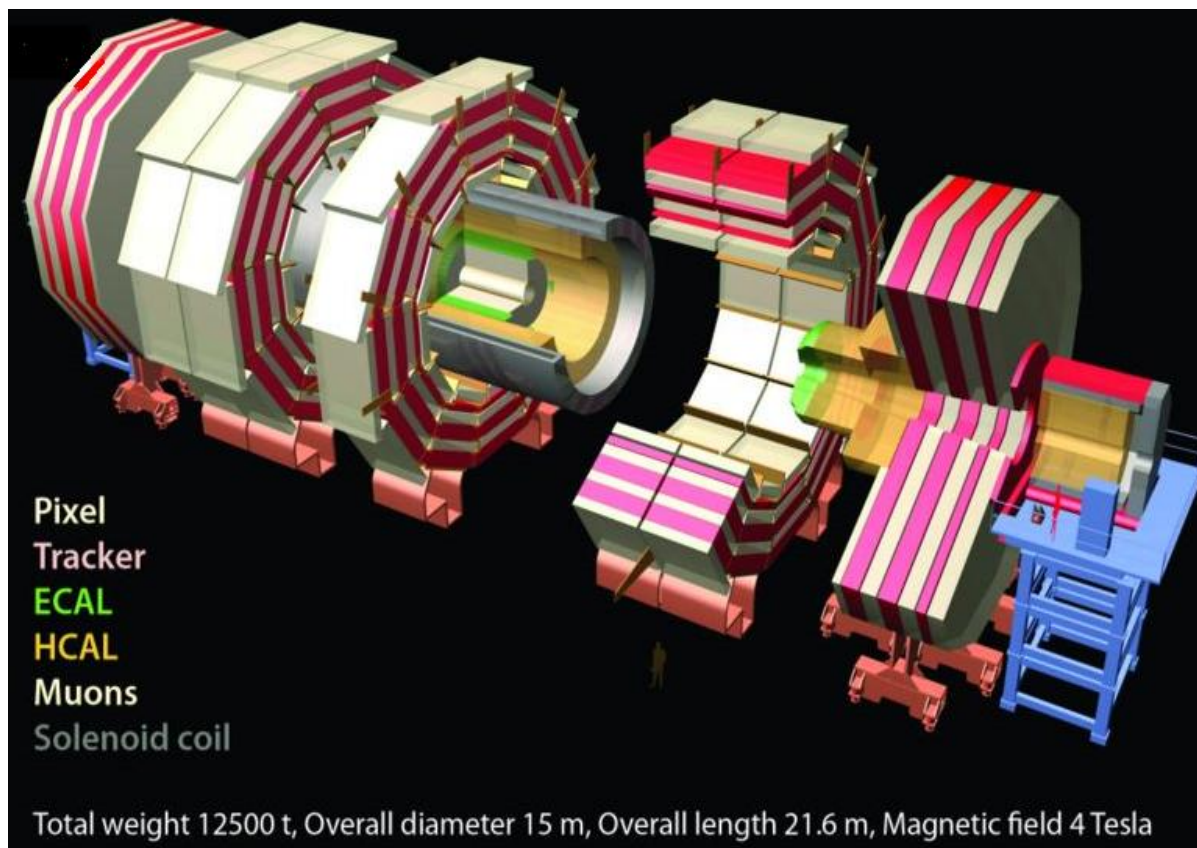




# Einstein in the 21st Century

# CMS Masterclass 2017



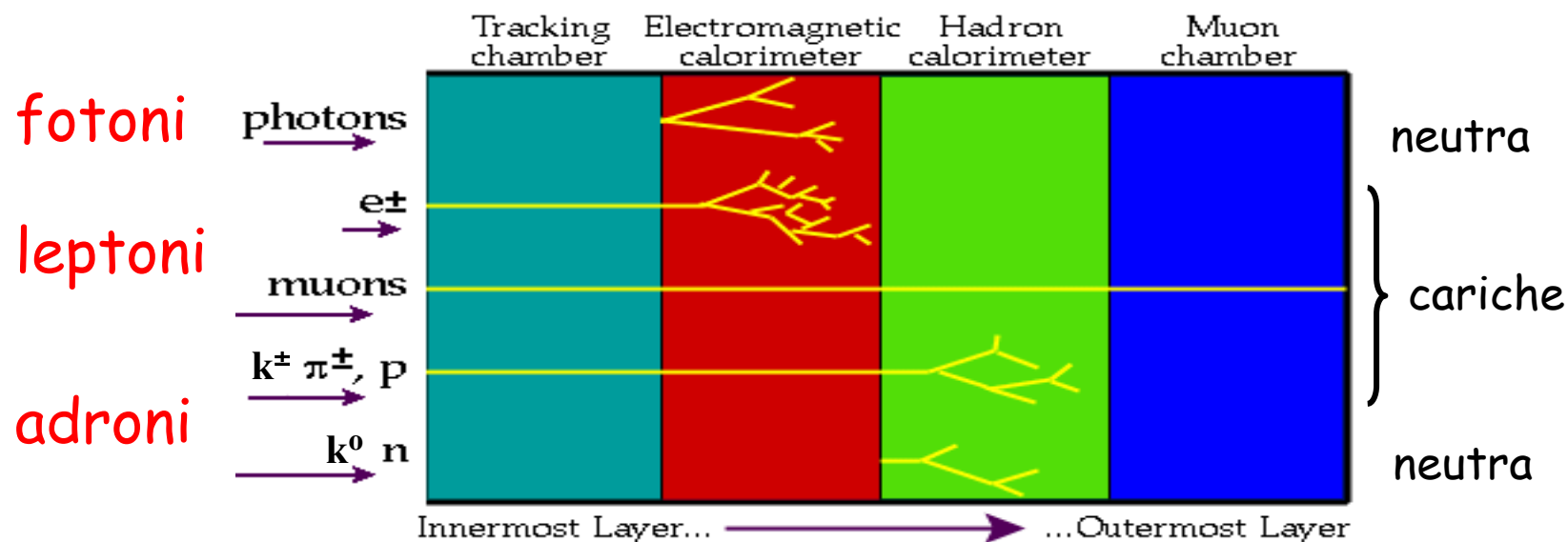


# Einstein in the 21st Century

## Tipologie di rivelatori



Le particelle visibili vengono misurate tramite rivelatori diversi ed identificate dai loro comportamenti caratteristici dovuti al tipo di interazione con la materia.



Le particelle cariche rilasciano segnale nei rivelatori di traccia (Tracking, Muon) e vengono indicate con una linea continua.



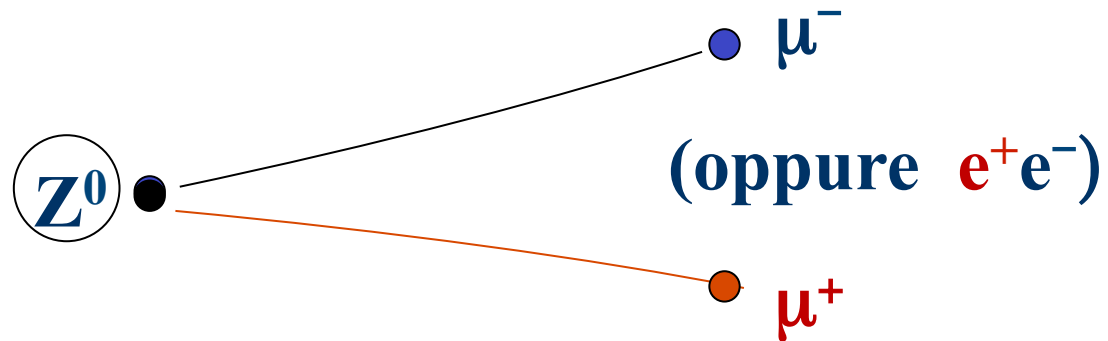
Con questo esercizio dovrai riconoscere:

**NP: Neutral particle**

(bosoni  $Z^0$  o particelle neutre più leggere)

Decadono in coppie di muoni o di elettroni.

Hanno carica opposta quindi una curvatura con opposto senso di rotazione. Nel caso di  $Z^0$  le tracce sono quasi dritte ed il senso di rotazione può essere difficile da determinare.



