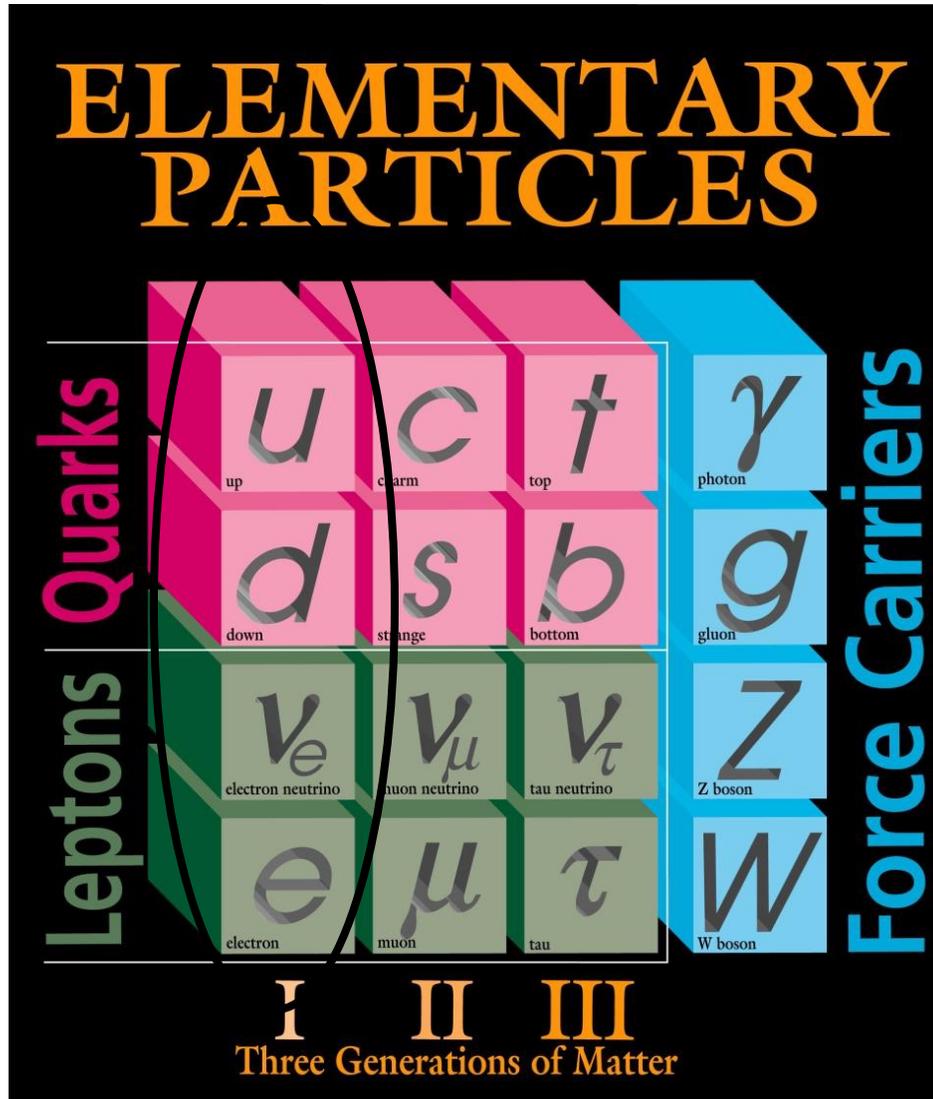


# Studiare a Lecce la Fisica delle Particelle agli acceleratori



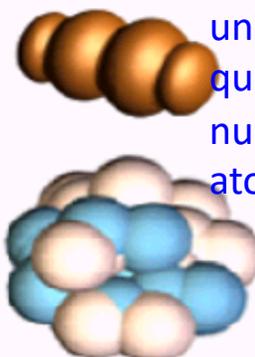
Le particelle elementari sono i costituenti *ultimi* della materia e interagiscono attraverso *forze fondamentali*. La fisica delle particelle indaga su questi costituenti e sulle loro interazioni.

# Il Modello Standard (MS) delle particelle elementari e delle forze fondamentali



### Strong

**Gluons (8)**



**Quarks**

**Mesons**  
**Baryons**

**Nuclei**

Forte: tiene uniti i quarks e i nuclei degli atomi

### Electromagnetic

**Photon**



Atoms  
Light  
Chemistry  
Electronics

Elettromagnetica: tiene uniti elettroni e nuclei negli atomi

### Gravitational

**Graviton ?**



Gravità tiene unito il sistema solare, le galassie

Solar system  
Galaxies  
Black holes

### Weak

**Bosons (W,Z)**

Debole: responsabile della radioattività naturale e interviene nelle reazioni sul sole



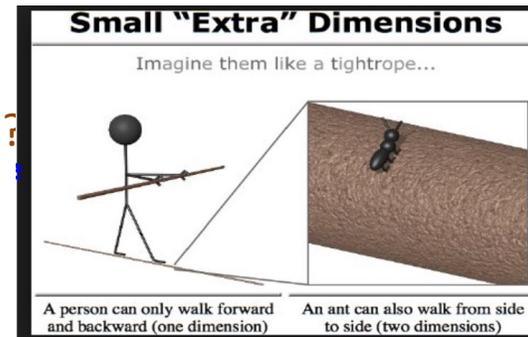
Neutron decay  
Beta radioactivity  
Neutrino interactions  
Burning of the sun

Materia ordinaria -> Il protone è un aggregato uud    Il neutrone è un aggregato udd

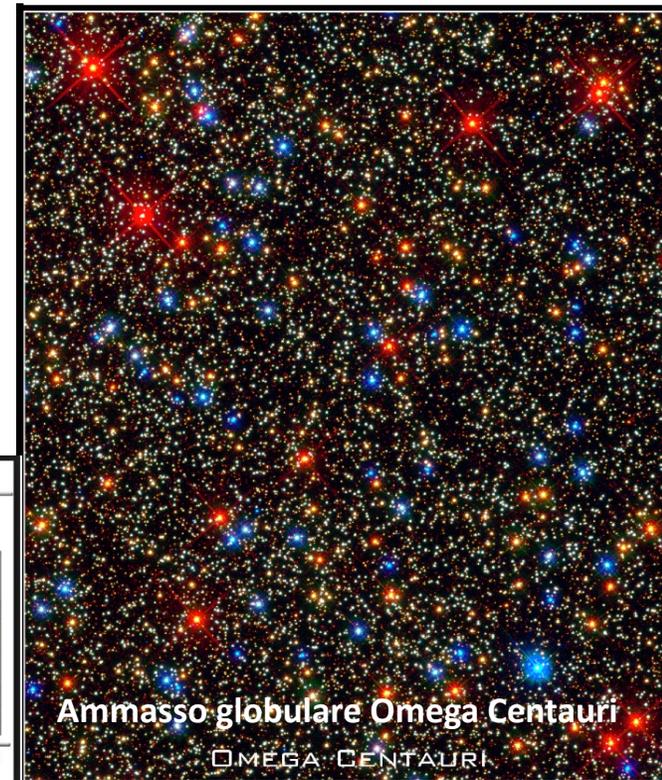
# Il Modello Standard (MS) basta?

