INTERNATIONAL MASTERCLASSES

hands on particle physics

13th International Masterclasses 2017

A caccia di W!

Serena Palazzo

10 febbraio 2017

International Particle Physics Outreach Group

Gruppo Collegato di Cosenza
Laboratori Nazionali di Frascati

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Scopo degli esercizi introduttivi

- Identificazione dei leptoni (elettroni $e^{\pm}$ e muoni $\mu^{\pm}$), neutrini (ν) e jets appartenenti allo stesso vertice.

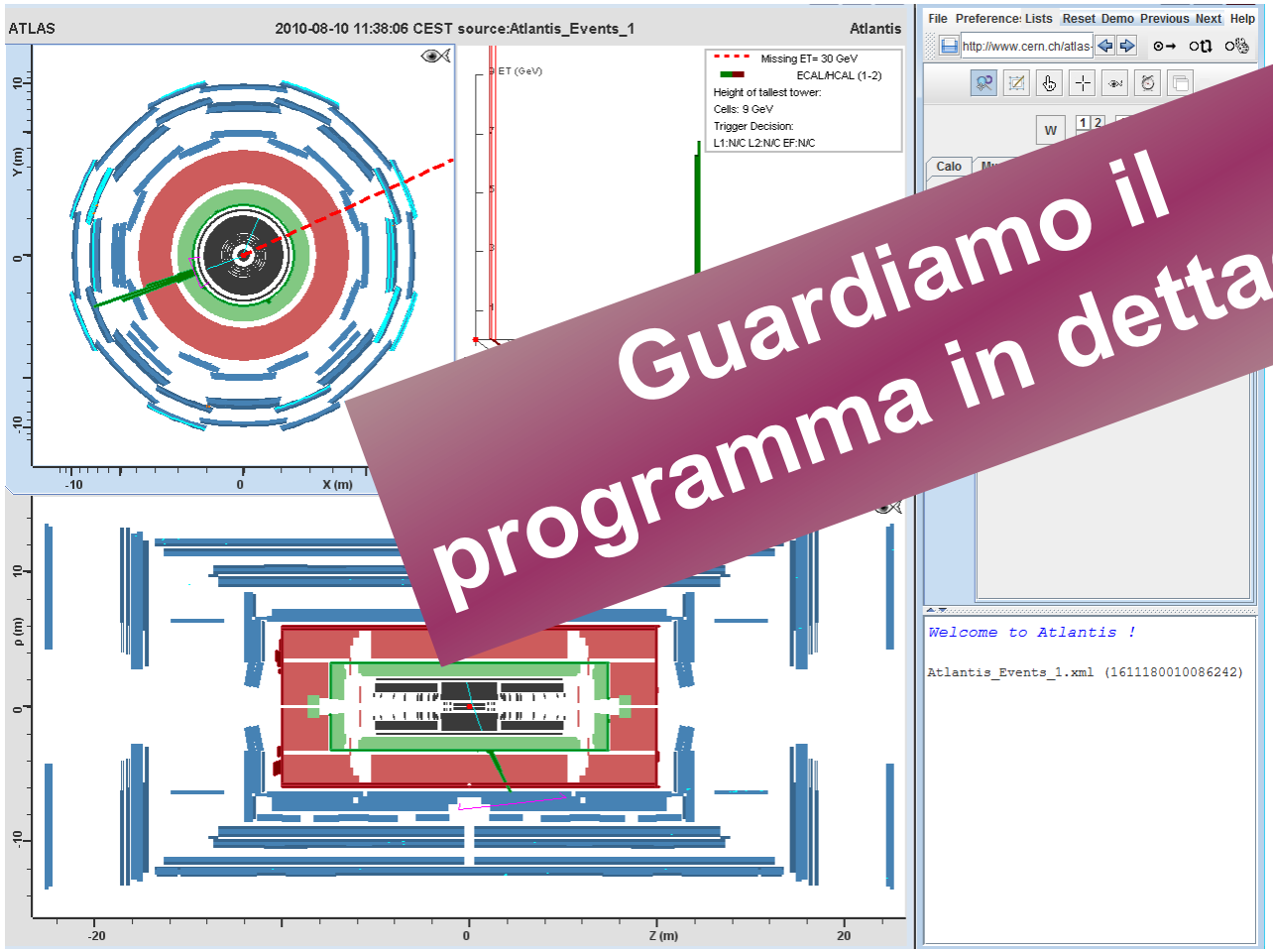
- Classificazione degli eventi interessanti e non:
  - $W^{+} \rightarrow e^{+} \nu_{e}$
  - $W^{-} \rightarrow e^{-} \bar{\nu}_{e}$
  - $W^{-} \rightarrow \mu^{-} \bar{\nu}_{\mu}$
  - $W^{+} \rightarrow \mu^{+} \nu_{\mu}$
  - $W^{+} W^{-} \rightarrow l\nu\, l\nu$
  - *fondo* da produzione di '*altro*' (...ma che puo' sembrare una W)

- Analizzerete 50 eventi dell'esperimento ATLAS cercando di *fiutare* quelli in cui e' stata prodotta una o due *W* utilizzando MINERVA (ATLANTIS) il programma grafico di visualizzazione degli eventi

- ***Il mio scopo e' allenarvi alla caccia!***

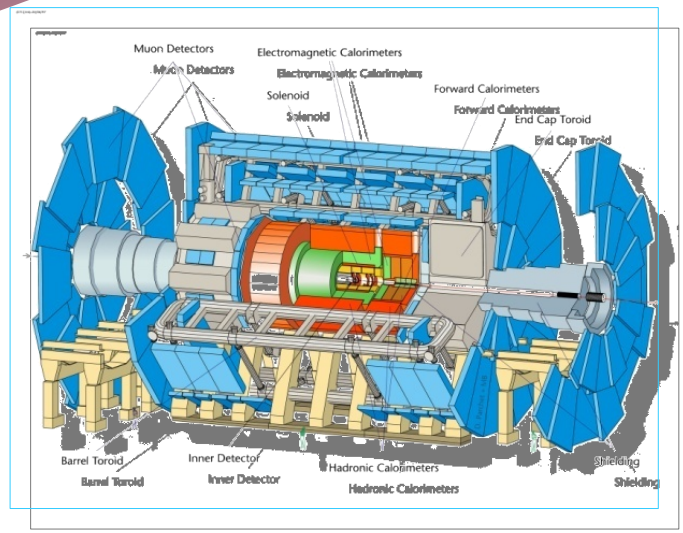
Minerva (Masterclass Involving Event Ricognition Visualized with Atlantis)

e’ il vostro display degli eventi



Visualizza ATLAS in tre diverse prospettive

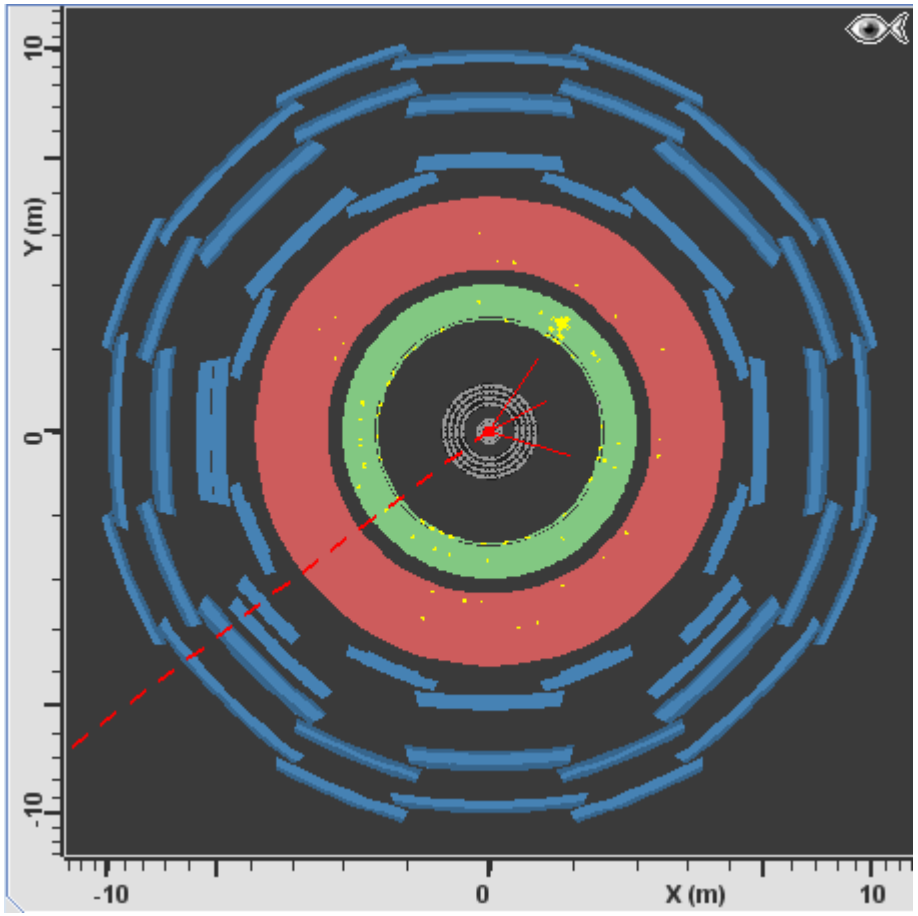
Guardiamo il programma in dettaglio

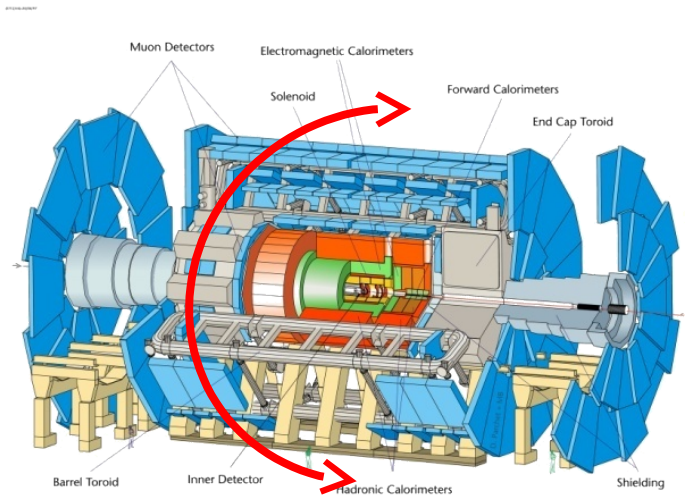


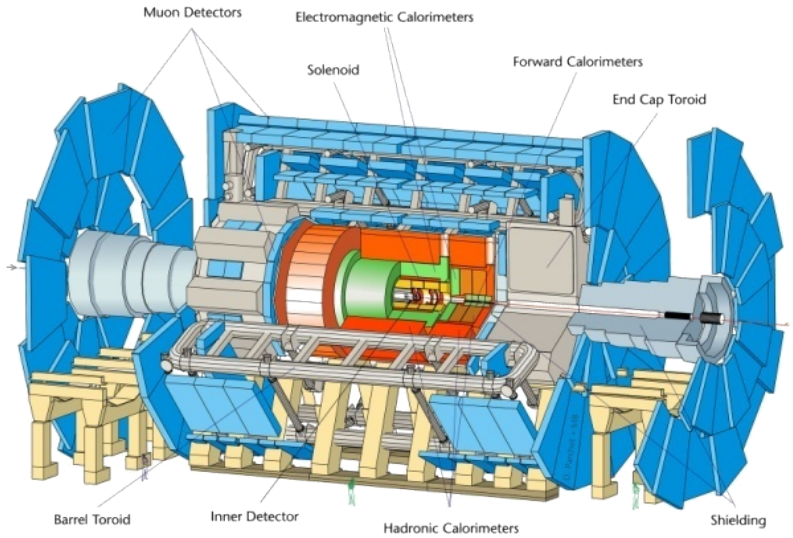
ATLANTIS elabora i segnali registrati dai componenti del rivelatore durante una collisione e li trasforma in display di eventi *ricostruiti*.

