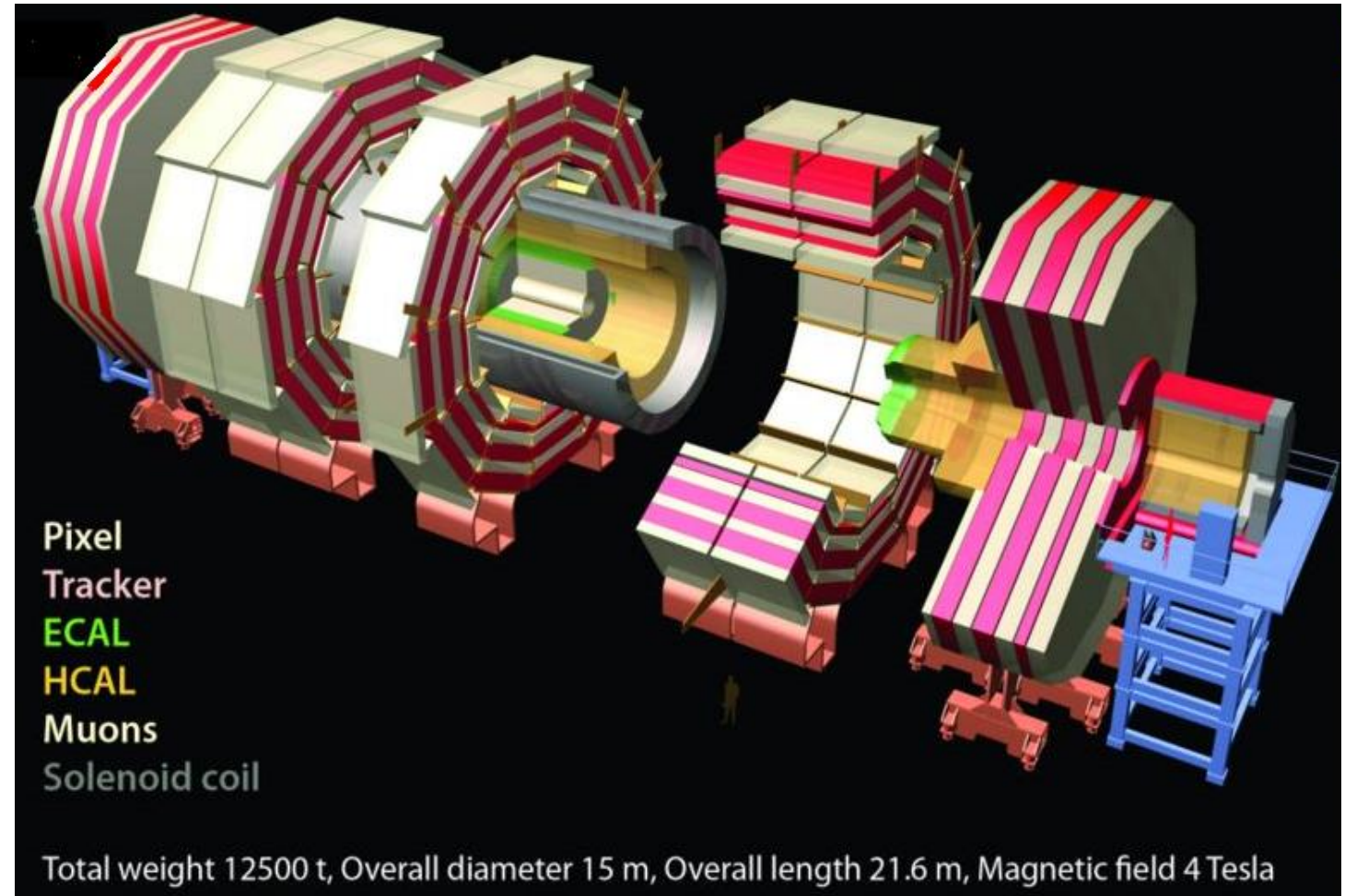
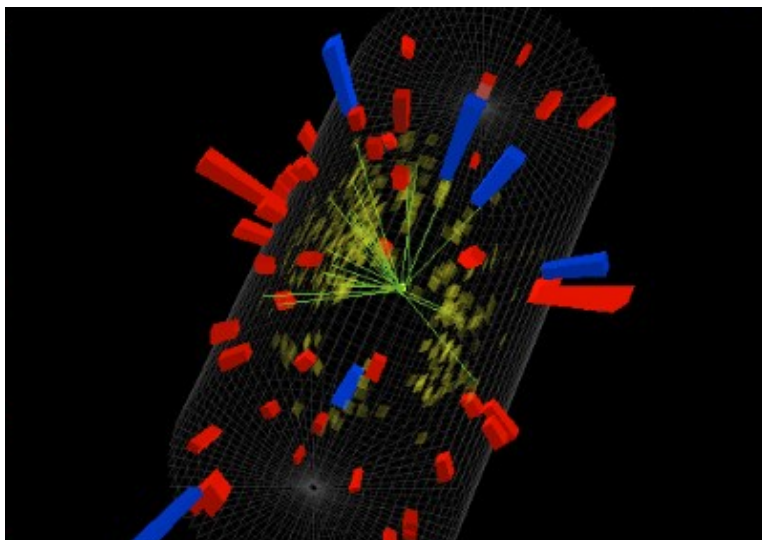


CMS Masterclass 2017



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 . . .

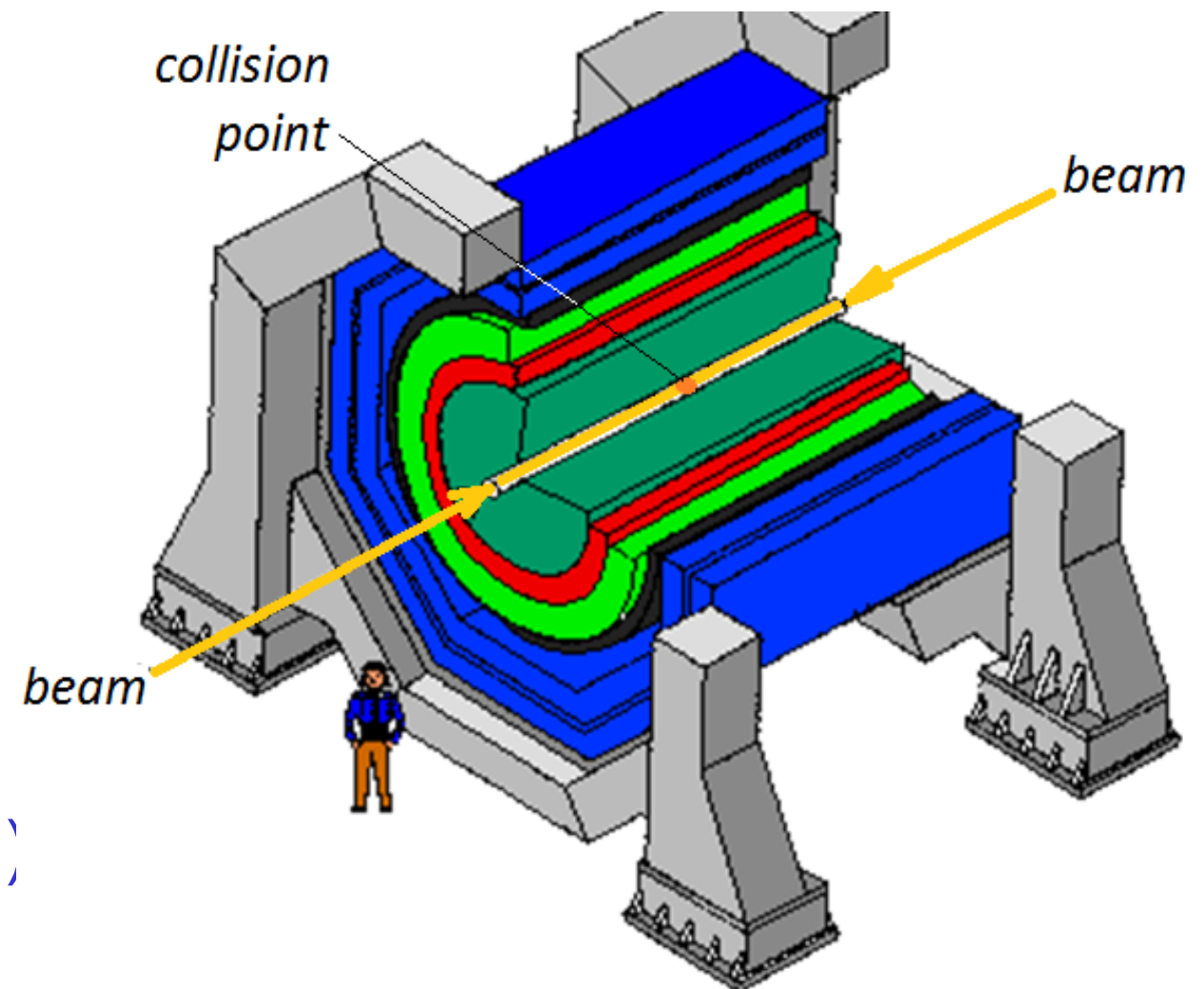
Tracciatore (traiettoria particelle cariche)