- Il Modello Standard fino ad oggi ha retto a un gran numero di verifiche sperimentali. L'ultimo "grande successo" è la spiegazione dell'origine delle masse delle particelle
  - Il bosone di Higgs esiste e le particelle elementari interagendo con esso acquistano massa
- Eppure ancora non risponde a parecchie domande, tra cui:
  - Perché nell'universo c'è tanta più materia che antimateria?
  - Qual è l'origine della materia oscura (Dark Matter)?
  - Le forze sono espressioni di un'unica forza?Perfino la gravità?
  - Quarks e leptoni sono realmente puntiformi ?
  - Le dimensioni dello spazio sono veramente solo 3?

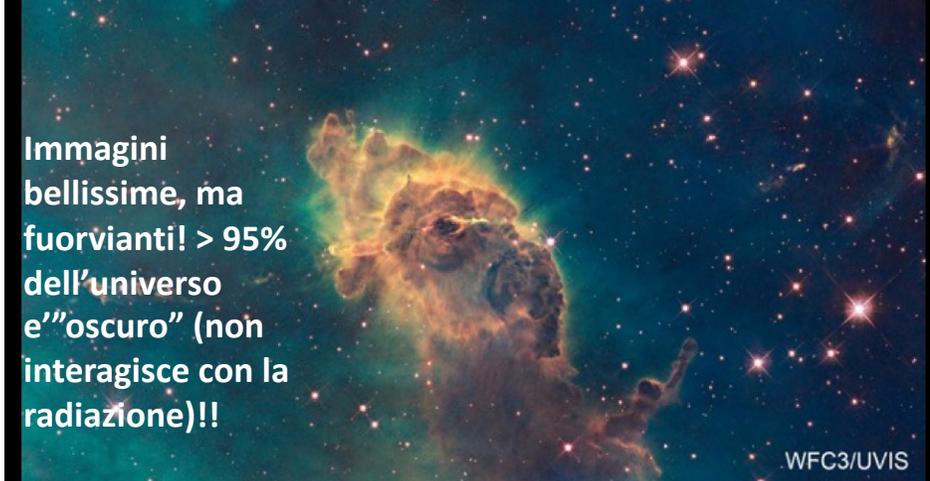
**Il Modello Standard potrebbe essere solo una parte di una teoria più complessa, rivelabile solo ad energie più alte di quelle raggiunte fino ad oggi (~TeV,  $10^{12}$  eV!)**



## Telescopio spaziale Hubble



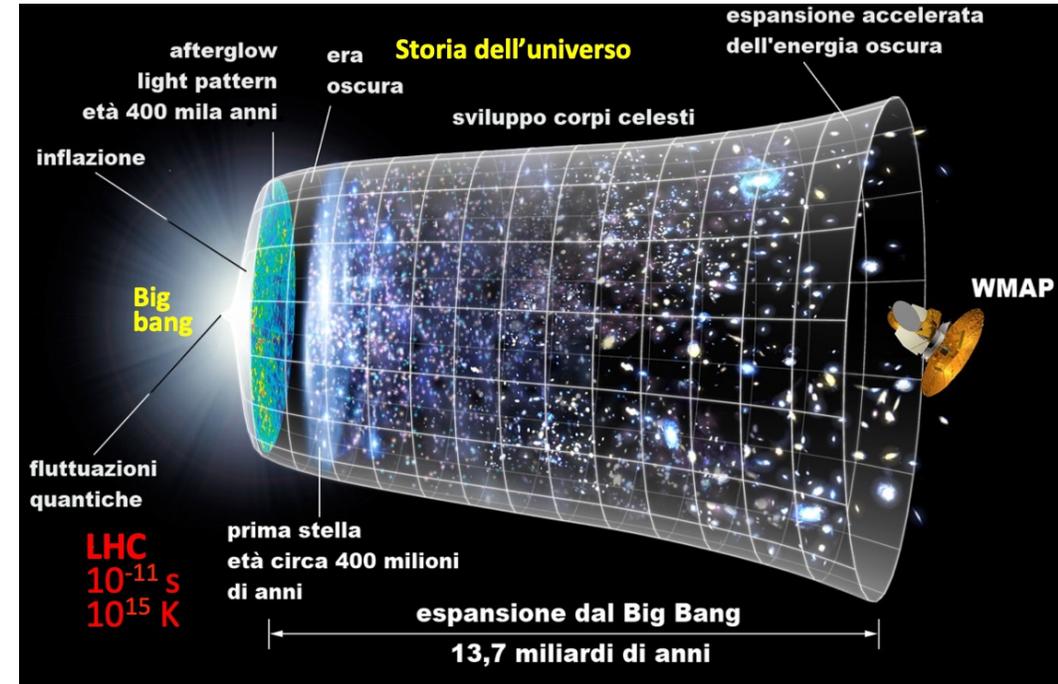
## Nebulosa della Carena (Carina nebula): luce visibile



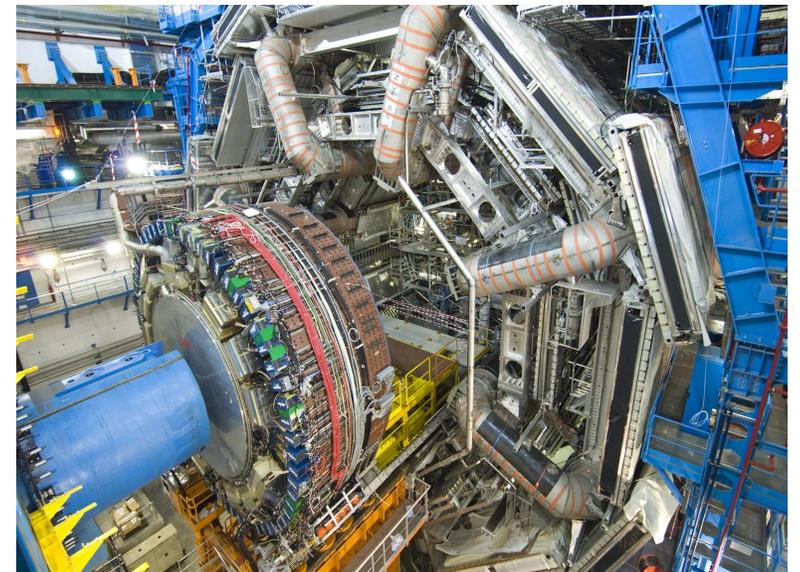
# Acceleratori di particelle ed esperimenti

Lo studio delle interazioni dei costituenti fondamentali della materia si realizza attraverso esperimenti agli **acceleratori di particelle** (producono urti fra particelle di altissima energia in condizioni controllate) ad energie sempre più elevate con impiego di tecnologie di frontiera.

