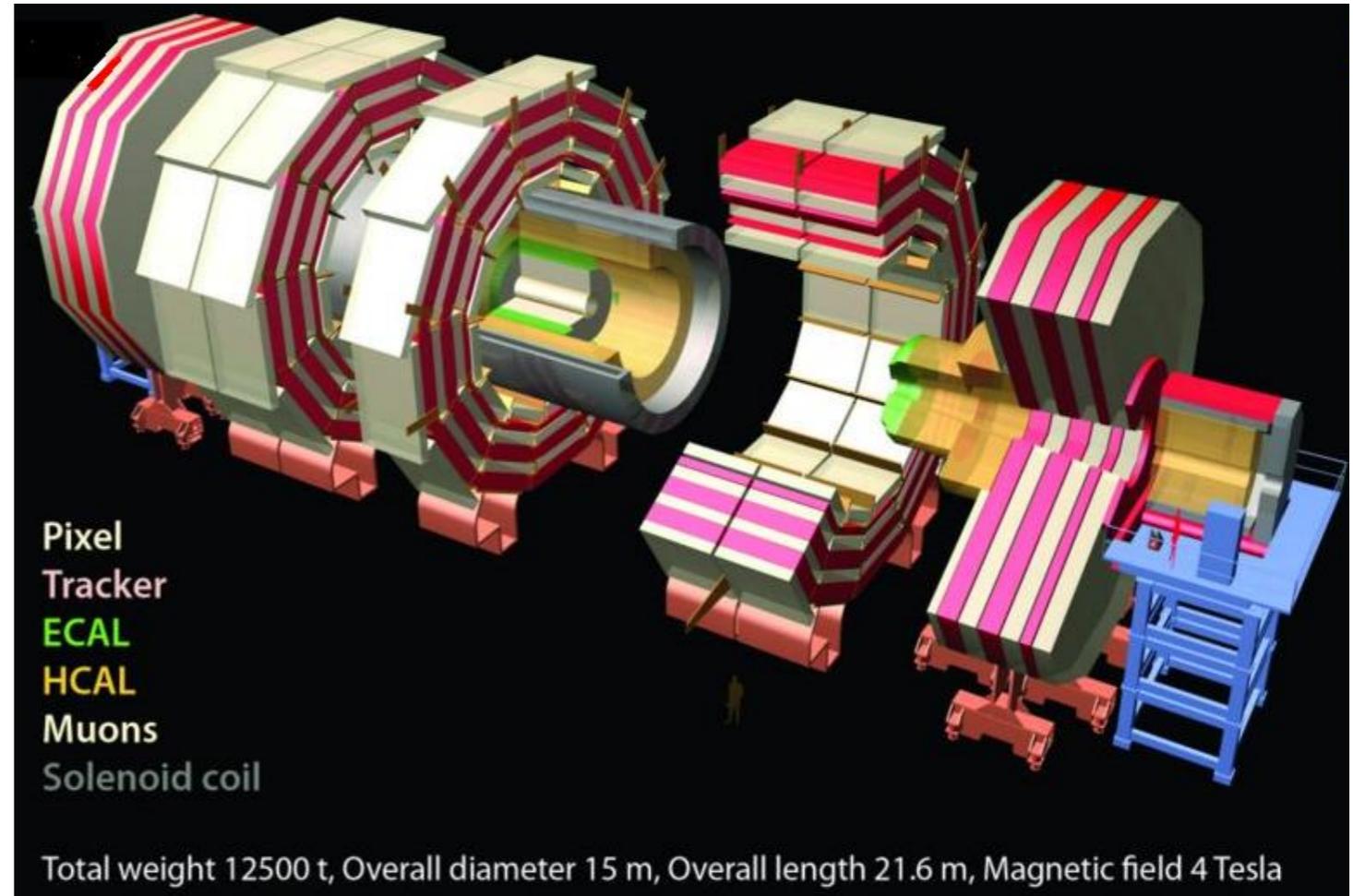
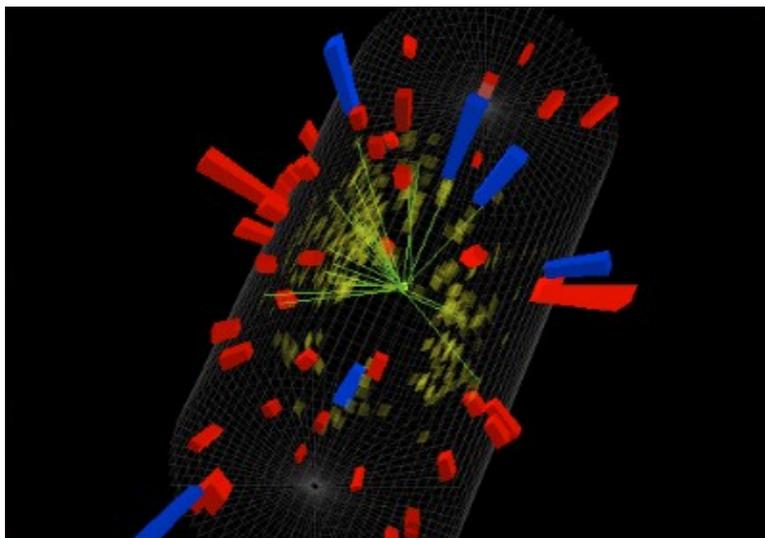


# CMS Masterclass 2017



# Oggi sarete ricercatori

**Nelle MasterClass, vengono messi a disposizione degli studenti:**

- **i dati realmente raccolti dall'esperimento CMS**
- **Alcuni degli strumenti per analizzarli realmente usati nell'esperimento**

**Farete delle misure di Fisica di base con tecniche simili a quelle usate dai ricercatori che collaborano al CERN con l'esperimento CMS**

# I rivelatori sono il cuore dell'esperimento

## Il layout generico di un esperimento di alte energie

Dei cilindri di rivelatore circondano il tubo attraversato dal fascio di protoni

Dall'interno all'esterno . . .

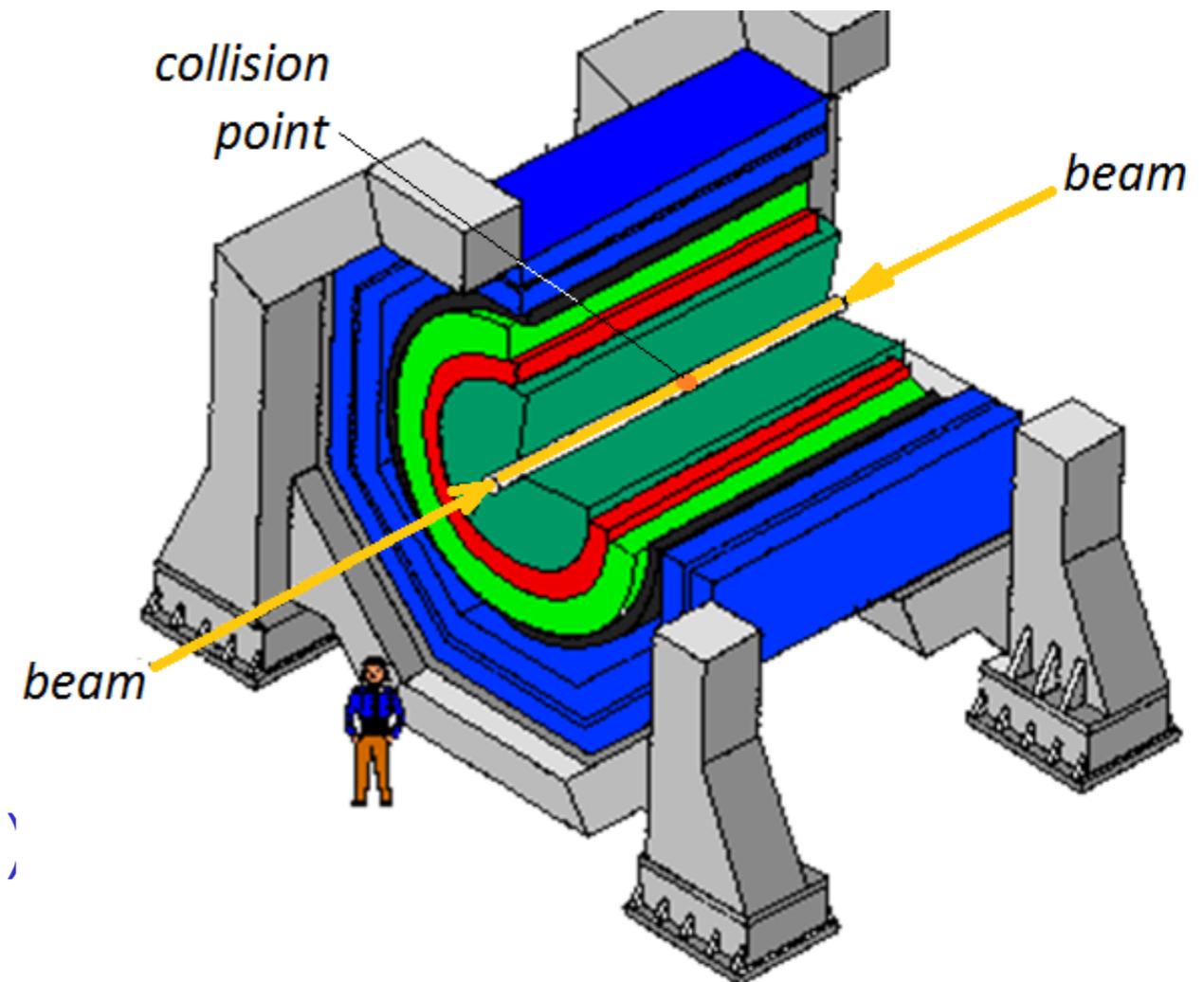
Tracciatore (traiettoria particelle cariche)

