

Dai rivelatori alla supersimmetria  
**La Fisica delle Alte Energie a Pavia**

*I gruppi ATLAS e CMS Pavia*  
19 Maggio 2015



# The Large Hadron Collider

*The LHC is the largest machine in the world. It took thousands of scientists, engineers and technicians decades to plan and build, and it continues to operate at the very boundaries of scientific knowledge.*





# CMS e ATLAS

≈ 8000 ricercatori

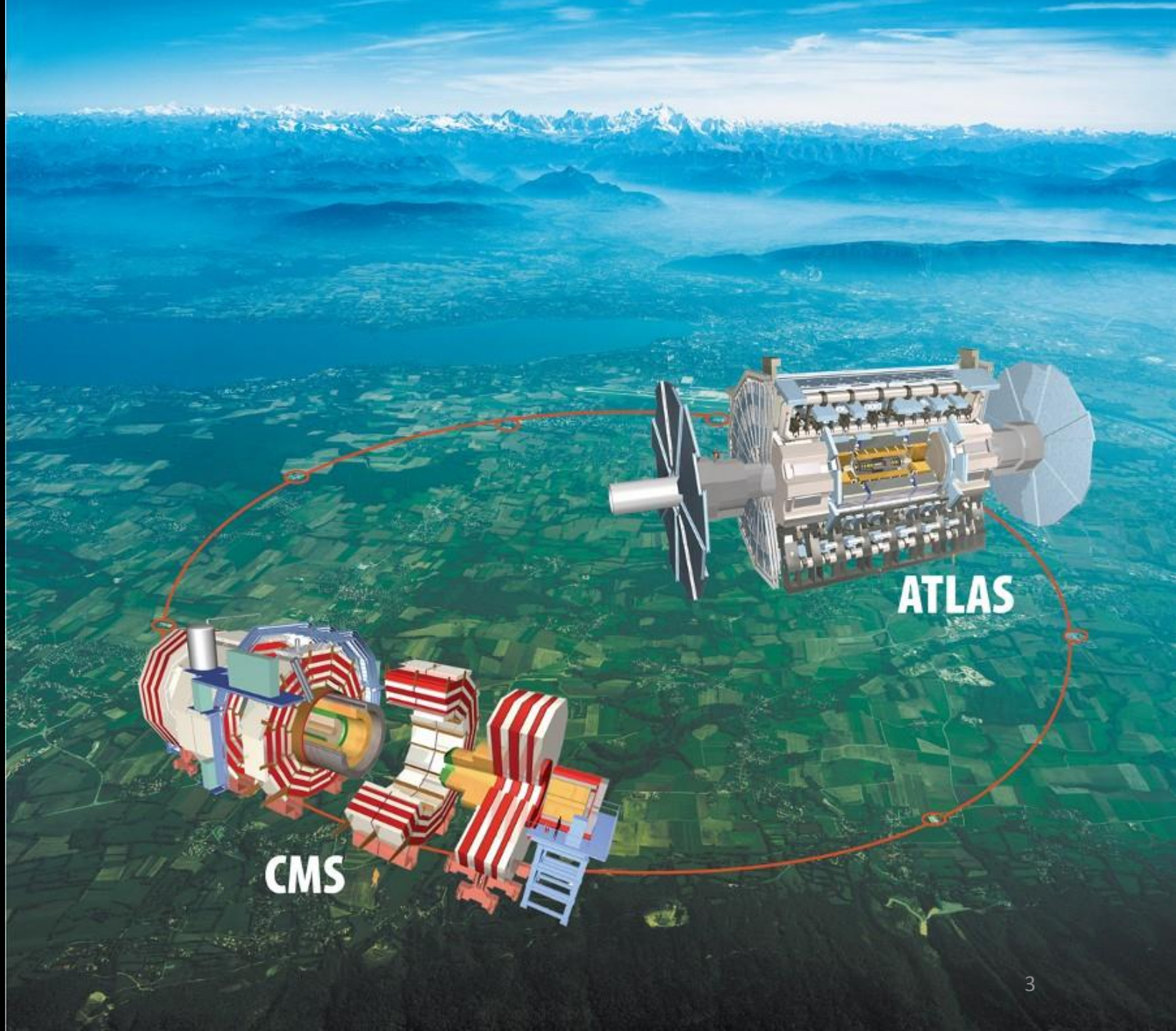
≈ 400 istituzioni

A Pavia:

≈ 30 ricercatori

di cui alcuni  
temporaneamente al CERN

≈ 10 ex-pavesi lavorano al  
CERN o in altre istituzioni  
europee







**Cristina Riccardi**  
**Responsabile locale**



**Alberto Imperiale**



**Paola Salvini**



**Paolo Vitulo**



**Martina Ressegotti**



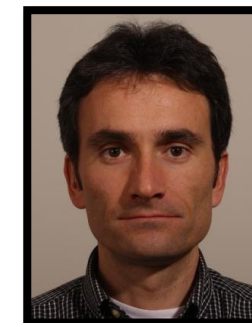
**Alessandro Braghieri**



**Francesco Fallavollita**



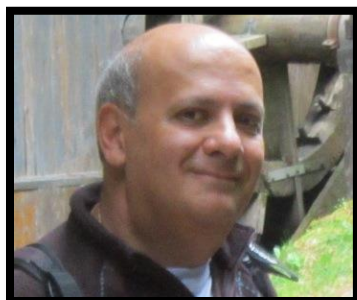
**Alice Magnani**



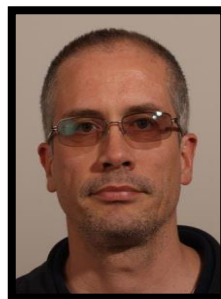
**Gianluca Traversi**



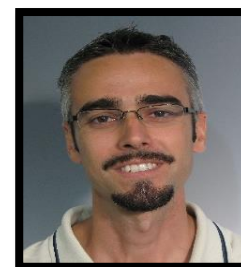
**Ilaria Vai**



**Paolo Montagna**



**Lodovico Ratti**

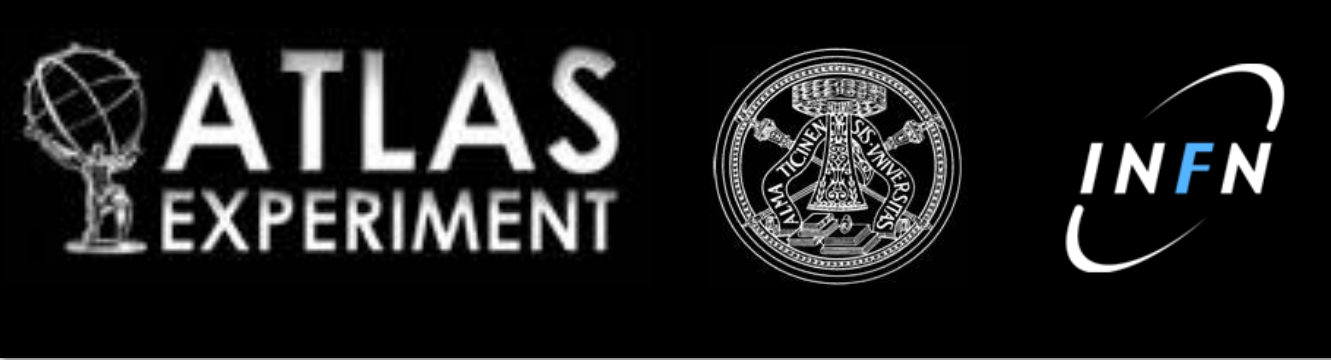


**Alessandro Manghisoni**



**Valerio Re**

**...et al.**



**Giacomo Polesello**  
Responsabile locale

**Sonia Carrà**

**Daniela Rebuzzi**



**Paolo Dondero**

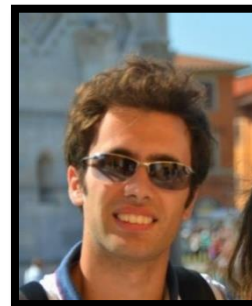
**Riccardo Poggi**

**Gabriella Gaudio**

**Michele Livan**

**Valerio Vercesi**

**Bob Ferrari**



**Adele Rimoldi**

**Marco Fraternali**

**Edoardo Farina**

**Andrea Negri**

**Gianluca Introzzi**

**Nelle puntate precedenti**

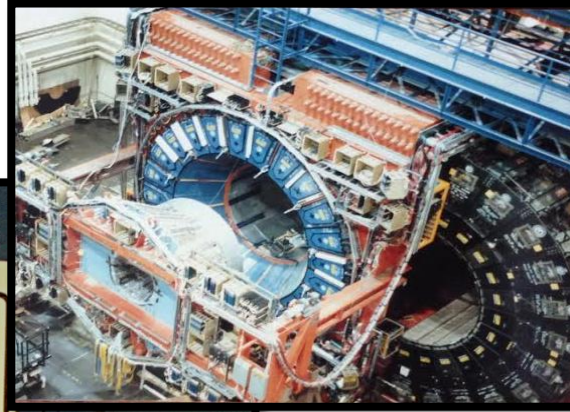
# **1984 – prima proposta di costruzione di LHC**



# 1984 – prima proposta di costruzione di LHC

A quel tempo i particellari Pavesi....

Fermilab  
Tevatron

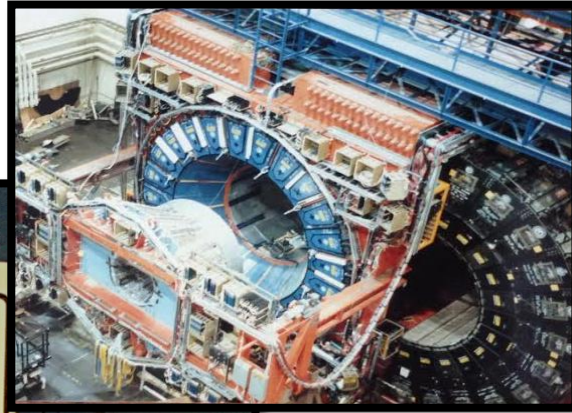




# 1984 – prima proposta di costruzione di LHC

A quel tempo i particellari Pavesi....

Fermilab  
Tevatron



EXPERIMENT 687  
UNIVERSITY OF COLORADO  
FERMILAB  
LABORATORI NAZIONALI I.N.F.N. FRASCATI  
UNIVERSITY OF ILLINOIS  
DEPARTMENT OF PHYSICS AND I.N.F.N. MILANO  
NORTHWESTERN UNIVERSITY  
NOTRE DAME  
UNIVERSITY OF PAVIA AND INFN



CERN  
SPS

Il giorno

**15 marzo 1983 alle ore 17**

presso l'aula "A. VOLTA" il Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica darà inizio alle proprie attività con la relazione di Claudio CONTA, Marco FRATERNALI, Giorgio GOGGI, Michele LIVAN, Giancarlo MANTOVANI, Livio MAPELLI, Fernanda PASTORE, Adele RIMOLDI, Valerio VERCESI, sul tema

## La scoperta del Bosone Elettrodebole W

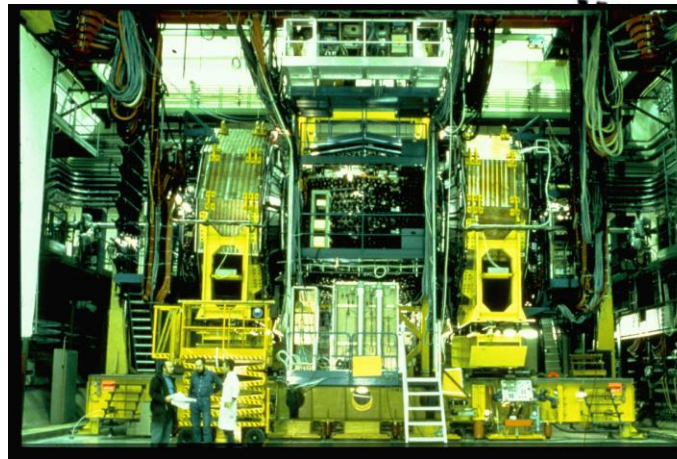
nell'ambito delle iniziative scientifiche e culturali promosse dalla istituenda "Scuola Universitaria di Studi Superiori".  
Riferirà il dott.