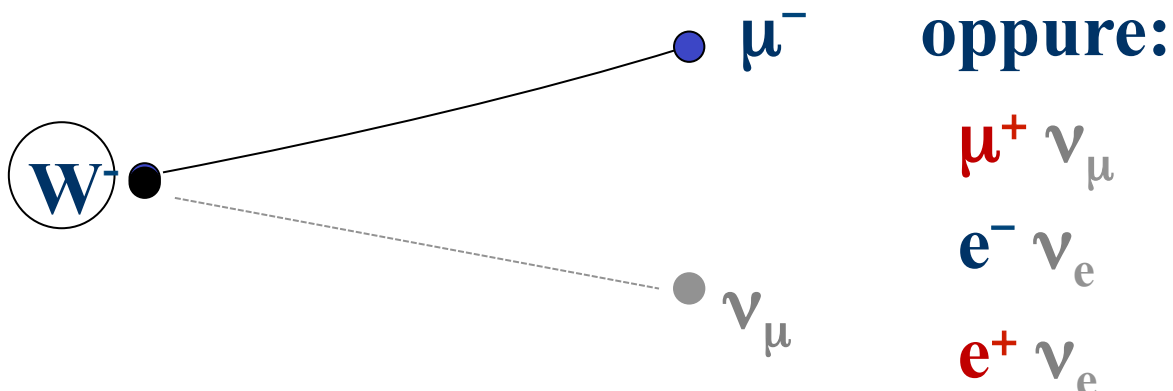


## Candidati bosoni $W^+$ e $W^-$

decadono in muoni o elettroni singoli ed in un neutrino di alta energia non rivelabile. La carica del  $W$  si distingue dalla lieve curvatura del muone (o elettrone):

senso antiorario  $\rightarrow$  carica negativa

senso orario  $\rightarrow$  carica positiva



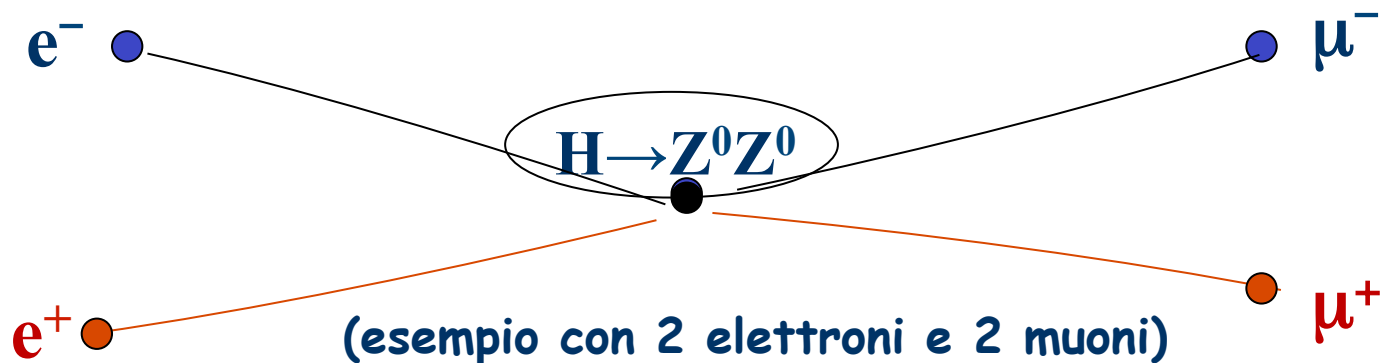


## Candidati bosoni Higgs ( $H \rightarrow Z^0 Z^0$ )

Il bosone Higgs decade in una coppia  $Z^0 Z^0$ .

I bosoni  $Z^0$  decadono in coppie di muoni o di elettroni per un totale di 4 tracce.

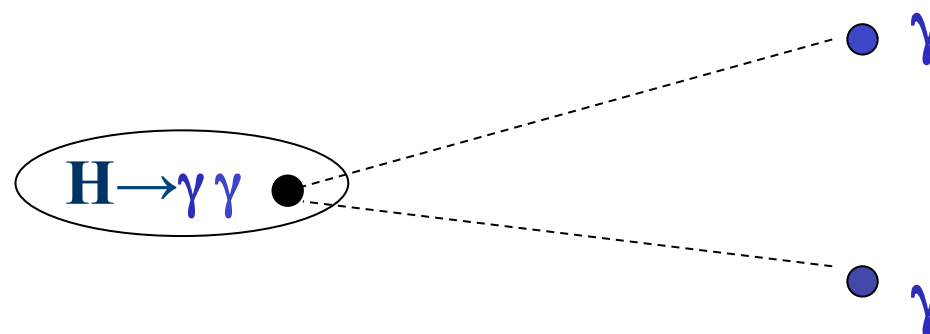
Le tracce sono quasi dritte, hanno una piccola curvatura con opposto senso di rotazione.





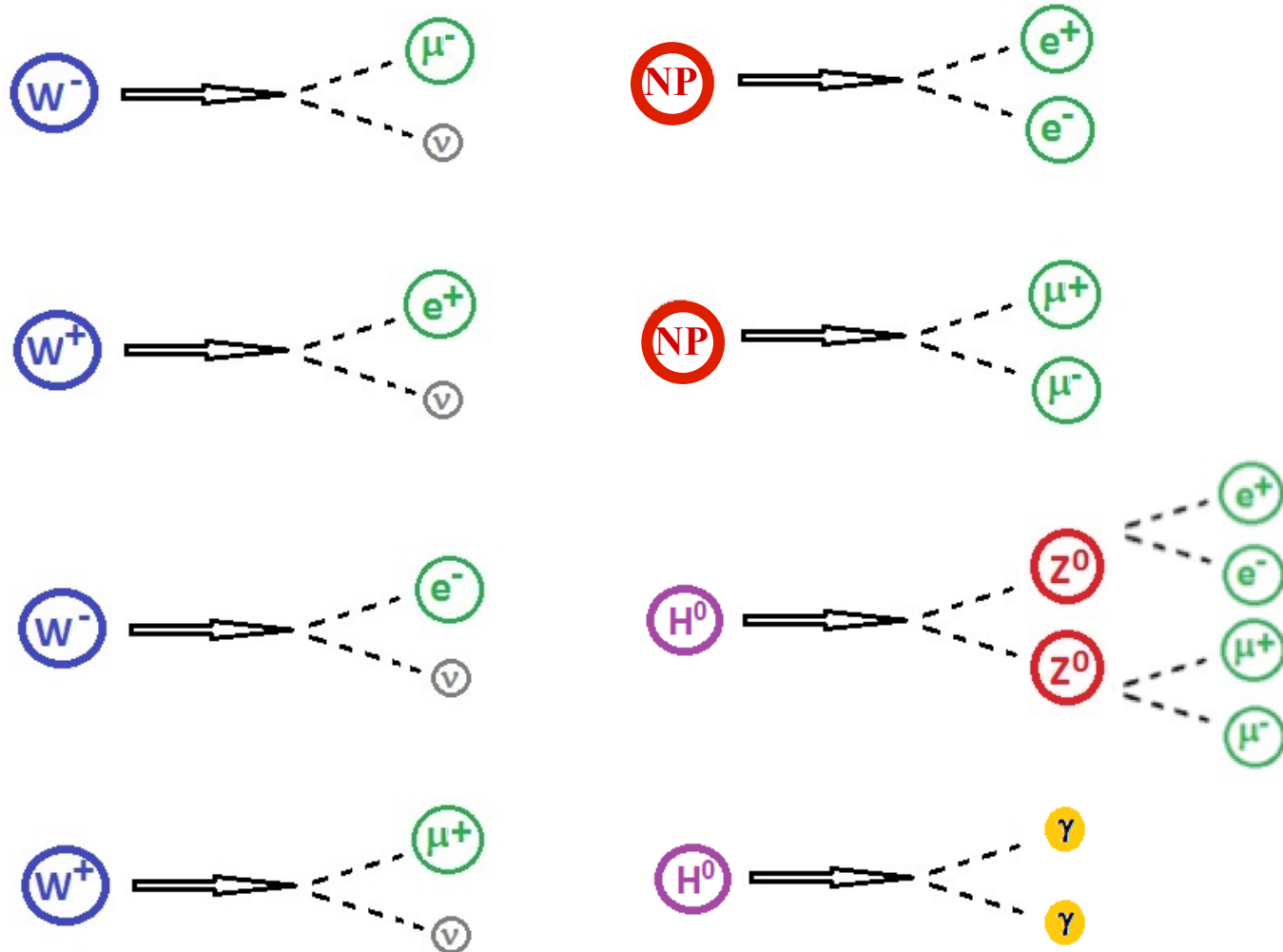
## Candidati bosoni Higgs ( $H \rightarrow \gamma\gamma$ )

Il bosone Higgs decade in una coppia di fotoni.  
I fotoni sono neutri, non rilasciano segnale nel rivelatore di traccia. Si osservano due segnali nel calorimetro elettromagnetico.





