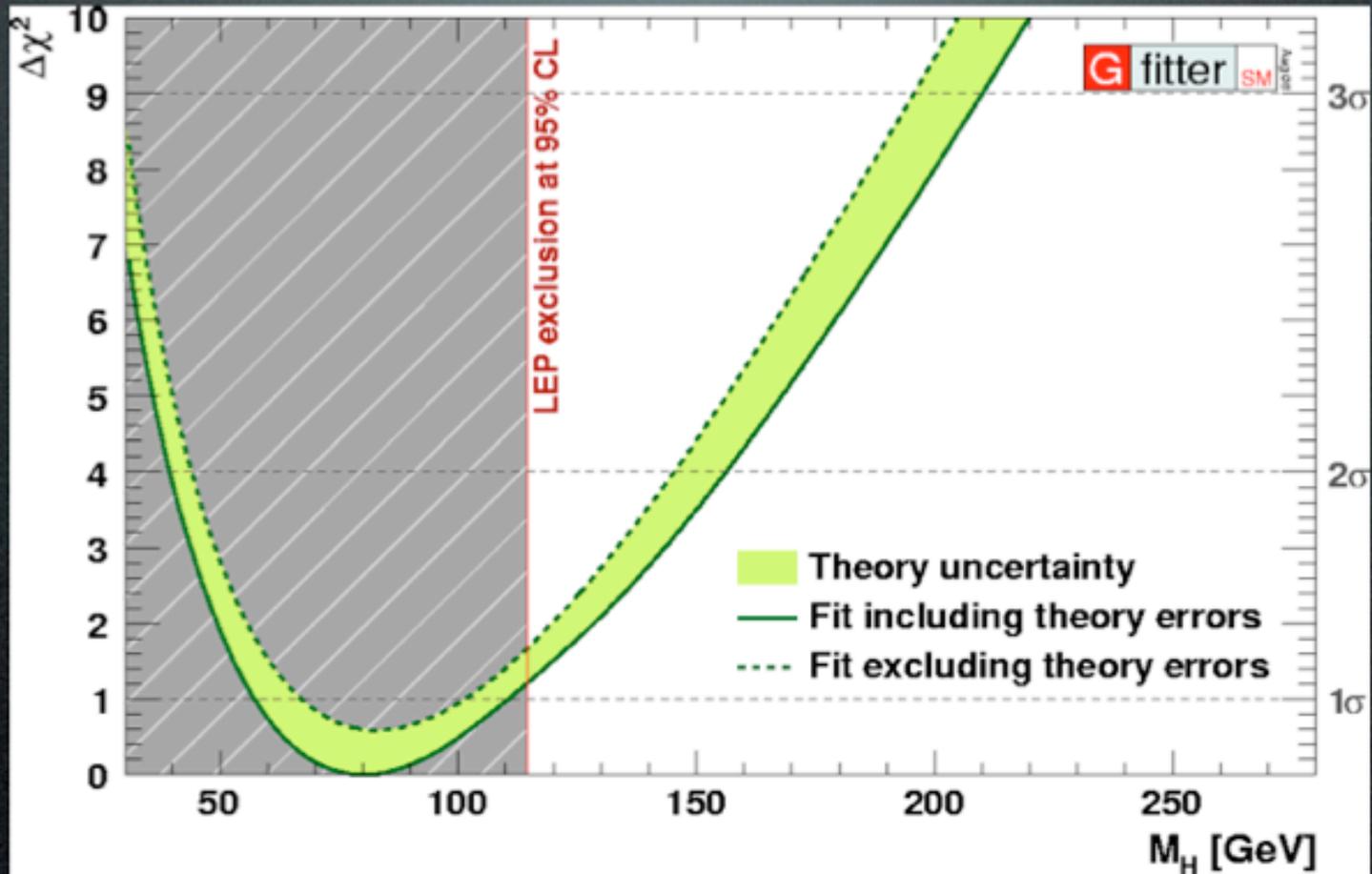
Esperimento UA1 al collisore  
protone-antiprotone del  
CERN di Ginevra

Rubbia, van der Meer (1984)



