

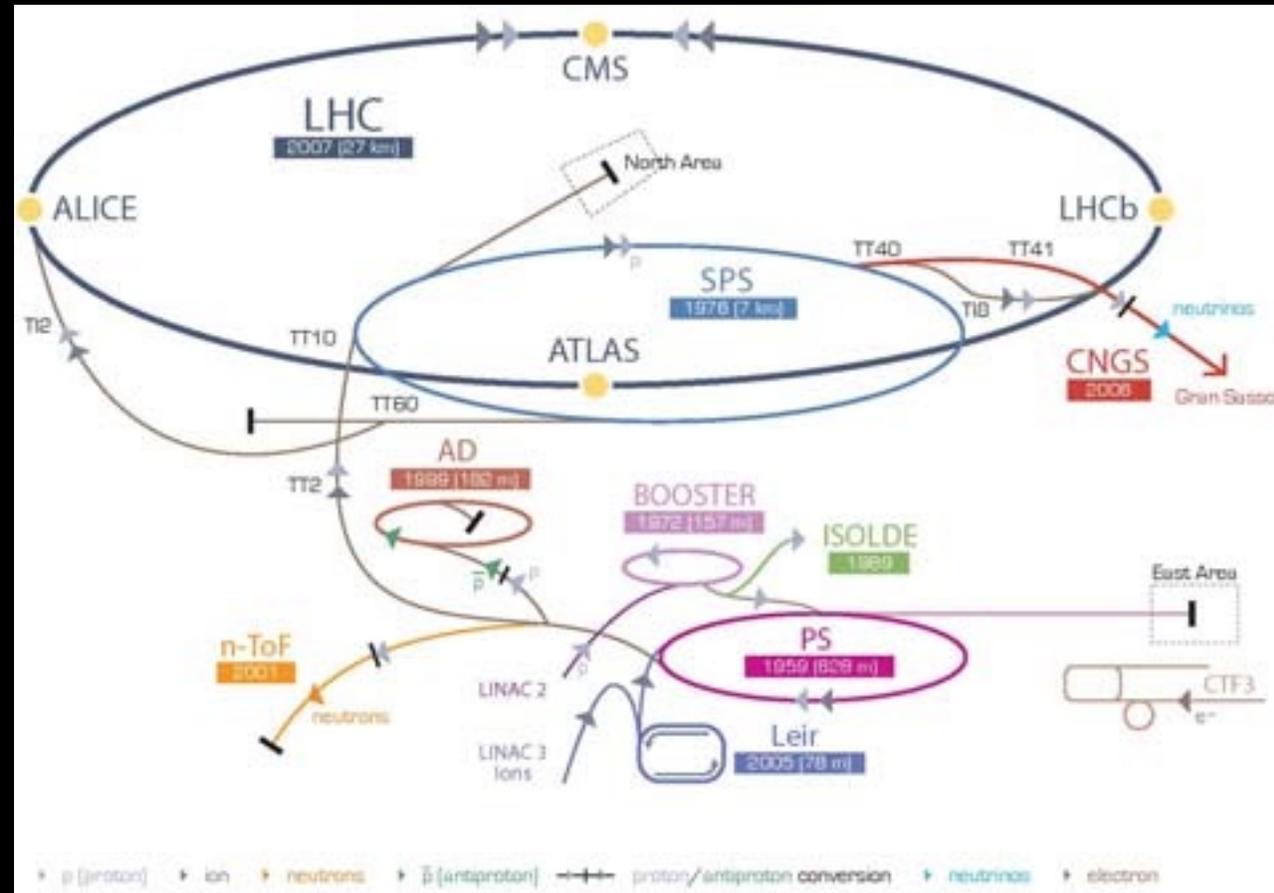


# L'esperimento CMS ad LHC

Valentina Mariani  
([valentina.mariani@cern.ch](mailto:valentina.mariani@cern.ch))



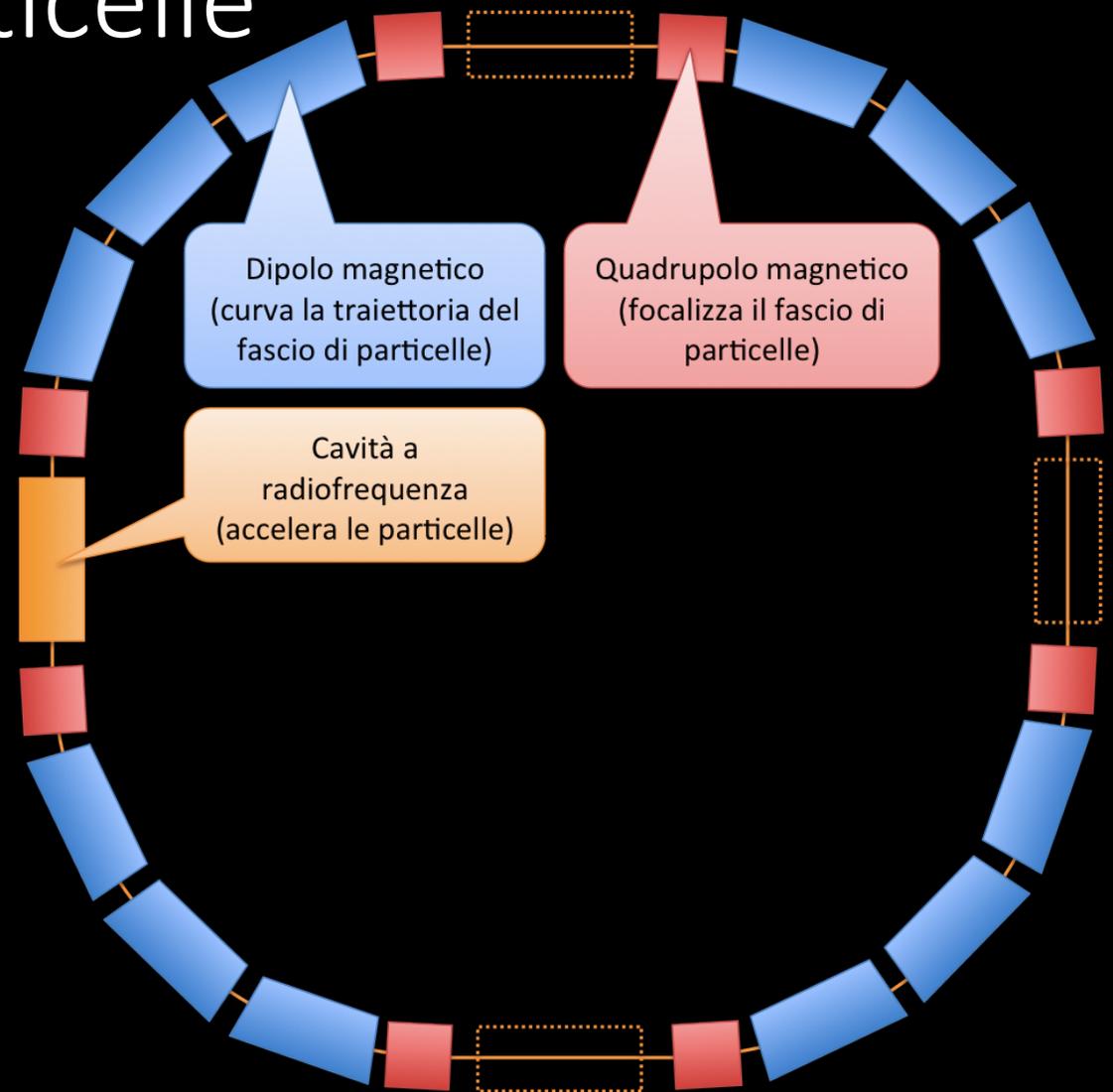
# Large Hadron Collider



# Accelerazione delle particelle

Lungo l'anello di LHC troviamo:

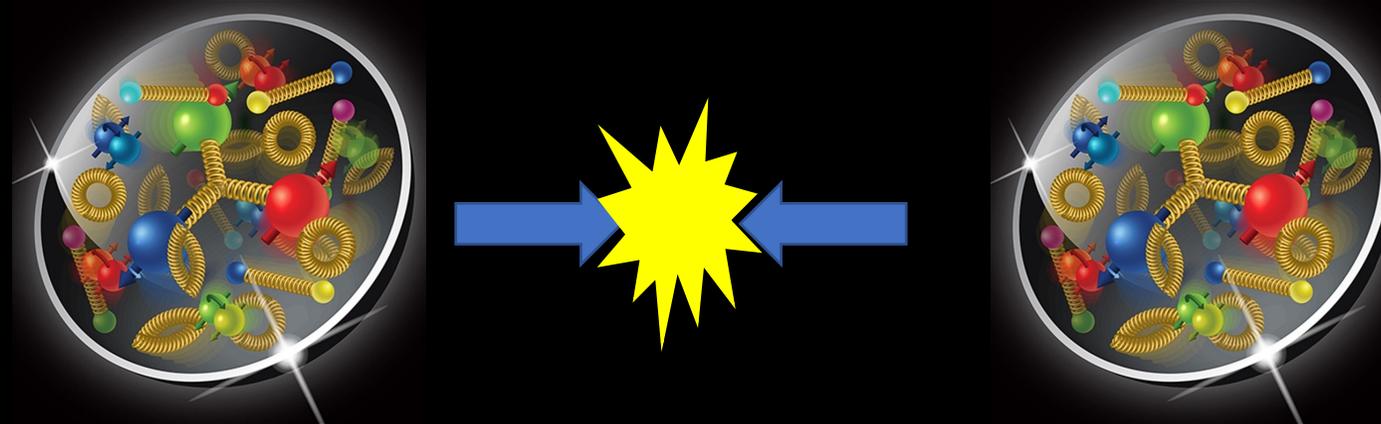
- **Camere a radiofrequenza** per accelerare le particelle
- **Dipoli Magnetici** per curvare la traiettoria delle particelle
- **Quadropoli magnetici** per focalizzare il fascio



# Cosa si accelera ad LHC?

## Protoni

- Particelle composite => grande potenziale di scoperta
- Non decadono => vita media  $\infty$