Vista frontale del rivelatore (piano x,y)

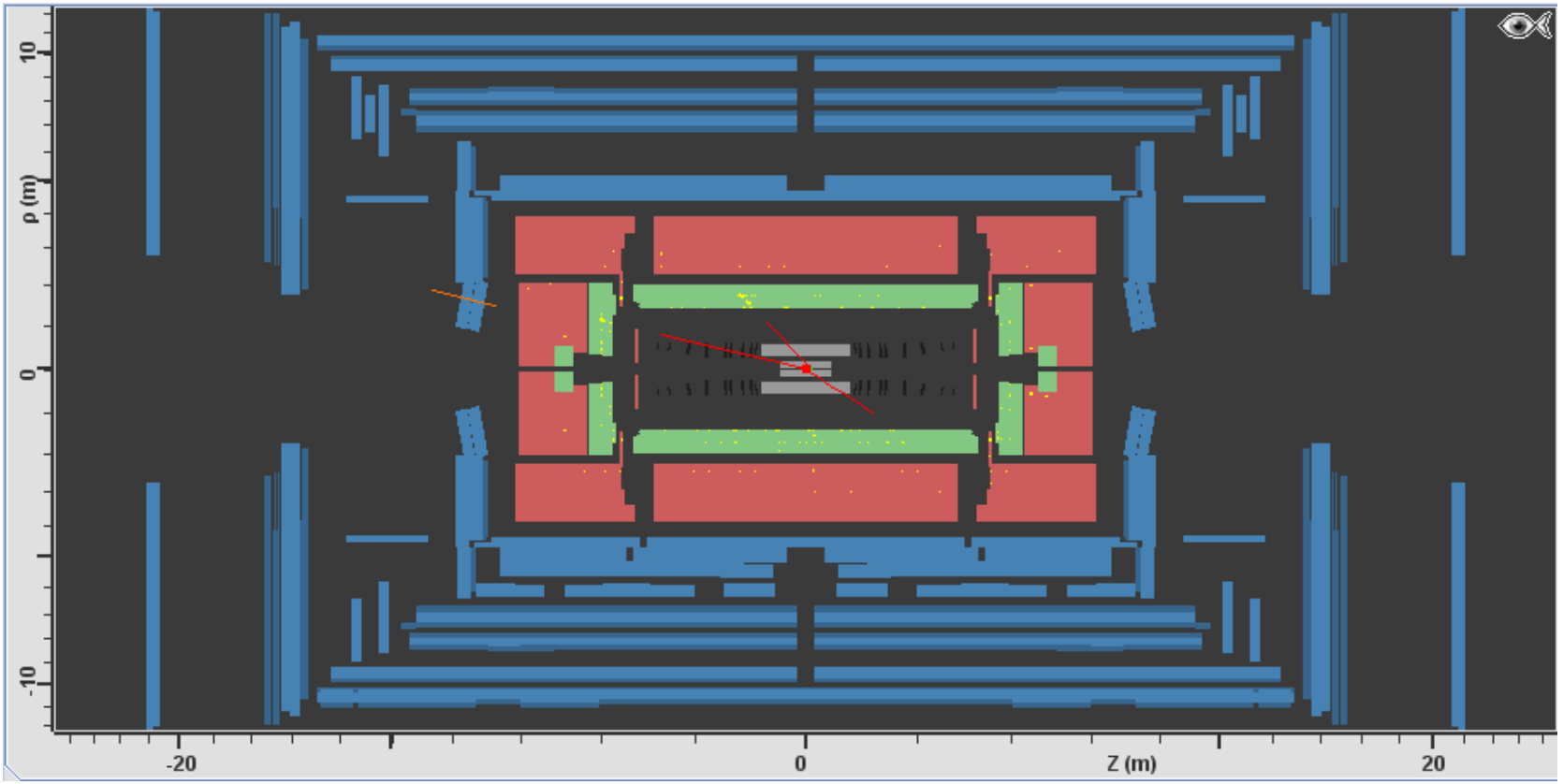
Viene mostrata la regione centrale (barrel) del detector. La regione in avanti (end-cap) non è rappresentata in quanto coprirebbe quella centrale.





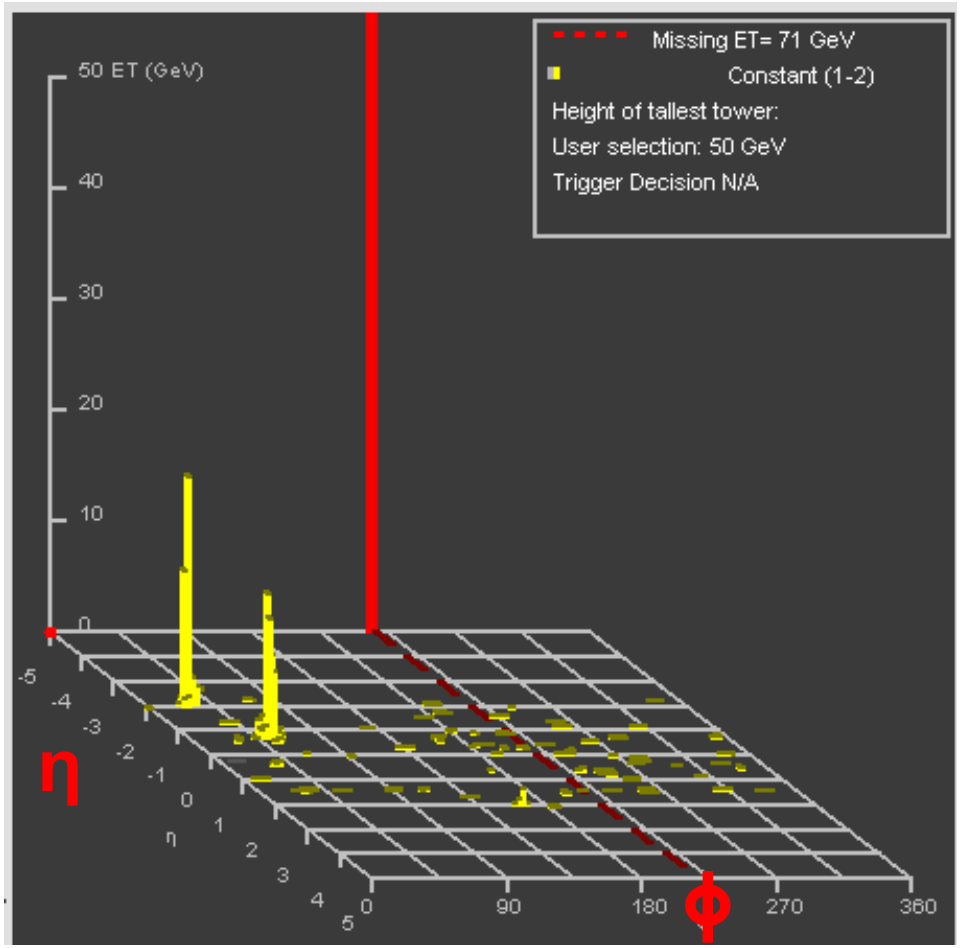


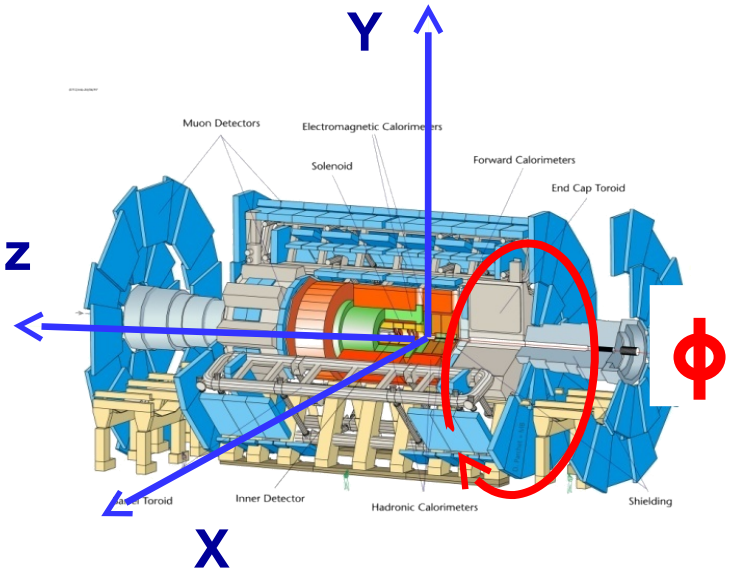
Vista laterale del rivelatore
(piano ρ,z)
Si possono vedere le particelle
nella regione centrale e in avanti

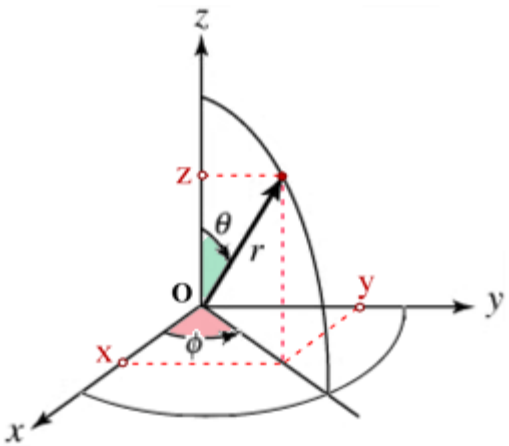


Lego plot (ϕ,η,E_T)

Depositi di energia nei calorimetri





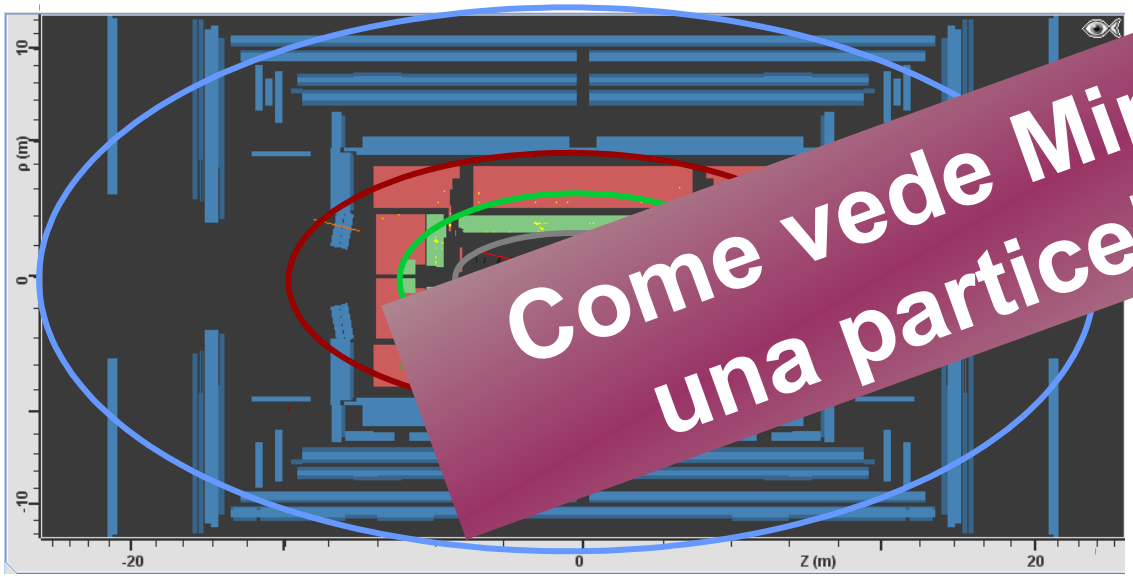


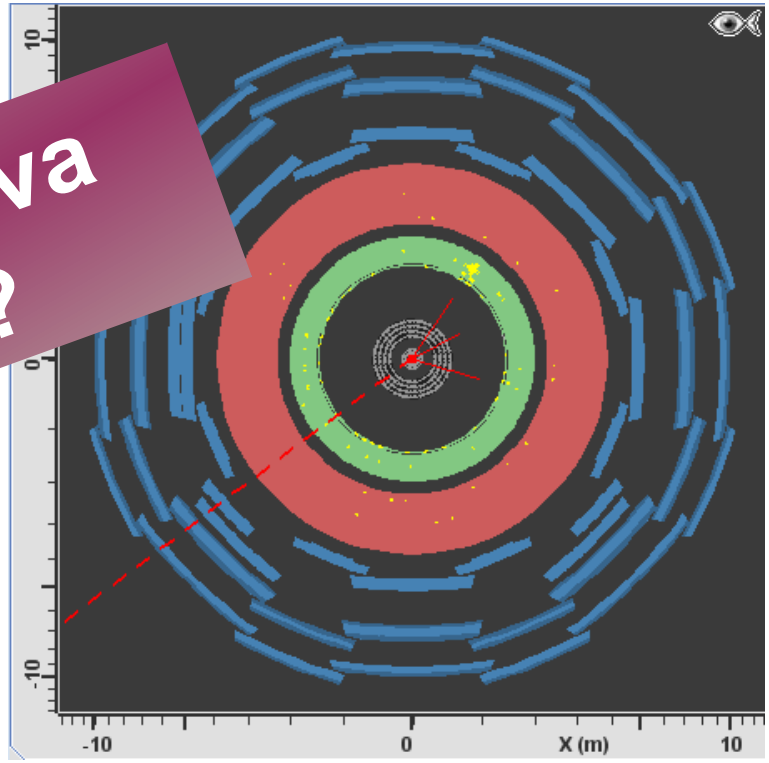
$$\eta = -ln\ tg(\frac{\theta}{2})$$

I colori sono importanti!