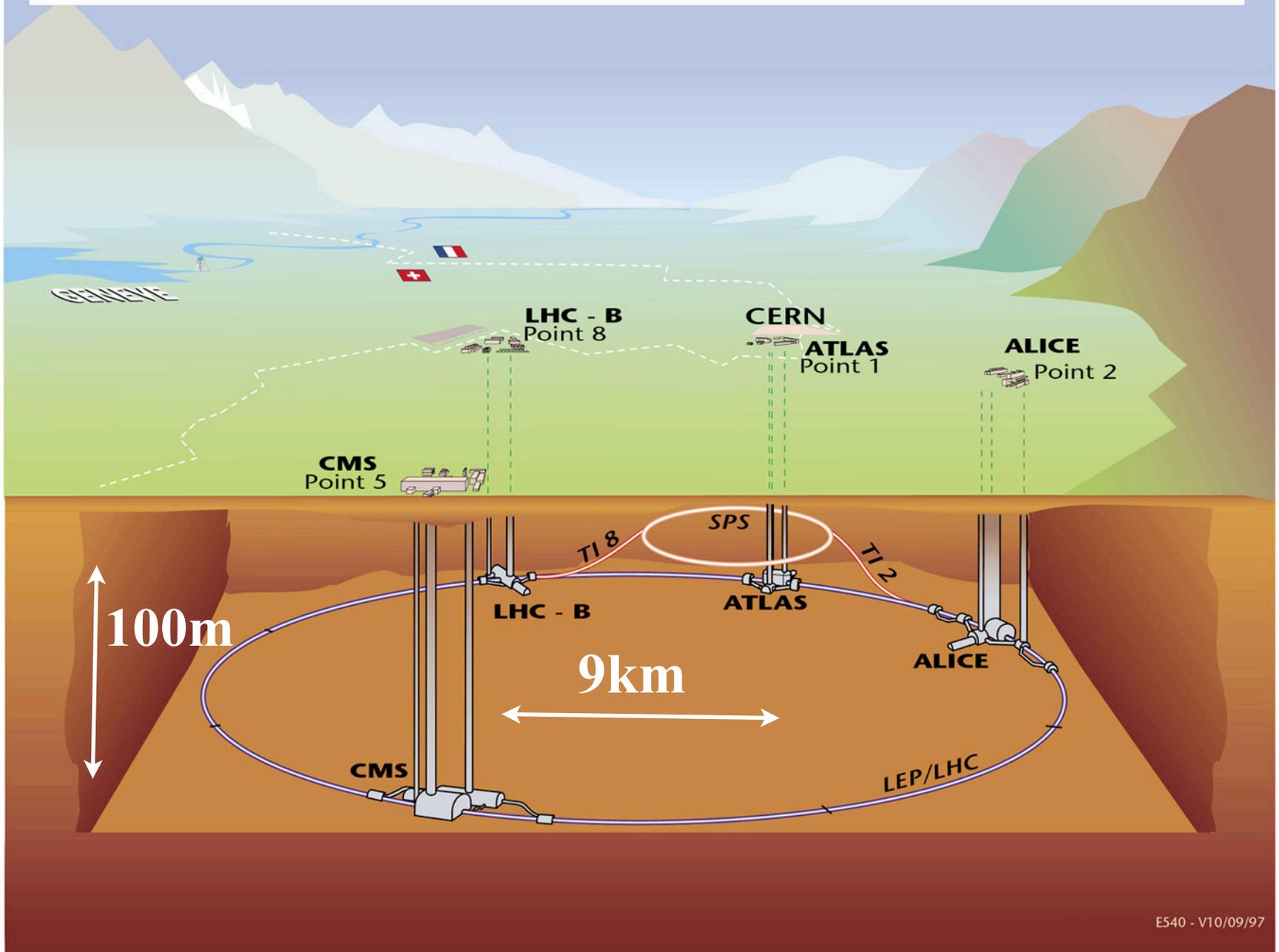
# la caccia al bosone di Higgs

*(il tonfo del Modello Standard?)*

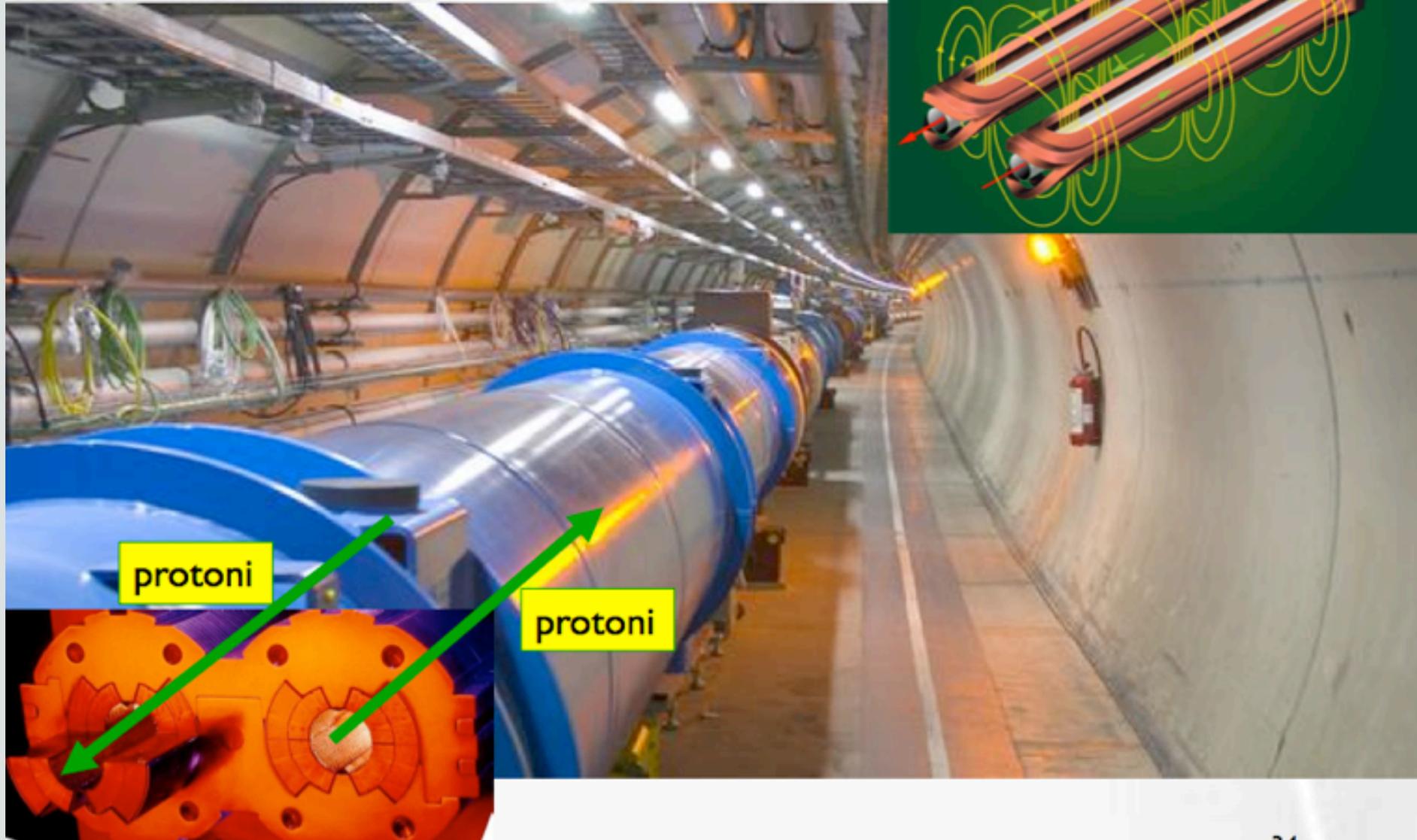


serve LHC per dircelo

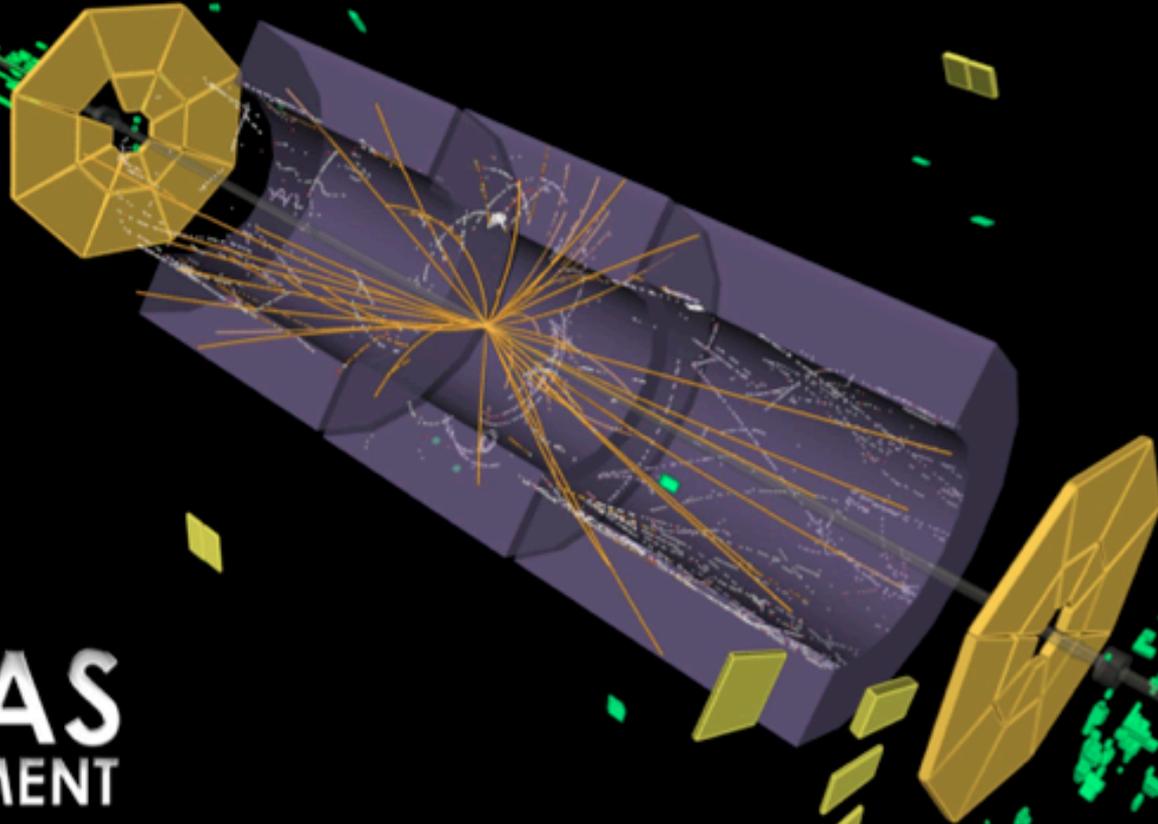
# Overall view of the LHC experiments.



## Il Tunnel di LHC



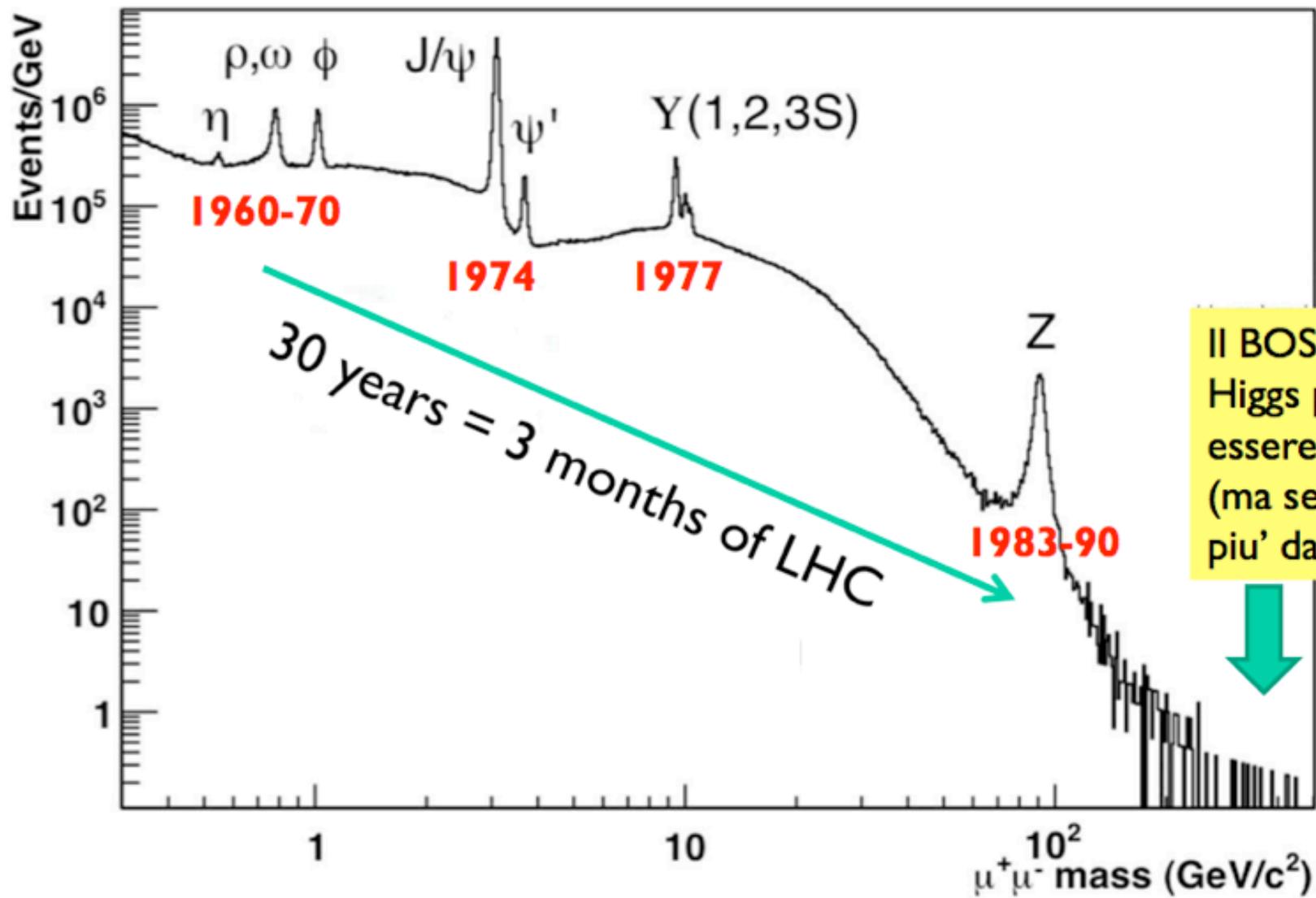
# Collision Event at 7 TeV



 **ATLAS**  
EXPERIMENT

2010-03-30, 12:58 CEST  
Run 152166, Event 316199

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>



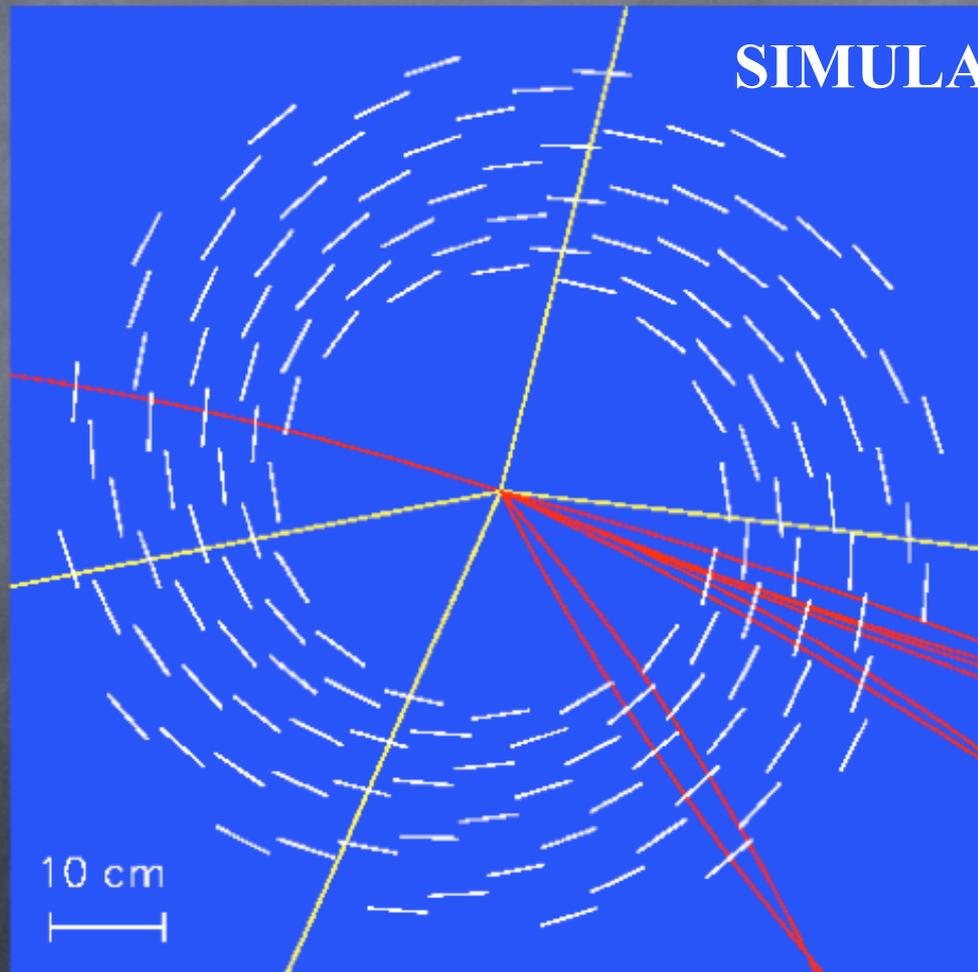
# La vera scommessa o l'amara realta'