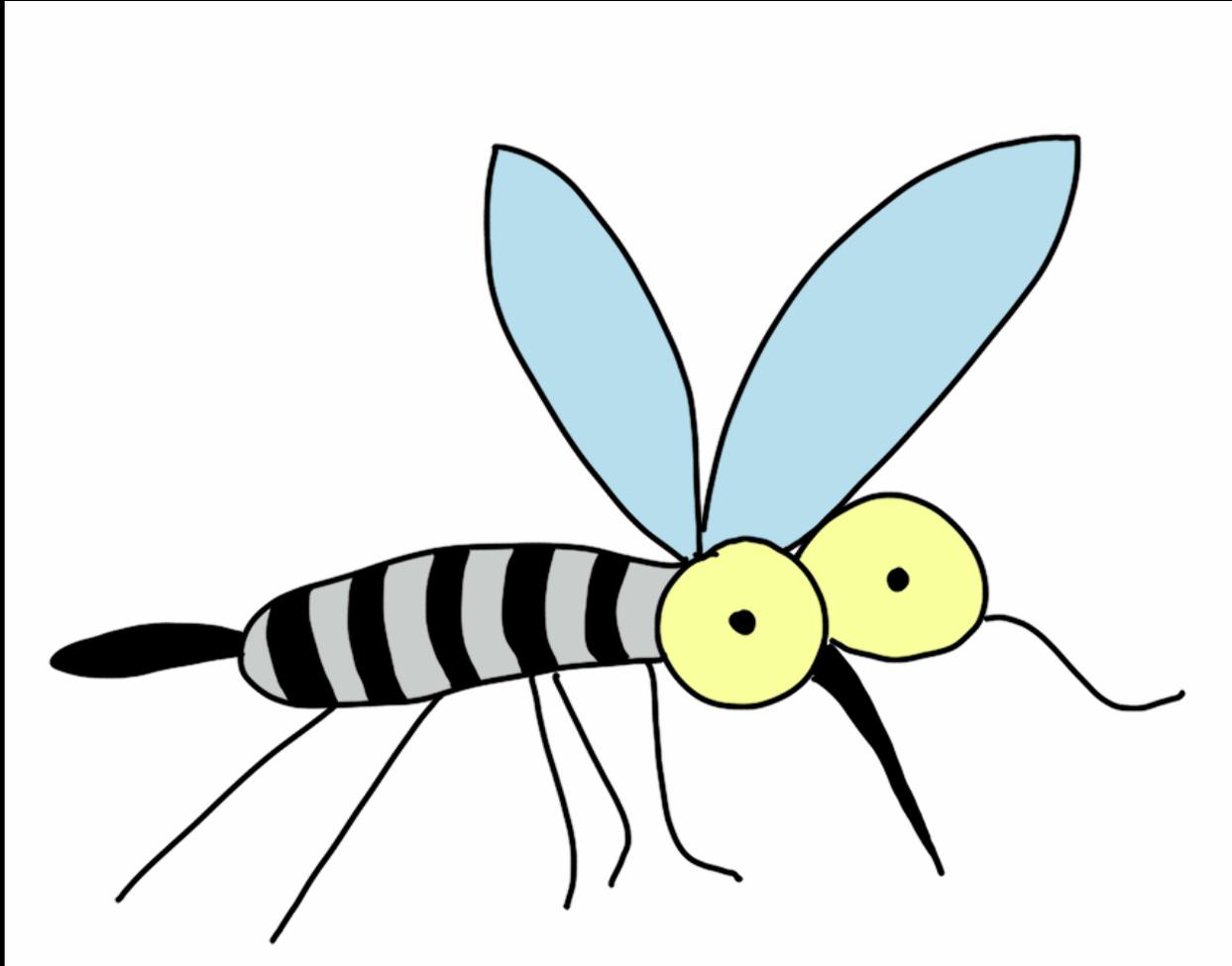


# Frontiere energetiche

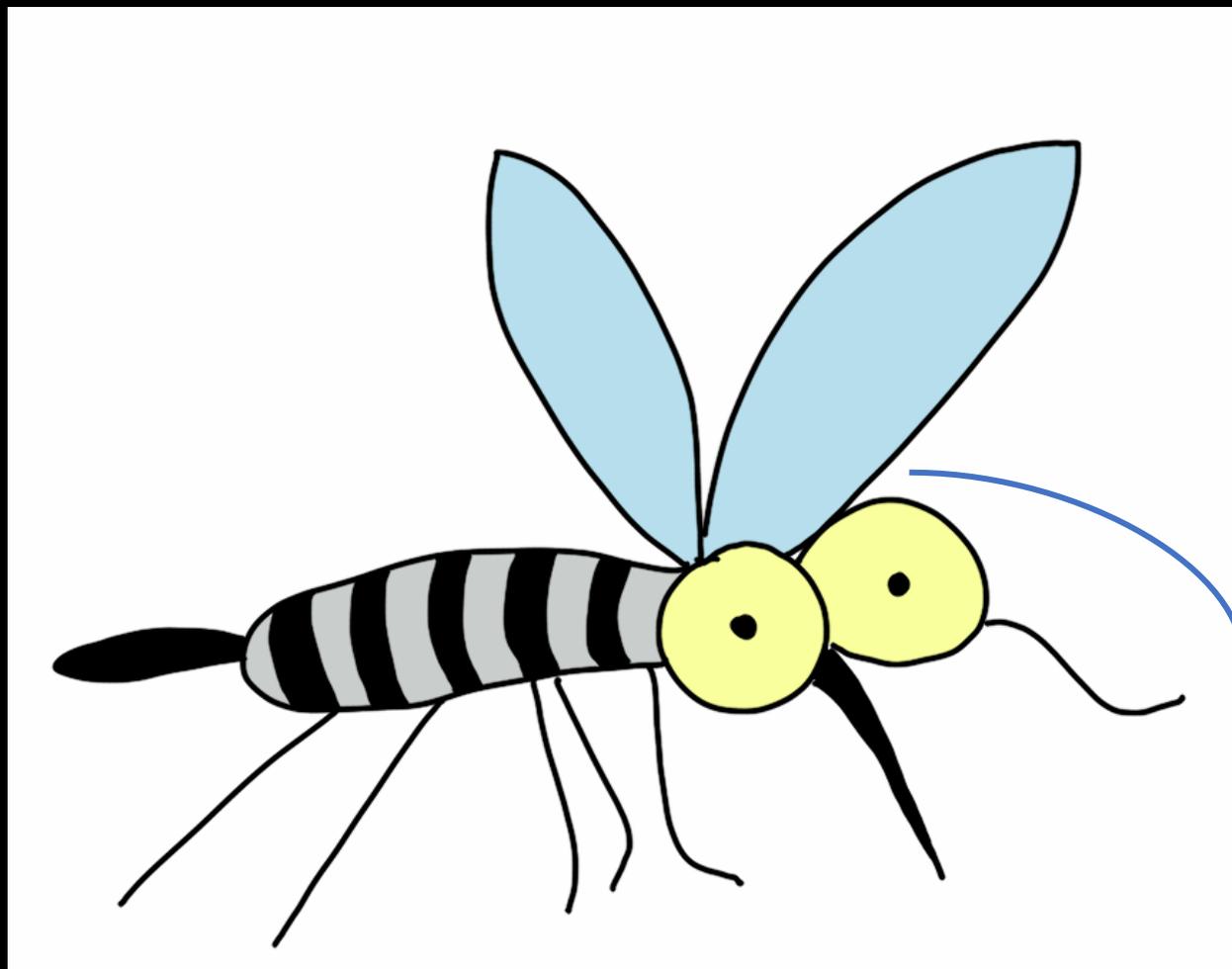
I protoni vengono accelerati fino a velocità prossime alla velocità della luce.

I fasci vengono fatti collidere tra loro quando sono “stabili” e hanno raggiunto un'energia di 6.5 TeV ciascuno => 13 TeV nel centro di massa

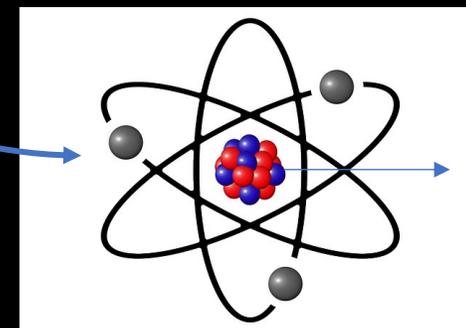
L'energia record...di una zanzara!!



L'energia record...di una zanzara!!

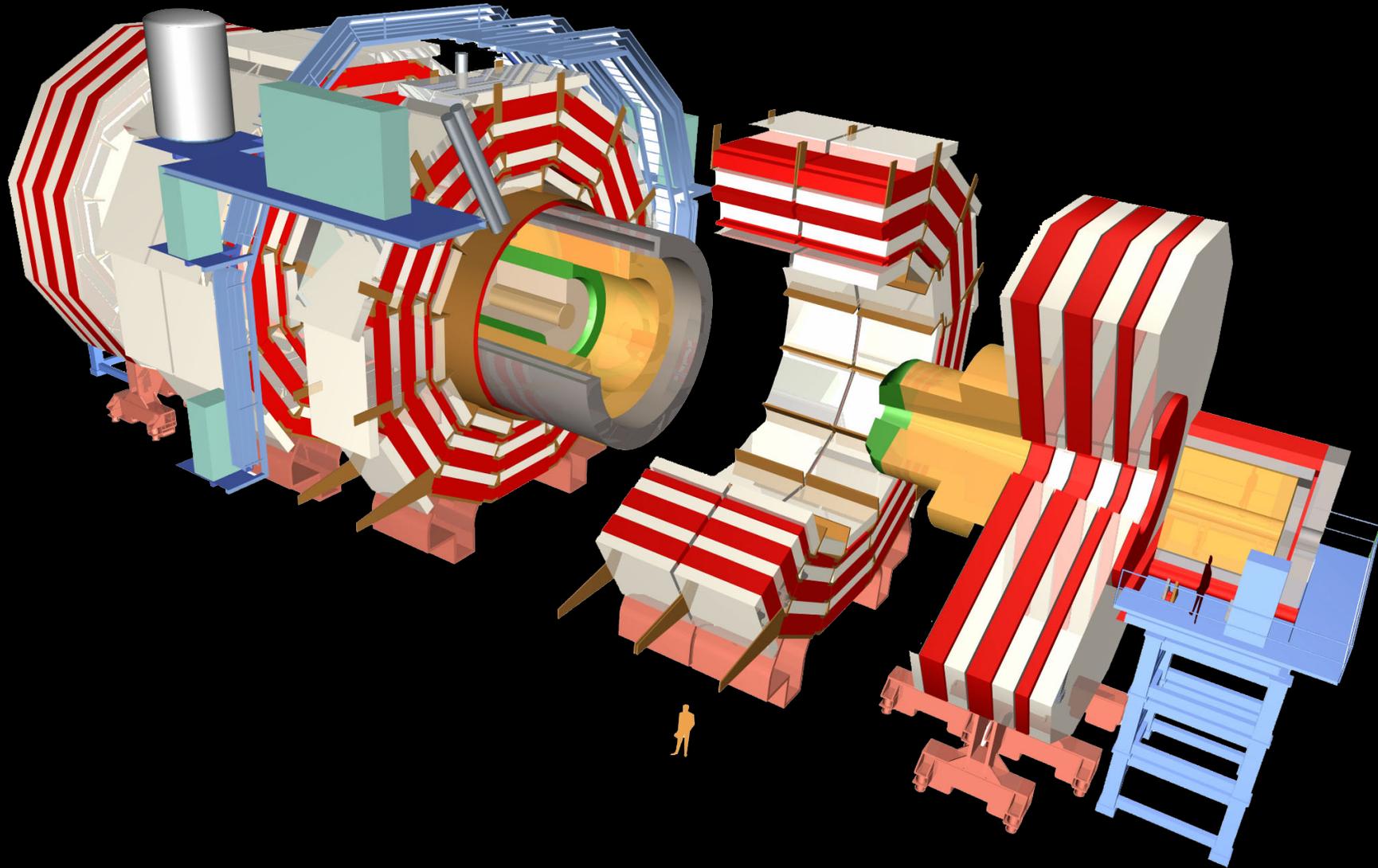


....ma condensata su un  
singolo protone!