**VALERIO VERCESI**

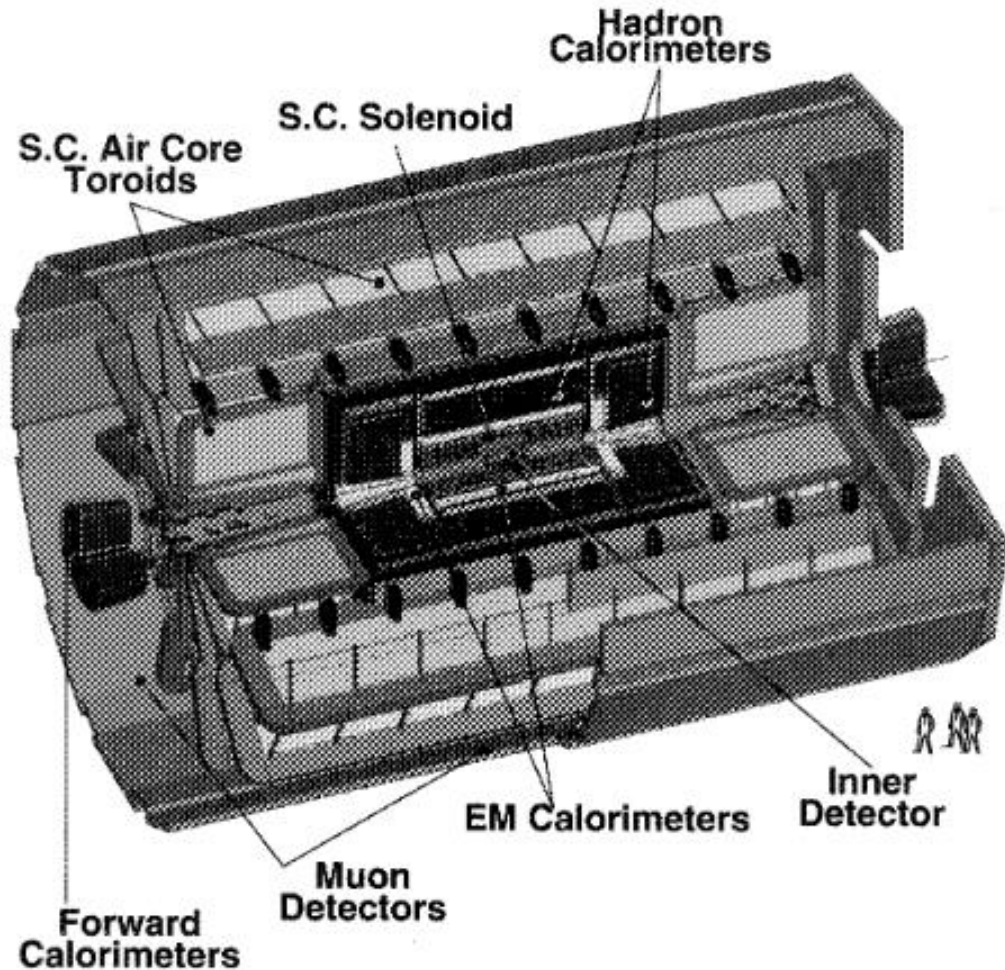
Scuola di Perfezionamento in Fisica

Invitati a partecipare.

GIORGIO GOGGI  
Direttore del Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica  
SERGIO RATTI  
Direttore della Scuola di Perfezionamento e del  
Dottorato di Ricerca in Fisica



# 1992- *Letter of intent* di CMS e ATLAS

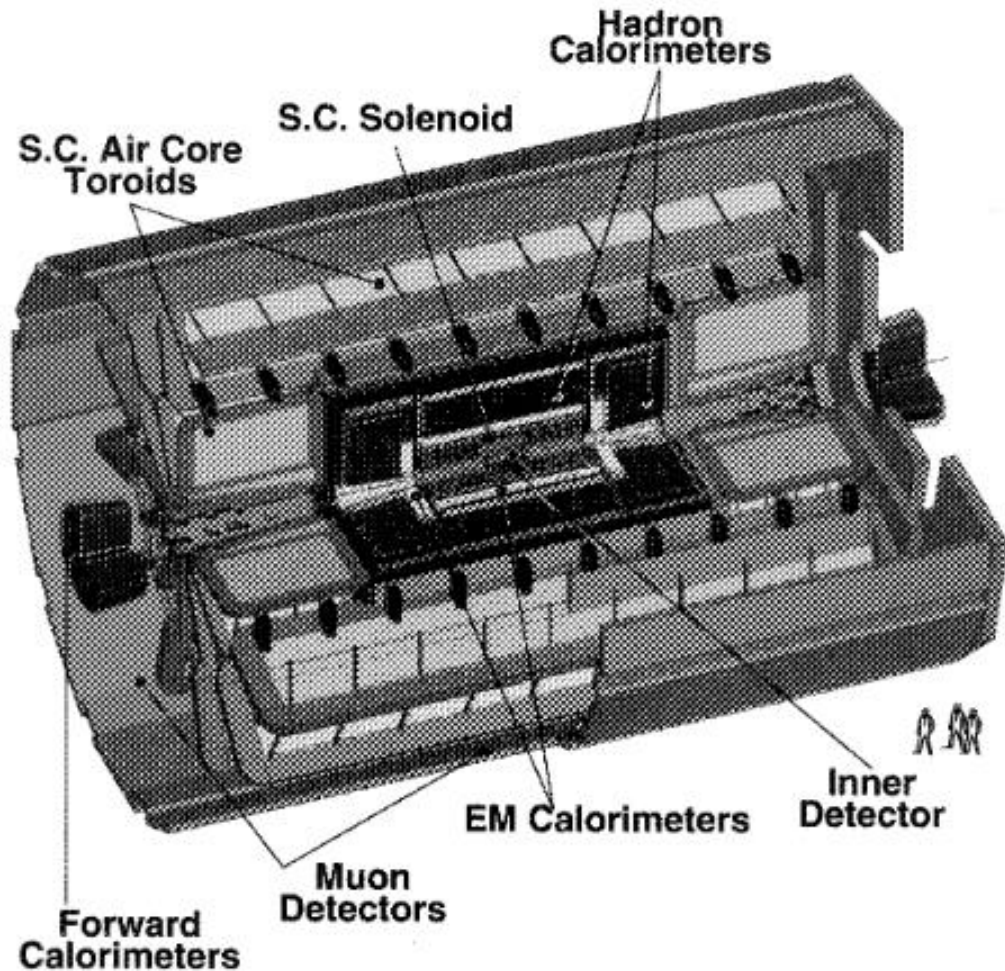


## 1 Introduction and Overview

The ATLAS Collaboration proposes in this Letter of Intent a general-purpose pp experiment which would be operational at the startup of the Large Hadron Collider (LHC) in order to exploit its full discovery potential. The LHC offers a large range of physics opportunities, among which the origin of mass at the electroweak scale is a major focus of interest. The detector optimization is therefore guided by physics issues such as sensitivity to the largest possible Higgs mass range, but also for example by detailed studies of top quark decays, Supersymmetry searches, and sensitivity to large compositeness scales. The ability to cope with a broad variety of expected physics processes also demonstrates most importantly the detector's potential for unexpected new physics.



# 1992- *Letter of intent* di CMS e ATLAS

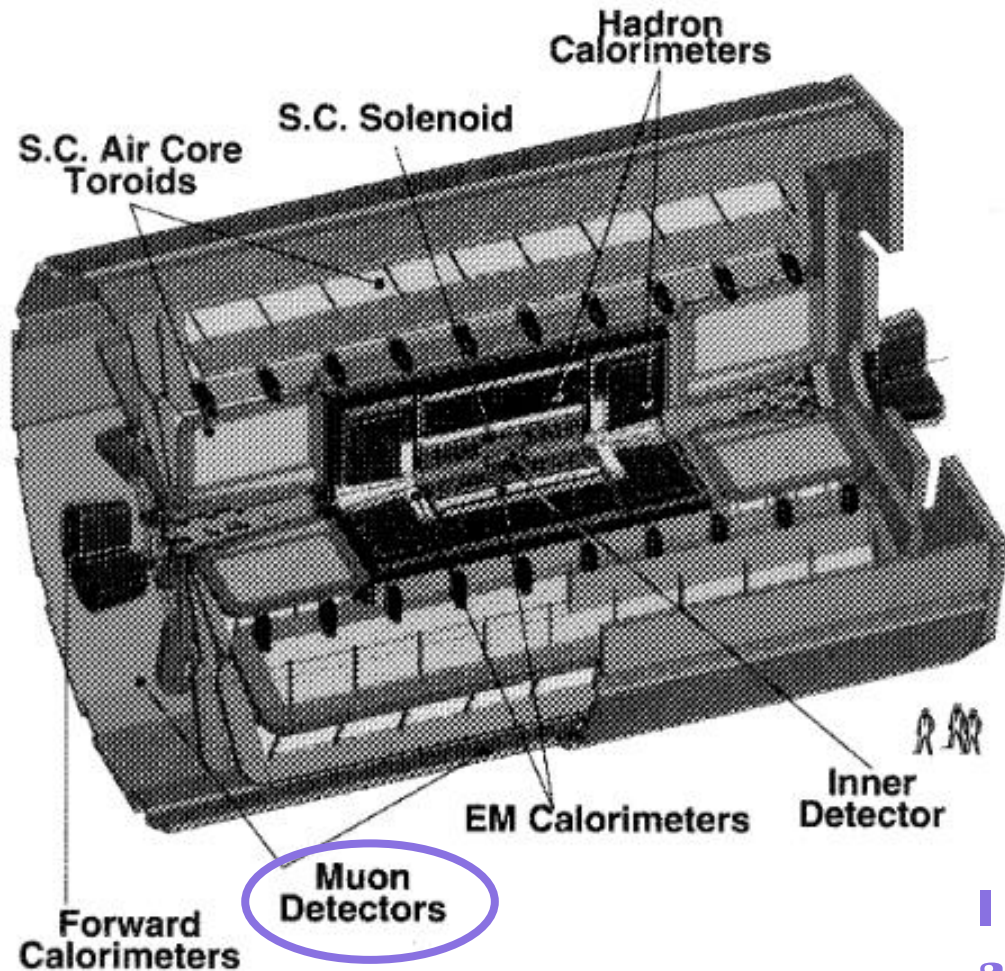


## General purpose p-p experiment

- Origine della massa
- Fisica quark top
- Supersimmetria
- Compositness
- ...



# 1992- *Letter of intent* di CMS e ATLAS



## General purpose p-p experiment

- Origine della massa
- Fisica quark top
- Supersimmetria
- Compositness
- ...

I gruppi Pavesi partecipano sin dagli inizi al progetto e alla costruzione, in particolare al rivelatore per muoni.



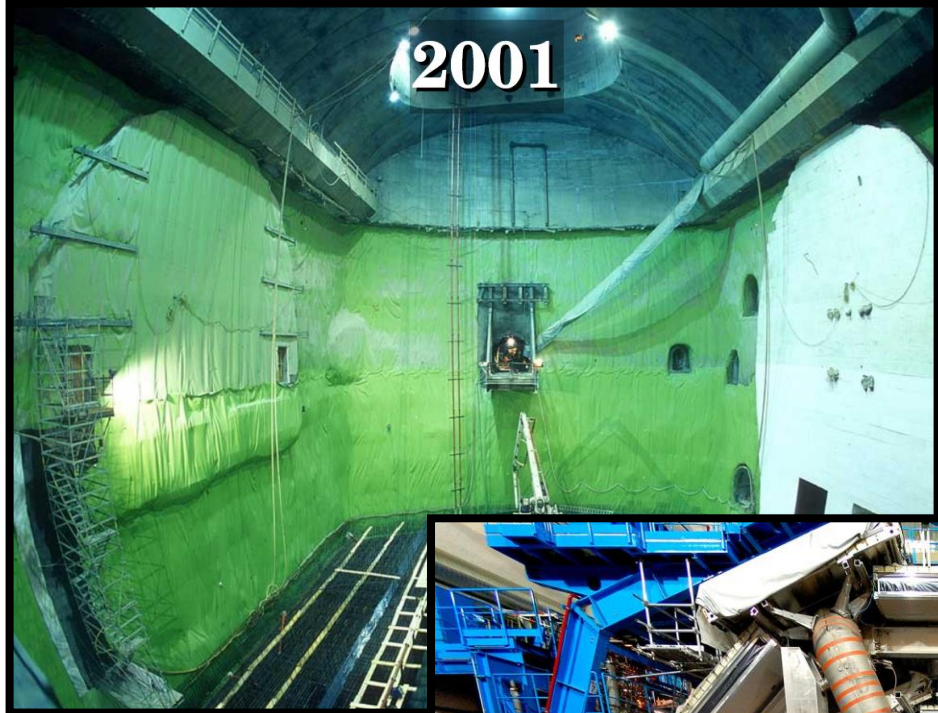
# Costruzione...