Calorimetro Elettromagnetico (energia elettroni e fotoni)

Calorimetro Adronico (energia adroni)

Magnete\* (curva le particelle cariche: misura di  $P_T$  e carica)

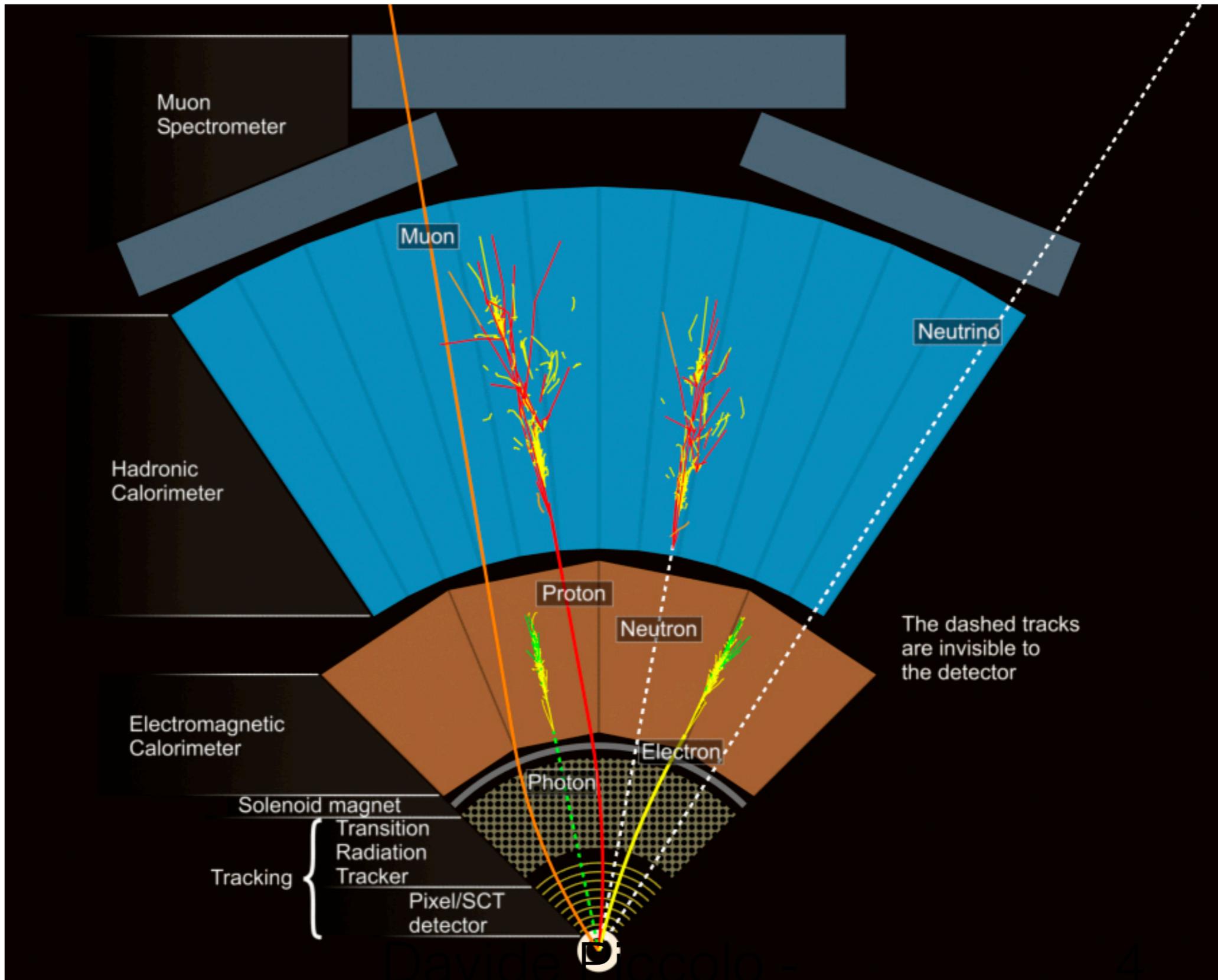
Rivelatori per Muoni (identificano i muoni)



\* *La posizione del magnete dipende dall'esperimento specifico*

# Organizzare i rivelatori

## CMS come esempio generale

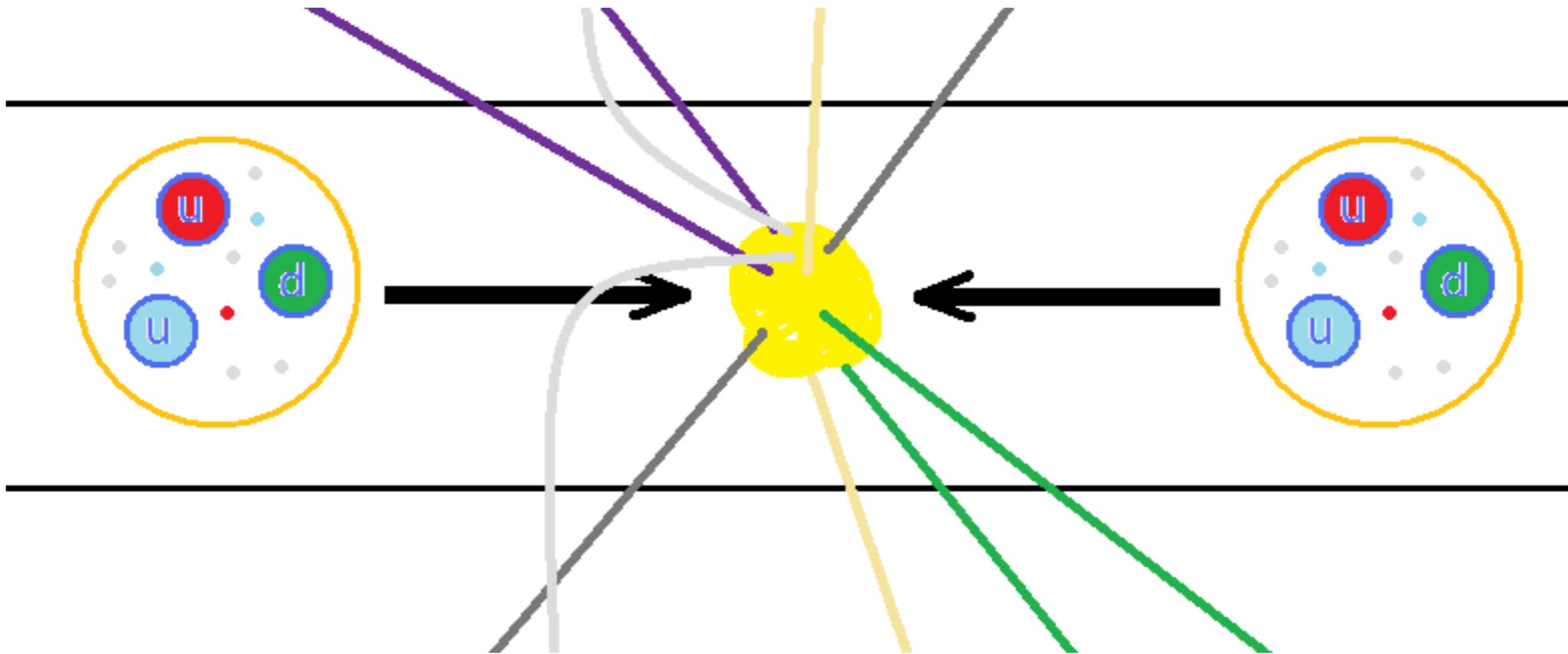


[https://www.i2u2.org/elab/cms/graphics/CMS\\_Slice\\_elab.swf](https://www.i2u2.org/elab/cms/graphics/CMS_Slice_elab.swf)

# Le collisioni dei protoni

Se ogni protone ha energia di 6.5 TeV.....