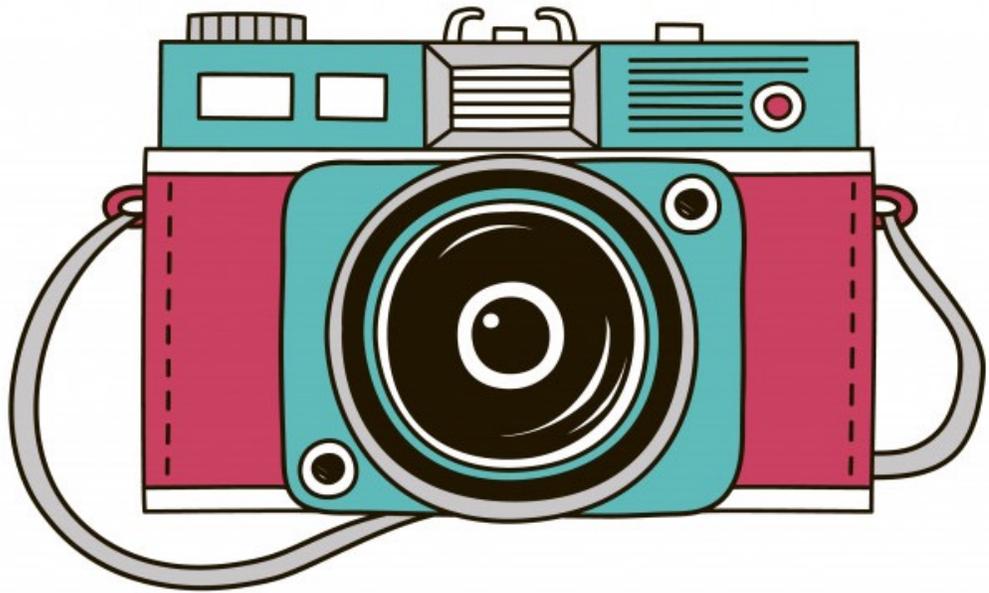


**Protone**

Dobbiamo “fotografare” queste collisioni



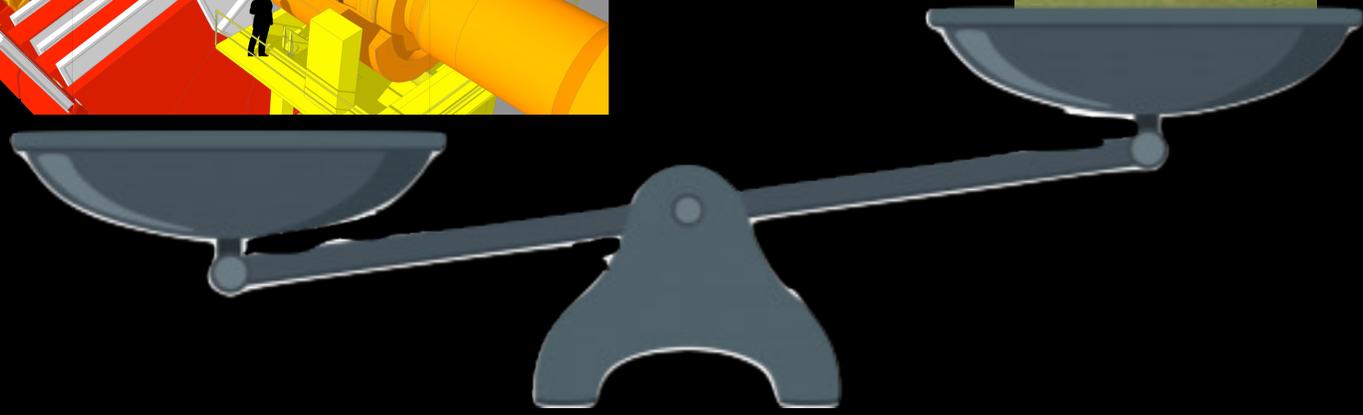
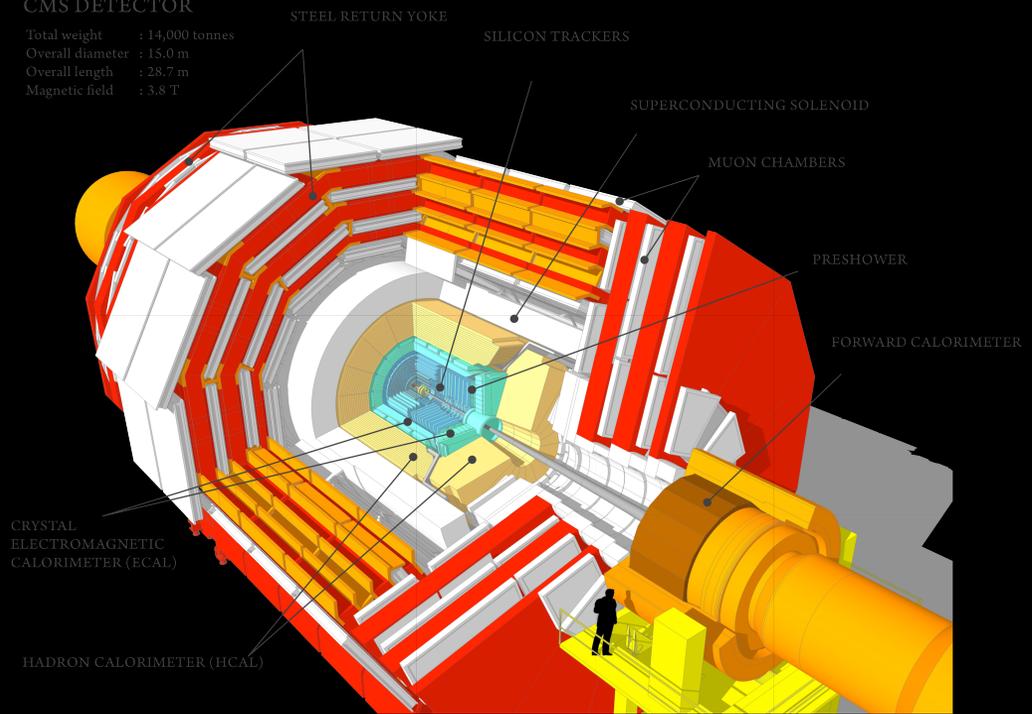
JUST SAY  
CHEESE

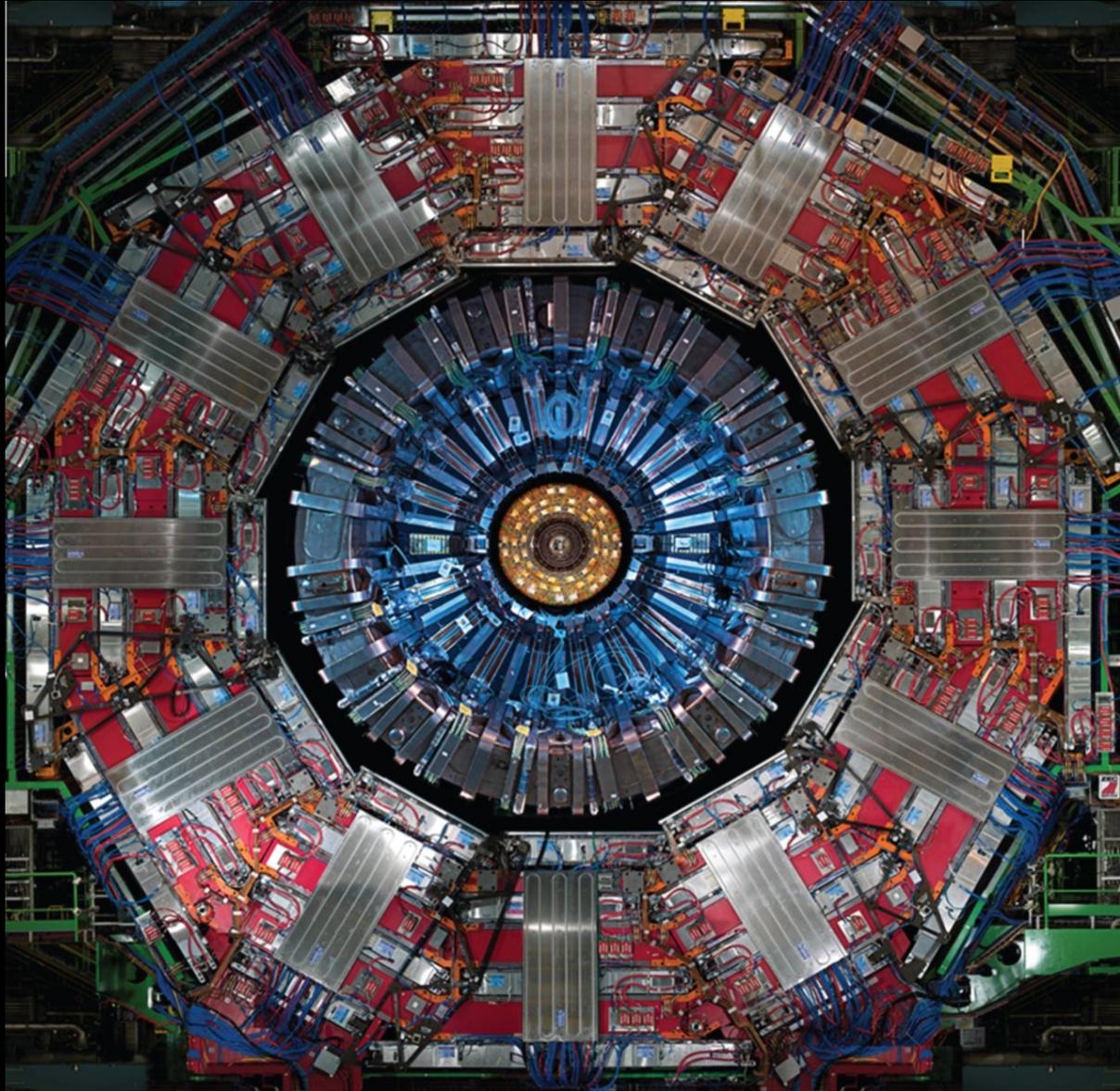


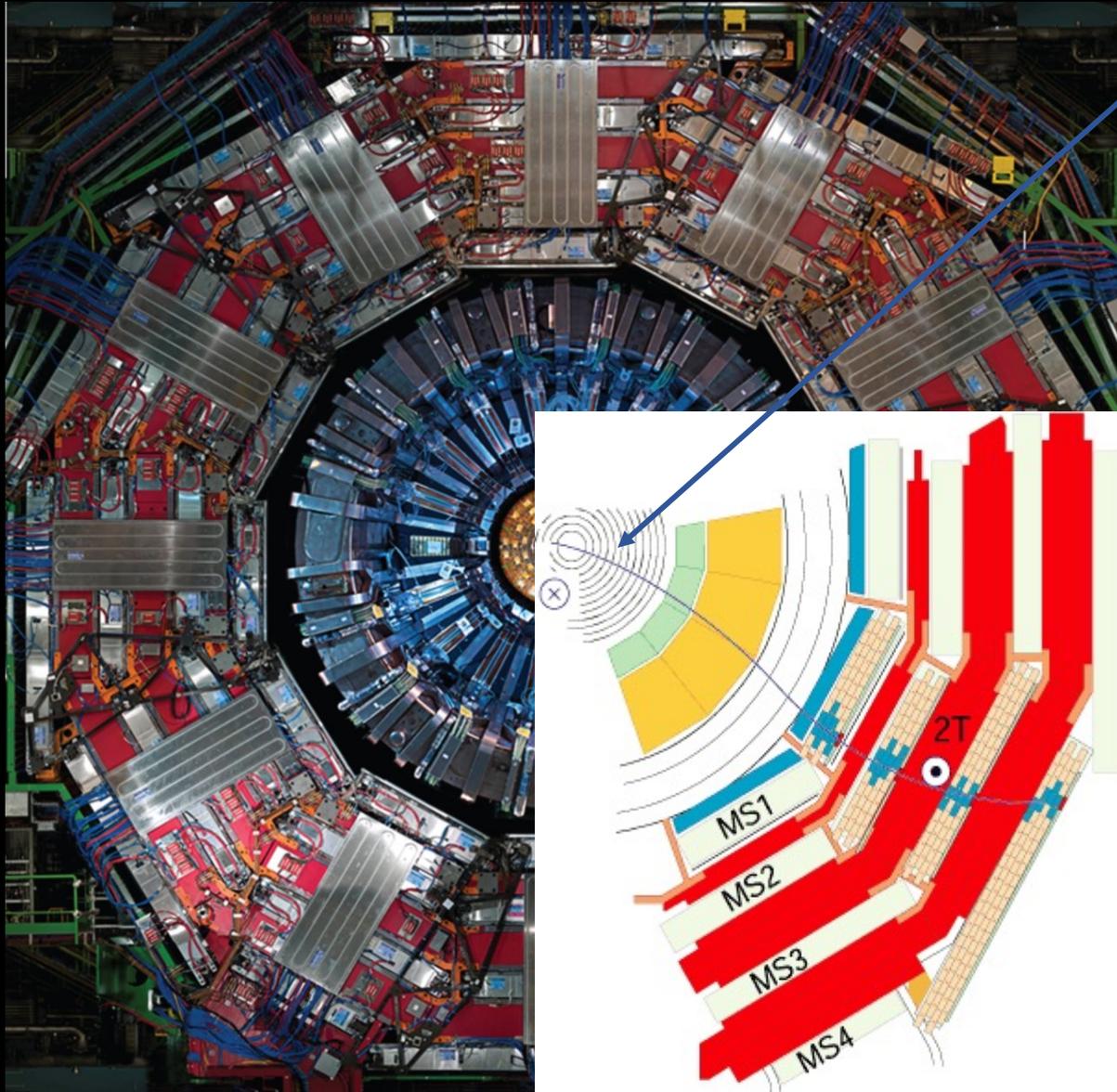
CMS “scatta” 40 milioni di foto al secondo!

### CMS DETECTOR

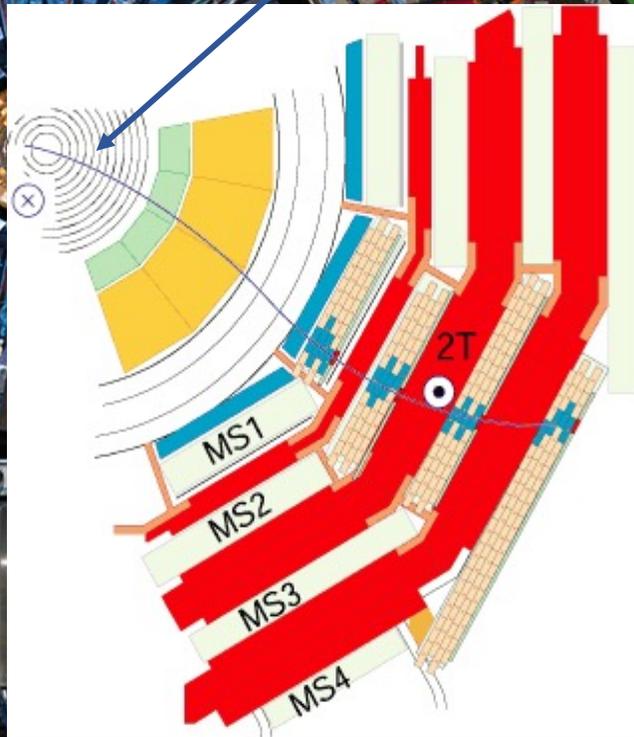
Total weight : 14,000 tonnes  
Overall diameter : 15.0 m  
Overall length : 28.7 m  
Magnetic field : 3.8 T

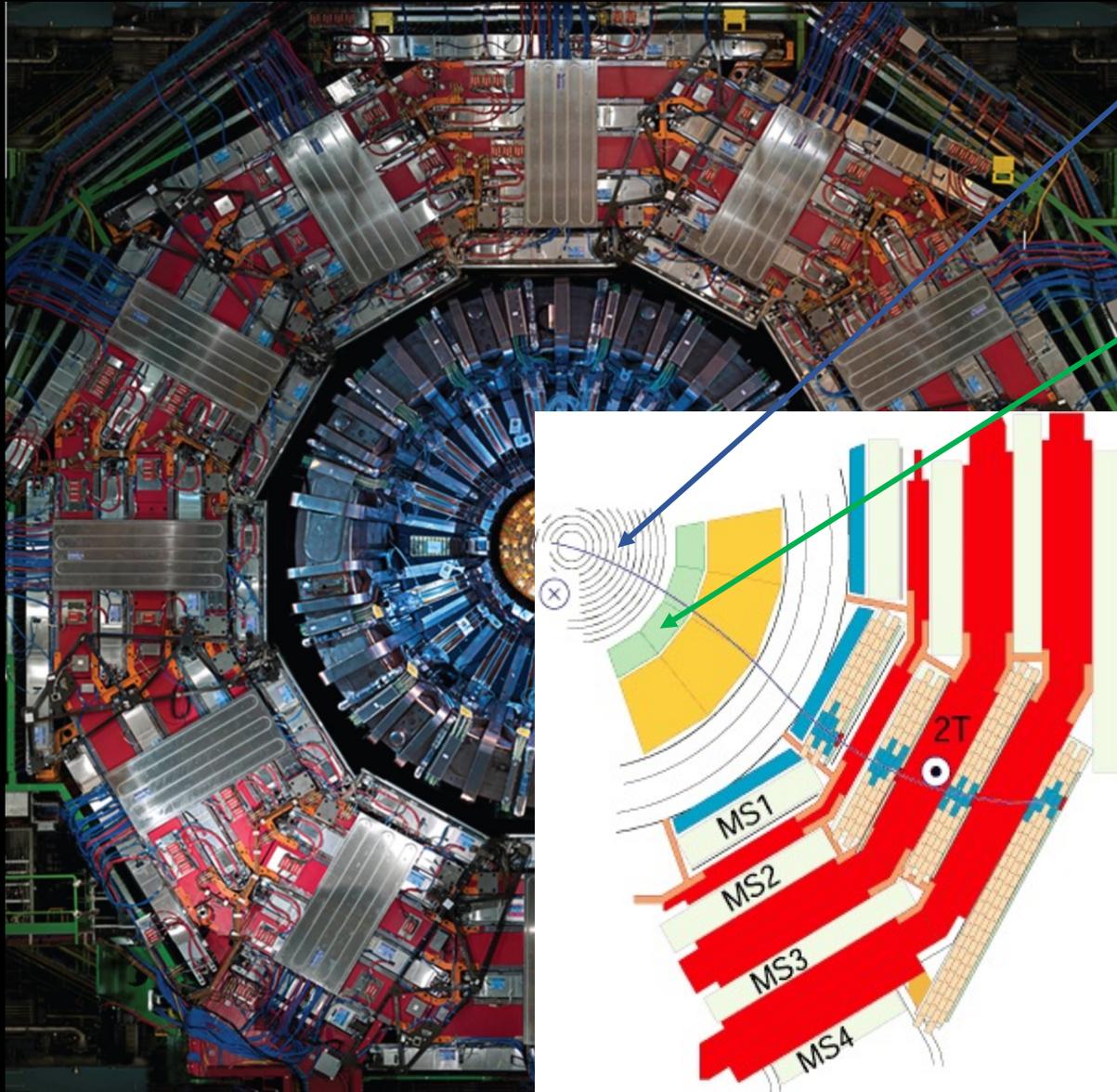






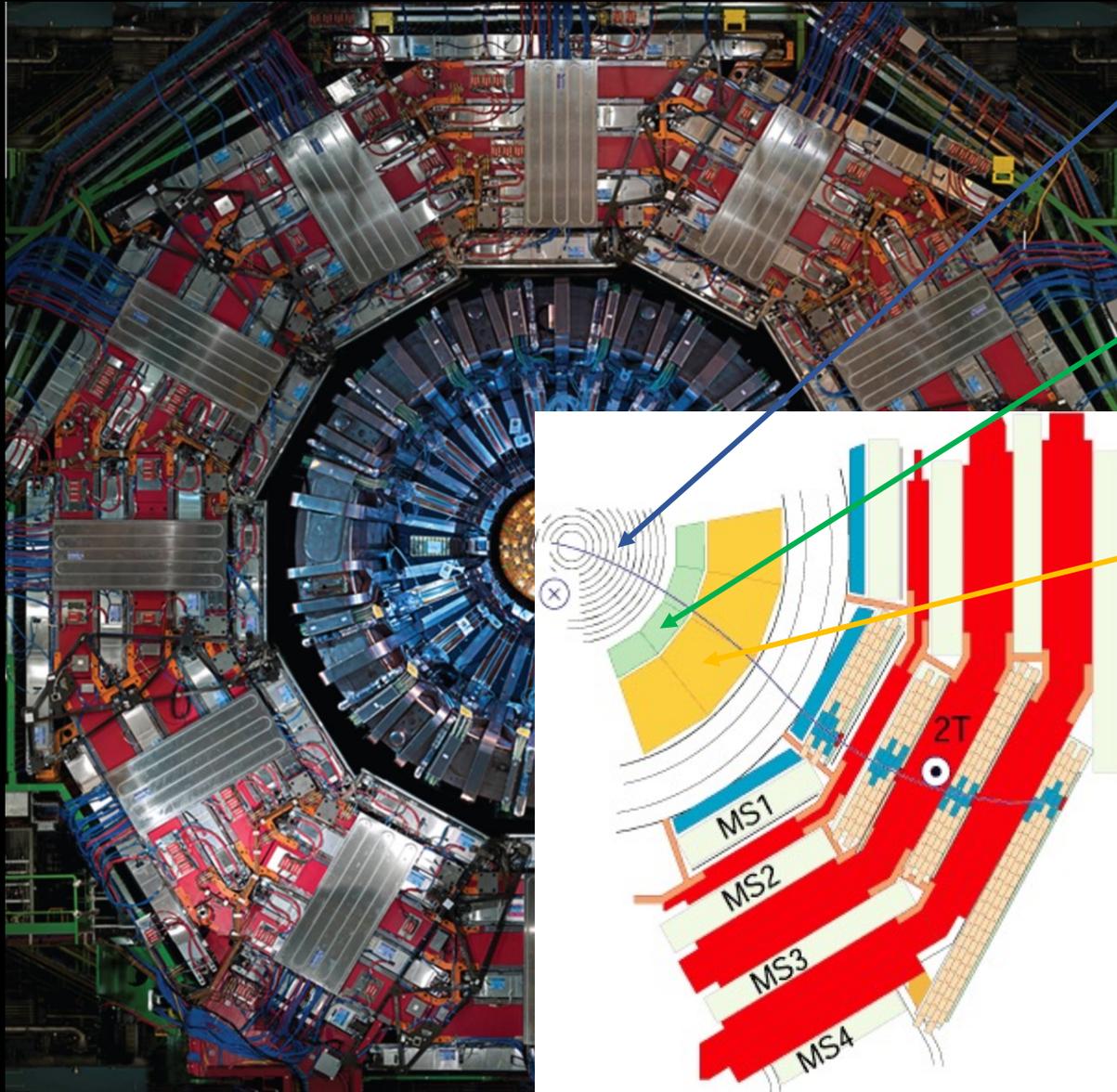
**Tracciatore:** serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.





**Tracciatore:** serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

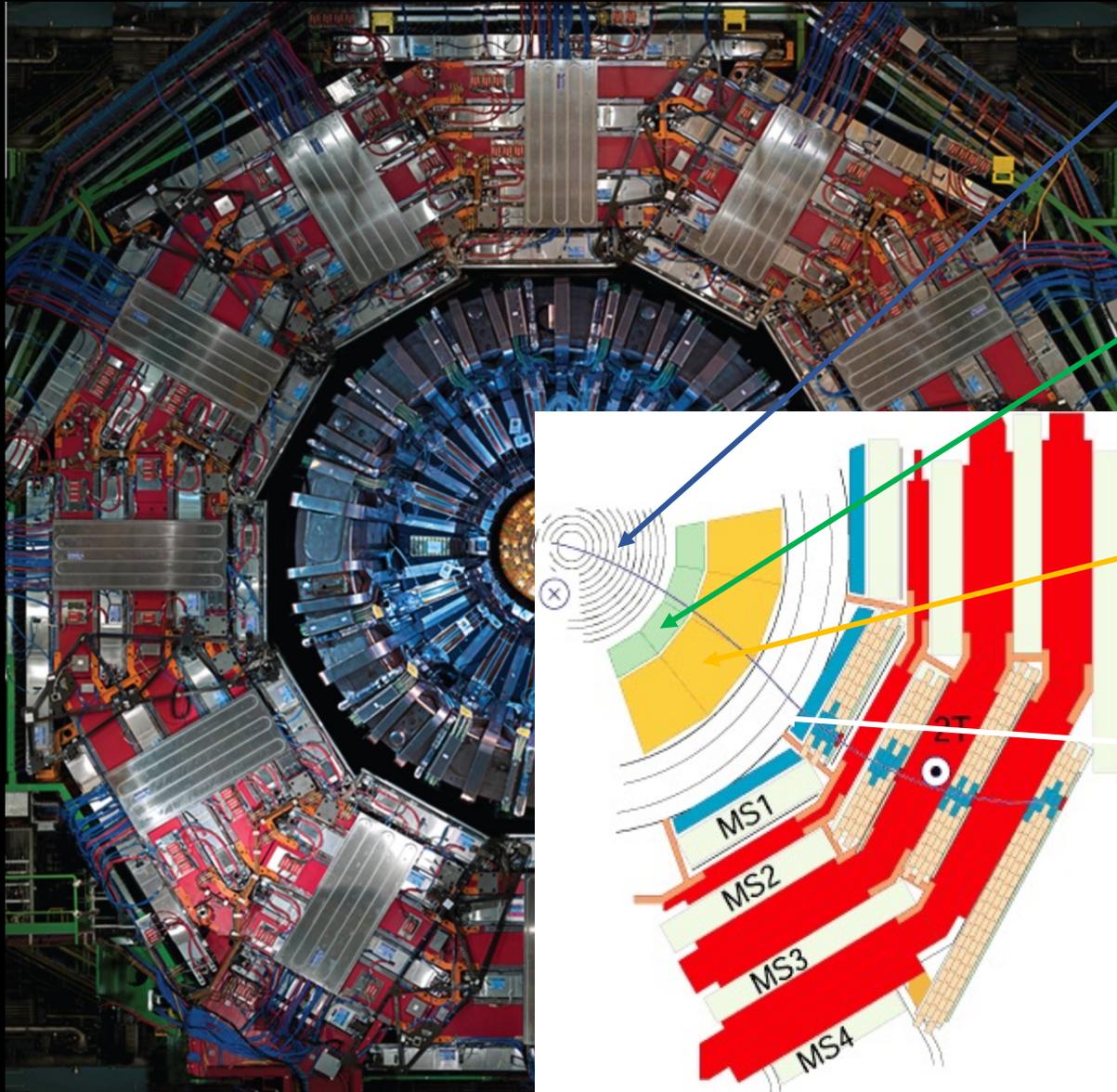
**Calorimetro elettromagnetico:** serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)



**Tracciatore:** serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

**Calorimetro elettromagnetico:** serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

**Calorimetro adronico:** serve a misurare l'energia degli adroni, sia carichi che neutri. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

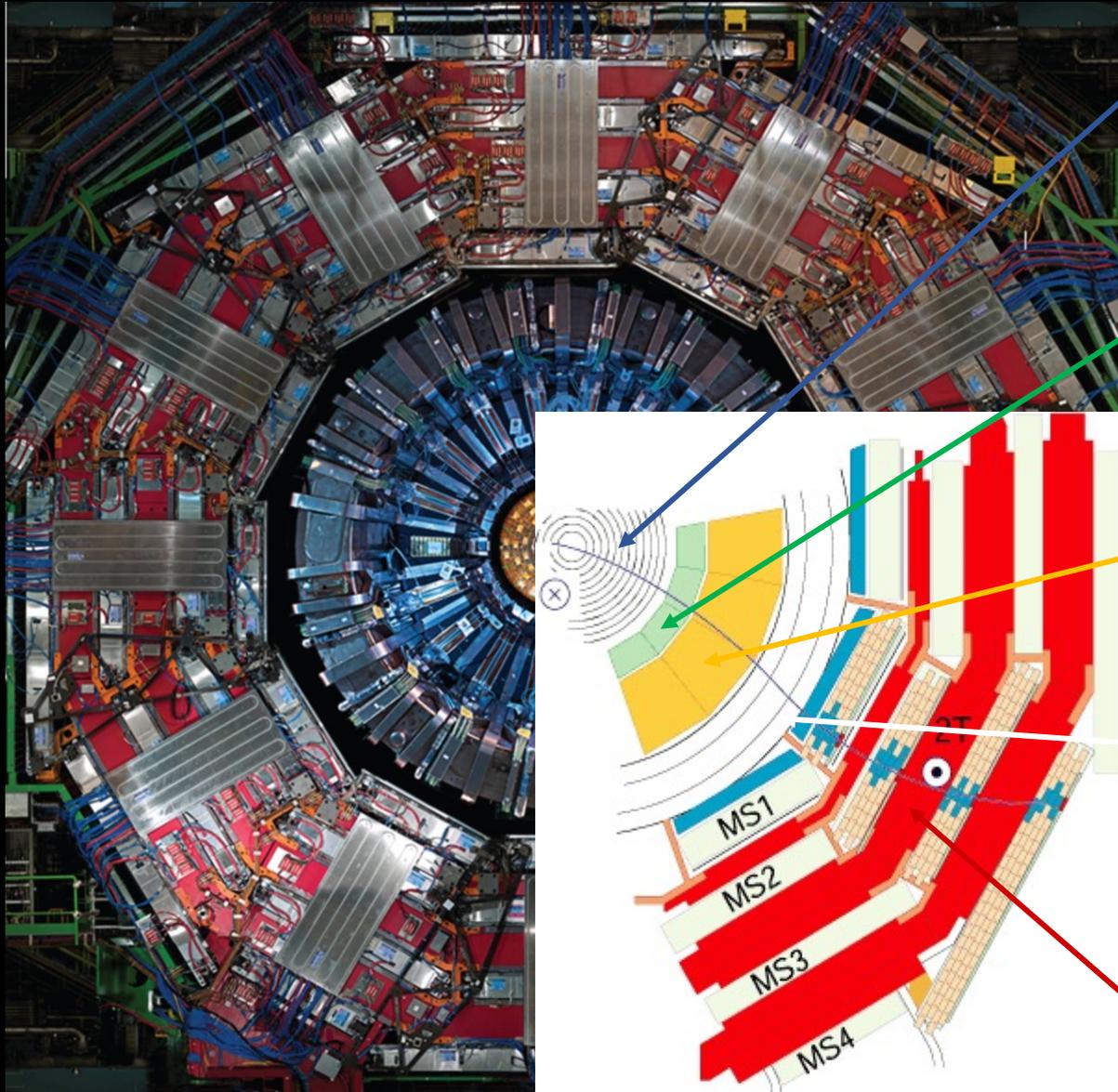


**Tracciatore:** serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

**Calorimetro elettromagnetico:** serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

**Calorimetro adronico:** serve a misurare l'energia degli adroni, sia carichi che neutri. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

**Solenioide:** genera un campo magnetico che serve a curvare le particelle cariche.



**Tracciatore:** serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

**Calorimetro elettromagnetico:** serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

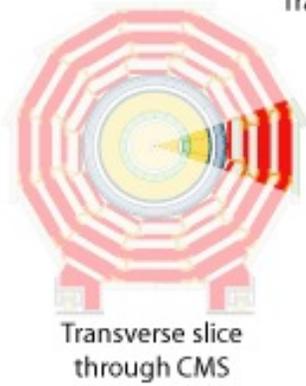
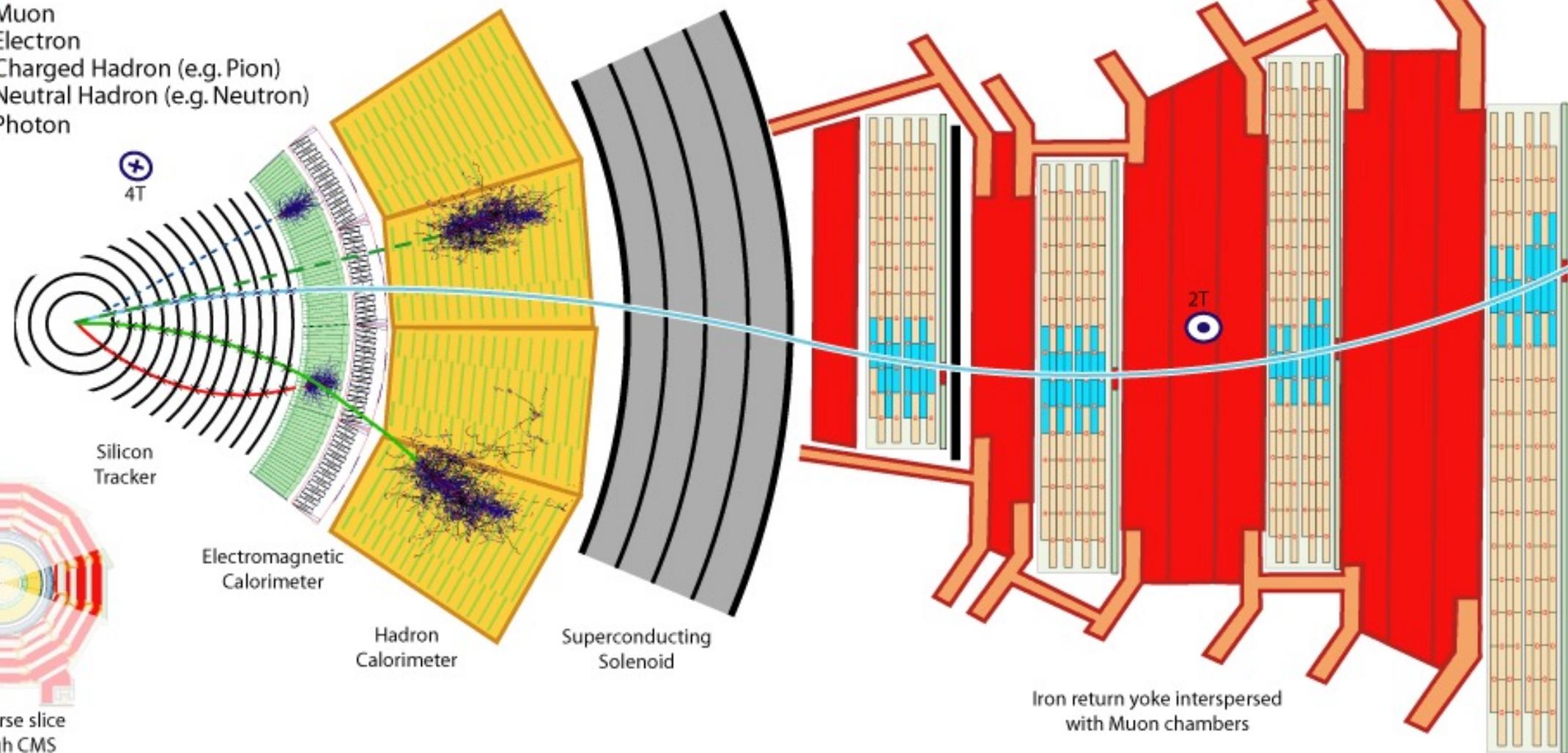
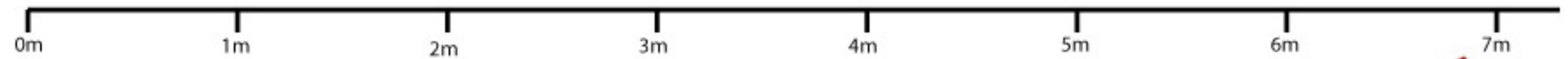
**Calorimetro adronico:** serve a misurare l'energia degli adroni, sia carichi che neutri. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

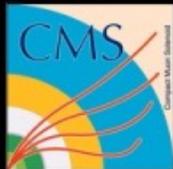
**Solenioide:** genera un campo magnetico che serve a curvare le particelle cariche.

**Rivelatori di muoni:** i muoni sono particelle che interagiscono poco con la materia, quindi riescono ad attraversare tutti i rivelatori senza essere assorbite. Importante ricostruirli perché molte particelle, anche il bosone di Higgs, decadono in muoni.

Key:

- Muon
- Electron
- Charged Hadron (e.g. Pion)
- Neutral Hadron (e.g. Neutron)
- Photon