## Riassunto





# Einstein in the 21st Century

## Tipologie di rivelatori

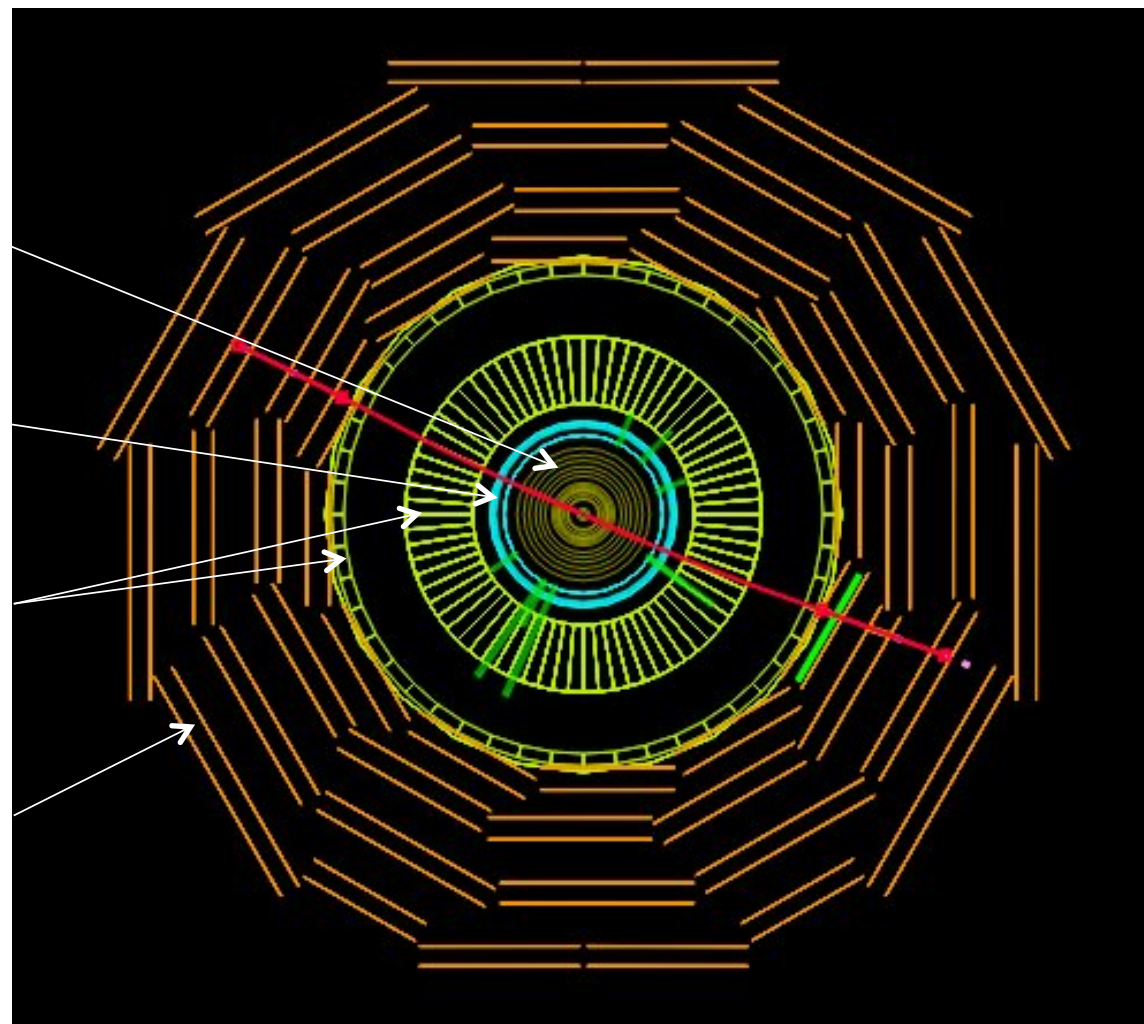


Tracker  
Barrels

Barrel  
Electromagnetic  
calorimeter

Barrel Hadron  
calorimeter

Barrel Muon  
Chambers  
(Drift tubes)



16 Marzo 2017

8

Masterclass 2017





# Einstein in the 21st Century

## Tipologie di rivelatori

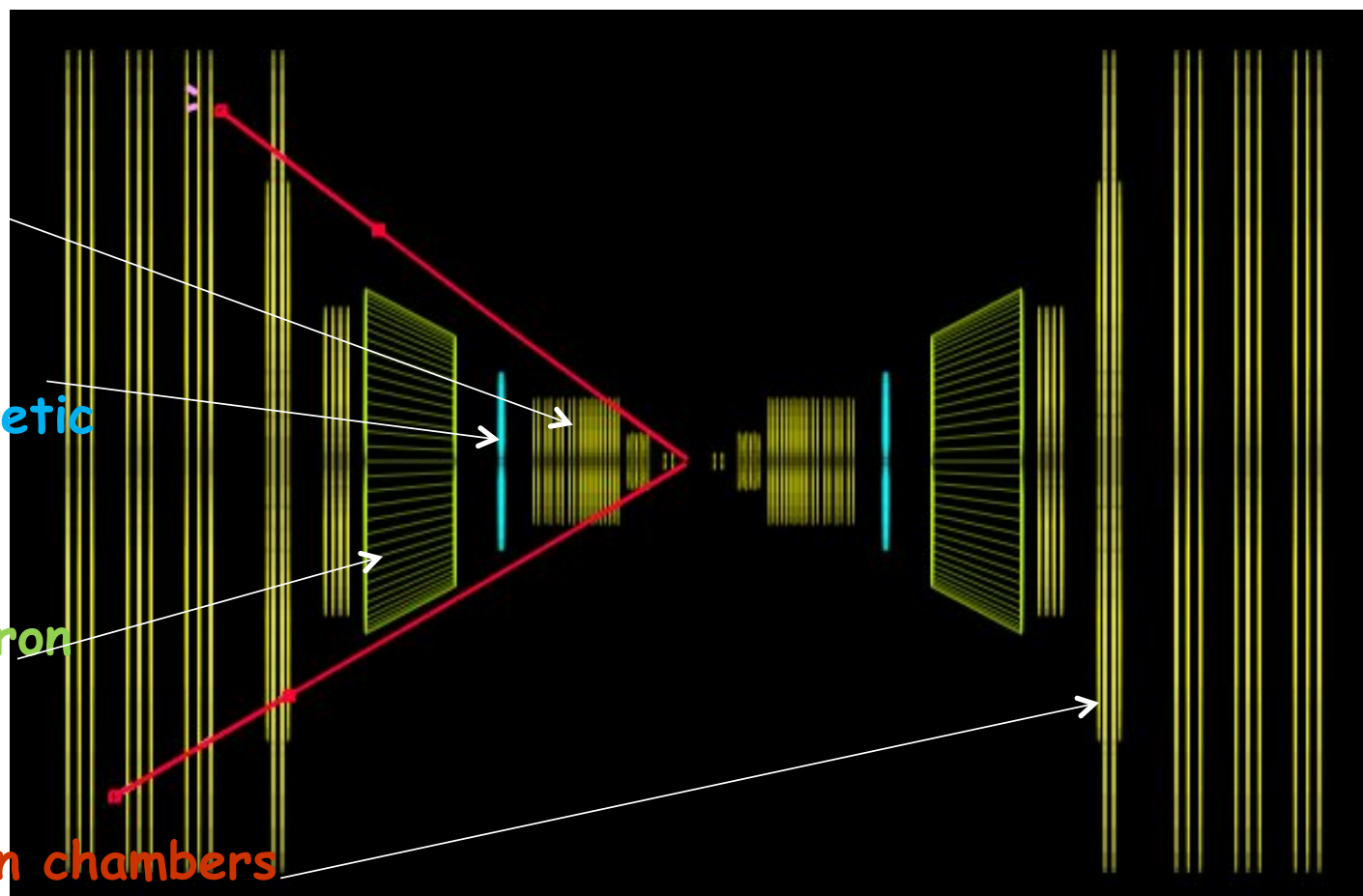


Tracker  
Endcaps

Endcap  
Electromagnetic  
Calorimeter

Endcap Hadron  
calorimeter

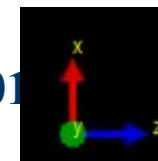
Endcap Muon chambers  
(Cathode Strip Chambers)