Rivelatore di muoni:
Misura momento e carica dei **muoni**

Calorimetro adronico:
misura l'energia degli adroni (come ad esempio **protoni**, **neutroni** e **pioni**)





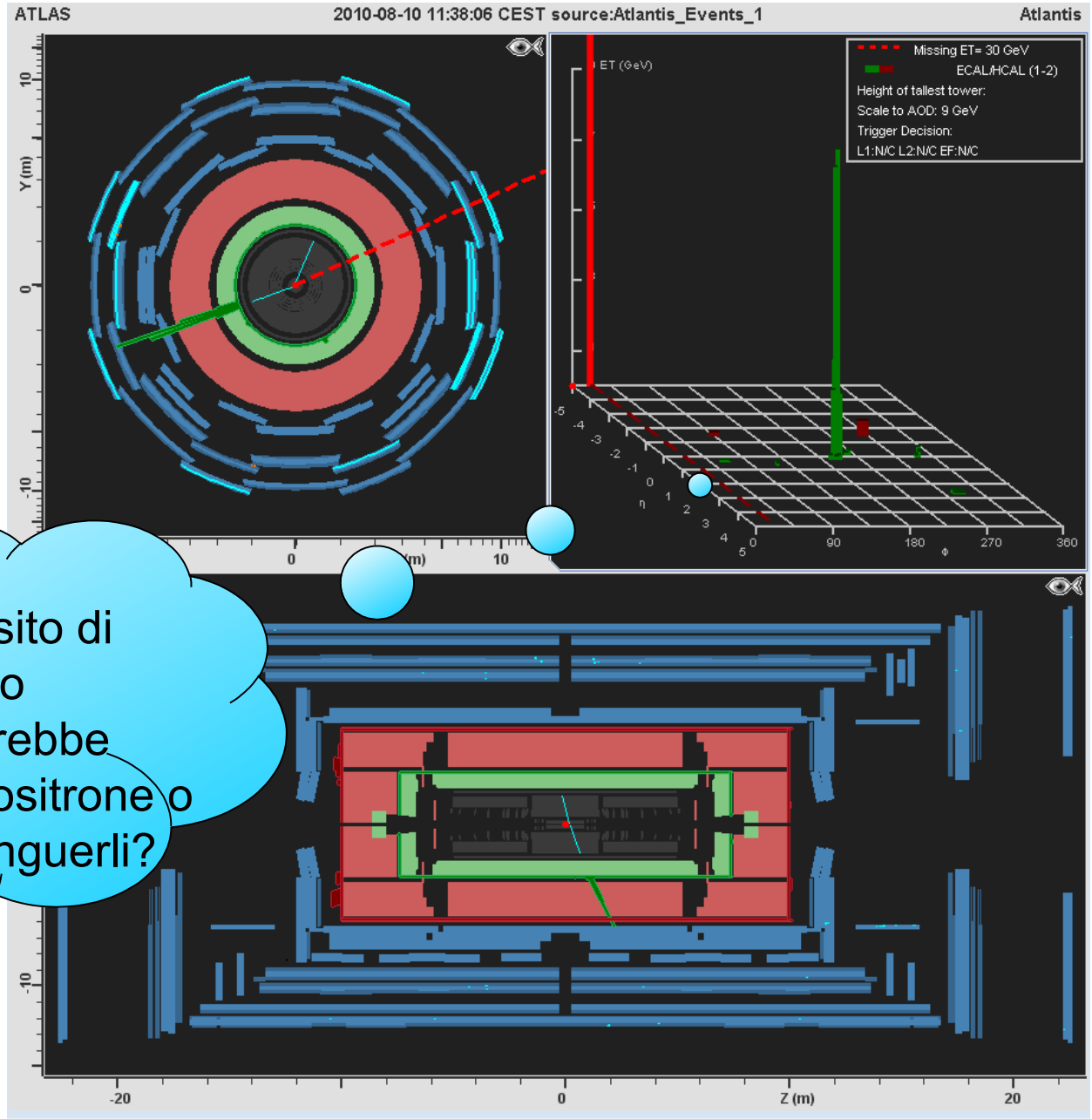
Come vede Minerva una particella?

Rivelatore di tracce:
misura momento e carica di particelle **cariche** in campo magnetico

Calorimetro elettromagnetico:
misura l'energia di **elettroni**, **positroni** e **fotoni**

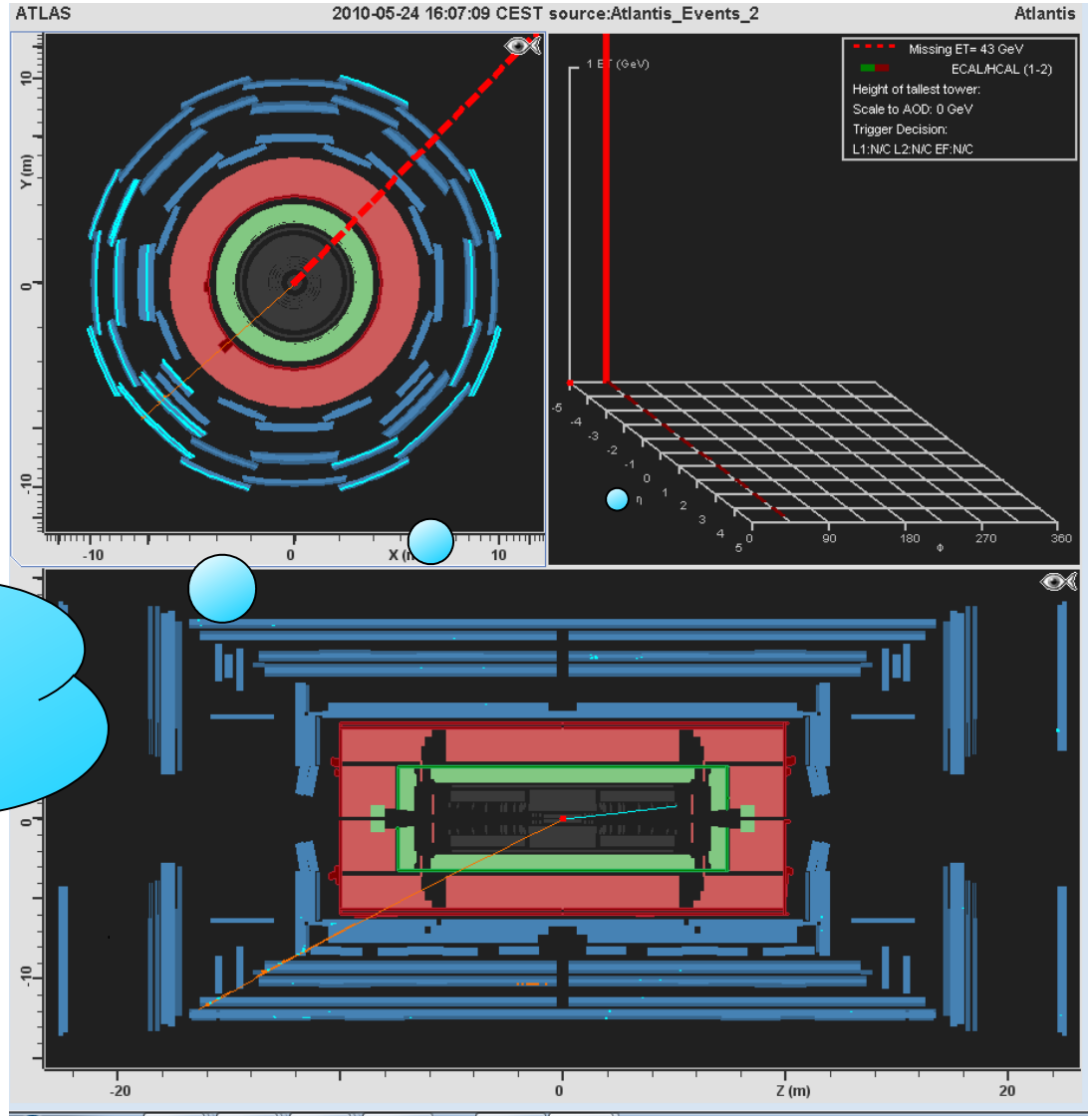
I neutrini attraversano indisturbati il rivelatore senza interagire con la materia e sono rilevati indirettamente attraverso la 'missing' E_T

Elettroni/Positroni/Fotoni



C'è un notevole deposito di energia nel calorimetro elettromagnetico. Potrebbe essere un elettrone/positrone o un fotone. Come distinguerli?

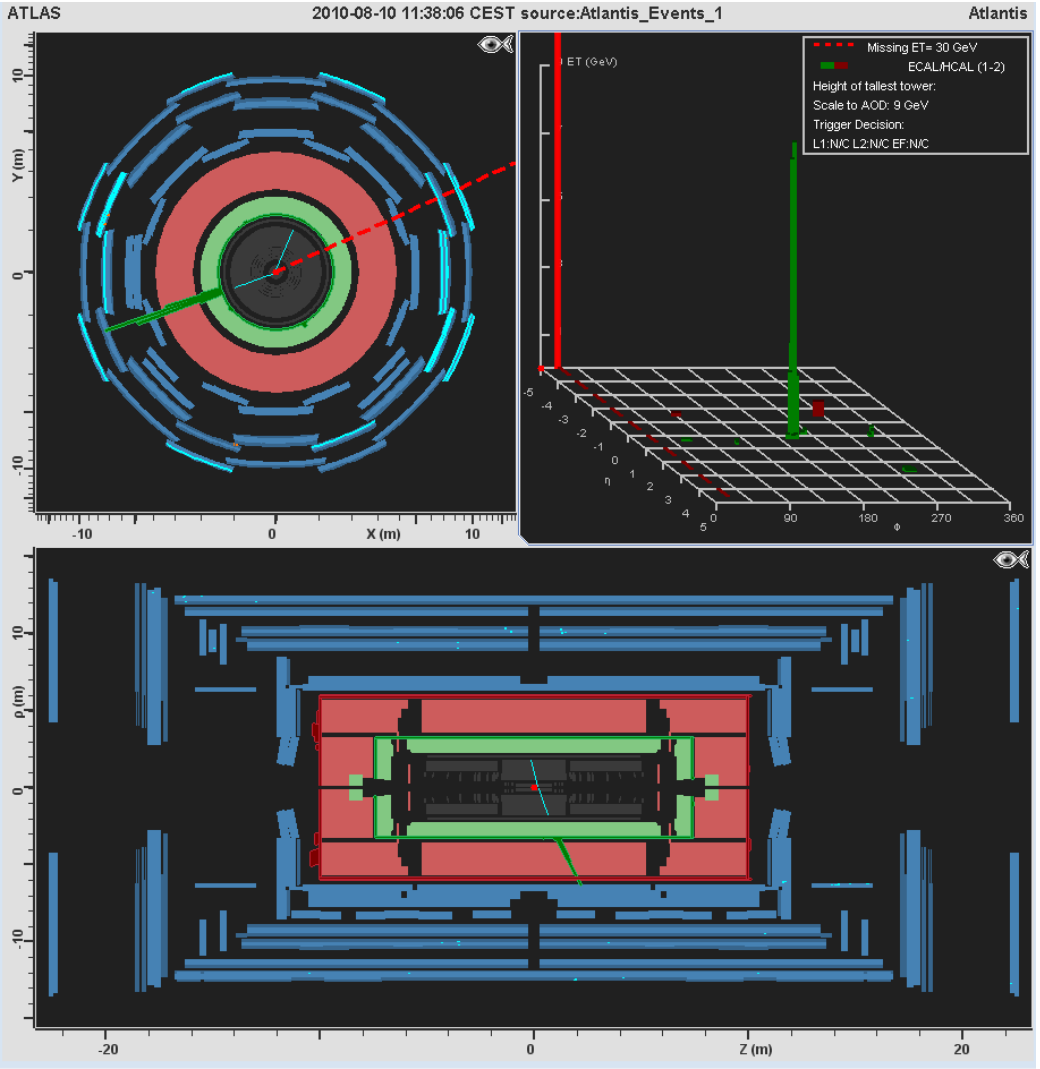
Muoni



Nessun deposito di energia significativo nel calorimetro. Potrebbe essere un muone.