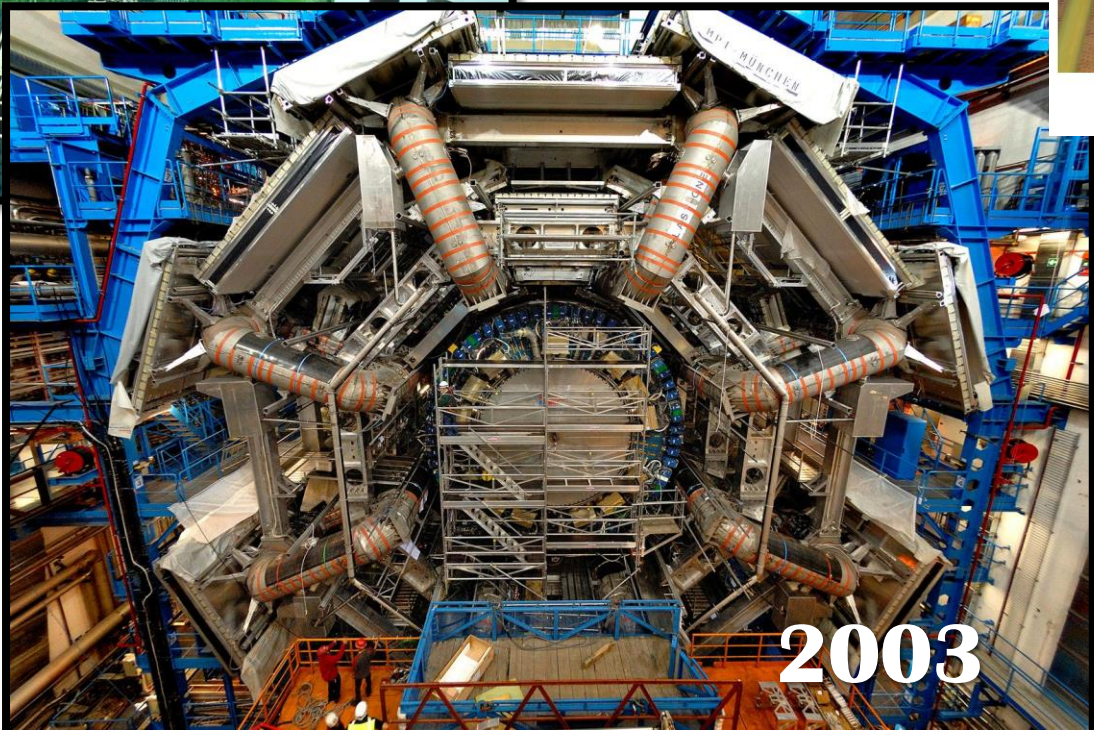
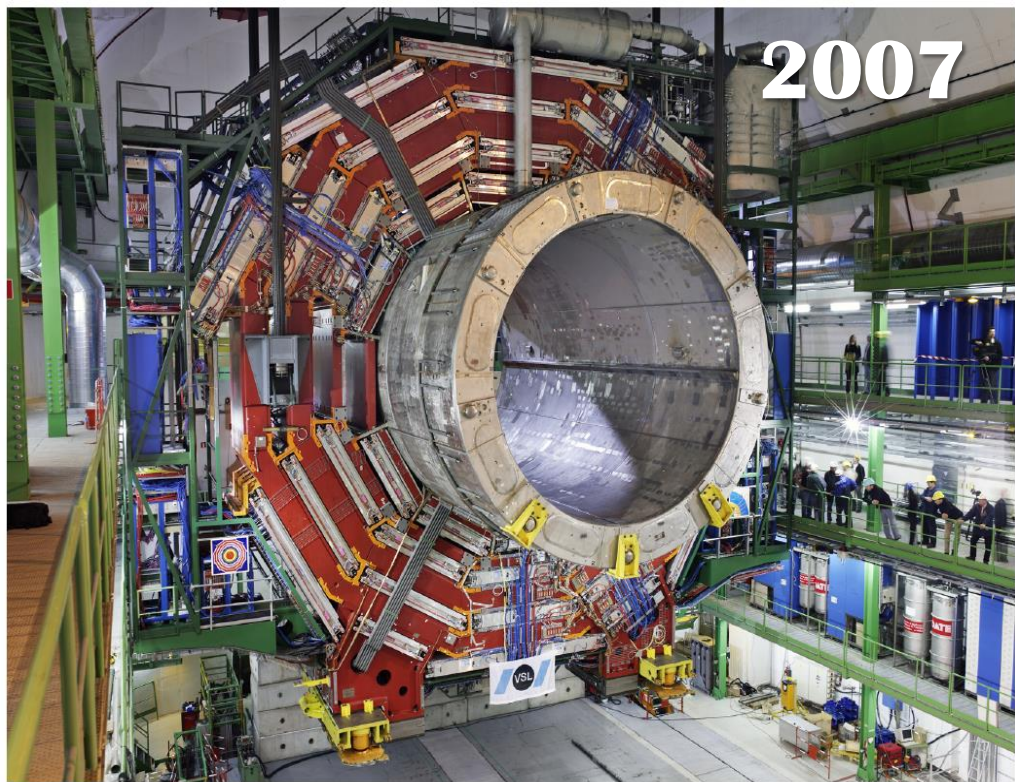


# Costruzione...Installazione...

2001



2007



2003



2002/2003



# 2008 - LHC startup



# 2008 – LHC startup

la Repubblica.it  
"Fermate il test sul Big Bang  
o la Terra sparirà"

## LA STAMPA

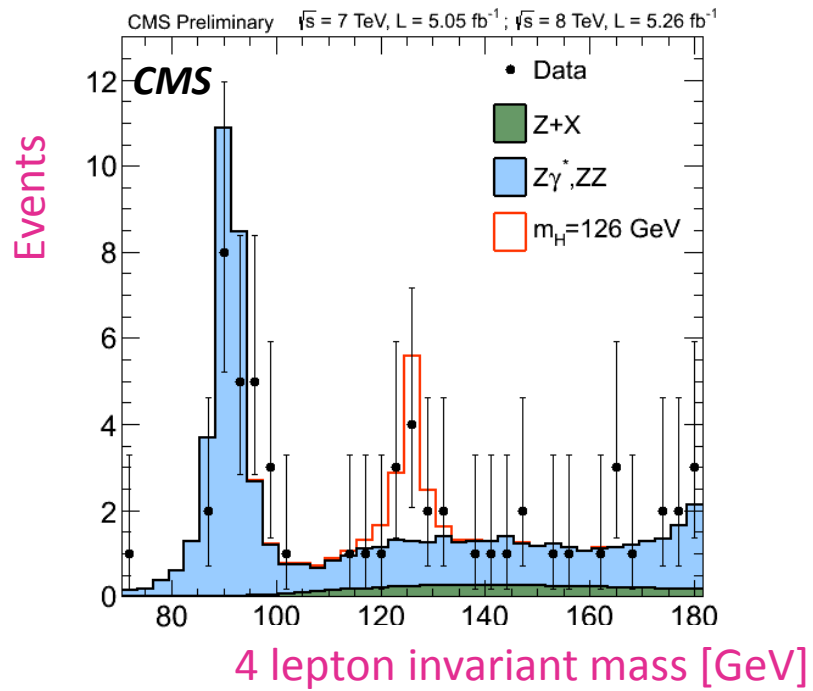
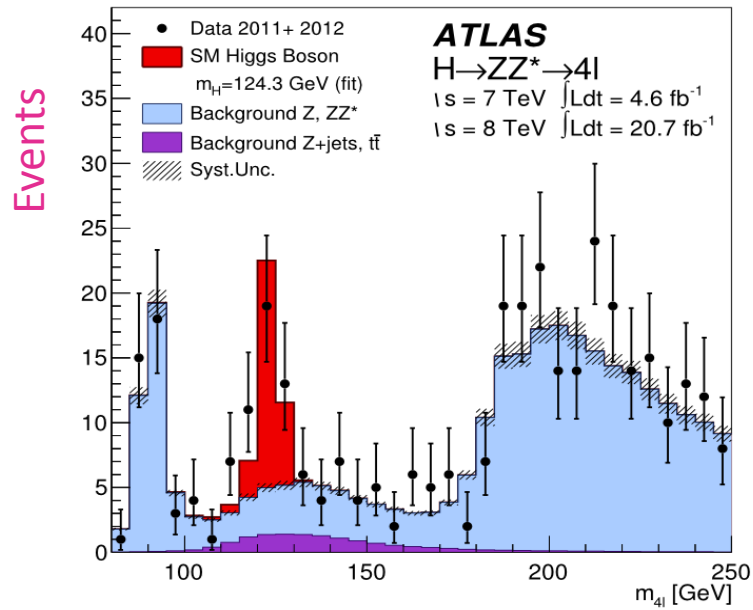
Ginevra, via all'esperimento del Cern.  
Ore di paura ma è andato tutto bene

Il Large Hadron Collider è stato avviato verso le 9.30. Scienziati di tutto il mondo alla ricerca del «frammento di Dio». Il timore: «Il mondo finirà nel buco nero»



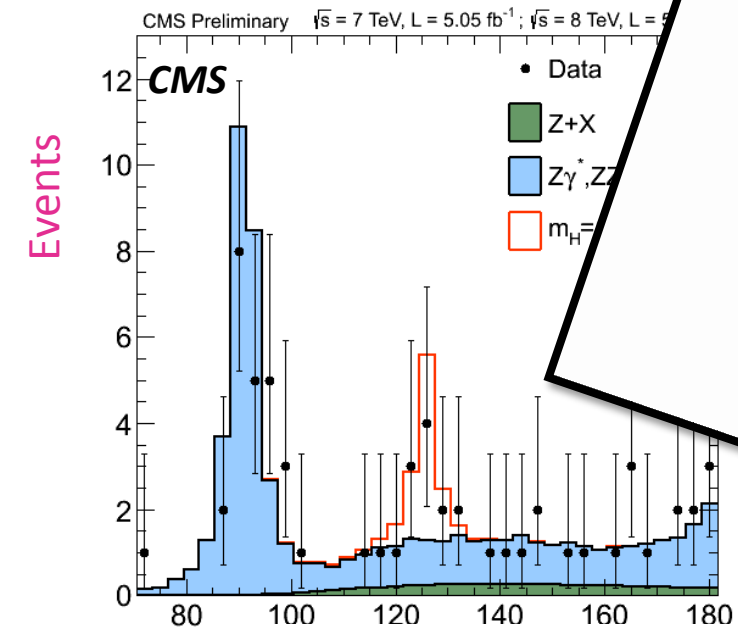
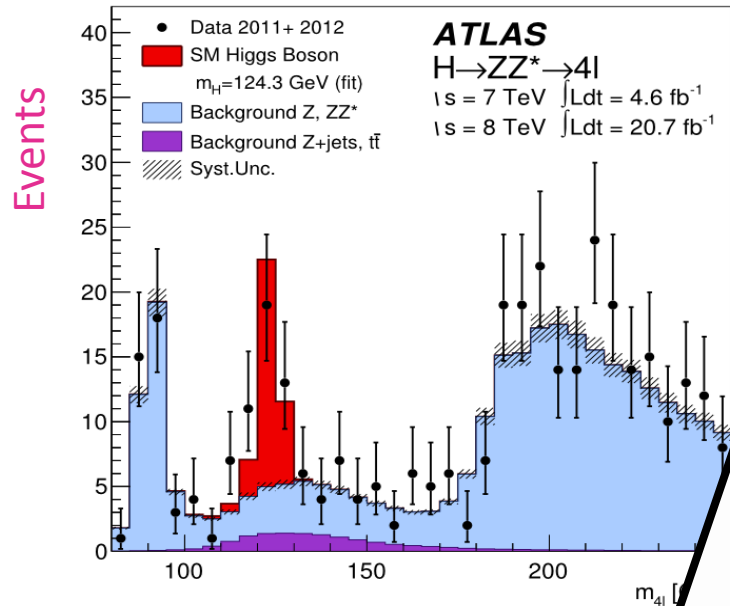