Evento a LHC dove  
bisogna trovare le  
quattro tracce  
(diritte) che  
formano un  
bosone di Higgs

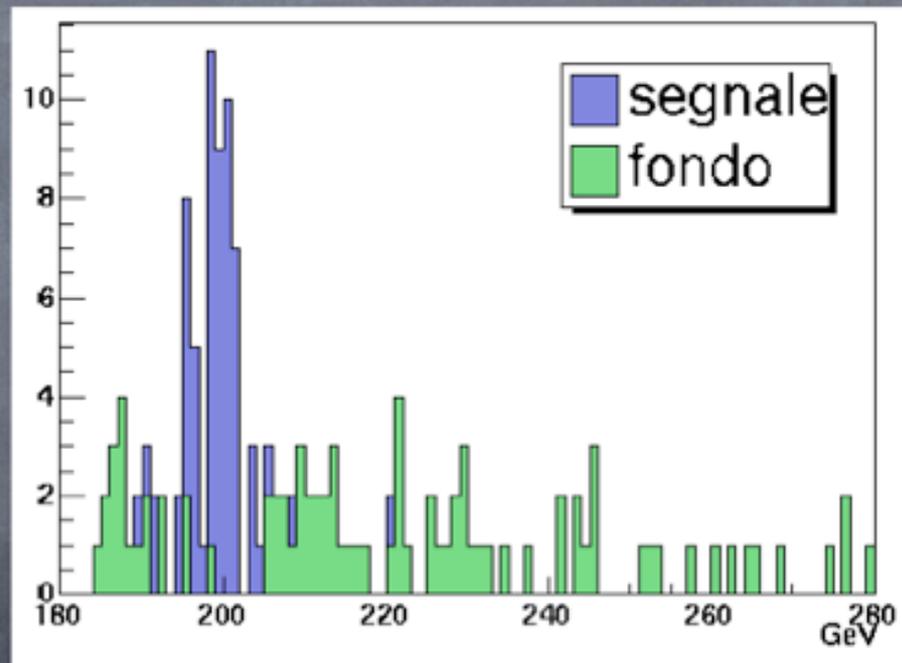


# Potenza dell'intelligenza (e del computing)

**SIMULAZIONE**

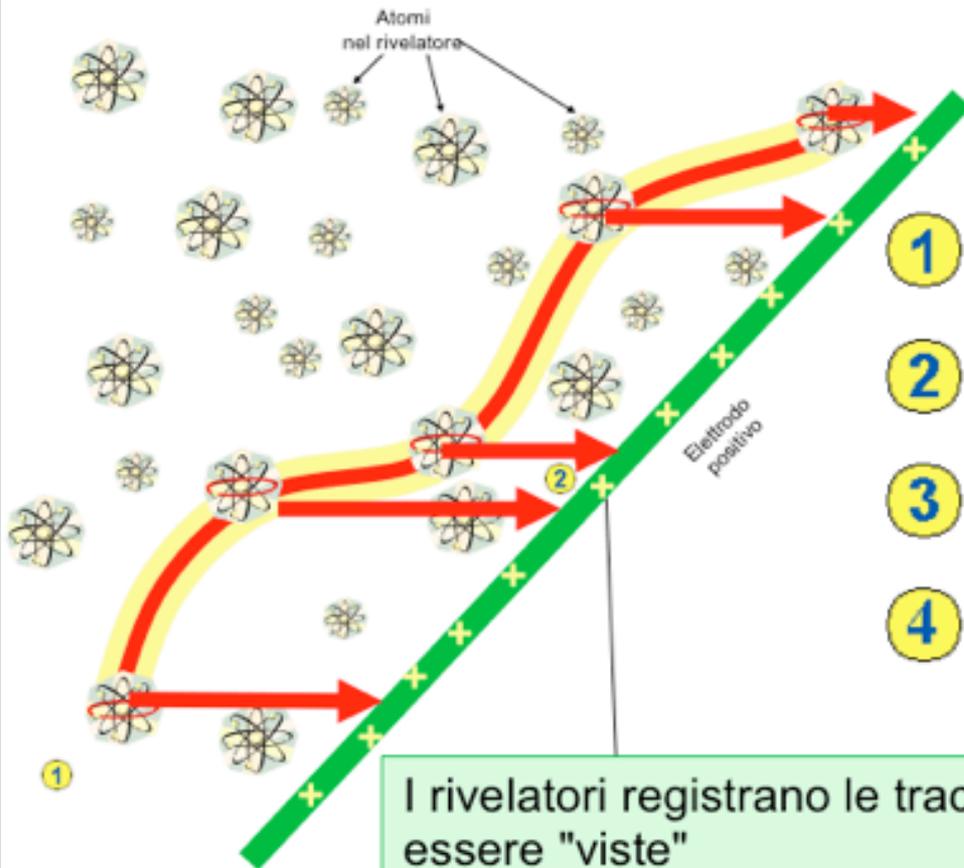


Se tutto andra' bene sara'  
cosi' (+/- !)



SIMULAZIONE

# Come funzionano i rivelatori di particelle?

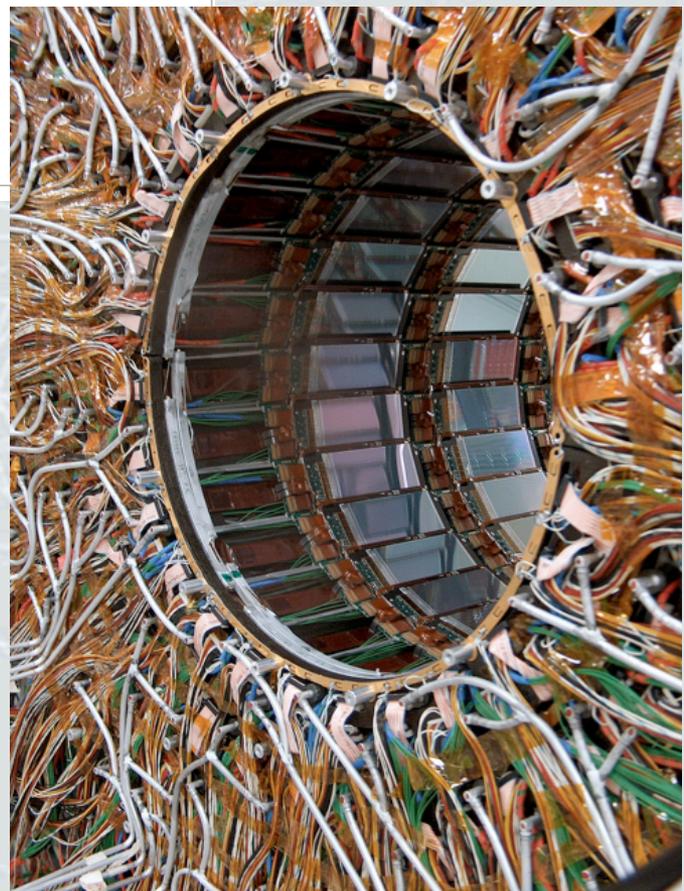
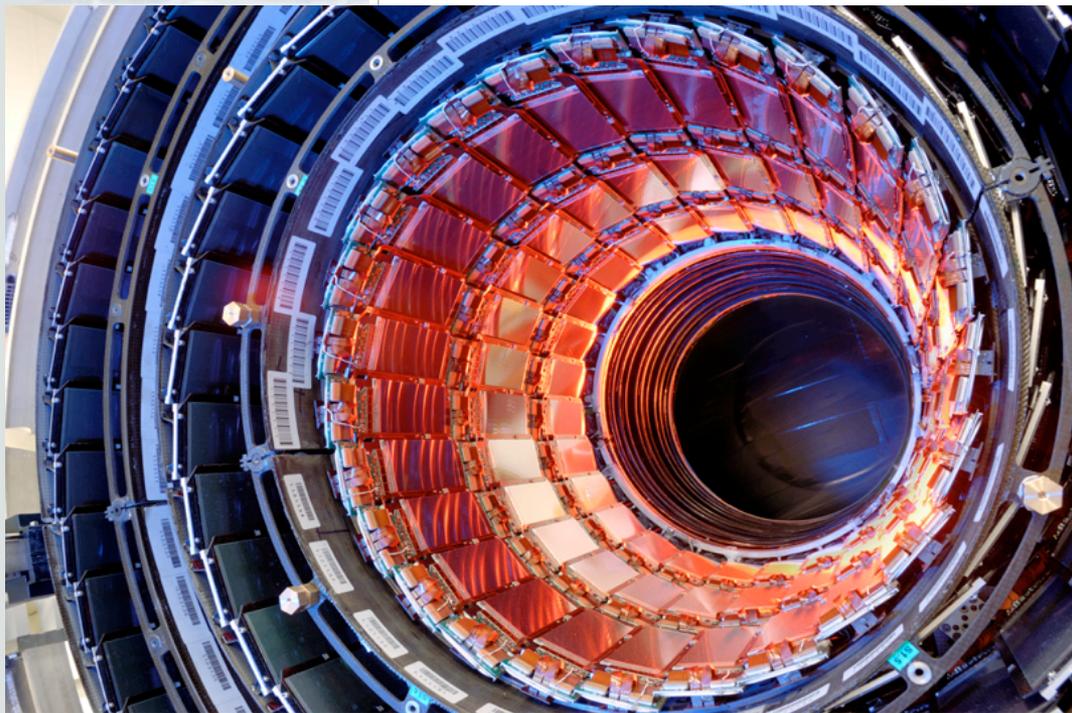
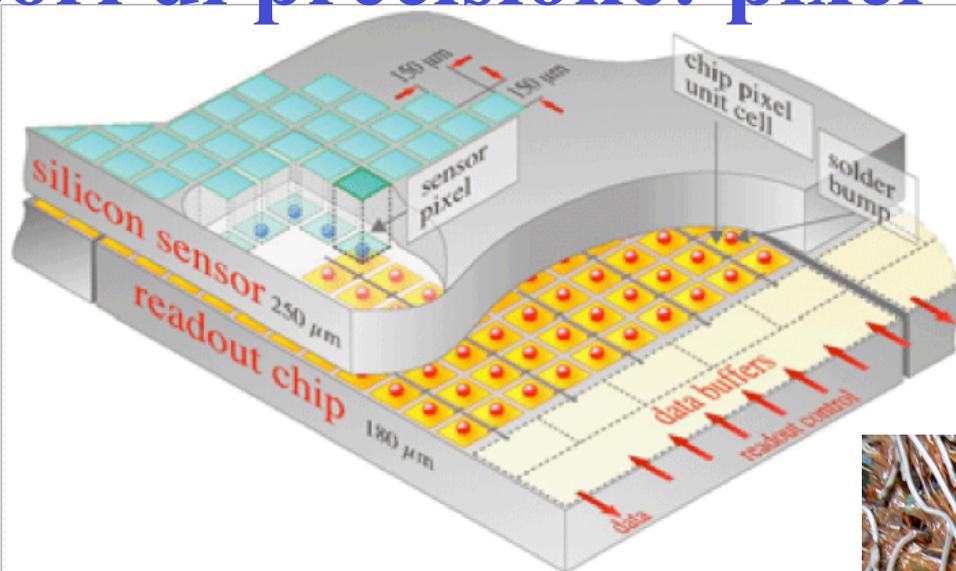