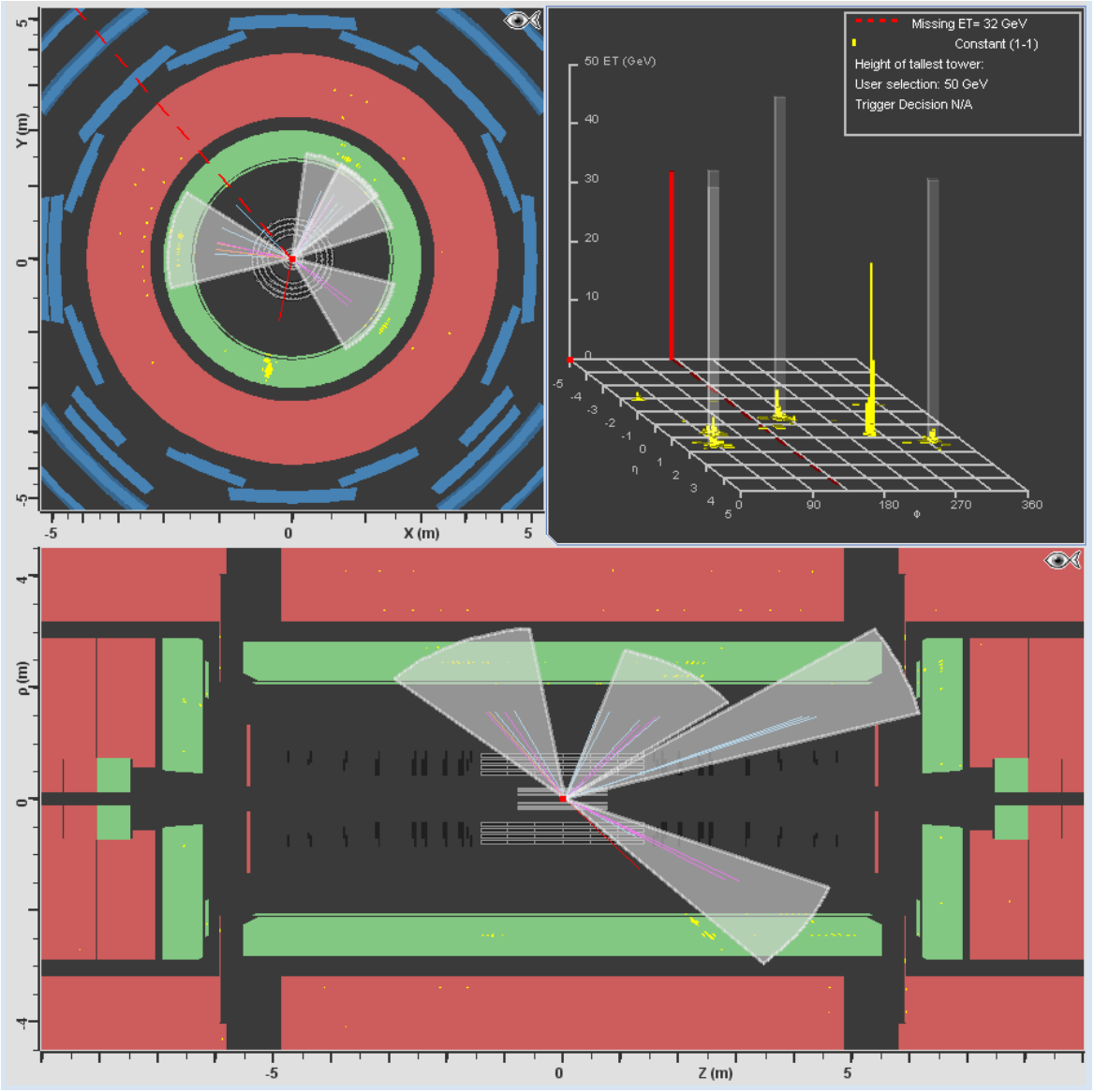
Neutrini

- I quark e gluoni dei protoni si muovono lungo l'asse del fascio (z)
-
- L'impulso nel piano trasverso (x,y) è ***nullo*** *prima della collisione* e, per la conservazione della quantità di moto, tale deve essere *anche in seguito alla collisione*
-
- Se la misura fornisce un momento trasverso totale ***non nullo***, vuol dire che qualche particella non è stata rilevata nello stato finale
-
- Un alto valore del momento trasverso nello stato finale indica la presenza di ***neutrini***, particelle che escono dal rivelatore senza interagire con esso.



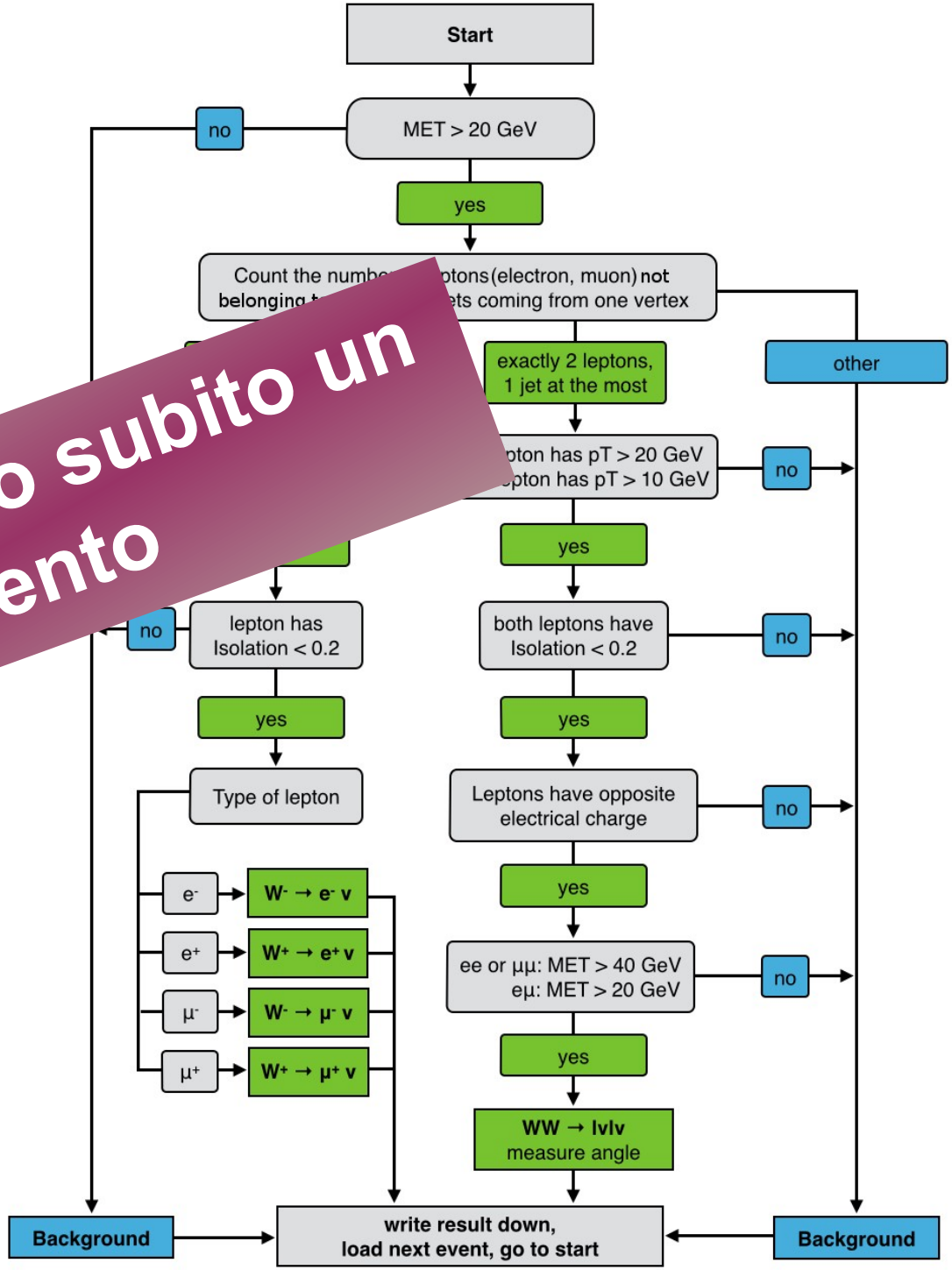
Jets

- Lo stretto cono di particelle creato dall'adronizzazione di un singolo quark o di un gluone è chiamato jet.
- Con il processo di ricostruzione dei jet si cerca di risalire alla particella che ha originato il jet



Osserviamo subito un evento

Nella vostra ca
diagram
Esso vi guiderà **elezione**
degli eventi schematizzando i
tagli da applicare

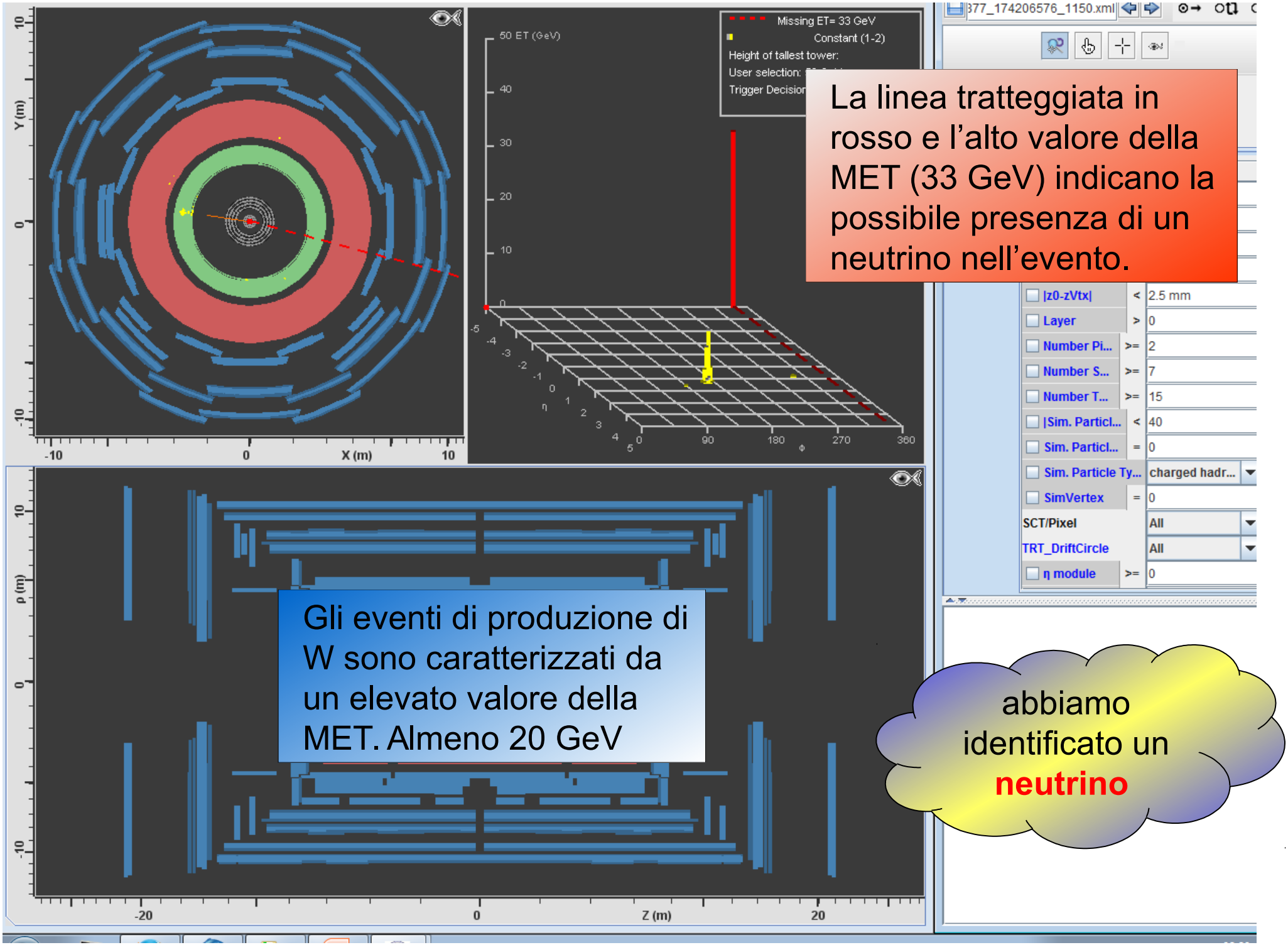


Questa traccia ha rilasciato energia nel **calorimetro elettromagnetico**

ue no

Alziamo la soglia in p_T a 10 GeV

abbiamo identificato un **elettrone** o un **positrone**

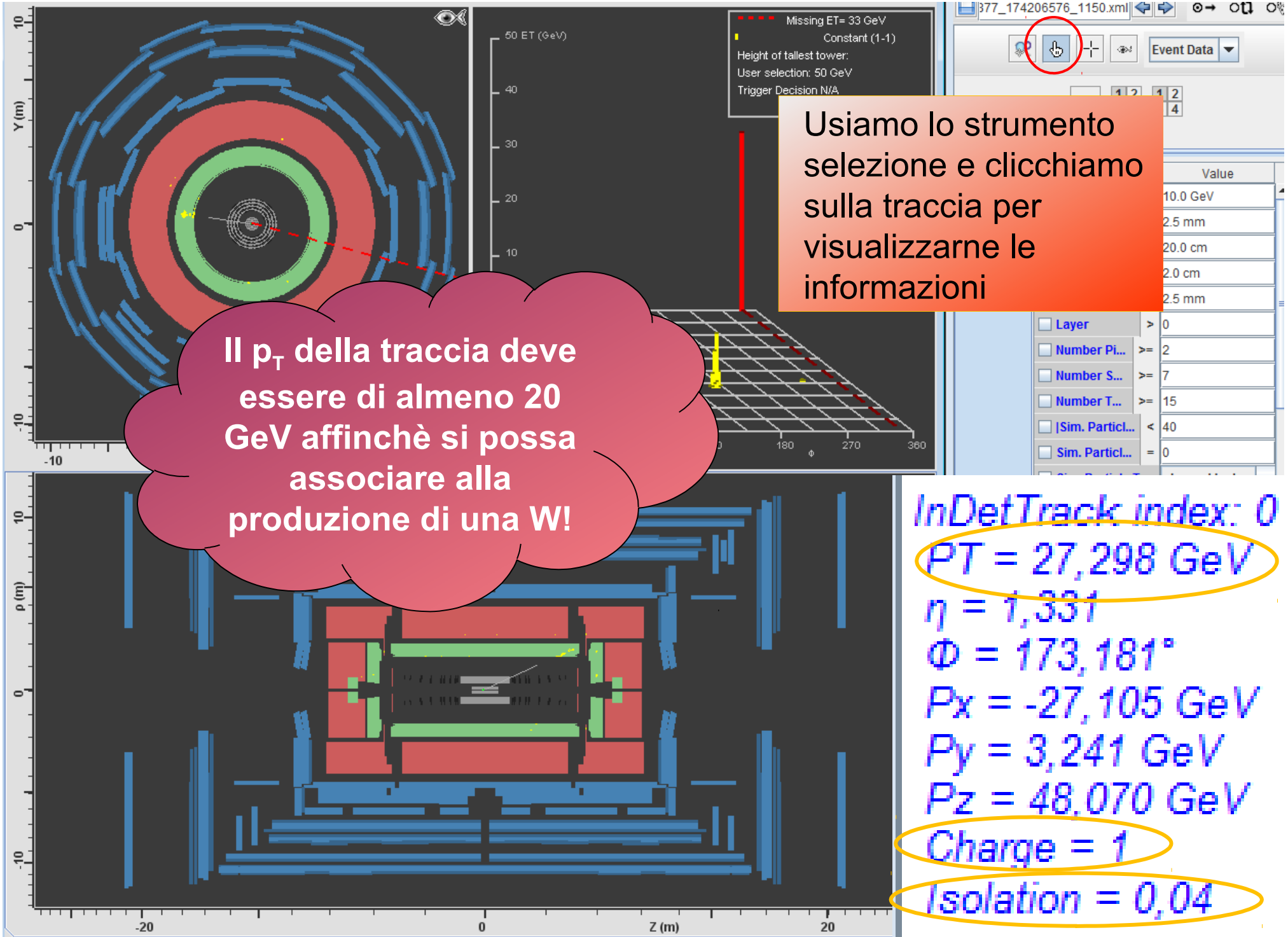


La linea tratteggiata in rosso e l'alto valore della MET (33 GeV) indicano la possibile presenza di un neutrino nell'evento.

Gli eventi di produzione di W sono caratterizzati da un elevato valore della MET. Almeno 20 GeV

abbiamo identificato un **neutrino**

Caratterizziamo l'elettrone o il positrone



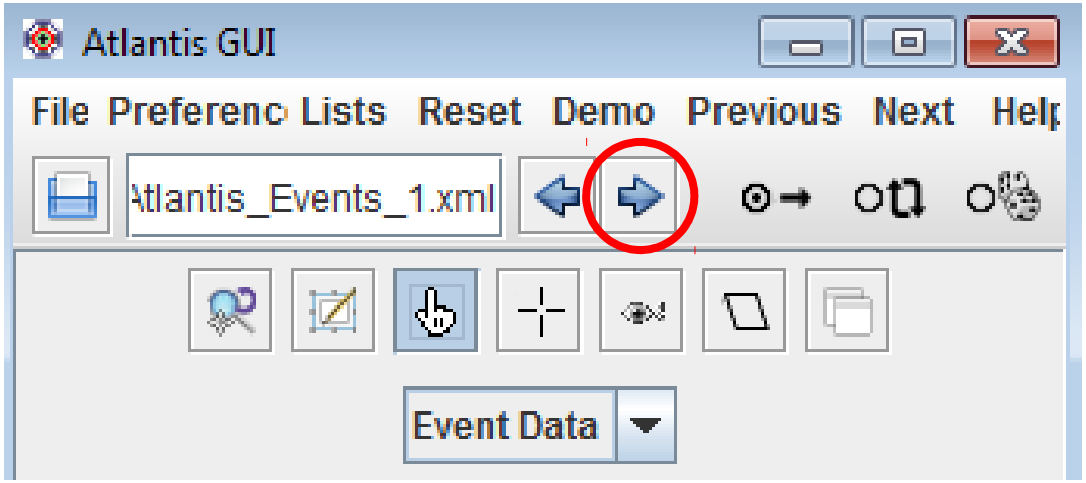
Usiamo lo strumento selezione e clicchiamo sulla traccia per visualizzarne le informazioni

Il p_T della traccia deve essere di almeno 20 GeV affinchè si possa associare alla produzione di una W!

Abbiamo individuato un evento candidato $W^+ \rightarrow e^+ \nu_e$!

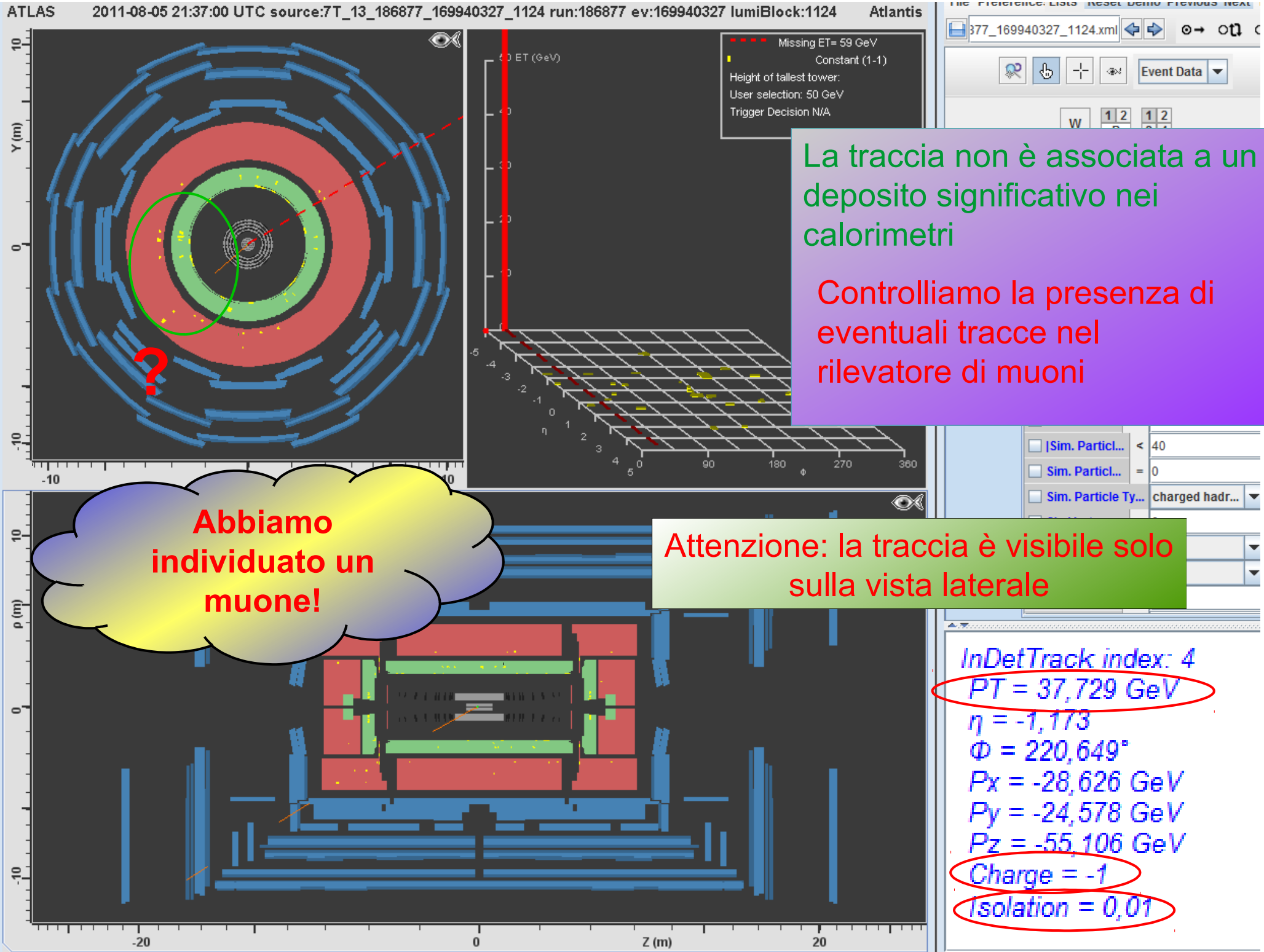
Data sample: 5 A	Signal 1				Signal 2		Back-ground	Comment
	$W \rightarrow \nu + \cdots$		$W \rightarrow \nu + \cdots$		$WW \rightarrow l\nu l\nu$	$\Delta\Phi_{ll}$		
Event #	e^+	e^-	μ^+	μ^-				
1	27							MET 33
2								
3								
4								
5								
6								
7								

Passiamo all'evento successivo



Registrate sulla scheda nella vostra cartellina l'evento trovato!

Missing ET= 59 GeV
Constant (1-1)
Height of tallest tower:
User selection: 50 GeV
Trigger Decision N/A
ET (GeV)
Y (m)
X (m)
ρ (m)
Z (m)
L'evento soddisfa
il requisito sulla
MET (59 GeV)
Per ridurre il numero di tracce nell'evento
richiediamo un p_T>10 GeV
Event Data
Cuts
InDet
Calo
MuonDet
Objects
Name
Value
|Pt|
Number T...
|Sim. Particl...
Sim. Particl...
Sim. Particle Ty...
charged hadr...
SimVertex
SCT/Pixel
All
TRT_DriftCircle
All
η module

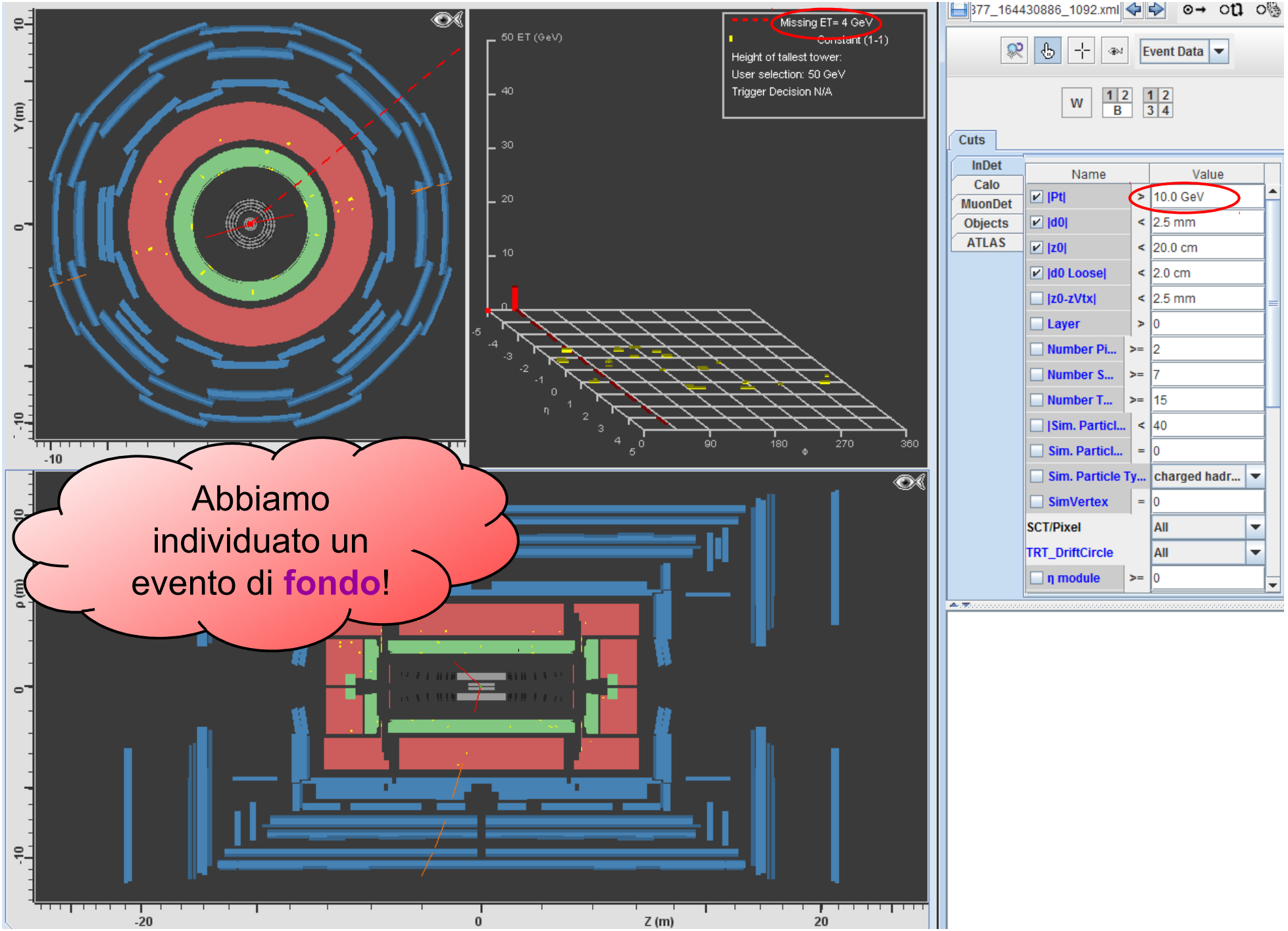

ATLAS 2011-08-05 21:37:00 UTC source:7T_13_186877_169940327_1124 run:186877 ev:169940327 lumiBlock:1124 Atlantis
Missing ET= 59 GeV
Constant (1-1)
Height of tallest tower:
User selection: 50 GeV
Trigger Decision N/A
Event Data
La traccia non è associata a un deposito significativo nei calorimetri
Controlliamo la presenza di eventuali tracce nel rilevatore di muoni
Abbiamo individuato un muone!
Attenzione: la traccia è visibile solo sulla vista laterale
InDetTrack index: 4
PT = 37,729 GeV
η = -1,173
Φ = 220,649°
Px = -28,626 GeV
Py = -24,578 GeV
Pz = -55,106 GeV
Charge = -1
Isolation = 0,01
Z (m)

Abbiamo individuato un evento candidato $W^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}$!

Data sample: 5 A	Signal 1				Signal 2		Back-ground	Comment
	$W \rightarrow \nu + \cdots$		$W \rightarrow \nu + \cdots$		$WW \rightarrow l\nu l\nu$	$\Delta\Phi_{ll}$		
Event #	e^+	e^-	μ^+	μ^-				
1	*27*							MET 33
2			*38*					MET 59
3								
4								
5								
6								
7								

Guardiamo un altro evento...

Cosa suggerite?

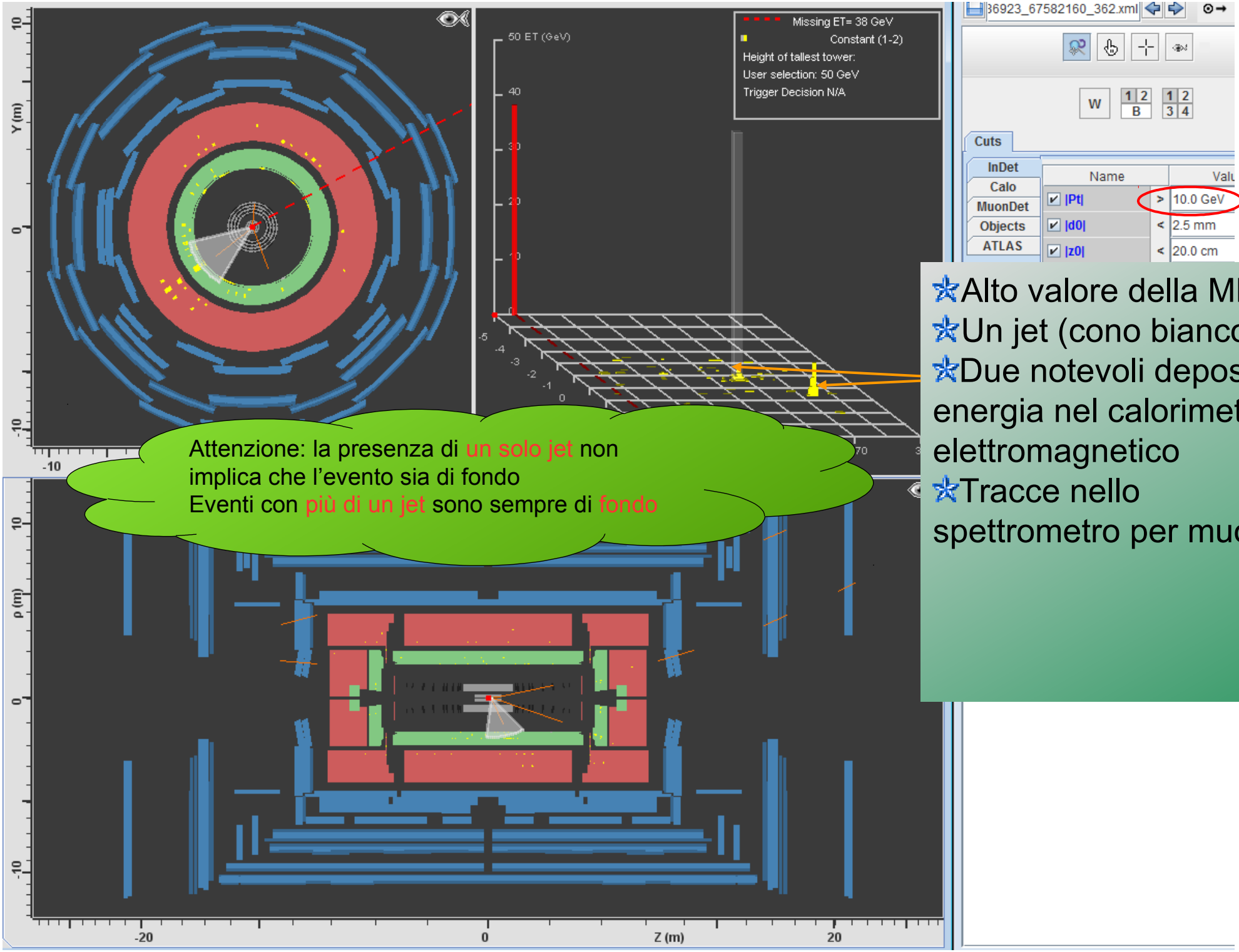


Abbiamo individuato un evento di **fondo**!

Registriamo l'evento di fondo

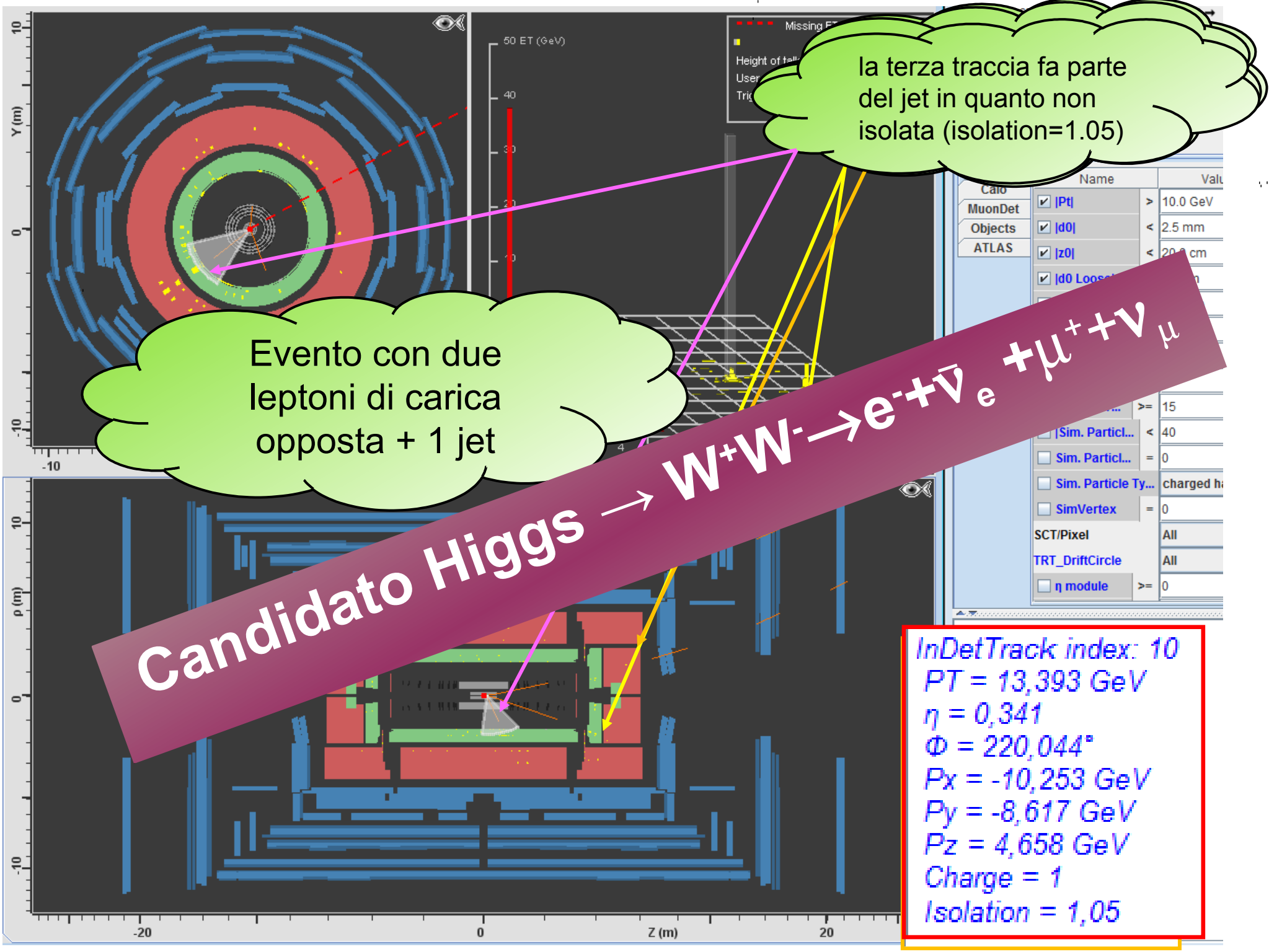
Data sample: 5 A	Signal 1				Signal 2		Back-ground	Comment
	$W \to \nu + \cdots$		$W \to \nu + \cdots$		$WW \to l\nu l\nu$	$\Delta\Phi_{ll}$		
Event #	e^+	e^-	μ^+	μ^-				
1		27						MET 33
2			38					MET 59
3							X	
4								
5								
6								
7								

Guardiamo un altro evento...

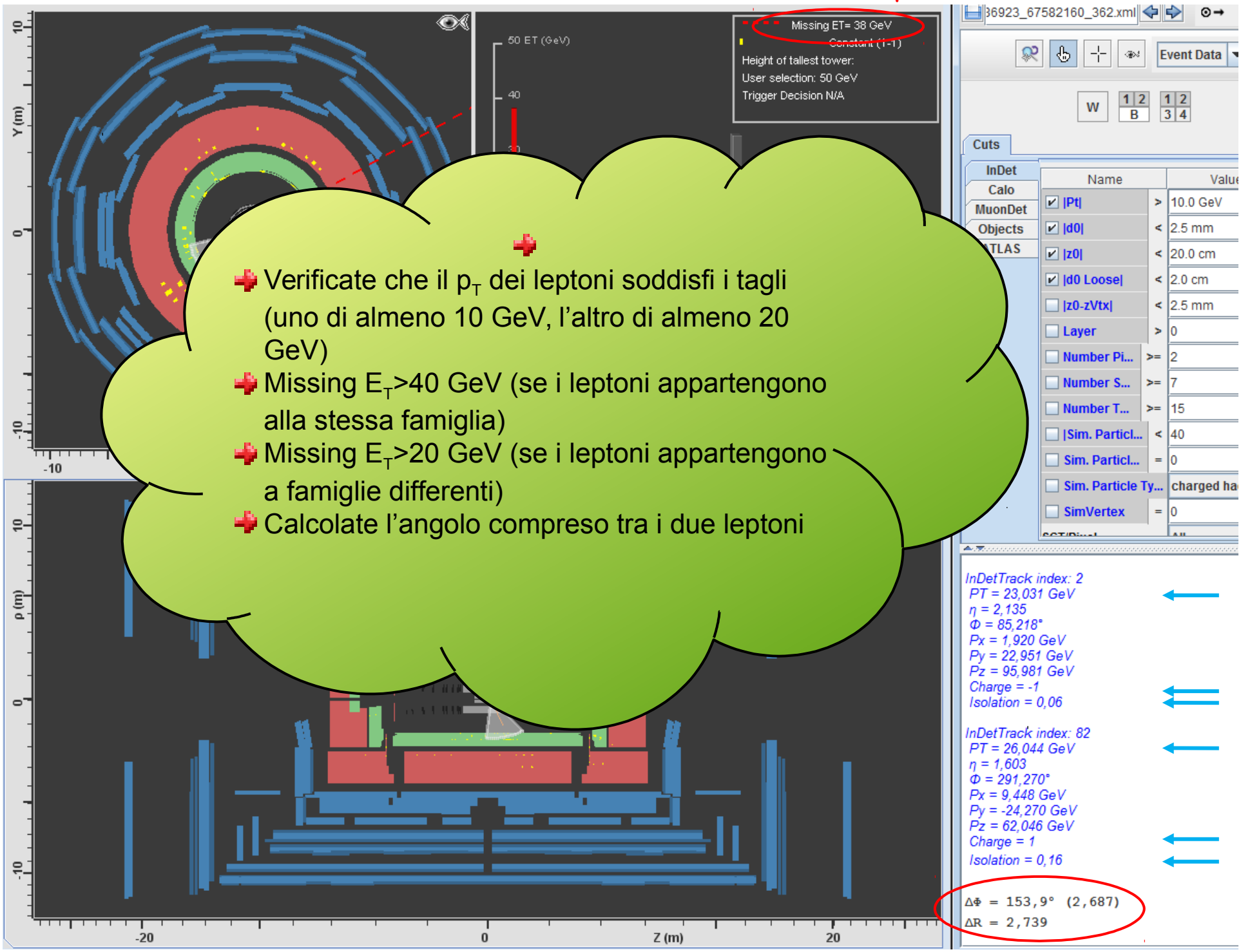


Attenzione: la presenza di un solo jet non implica che l'evento sia di fondo
Eventi con più di un jet sono sempre di fondo