16 Marzo 2017

9

Masterclass 2017



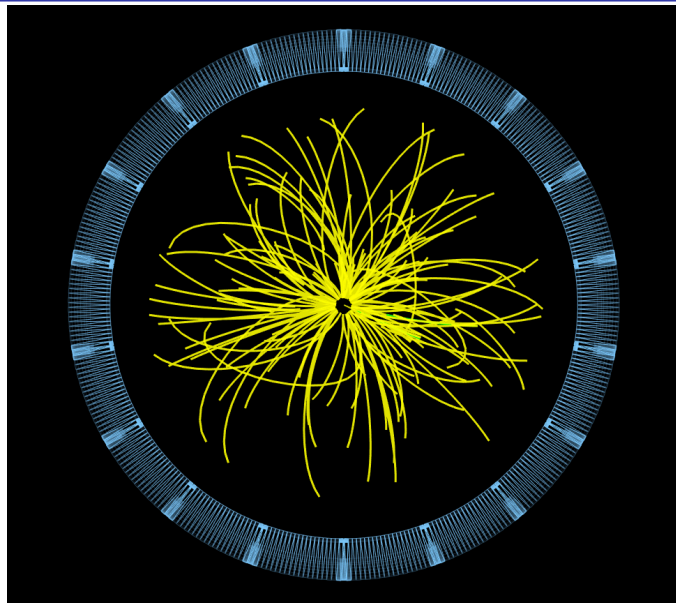


# Einstein in the 21st Century

## Interazioni LHC a CMS

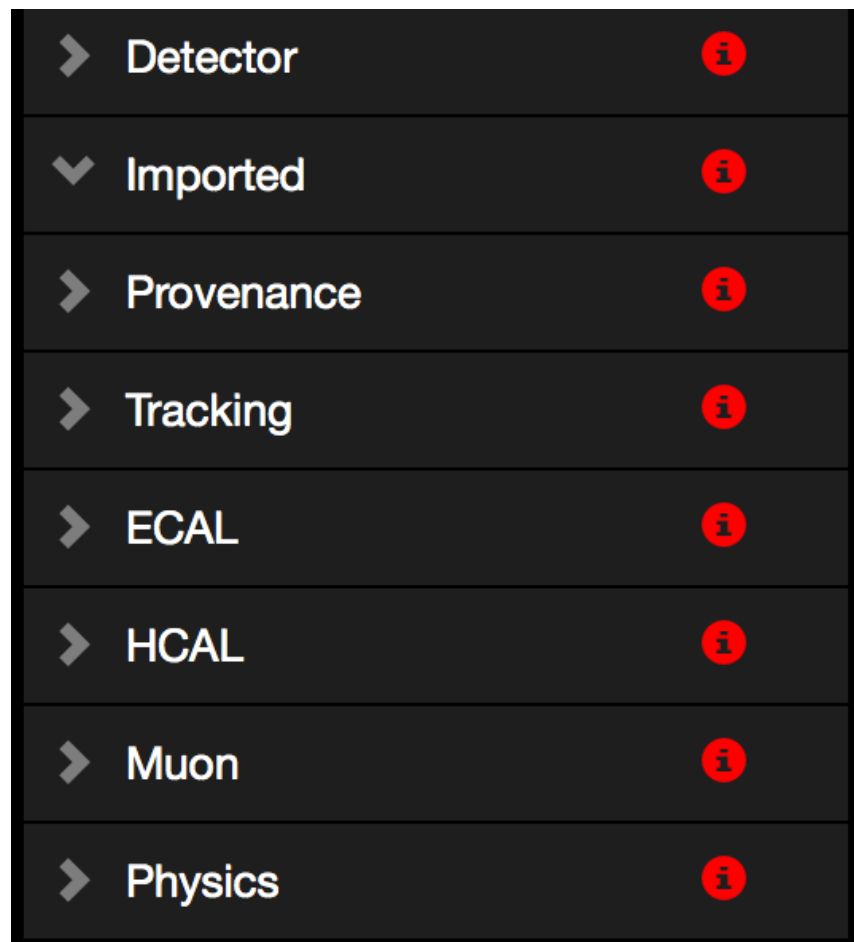


Saranno analizzati eventi del RUN 1 di LHC aventi un'energia di interazione di 8 TeV. L'urto protone-protone produce in media circa 30 tracce cariche ma possono essere anche molte di più. Le tracce di particolare interesse sono evidenziate con il colore **rosso** (muoni) e **verde** (elettroni). Le tracce non identificate in genere a causa della bassa energia sono **gialle**. I fotoni ricostruiti sono mostrati con linee dritte **gialle**. L'energia mancante è evidenziata con una linea tratteggiata **viola**.





Il software "iSpyWebGL" dispone di diversi menu a tendina:



← Visualizzare i diversi rivelatori

← Quando sono stati presi i dati

←  
←  
←  
←

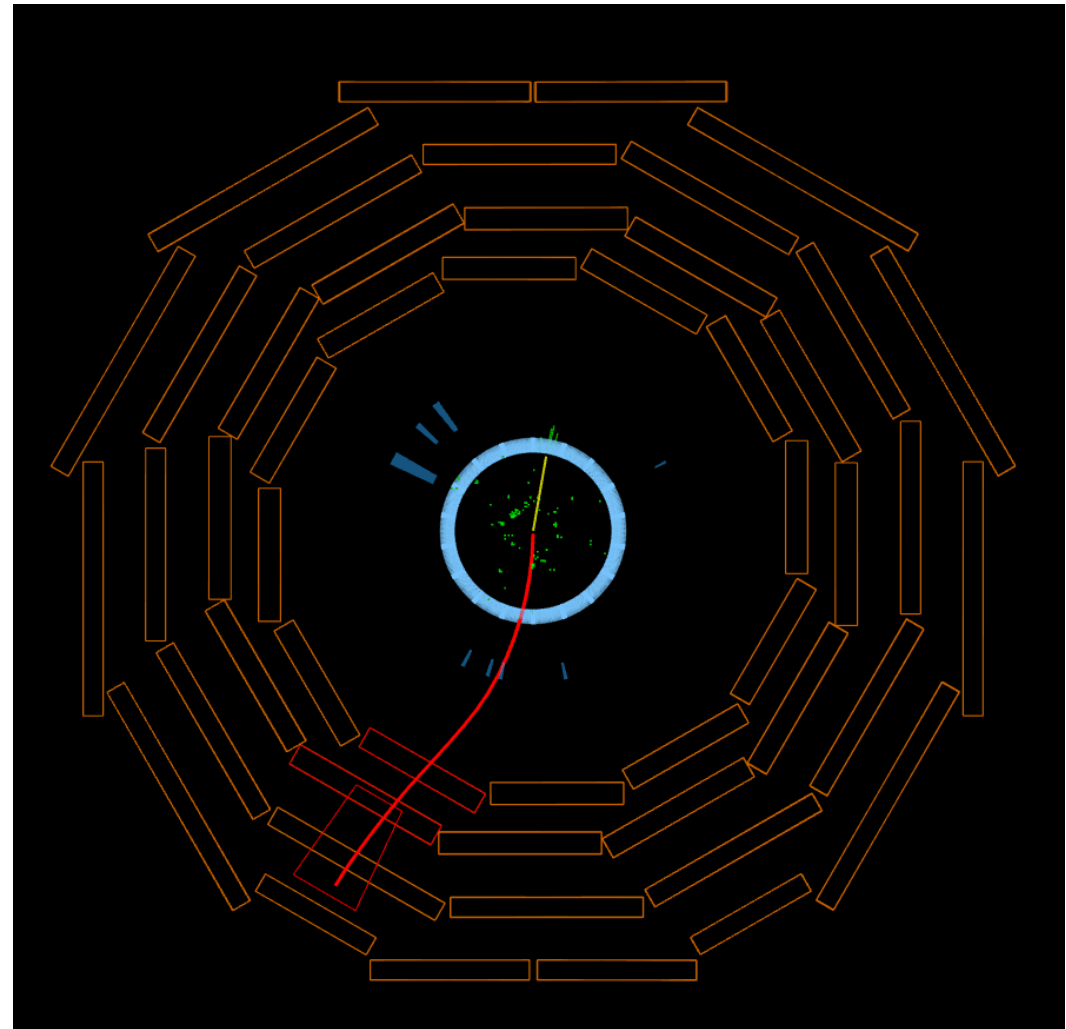
Visualizzare le risposte ("hits") dei diversi rivelatori

← Visualizzare gli "oggetti" ricostruiti (elettroni, muoni, fotoni, energia mancante)



▼ Physics ⓘ

- Vertices (Reco)
- Electron Tracks (GSF)
- Stand-alone Muons (Reco)
- Global Muons (Reco)
- Photons (Reco)
- Jets (Reco)
- Missing Et (PF)