# 4 Luglio 2012 - La scoperta

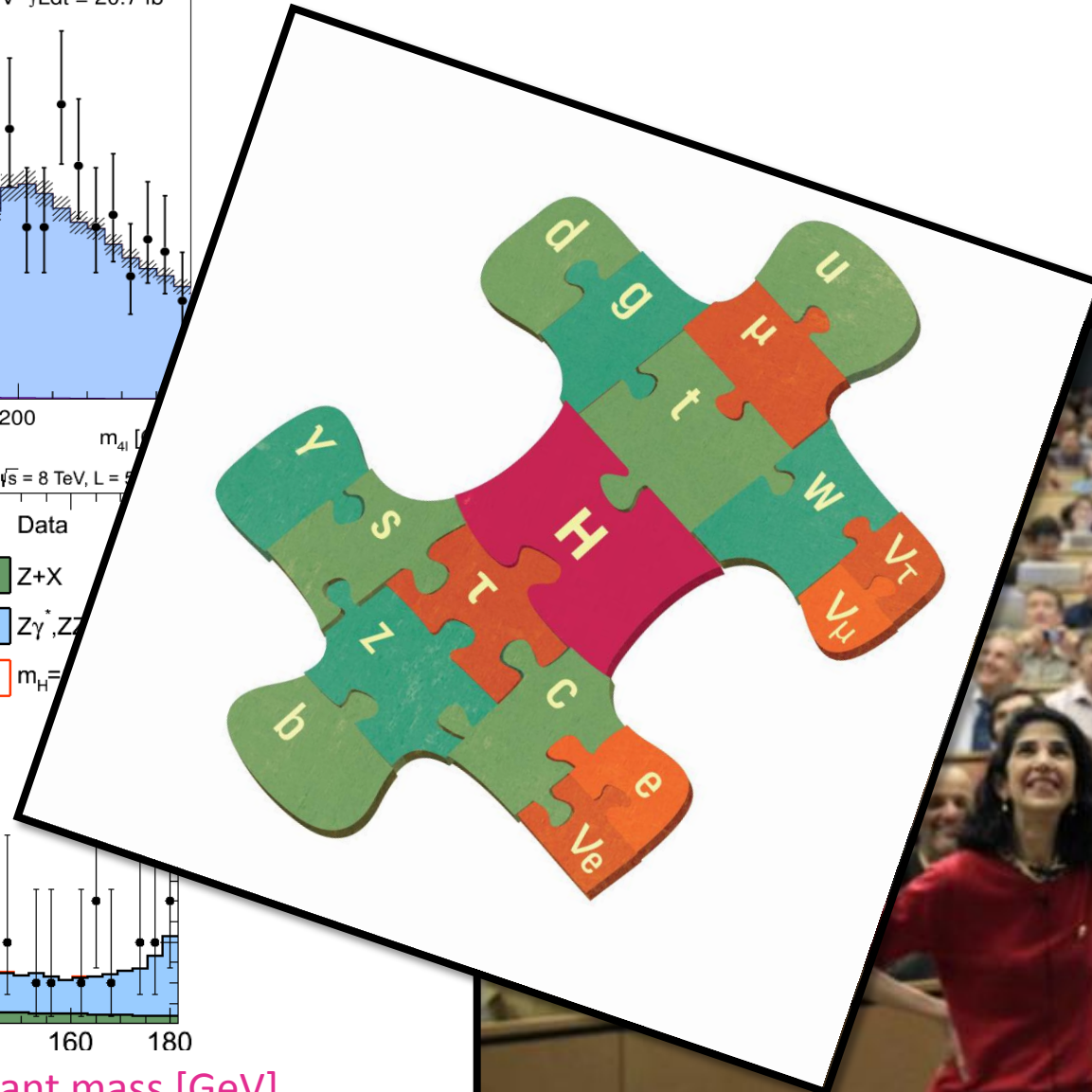




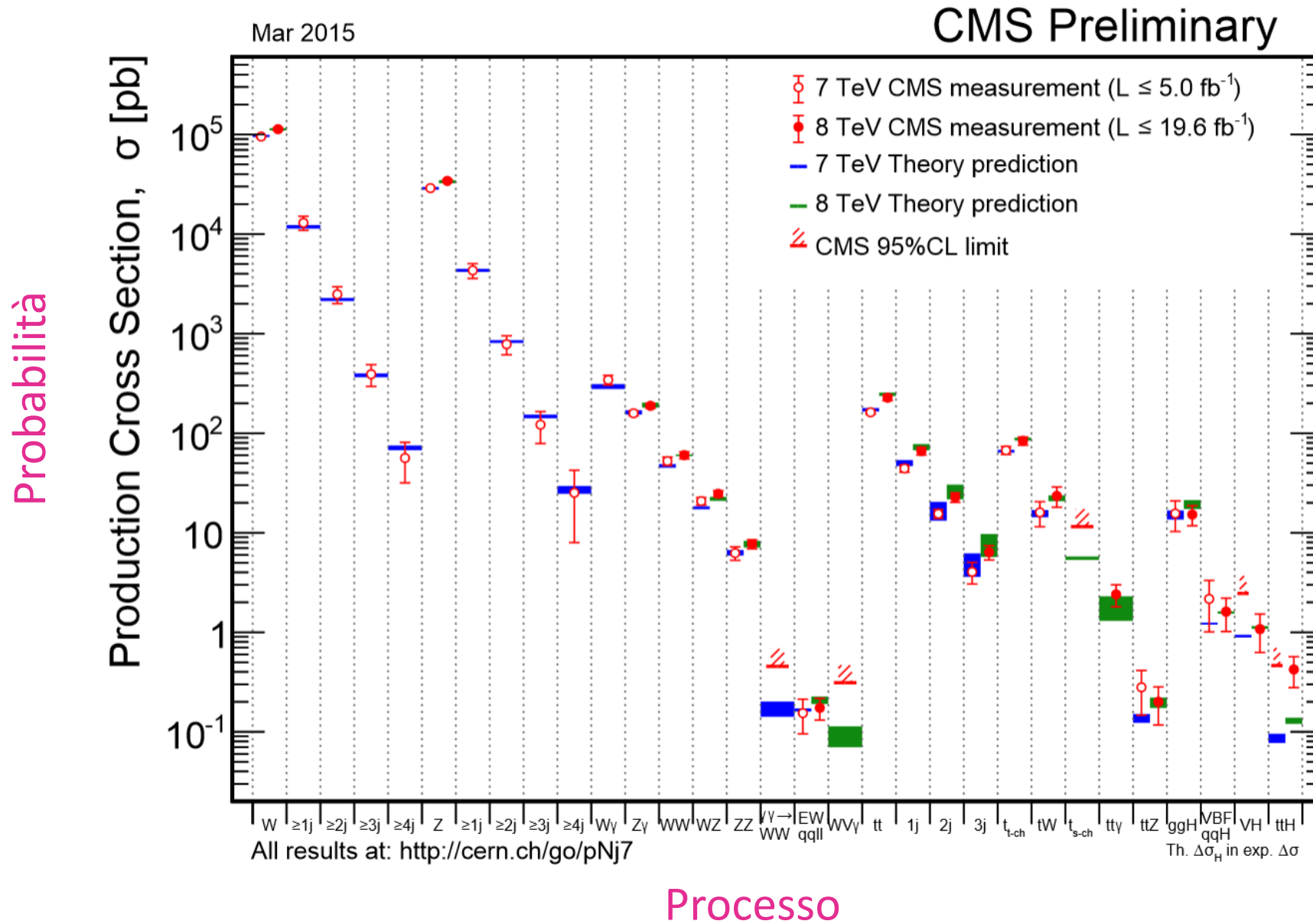
# 4 Luglio 2012 - La scoperta



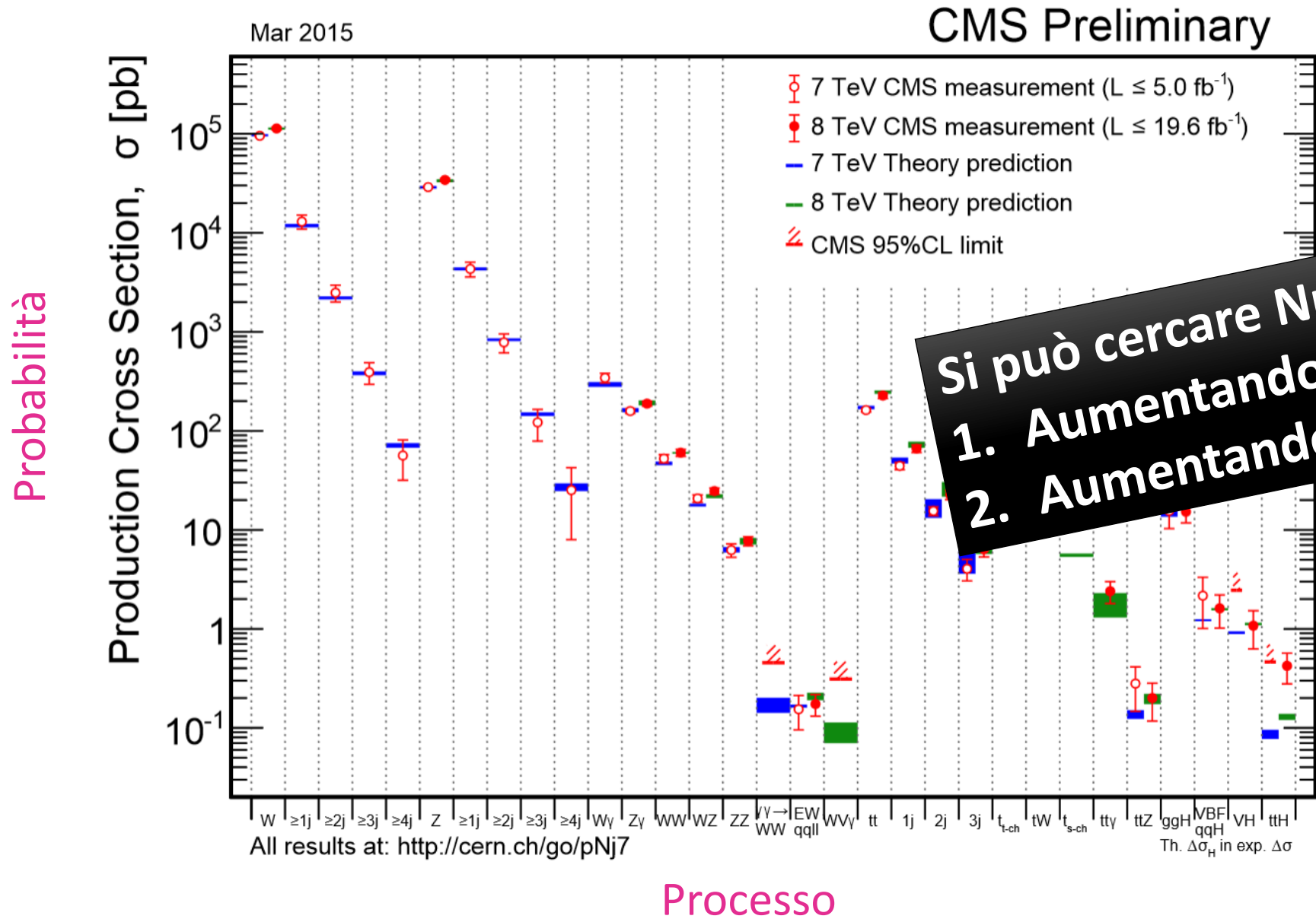
4 lepton invariant mass [GeV]



# Fine del Run 1 – Inizio del primo Long Shutdown



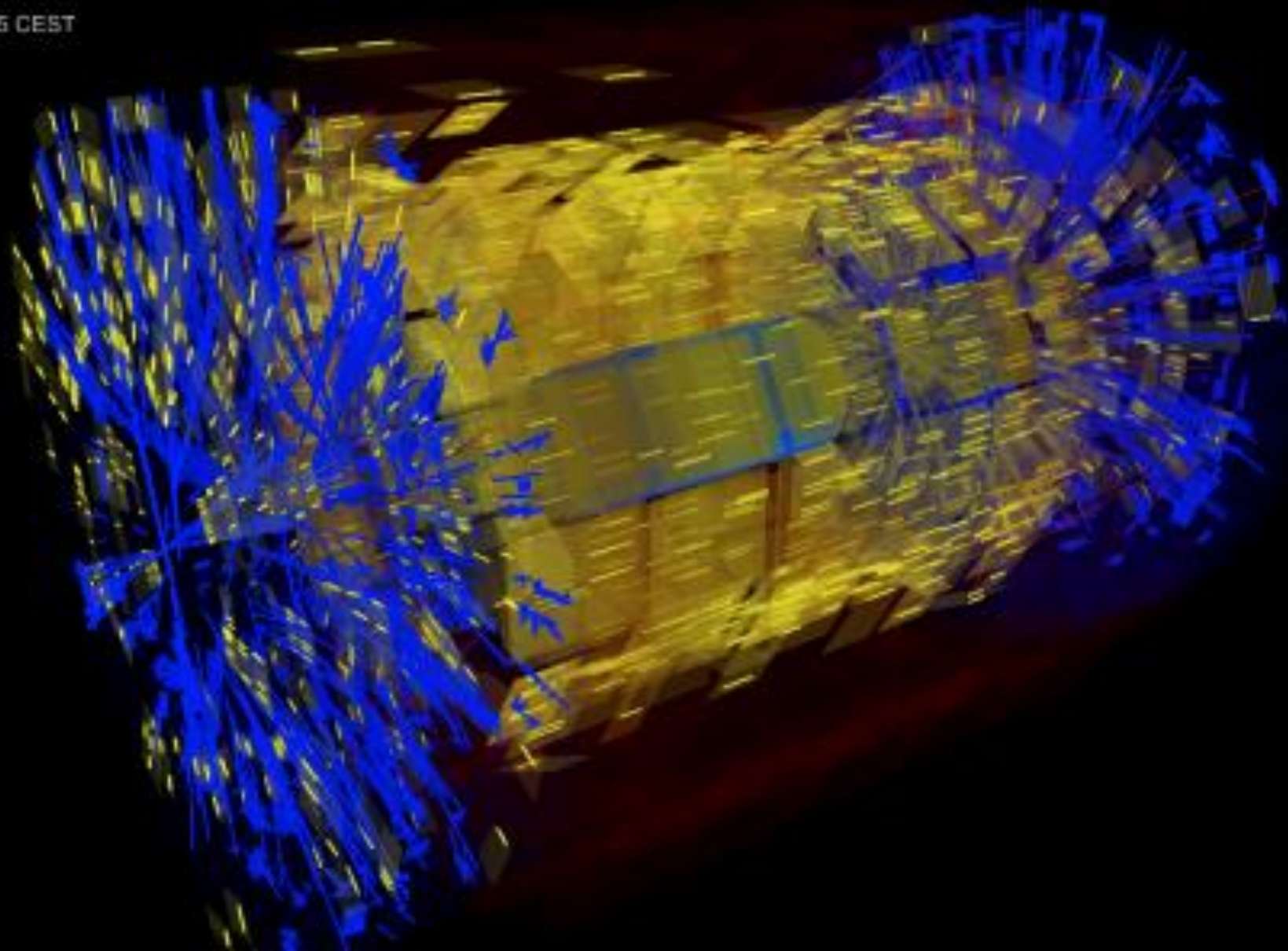
# Fine del Run 1 – Inizio del primo Long Shutdown







CMS Experiment at LHC, CERN  
Data recorded: Sun Apr 5 10:29:07 2015 CEST  
Run/Event: 239754 / 162  
Lumi section: 89

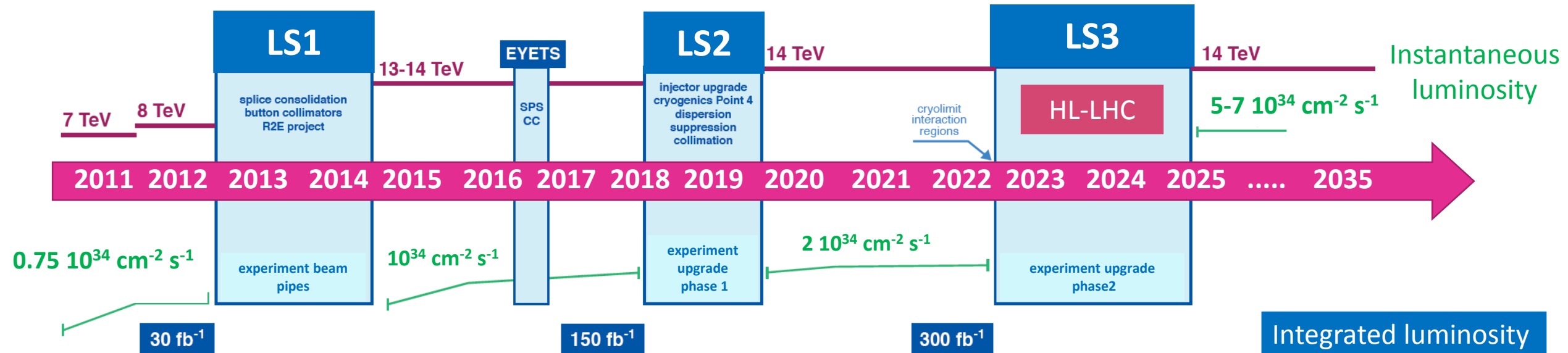


# LHC ai blocchi di partenza

Run2 - Energia 13 -14 TeV, Statistica 5 volte superiore rispetto a quella del Run1