- 1 una **particella invisibile** passando attraverso il rivelatore ne colpisce gli atomi e **libera elettroni**.
- 2 Gli **elettroni negativi** sono attratti dall'elettrodo **positivo più** vicino.
- 3 Il segnale prodotto e' **amplificato** e inviato ad un **computer**.
- 4 Dalla **posizione** dell'elettrodo e dal tempo di arrivo del segnale, il computer **ricostruisce il punto** di passaggio della particella.

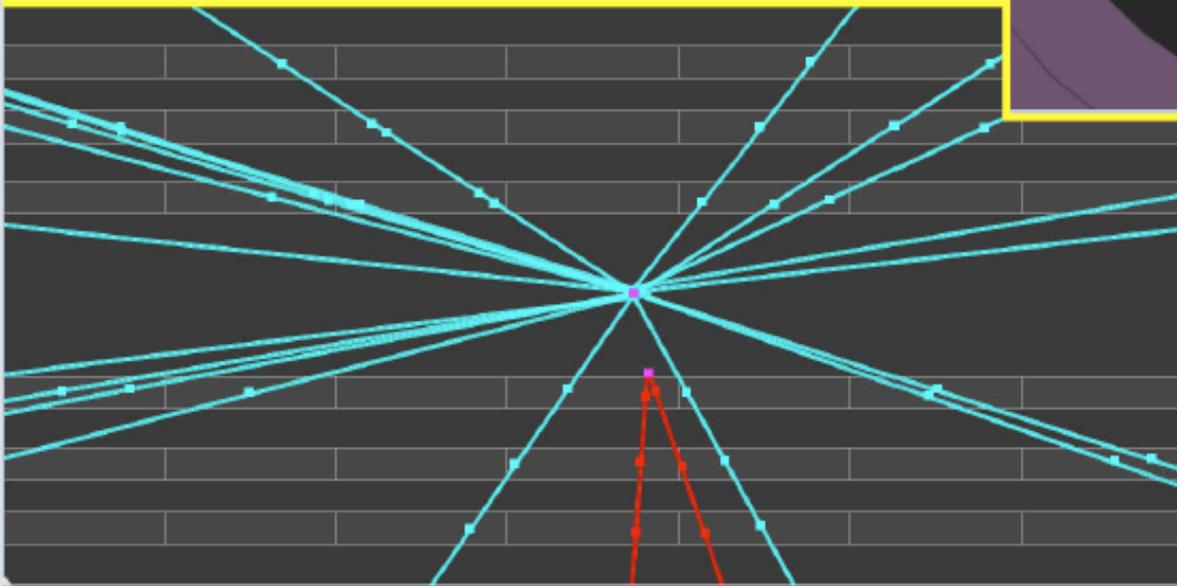
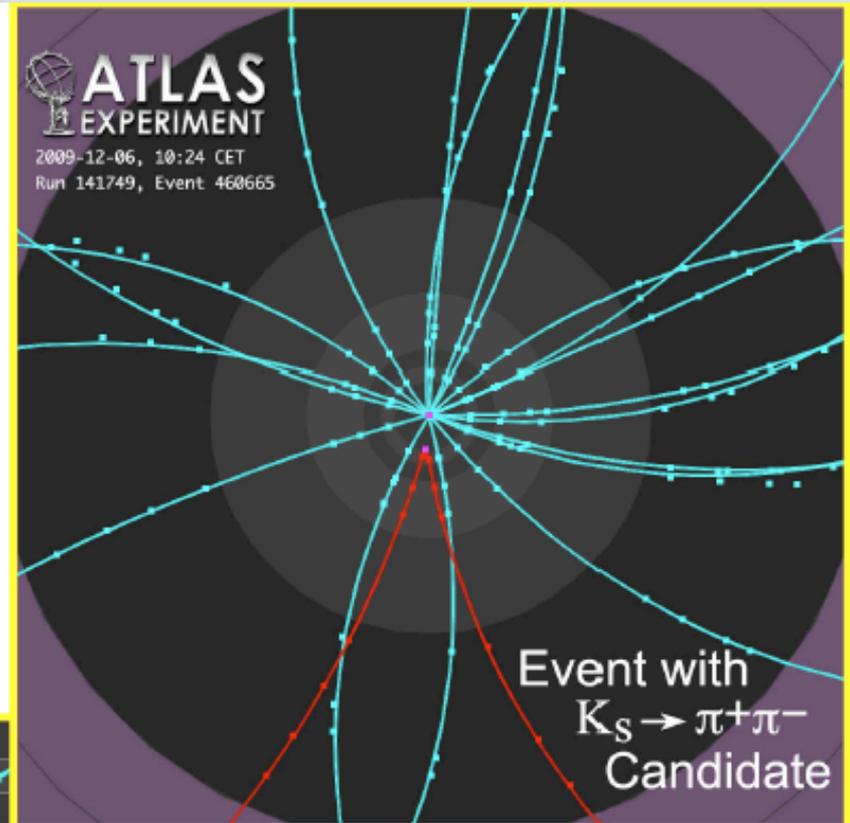
I rivelatori registrano le tracce delle particelle troppo piccole per essere "viste"



# Tracciatori di precisione: pixel di silicio



**ciascun pixel di silicio si accende  
al passaggio di una particella:  
la sequenza di pixel colpiti  
permette di ricostruire la  
traiettoria della particella con una  
precisione spaziale di decimi di  
millimetro!!**



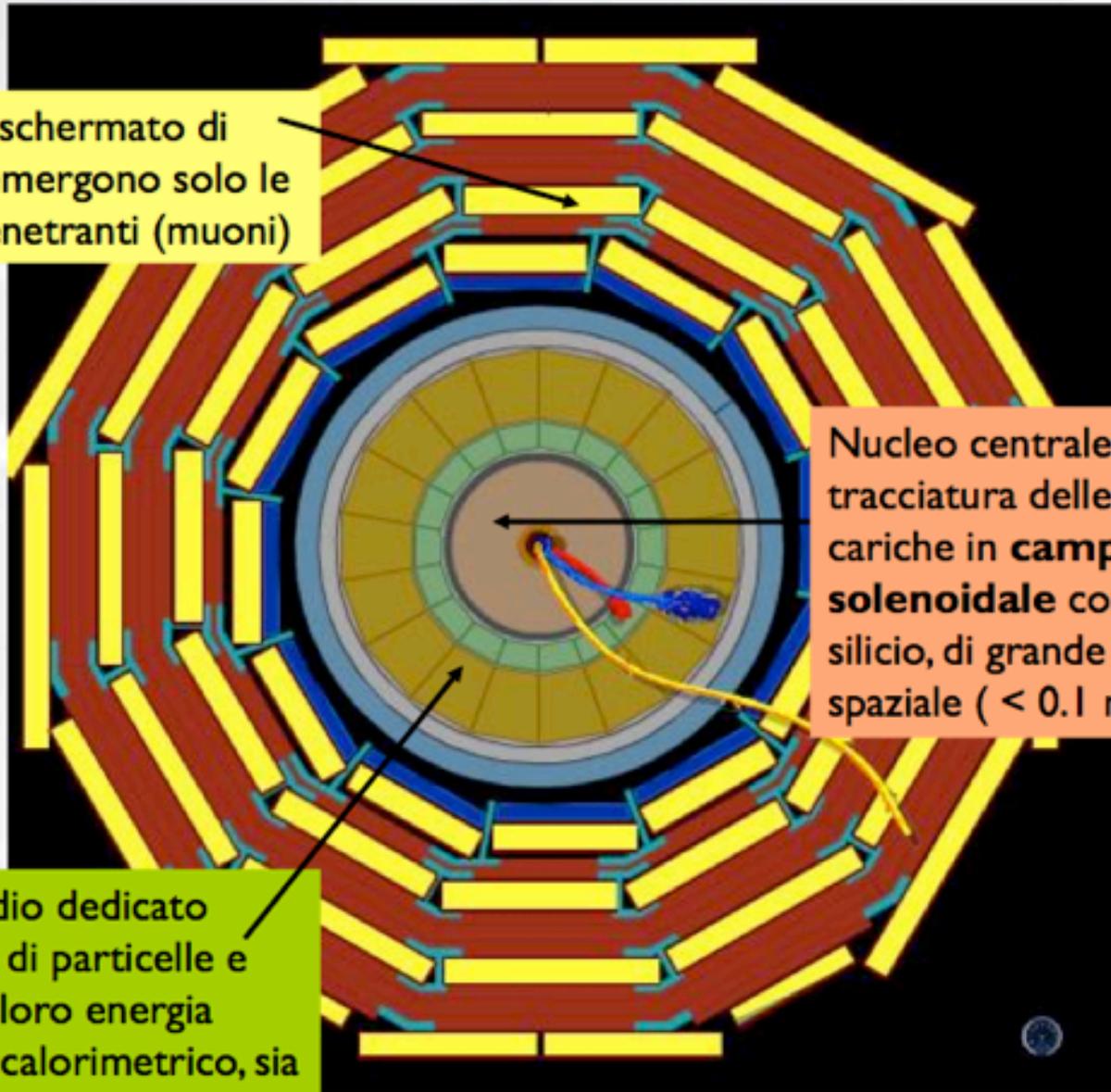
**i tracciatori di  
ATLAS e CMS hanno  
50-60 milioni di  
pixels!**