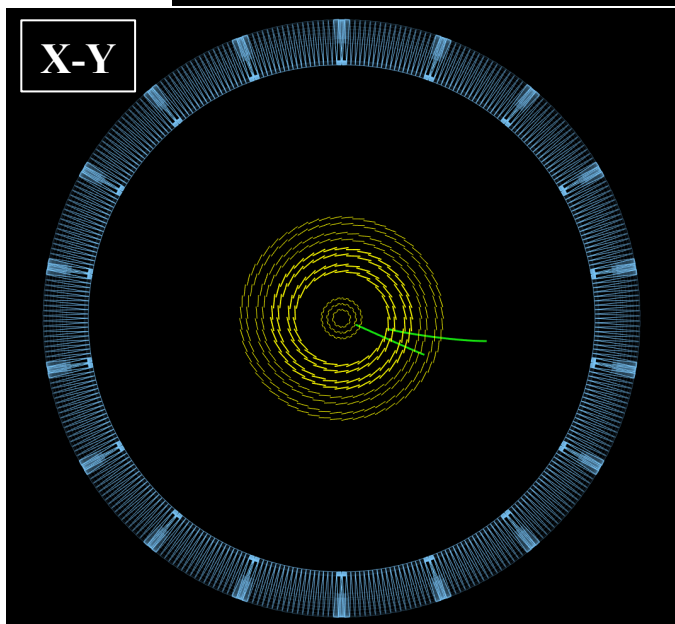
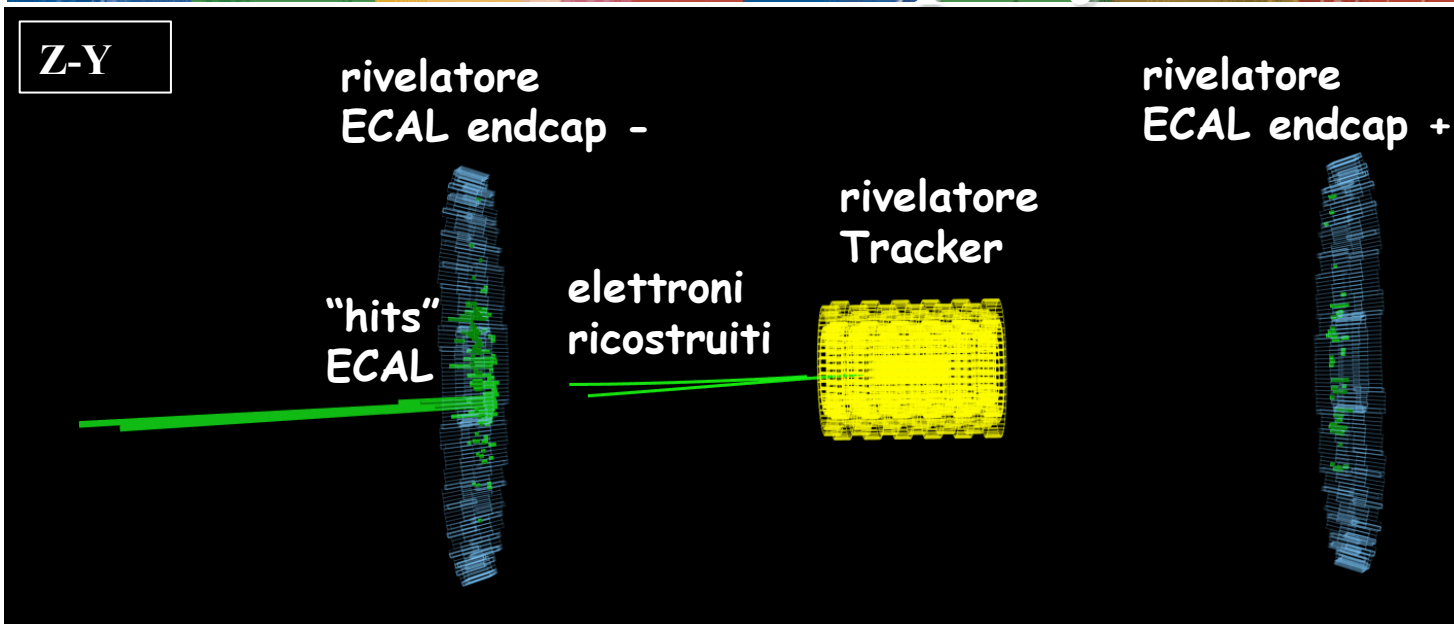
Se l'evento contiene oggetti ricostruiti interessanti (muoni, elettroni, fotoni) La selezione è automatica.

L'energia mancante (Missing Et va selezionata a mano)



# Einstein in the 21st Century

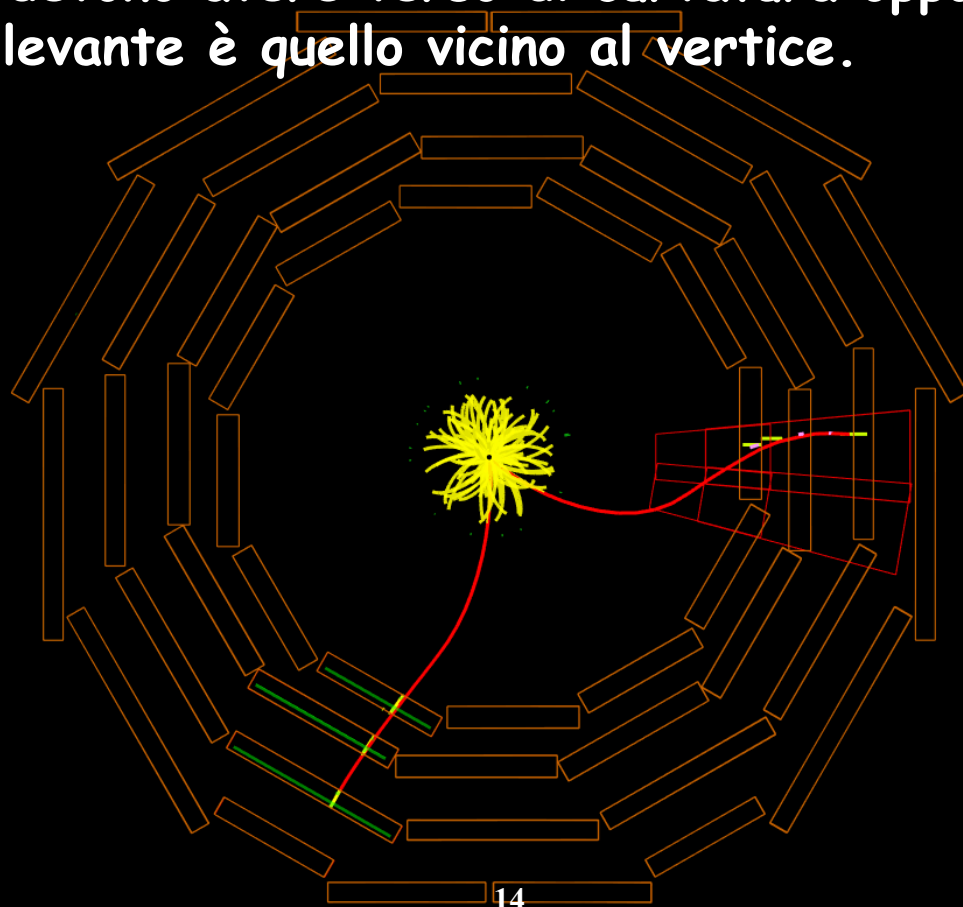
## Event display



La proiezione X-Y serve per visualizzare la curvatura delle tracce anche quando esse sono state emesse principalmente in direzione Z (lungo la linea del fascio).



Un candidato NP che decade in due muoni ha due tracce che attraversano i rivelatori a muoni producendo in essi un segnale (rettangoli verdi nel "barrel" DT e punti viola negli "endcap" CSC). Le due tracce devono avere verso di curvatura opposto. Il verso di curvatura rilevante è quello vicino al vertice.