Nella collisione possono prodursi nuove particelle, molte delle quali non esistono nel mondo “normale” ma sono esistite nei primi istanti di vita dell’universo!  
→ **Universo estremamente caldo e denso (*big bang*)**



**Gli esperimenti agli acceleratori:**  
le “macchine fotografiche digitali”  
per registrare cosa viene prodotto  
nell'urto



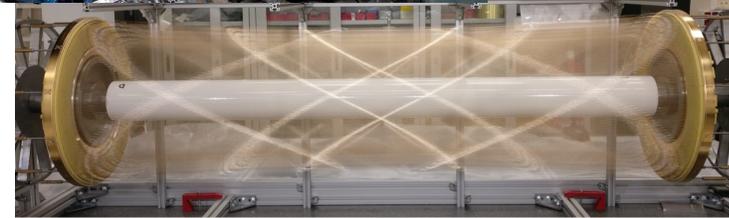
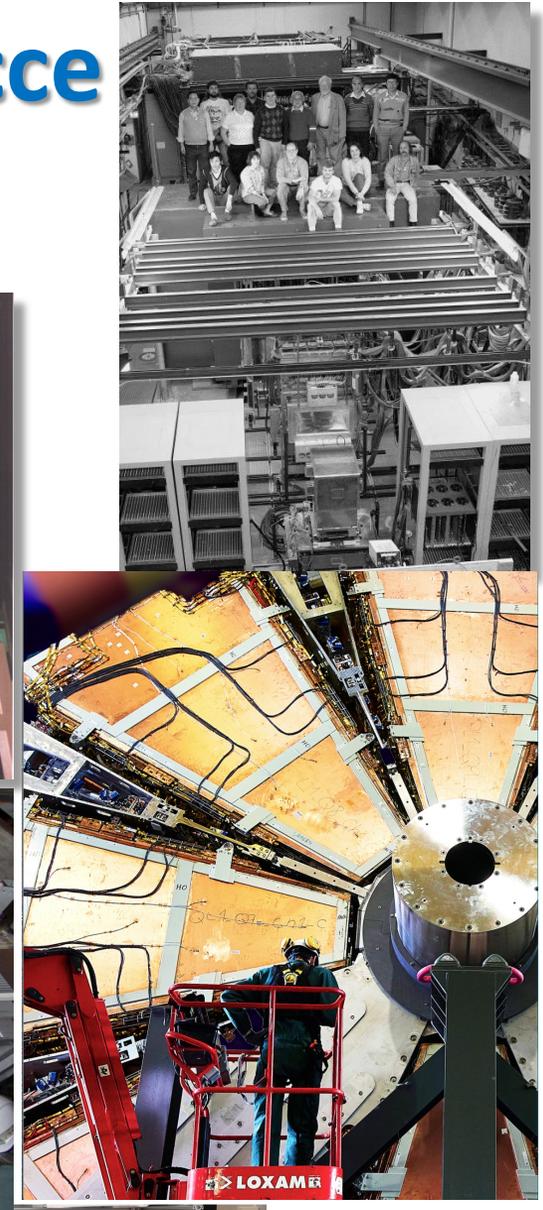
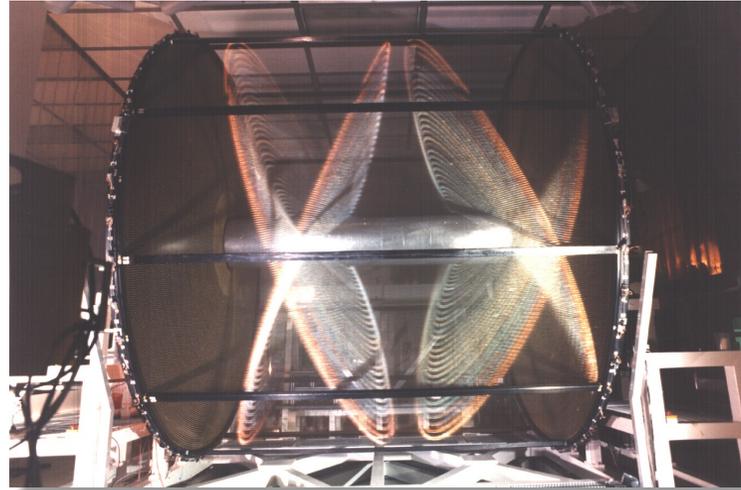
# Fisica delle Particelle agli Acceleratori@Lecce

Il gruppo di Fisica delle Particelle agli Acceleratori di INFN Lecce e di UniSalento ha partecipato ad importanti esperimenti internazionali sin dalla nascita della Sezione INFN

- E771: produzione adronica di quark Beauty
- KLOE: Studio delle violazioni della simmetria CP nei decadimenti dei mesoni K
- ATLAS: ricerca del bosone di Higgs, misure di precisione e ricerca di nuova fisica
- MEG e MEGII: Violazione di numero leptonico nel decadimento del muone
- MU2E: Conversione di muoni in elettroni
- PADME: ricerca del fotone "oscuro"

Esperimenti nei più grandi e prestigiosi Laboratori del mondo:

**CERN (Ginevra), FERMILAB (Chicago), LNF(Frascati), PSI(Zurigo)**



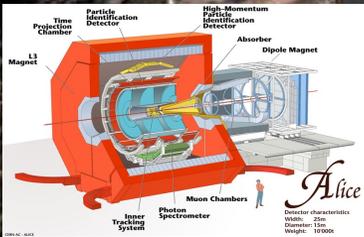
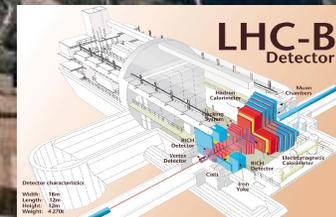
# Il Large Hadron Collider del CERN (LHC) e ATLAS

Oggi molti di noi lavorano all' **LHC** del **CERN** , il più potente collisore di particelle al mondo. In particolare, dai primi anni '90 la Sezione di Lecce dell'INFN e UniSalento collaborano ad **ATLAS**, l'esperimento che, con il suo «concorrente» CMS, nel 2012 annunciò la scoperta del **bosone di Higgs**

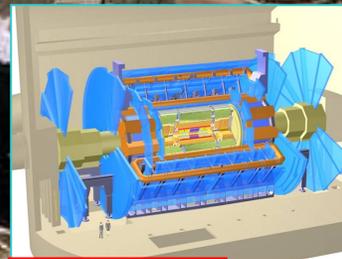
**LHC: 27 Km di circonferenza al confine fra Francia e Svizzera. Fra 50 e 175 m sotto il suolo**



