

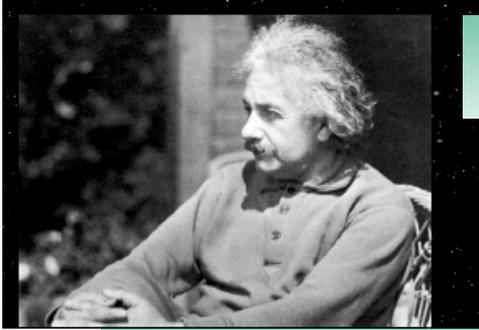
An aerial photograph of a rural landscape, likely in Italy, showing a patchwork of fields and small towns. A semi-transparent teal banner is overlaid across the middle of the image, containing text. The text is in white, with the title in a larger font and the date in a smaller font. The background image shows a mix of green and brown fields, with some buildings and roads visible. The overall tone is somewhat muted, with a focus on the natural and agricultural environment.

# La Fisica delle Alte Energie

Laboratori Nazionali di Frascati, 4 Ottobre 2005

*Luciano MAIANI*

*Universita' di Roma « La Sapienza »*

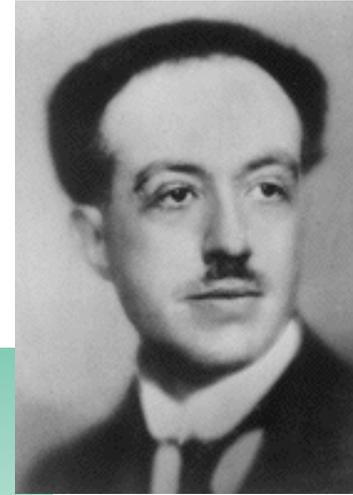


## 1905, l'anno di Albert Einstein

- ***La teoria del moto browniano***: il moto irregolare di piccoli corpi sospesi e' dovuto alle spinte casuali degli atomi del mezzo; la teoria di Einstein permette di stimare, dai dati, il Numero di Avogadro (numero di atomi/grammolecola) ed ha aperto la strada allo studio fisico dell' atomo
- ***La teoria della Relativita' Speciale***: una rivoluzione nei concetti di spazio e di tempo;  $E=mc^2$ .
- ***Il fotone***: la luce si propaga per quanti discreti che si comportano come vere e proprie particelle; premiato con il Nobel, questo lavoro ha aperto la strada alla formulazione di una nuova meccanica, la meccanica quantistica, per descrivere i fenomeni atomici e subatomici. La MQ riconcilia la natura corpuscolare della luce con i suoi aspetti ondulatori (diffrazione, interferenza). Questa "riconciliazione" non finisce ancora di stupirci

Nobody understands quantum mechanics  
Richard Feynman

## 20 anni dopo...

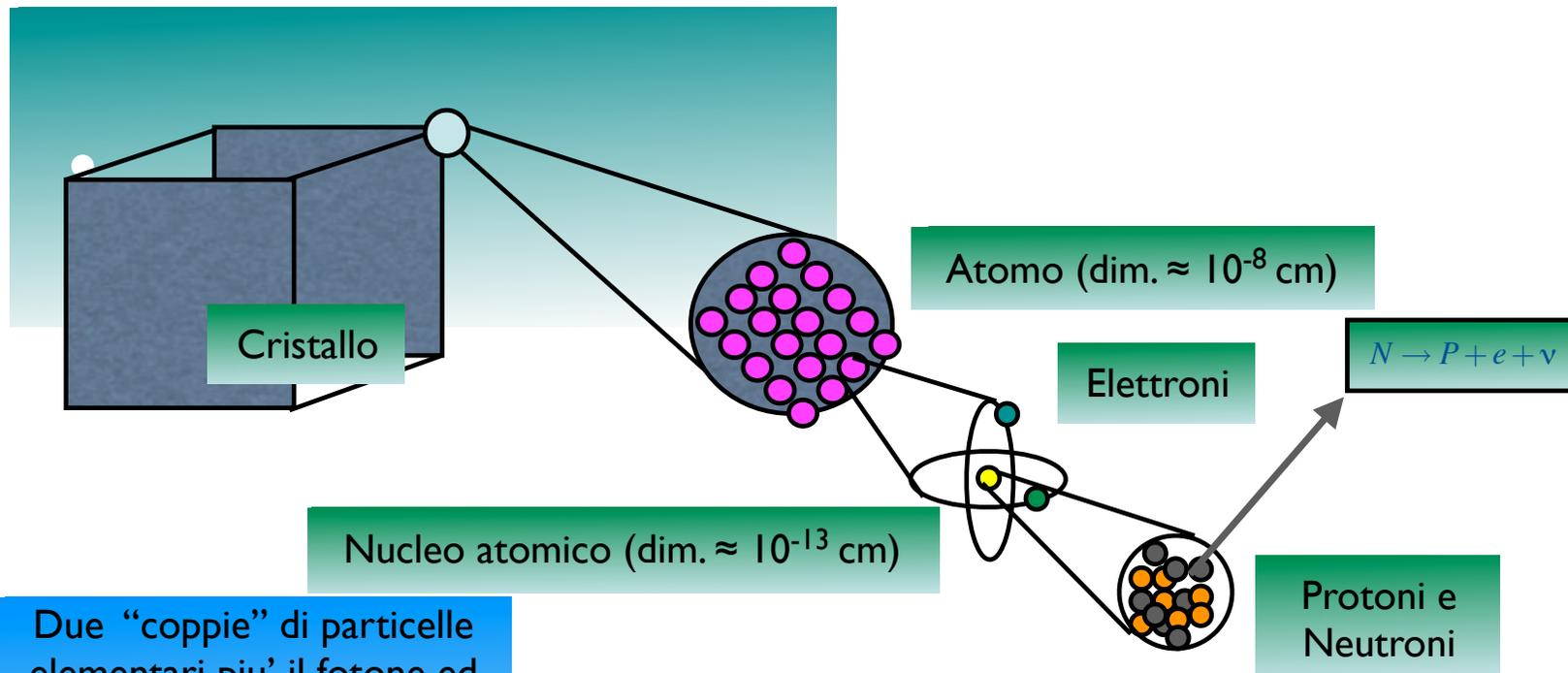


- ..nel 1924, il fisico francese Luis de Broglie avanzava l' ipotesi che oggetti classificati come particelle dovessero essere descritti con un' onda, di lunghezza d'onda:  $\lambda = \frac{h}{p}$
- La duplice natura, onda-corpuscolo, e' una caratteristica universale: materia e radiazione !

nei versi scherzosi di Enrico Persico agli amici romani, E. Fermi e collaboratori, circa 1930:

*Credon poi, con fé profonda  
Cui s'inchina la ragion  
Che la luce è corpo e onda  
Onda e corpo è l'elettron.*