## Come e' concepito un grande apparato alla Atlas / Cms

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

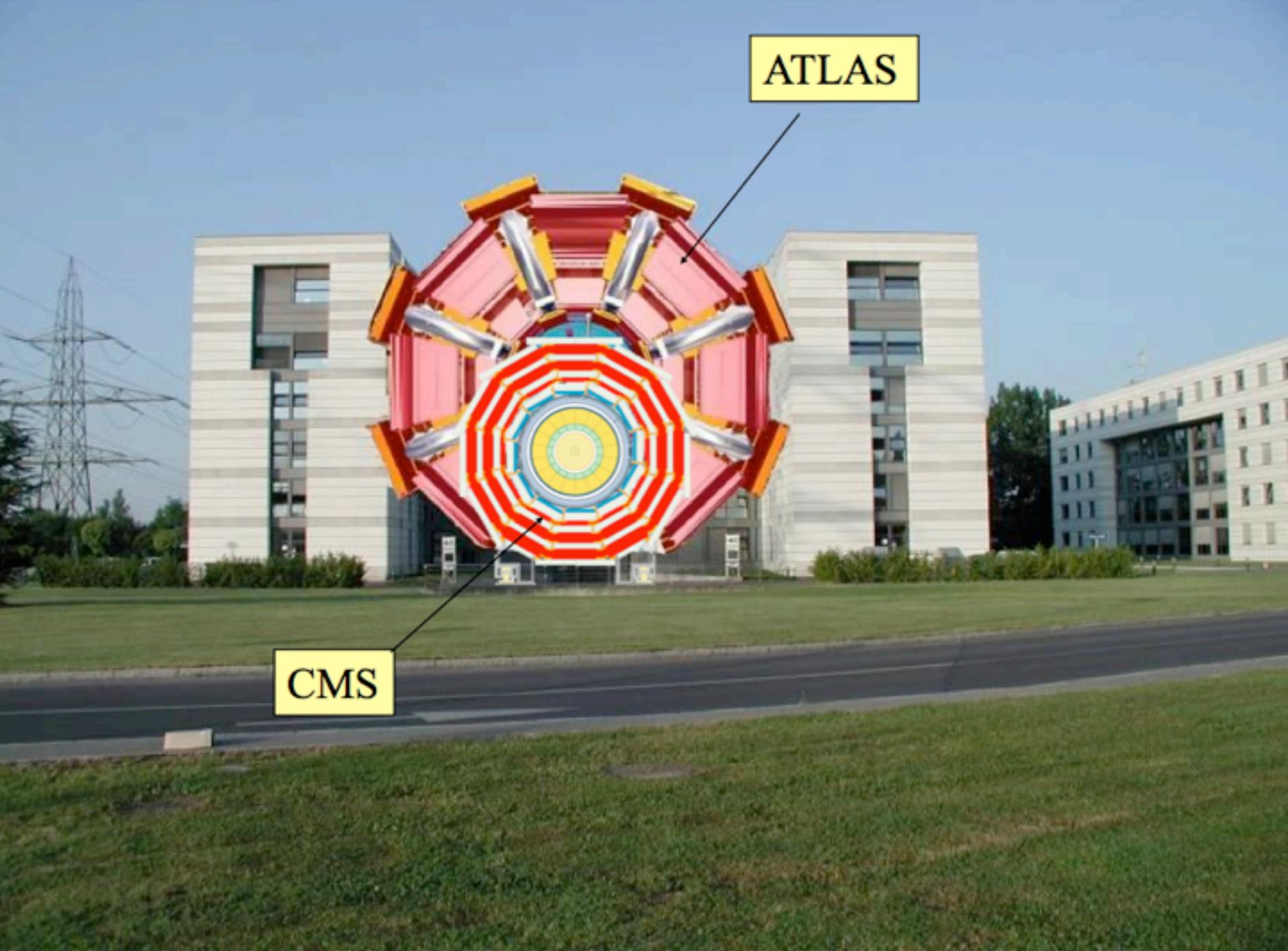
Nucleo intermedio dedicato all'assorbimento di particelle e alla misura della loro energia tramite metodo calorimetrico, sia per le cariche, che per le neutre (in particolare i fotoni)