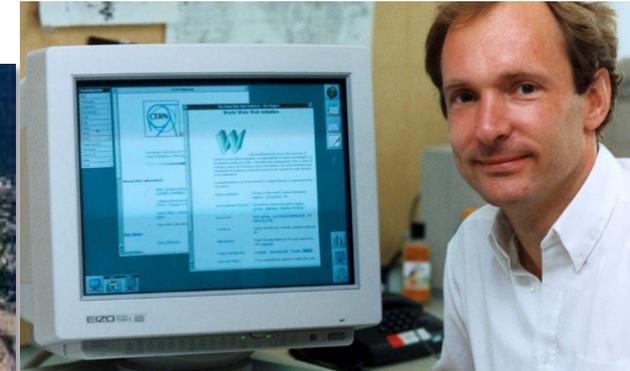
**CMS**



**ALICE**



**ATLAS**



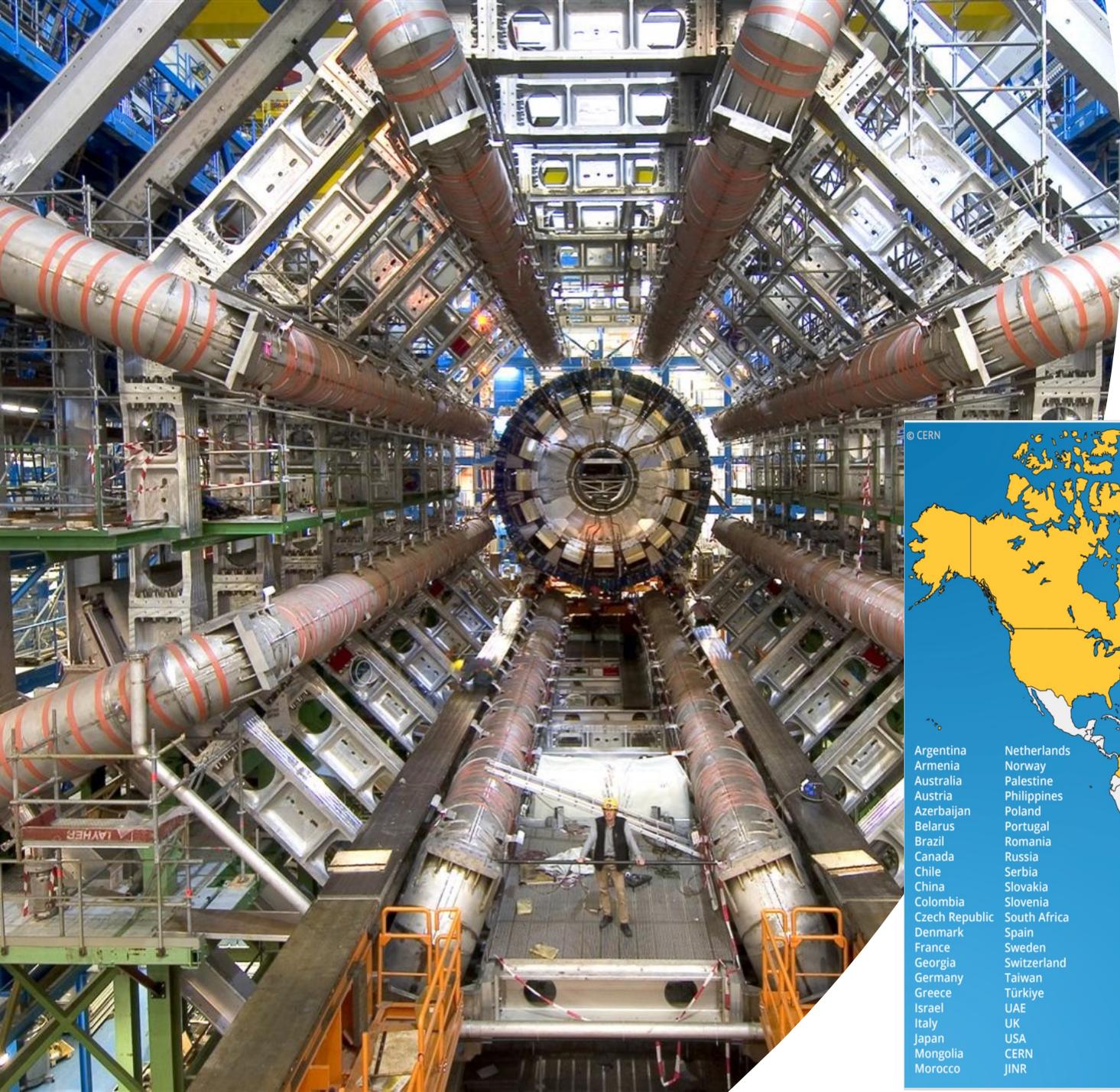
Tim Berners-Lee  
CERN

Il CERN: dove è nato il **World Wide Web**, cioè....:

[www.blabla.it](http://www.blabla.it)

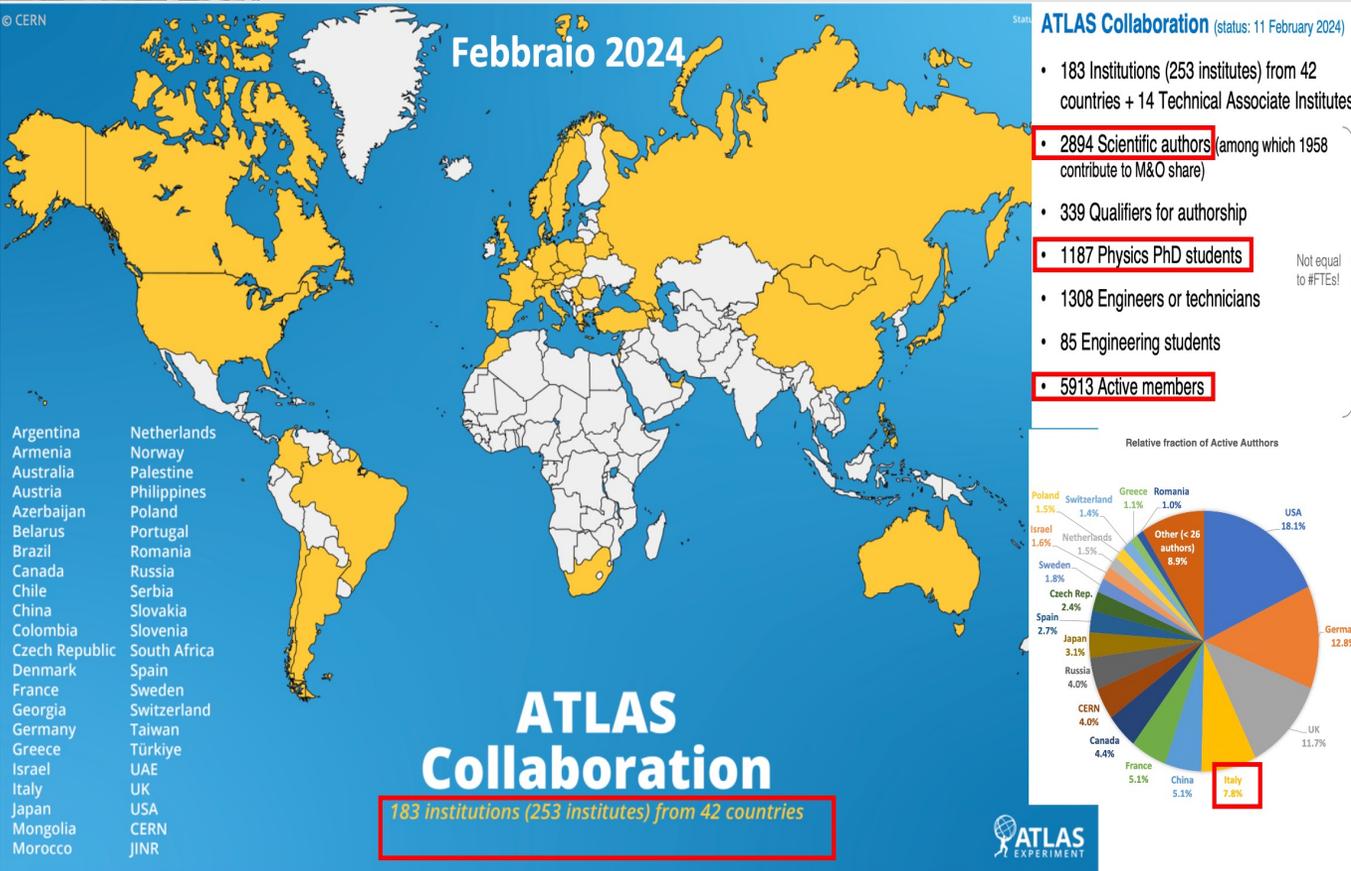
(che voi usate tutti i giorni!!)