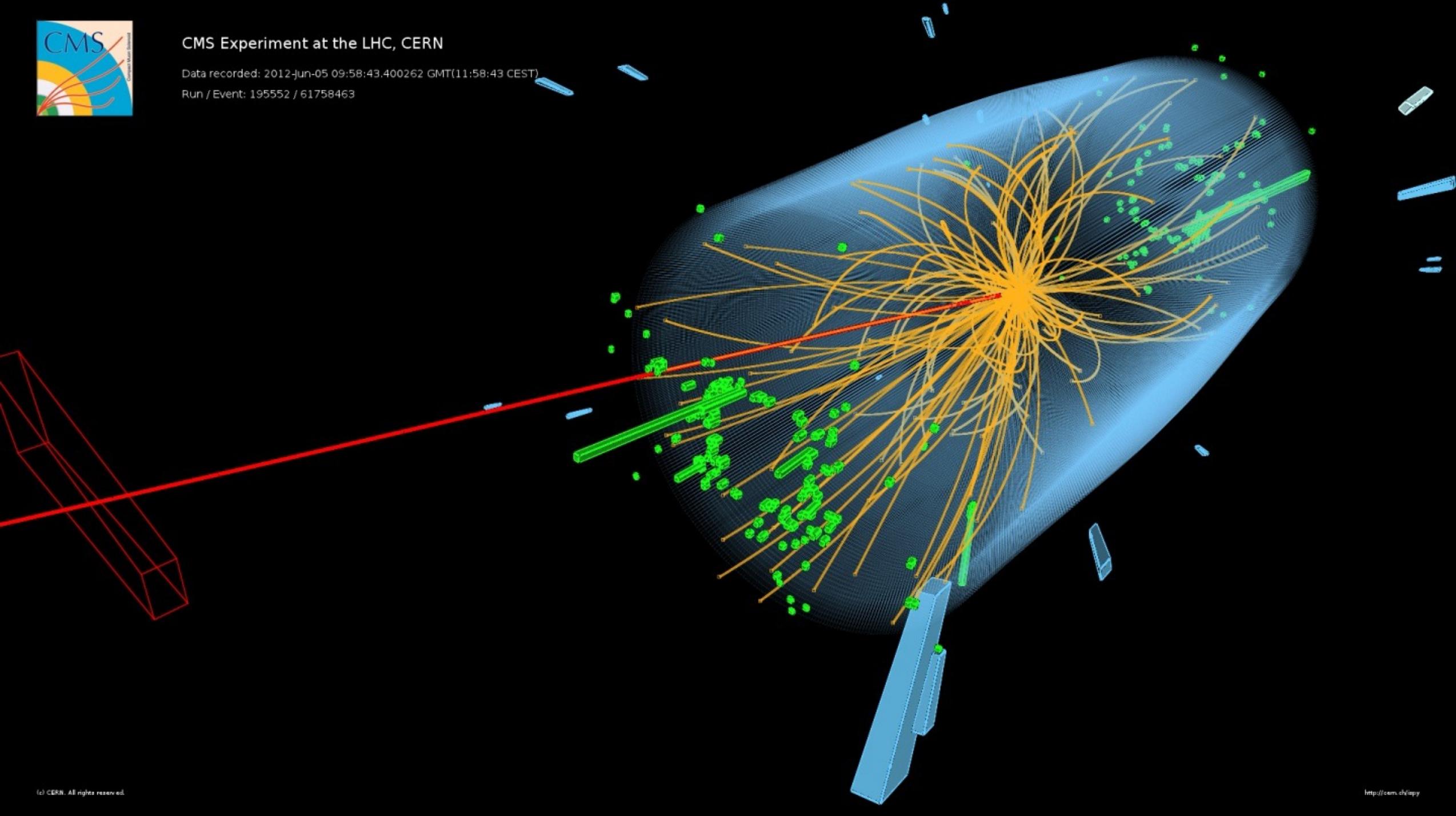




# CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2012-Jun-05 09:58:43.400262 GMT(11:58:43 CEST)

Run / Event: 195552 / 61758463



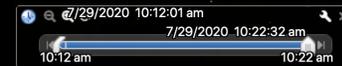
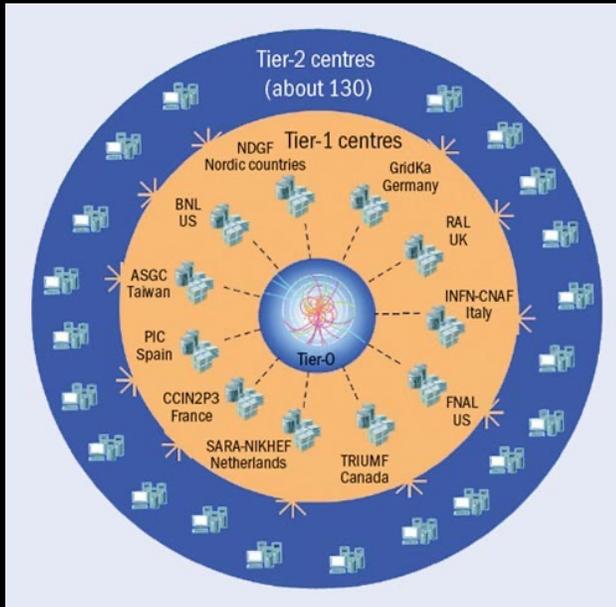
# Come si analizzano i dati?

Per analizzare i dati di LHC servirebbero 100000 PC -> il CERN da solo non può fornire una tale potenza di calcolo.

# Come si analizzano i dati?

Per analizzare i dati di LHC servirebbero 100000 PC -> il CERN da solo non può fornire una tale potenza di calcolo.

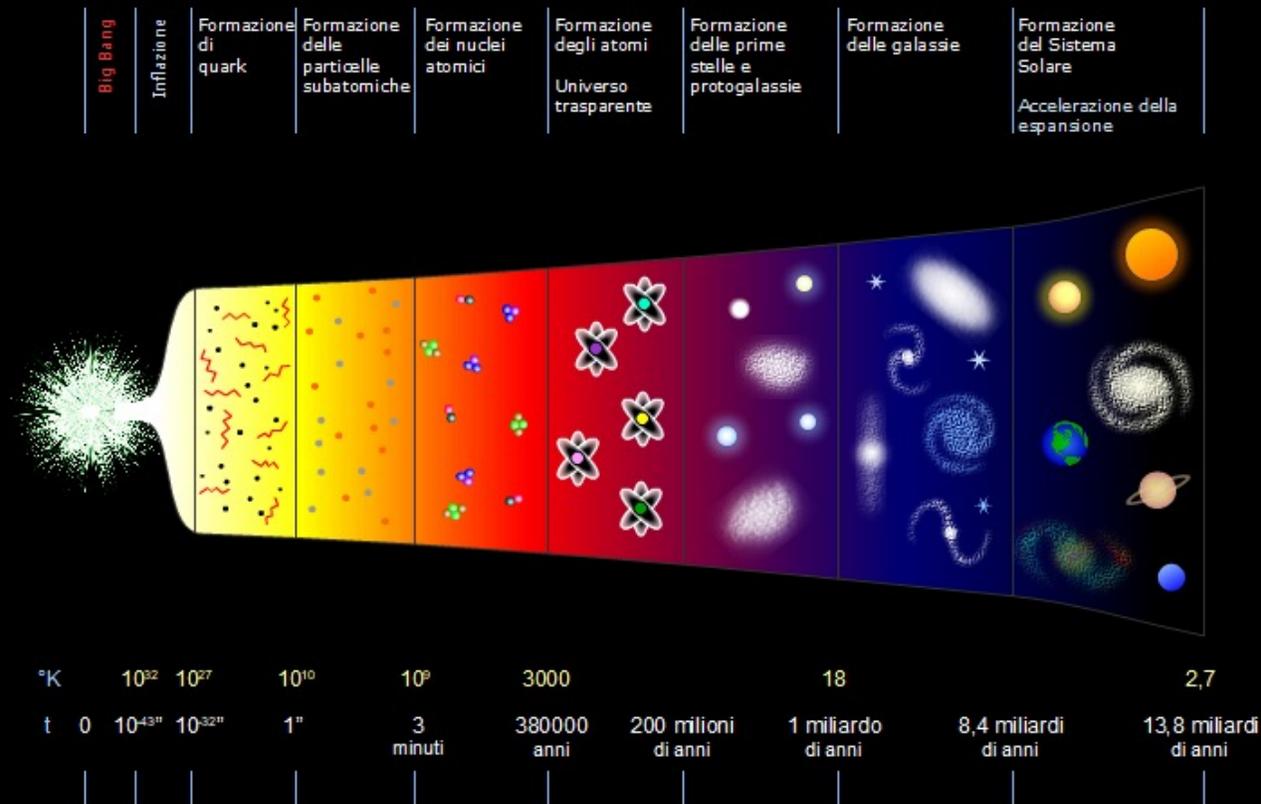
Serve una rete mondiale: la GRID



# A cosa serve CMS?

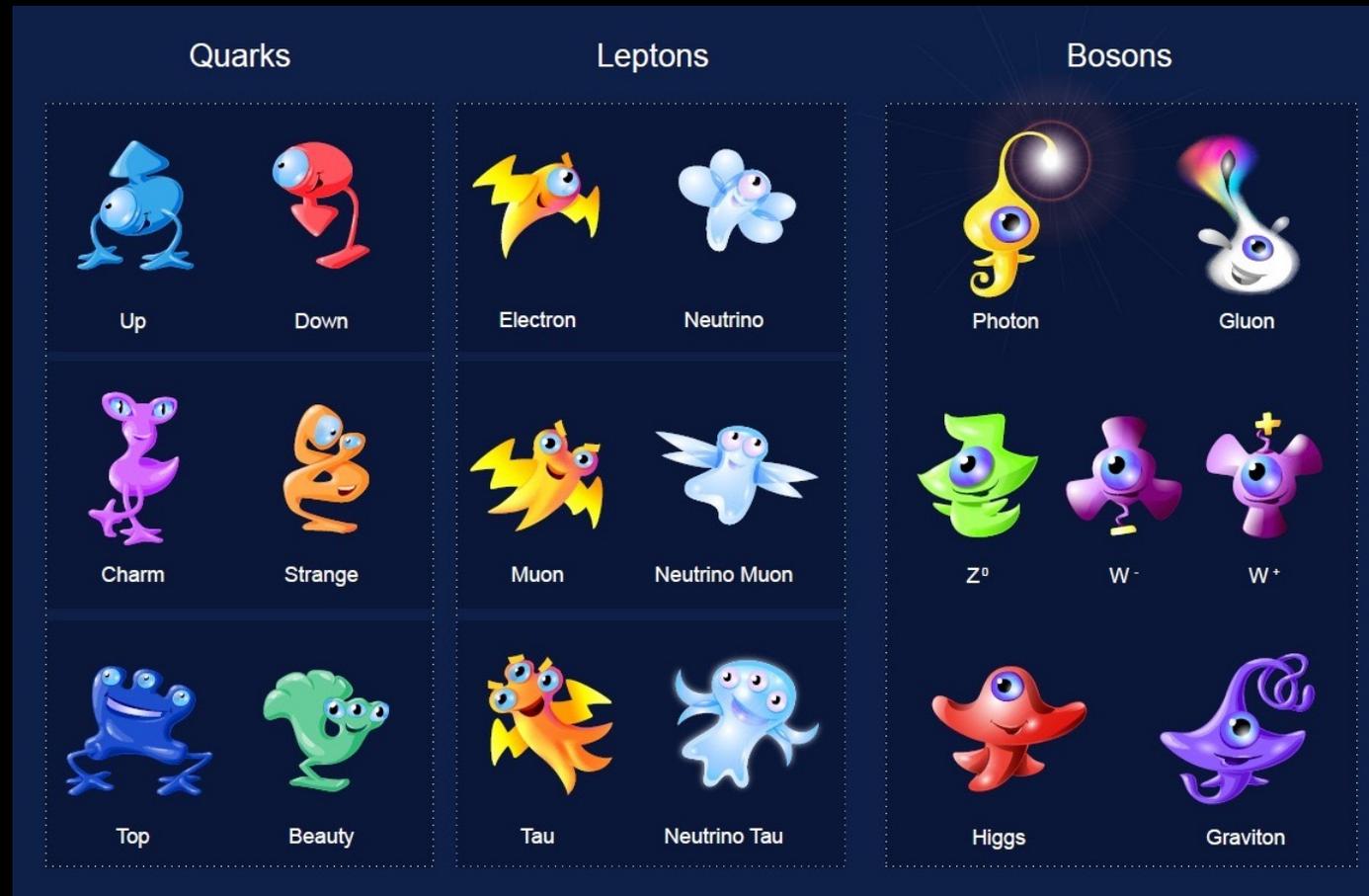
In laboratori come il CERN si fa **ricerca di base**

- Cerchiamo di rispondere alle domande sull'origine dell'universo, la composizione della materia, le grandi questioni ancora irrisolte....



# Le particelle elementari note

Con esperimenti come CMS (e ATLAS) abbiamo completato la nostra conoscenza sulle particelle del Modello Standard



# La più famosa....



Il campo **permea tutto l'universo**.  
Le particelle che lo attraversano  
avvertono ognuna  
una resistenza diversa.  
Questa **resistenza** è quella  
che chiamiamo **massa**

**CAMPO DI HIGGS**

Particelle di massa  
piccolissima o zero  
(fotoni, elettroni, ecc.)