Calorimetro Elettromagnetico (energia elettroni e fotoni)

Calorimetro Adronico (energia adroni)

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

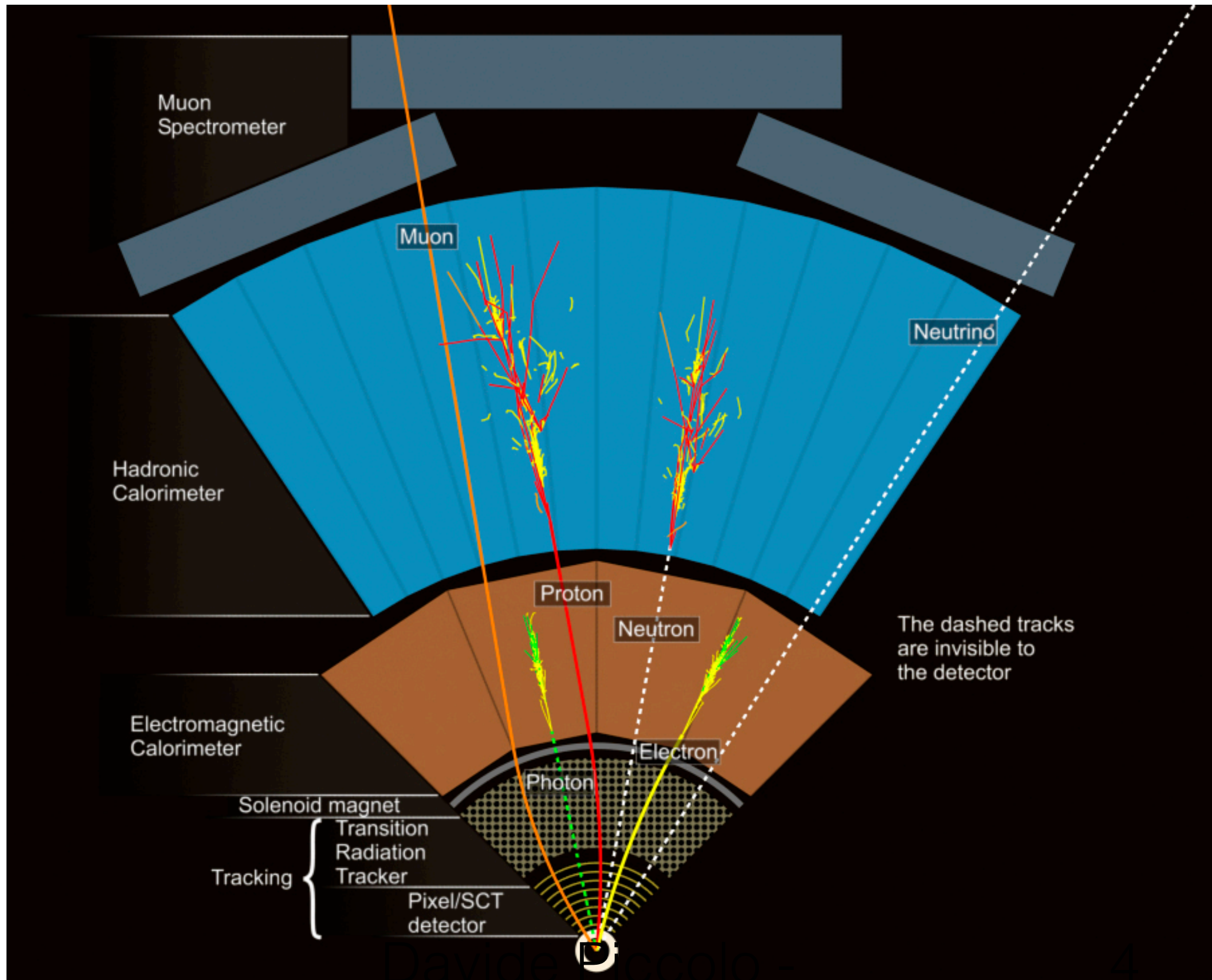
Rivelatori per Muoni (identificano i muoni)