- Energia totale della collisione  $2 \times 6.5 \text{ TeV} = 13 \text{ TeV}$ .
- Ma .. Ciascun costituente del protone porta solo una parte di energia
- Così l'energia della nuova particella creata e' minore di 13 TeV

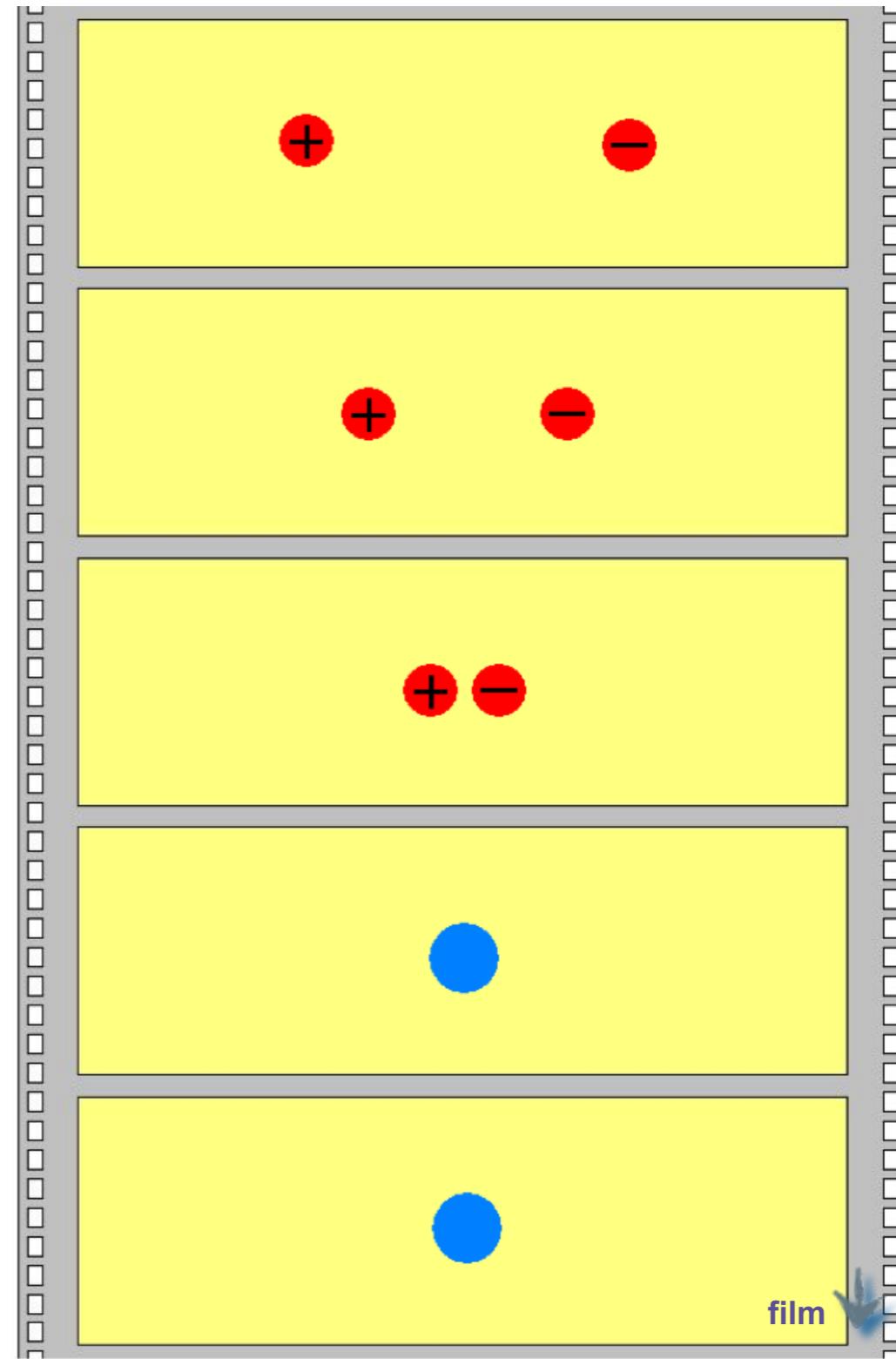


# Decadimento delle nuove particelle

Le collisioni creano nuove particelle che rapidamente decadono. Le particelle che decadono producono sempre particelle più leggere

Le leggi di conservazione ci aiutano a regolare i possibili modi di decadimento.

Conoscete alcune leggi di conservazione ?



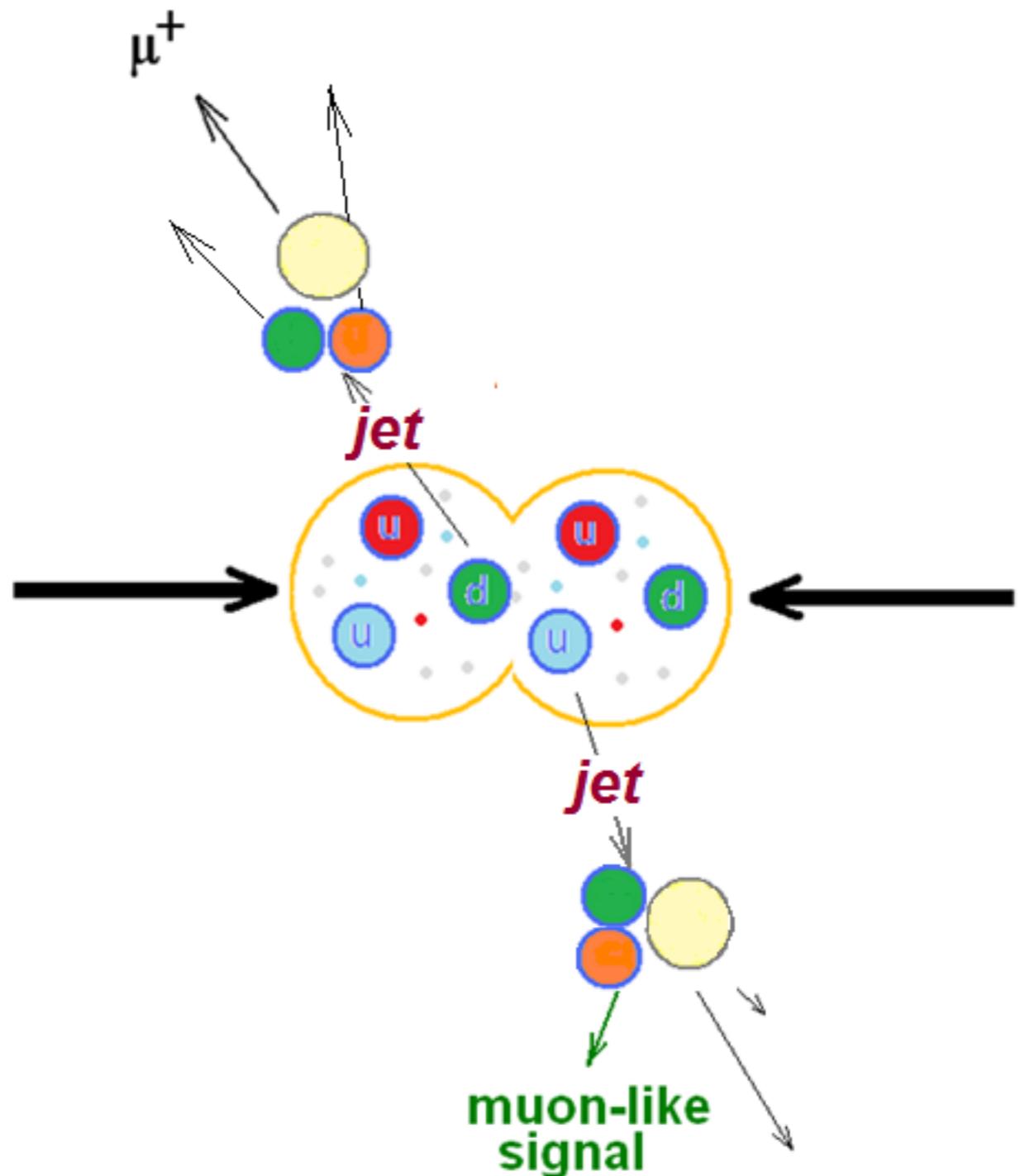
# Eventi di fondo

Spesso nella collisione non vengono prodotte nuove particelle ma semplicemente i quarks o i gluoni vengono espulsi dal protone.

Siccome i quark non possono esistere isolati, essi producono dei nuovi adroni leggeri che schizzano fuori sotto forma di “getti”.

Al “getto” possono appartenere anche elettroni o muoni.

Tecniche di ricostruzione dell'evento permettono di capire se il “getto” sia di interesse o meno.