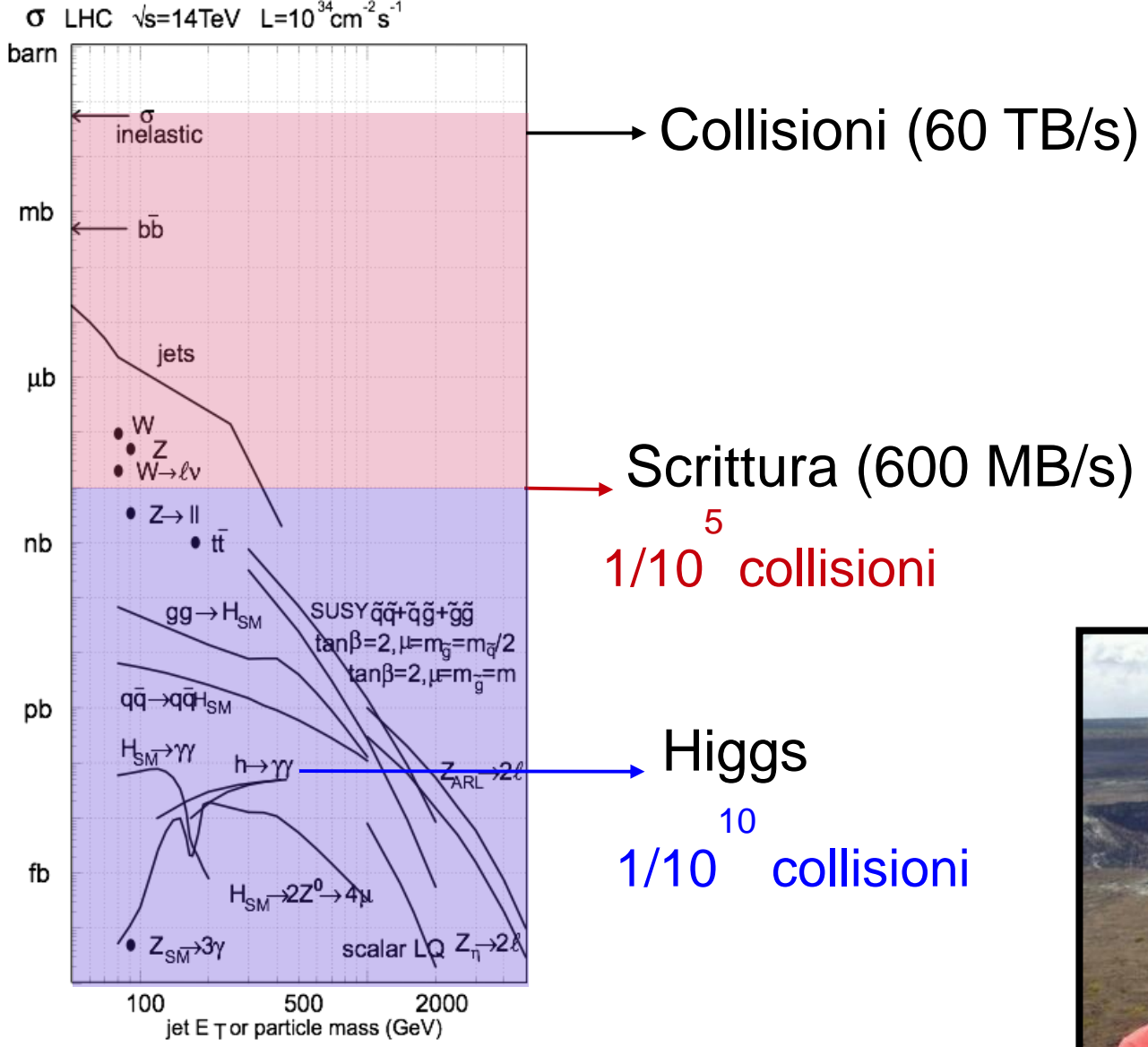
Altri due Long Shutdown in programma per il 2018 e 2023.

L' aumento del numero di collisioni al secondo di LHC costringerà i rivelatori a lavorare oltre ben le specifiche di design.



# Trigger e acquisizione dati

ATLAS





Le attività pavesi si concentrano prevalentemente sullo spettrometro a muoni.

1. **Monitoraggio** delle prestazioni dei rivelatori, che oggi hanno 15 anni. Studio di invecchiamento dovuto all'elevata radiazione a cui i rivelatori stessi sono sottoposti.
2. **Potenziamento** del rivelatore mediante la sostituzione o l'integrazione di parti dell'apparato
  - Alcuni rivelatori attualmente **in fase di costruzione** verranno installati durante il secondo Long Shutdown (Micromegas per Atlas, GEM per CMS)
  - Altri sono attualmente in fase di **R&D** (CMS) : occorrono rivelatori veloci, ad elevate granularità e resistenza alla radiazione da installare nella regione più vicina all'asse del fascio.
3. **Sviluppo di elettronica di lettura** veloce capace di operare in presenza di elevato flusso di particelle
  - [ATLAS] memorie associative per il riconoscimento di pattern in tempo reale
  - [CMS] elettronica per il tracciatore interno in collaborazione con CERN, Fermilab...

# Attività hardware

ATLAS & CMS



# Attività software

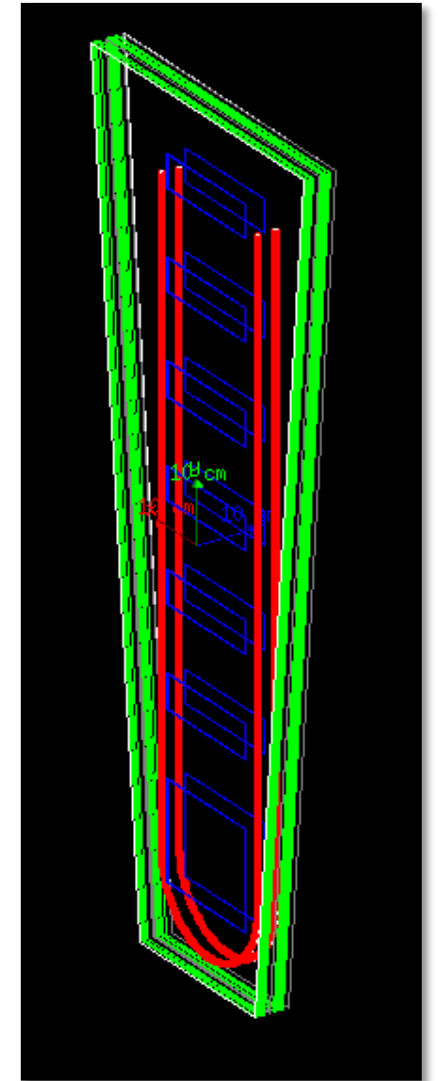
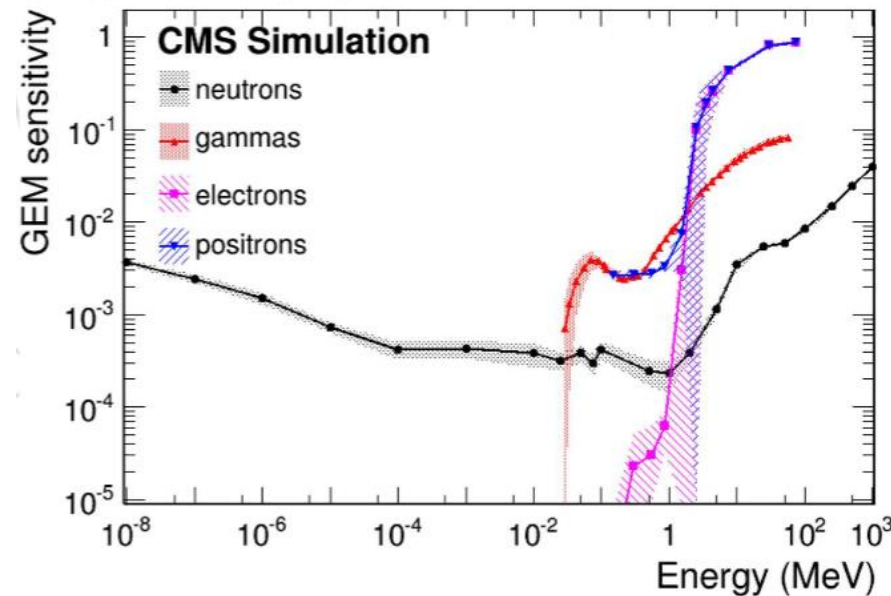
ATLAS & CMS

## Monitoraggio della performance dei rivelatori esistenti (ATLAS E CMS):

analisi dei dati dei rivelatori a muoni per il controllo del rateo e dei parametri funzionali

## Ricerca e Sviluppo (CMS):

- Sviluppo del sistema di acquisizione dati per misure di irraggiamento.
- Analisi dei dati raccolti durante test di irraggiamento e testbeam su fascio
- Simulazione della risposta dei rivelatori all'elevato fondo presente in caverna





# Attività software

ATLAS & CMS

## Monitoraggio della performance dei rivelatori esistenti (ATLAS E CMS):

analisi dei dati dei rivelatori a muoni per il controllo del rateo e dei parametri funzionali

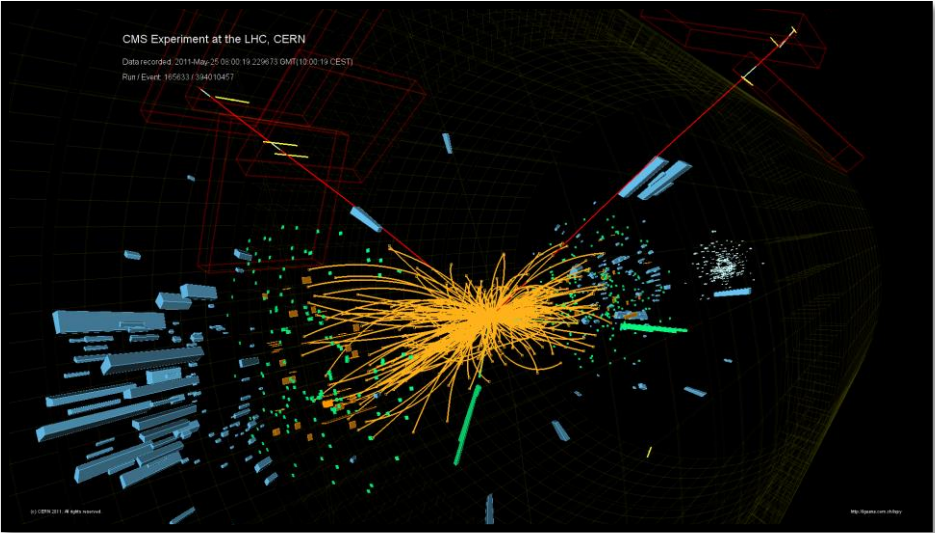
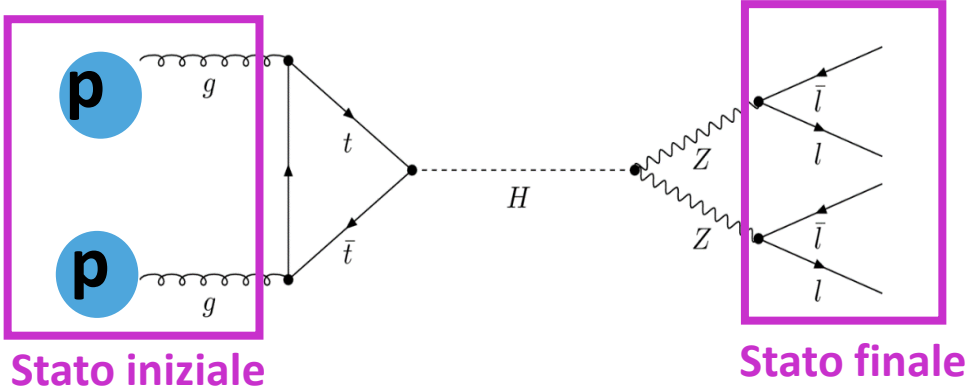
## Ricerca e Sviluppo (CMS):

- Sviluppo del sistema di acquisizione dati per misure di irraggiamento.
- Analisi dei dati raccolti durante test di irraggiamento e testbeam su fascio
- Simulazione della risposta dei rivelatori all'elevato fondo presente in caverna