2 fasci di ~2800 pacchetti di protoni, ognuno costituito da 100 miliardi di protoni accelerati fino a 6.8 TeV "si scontrano" ogni 25 miliardesimi di secondo.



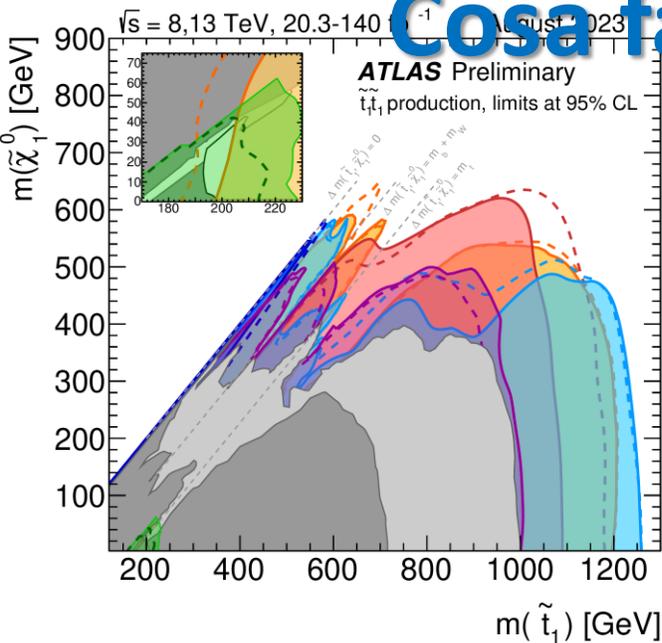
# ATLAS: l'esperienza piu' grande del mondo

Lungo piu' di 45 m, alto ~ 22 m (un edificio di 7 piani), peso 7000 tonnellate (come la Torre Eiffel), grande la meta' di Notre Dame de Paris. "Fotografa" 1 miliardo di interazioni per s !!!



- Argentina
- Armenia
- Australia
- Austria
- Azerbaijan
- Belarus
- Brazil
- Canada
- Chile
- China
- Colombia
- Czech Republic
- Denmark
- France
- Georgia
- Germany
- Greece
- Israel
- Italy
- Japan
- Mongolia
- Morocco
- Netherlands
- Norway
- Palestine
- Philippines
- Poland
- Portugal
- Romania
- Russia
- Serbia
- Slovakia
- Slovenia
- South Africa
- Spain
- Sweden
- Switzerland
- Taiwan
- Türkiye
- UAE
- UK
- USA
- CERN
- JINR

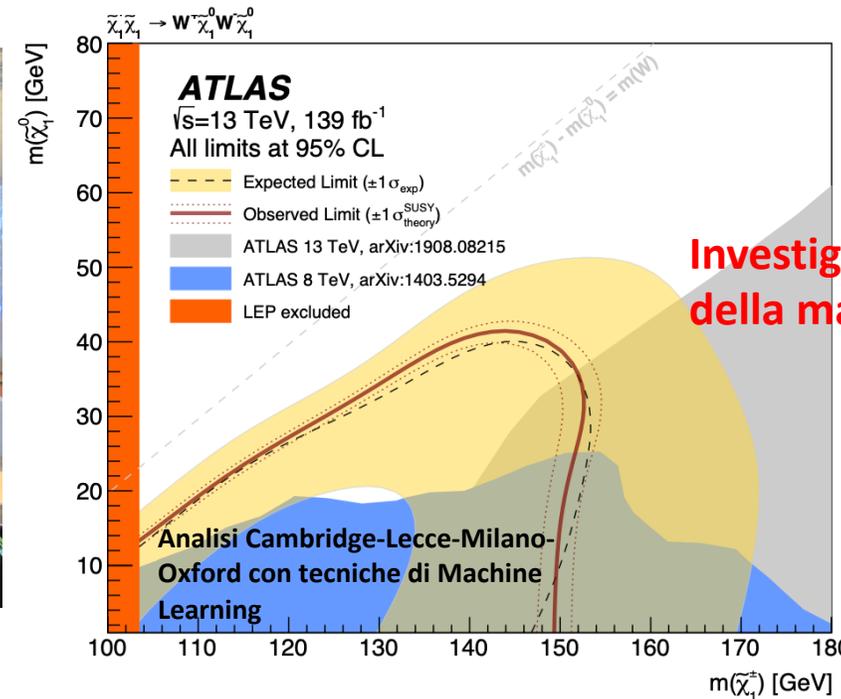
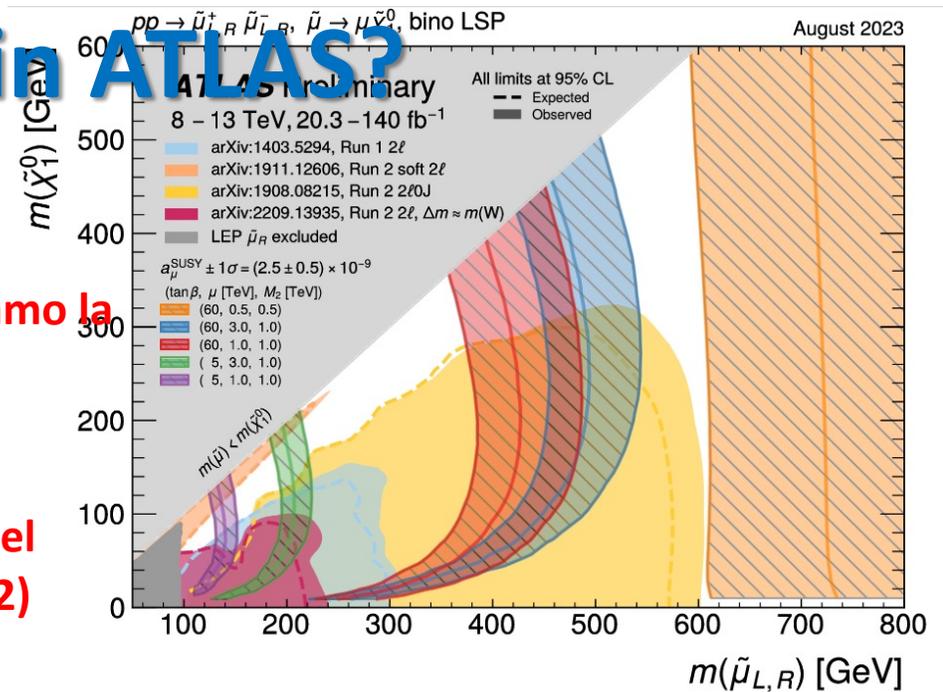
# Cosa facciamo noi di Lecce in ATLAS?