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

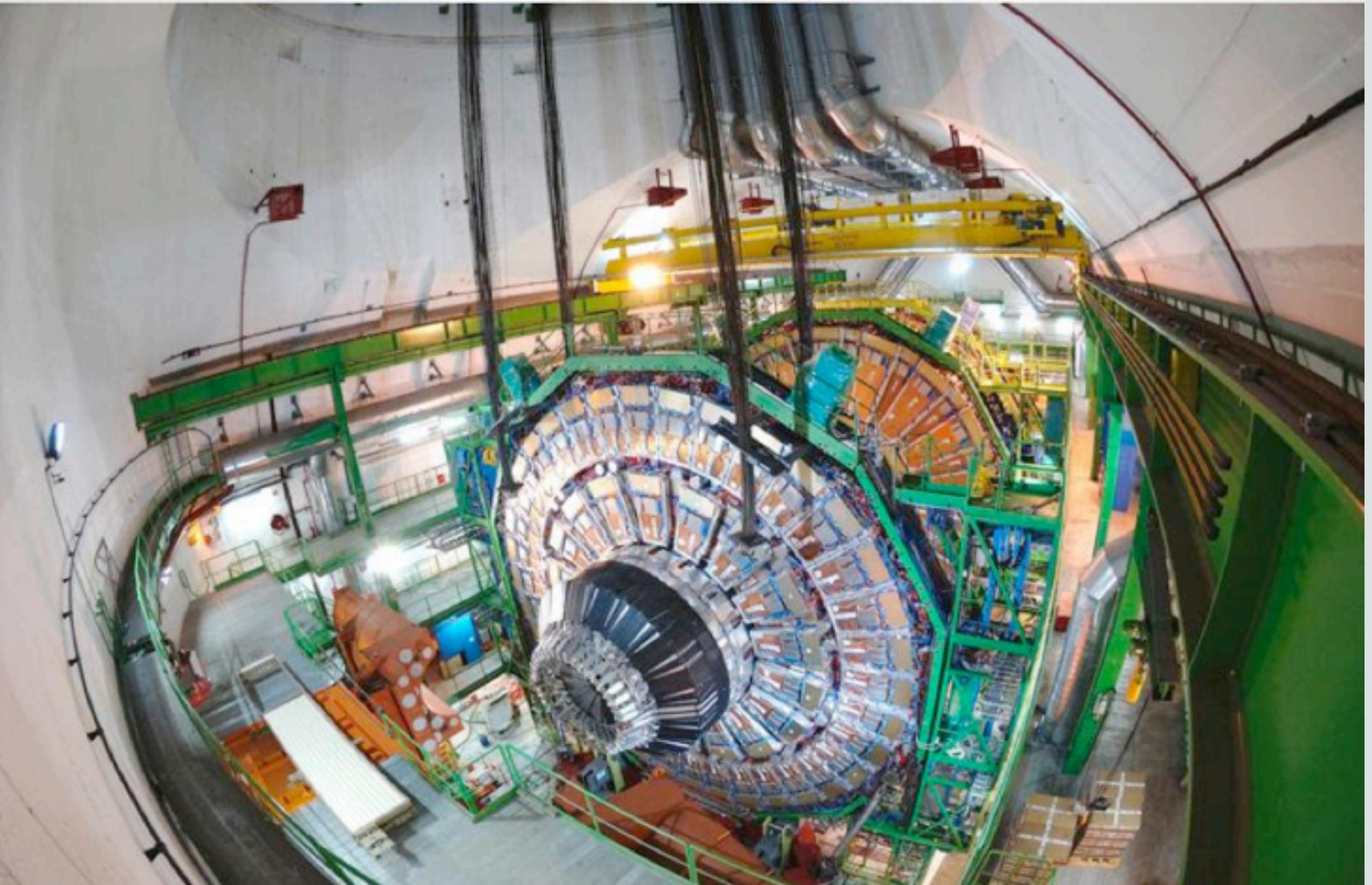


ATLAS

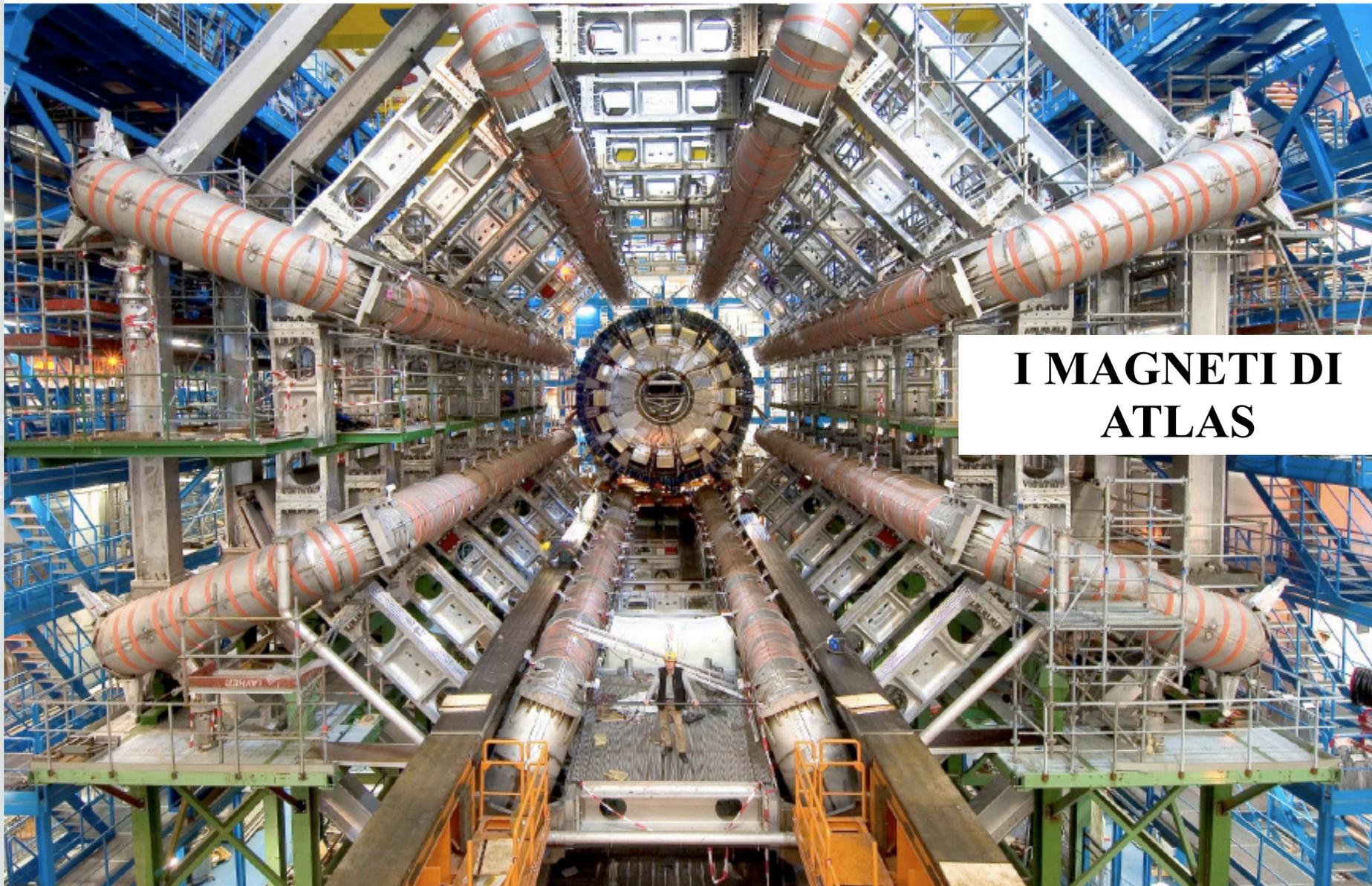
CMS



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



ATLAS cavern, October 2005



## I MAGNETI DI ATLAS

# Ogni esperimento di LHC e' fatto da ~1000 ricercatori provenienti da tutto il mondo

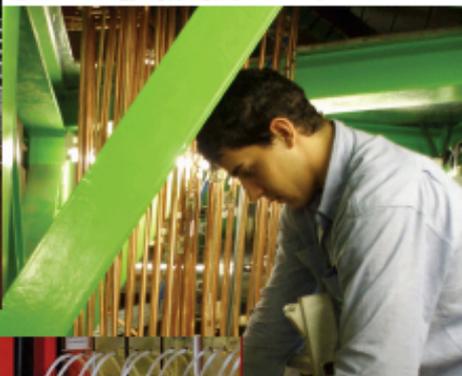


# I ricercatori di Frascati



Produzione camere!

Installazione apparato, servizi, camere

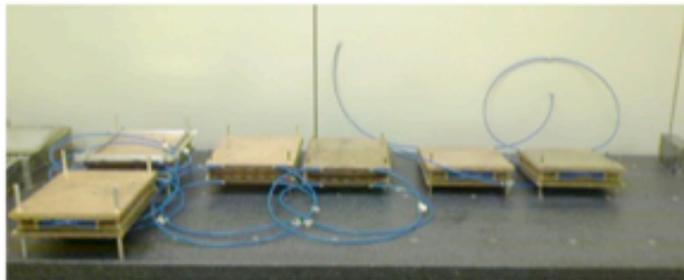
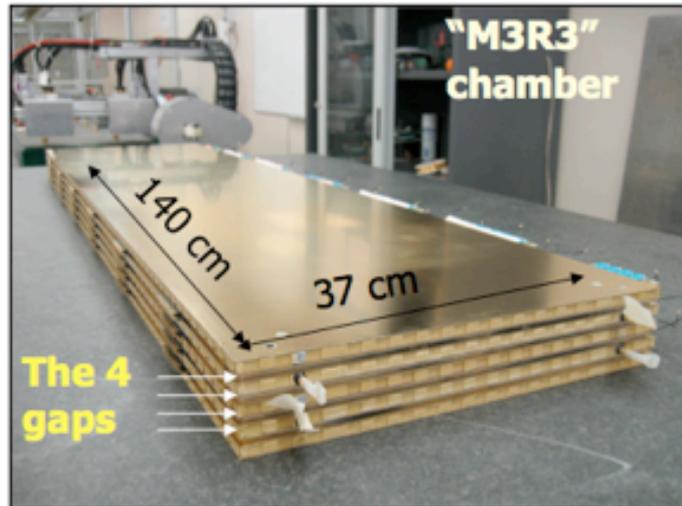


Test camere!



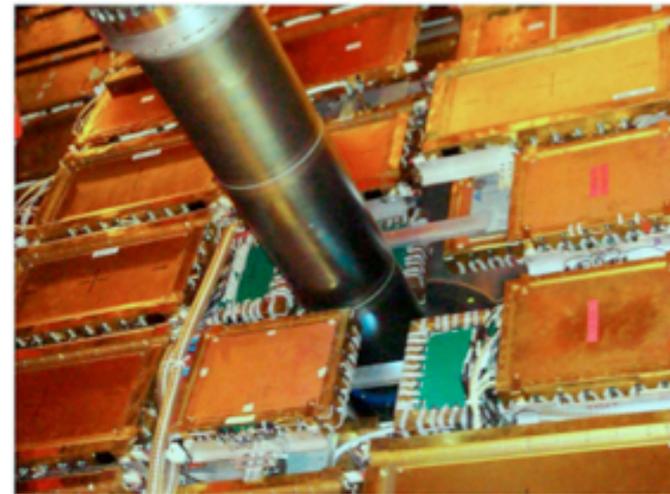
# I rivelatori per muoni costruiti a Frascati

2003: muon chamber (MWPC, GEM)  
production starts at LNF → ~30% of the  
whole detector has been built here



after 5 years and 1380 chambers...

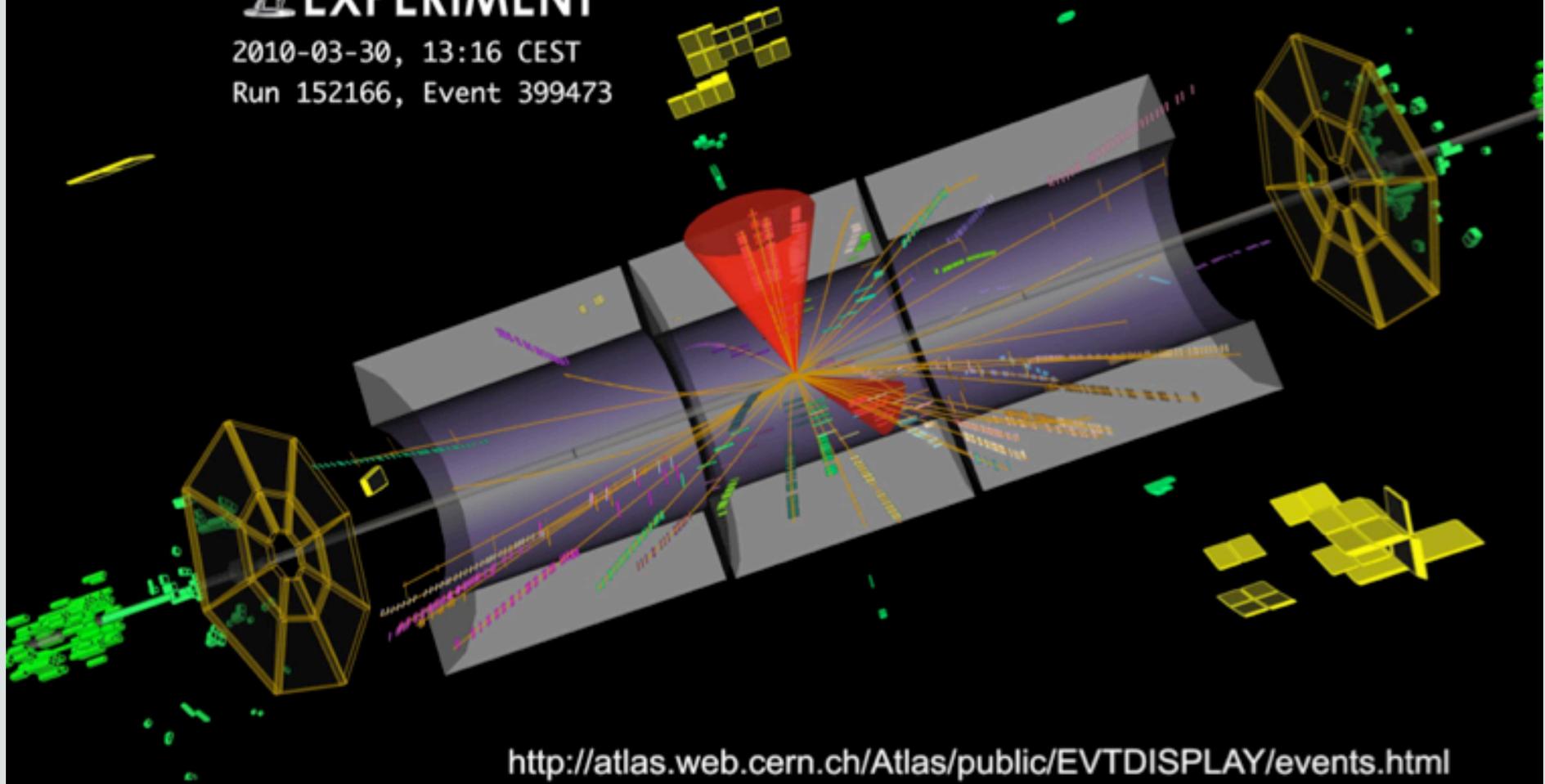
2009: Muon system is ready for data taking