# L'immagine della materia negli anni 1930

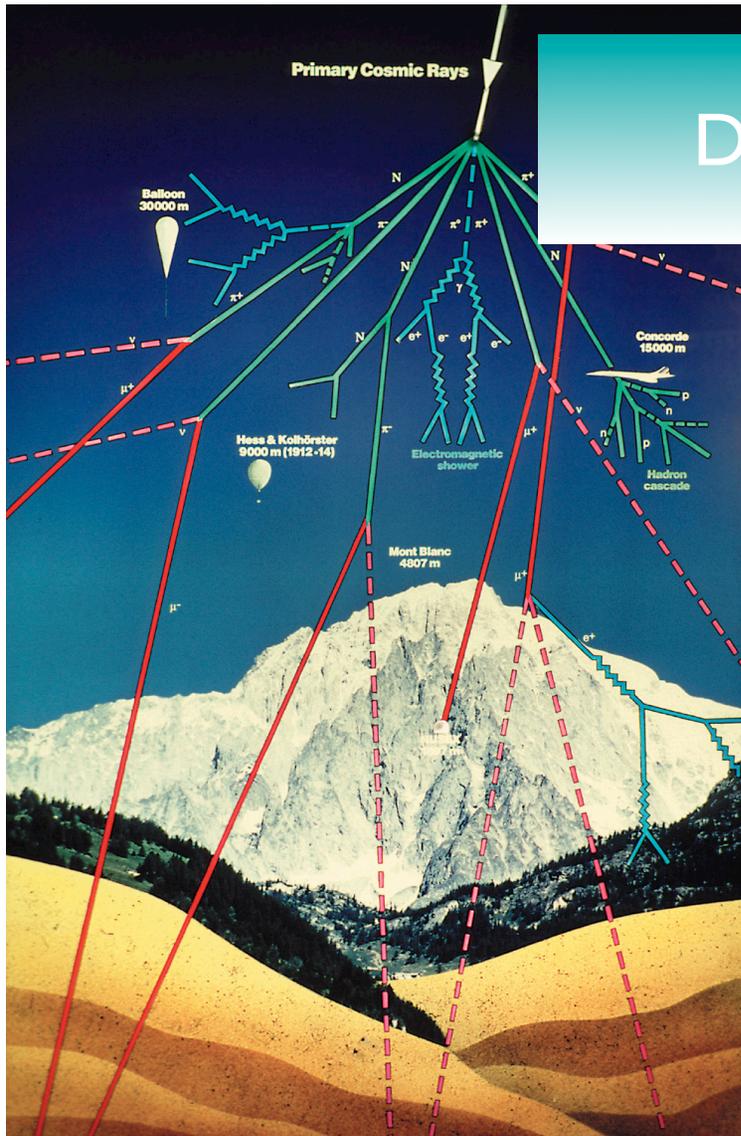


Due "coppie" di particelle elementari piu' il fotone ed il mesone di Yukawa possono spiegare tutto il mondo osservato?

$$\begin{pmatrix} P \\ N \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu \\ e \end{pmatrix} \quad \gamma \quad \pi$$

Forze Nucleari: trasmesse da una particella di massa  $\approx 200$  volte la massa dell' elettrone (H.Yukawa): il mesone  $\pi$

# Dai Raggi Cosmici al CERN



- 1947: Conversi, Pancini e Piccioni, scoprono (a Roma) che la particella  $\mu$  non è associata alle forze nucleari;
- 1940-1950: un nuovo mondo emerge dallo studio dei raggi cosmici;
- le “nuove particelle” non sono presenti nella suddivisione della materia: atomo, nucleo, nucleoni,
- ma devono avere un ruolo nell’architettura delle forze fondamentali
- ...e possono essere studiate compiutamente solo nelle collisioni di alta energia alle macchine acceleratrici.

Fondato nel 1954, il CERN è oggi il Laboratorio base per la Fisica delle Particelle Elementari in Europa.

## Una visione a lungo termine

- *"Their goal was... to awaken Europe and, through the construction of a giant accelerator, to make her understand the urgency and necessity of developing fundamental scientific research on a large scale as had happened in the US since the war". "The History of CERN" (Vol. I, p. 130)*

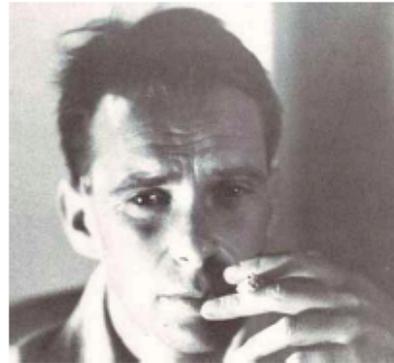
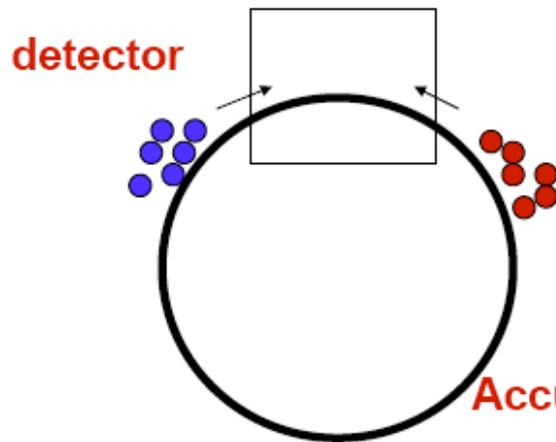


P. Auger, E. Amaldi, L. Kowarski

E. Amaldi, e' stato Segretario Generale  
del CERN dal 1952 al 1954

## Bruno Touscheck at Frascati:

da un Seminario di C. Guaraldo

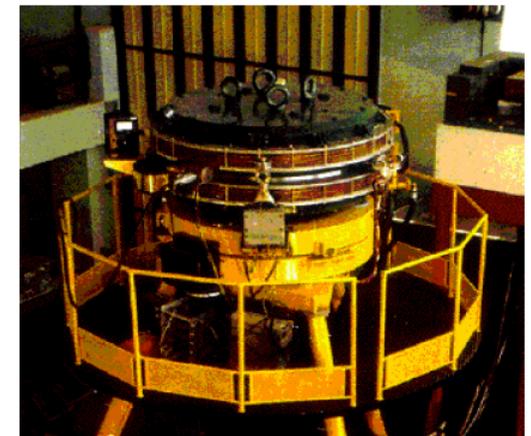


*Bruno Touschek*

After escaping from a concentration camp during the Second World War, the Austrian-born Touschek began work in Göttingen and Glasgow, and eventually reached Rome in 1952. On 7 March 1960 he gave a historic seminar at Frascati that would change the face of physics. Pointing out the importance of carrying out a systematic study of electron-positron collisions, he suggested that this could be achieved by constructing a single magnetic ring in which electrons and positrons circulate at the same energy but in opposite directions. Soon afterwards, **the first electron-positron accumulation ring**, AdA, was built under his leadership in Frascati.

## AdA at Frascati: history

Il primo collisore elettrone-positrone è stato realizzato da Bruno Touschek e coll. a Frascati, nel 1962 (AdA= Anello di Accumulazione)



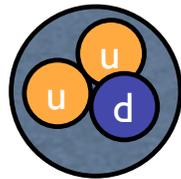
# Anelli di collisione

- Collisioni fascio-fascio : “treno contro treno...” (B.Touschek)
  - Un passo decisivo verso le alte energie:  $E_{cm}=2 E_{fascio}$
  - Enormi problemi tecnologici: intensità dei fasci, vuoto...
  