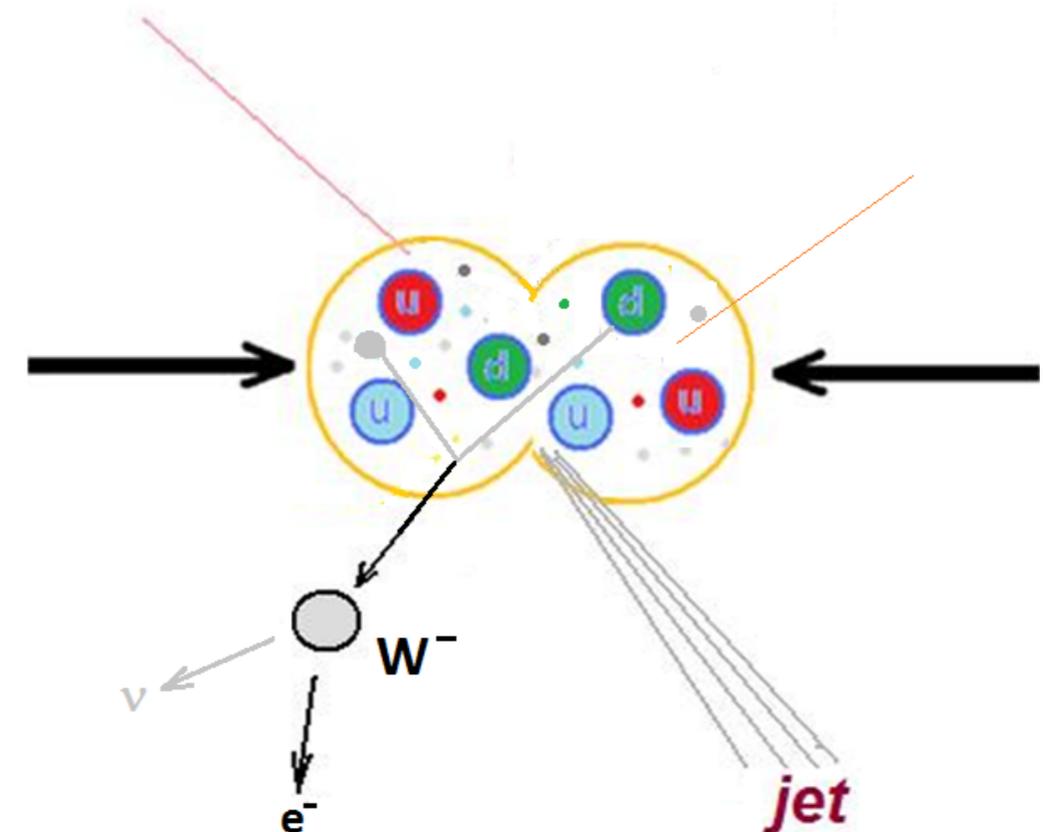
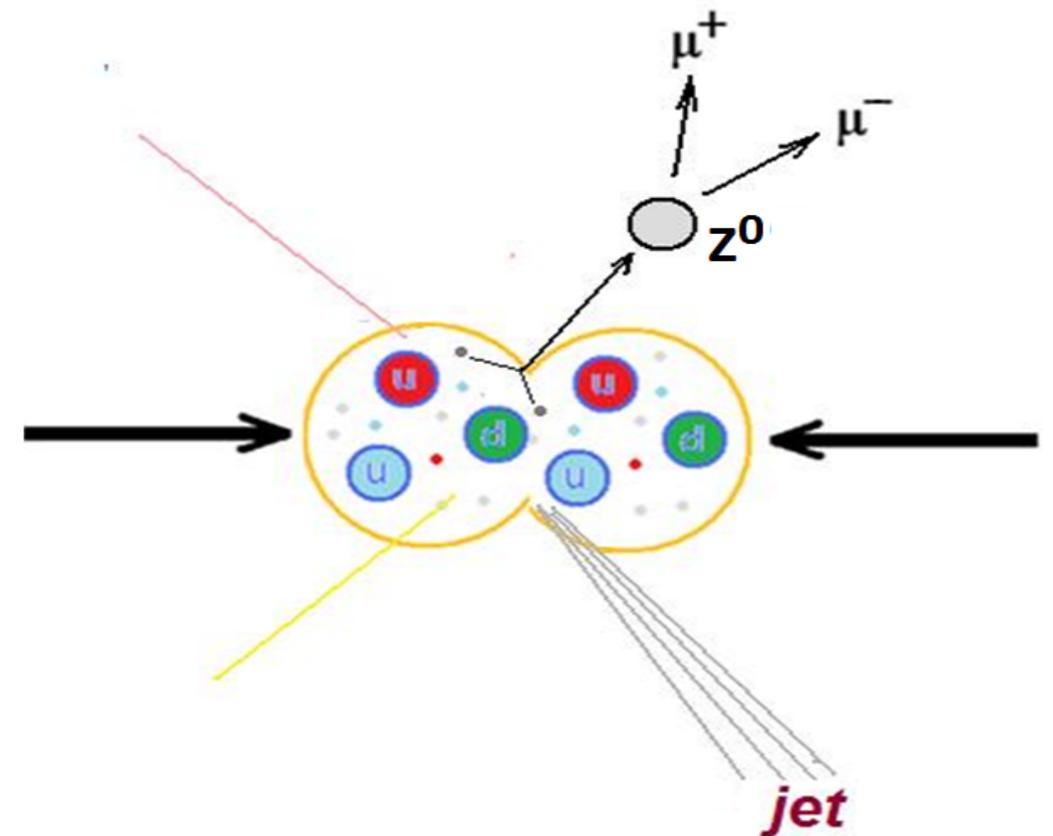


# I bosoni W e Z

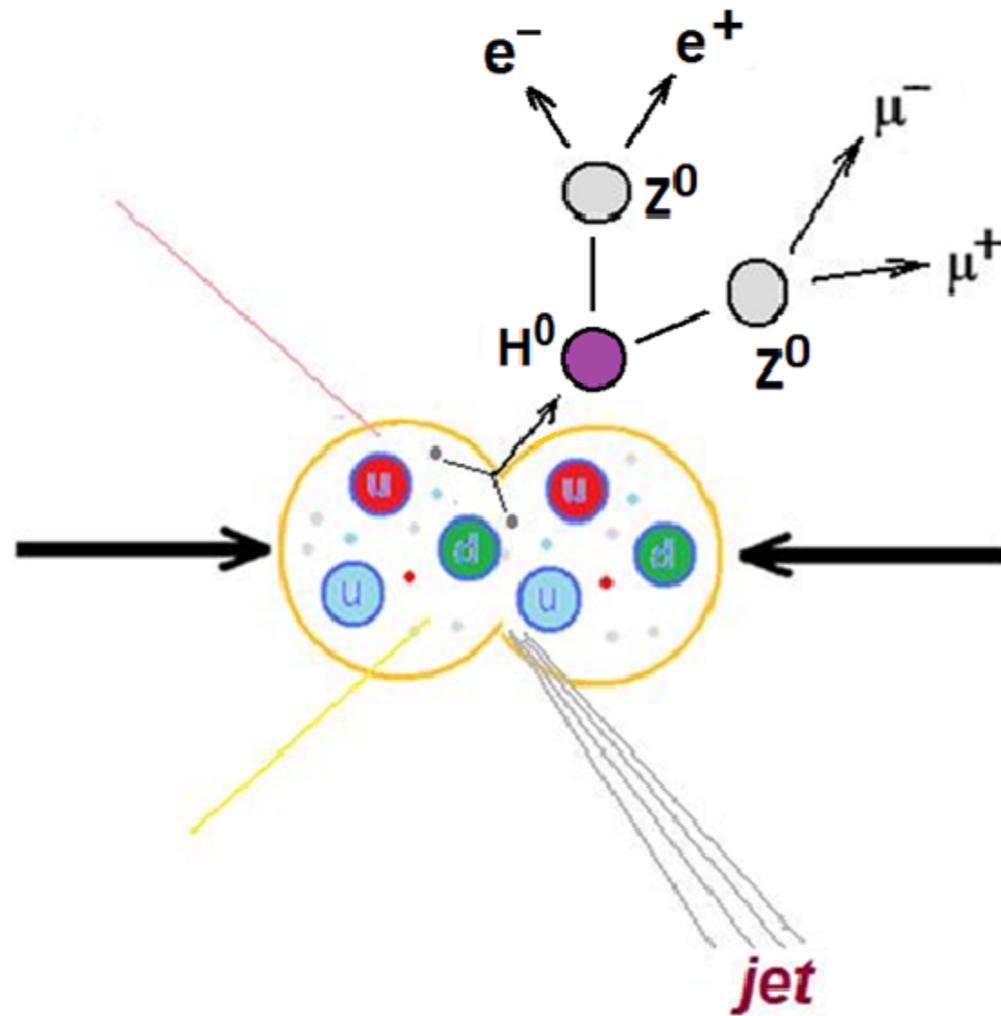
Sono le particelle scoperte da Rubbia e mediano l'interazione debole:

- **$W^+$  boson**, elettricamente carico positivamente
- **$W^-$  boson**, elettricamente carico negativamente
- **Z boson** Neutro.

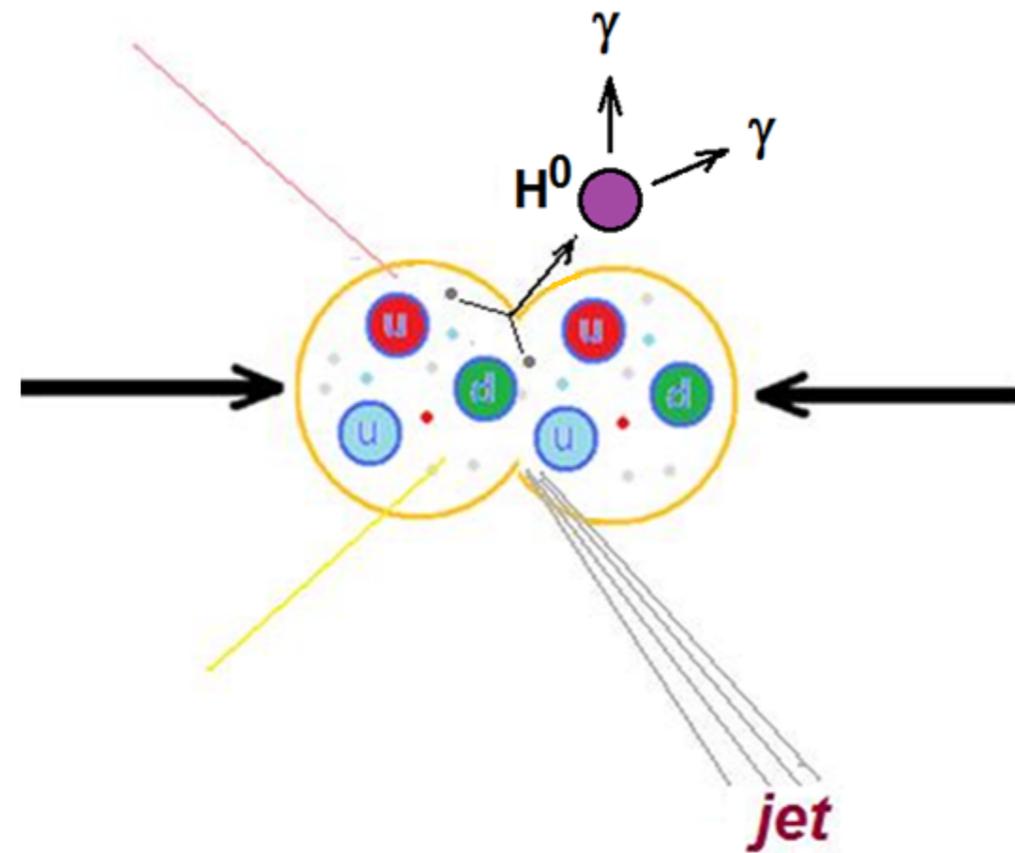
Essi decadono rapidamente in particelle che possiamo rivelare nei nostri rivelatori



# Il bosone di Higgs



Decadimento in 4 leptoni



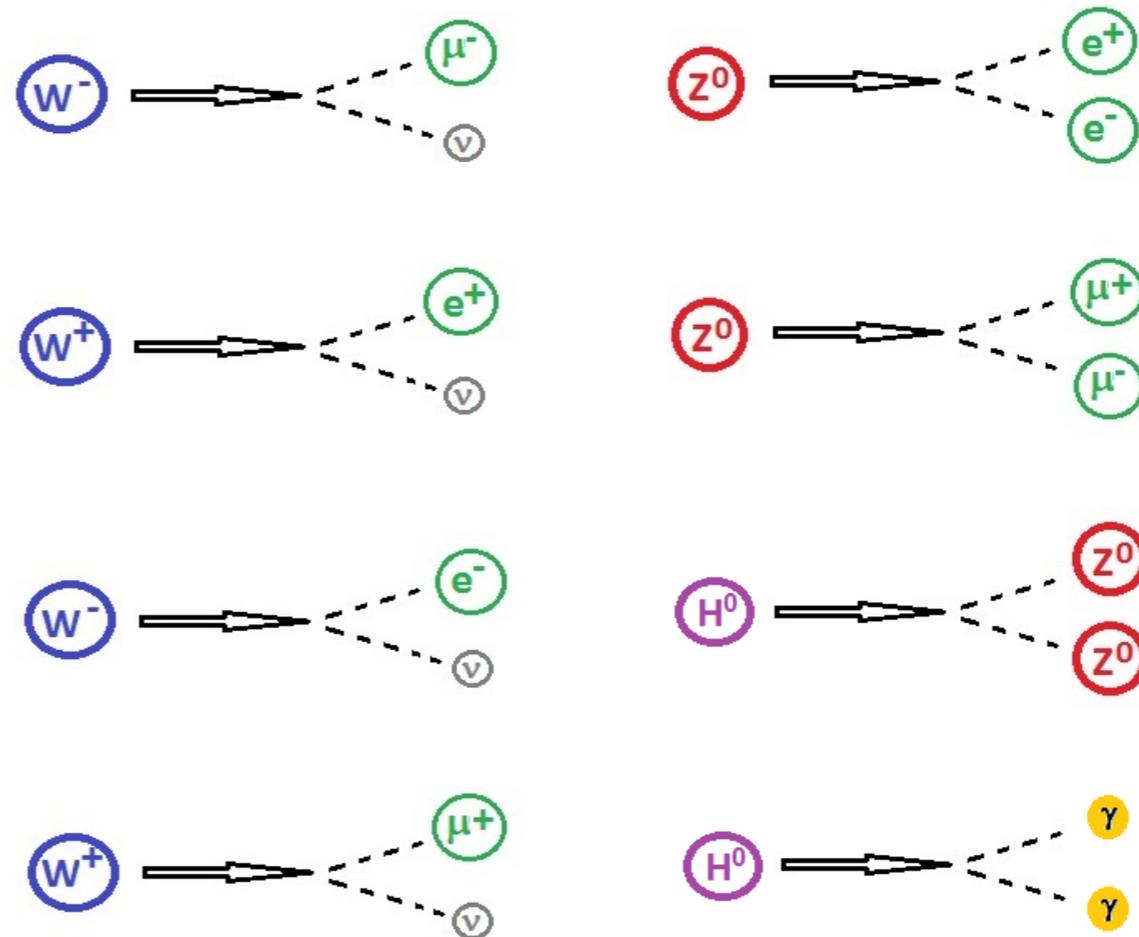
Decadimento in 2 fotoni

# I decadimenti dei bosoni W, Z e H

Siccome i bosoni Z e W decadono subito, essi non possono essere rivelati direttamente in CMS.

CMS *puo' pero' rilevare* :

- elettroni
- muoni
- fotoni



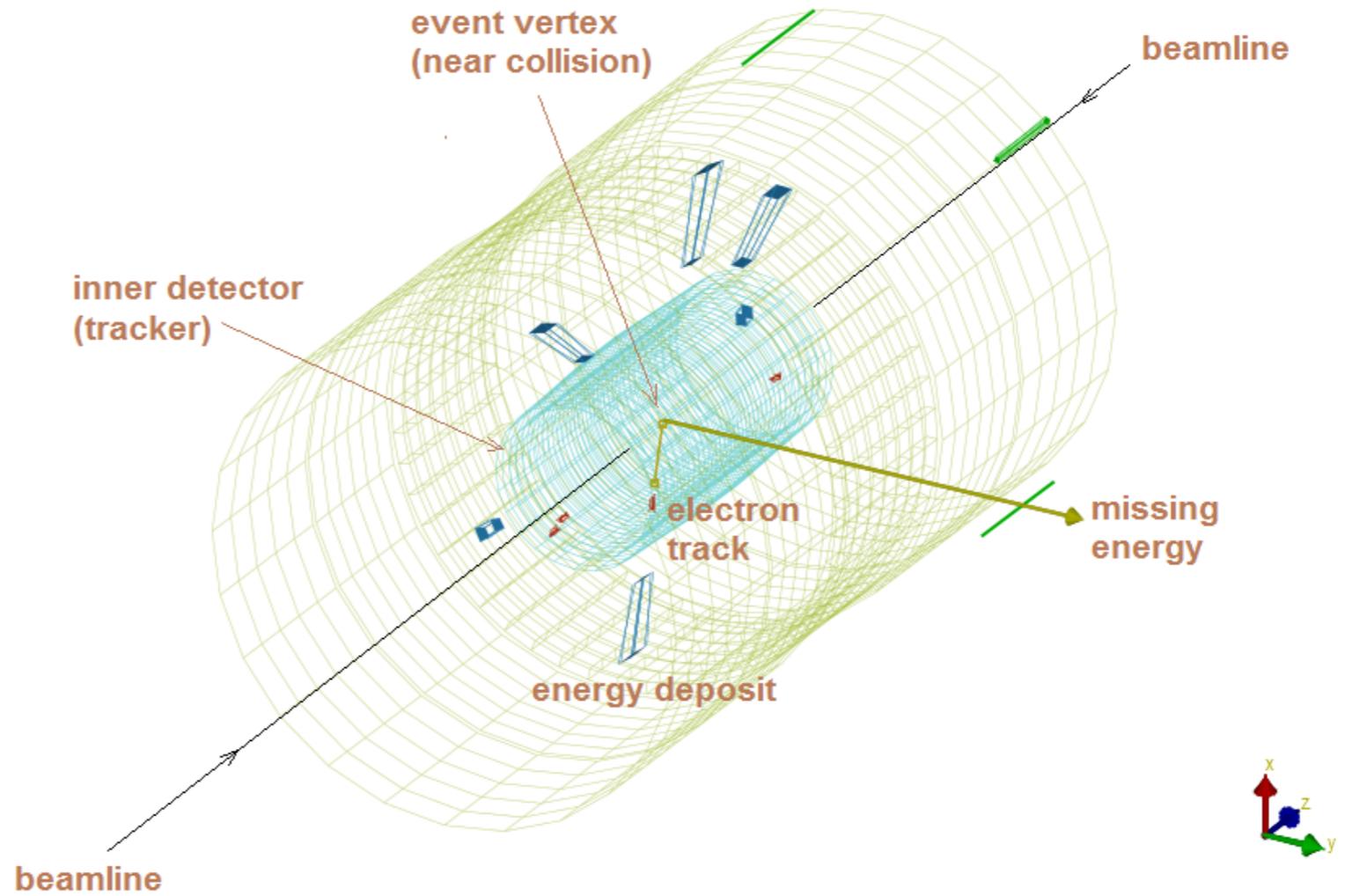
CMS non rivela direttamente i neutrini .. MA .. Puo' inferirne la presenza tramite "energia mancante"

# Gli strumenti: iSpy-online

<http://www.i2u2.org/elab/cms/ispy-webgl/>

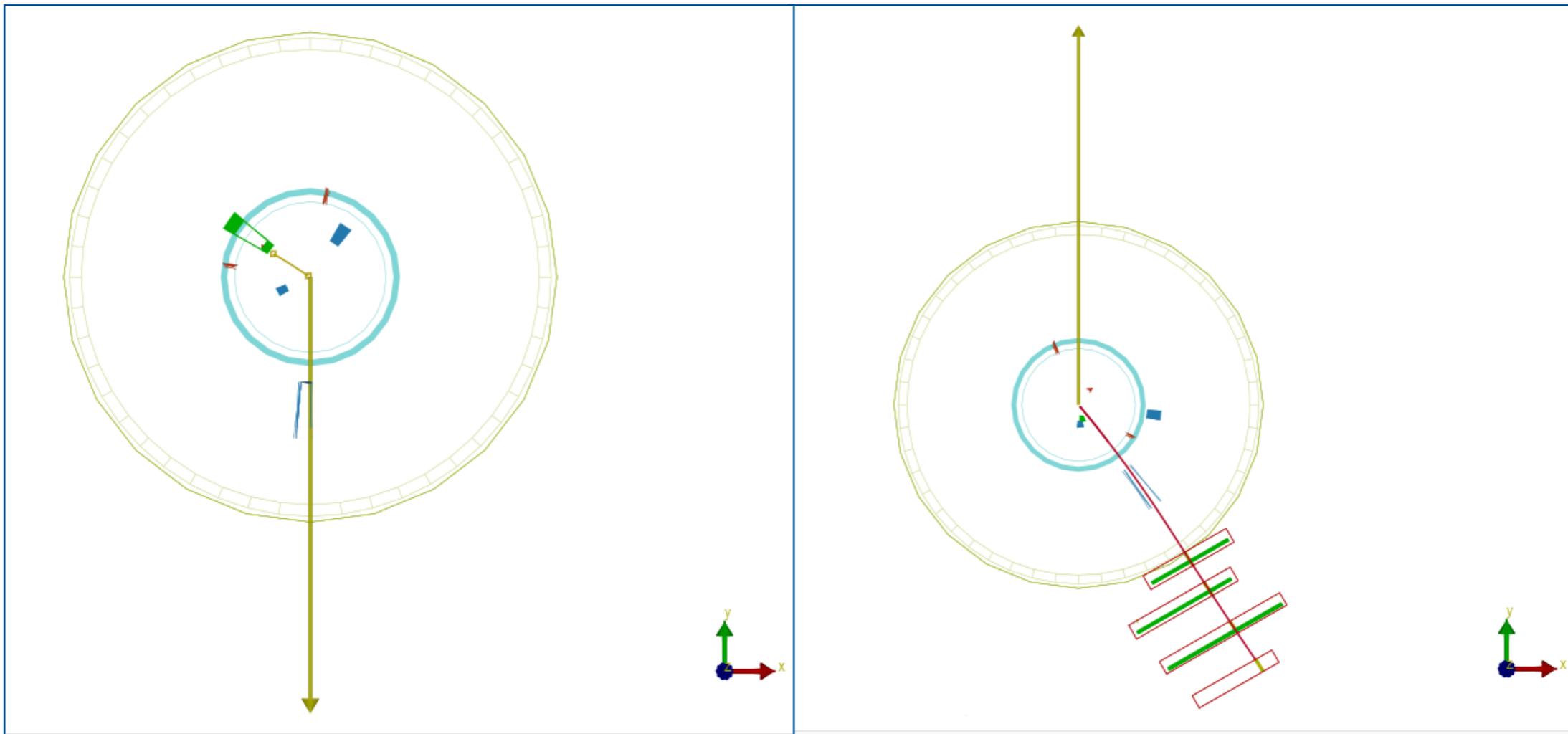
The interface includes a top toolbar with navigation icons (back, forward, home, search, zoom, rotate, pan) and a main control panel on the left. The control panel is organized into several sections:

- Detector Model:** A list of detector components with checkboxes. Checked items include ECAL Barrel, ECAL Outer, and HCAL Outer.
- Tracking:** A section for tracking-related data, currently empty.
- ECAL:** A section for ECAL-related data. Checked items include Barrel Rec. Hits and Endcap Rec. Hits.
- HCAL:** A section for HCAL-related data. Checked items include Barrel Rec. Hits and Endcap Rec. Hits.
- Controls:** A section at the bottom with mouse controls:
  - rotate
  - Ctrl + pan x / y
  - Shift + pan z



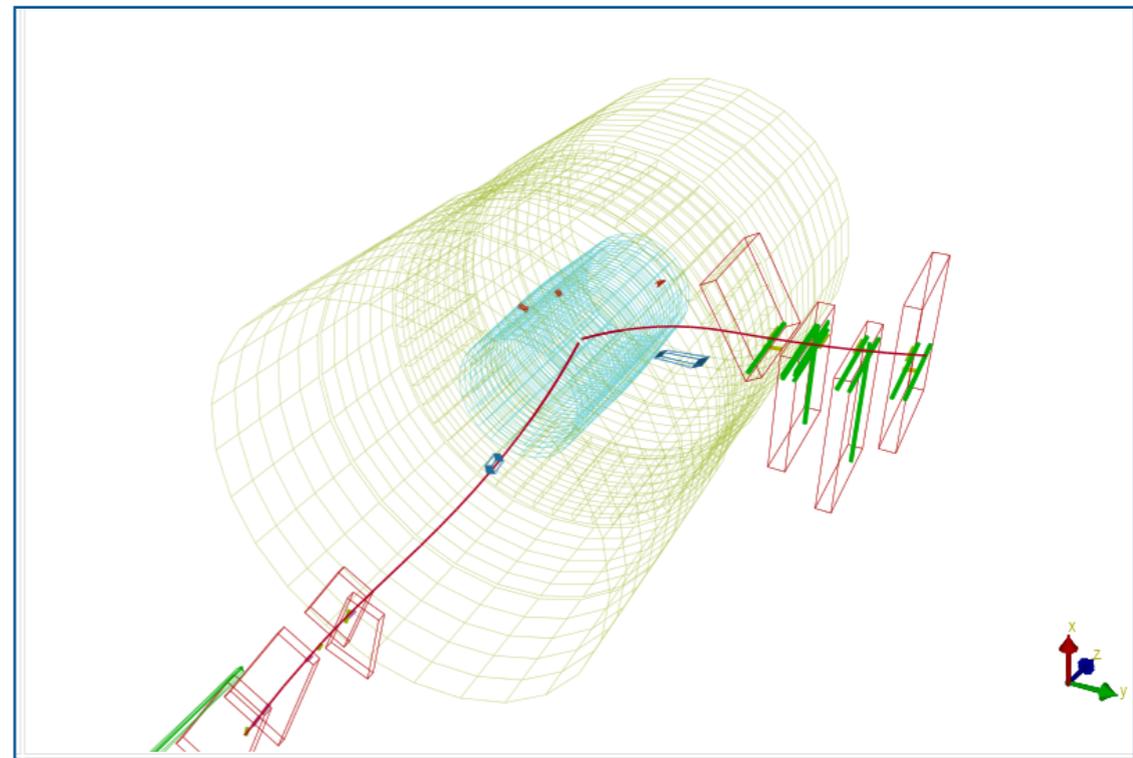
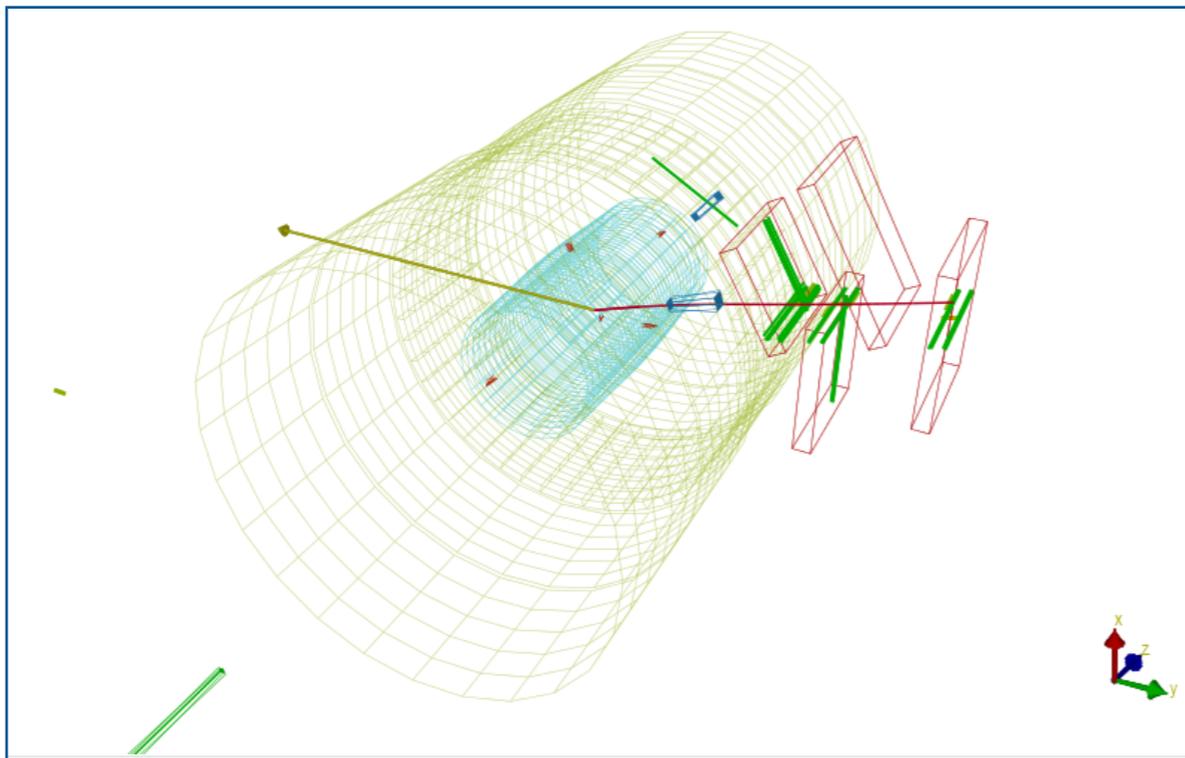
# I vostri compiti