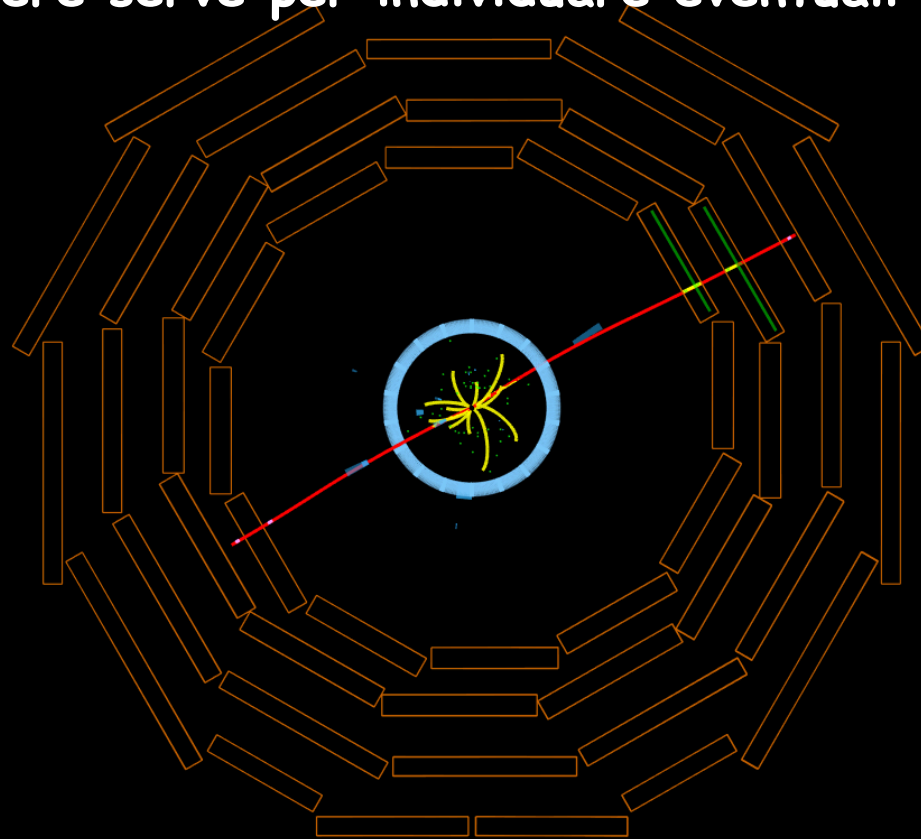


NP



Un candidato  $Z^0$  rispetto ad un generico NP ha due tracce con una curvatura poco accentuata. I candidati  $Z^0$  non andranno classificati separatamente, saranno sempre classificati come NP.

Saperli distinguere serve per individuare eventuali candidati  $H \rightarrow ZZ$



**NP( $Z^0$ )**  
Decadimento  $\mu$

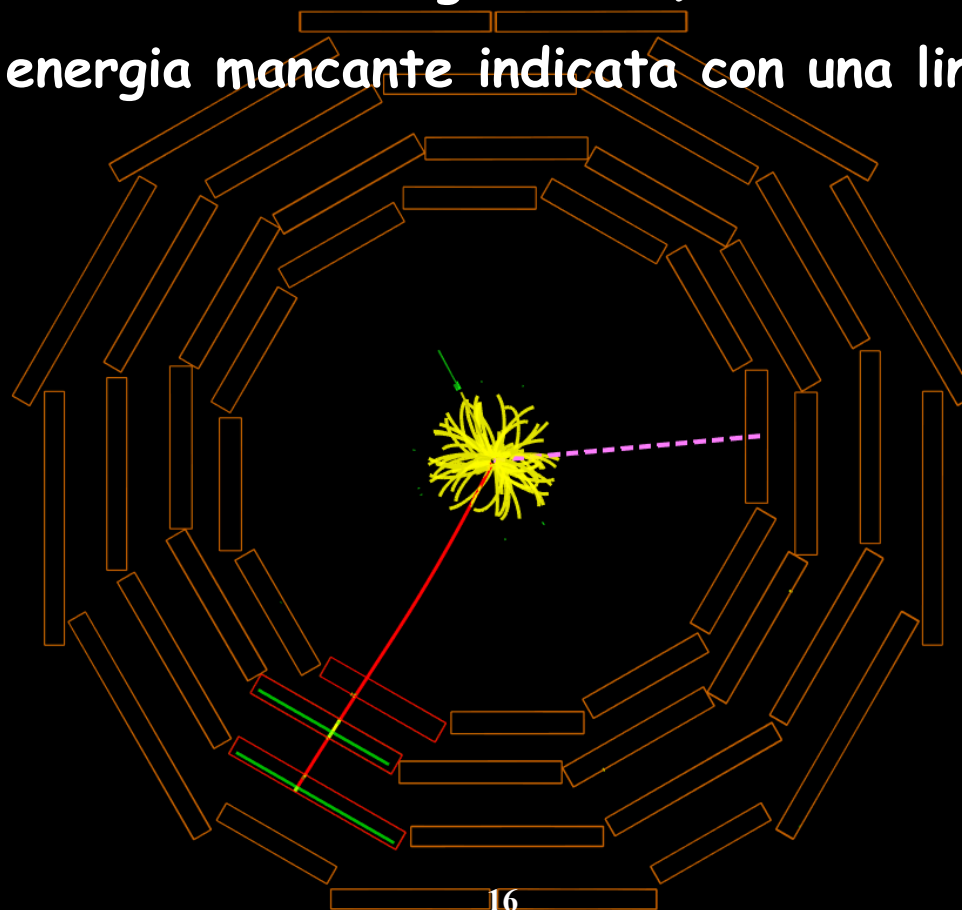


Un candidato  $W$  che decade in muone e neutrino si identifica con:

-una traccia che produce segnale in uno dei rivelatori a muoni

("Muon DT Rec. Hits" : rettangoli verdi)

- una elevata energia mancante indicata con una line tratteggiata viola



$W^+$

(senso orario)

Decadimento  $\mu$





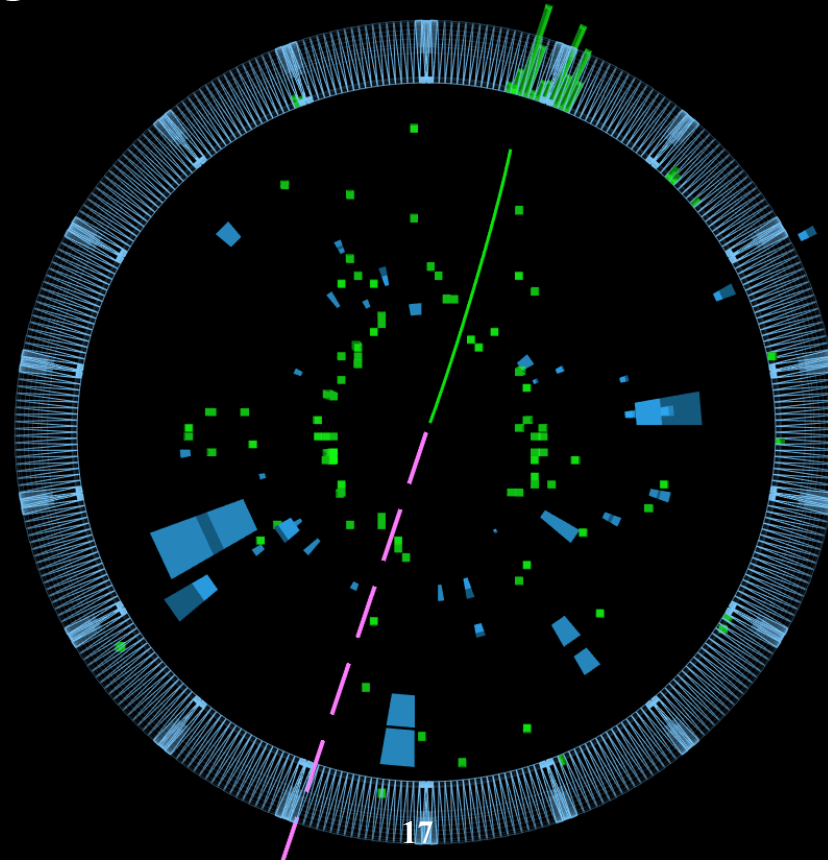
Un candidato  $W$  che decade in elettrone e neutrino si identifica con:

- una traccia verde che produce segnale nel calorimetro elettromagnetico ("ECAL Barrel rec hits" torre di colore verde)
- una elevata energia mancante indicata con una linea tratteggiata viola

$W^-$

(senso antiorario)

Decadimento e





Gli eventi che non hanno tracce identificate come elettroni o muoni o fotoni oppure che non sono riconducibili a NP, W o H sono classificati come "zoo". Questo evento deve essere catalogato come "zoo" perché ha un solo muone di basso impulso e non ha una significativa energia mancante (quindi non è una W).