  - Il primo anello di collisione  $e^+e^-$  : AdA, Lab. Naz. di Frascati (1962 B.Touschek e coll.)
  - P-P ISR (CERN, 1971)
  - P-anti P (Rubbia&VanderMeer, CERN, 1981)
  - P-anti P (Tevatron, FermiLab-USA, 1987)
  - $e^+e^-$  (LEP, CERN, 1989)
  - $e^-P$  (HERA, Hambourg-DESY, 1993)
- } stessa regione  
di energia,  
sonde differenti

P-P (LHC, CERN), 2007: un nuovo territorio

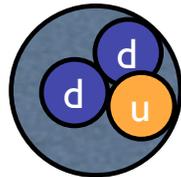
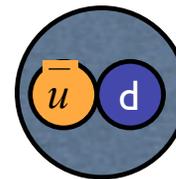
- Protoni, neutroni, pioni, “particelle strane” ... sono composti da *quark* e da *antiquark*.
- I quark e le loro masse *spiegano* le proprietà delle particelle osservate;
- Una nuova « Tavola di Mendeleev » degli Elementi.

“Three quarks for Master Mark!” (J. Joyce)



PROTONE

$\pi^+$



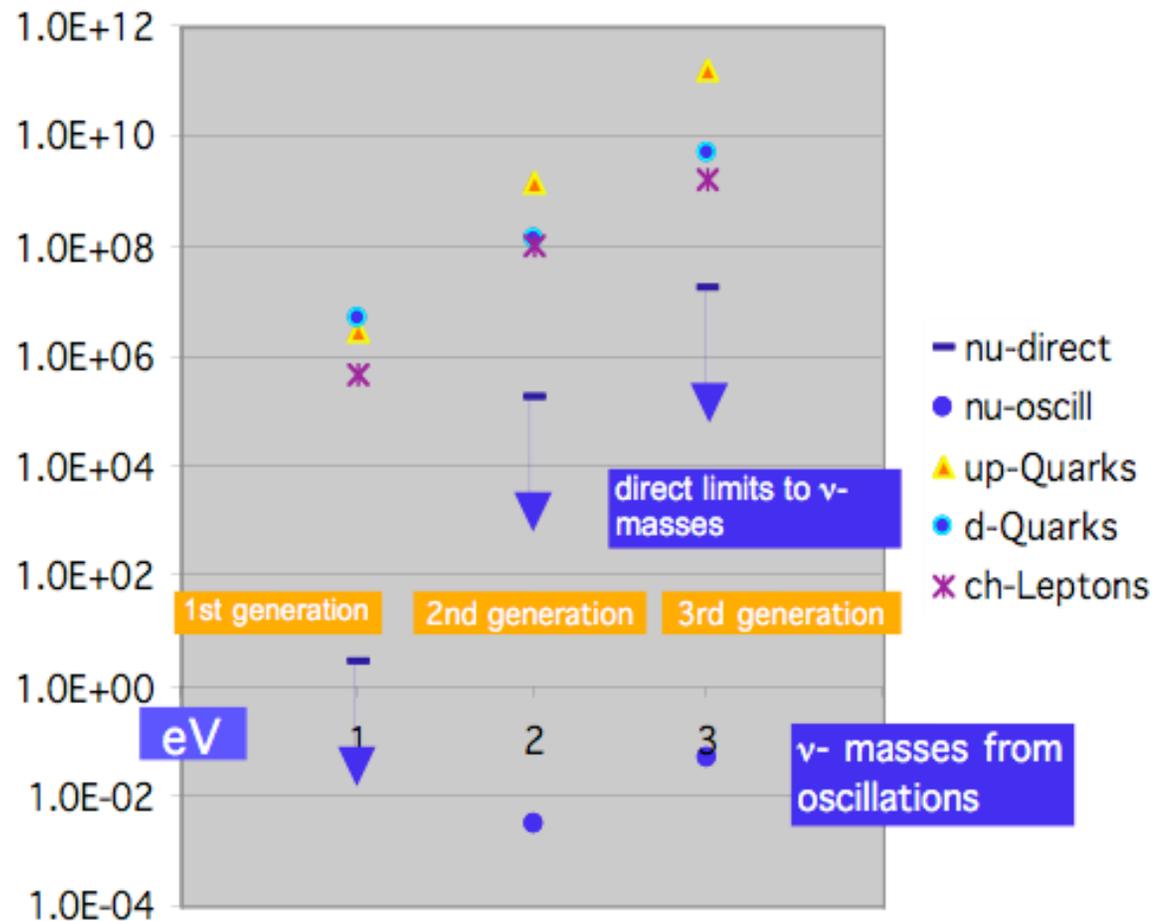
NEUTRONE

**Forze :**

Gravita'  
Elettromagnetica  
Nucleare  
Debole  
Generazione della massa

GRAVITONE (non ancora osservato)  
FOTONE (Einstein, 1905)  
GLUONI (non osservati allo stato libero)  
BOSONI INTERMEDI (CERN, 1983)  
BOSONE DI HIGGS (?)

# The spectrum of elementary fermions



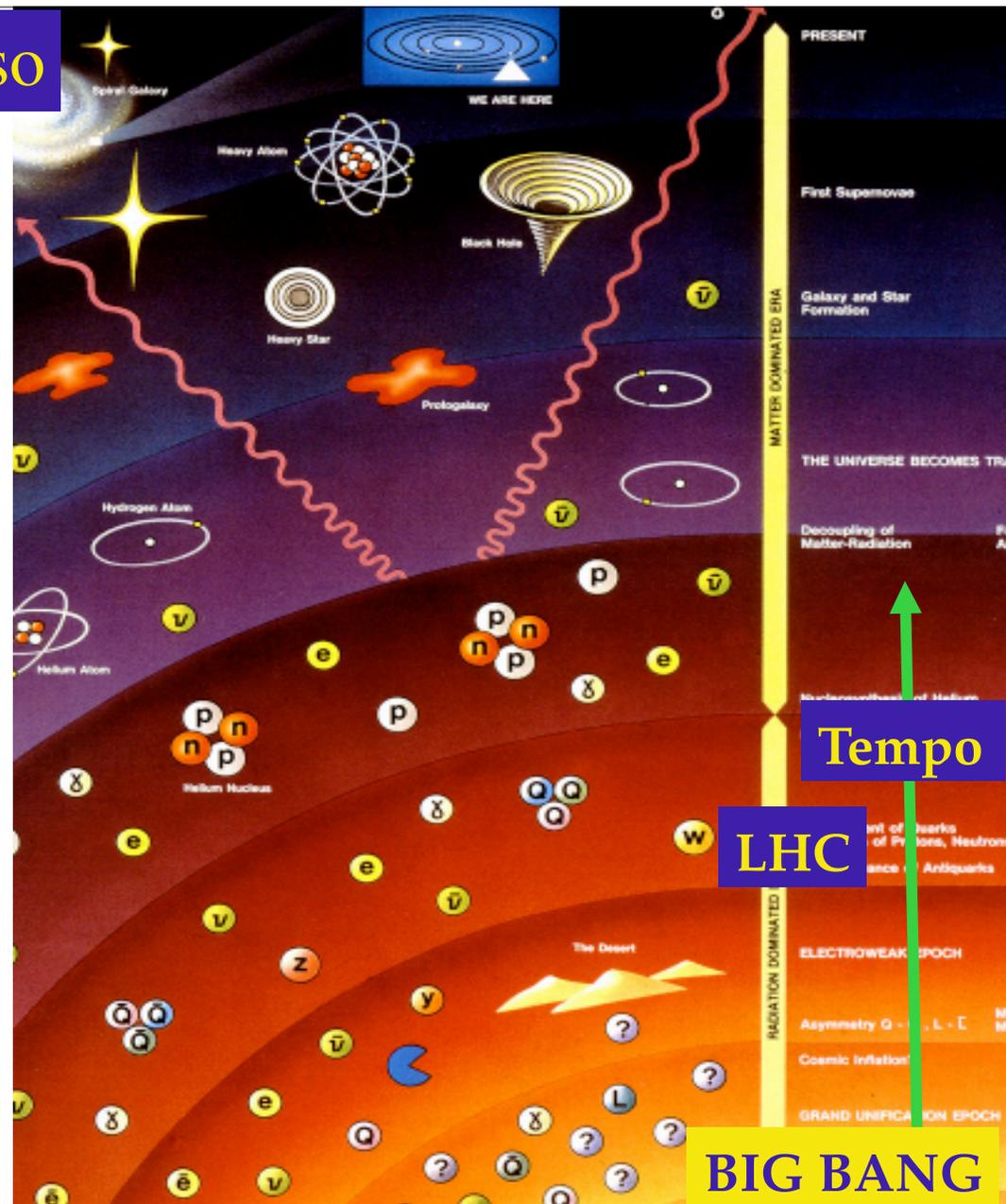
heaviest neutrino mass:  $4 \cdot 10^{-2}$  eV; top quark mass:  $1.7 \cdot 10^{+11}$  eV  
 about 13 orders of magnitude !!!

# Storia dell'Universo

Gli acceleratori di particelle sono delle « macchine del tempo »

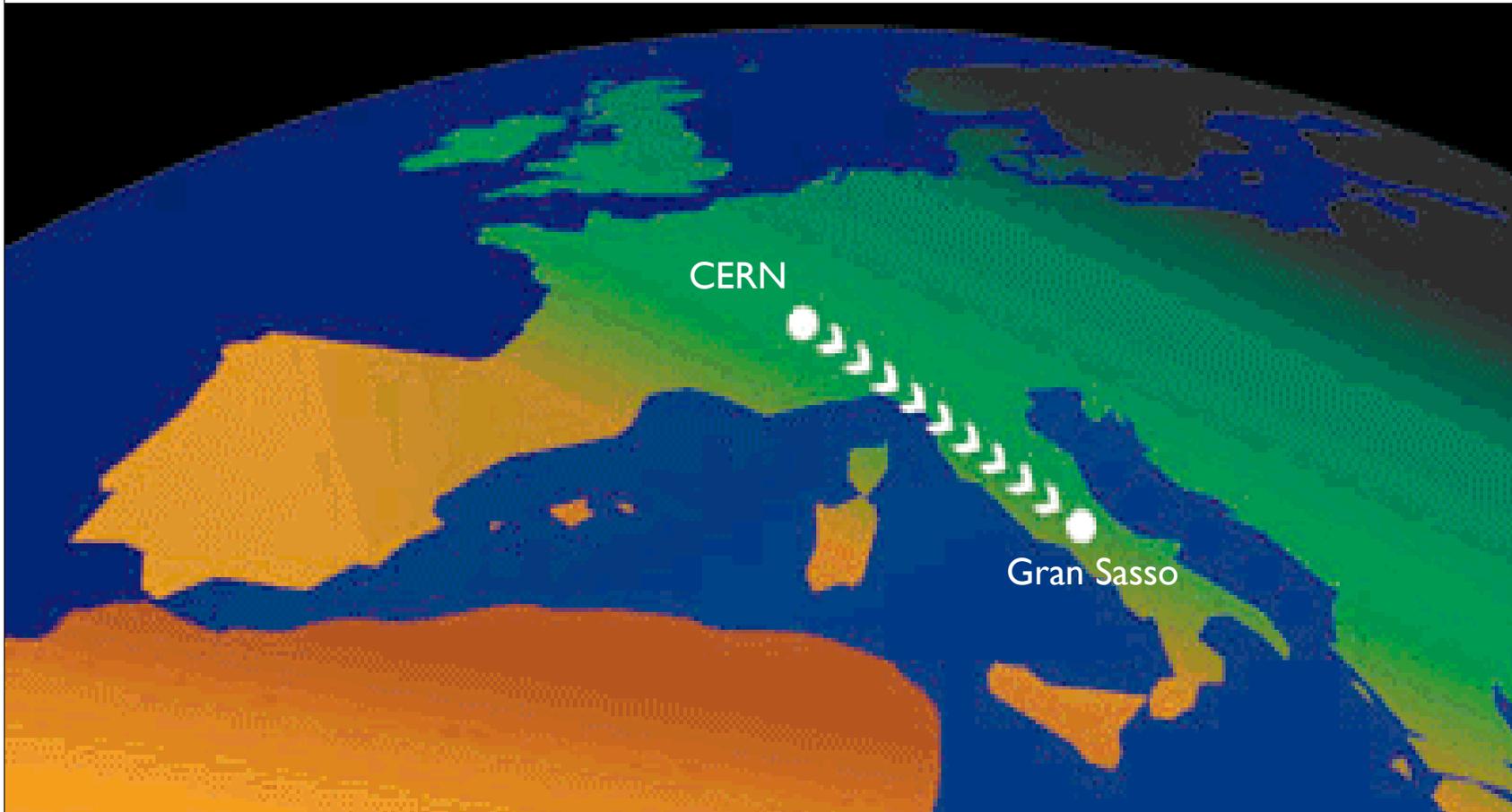
...che riproducono le condizioni dei primi istanti dell' Universo,

..quando le fluttuazioni primordiali hanno prodotto i « semi » delle strutture che osserviamo oggi: ammassi di galassie, galassie, stelle, pianeti.



I nuovi progetti

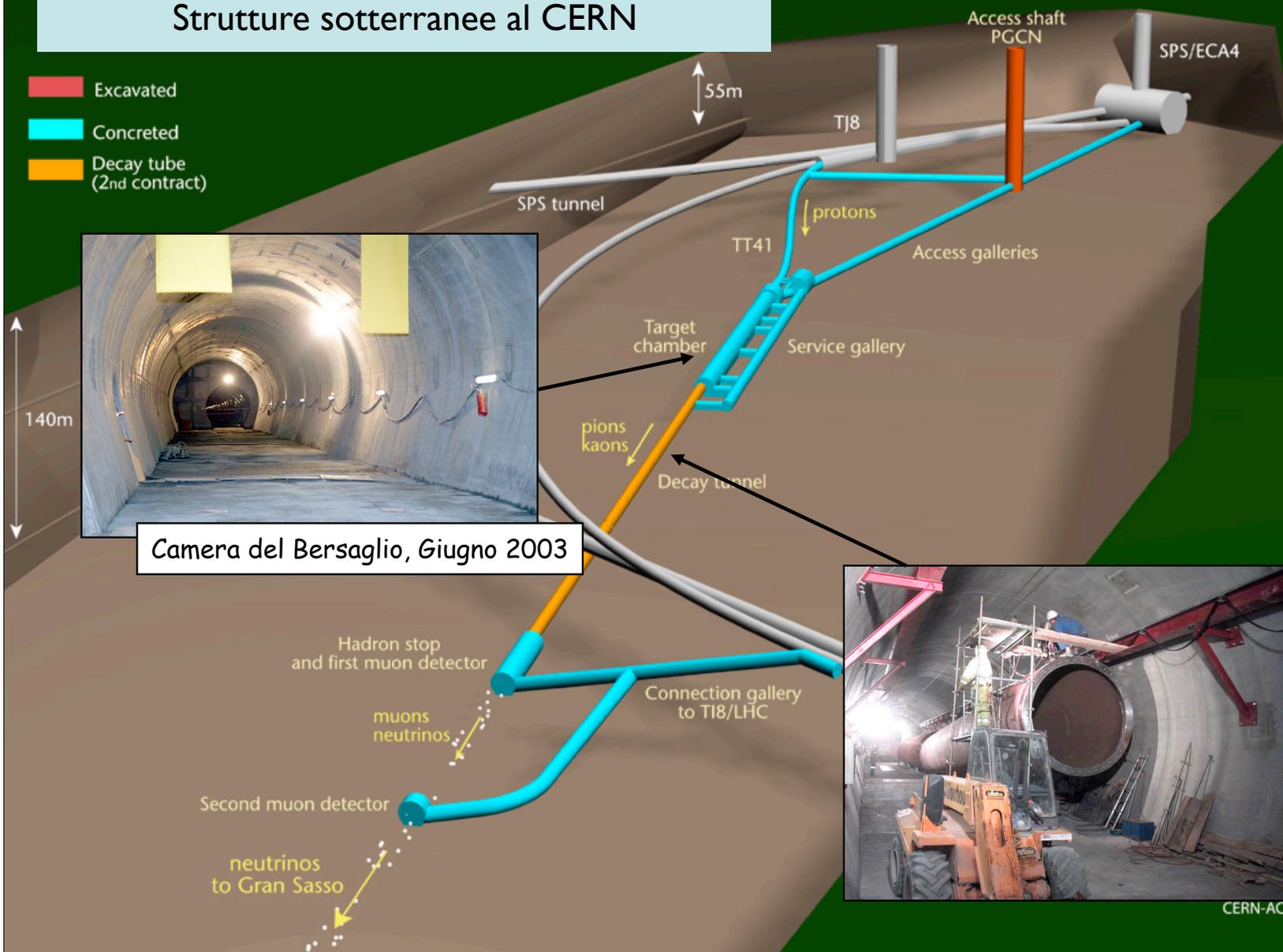
I fasci a lunga portata: la nuova frontiera della  
fisica dei Neutrini



# Fascio di Neutrini dal CERN al Gran Sasso

## Strutture sotterranee al CERN

- █ Excavated
- █ Concreted
- █ Decay tube (2nd contract)

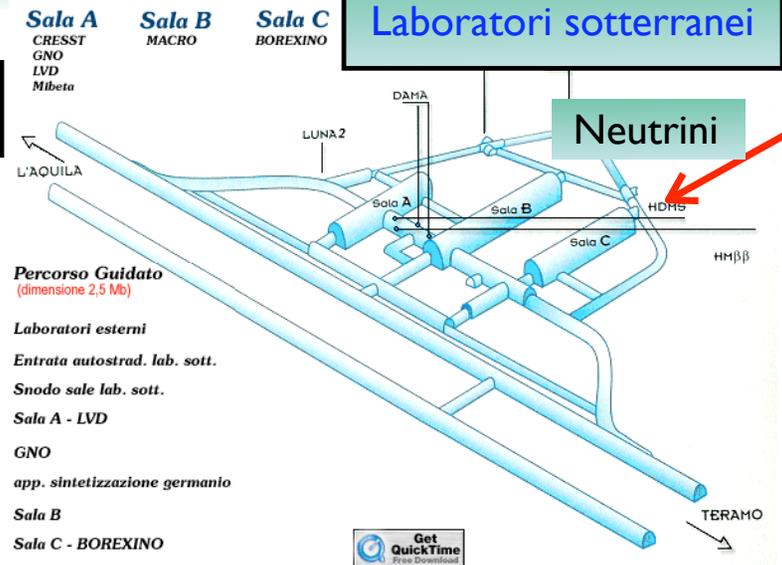


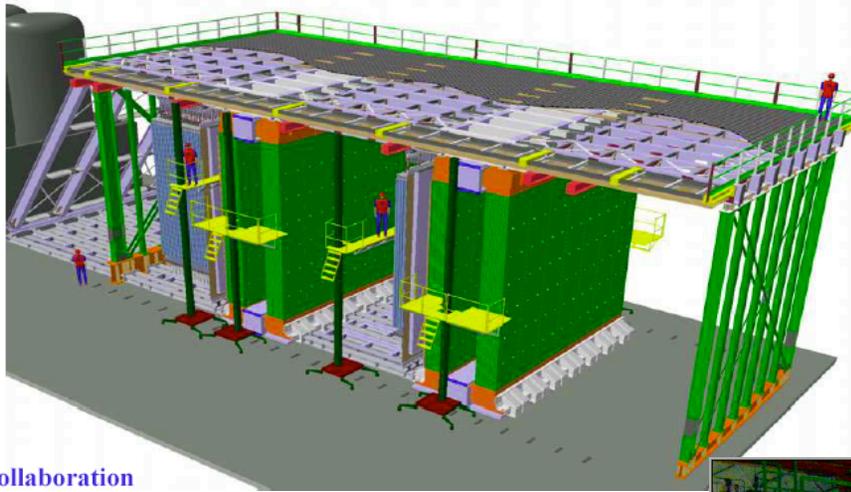
Camera del Bersaglio, Giugno 2003



# dalla parte del Gran Sasso...

Laboratori esterni





OPERA come sara'

← Neutrini

A Collaboration

Assemblaggio del  
magnete in Sala C

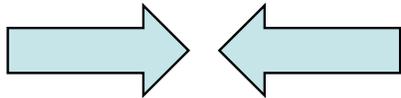


Magnet Assembly in Hall C september 2003

# Large Hadron Collider (disegno inserito in una foto del tunnel)

Collisore Protone- Protone

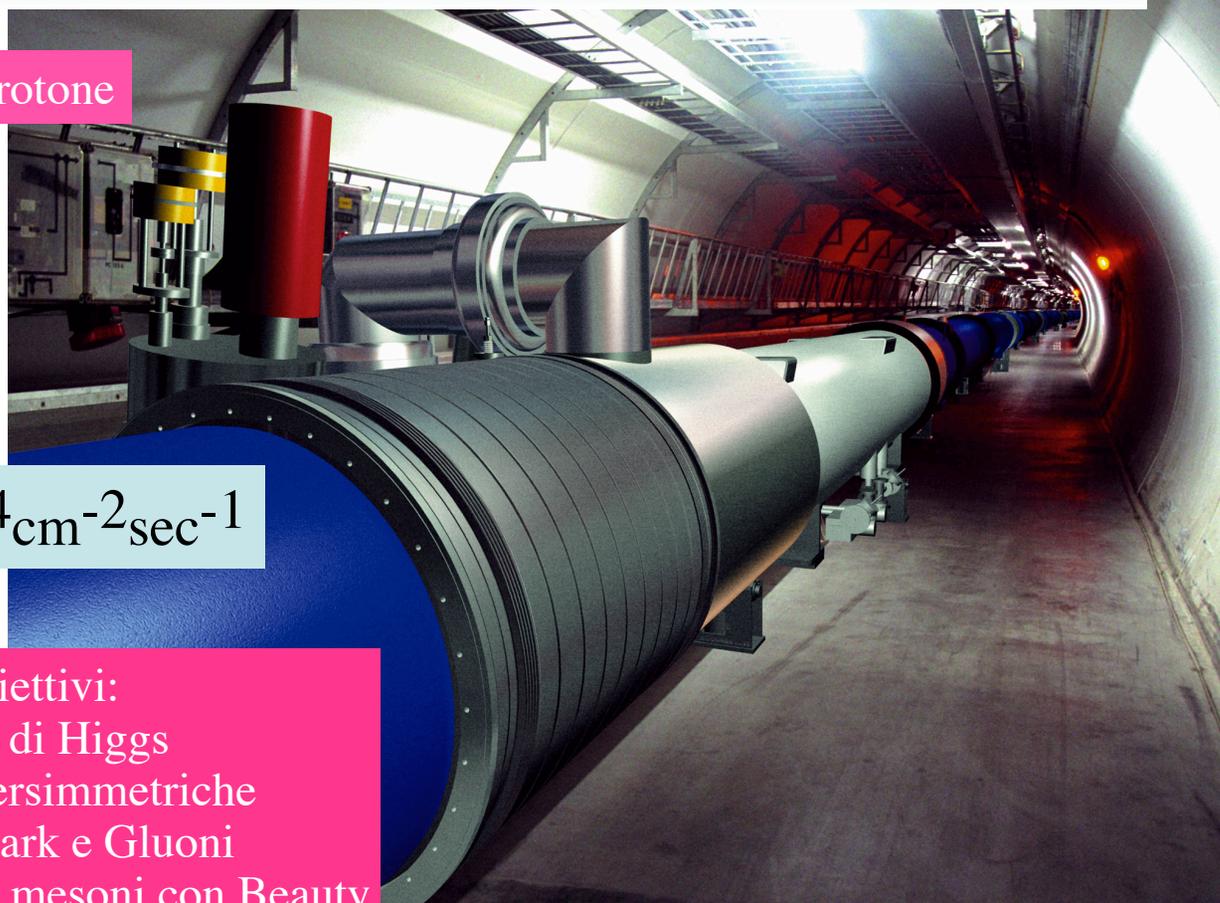
7 TeV + 7 TeV



Luminosità =  $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$

Primi obiettivi:

- Bosone(i) di Higgs
- Particelle Supersimmetriche
- Plasma di Quark e Gluoni
- Violazione di CP nei mesoni con Beauty



- I prototipi dei diversi magneti sono stati sviluppati dal CERN in collaborazione con tre industrie europee (ALSTOM, NOELL, ANSALDO) e con laboratori ed enti di ricerca europei, ad esempio l' INFN per l' Italia.
- Questo approccio ha reso possibile trasferire le tecnologie di punta alle industrie nazionali ed entrare **con continuita'** nella fase di produzione nel modo piu' continuo possibile.



Vista delle 4 stazioni LASER ed altre 2 cold masses in completamento.

# Dipoli in deposito @ CERN





# 7 March 2005: 616 (half) dipoles and 1st dipole put in the tunnel



Lucio Rossi

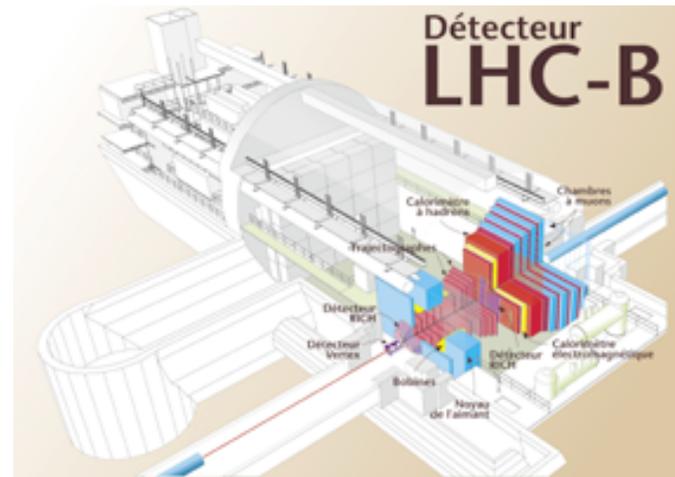
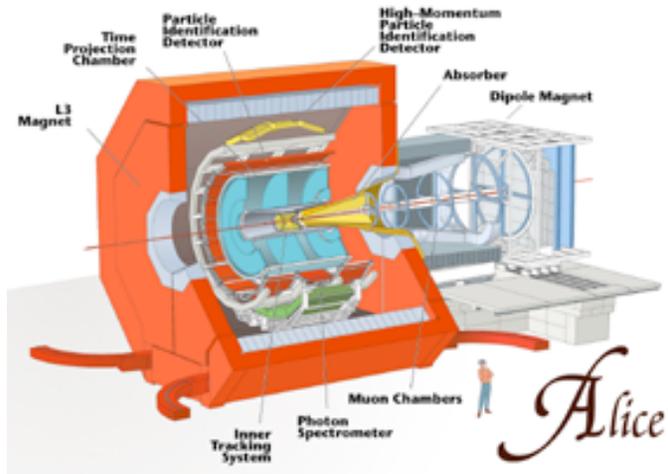
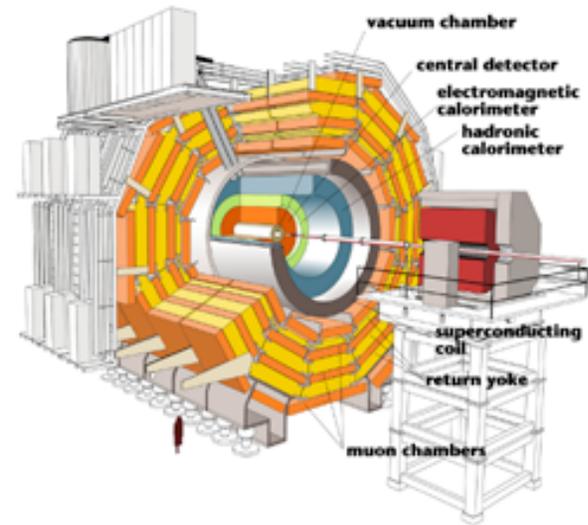
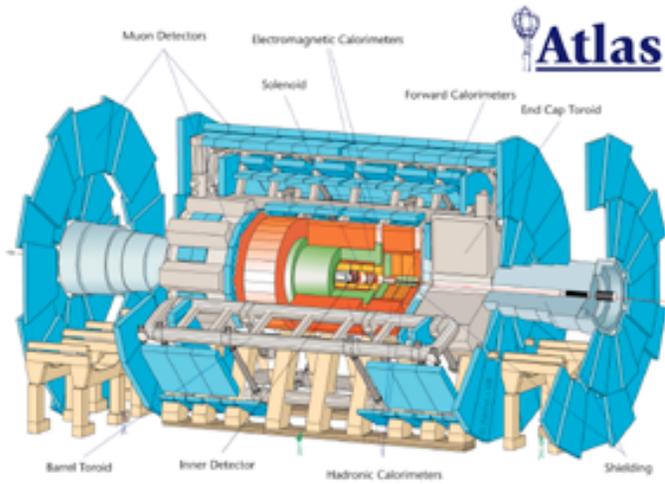


Lucio Rossi

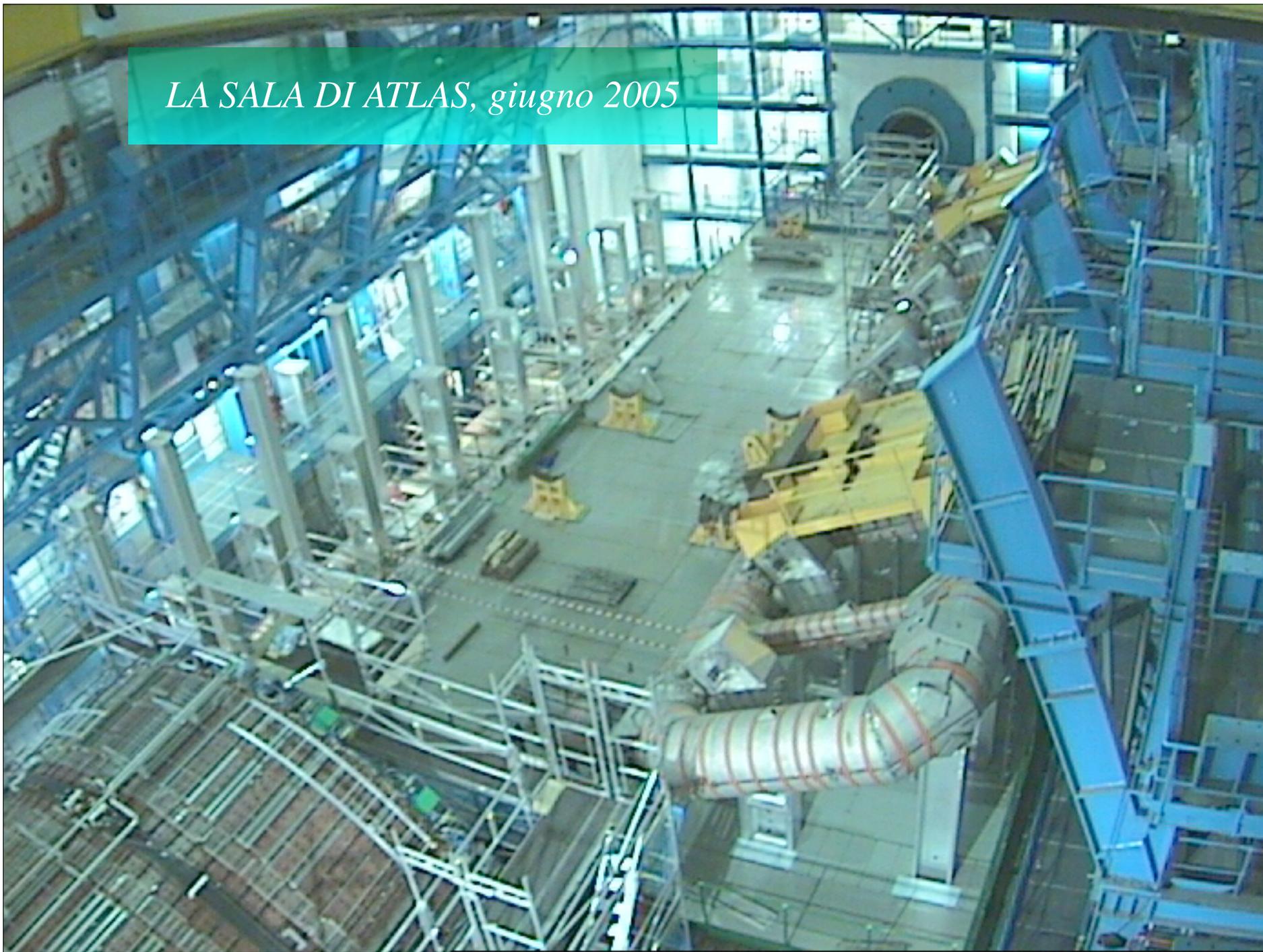
LHC status - INFN Roma1



Ruberti Lecture 25/05/2005



*LA SALA DI ATLAS, giugno 2005*



# Il trasferimento di Tecnologie

# World Wide Web

Inventato al CERN da Tim Berners Lee, all'inizio degli anni '90, per permettere ai gruppi sperimentali delle collaborazioni LEP di mettere in comune dati e documenti,

ha completamente rivoluzionato il modo di comunicare della società di oggi

EUROPEAN LABORATORY FOR PARTICLE PHYSICS

CERN

## World-Wide Web : Invented at CERN

Everyone knows the World-Wide Web, but not everyone knows that it was invented at CERN. Conceived to give particle physicists easy access to their data wherever they happened to be, the Web has grown into a telecommunications revolution.

### What is the Web ?

But what is the Web ? In short, it is a world of information at the click of a mouse. To use it, you need a computer, a connection to the Internet, and a browser programme. When you run your browser, it displays a page of information which might be held on your own computer or fetched from somewhere else, you needn't know or even care where it comes from. Certain words, phrases, or images are highlighted, and clicking on them causes the browser to go off and find another page, which probably contains more highlighted items, and so on. The Web knows no geographical boundaries. For example, starting from the CERN 'Welcome page' in Switzerland, your next click might take you to the other side of the world. All the information seems to be in the little box in front of you, and in a sense it is. When you click on a piece of highlighted text your browser connects to another computer, asks it for the requested information, and displays it on your screen. You are then free to browse the new page at leisure, the computers have finished their 'conversation'.

### How did it start ?

It all began in 1989, when Tim Berners-Lee proposed a distributed information system for CERN based on hypertext. By hiding network addresses behind highlighted items on the screen, information could be linked between several computers. This system became the Web, with the world as its library.

Growth of the WEB

1994 1998

## Il Calcolo per LHC

Servono montagne  
di CPU



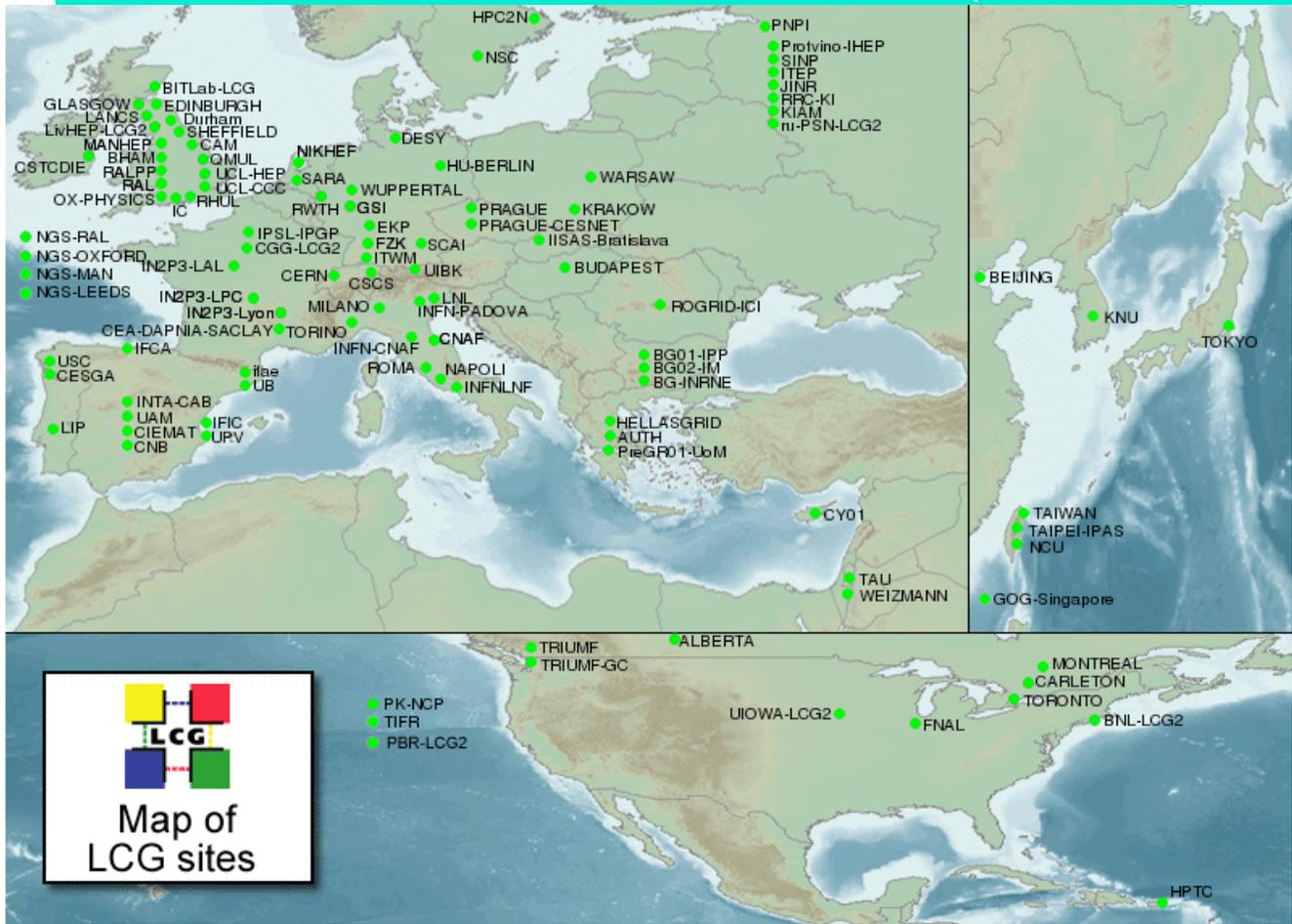
Calcolo per LHC: 100.000 PC di oggi

Calibrazione, Ricostruzione, Simulazione, Analisi,  
Infrastruttura e Grid software

Produzione  
Annuale di dati:  
12-14 PetaBytes/  
anno



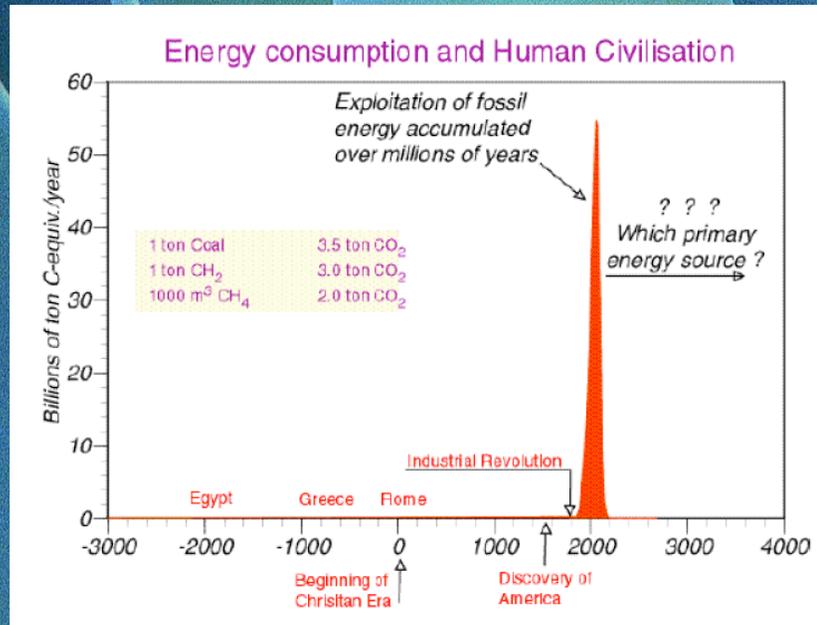
# LHC-data Grid (LHC-G)



More than 100 sites  
24 hour/day operative

Vale la pena, oggi,  
studiare la Fisica?

# 1. Energia chimica- combustione: inizio della civilizzazione



# 2. Energia nucleare: fissione e fusione: XX secolo

# 3. Transizione quarks → protone/neutrone: CERN (Europa)2001, RHIC (USA) 2003

Assisi, 9/14/05

Relativistic Heavy Ion Collider  
Brookhaven (USA)



Large Hadron Collider  
CERN, Ginevra

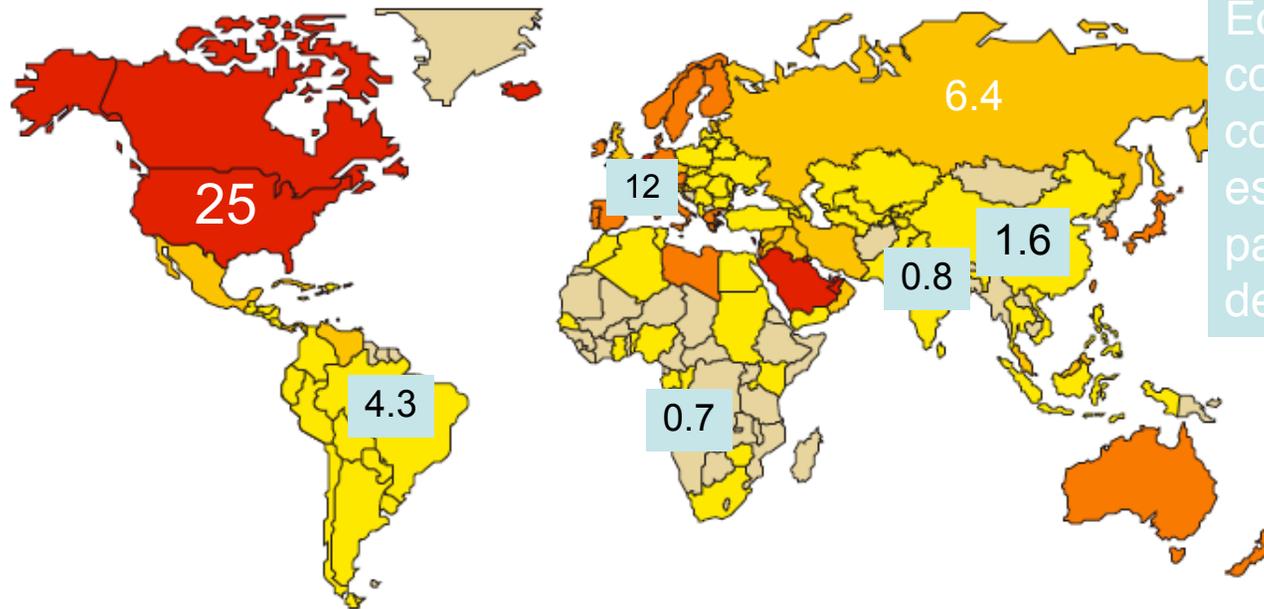


# Oil

Per capita consumption ■ Consumo pro capite

2003

(thousand barrels/day - migliaia di barili/giorno)



Equilibrare le condizioni di vita è la condizione essenziale per la pace ed il benessere del Pianeta



Assisi, 9/14/05

Nel medio termine, l'energia nucleare da fissione sarà indispensabile: l'umanità deve trovare il modo di controllare il fuoco nucleare.

“If this importance (of Science) has been cast sometime into doubts, it is because the efforts of mankind toward its most beautiful aspirations have been imperfect...

Above all, it is by this daily effort toward more science that mankind has reached the exceptional place that she occupies on Earth.

We must belong to those who.... believe, invincibly, that science will triumph over ignorance and war.”

Marie Curie , 1926