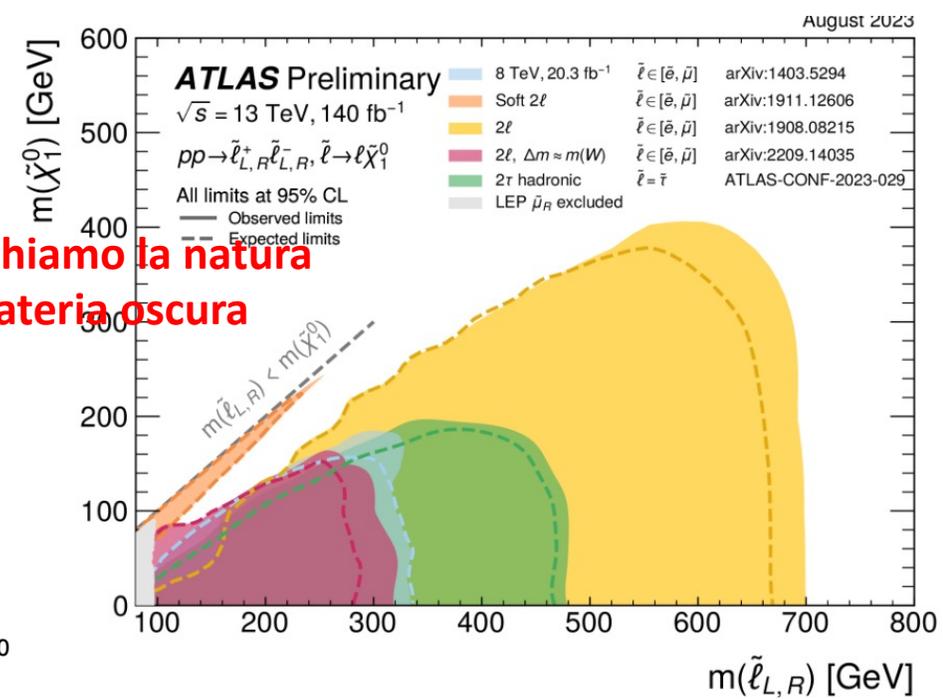
**Cerchiamo l'evidenza di nuove simmetrie della natura**

**Prima analisi in ATLAS SUSY con tecniche di Machine Learning (2014), completamente fatta a Lecce !!**

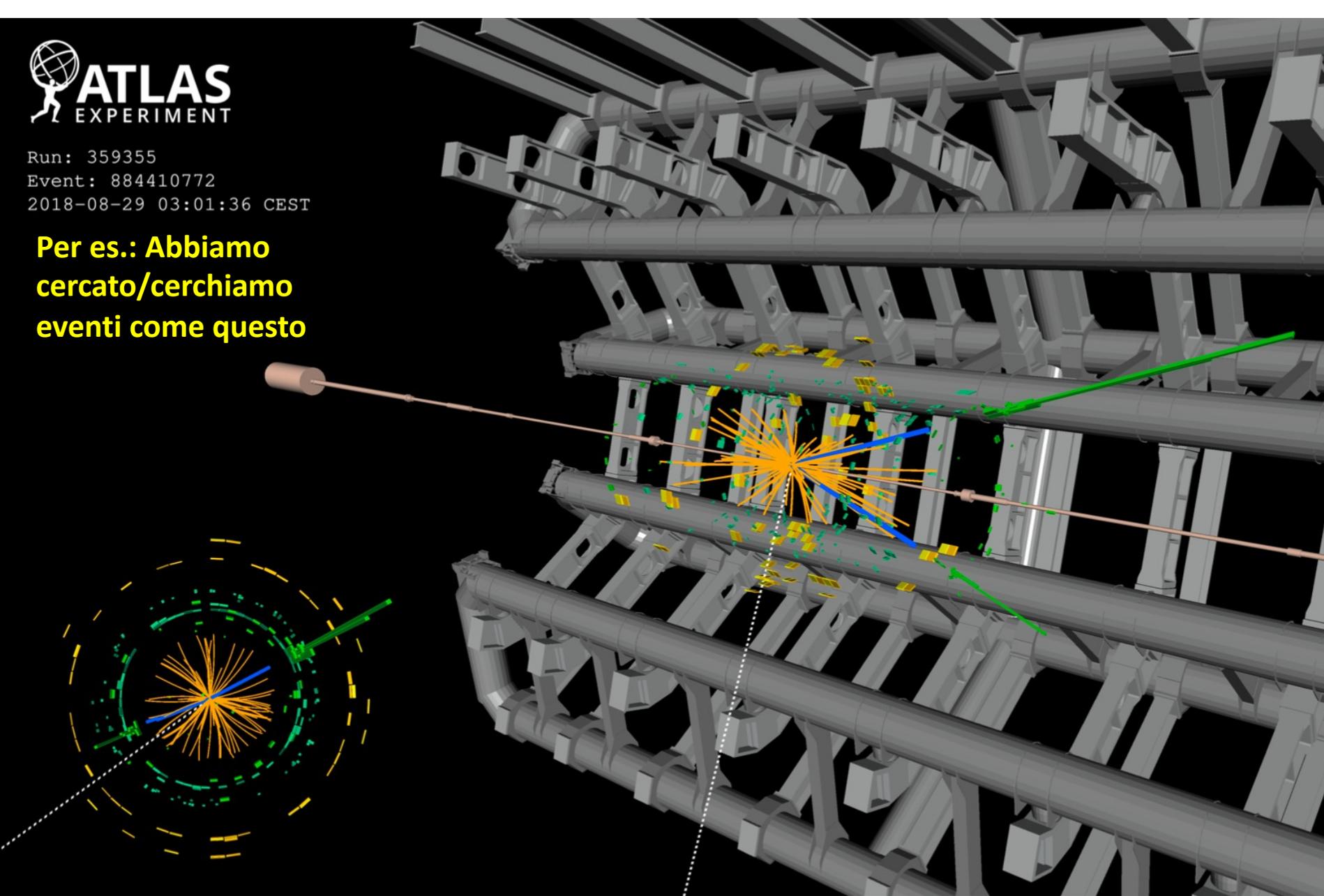
**Investighiamo la natura del momento magnetico anomalo del muone (g-2)**



**Investighiamo la natura della materia oscura**



**Per es.: Abbiamo  
cercato/cerchiamo  
eventi come questo**



## Chi siamo?

*E. Gorini, S. Grancagnolo,  
F.G. Gravili, M. Primavera  
(responsabile locale di  
ATLAS), A. Ventura*