- Alto valore della MET
- Un jet (cono bianco)
- Due notevoli depositi di energia nel calorimetro elettromagnetico
- Tracce nello spettrometro per muoni


la terza traccia fa parte del jet in quanto non isolata (isolation=1.05)
Evento con due leptoni di carica opposta + 1 jet
Candidato Higgs → $W^+W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \mu^+ + \nu_\mu$
InDetTrack index: 10
PT = 13,393 GeV
η = 0,341
Φ = 220,044°
Px = -10,253 GeV
Py = -8,617 GeV
Pz = 4,658 GeV
Charge = 1
Isolation = 1,05
Y (m)
ρ (m)
Z (m)
50 ET (GeV)
Calo
MuonDet
Objects
ATLAS
Name
|Pt|
|d0|
|z0|
10.0 GeV
2.5 mm
SCT/Pixel
TRT_DriftCircle
η module

Higgs? $WW \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \mu^+ + \nu_\mu$

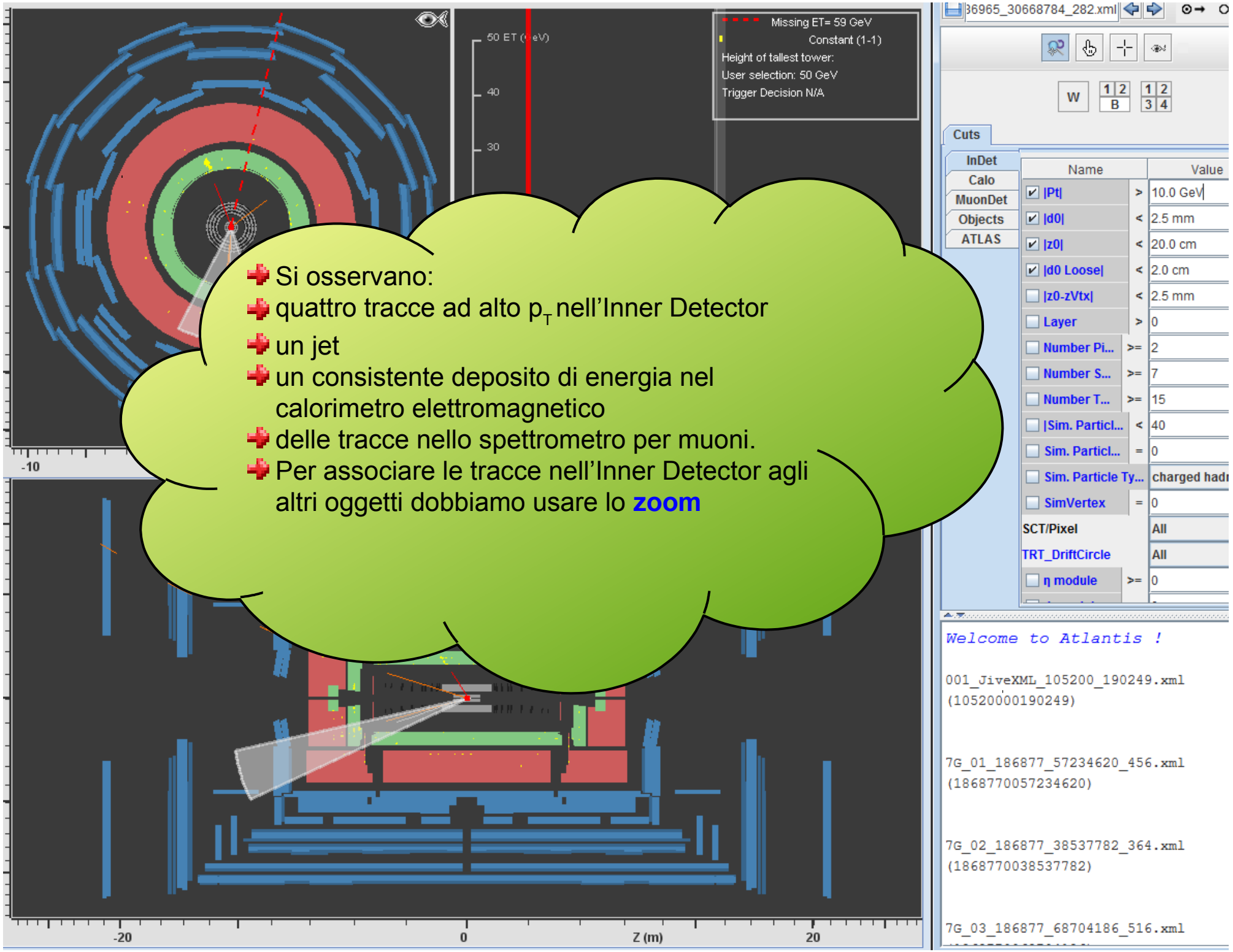


- Verificate che il p_T dei leptoni soddisfi i tagli (uno di almeno 10 GeV, l'altro di almeno 20 GeV)
- Missing E_T>40 GeV (se i leptoni appartengono alla stessa famiglia)
- Missing E_T>20 GeV (se i leptoni appartengono a famiglie differenti)
- Calcolate l'angolo compreso tra i due leptoni

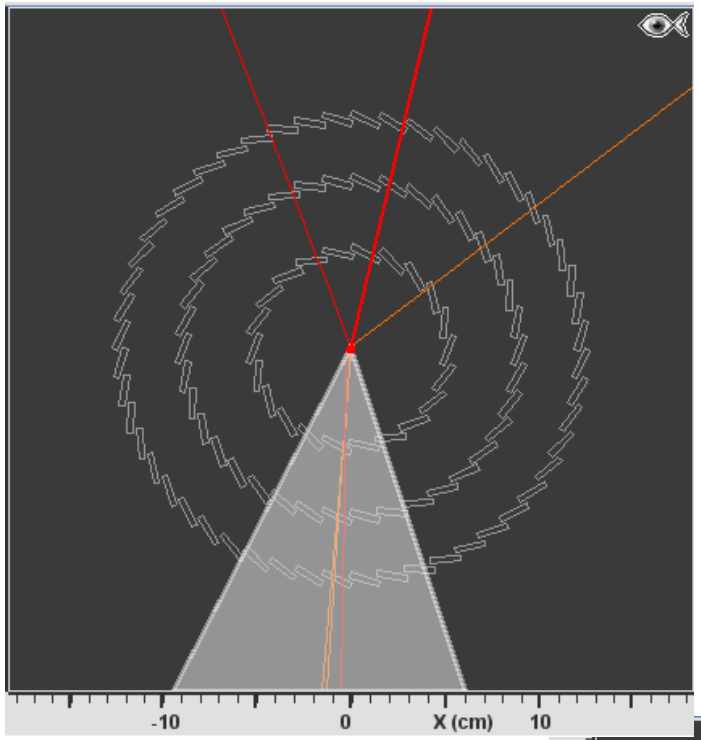
Registriamo l'evento

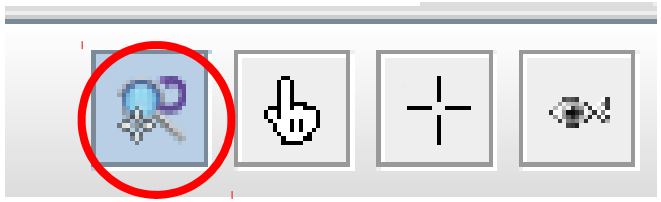
Data sample: 5 A	Signal 1				Signal 2		Back-ground	Comment
	$W \to \nu + \cdots$		$W \to \nu + \cdots$		$WW \to l\nu l\nu$	$\Delta\Phi_{ll}$		
Event #	e^+	e^-	μ^+	μ^-				
1		27						MET 33
2			38					MET 59
3							X	
4					X	153,9		MET 38
5								
6								
7								

Un evento particolare



- Si osservano:
- quattro tracce ad alto p_T nell'Inner Detector
- un jet
- un consistente deposito di energia nel calorimetro elettromagnetico
- delle tracce nello spettrometro per muoni.
- Per associare le tracce nell'Inner Detector agli altri oggetti dobbiamo usare lo **zoom**