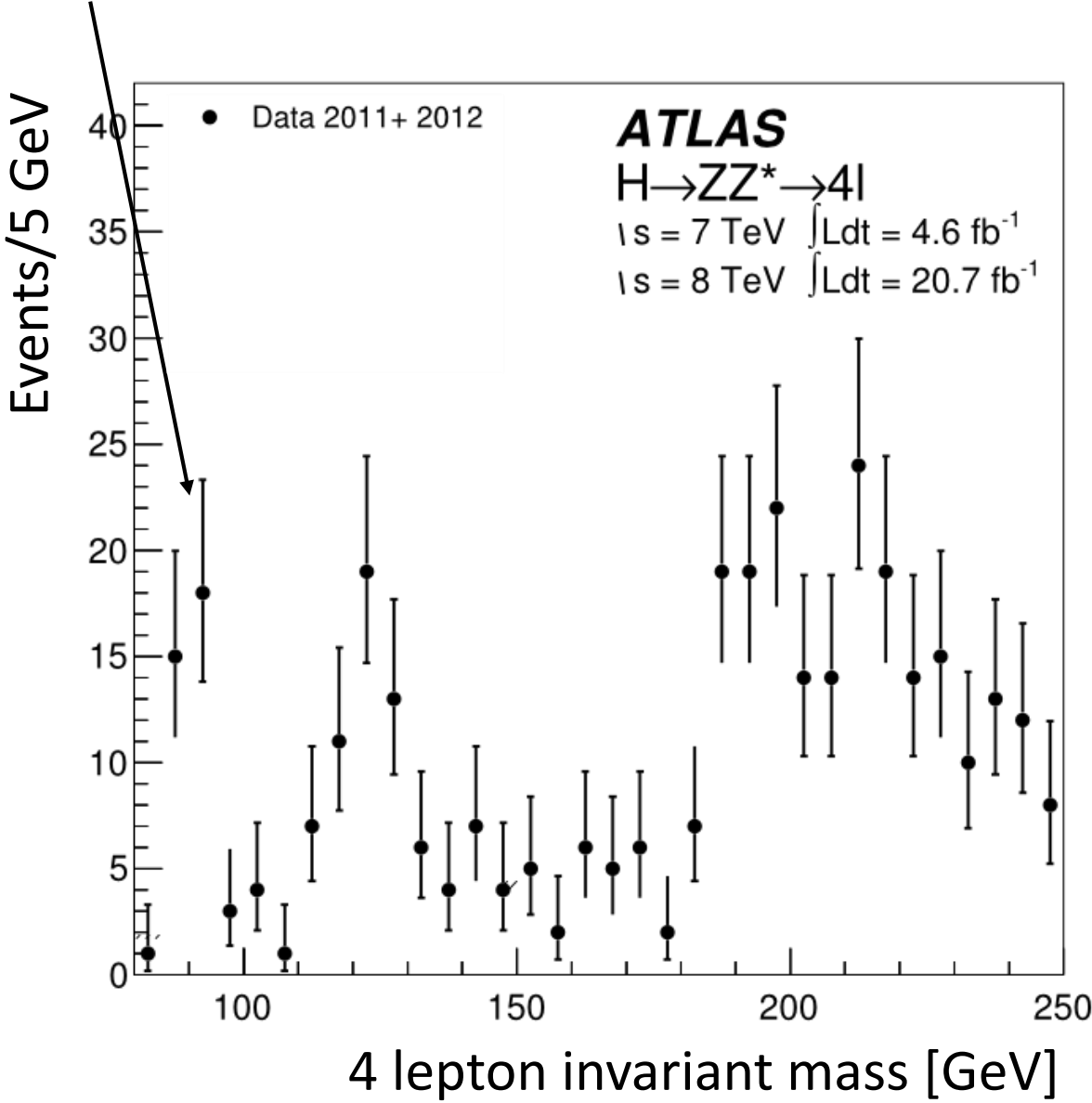


# Analisi dati ad LHC

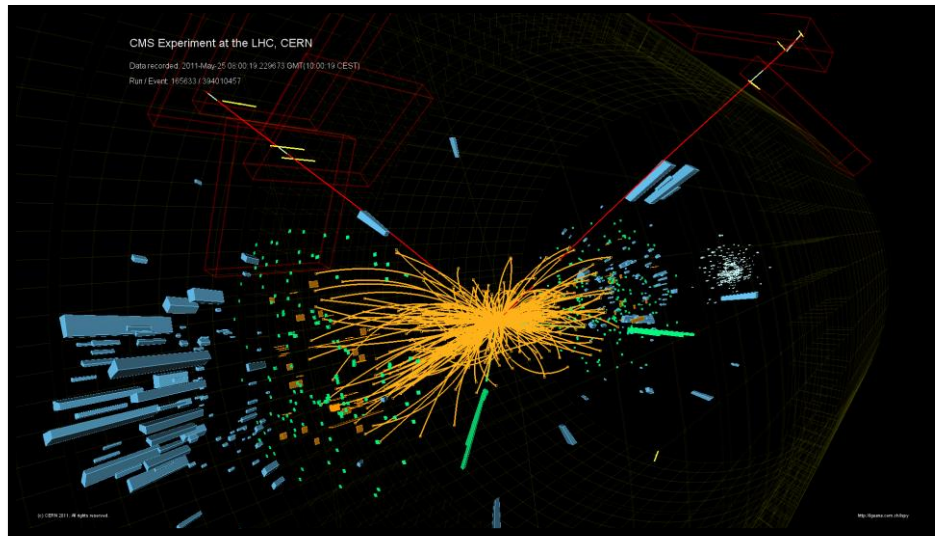
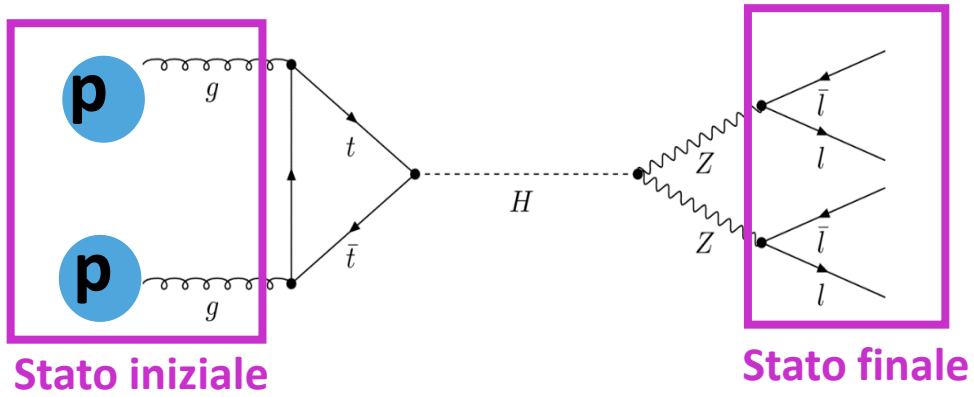


$$M = \sqrt{(E_1 + E_2 + E_3 + E_4)^2 - (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \vec{p}_4)^2}$$

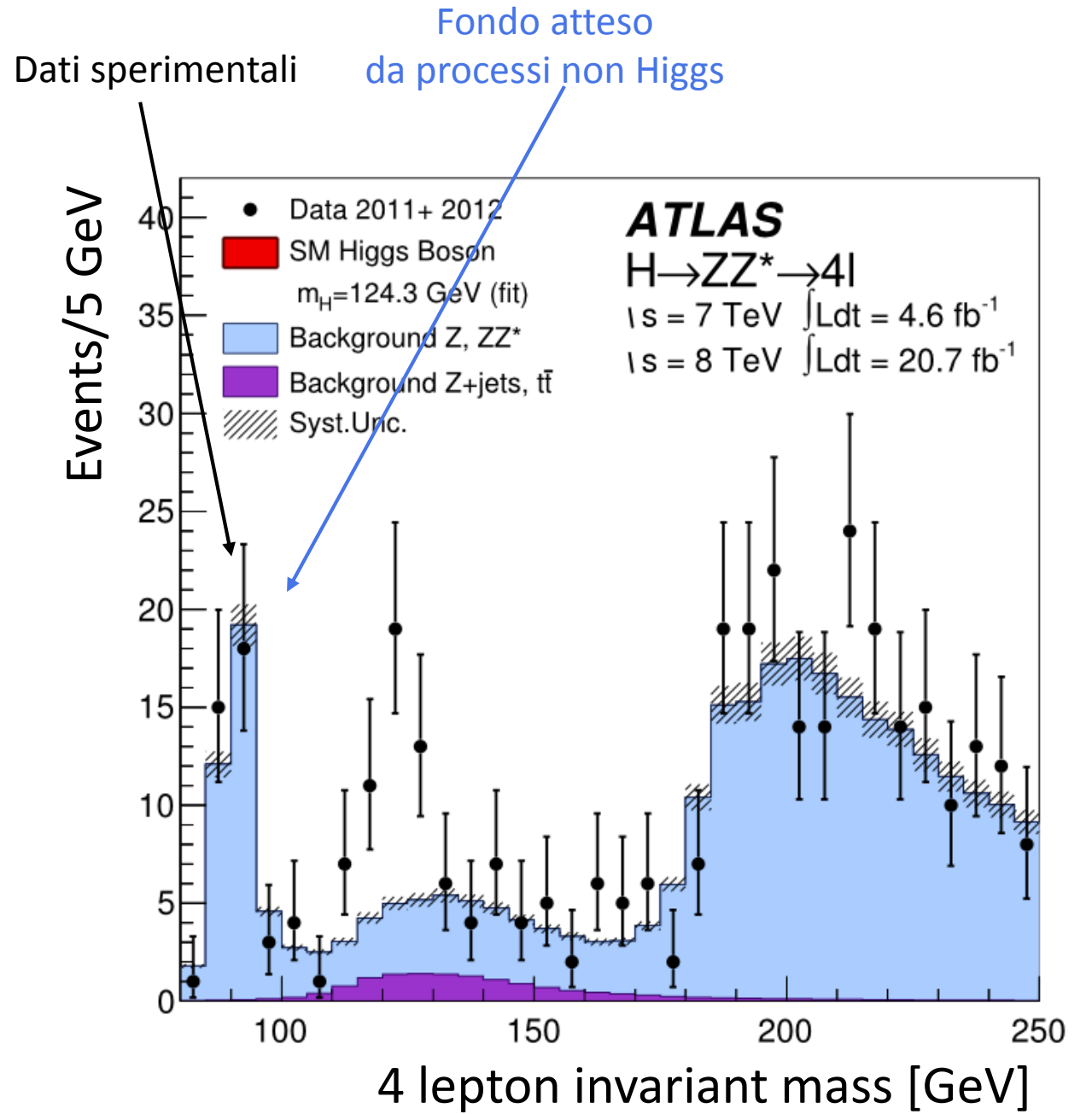
Dati sperimentali



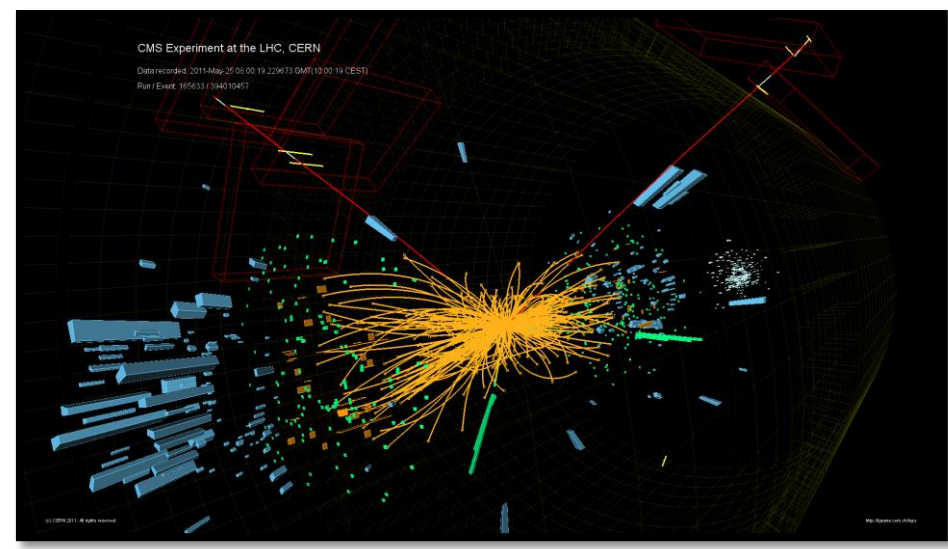
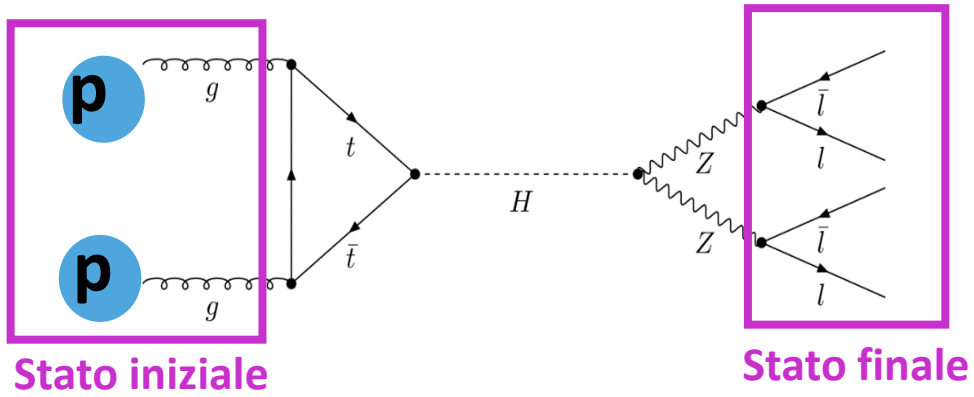
# Analisi dati ad LHC



$$M = \sqrt{(E_1 + E_2 + E_3 + E_4)^2 - (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \vec{p}_4)^2}$$

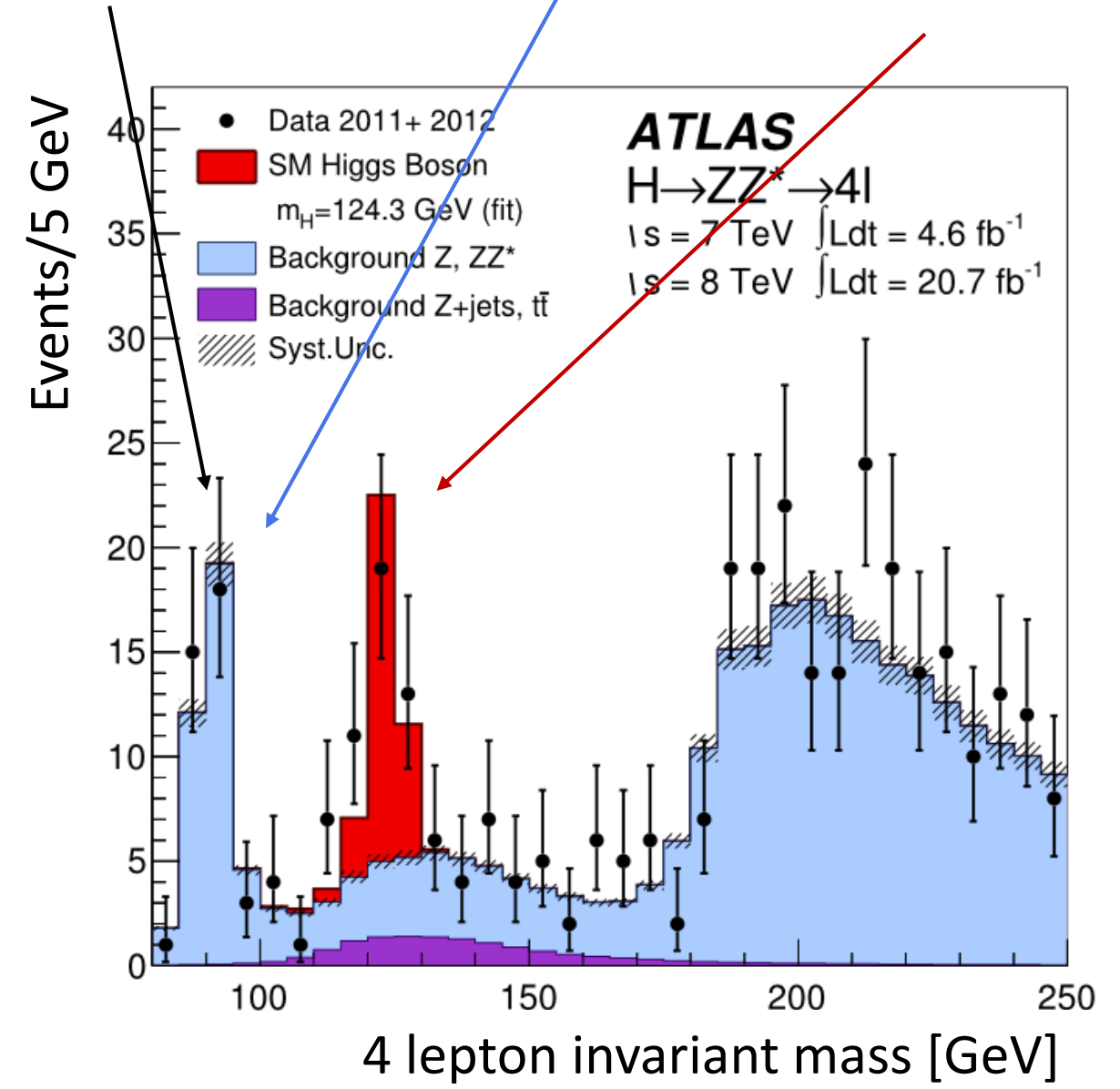


# Analisi dati ad LHC



$$M = \sqrt{(E_1 + E_2 + E_3 + E_4)^2 - (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \vec{p}_4)^2}$$

Dati sperimentali      Fondo atteso da processi non Higgs      Segnale atteso in caso di esistenza dell'Higgs





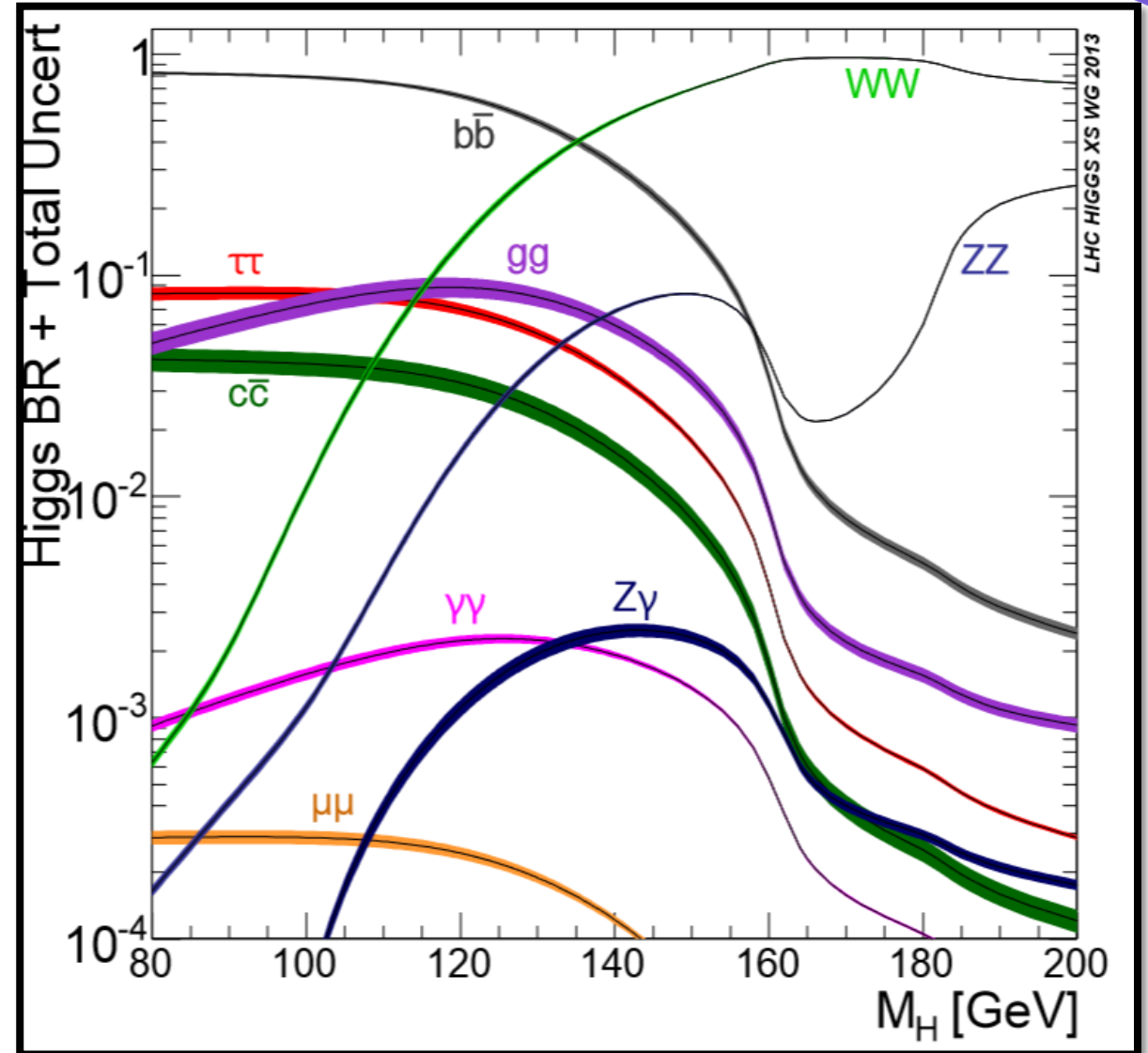
# Aspetti fenomenologici

Fondamentale per l'analisi è la conoscenza del modello teorico

Tra le attività del gruppo ATLAS Pavia lo studio delle sezioni d'urto di produzione e dei branching ratio di decadimento del bosone di Higgs in ambito Standard Model

## Simulazione del rivelatore

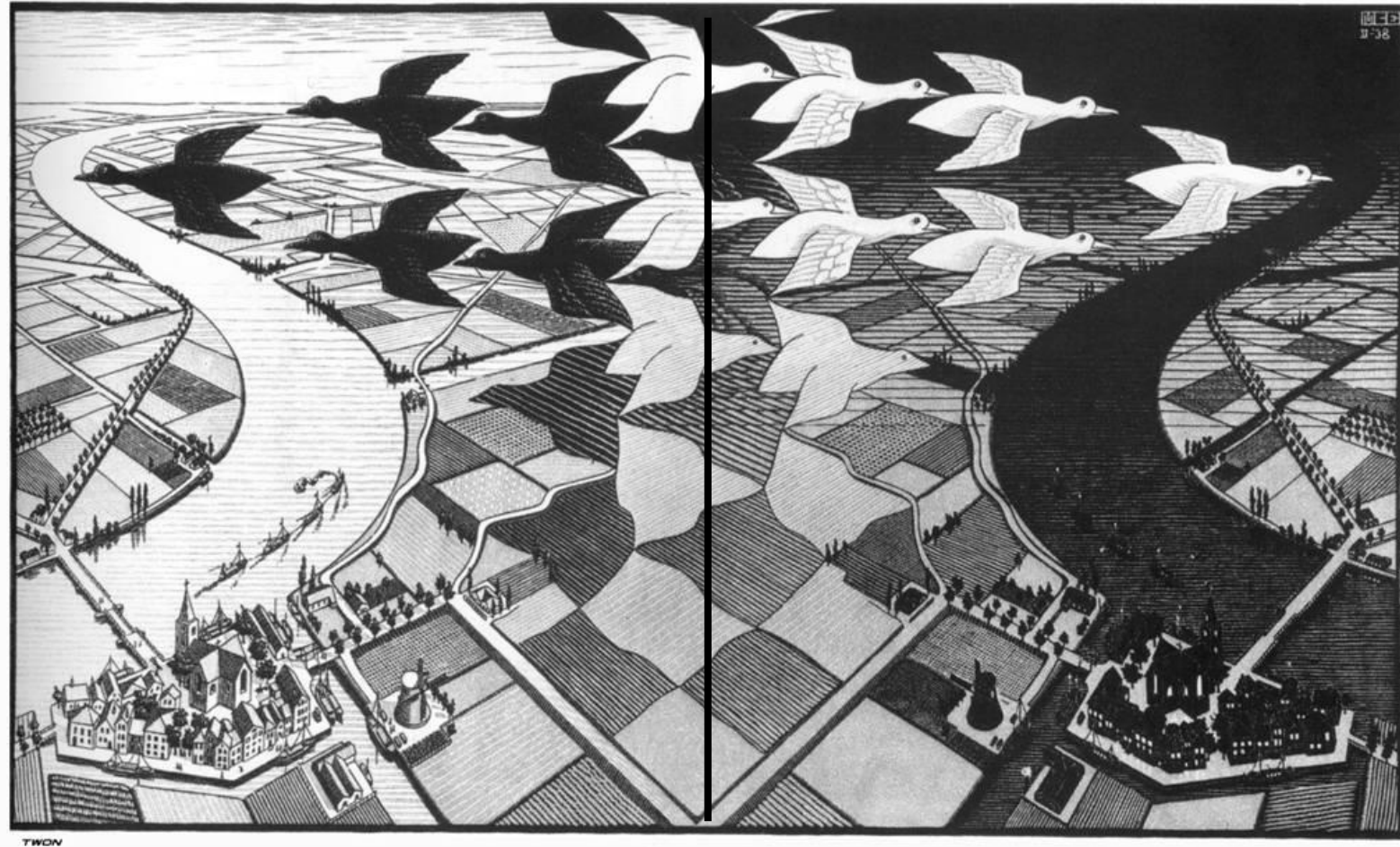
Tracciamento e simulazione dell'energia depositata dalle particelle prodotte nell'interazione p-p all'interno di tutti i rivelatori che costituiscono l'apparato