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

Organizzare i rivelatori

CMS come esempio generale

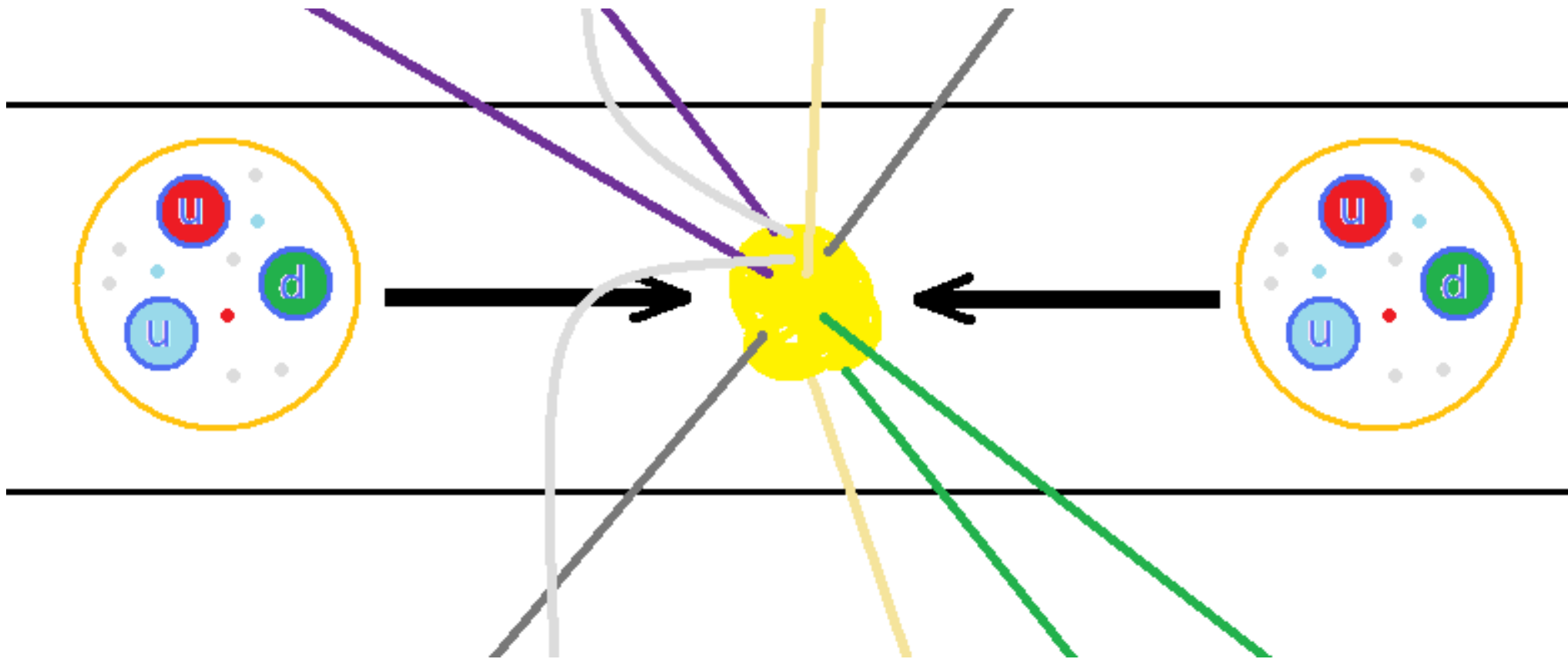


https://www.i2u2.org/elab/cms/graphics/CMS_Slice_elab.swf

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

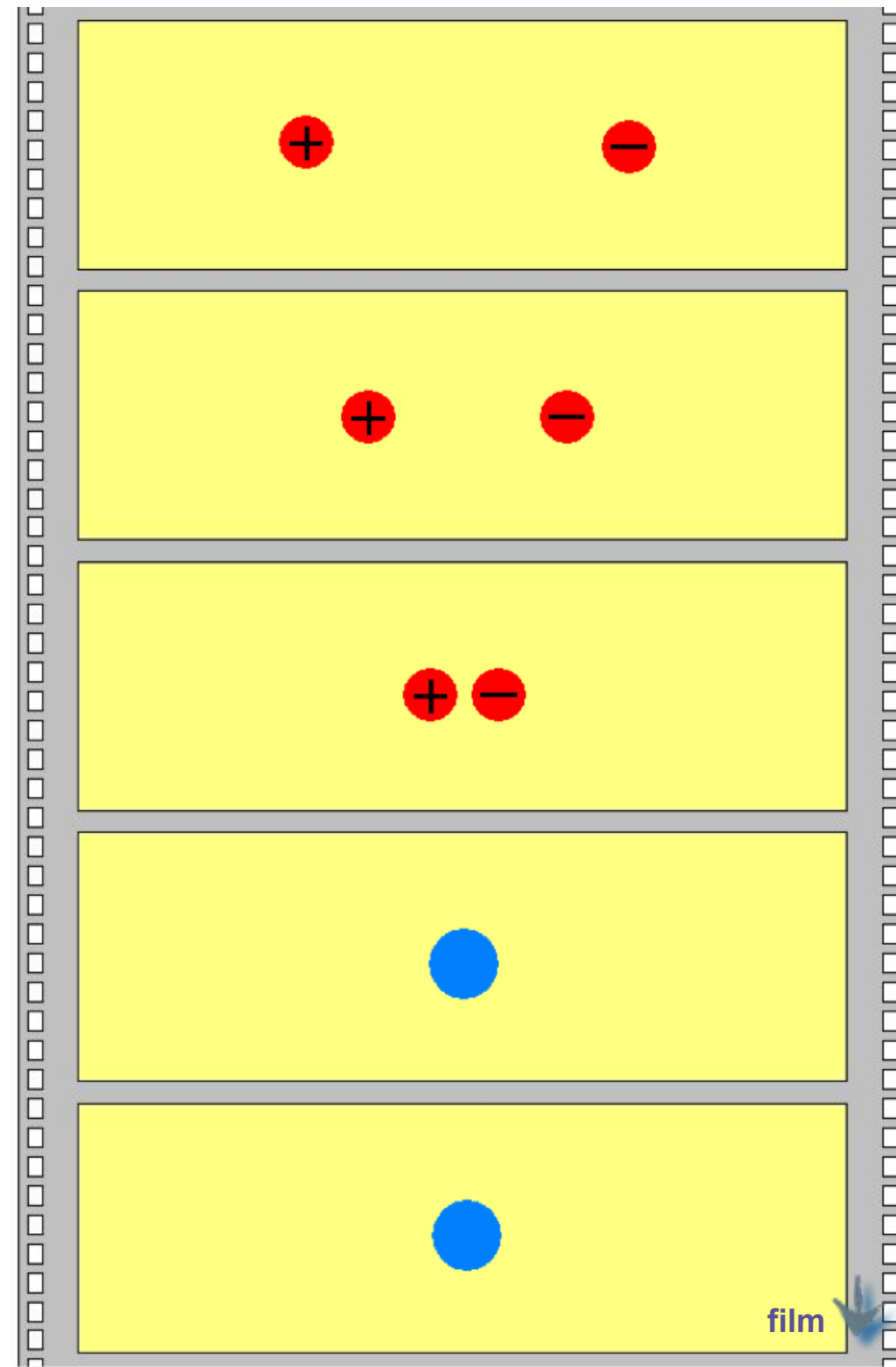


Decadimento delle nuove particelle

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 ?



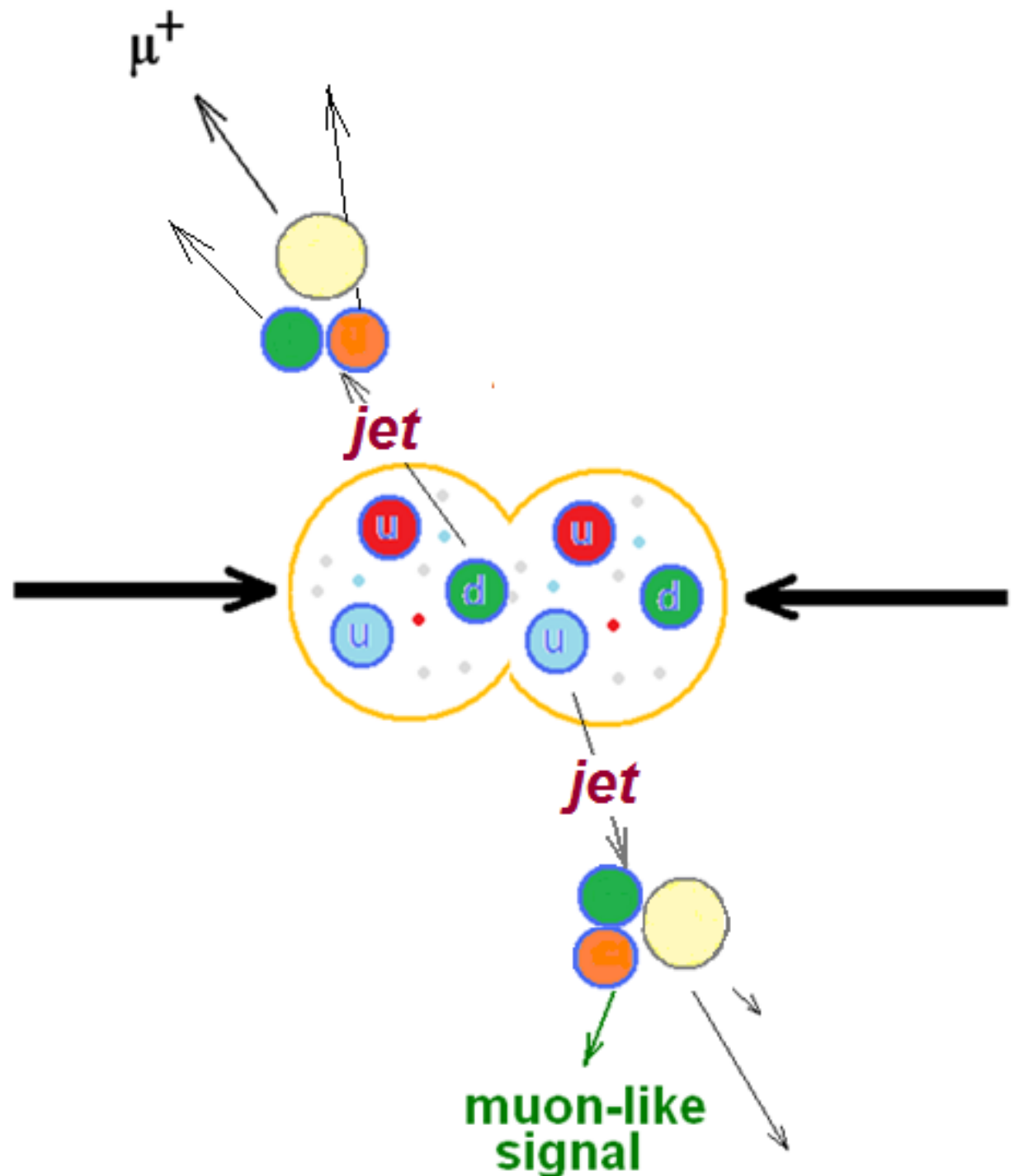
Eventi di fondo

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.