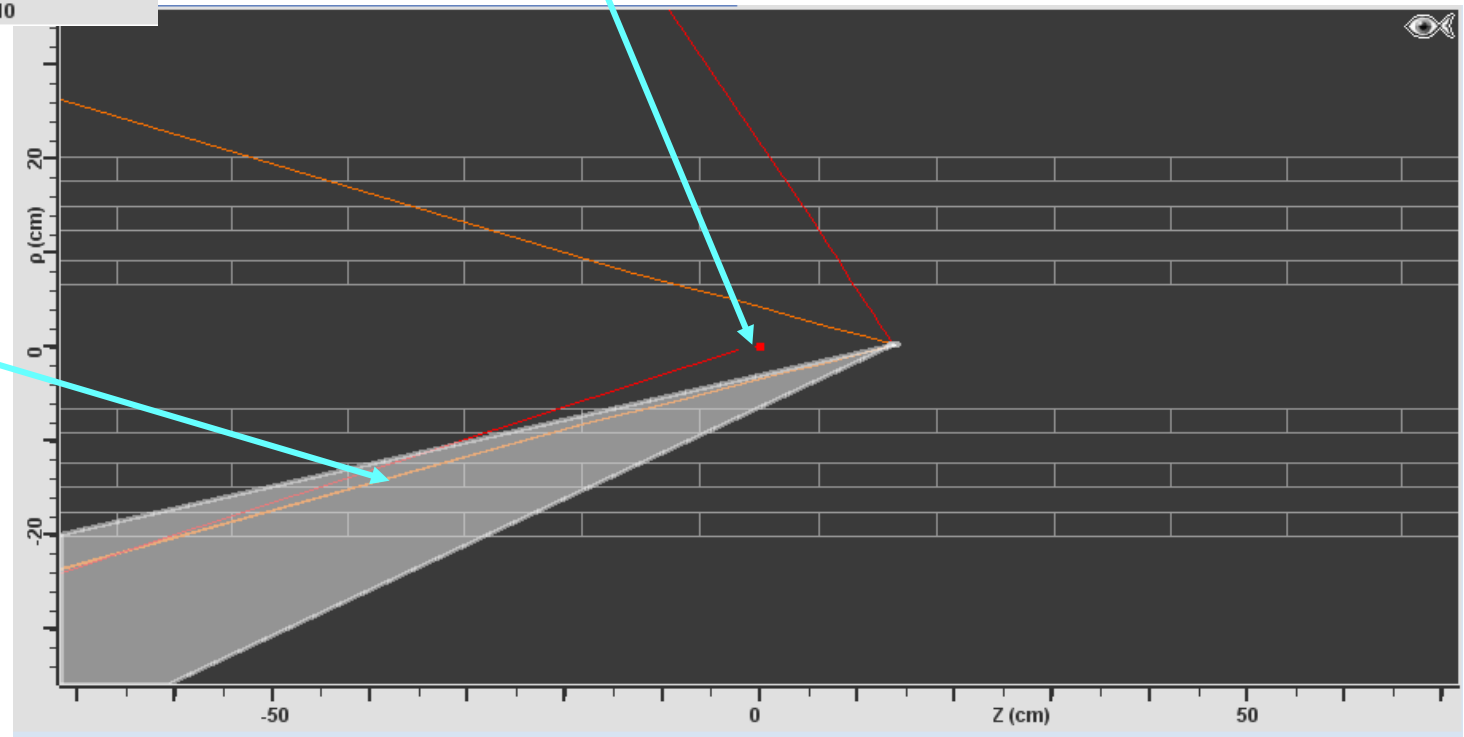




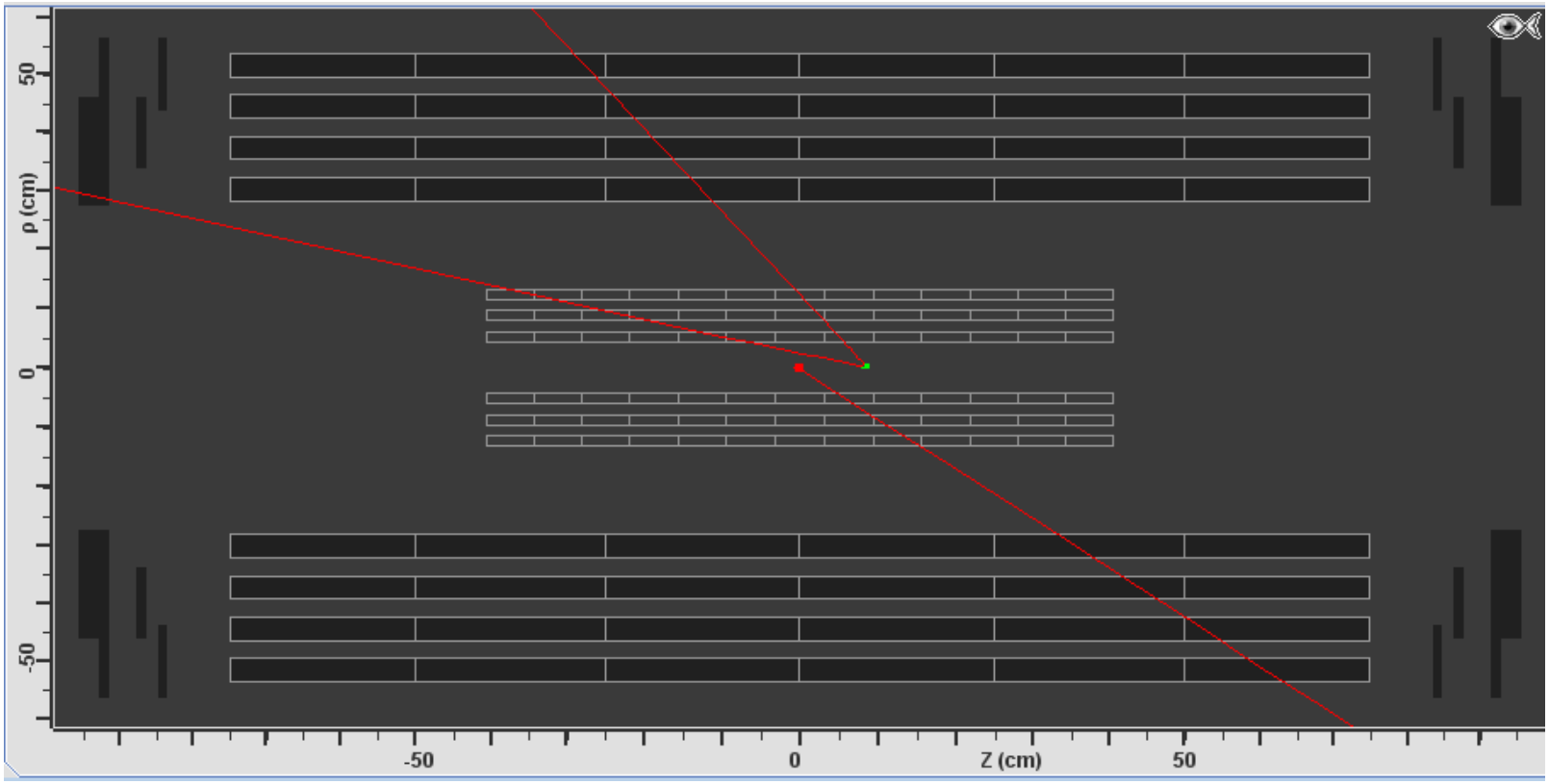
Nella vista laterale si osserva che una delle quattro tracce non è associata al vertice di interazione e la si scarta

Un'altra traccia appartiene al jet

Si procederà allo studio delle altre due

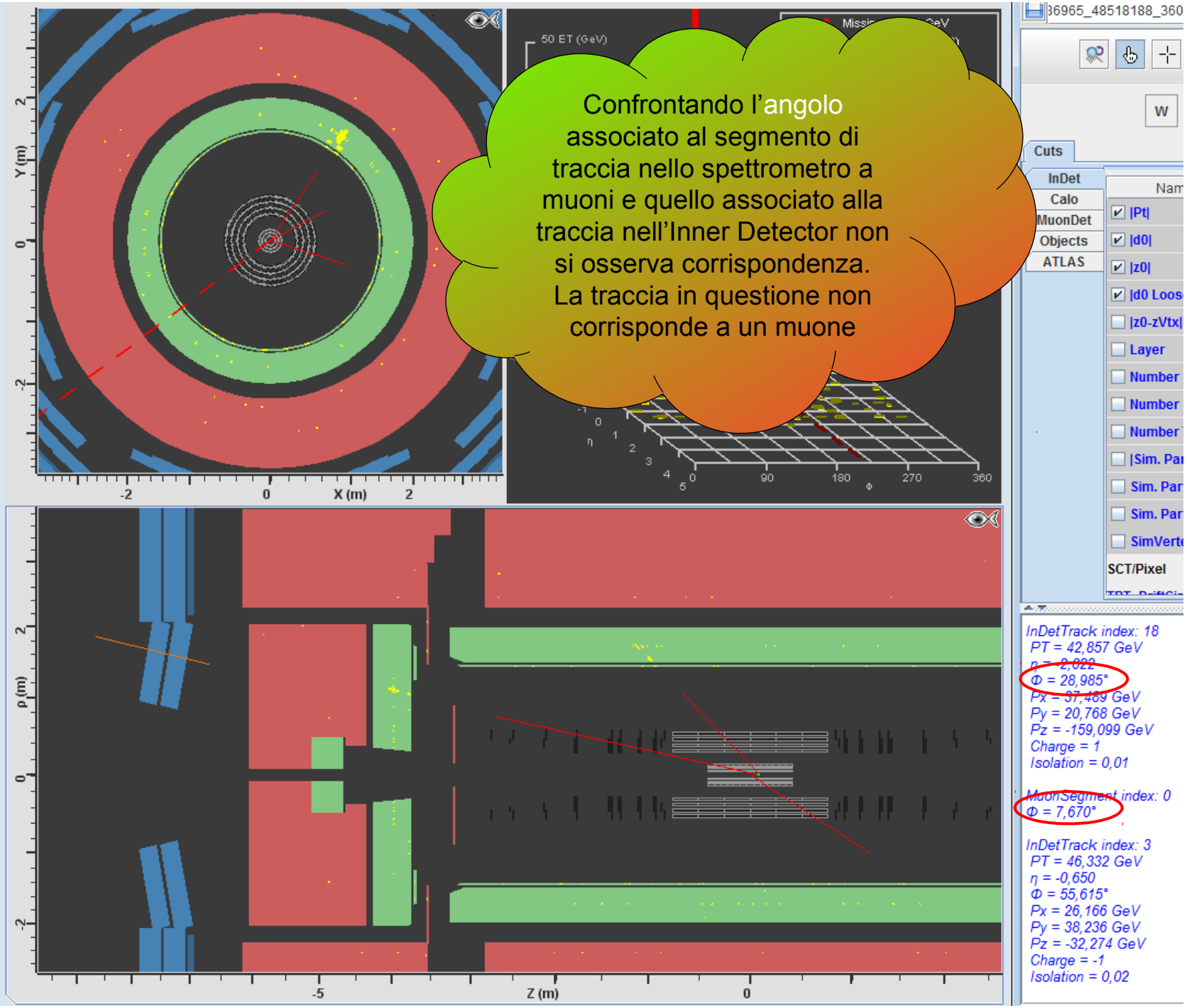


Un altro evento particolare



Si osserva che una delle tre tracce non è associata al vertice di interazione e la si scarta

Premento il tasto destro del mouse sulla figura e selezionando *unzoom* si ritorna alla vista iniziale


Confrontando l'angolo associato al segmento di traccia nello spettrometro a muoni e quello associato alla traccia nell'Inner Detector non si osserva corrispondenza.
La traccia in questione non corrisponde a un muone
Y (m)
X (m)
50 ET (GeV)
η
Φ
ρ (m)
Z (m)
Cuts
InDet
Calo
MuonDet
Objects
ATLAS
|Pt|
|d0|
|z0|
|d0 Loos
|z0-zVtx|
Layer
Number
Number
Number
|Sim. Par
Sim. Par
Sim. Par
SimVert
SCT/Pixel
InDetTrack index: 18
PT = 42,857 GeV
η = 2,022
Φ = 28,985°
Px = 37,469 GeV
Py = 20,768 GeV
Pz = -159,099 GeV
Charge = 1
Isolation = 0,01
MuonSegment index: 0
Φ = 7,670°
InDetTrack index: 3
PT = 46,332 GeV
η = -0,650
Φ = 55,615°
Px = 26,166 GeV
Py = 38,236 GeV
Pz = -32,274 GeV
Charge = -1
Isolation = 0,02

Cosa succede dopo pranzo?

Faremo altri esercizi prima della misura!

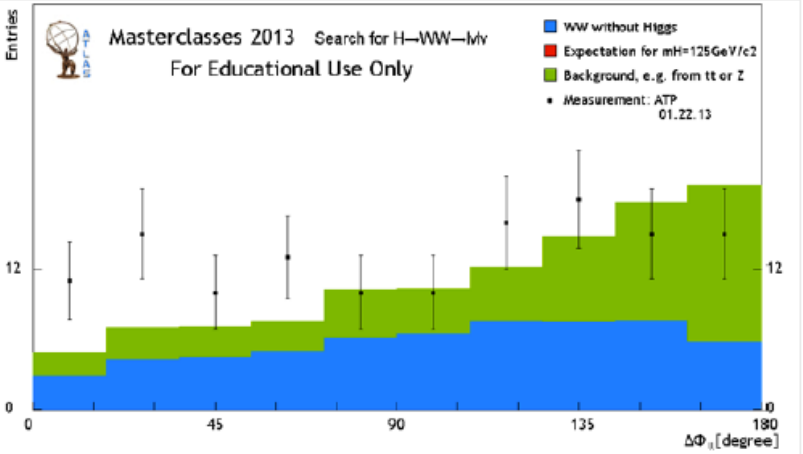
Vi sono stati assegnati 50 veri eventi raccolti dall'esperimento ATLAS

Classificateli riportando sulla scheda:

- ✓ Se è un evento di produzione di $W^{\pm}$, $W^{+}W^{-}$ o di fondo
- ✓ Se è un candidato $W^{+}W^{-}$ calcolate l'angolo $\Delta\Phi$
- ✓ Altrimenti annotate p_T, MET e carica del leptone coinvolto
- ✓ Sommate tutti gli eventi dello stesso tipo.

Cosa succede dopo aver analizzato gli eventi?

Consegnate la scheda che sarà elaborata insieme ai risultati delle vostre colleghe. I risultati ottenuti sotto forma di istrogramma saranno confrontati con i risultati delle altre sedi!



	bin 1	bin 2	bin 3	bin 4	bin 5	bin 6	bin 7	bin 8	bin 9	bin 10	SUM
N	11	15	10	13	10	10	16	18	15	15	133
B	4.8	7	7.1	7.5	10.2	10.3	12.2	14.8	17.7	19.3	110.9
S	6.2	8	2.9	5.5	-0.2	-0.3	3.8	3.2	-2.7	-4.3	22.1
Z	2.8	3	1.1	2	-0.1	-0.1	1.1	0.8	-0.7	-1	2.1

Total #	$W \rightarrow \ldots + \nu$				Background	WW
100	e^+	e^-	μ^+	μ^-		
Azores Univ.						
Bern						
Cosenza						
London QMUL 2	4	5	6	2	71	12
Orsay LAL 1-1						
Orsay LAL 1-2						
Total	4	5	6	2	71	12
$\Sigma\lvert W^+\rvert,\Sigma\lvert W^-\rvert$	$\lvert W^+\rvert$	10	$\lvert W^-\rvert$	7	$\lvert W^+\rvert + \lvert W^-\rvert$	17
Ratio	$\lvert W^+\rvert/\lvert W^-\rvert$			**1.43**	±	**0.7**

Grazie per l’attenzione!
Buona caccia!