- Sapete riconoscere un elettrone da un muone ?
- Valutate negli eventi che analizzerete il rapporto  $e/\mu$  (numero eventi con elettroni/ numero eventi con muoni)



# I vostri compiti

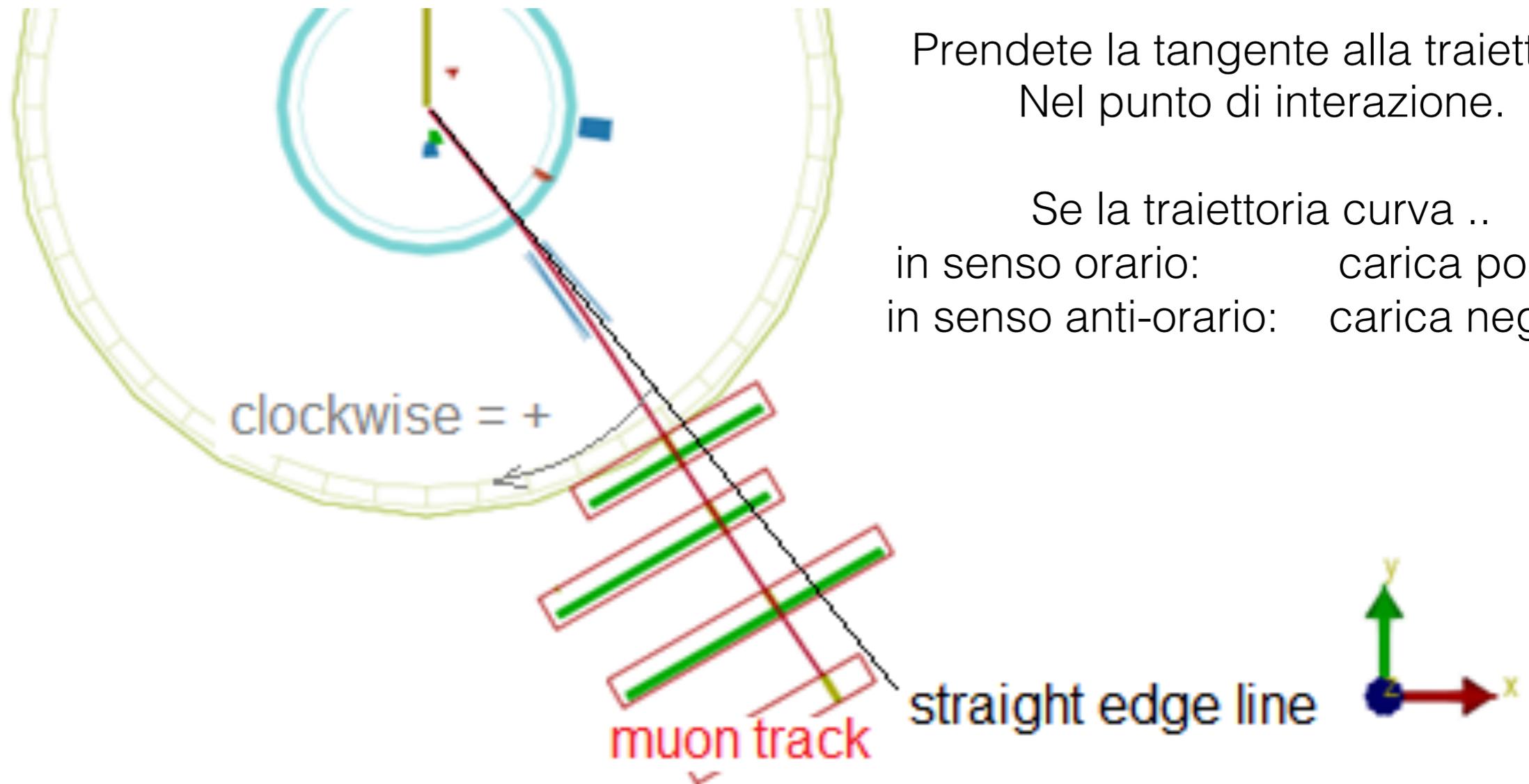
- Riuscite a distinguere una Z da una W ?



La Z e' elettricamente neutra decade quindi in due particelle: una + e una -  
 La W e' carica + o - e quindi decade in una particella con la stessa carica della W che la produce + un neutrino (neutro)

# I vostri compiti

- Riuscite a calcolare il rapporto  $W^+/W^-$  ?



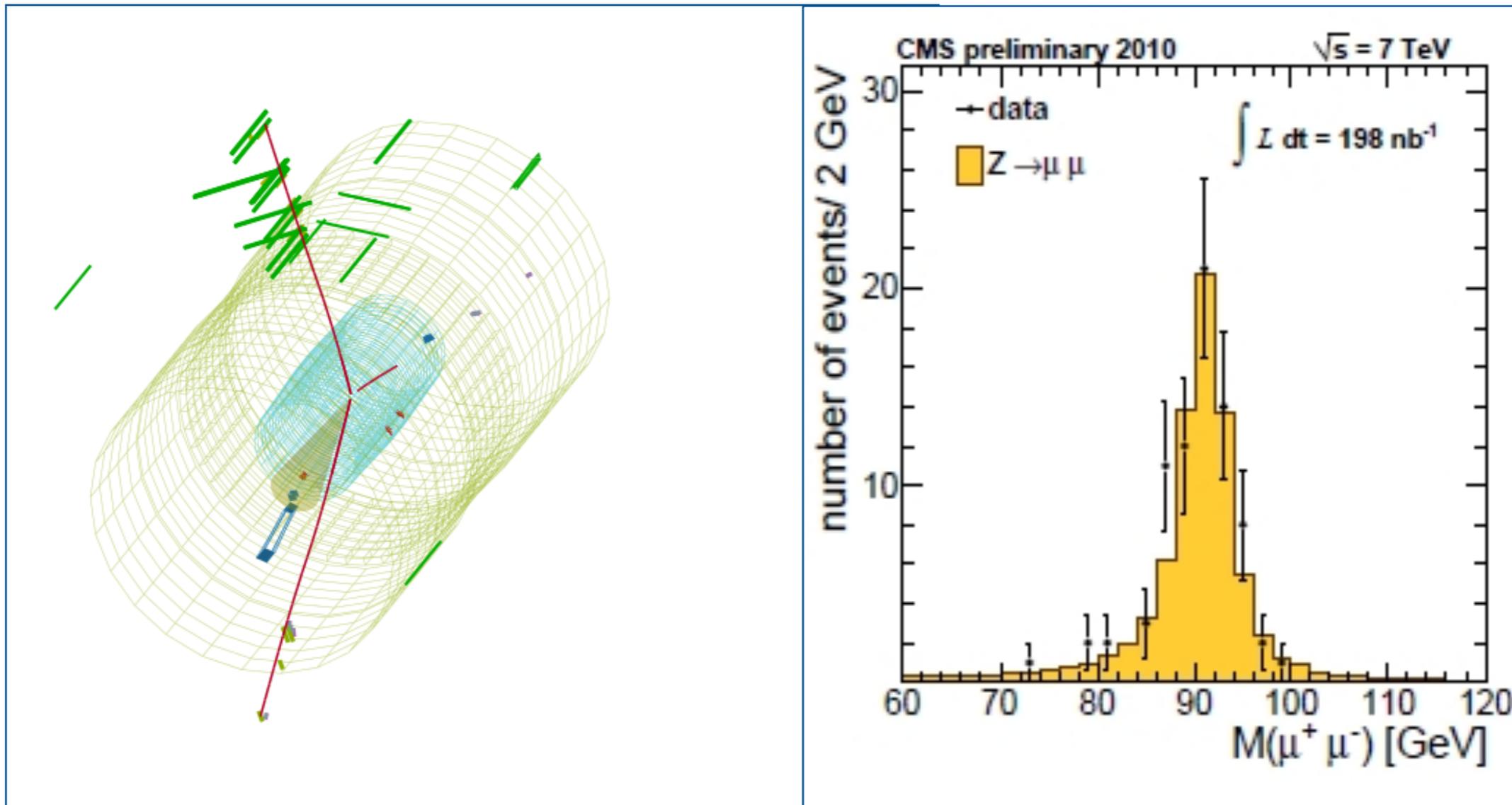
Prendete la tangente alla traiettoria  
Nel punto di interazione.

Se la traiettoria curva ..  
in senso orario: carica positiva  
in senso anti-orario: carica negativa

# I vostri compiti

- Facciamo un plot di massa

Conoscendo quantita' di moto delle Particelle prodotte, si puo' calcolare La massa di quella iniziale.