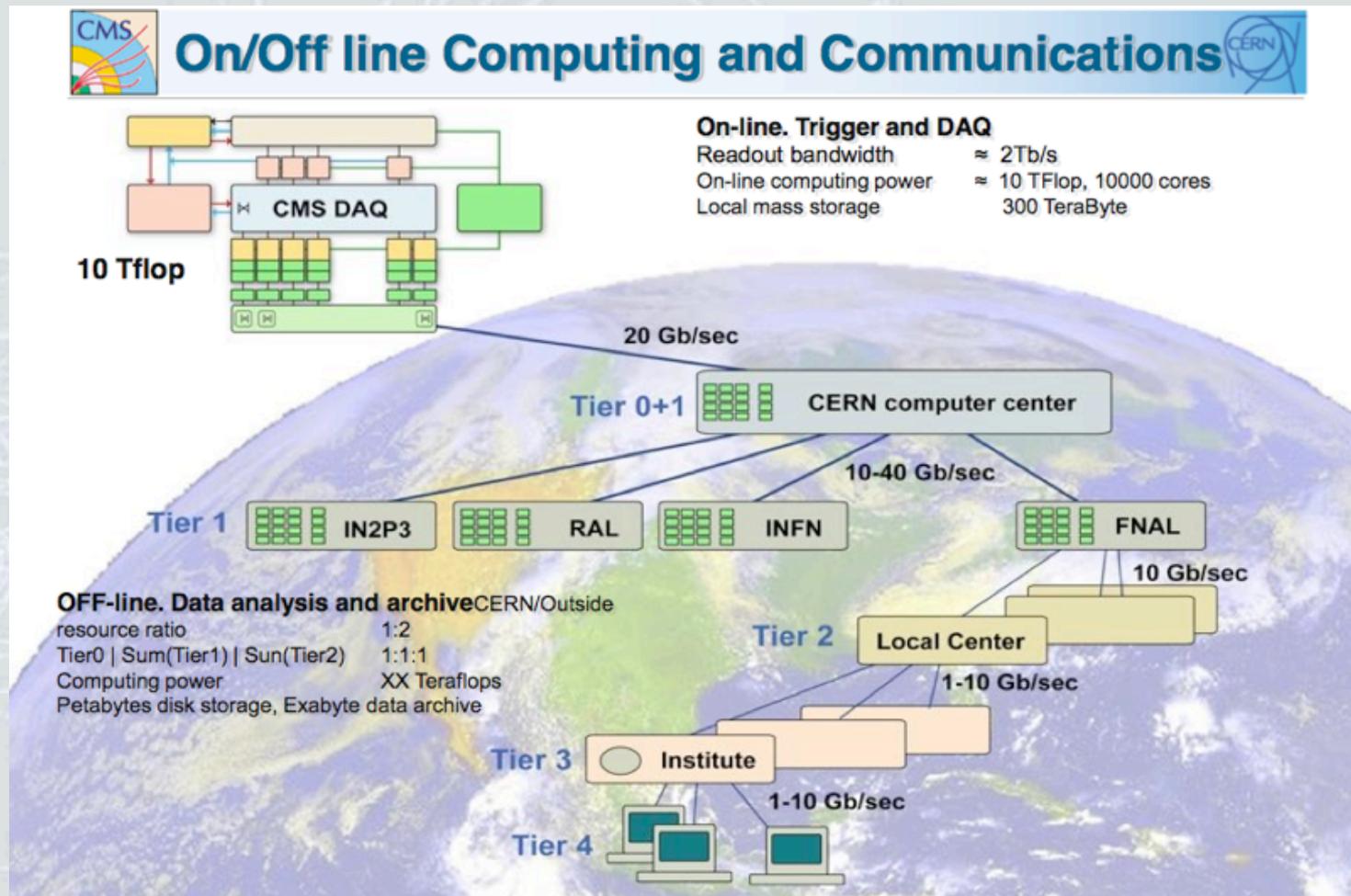
2010-03-30, 13:16 CEST  
Run 152166, Event 399473

## 2-Jet Collision Event at 7 TeV



<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

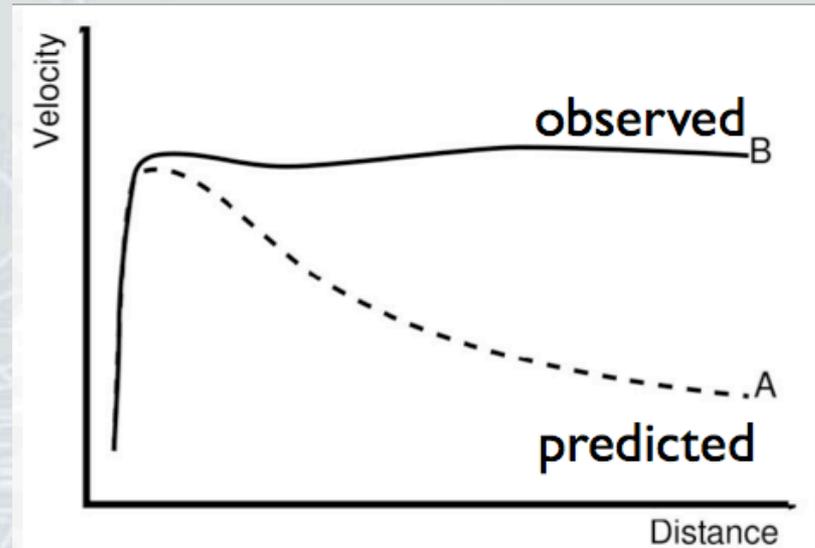
# ogni esperimento produce ogni secondo da 100MB a 1GB di dati



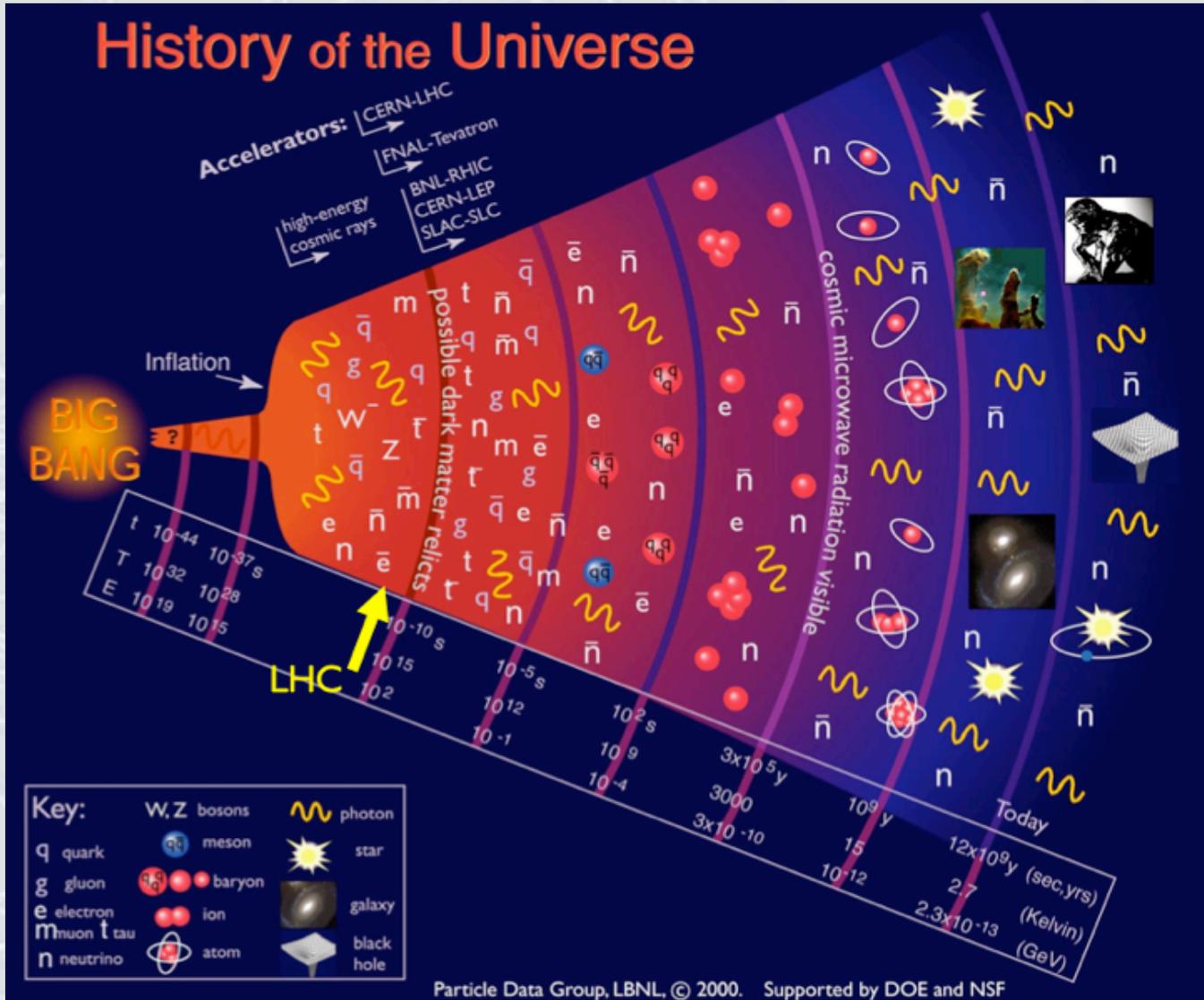
Per elaborarli serve una rete di calcolatori sparsi un tutto il mondo

# Abbiamo un problema cosmico

la materia come noi la conosciamo costituisce SOLO il 4% dell'universo: e il restante 96%? LA MATERIA OSCURA



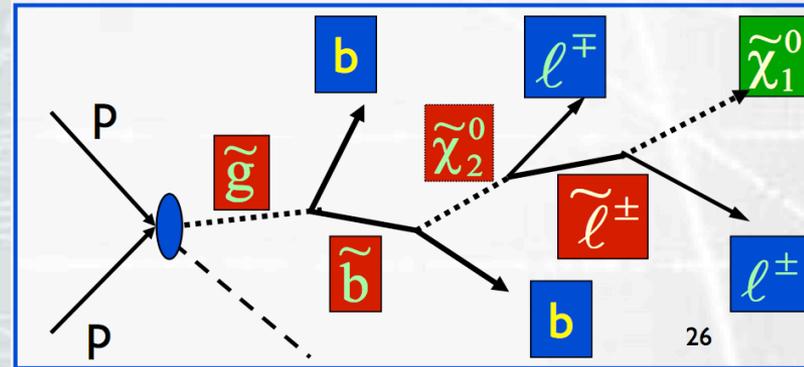
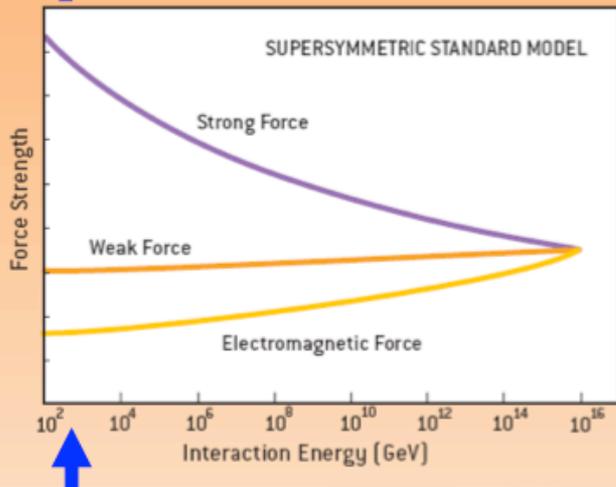
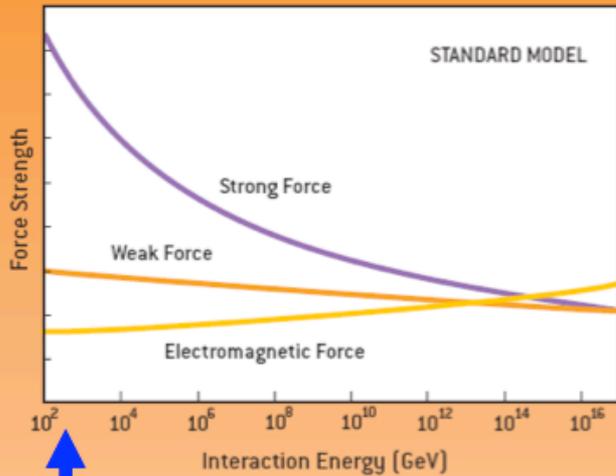
# La risposta e' nell'evoluzione dell'universo