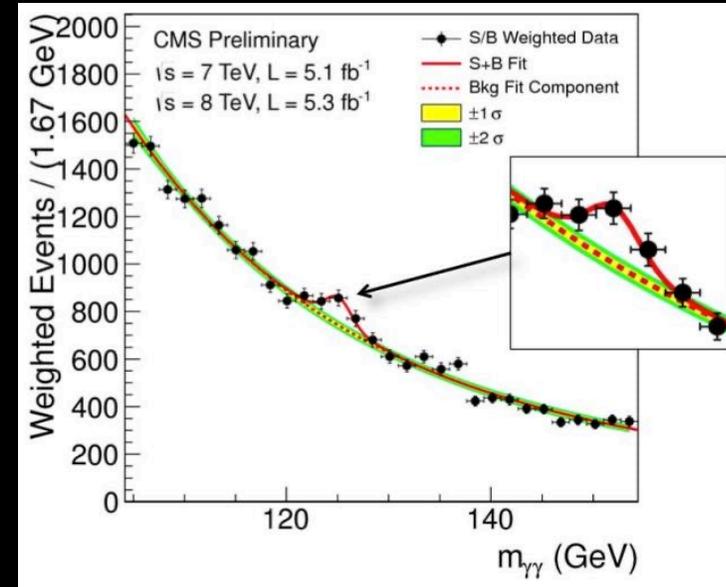
Particelle  
di massa media  
(muoni, ecc.)

Particelle  
di grande massa  
(quark top, ecc.)



Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

# La più famosa....



Il campo **permea tutto l'universo**.  
 Le particelle che lo attraversano  
 avvertono ognuna  
 una resistenza diversa.  
 Questa **resistenza** è quella  
 che chiamiamo **massa**

**CAMPO DI HIGGS**

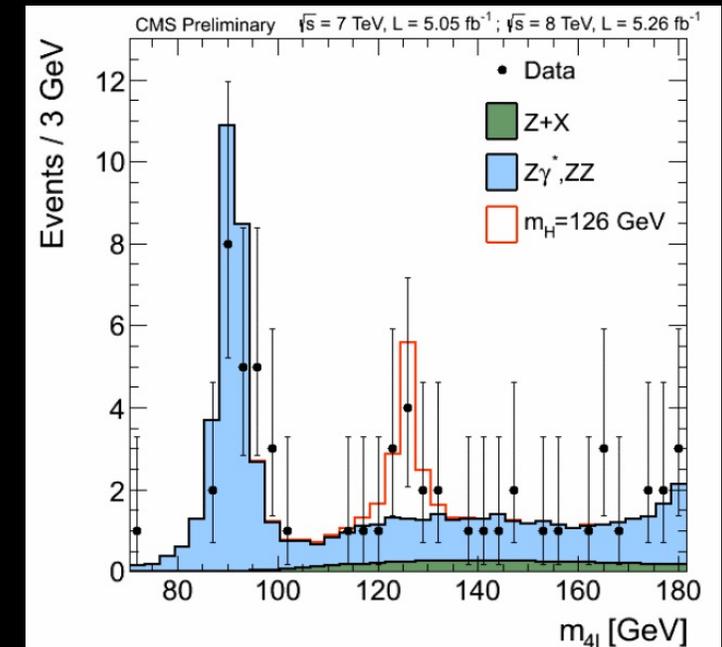
Particelle di massa  
 piccolissima o zero  
 (fotoni, elettroni, ecc.)

Particelle  
 di massa media  
 (muoni, ecc.)

Particelle  
 di grande massa  
 (quark top, ecc.)

INFN  
 Istituto Nazionale  
 di Fisica Nucleare

Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



# Impatto di LHC sulla società

Costruire LHC (e i 4 esperimenti) è costato circa 6 miliardi di euro.

L'Italia ha contribuito per il 12% -> 720 milioni circa



# Impatto di LHC sulla società

Costruire LHC (e i 4 esperimenti) è costato circa 6 miliardi di euro.

L'Italia ha contribuito per il 12% -> 720 milioni circa

1.2 euro a testa l'anno per 10 anni...un caffè (caro) all'anno per LHC, si può fare!

# Impatto di LHC sulla società

Costruire LHC (e i 4 esperimenti) è costato circa 6 miliardi di euro.

L'Italia ha contribuito per il 12% -> 720 milioni circa

1.2 euro a testa l'anno per 10 anni...un caffè (caro) all'anno per LHC, si può fare!

Per ogni euro investito dallo stato italiano in LHC, 1.5 euro sono rientrati alle industrie italiane.

Un ottimo investimento!

# Impatto di LHC sulla società: ricadute tecnologiche

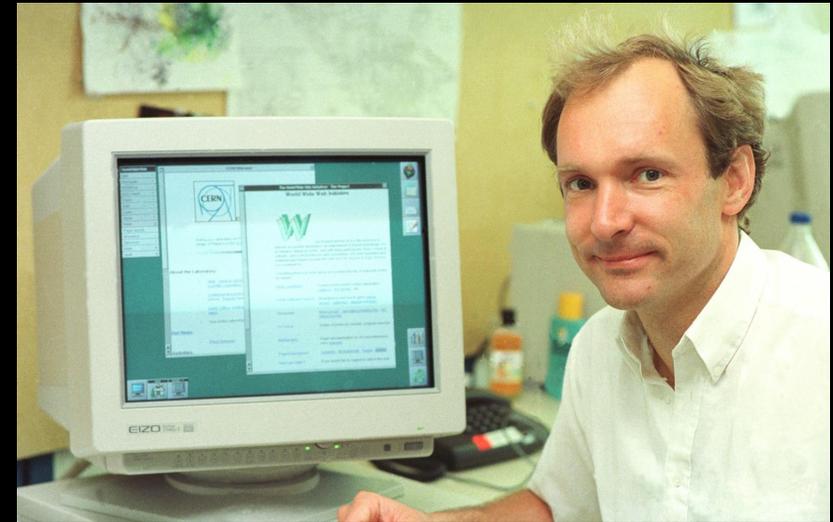
## Fisica medica:

- PET, RMN, adroterapia sfruttano le tecnologie e le conoscenze sviluppate ai grandi acceleratori



## WWW:

- Il Word Wide Web è stato ideato al CERN nel 1989 da Tim Berners-Lee per scambiare dati velocemente



# LHC Roadmap



## LHC / HL-LHC Plan

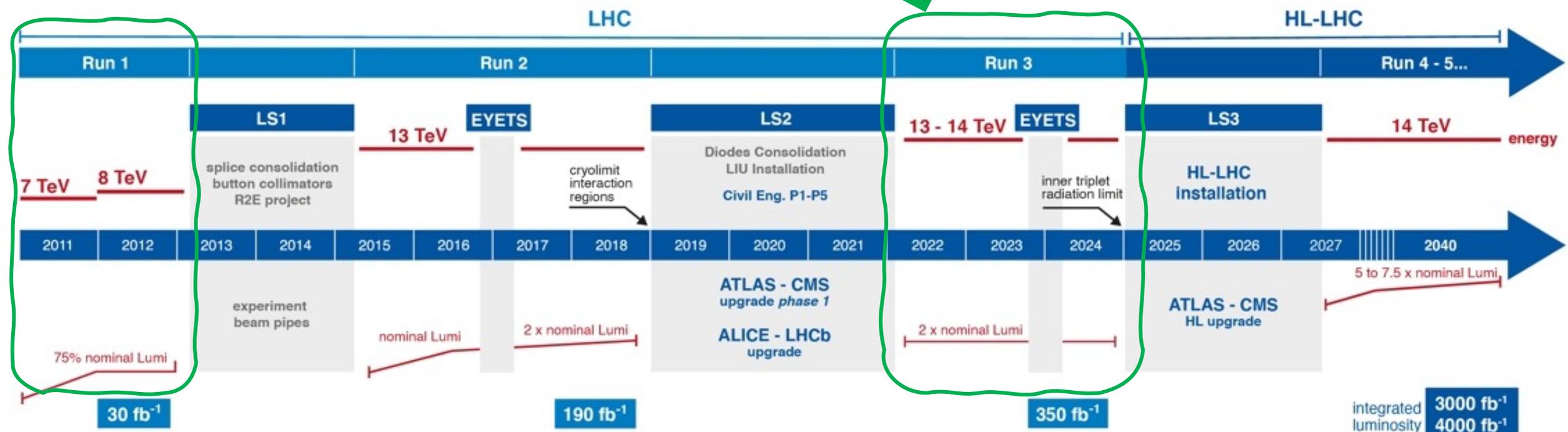


I dati che userete voi appartengono a questo Run

# LHC Roadmap



## LHC / HL-LHC Plan



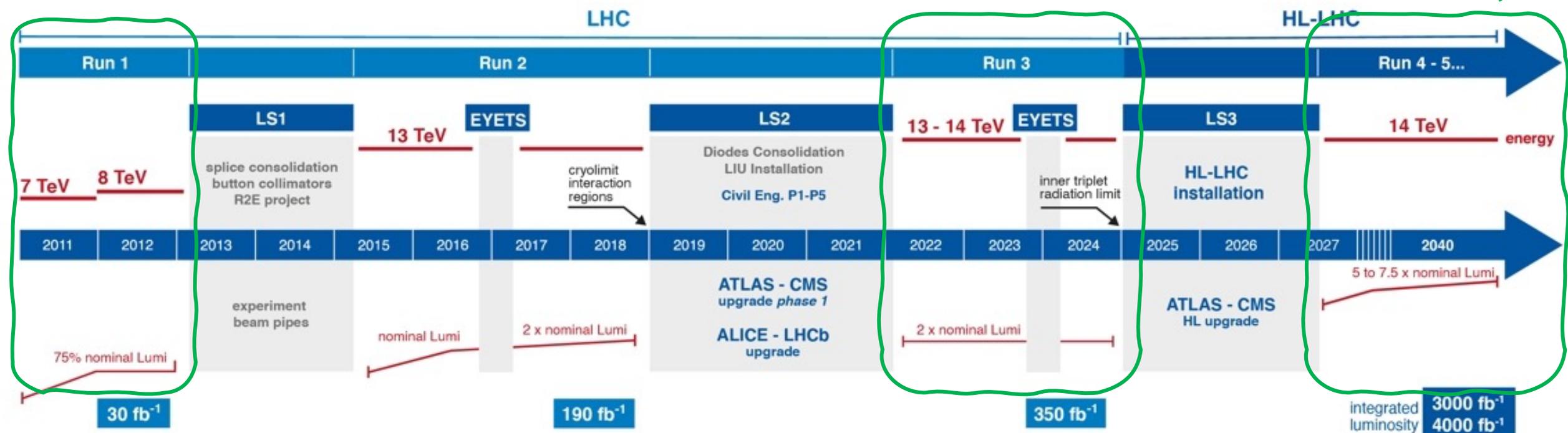
I dati che userete voi appartengono a questo Run

Run3 sta per iniziare

# LHC Roadmap



## LHC / HL-LHC Plan



I dati che userete voi appartengono a questo Run

Run3 sta per iniziare

HL-LHC aspetta voi 😊

Durante la Masterclass i ricercatori sarete voi!!  
Buon lavoro e buon divertimento!