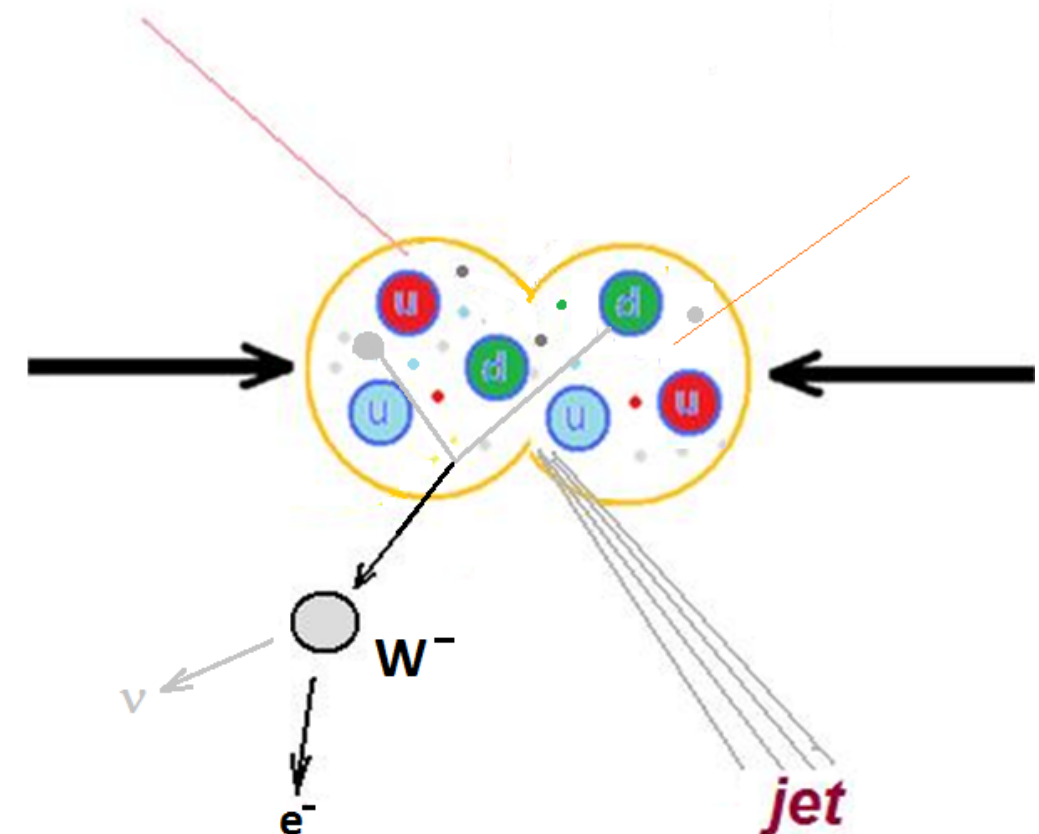
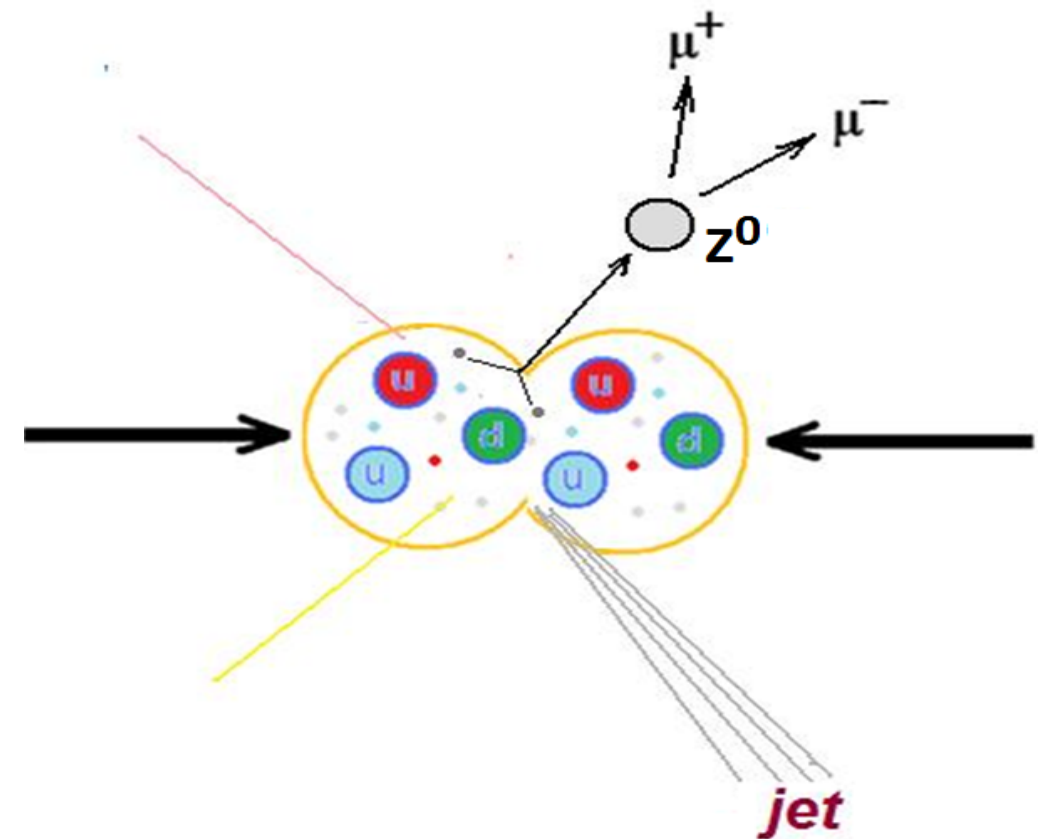


I bosoni W e Z

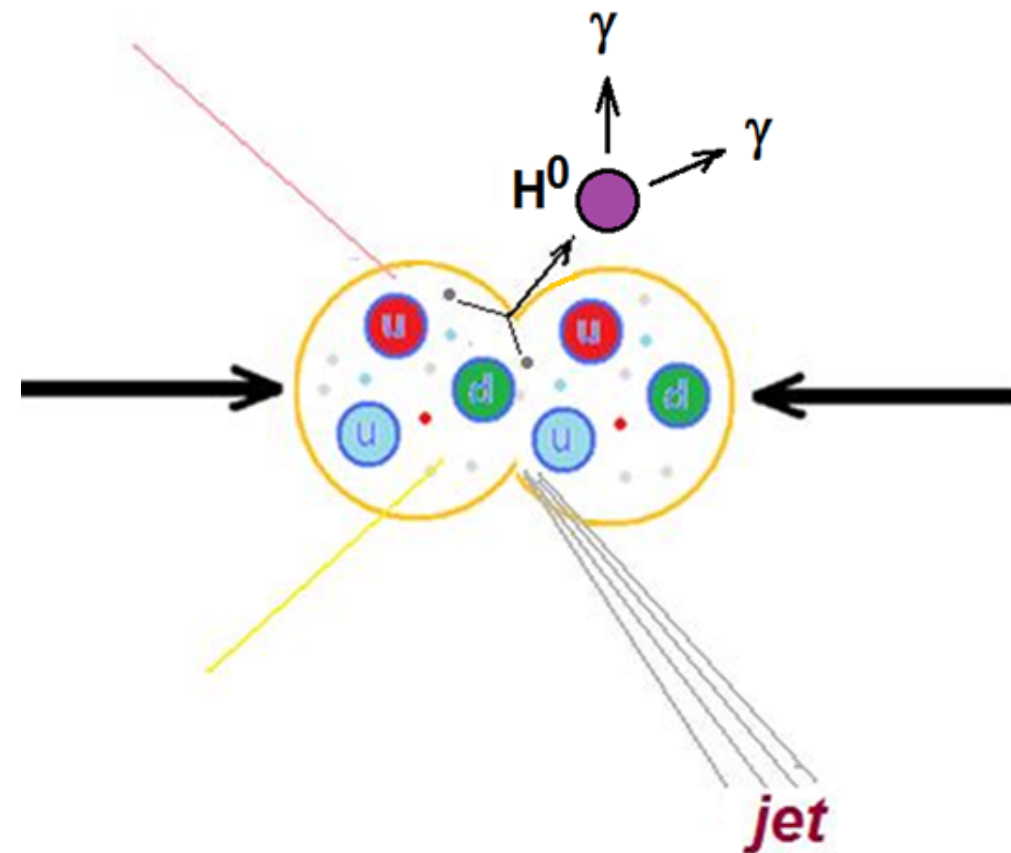
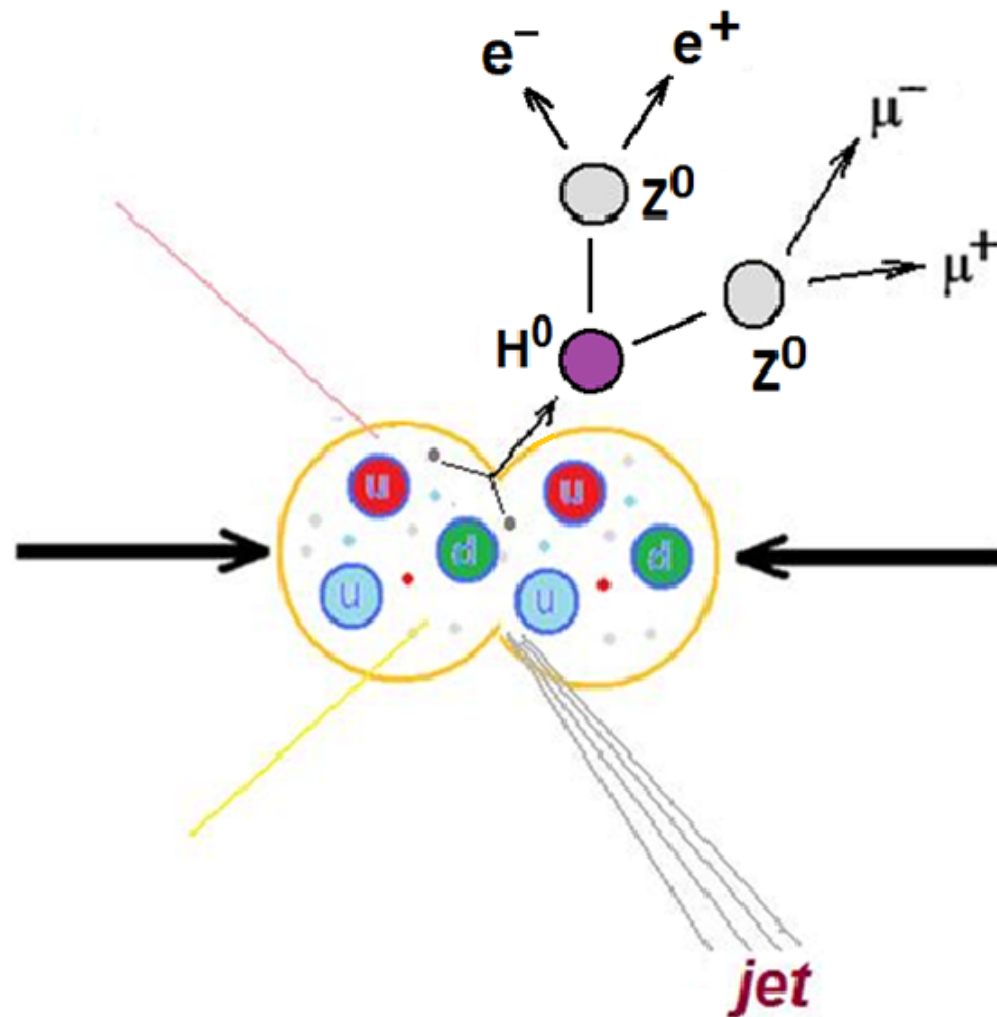
Sono le particelle scoperte da Rubbia e mediano l'interazione debole:

- **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

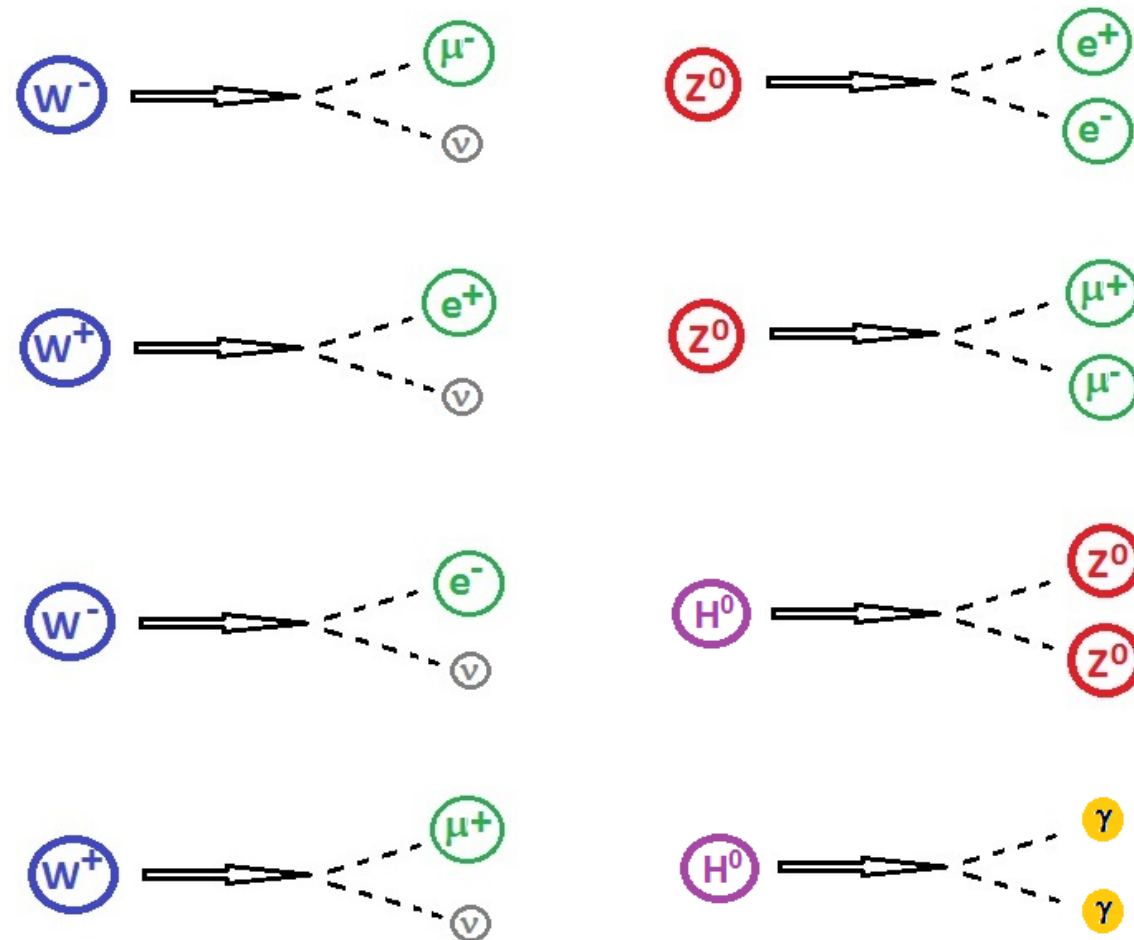
Decadimento in 2 fotoni

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/>

Detector Model ?

- Tracker
- ECAL Barrel
- ECAL Endcap
- ECAL Preshower
- HCAL Barrel
- HCAL Endcap
- HCAL Outer
- HCAL Forward
- Drift Tubes (muon)
- Cathode Strip Chambers (muon)
- Resistive Plate Chambers (muon)

Tracking ?

- Tracks (reco.)
- Clusters (Si Pixels)
- Clusters (Si Strips)
- Rec. Hits (Tracking)

ECAL ?

- Barrel Rec. Hits
- Endcap Rec. Hits
- Preshower Rec. Hits

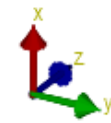
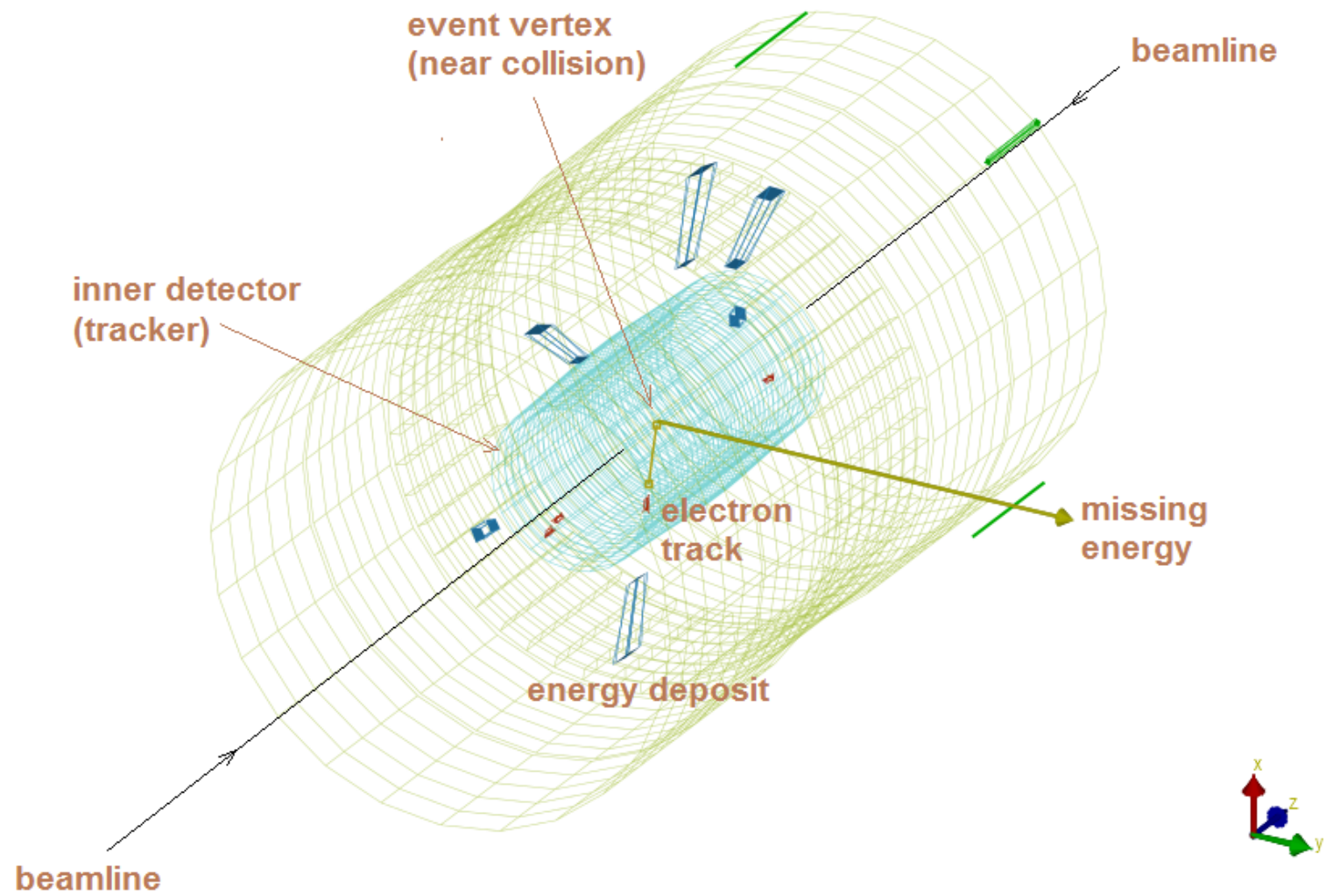
HCAL ?