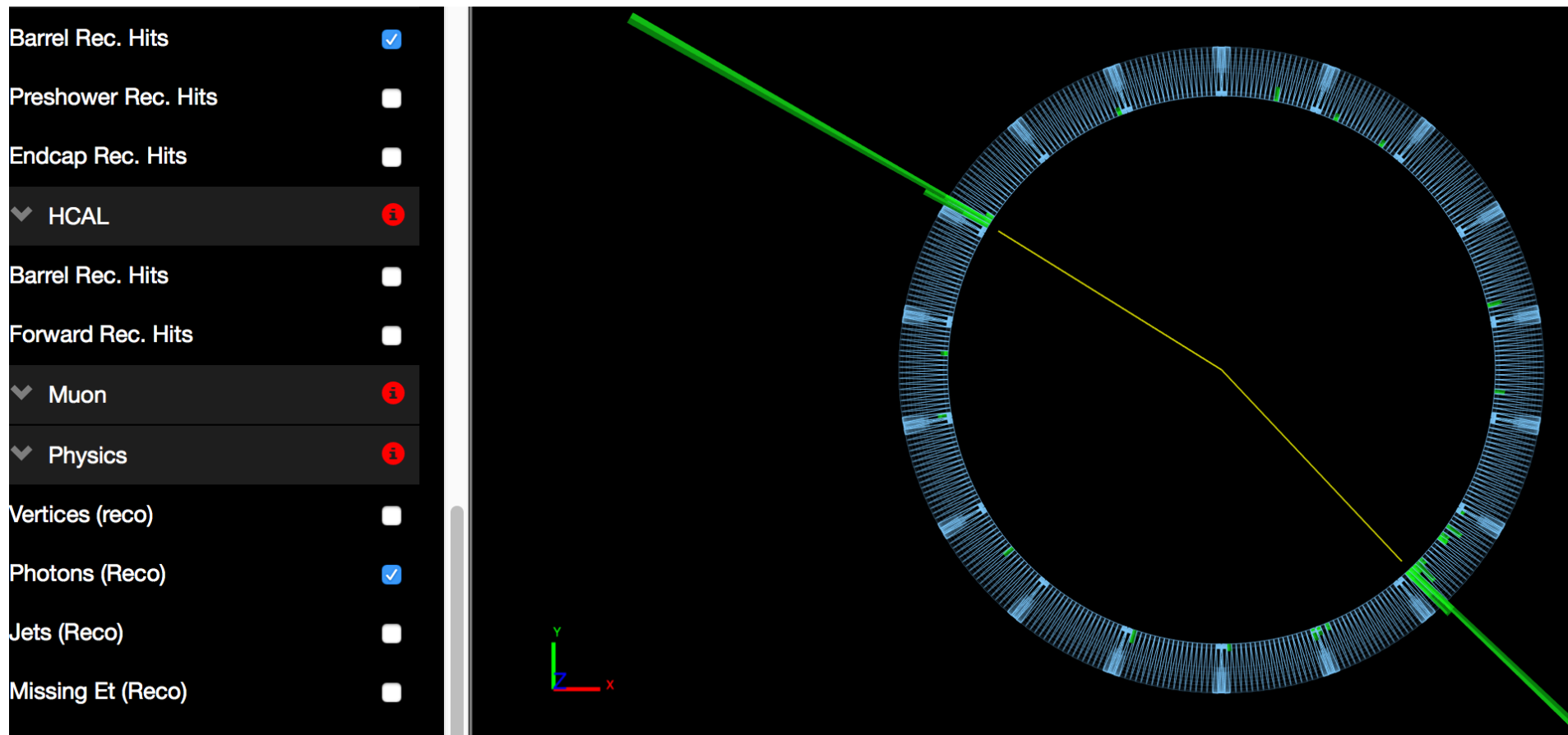


**“zoo”**



# Einstein in the 21st Century

## Candidato $H \rightarrow \gamma\gamma$



Sono presenti anche altre tracce prive di identificazione.  
Sono state rimosse (menu Event) per rendere ben visibili i fotoni.



# Einstein in the 21st Century

## Come procedere: iSpy WebGL



The screenshot shows the iSpy WebGL web interface. On the left, there is a sidebar with a tree view of detector components: Detector, Pixel Barrel, Pixel Endcap (+), Pixel Endcap (-), Tracker Inner Barrel, Tracker Outer Barrel, Tracker Inner Detector (+), Tracker Inner Detector (-), Tracker Endcap (+), Tracker Endcap (-), ECAL Barrel, and ECAL Endcap (+). The main area displays a file browser for the path 'server1/masterclass/MC2016/2017/CMS/iso/data'. A table lists files with columns for Name, Size, and Modified. The file 'masterclass\_100.ig' is highlighted in orange.

Name	Size	Modified
masterclass_79.ig	22,0 MB	15 feb
masterclass_80.ig	26,2 MB	15 feb
masterclass_81.ig	24,7 MB	15 feb
masterclass_82.ig	21,3 MB	15 feb
masterclass_83.ig	25,4 MB	15 feb
masterclass_84.ig	26,8 MB	15 feb
masterclass_85.ig	21,7 MB	15 feb
masterclass_86.ig	25,1 MB	15 feb
masterclass_87.ig	25,9 MB	15 feb
masterclass_88.ig	21,4 MB	15 feb
masterclass_89.ig	25,0 MB	15 feb
masterclass_90.ig	26,8 MB	15 feb
masterclass_91.ig	22,0 MB	15 feb
masterclass_92.ig	25,1 MB	15 feb
masterclass_93.ig	26,0 MB	15 feb
masterclass_94.ig	22,3 MB	15 feb
masterclass_95.ig	25,3 MB	15 feb
masterclass_96.ig	25,5 MB	15 feb
masterclass_97.ig	20,8 MB	15 feb
masterclass_98.ig	27,5 MB	15 feb
masterclass_99.ig	27,0 MB	15 feb
masterclass_100.ig	22,2 MB	15 feb
masterclass_samples.ig	509,8 kB	16 feb

L'analisi verrà fatta  
usando il programma  
iSpyWebGL

Con esso analizzerete  
100 collisioni rivelate  
dall'esperimento CMS.

Scegliete tra i 100 gruppi di eventi masterclass\_1 -> masterclass\_100 quello che vi è stato assegnato. Analizzate tutti i 100 eventi.



# Einstein in the 21st Century

## Come procedere: iSpy WebGL



Talvolta occorre osservare l'evento in diverse proiezioni:

Attivare i rivelatori "Barrel":

- 1) Tracker
- 2) ECAL Barrel
- 3) HCAL Barrel
- 4) Drift Tubes

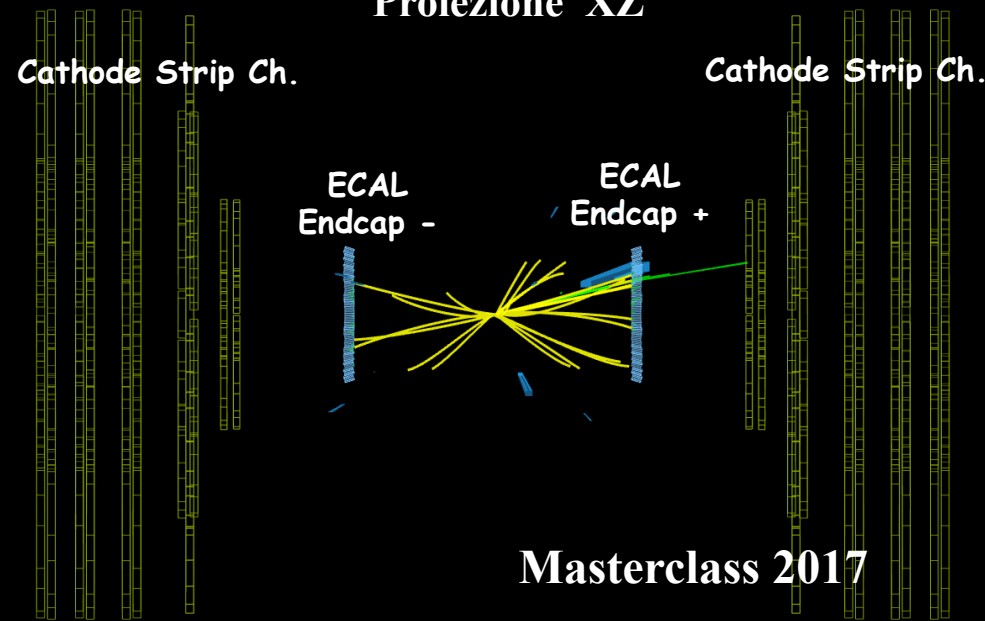
Attivare rivelatori "Endcap":

- 1) Tracker
- 2) ECAL Endcap
- 3) HCAL Endcap
- 4) Cathode Strip Ch.

Proiezione XY



Proiezione XZ





# Einstein in the 21st Century

## Come procedere: iSpyWebGL



masterclass\_1.ig:Events/Run\_1/Event\_5 [5 of 100]

**Invariant mass** ✖

90.33 GeV

Close

CMS Experiment  
Data recorded  
Run / Event /

Per i candidati NP:  
la massa invariante della coppia di tracce si ottiene selezionandole entrambe con il cursore mentre viene tenuto in pressione il tasto "shift"



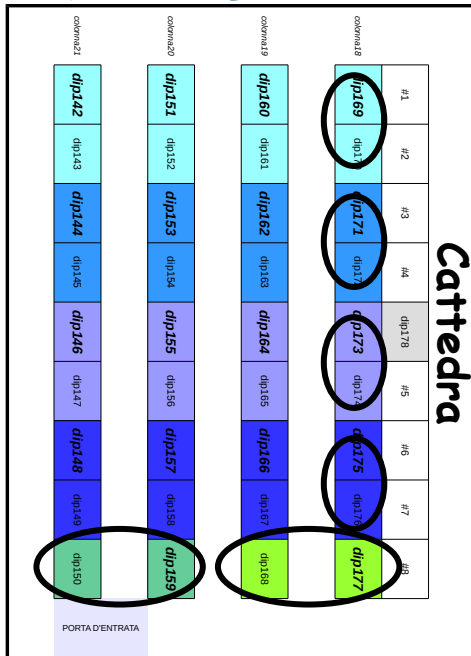
# Einstein in the 21st Century

## Come procedere: gruppi di lavoro

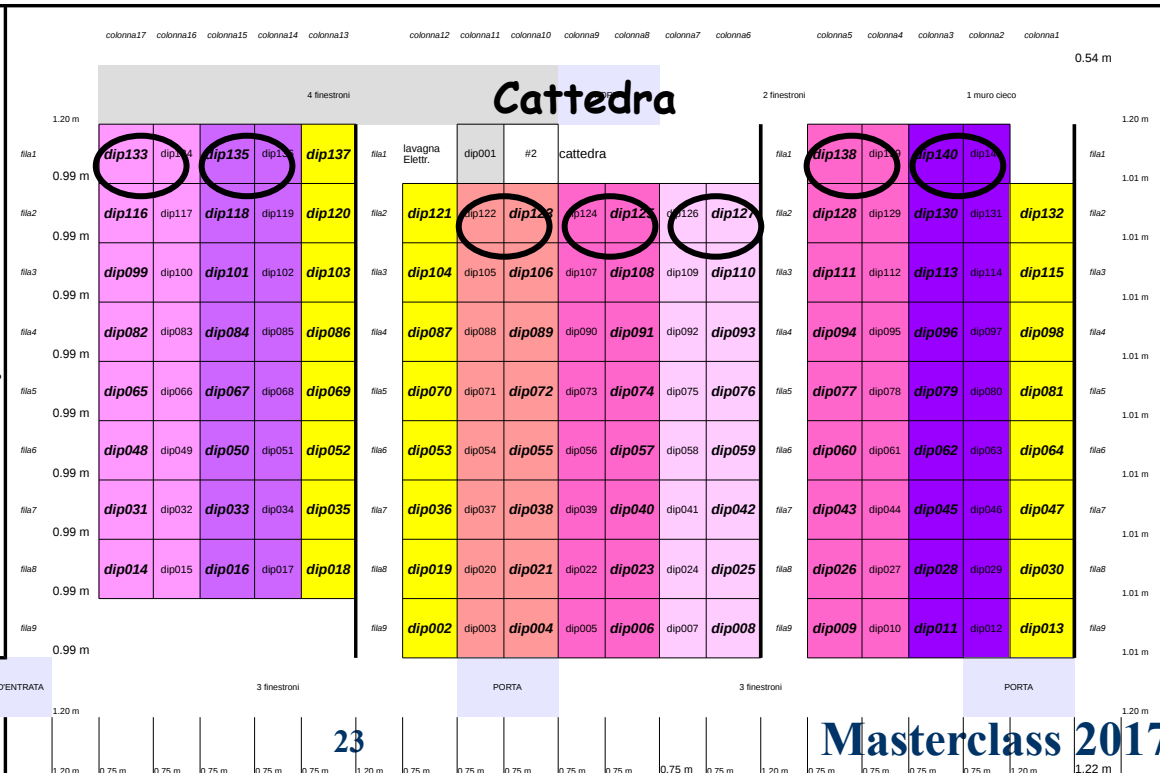


Disponendo di 176 PC e di 100 gruppi di eventi sono state create:  
 24 postazioni per lavoro singole (gialle)  
 152 postazioni di lavoro a coppie (azzurro, blu, verde, viola, ecc..)

### Auletta LabP036



### Aula LabP140



16 Marzo 2017

Masterclass 2017



# Einstein in the 21st Century

## Come procedere: CIMA



I risultati vanno riportati utilizzando l'interfaccia **CIMA**

Ogni postazione singola ed una delle due postazioni a coppie hanno a disposizione la finestra **CIMA** per l'immissione dei dati.

Tutte le postazioni hanno a disposizione l'event display **iSpyWebGL**.



Selezionate il vostro:



giorno	luogo	gruppo
Choose your Masterclass	Choose your location	Choose your group
GeneralUseTables	Dublin2016	1
INFNRoma-11Feb2016	GenoaB2016	2
CERN-11Feb2016	<b>PadovaB2016</b>	3
CERN-15Feb2016	Pozega2016	4
CERN-17Feb2016	SaoPauloSPRACE2016	5
CERN-19Feb2016		6
CERN-22Feb2016		7
CERN-01Mar2016		8
CERN-04Mar2016		9
CERN-10Mar2016		10
CERN-12Mar2016		11
<b>CERN-14Mar2016</b>		12
CERN-16Mar2016		13





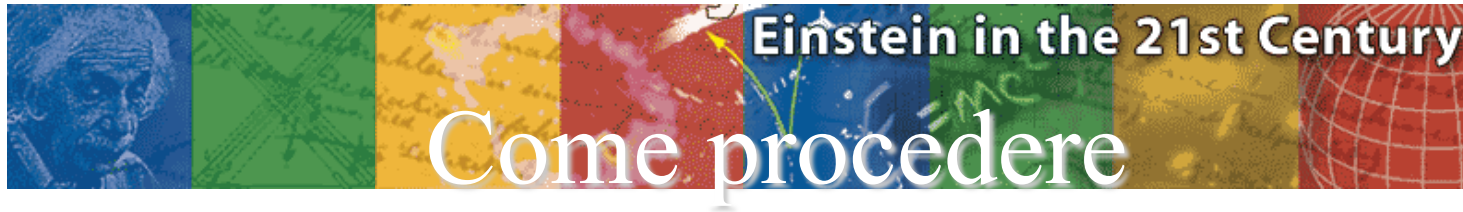


Per ogni evento analizzato selezionate:

- Il numero di evento
- La categoria individuata ( $W^+$ ,  $W^-$ ,  $W$ , NP, Higgs, Zoo)  
( $W$  senza segno quando non si è sicuri della carica)
- Per  $W$  o NP occorre selezionare lo stato finale (muone o elettrone)  
Prima si seleziona lo stato finale, poi il candidato
- Per i candidati NP occorre immettere a mano la massa invariante, per i candidati Higgs la massa viene registrata automaticamente.
- Terminata la compilazione premete "Submit"

"Mass Histogram" e "Results" sommano i risultati dei 100 gruppi

<b>Select Event</b> Event index: <input type="text" value="1"/> Event number: 1-1	<b>final state</b> <input type="checkbox"/> Electron <input type="checkbox"/> Muon ( $\mu$ )	<b>primary state candidate</b> <input type="checkbox"/> $W^-$ <input type="checkbox"/> NP <input type="checkbox"/> $W^+$ <input type="checkbox"/> $W$ <input type="checkbox"/> Higgs <input type="checkbox"/> Zoo	NP Mass: <input type="text"/> GeV/c <sup>2</sup> <input type="button" value="Submit"/>
---	--	---	--



## Accesso al PC

Il PC sarà già connesso con le finestre che vi servono aperte

## Organizzazione

Lavorerete a copie o individualmente ognuno nella propria postazione, potete consultarvi tra voi e chiedere assistenza ai tutor

## DVD

Chi desidera avere il DVD contenente iSpyWebGL ed i dati lo può scaricare da casa al seguente indirizzo:

<http://www.physicsmasterclasses.org/downloads/DVD2017/dvd.html>