gli acceleratori ci permettono di risalire indietro nel tempo

# Oltre il Modello Standard: la supersimmetria

## Evidence for Supersymmetry



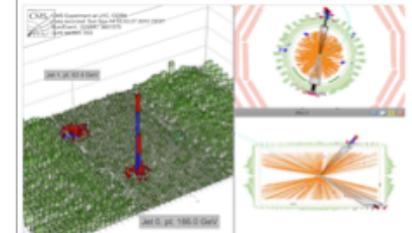
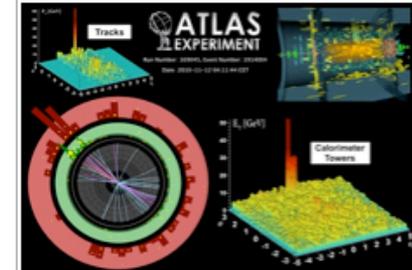
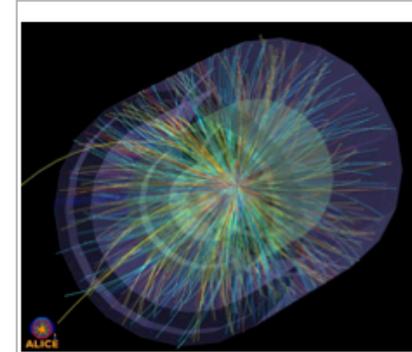
$\chi^0$ , il “neutralino”, e’ un buon candidato a risolvere il problema della materia oscura: se esiste, lo scopriremo ad LHC!

# Gocce di materia primordiale: il plasma di quark e gluoni

Ricreato ad LHC  
a fine novembre  
2010 in collisioni  
Pb-Pb

Geneva, 26 November 2010. After less than three weeks of heavy-ion running, the three experiments studying lead ion collisions at the LHC have already brought new insight into matter as it would have existed in the very first instants of the Universe's life. The ALICE experiment, which is optimised for the study of heavy ions, published two papers just a few days after the start of lead-ion running. Now, the first direct observation of a phenomenon known as jet quenching has been made by both the ATLAS and CMS collaborations. This result is reported in a paper from the ATLAS collaboration accepted for publication yesterday in the scientific journal *Physical Review Letters*. A CMS paper will follow shortly, and results from all of the experiments will be presented at a seminar on Thursday 2 December at CERN<sup>1</sup>. Data taking with ions continues to 6 December.

*"It is impressive how fast the experiments have arrived at these results, which deal with very complex physics,"* said CERN's Research Director Sergio Bertolucci. *"The experiments are competing with each other to publish first, but then working together to assemble the full picture and cross check their results. It's a beautiful example of how competition and collaboration is a key feature of this field of research."*



Event displays of heavy ion collisions from ALICE, ATLAS and CMS. The ATLAS and CMS images show jet quenching.

More event displays: [ALICE](#), [ATLAS](#), [CMS](#).

# Gli acceleratori di particelle sono dappertutto

- **Applicazioni industriali**
  - Sterilizzazione dei cibi
  - Microscopi ad elettroni
  - Trattamento dei materiali con radiazioni
- **Applicazioni mediche**
  - Radiologia, terapia del cancro
  - Sterilizzazione degli strumenti
  - Produzione di isotopi per analisi
- **Strumenti di ricerca per molti campi scientifici e non**
  - Esperimenti di fisica delle Alte Energie
  - Sorgenti di luce per studi di chimica, biologia, etc..
  - Sorgenti di neutroni
  - Beni culturali, etc...

# Acceleratori nel mondo

CATEGORIA	NUMERO
Impiantazioni ioniche	7000
Acceleratori nell'industria	1500
Acceleratori in ricerca non-nucleare	1000
Radioterapia	5000
Produzione di isotopi per medicina	200
Adroterapia	20
Sorgenti di luce di sincrotrone	70
Ricerca nucleare e subnucleare	110
<b>TOTALE</b>	<b>15000</b>

**Gli acceleratori usati per la ricerca pura sono costruiti ai limiti della tecnologia attuale e sono anch'essi ricerca tecnologica.**

## La macchina LHC in pillole - (2 x 7 TeV di protoni)

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

- 1200 dipoli magnetici superconduttori (tenuti a  $T=1.9\text{ K}$  o  $-271\text{ C}$ )
- ~ 2800 pacchetti circolanti, ciascuno con  $\sim 10^{11}$  protoni ~ 370 MJ

→ un ETR lanciato a 150 km/h

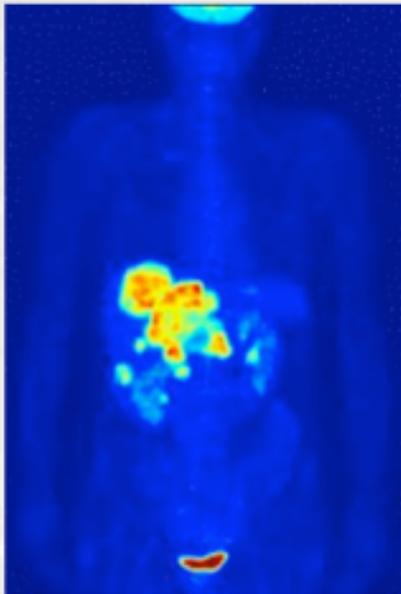
→ l'energia necessaria a fondere 1 T di rame

- Il sistema criogenico e' ad Elio Superfluido (scelto per le sue caratteristiche di trasportabilita' su grandi distanze) - Consumo di elettricit  ~ 120 MW
- Il fascio circola in una ciambella dove e' stato fatto un vuoto ultraspinato per evitare le collisioni con il gas residuo:  $10^{-13}$  atm . Il volume e' di  $9000\text{ m}^3$
- I protoni si urtano ad una frequenza di 40 MHz  
Sulle fibre ottiche che portano i dati ai calcolatori, c'  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)



## Esempio no. 1

PET: Tomografia ad emissione di positroni  
per la diagnostica tempestiva dei tumori

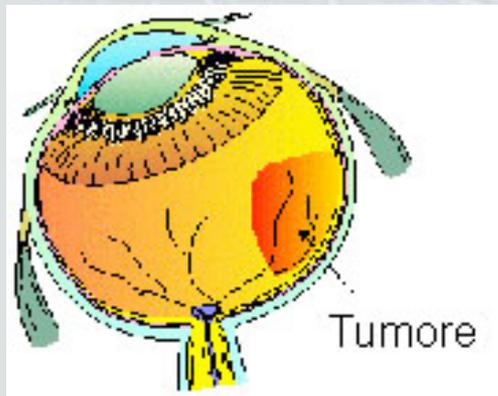
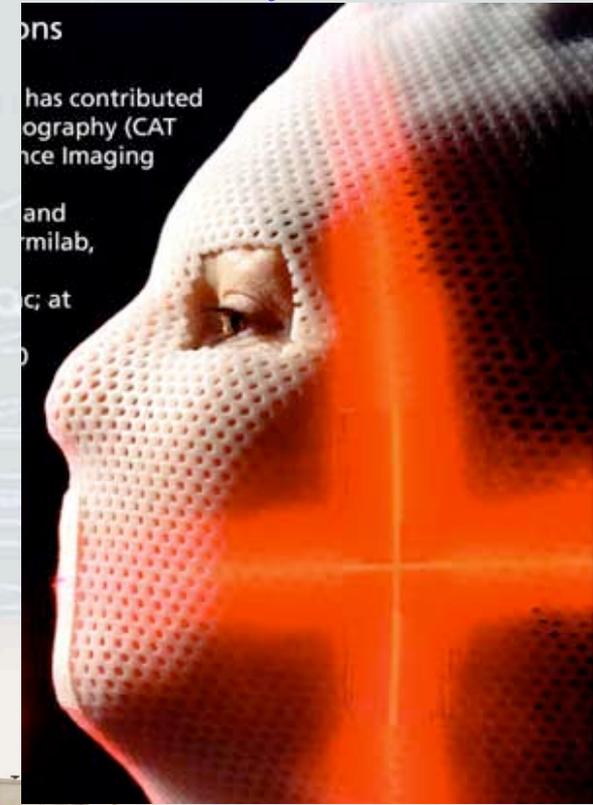


Qui ci sono cristalli usati nella  
Fisica delle Particelle



I Fisici delle Particelle continuano a sviluppare  
sistemi per PET sempre piu' sofisticati

# Adroterapia (con protoni)



## Esempio no. 2

### Il World Wide Web

La nascita del Web risale al 6 agosto 1991 quando Tim Berners-Lee mise online la prima pagina Web al CERN. Inizialmente usato solo dai fisici delle particelle, il 30 aprile 1993 il CERN decide di rendere pubblica la tecnologia permettendo a chiunque di usarla e svilupparla **gratuitamente**. Il resto e' noto a tutti.

Potreste pensare oggi ad una mondo senza Internet ?



# La luce di sincrotrone

anello di accumulazione

sala delle ottiche

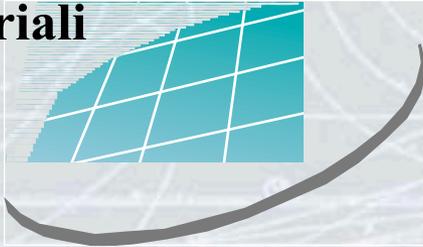
sala sperimentale

cabina di controllo



# Dove si utilizza

● Scienze dei materiali



● biologia



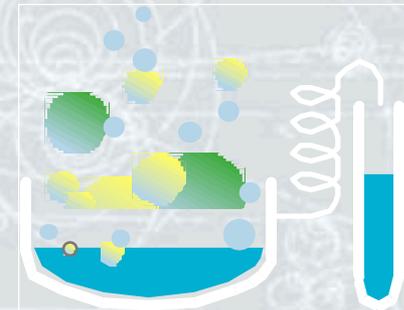
● Scienze dell'ambiente



● medicina



● fisica



● chimica