- Barrel Rec. Hits
- Endcap Rec. Hits
- Forward Rec. Hits
- Outer Rec. Hits

Controls:

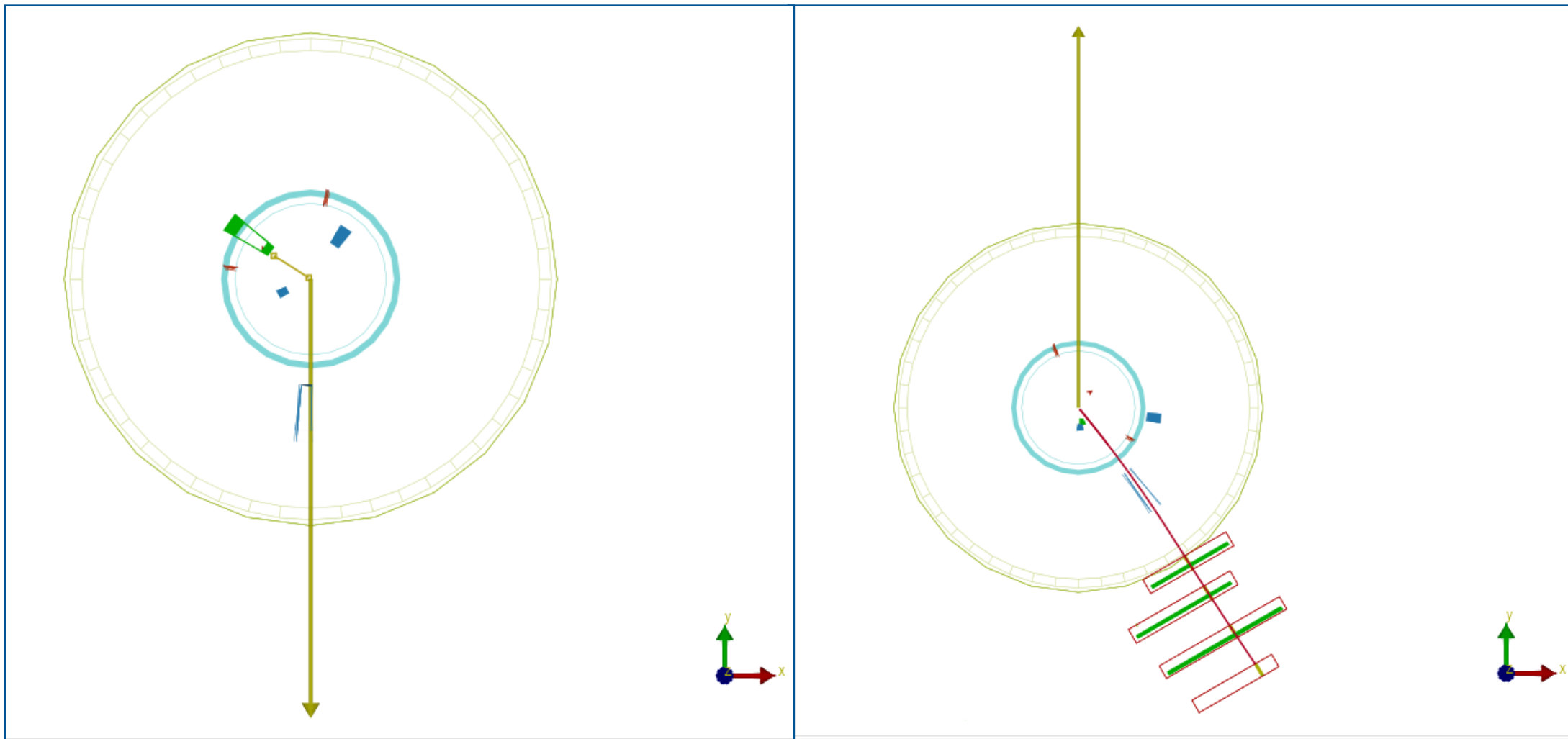
- rotate
- Ctrl** + → pan x / y
- Shift** + → pan z

event display controls



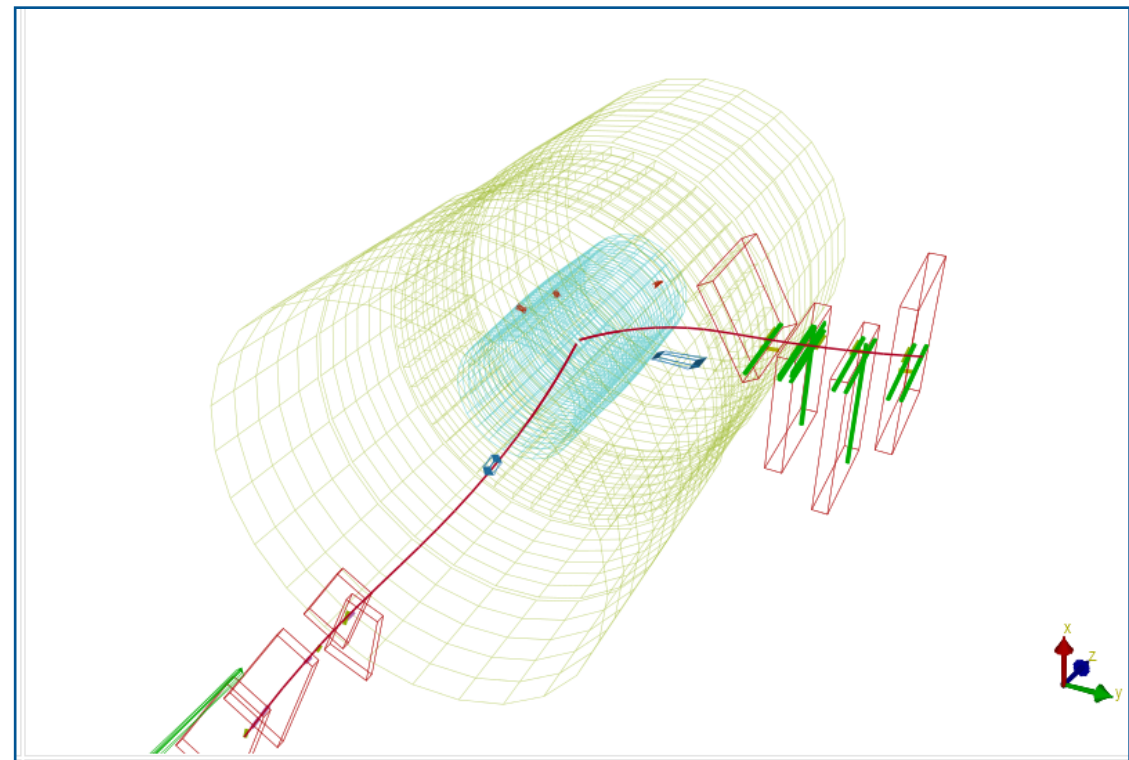
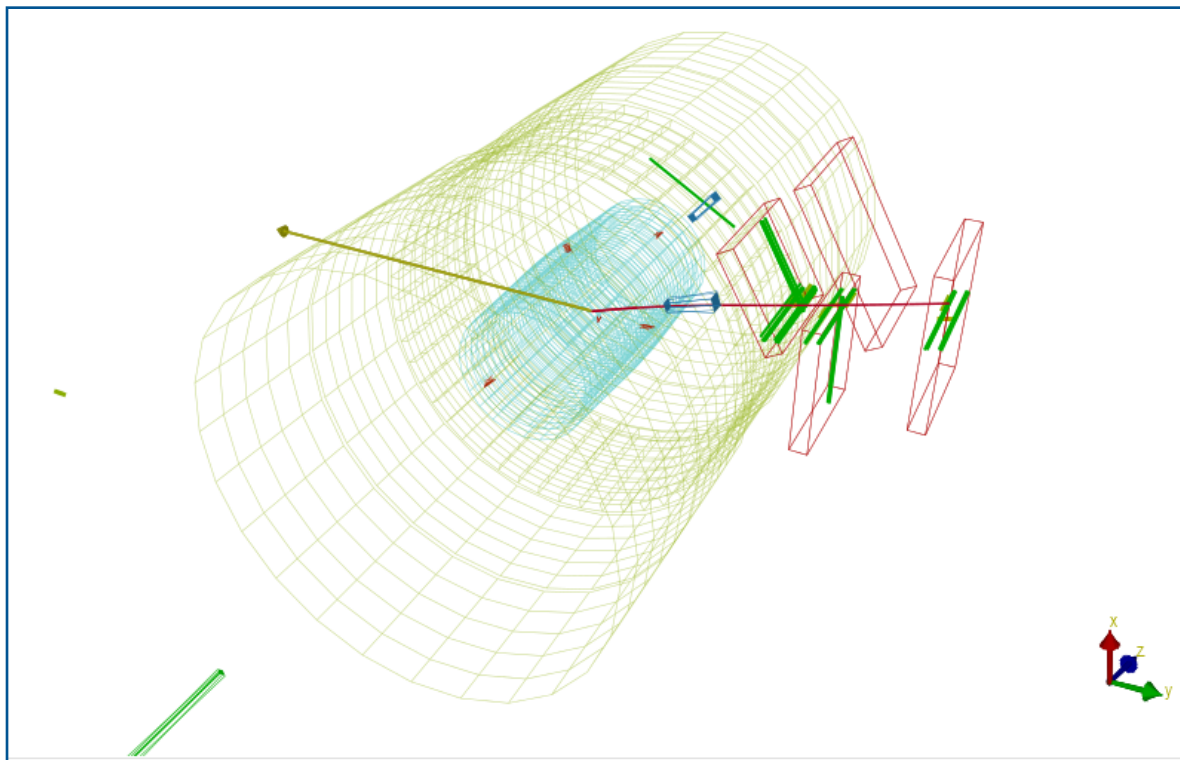
I vostri compiti