# Analisi dati - Supersimmetria

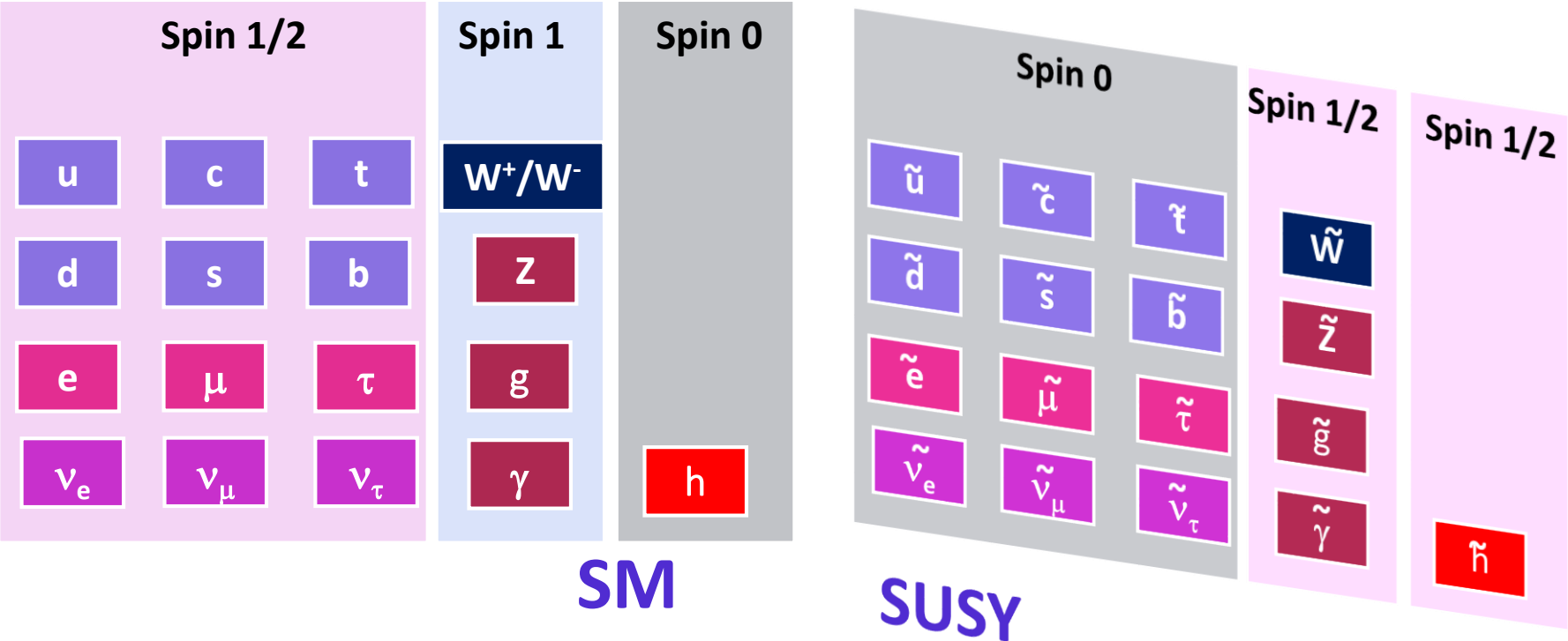
*Fermioni*

*Bosoni*



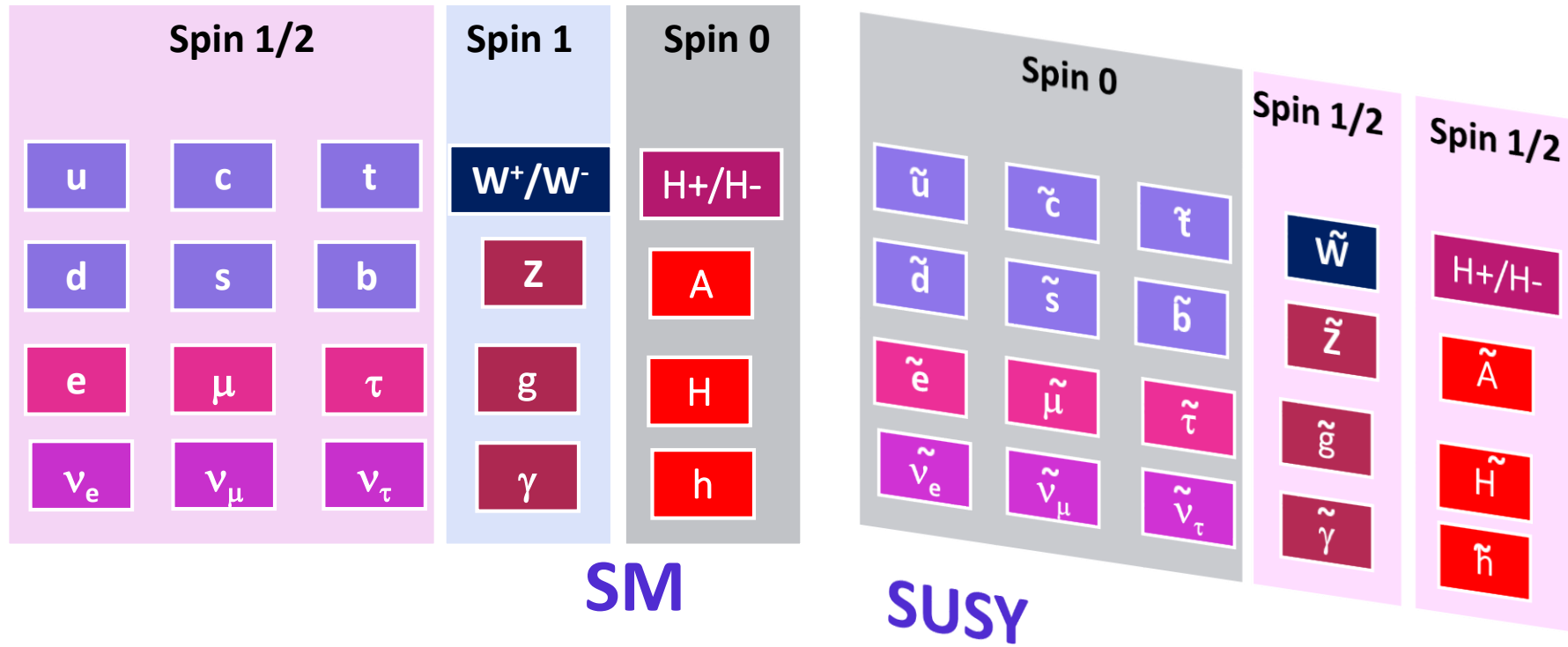


# Analisi dati - Supersimmetria



[ATLAS]  
 Ricerca di stop  
 in canali a 2 leptoni

# Analisi dati - Supersimmetria



[ATLAS]  
Ricerca di stop  
in canali a 2 leptoni

[CMS]  
Ricerca di Higgs carico



# Un ampio spettro di attività ...



**ATLAS**



[Daniela.Rebuzzi@unipv.it](mailto:Daniela.Rebuzzi@unipv.it)

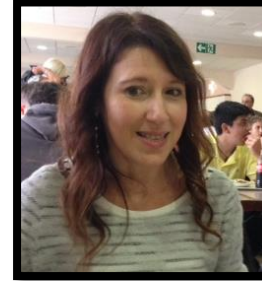


[Andrea.Negri@unipv.it](mailto:Andrea.Negri@unipv.it)



[Paolo.Dondero@pv.infn.it](mailto:Paolo.Dondero@pv.infn.it)

# Contatti



[Cristina.riccardi@unipv.it](mailto:Cristina.riccardi@unipv.it)



[Paolo.Vitulo@unipv.it](mailto:Paolo.Vitulo@unipv.it)



[Alice.Magnani@pv.infn.it](mailto:Alice.Magnani@pv.infn.it)



[Ilaria.Vai@pv.infn.it](mailto:Ilaria.Vai@pv.infn.it)

**CMS**



# Fare ricerca ad LHC

Forte collaborazione internazionale

Momento cruciale per gli esperimenti

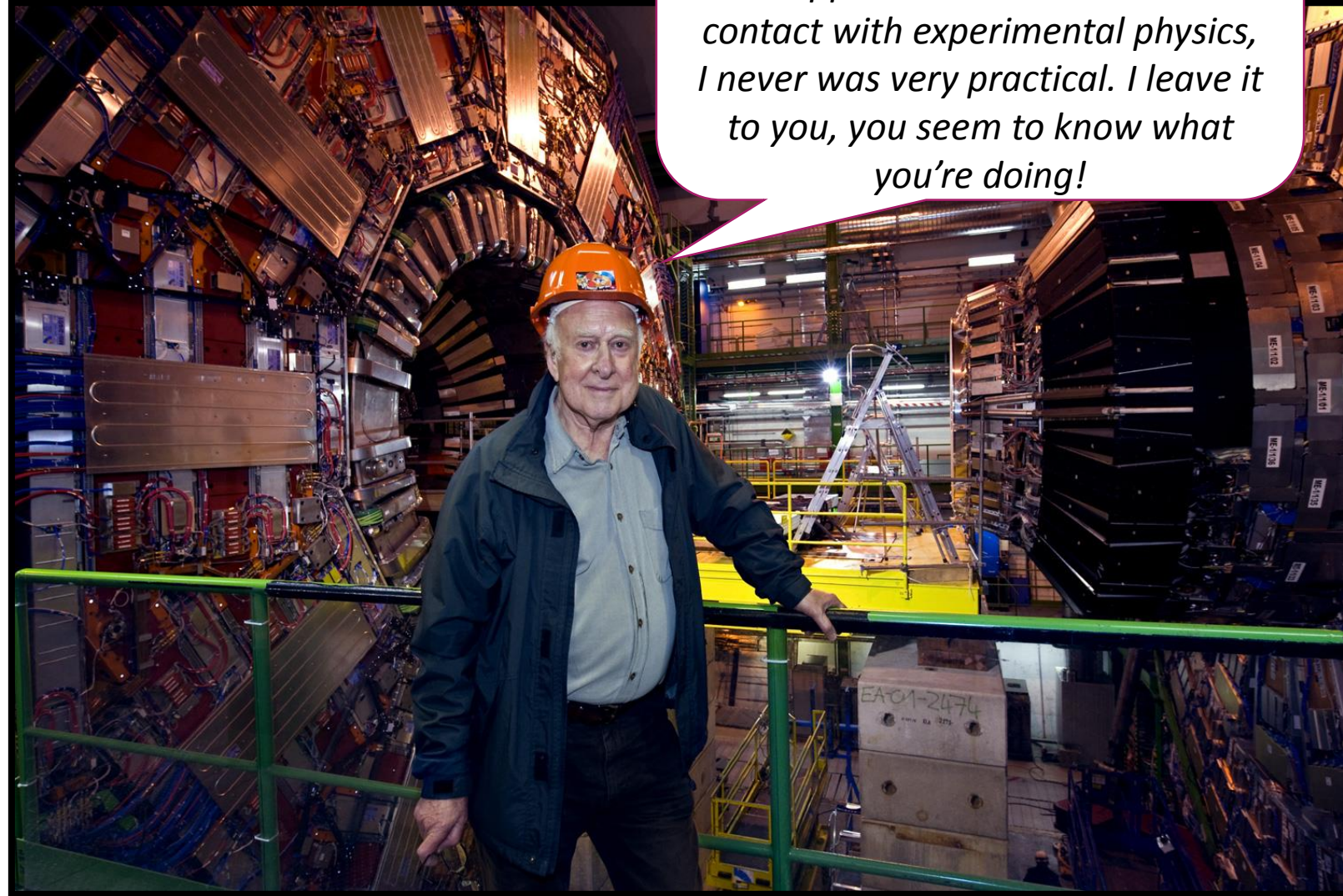
- R&D rivelatori per l'upgrade
- Analisi dati

Acquisizione di competenze spendibili non solo ad LHC.

*A Pavia ad esempio*

- *Applicazioni biomedicali (talk Tamborini)*
- *Monitoraggio di strutture civili con raggi cosmici Monster & Co*

[LHC online status](#)



*It's very impressive, very dramatic.  
I'd seen pictures of course, but they  
can't compare.*

*I suppose I don't have much  
contact with experimental physics,  
I never was very practical. I leave it  
to you, you seem to know what  
you're doing!*

# BEAM SETUP: ADJUST

Energy:

6500 GeV

I(B1):

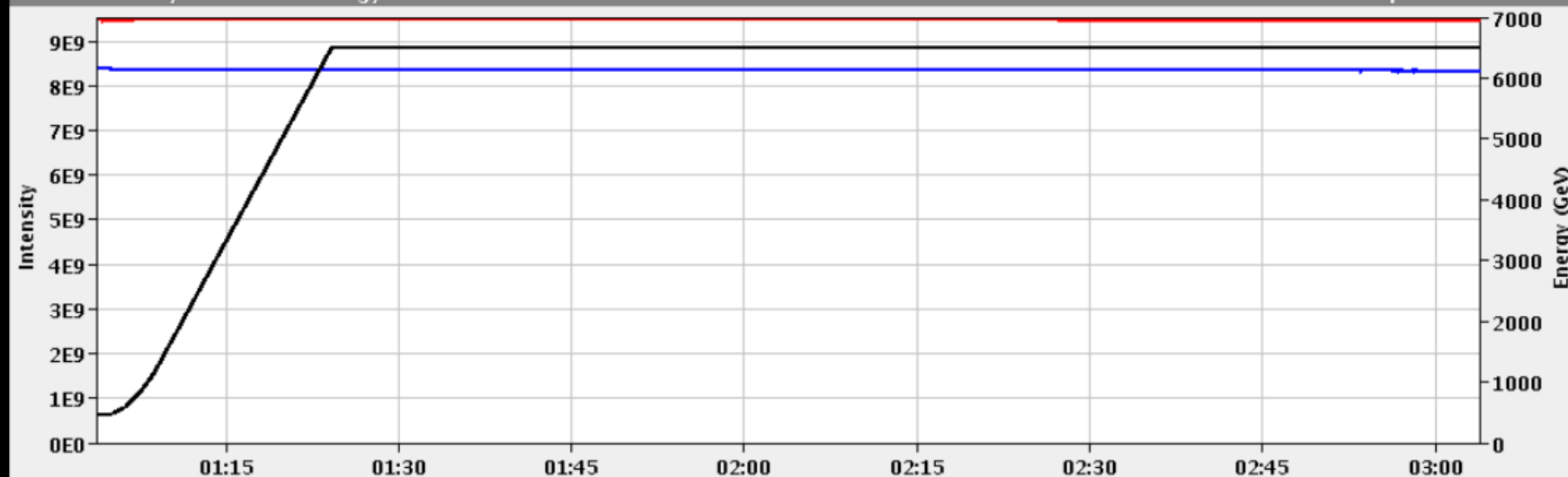
1.01e+10

I(B2):

9.27e+09

FBCT Intensity and Beam Energy

Updated: 03:03:50



## BIS status and SMP flags

B1

B2

Comments (18-May-2015 02:42:44)

un-squeezed: IP1/2/5 @ 19m, IP8 @ 24m

NEXT: optics measurements after desqueeze

Link Status of Beam Permits

false

false

Global Beam Permit

true

true

Setup Beam

true

true

Beam Presence

true

true

Moveable Devices Allowed In

false

false

Stable Beams

false

false

AFS: alternating R1 R2 pilot

PM Status B1

ENABLED

PM Status B2

ENABLED