*PhD students: F. De Santis,  
M. Greco*

**Inoltre, ma  
prevalentemente coinvolti  
nell'upgrade di ATLAS per  
LHC ad alta luminosita' (HL-  
LHC)**

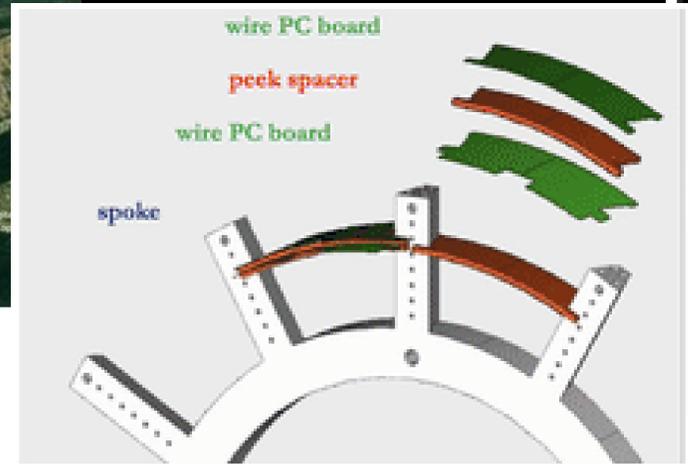
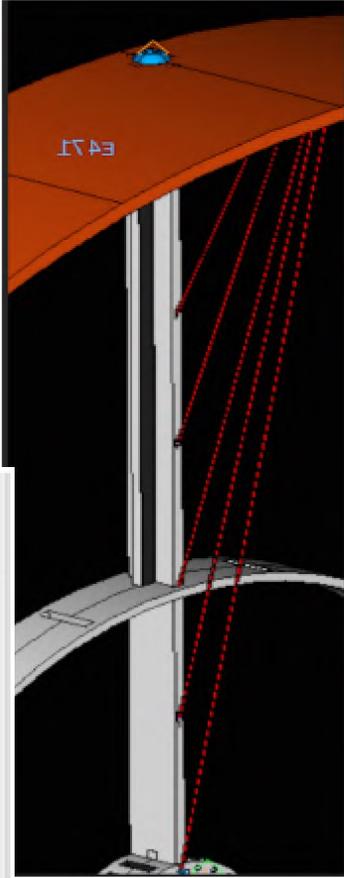
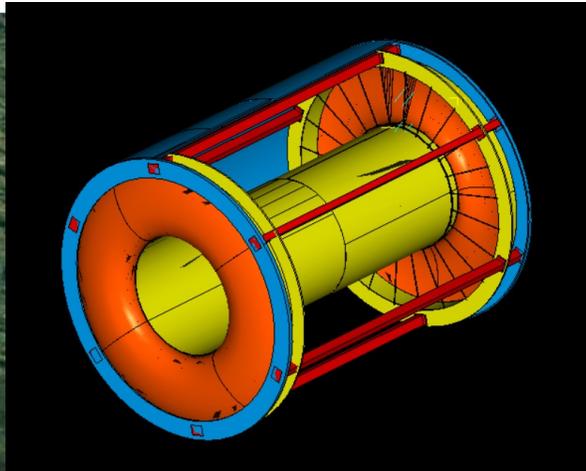
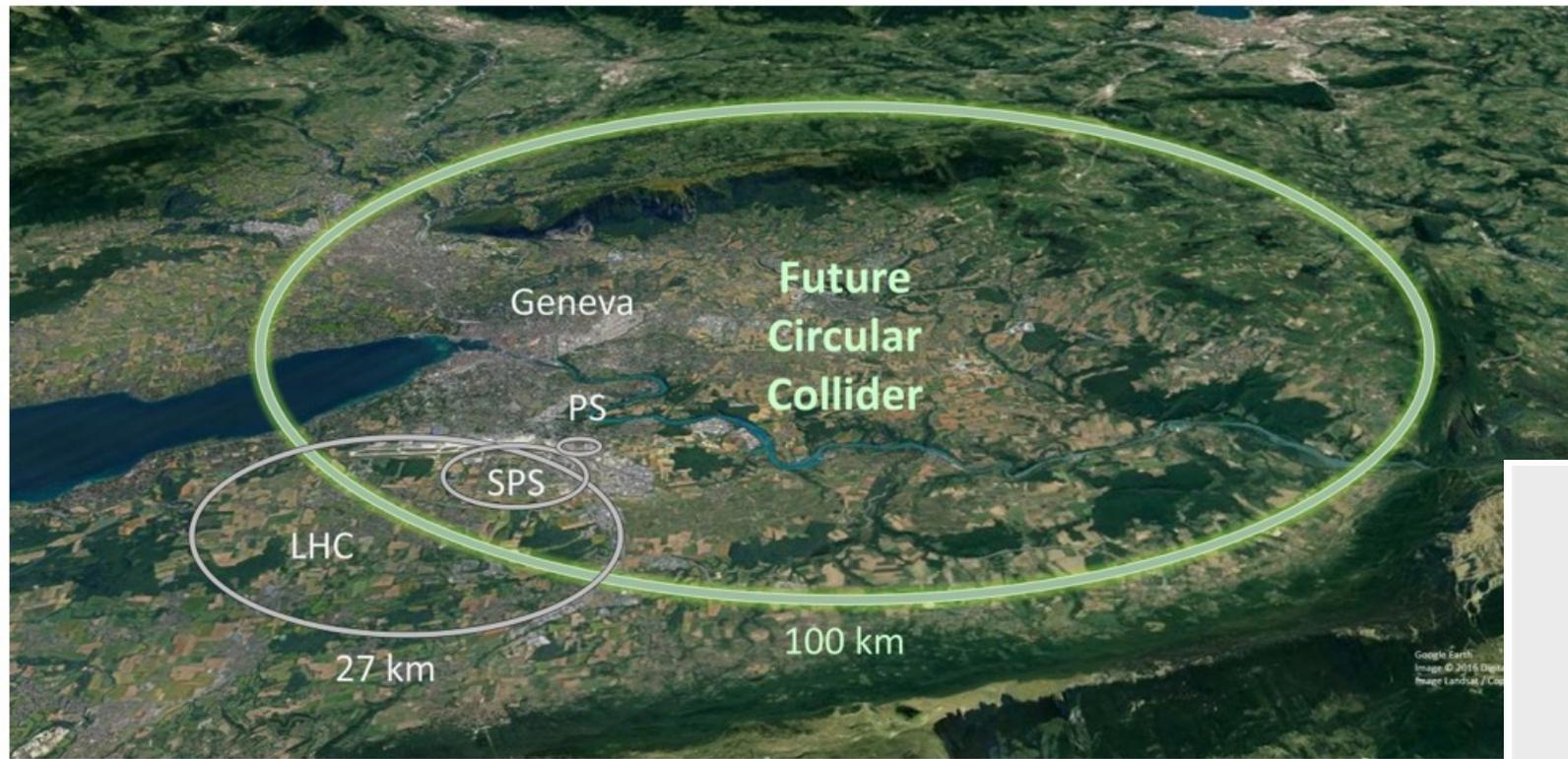
*G. Chiodini, M.R. Coluccia,  
A. Miccoli, A. Pellegrino, S.  
Spagnolo*

*PhD student: A. Palazzo*

Figure 10: Event display of a candidate  $\tilde{e}\tilde{e}$  into electrons and  $\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$  event, recorded during  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions

**+ personale tecnico!!**

...e pensiamo al futuro!! → FCC (Future Circular Collider) → 2040-2050!



A schematic map showing a possible location for the Future Circular Collider (Image: CERN)

**Progettando nuovi rivelatori per gli esperimenti agli acceleratori del futuro. Dobbiamo iniziare da oggi!!!!**

**Chi siamo?**

***E. Gorini, S. Grancagnolo, F.G. Gravili, A. Miccoli, M. Panareo (coordinatore del Gruppo in INFN), M. Primavera (responsabile locale FCC), A. Ventura***

***PhD students: F. De Santis, M. Greco + personale tecnico!!***

# Opportunità per i più giovani che intraprendono un percorso di ricerca su questi argomenti

In generale, l'INFN pone grande attenzione alla crescita e alla preparazione di giovani ricercatori, attraverso l'uso di differenti strumenti:

- Tutoraggio di Tesi di Laurea (Triennale e Magistrale) e Dottorato da parte di personale INFN o associato INFN
- Assegnazione di Borse di Studio per laureandi
- Finanziamento di Borse di Dottorato in tutte le Università italiane, inclusa Unisalento
- Finanziamento di Borse PostDoc e Assegni di Ricerca INFN o cofinanziati con le Università
- Convenzioni e «Agreements» con importanti istituzioni scientifiche internazionali per programmi di scambio e/o formazione di giovani ricercatori
- Finanziamento e convenzione con il CERN per l'attribuzione di fellowships (a dottorandi e Post-Doc) per lavorare su ATLAS e FCC → «SimilFellows»

**&& (opportunità' di crescita personale e professionale)**

La possibilità' di lavorare in un Laboratorio stimolante come il **CERN(\*)**, con colleghi provenienti da tutto il mondo, su temi che spaziano dalla realizzazione di rivelatori o parti di rivelatori (meccanica, elettronica) alla ricerca di Fisica oltre il Modello Standard, con metodologie **SEMPRE nuove** e alla frontiera della ricerca (hardware & software). La possibilità' di acquisire competenze (per es. In progettazione meccanica/elettronica, programmazione, tecniche di Machine Learning/AI ...) **facilmente spendibili** in ambienti anche al di fuori della ricerca!