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



I vostri compiti

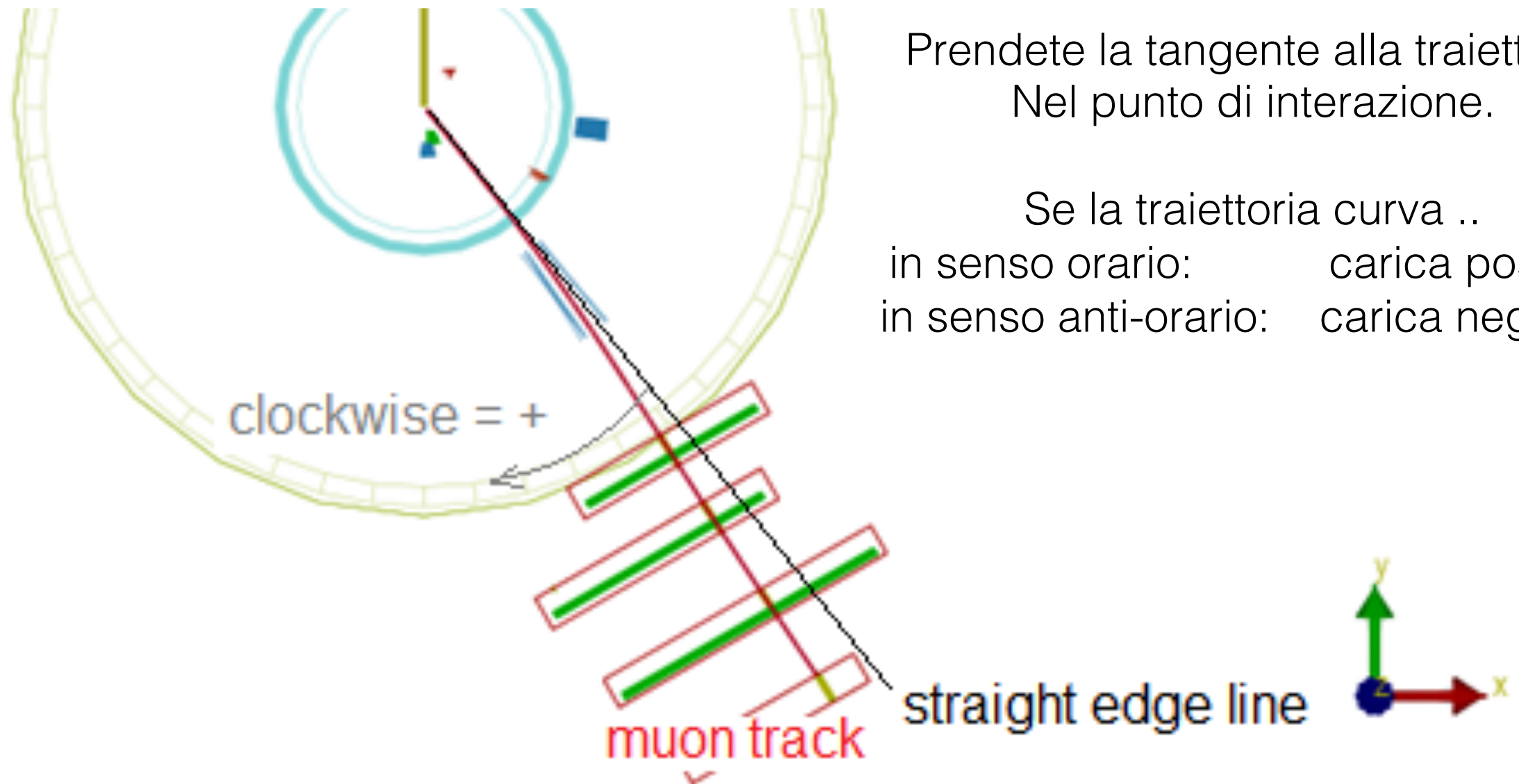
- Riuscite a distinguere una Z da una W ?



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^- ?



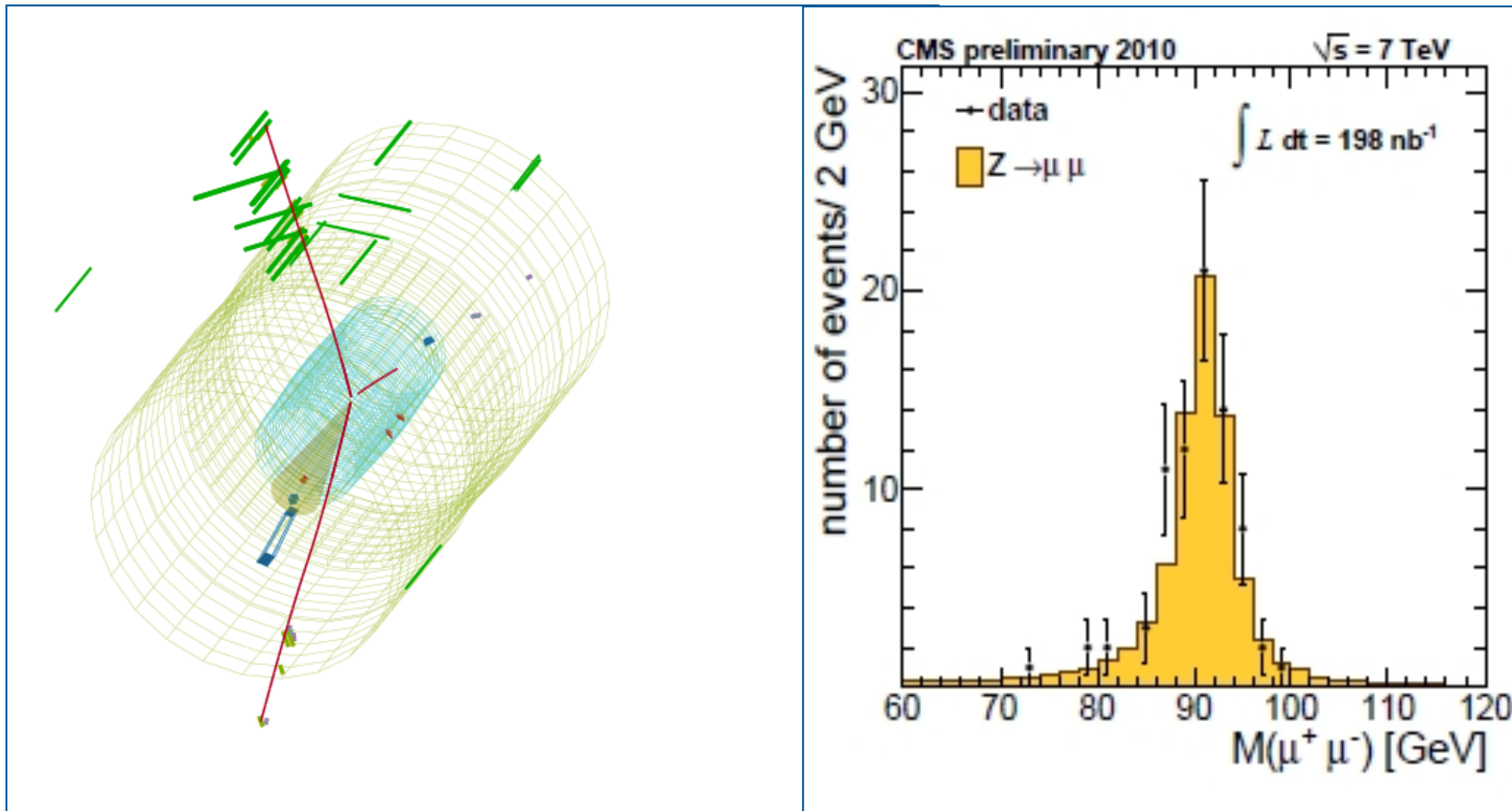
Prendete la tangente alla traiettoria
Nel punto di interazione.

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.

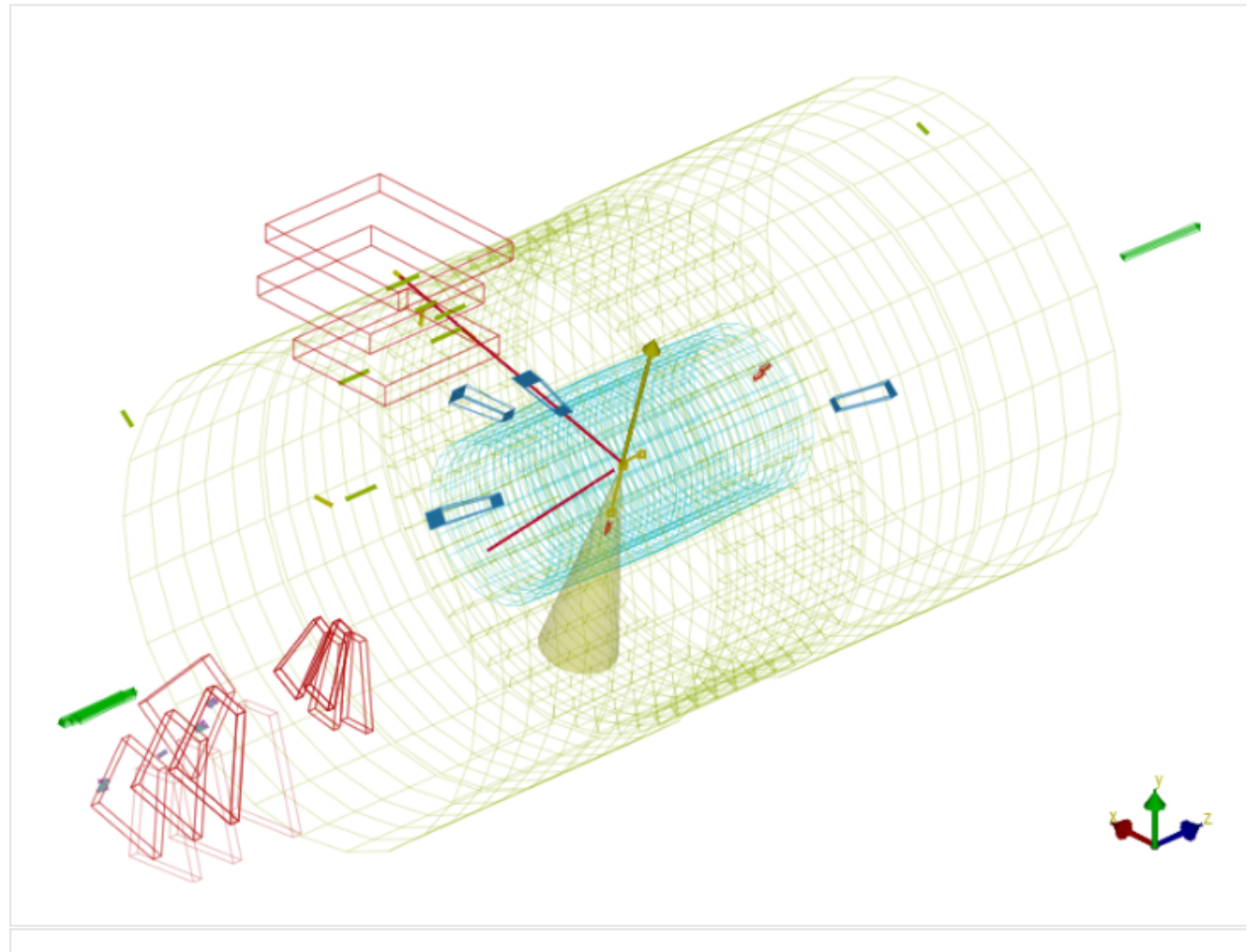


EvNo	E1	px1	py1	pz1	pt1	eta1	phi1	Q1	E2	px2	py2	pz2	pt2	eta2	phi2	Q2	M
128943239	72.89895	13.36098	-26.087	66.74727	29.3095	1.5612	-1.09746	1	37.6277	-10.9181	35.80517	-3.82334	37.3966	-0.10197	1.86677	-1	90.31227

I vostri compiti

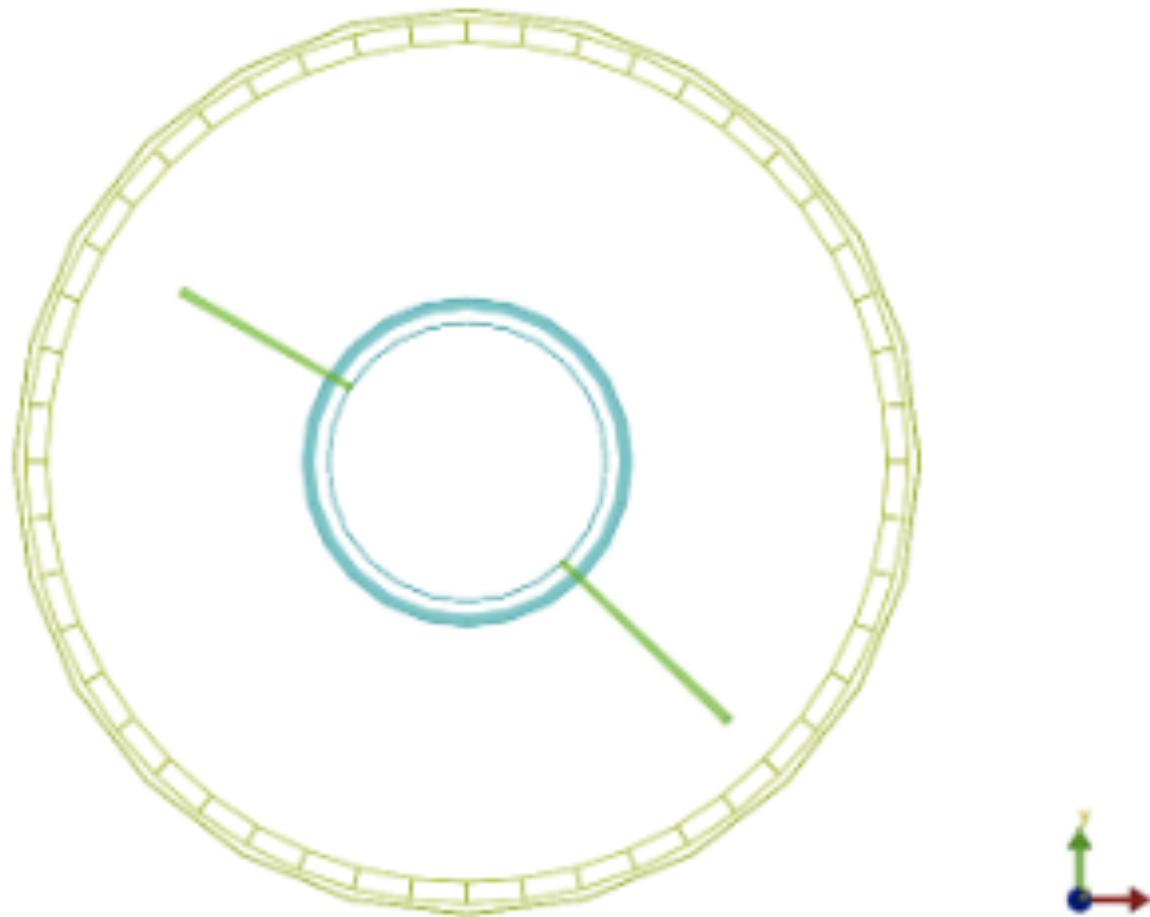
- Riusciamo ad identificare eventi Higgs $\rightarrow ZZ$?
 - $Z \rightarrow e^+e^-$
 - $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$

Cercate eventi con 4 leptoni (e o μ)
Le coppie di e o di μ 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

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



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.

Back Events Table Mass Histogram Results

Masterclass: 31Jan2015
location: MexicoCity
Group: 8

Event index:

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

Istogrammi di massa e risultati

Back Events Table **Mass Histogram** Results

Masterclass: 31Jan2015
location: MexicoCity

Group	Muon	Electron	W	W-	W+	Z	Higgs	Zoo	Total
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	5	2	0	0	6	1	1	10
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2	1	0	0	2	1	0	1	4
9	4	3	1	1	1	4	1	1	9
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0



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/μ ? 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 ?