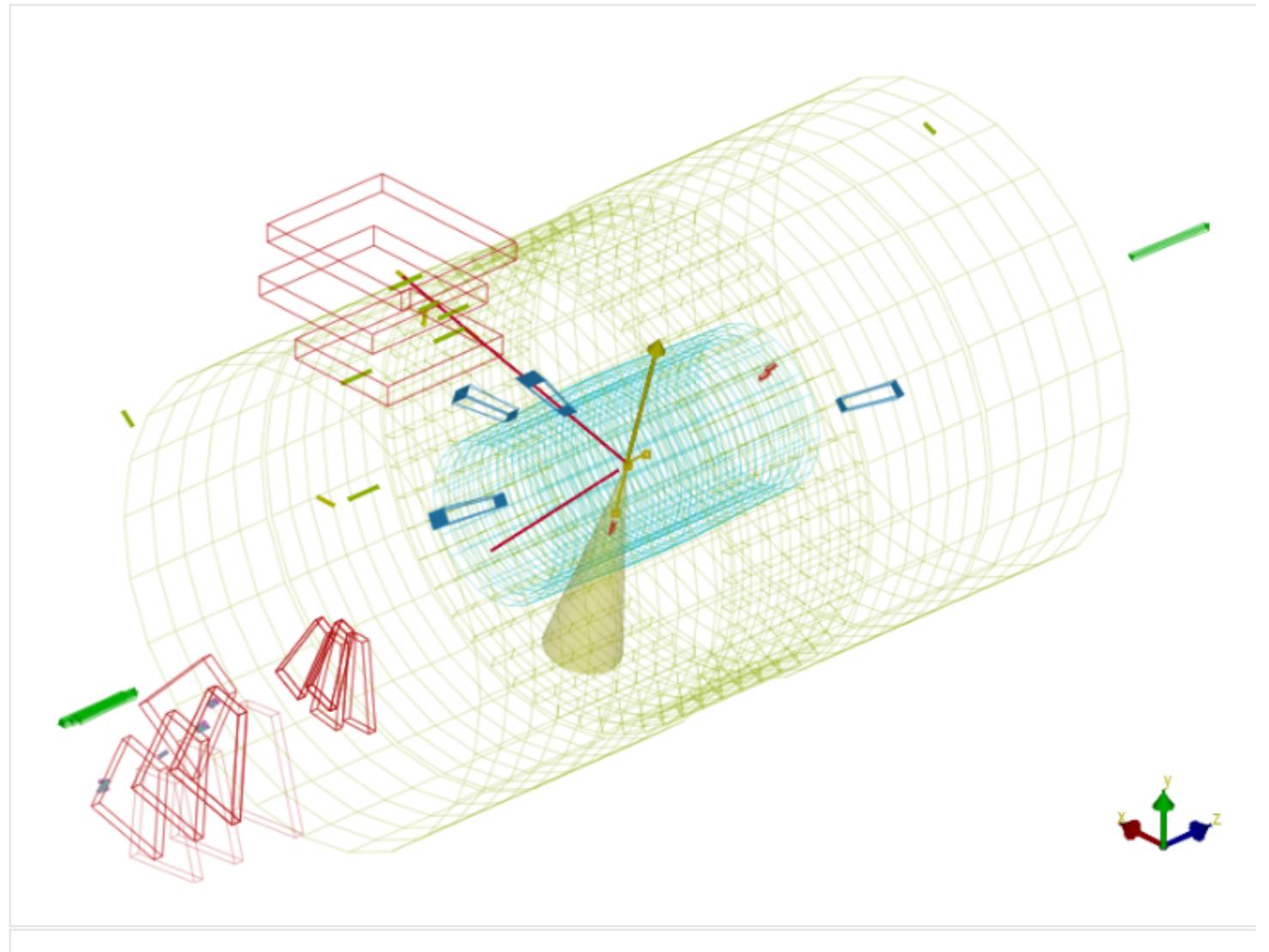


EvNo	E1	px1	py1	pz1	pt1	eta1	phi1	Q1	E2	px2	py2	pz2	pt2	eta2	phi2	Q2	M
128943239	72.89895	13.36098	-26.087	66.74727	29.3095	1.5612	-1.09746	1	37.6277	-10.9181	35.80517	-3.82334	37.3966	-0.10197	1.86677	-1	90.31227

# I vostri compiti

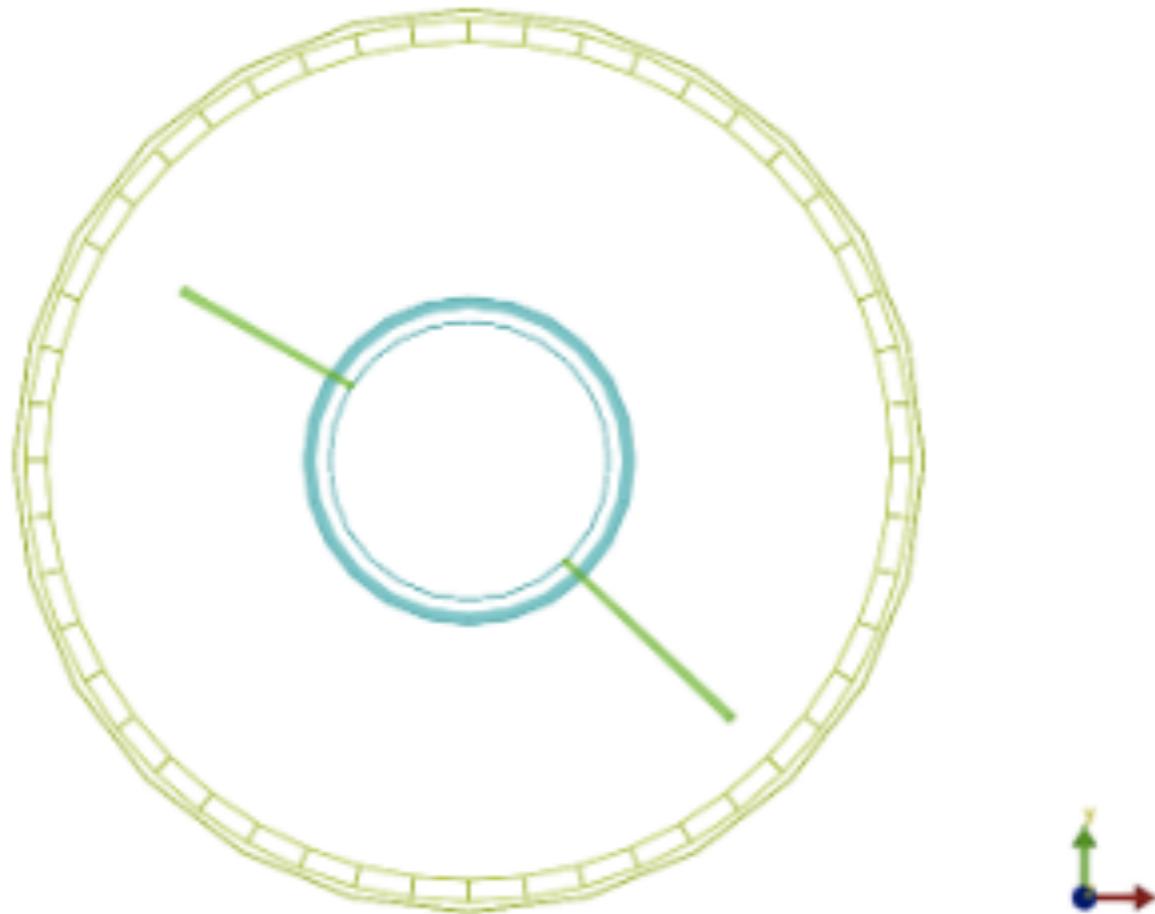
- Riusciamo ad identificare eventi Higgs  $\rightarrow ZZ$  ?
  - $Z \rightarrow e^+e^-$
  - $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$

Cercate eventi con 4 leptoni (e o  $\mu$ )  
Le coppie di e o di  $\mu$  devono avere  
cariche opposte



# I vostri compiti

- Riusciamo a identificare eventi Higgs  $\rightarrow \gamma\gamma$  ?



*Quali rivelatori ci dicono che ho trovato un fotone ?*

*Cosa dobbiamo vedere – e cosa non ?*

# L'analisi degli eventi

**CIMA**  
CMS Instrument for Masterclass Analysis

Choose your Masterclass: test, Test2, **31Jan2015**

Choose your location: Buffalo, **MexicoCity**, Quito

Choose your group: 6, **7**, 8, 9, 10

*Choose the date of your masterclass, the institute, and your dataset.*

<https://www.i2u2.org/elab/cms/cima/index.php>

Back Events Table Mass Histogram Results

Masterclass: 31Jan2015  
location: MexicoCity  
Group: 8

Event index: 705 Event number: 27431673

final state:  Electron,  Muon

primary:  Higgs,  W

Z,  W+,  Zoo,  W-

Mass: 7.512

Next

Event index	Event number	Chosen Values	Mass
704	400912970	e;W+	
703	135353826	mu;W+	
702	500633024	Zoo	
701	329962807	Z;mu	50.642



## Ed ora tocca a voi

### **Per fare questo mestiere ci vuole:**

- Passione
- Attenzione e sistematicita'
- Fantasia e intuitivita'

### **Organizzatevi in 4 gruppi di 3 persone**

- Ogni gruppo analizza 100 eventi
- Discutete tra di voi prima di prendere la decisione
- Consultateci laddove avete dubbi

### **Alla fine preparate una breve presentazione in cui mostrate i risultati e provate a rispondere alle domande di seguito**

- Al termine metteremo tutti I risultati assieme e ne discuteremo

# domande

- Quale e' il rapporto  $e/\mu$  ? Cosa vi sareste aspettati ?
- Quale e' il rapporto  $W^+/W^-$  ? Cosa vi sareste aspettati
- Quanti picchi di massa vedete ? A che valori ?
- Quale e' la massa del bosone Z ?
- Quale e' la massa del bosone di Higgs ?
- Vi attendete piu' eventi con le W o con le Z ? Perche ?