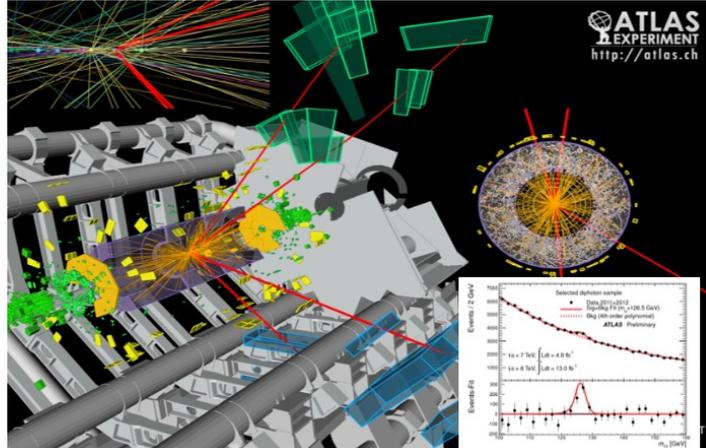
Il CERN (\*) cura la formazione dei giovani con:

- Fellowships per “summer students”
- seminari dedicati - <https://indico.cern.ch/category/17441>
- eventi sociali e networking - <https://alumni.cern>
- ricerca di lavoro per fisici delle alte energie e scrittura CV <https://indico.cern.ch/category/17237>
- incontro con imprese internazionali - <https://alumni.cern/page/third-collisions>

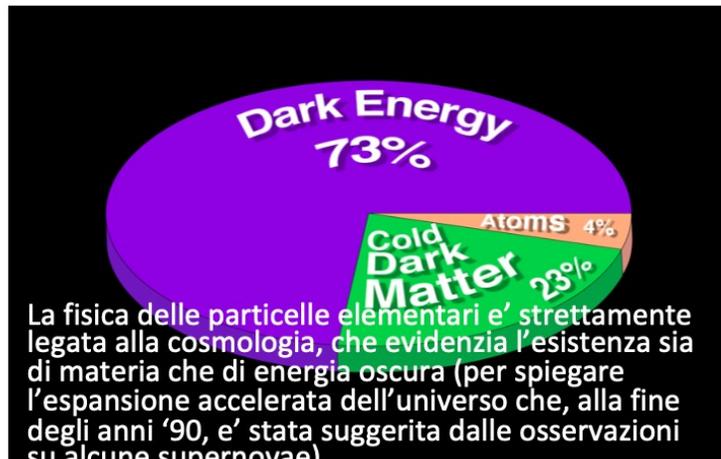
**Backup**

# Cosa ci aspettiamo ancora da LHC?

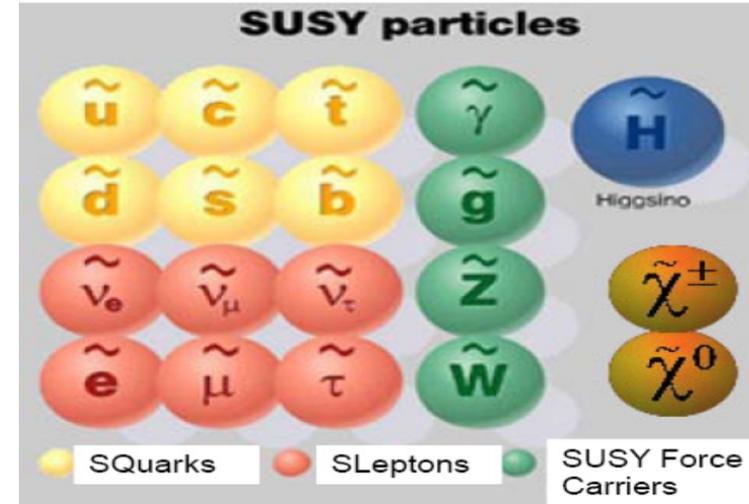
“Approfondire la conoscenza” dell’Higgs...



Scoprire nuove particelle (“esotiche”, non solo SUSY!!) che spieghino la “Materia oscura” ...

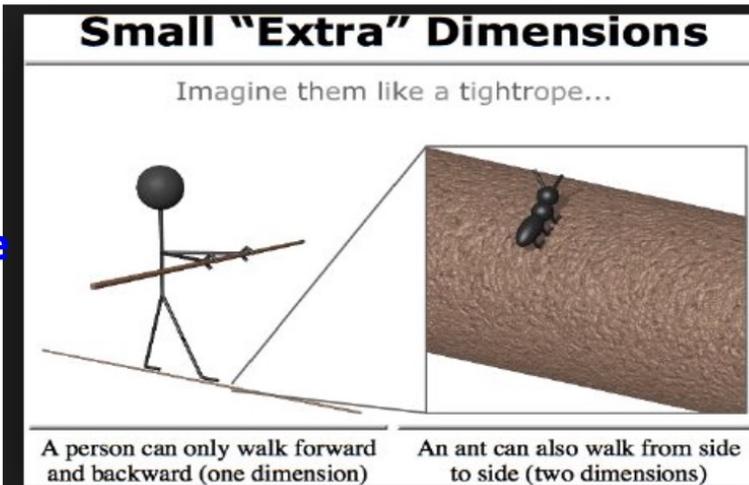


Osservare, se esistono, le particelle supersimmetriche (SUSY)...



Rivelare dimensioni “Extra” (dove diffonde la gravita’, attraverso l’osservazione di nuove particelle massicce), gravitoni (che sfuggono nelle dimensioni “extra”), buchi neri microscopici (che si disintegrano in  $10^{-27}$  s)...

E altro ancora, ipotizzato dalle teorie ....o non!



## Come il bosone di Higgs genera la massa della particella Einstein



il vuoto è come la sala di un congresso.  
**I fisici presenti sono i bosoni di Higgs.**



Si annuncia l'arrivo di un fisico famoso per la conferenza: **una particella.**



Einstein entra nella sala. I fisici si accalcano intorno a lui. Einstein è rallentato.  
E' come se la sua massa fosse aumentata a dismisura: cammina piano piano nella sala.



# Generazione delle masse

- Un campo pervade lo spazio ed influenza il moto delle particelle
- Il campo “distingue” tra le particelle collegate dalla simmetria .. W, Z acquistano una massa, il fotone resta a massa zero etc.



- Il VUOTO è come la superficie di un lago perfettamente calmo

- Nelle collisioni si producono delle onde...



... che corrispondono ad una nuova particella: il **BOSONE di HIGGS**

- Il bosone di Higgs è necessario per l' accordo tra teoria e Natura...
- Ma dá una nuova visione del VUOTO, che puo spiegare nuovi fenomeni: