



INTERNATIONAL
MASTERCLASSES

hands on particle physics

International Masterclasses 10/2/2023

A caccia di eventi!

Marcella Capua

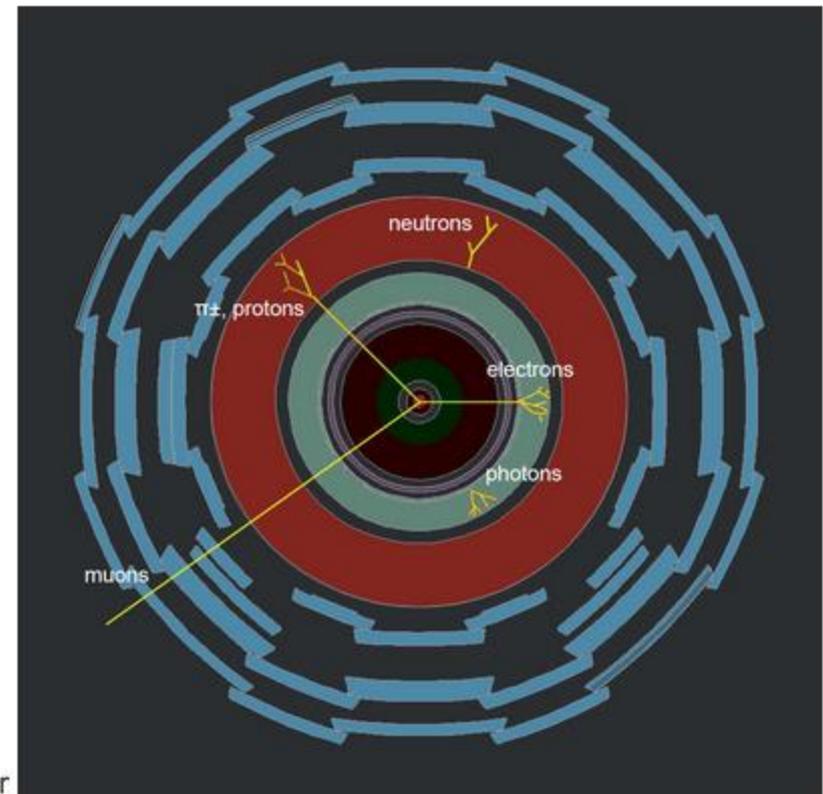
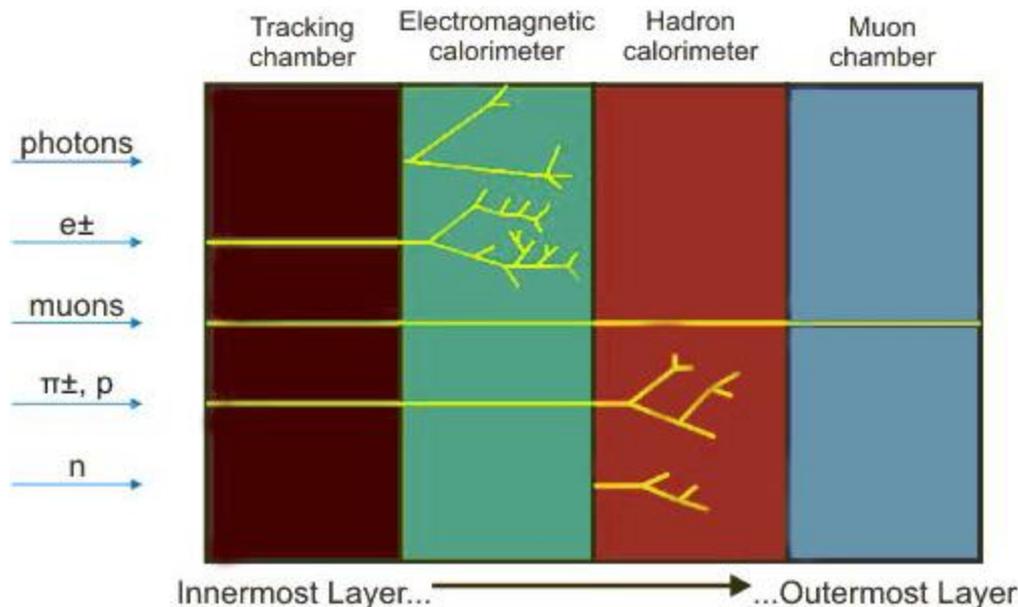
Imparerete a riconoscere le particelle che attraversano il rivelatore ed a classificare gli eventi (particelle prodotte in una collisione) osservando dati reali di collisioni pp!

ATLAS è complicato...

Le particelle che state cercando nascono dall'interazione dei protoni in ATLAS, e poiché vivono molto poco il rivelatore non fa in tempo ad identificarle.

Qualche volta decadendo producono particelle che il rivelatore può identificare dal segnale caratteristico che rilasciano nei componenti del rivelatore

(vedi la presentazione precedente).



Vi seguiremo passo passo



Prima occorre imparare ad **identificare** leptoni: elettroni (e^\pm), muoni (μ^\pm), neutrini (ν) in ATLAS



Poi occorre imparare a **classificare** gli eventi:

- $W^+ \rightarrow e^+ \nu_e$
- $W^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e$
- $W^- \rightarrow \mu^- \nu_\mu$
- $W^+ \rightarrow \mu^+ \bar{\nu}_\mu$
- $W^+ W^- \rightarrow l \nu l \nu$
- *fondo* da produzione di '**altro**' (...ma che puo' sembrare una W)



Analizzerete 50 eventi dell'esperimento ATLAS cercando di **fiutare** quelli in cui è stata prodotta una o due W (utilizzando MINERVA)

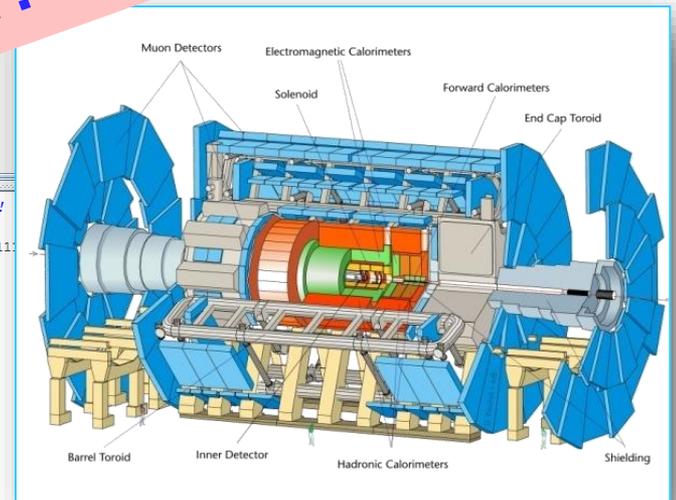
Minerva (Masterclass Involving Event Recognition Visualized with Atlantis)

e' il vostro display degli eventi



Guardiamo il programma
in dettaglio...

Visualizza ATLAS
in tre diverse
prospettive



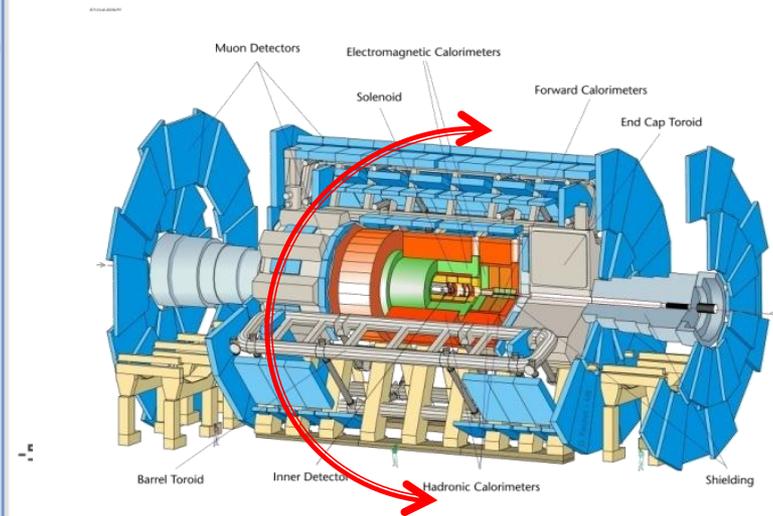
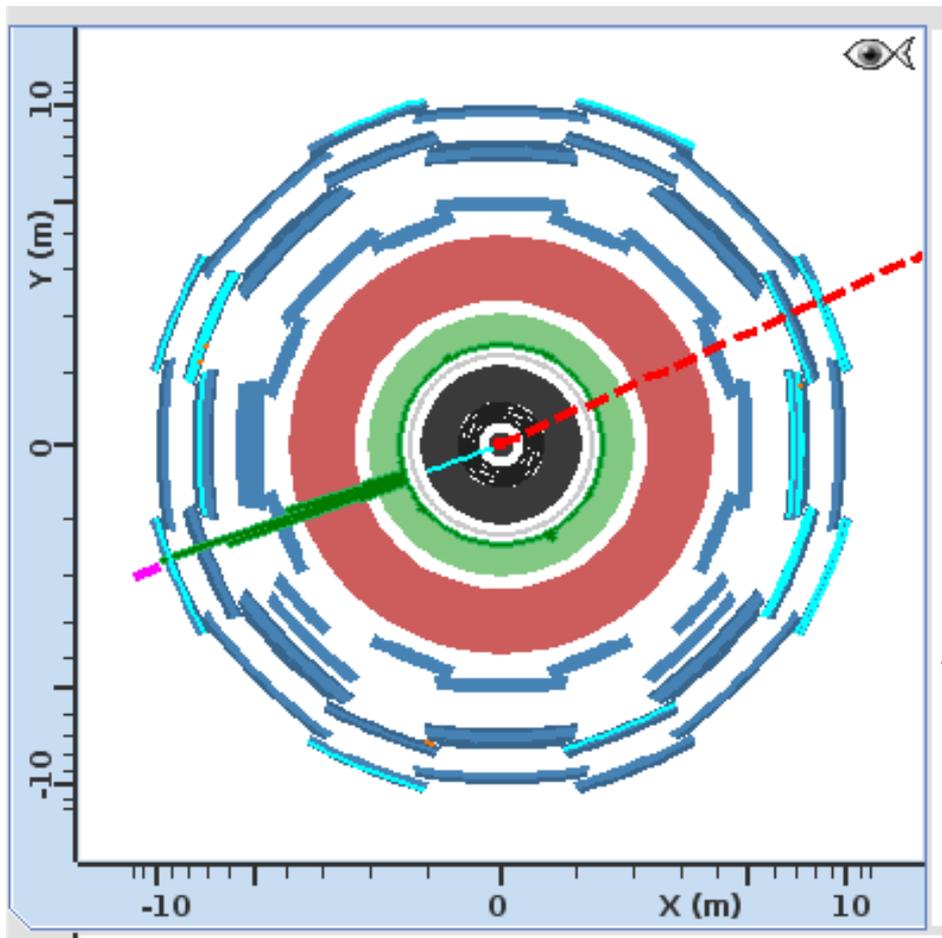
Minerva (ATLANTIS) elabora i segnali registrati dai componenti del rivelatore durante una collisione e li trasforma in display di eventi

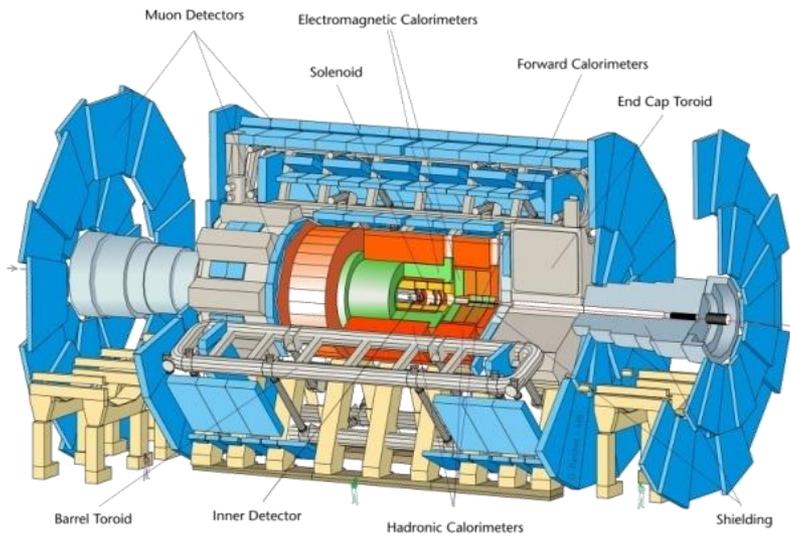
ricostruiti.

Vista frontale del rivelatore (piano x,y)

Si osservano le particelle nel piano trasverso ma solo quelle ricostruite nella regione centrale!!

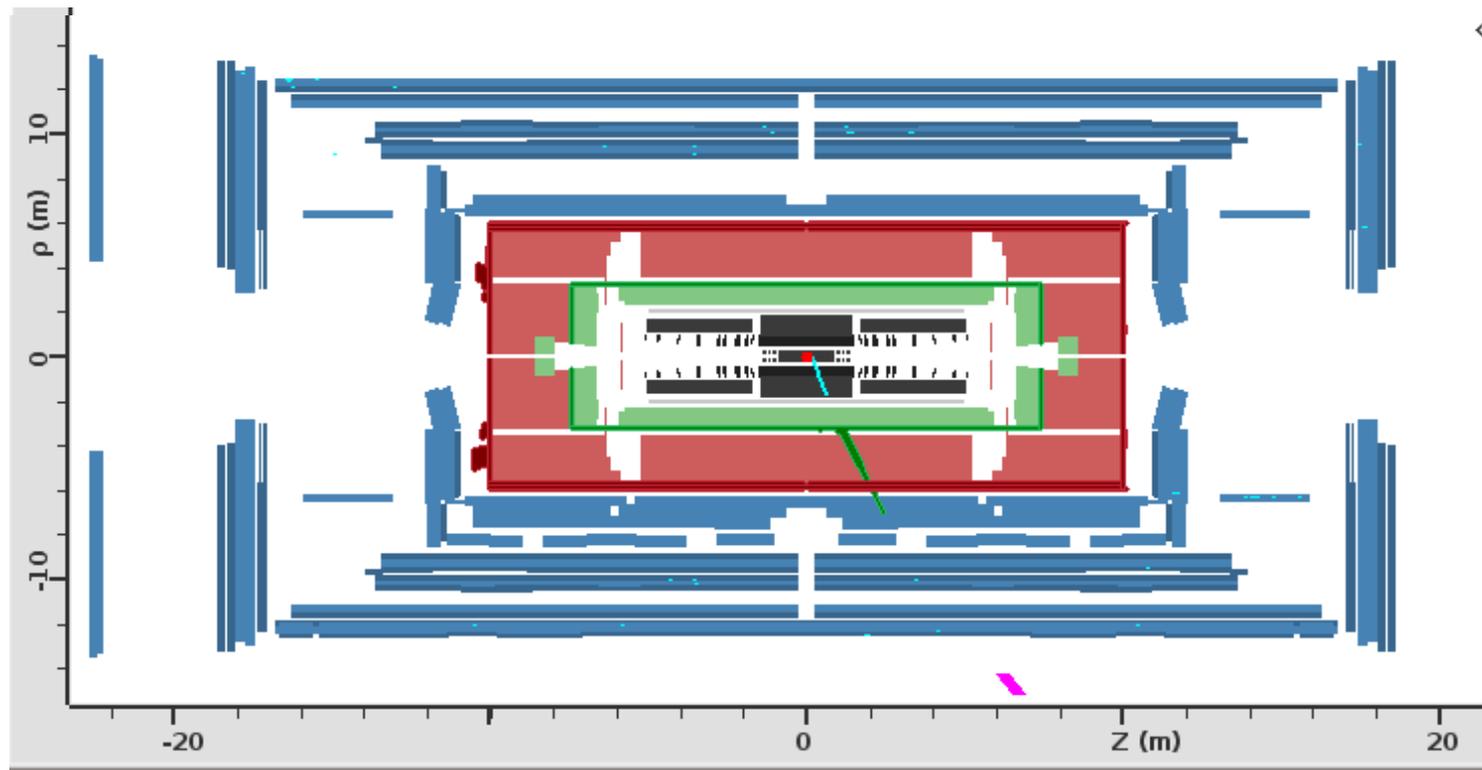
(quelle piu' avanti coprirebbero le altre)





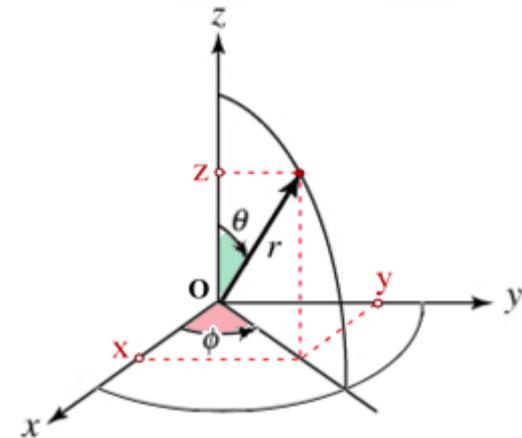
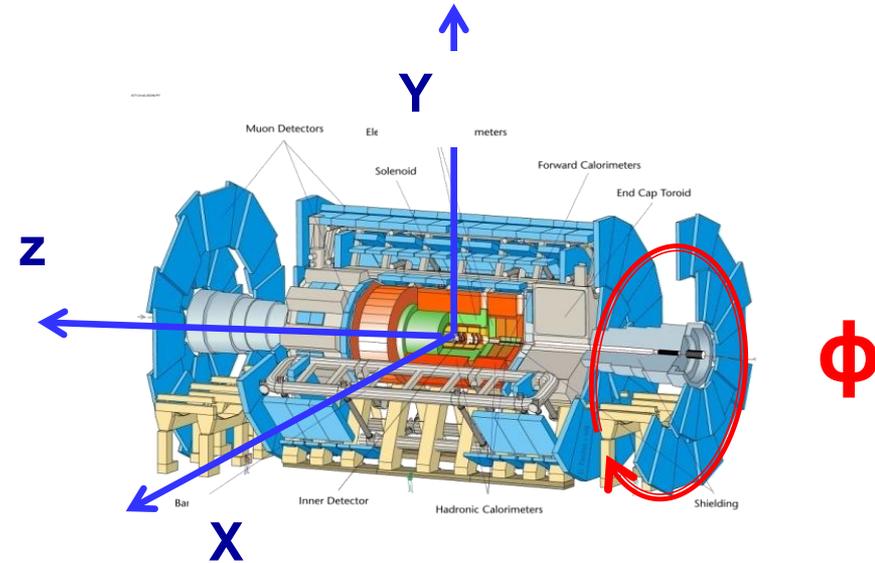
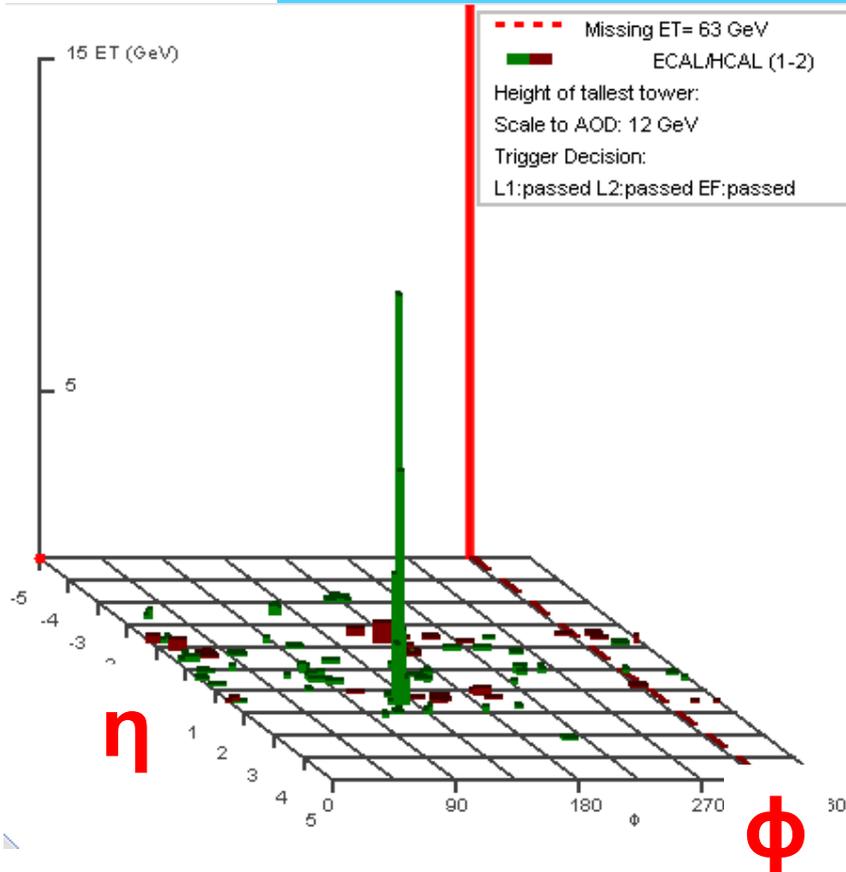
Vista laterale del rivelatore (piano ρ, z)

Si possono vedere le particelle
nella regione centrale e in avanti



Lego plot (ϕ, η, E_T)

Depositi di energia nei calorimetri



pseudorapidity

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

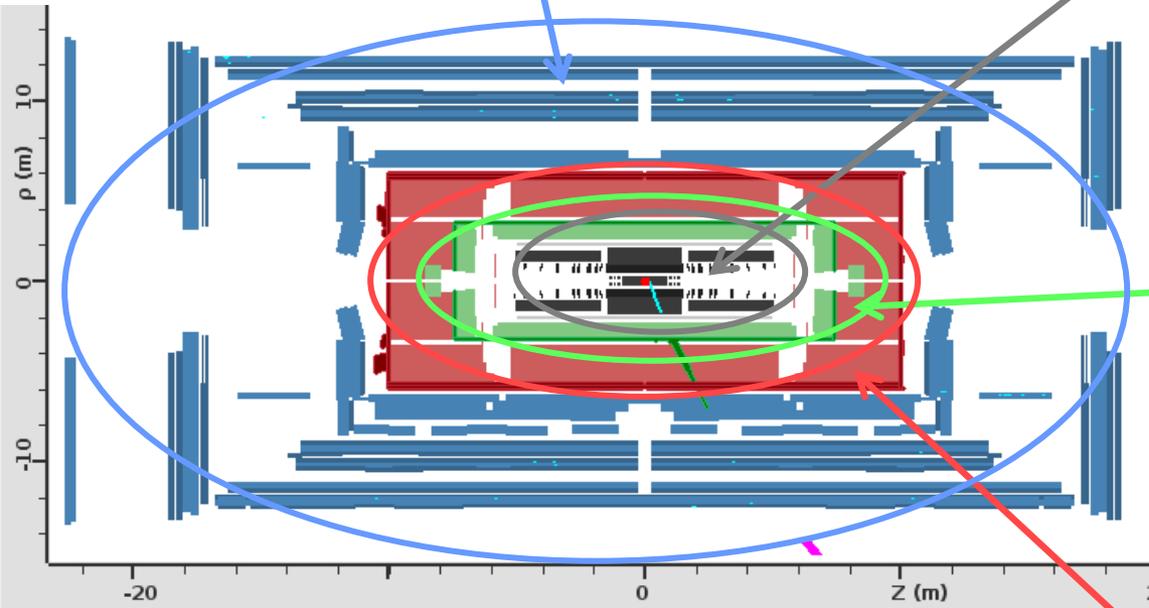
In Minerva colori sono importanti!

Rivelatore di muoni:

Misura momento e carica dei **muoni**

Rivelatore di tracce:

misura momento e carica di particelle **cariche** in campo magnetico



Calorimetro elettromagnetico:

misura l'energia di **elettroni**, **positroni** e **fotoni**

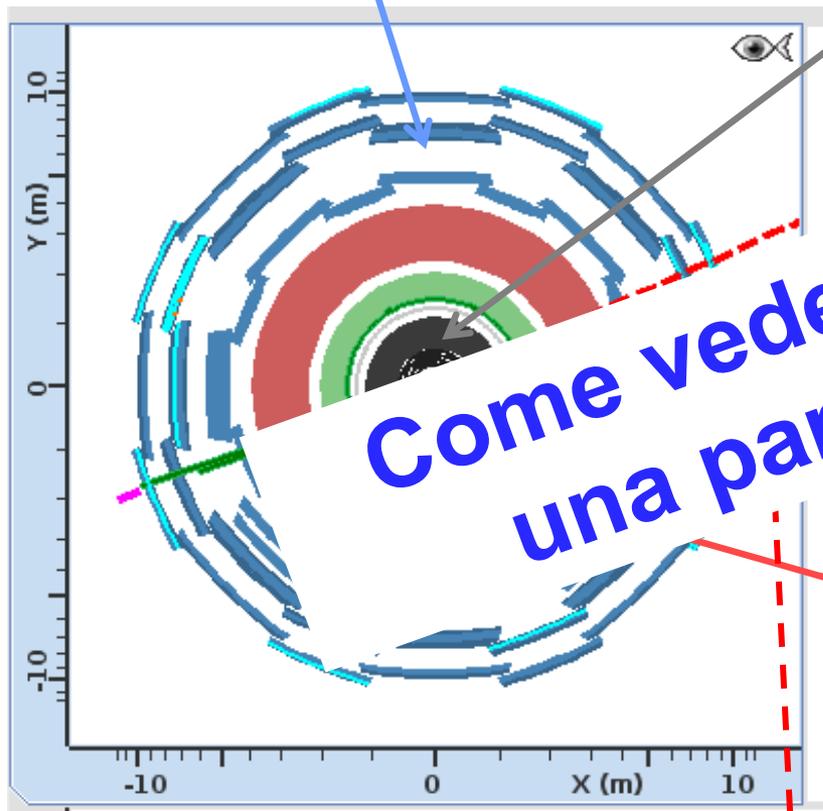
Calorimetro adronico:

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

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

Rivelatore di muoni:
Misura momento e carica dei muoni

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



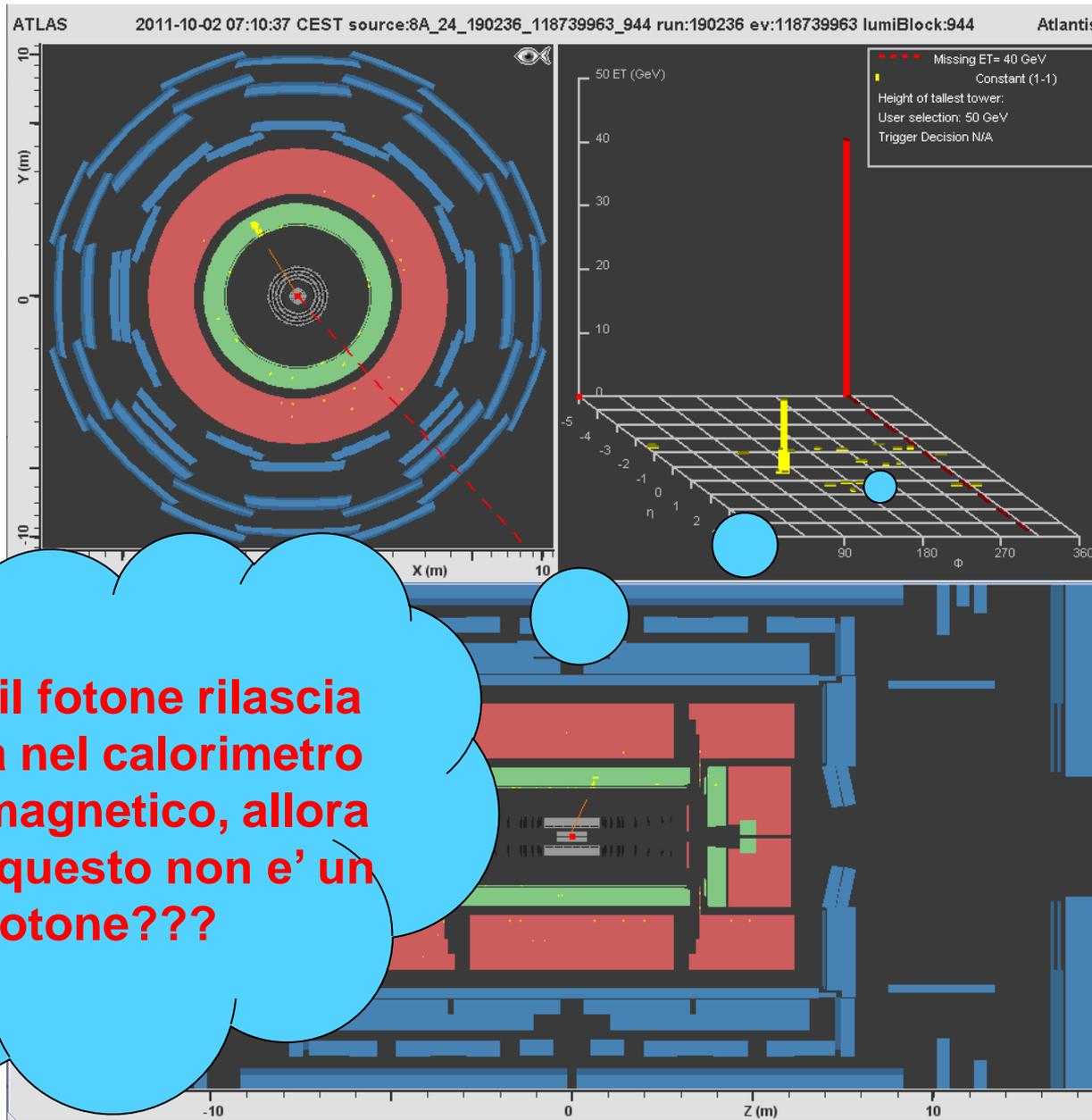
Come vede Minerva
una particella?

ettromagnetico:
gia di elettroni,
oni e fotoni

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

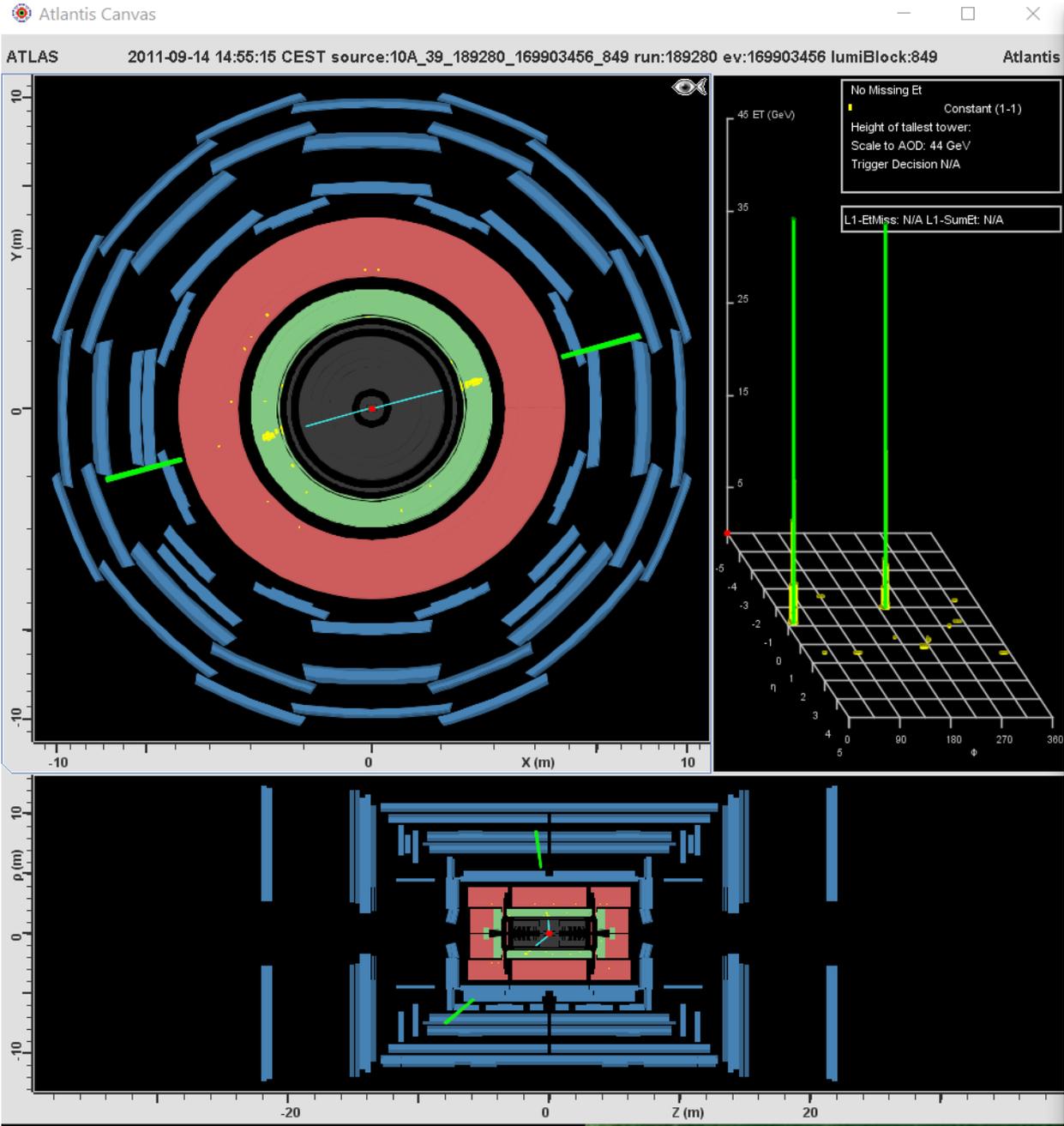
I neutrini attraversano indisturbati il rivelatore senza interagire con la materia e sono rilevati indirettamente attraverso la 'missing' E_T

Elettroni/Positroni/Fotoni?



Anche il fotone rilascia energia nel calorimetro elettromagnetico, allora perché questo non e' un fotone???

Elettroni/Positroni/Fotoni altro esempio



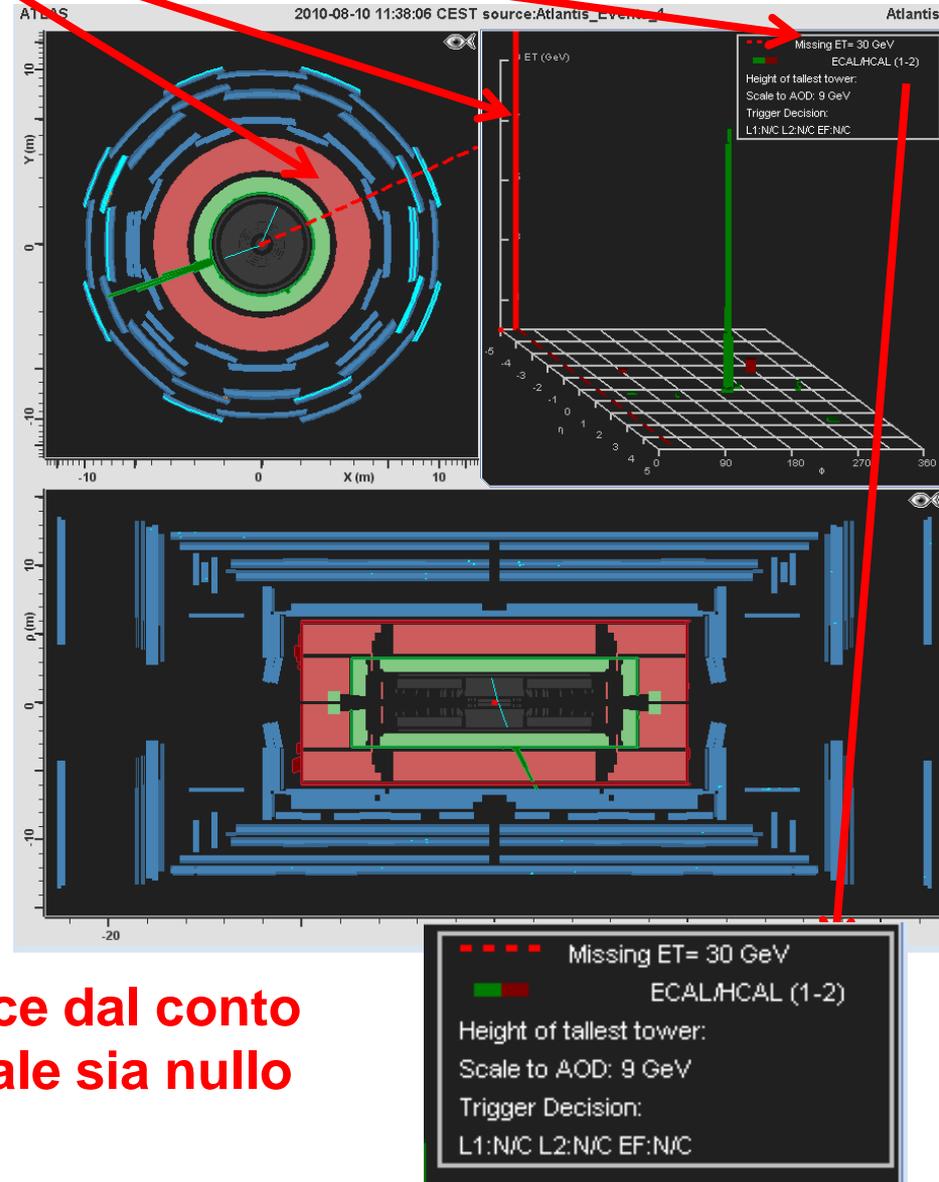
Neutrini (Missing E_T)

Ricordate: quark e gluoni si muovono lungo l'asse del fascio prima della collisione protone-protone con il momento trasverso totale iniziale nullo.

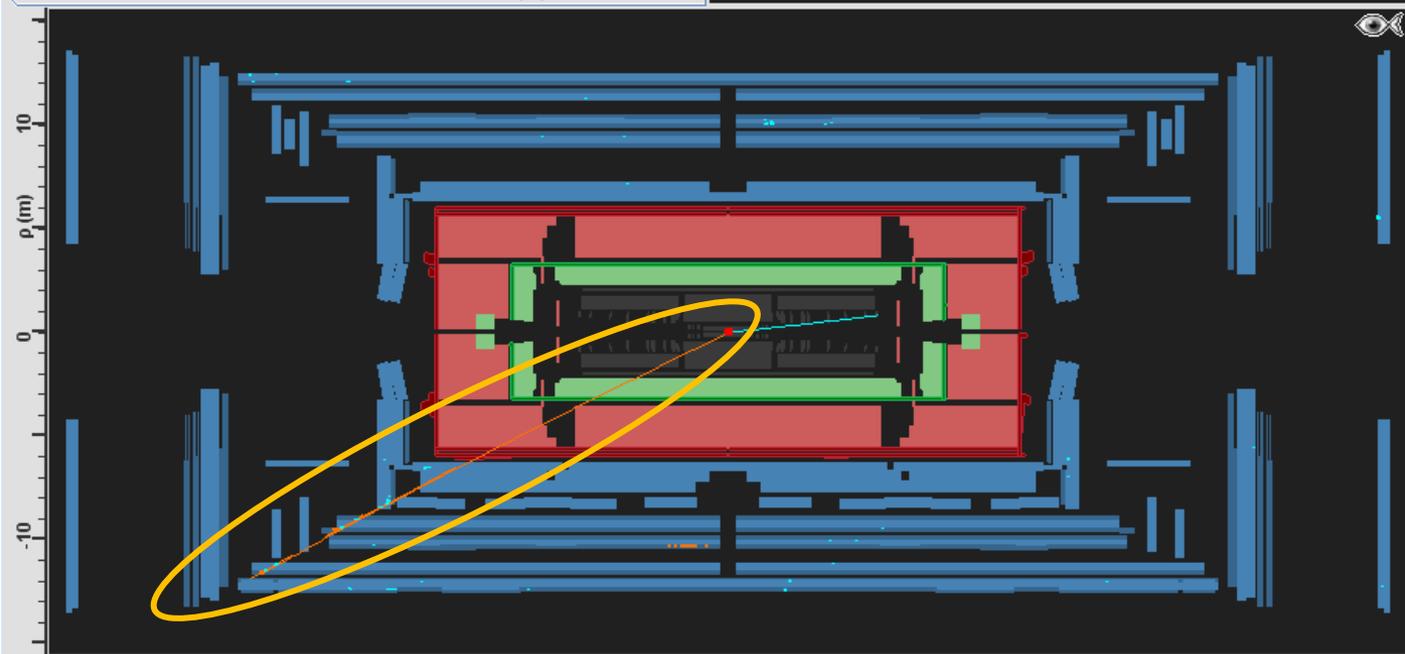
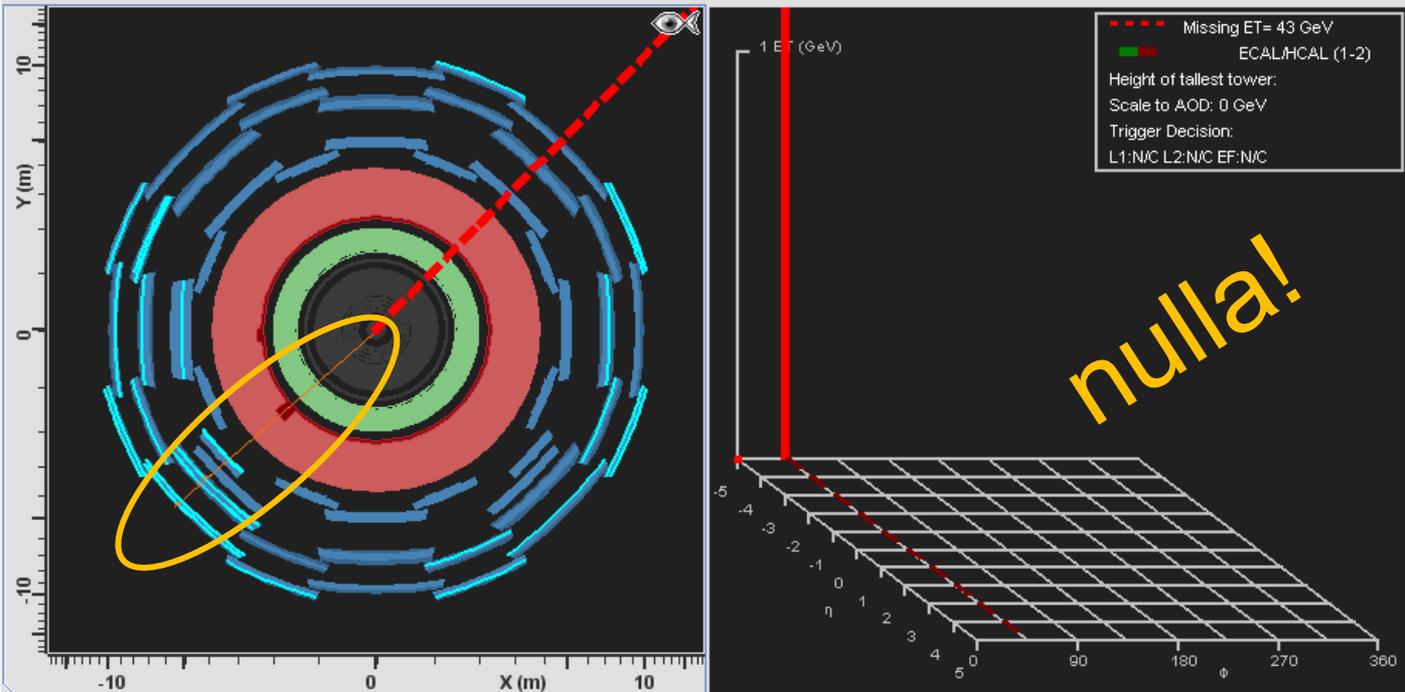
Per la conservazione della quantità di moto anche dopo la collisione il momento trasverso totale deve essere nullo.

Se la misura fornisce un momento trasverso totale non nullo, vuol dire che qualche particella dello stato finale non è stata rivelata (un neutrino?).

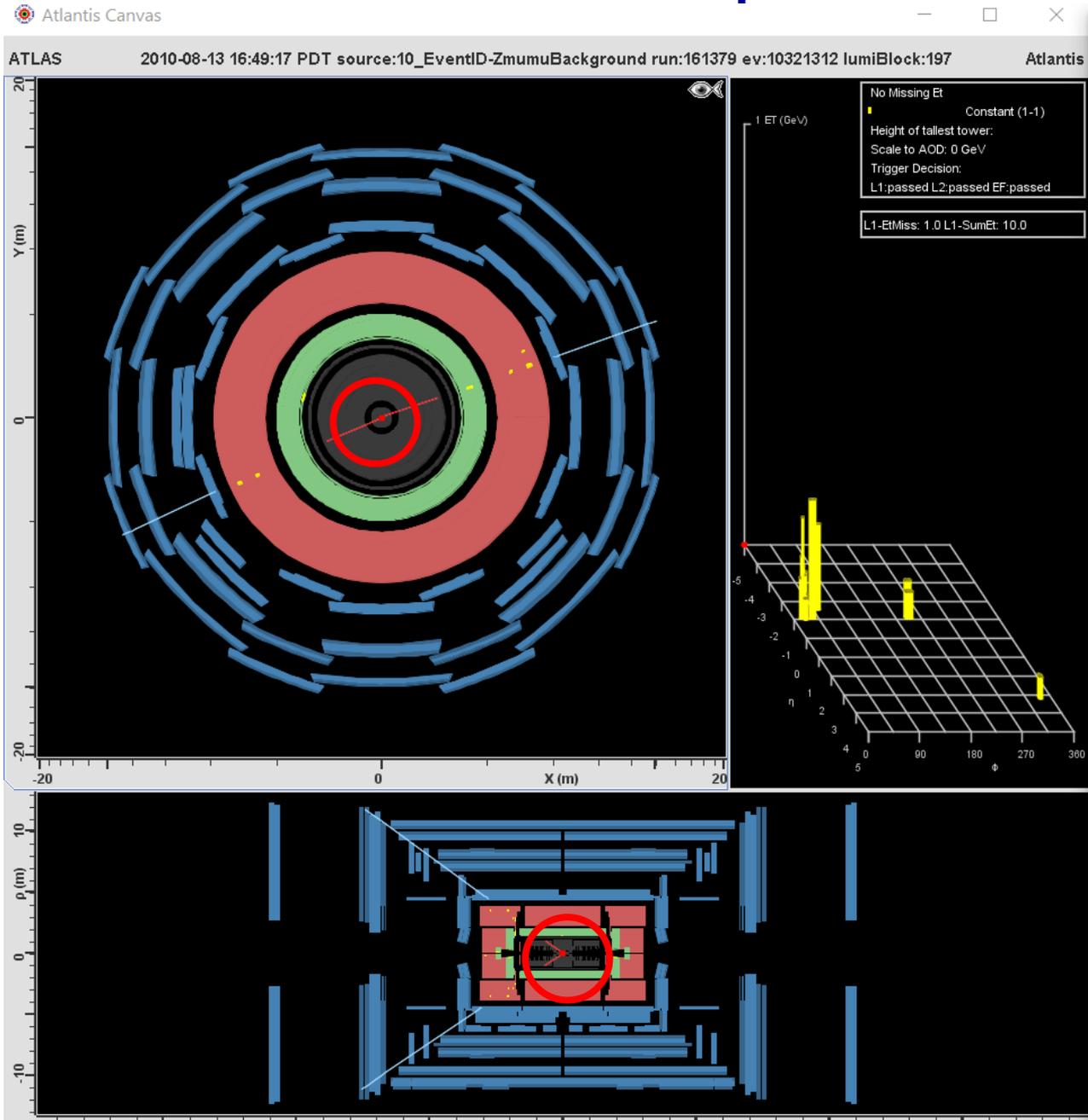
Quindi, se ci sono neutrini lo si capisce dal conto del momento che manca perché il totale sia nullo (missing E_T).



Muoni

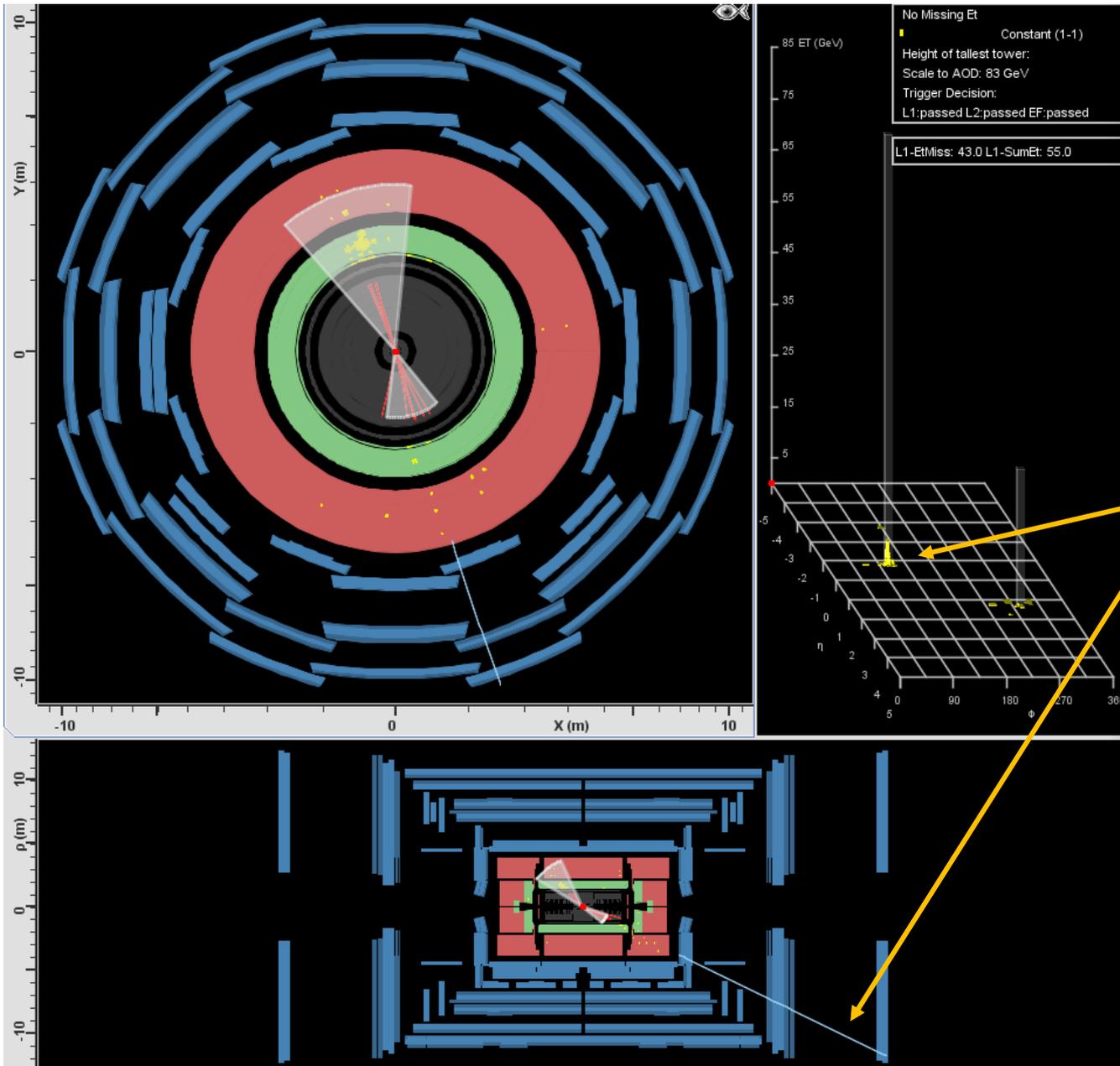


Può esserci più di un muone



ma per appartenere allo stesso evento devono appartenere allo stesso vertice

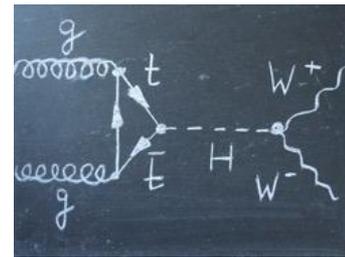
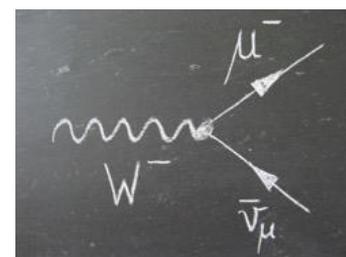
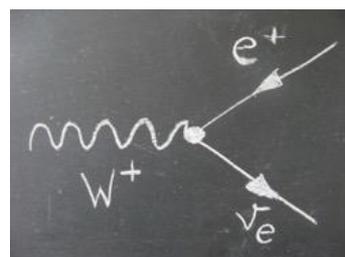
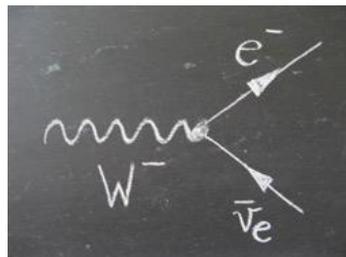
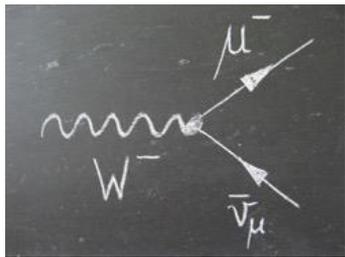
Jets: Quark e gluoni danno luogo a getti



I getti perciò sono fiotti di molte particelle di varia natura, anche i muoni!

Sappiamo riconoscere la presenza di particelle prodotte dall'interazione di due protoni.

Ora, possiamo cercare di capire se quelle particelle sono associate alla produzione W^+, W^-, W^+W^- , altro...



Nella pagina indico delle masterclasses: <https://agenda.infn.it/e/mcg2023>

- Home
- Informazioni
- Organizzazione
- Programma
- Registrazione
- Scuole e studentesse partecipanti
- Istruzioni e questionario**
- Link utili
- Galleria fotografica eventi precedenti

Istruzioni e questionario

Informazioni per le studentesse

Nei giorni precedenti l'evento i vostri docenti di riferimento vi aiuteranno a installare il software per l'analisi dati.

Ognuna di voi riceverà il link per la connessione su MC-Teams.

La connessione su MC-Teams inizia alle 8.30 del giorno 11 febbraio 2022.

Dalle 8.30 alle 9.00 ci sarà la registrazione all'evento e riceverete il codice assegnato al campione di dati che analizzerete (in gruppi remoti di due studentesse). Nella sezione Timetable c'è il programma dettagliato della giornata. Conoscerete le motivazioni degli studi di fisici delle particelle e imparerete come viene effettuata l'analisi dati; segnaliamo, a fine mattinata, la connessione con una nostra giovane laureata che si trova in Scozia ed alla quale potrete fare domande.

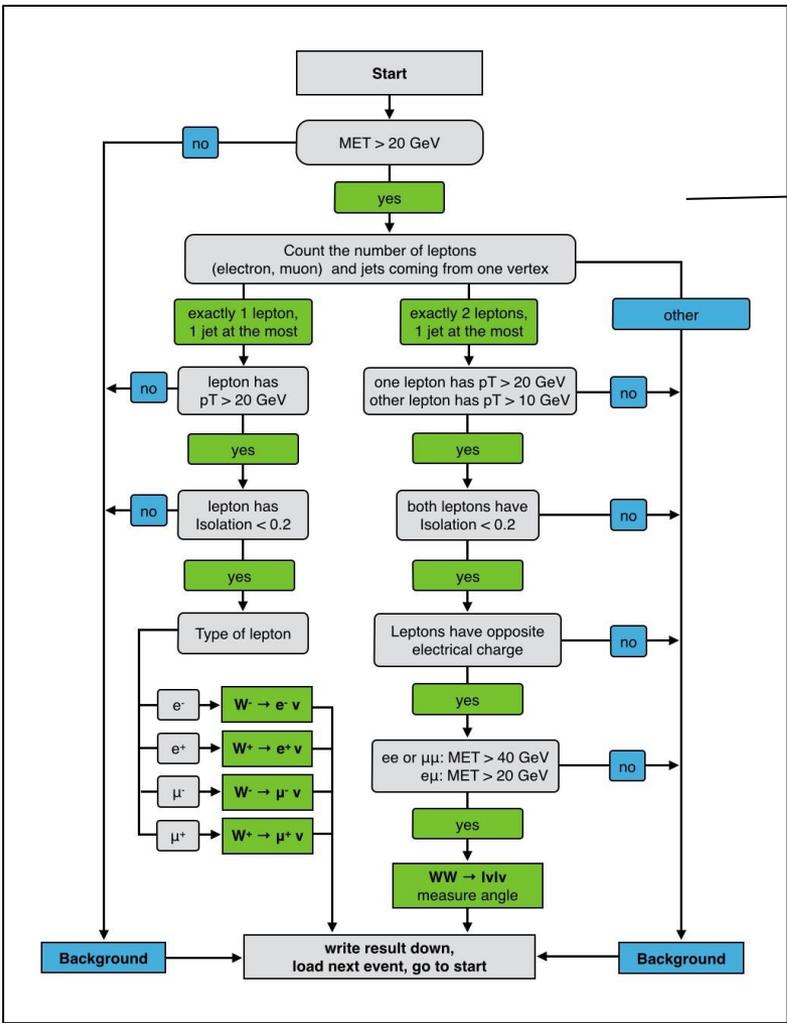
Ulteriore materiale utile è il seguente:

L'elenco dei **tagli di selezione** (potrebbe essere utile stampare questo file).

La scheda **la lista degli eventi**, in cui registrerete i vostri risultati (al termine del vostro lavoro dovrete inviarla a masterclass@fis.unical.it).

Tagli di selezione

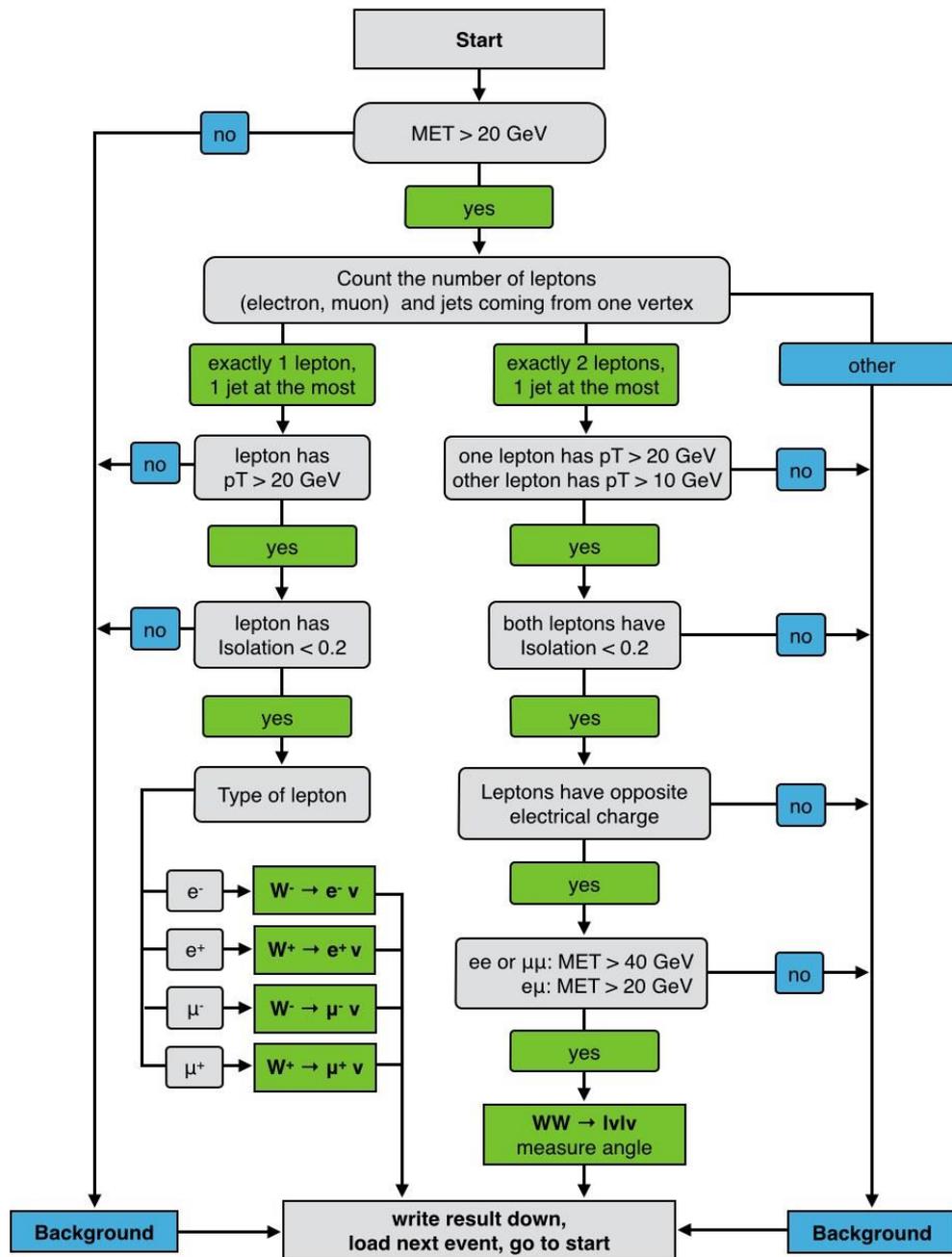
Lista degli eventi



Set di dati:

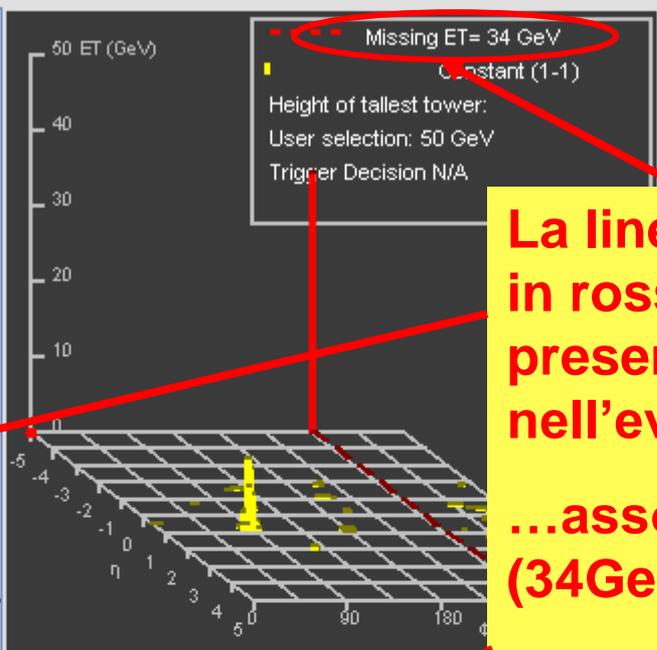
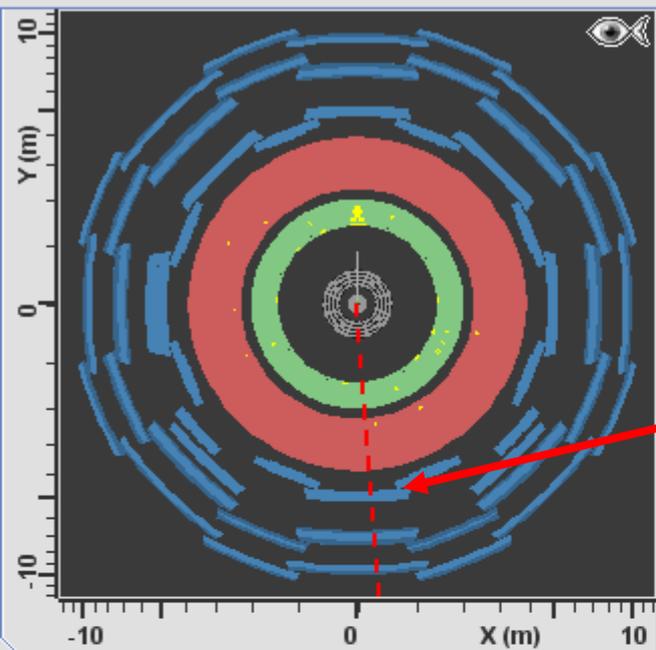
Evento	$W^+ \rightarrow e^+ + \nu$	$W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}$	$W^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$	$W^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}$	Fondo	W^+W^-	angolo	codice evento
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								

Fra poco vedrete come usarli



i tagli

Studiamo il primo evento!



File Preferences Lists

F:\MasterClasses\2016\Minervalevents\7A.zip\7A

Missing ET = 34 GeV

Constant (1-1)

Height of tallest tower:

User selection: 50 GeV

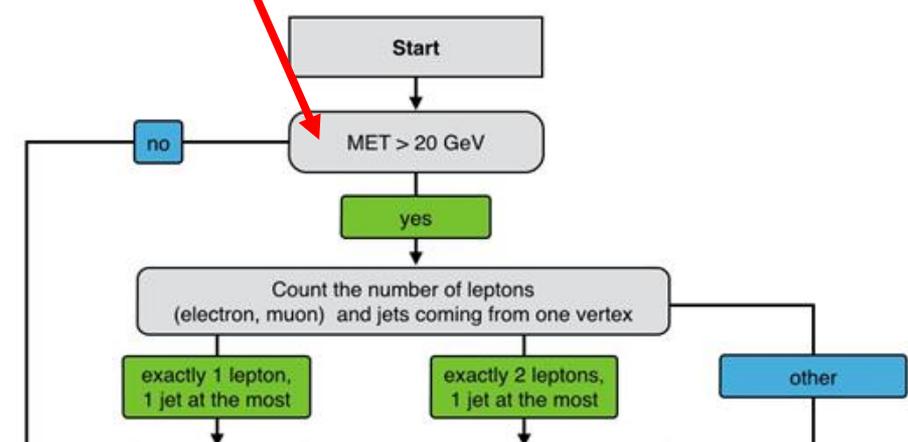
Trigger Decision N/A

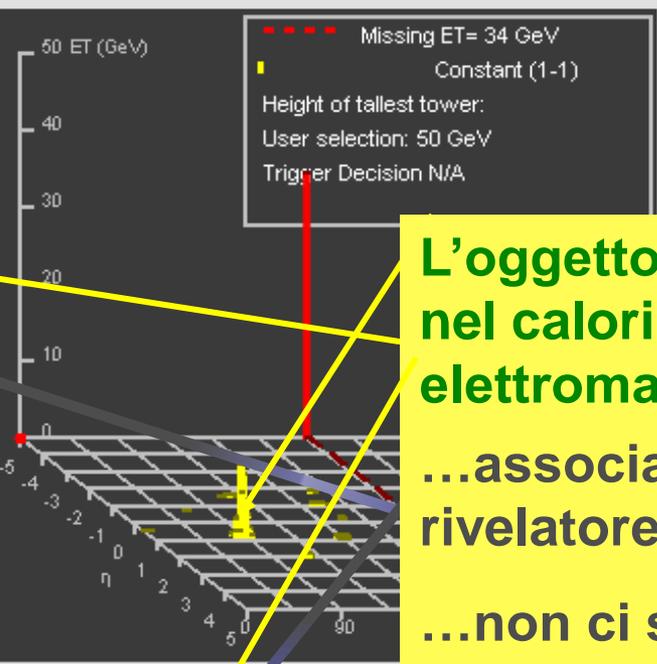
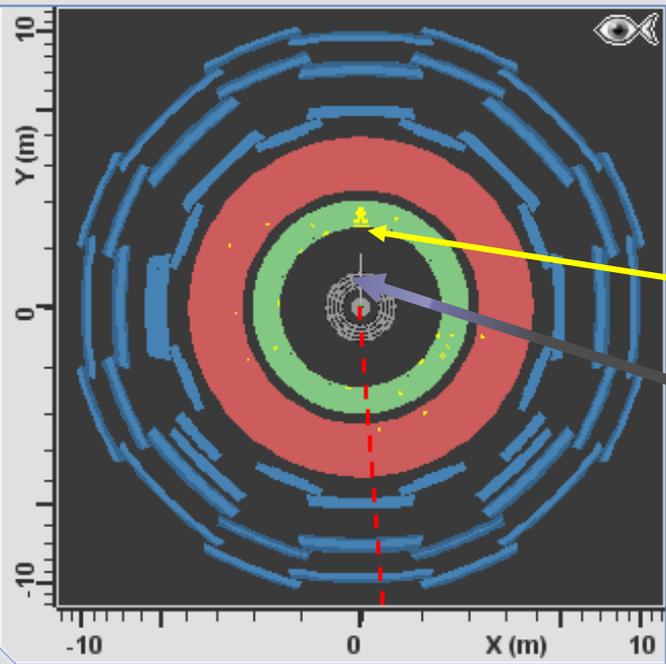
La linea retta tratteggiata e in rosso indica la possibile presenza di un neutrino nell'evento...

...associata ad un alto MET (34GeV in questo caso)

abbiamo identificato la presenza di un neutrino!

TAGLIO: MET deve essere di almeno 20 GeV perché si possa associare ad un evento di produzione di W!



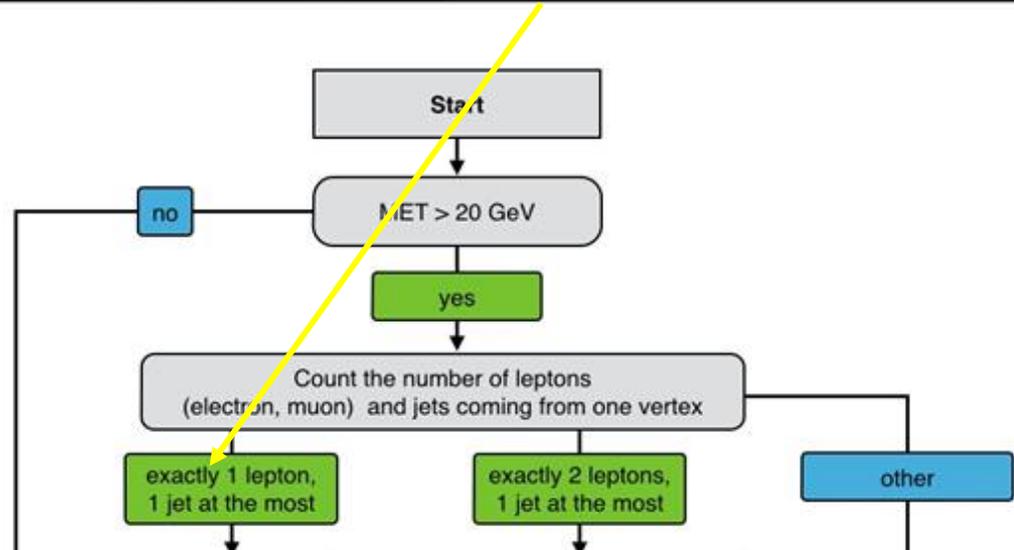
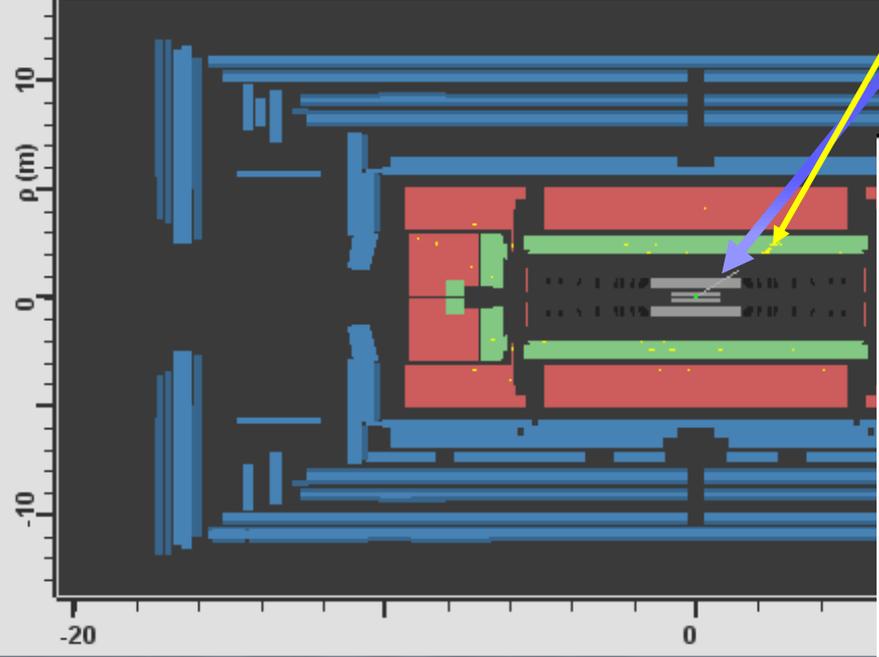


L'oggetto ha rilasciato energia nel calorimetro elettromagnetico...

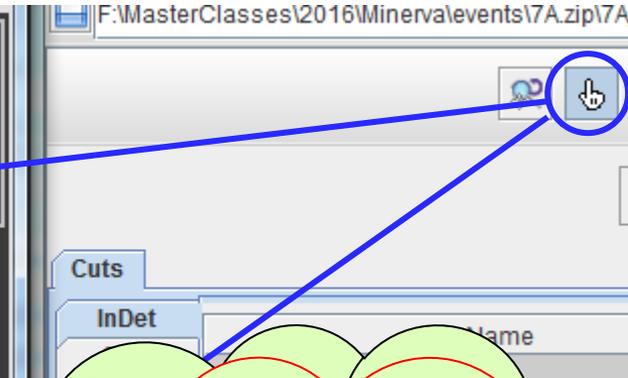
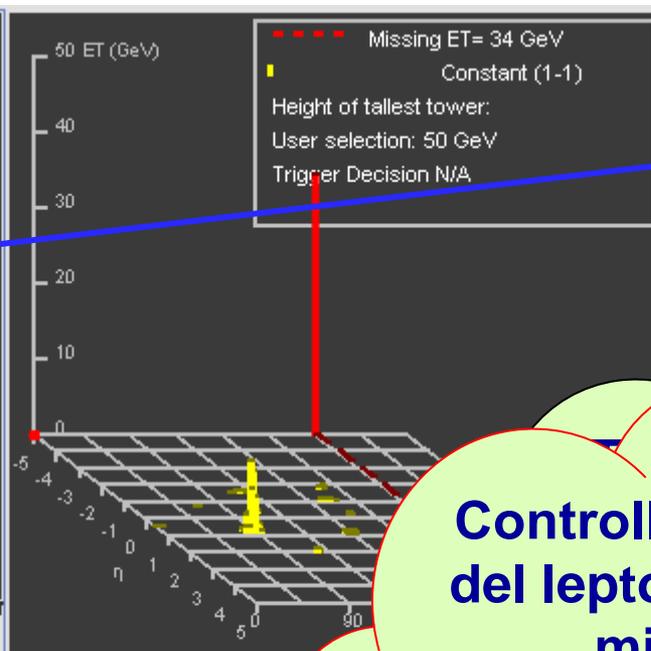
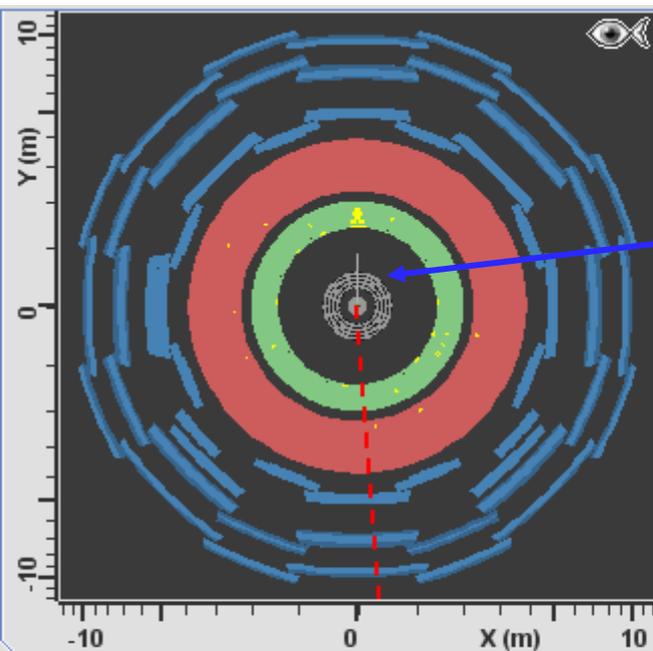
...associata ad una traccia nel rivelatore di tracce

...non ci sono altre tracce...

abbiamo identificato un solo elettrone (o un positrone?)

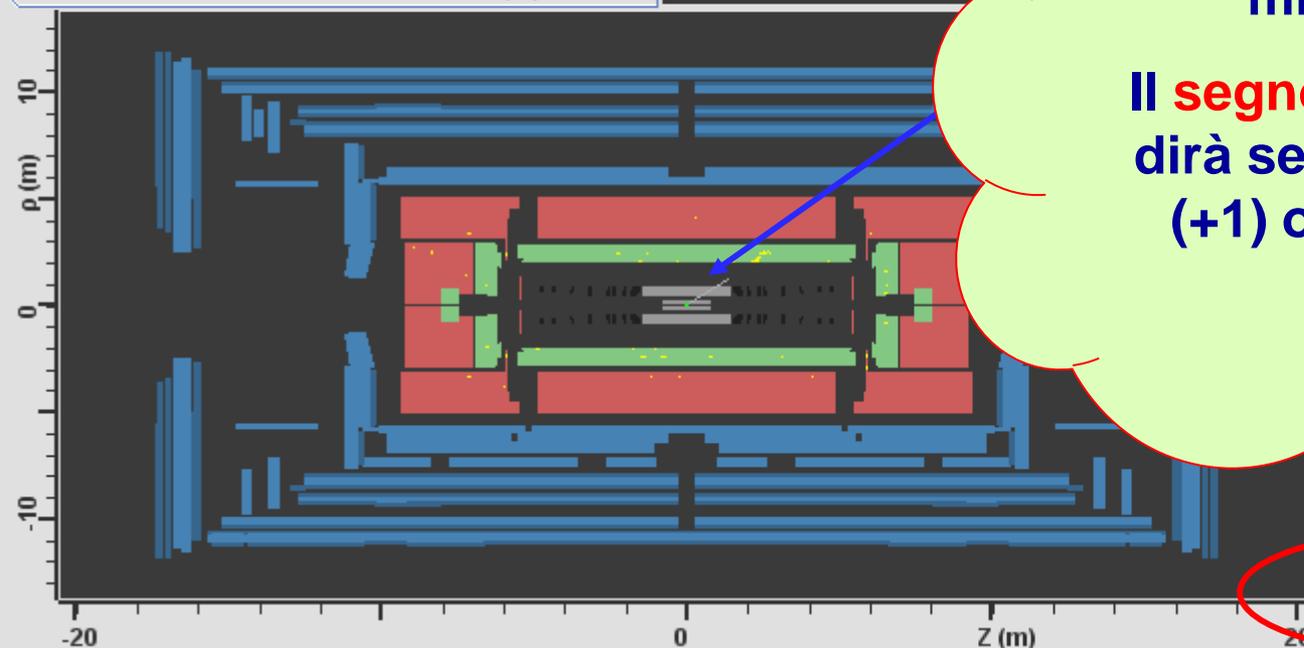


Verifichiamo il momento trasverso e la carica del leptone



Controllate l'**isolamento** del leptone, deve essere minore di 0.2

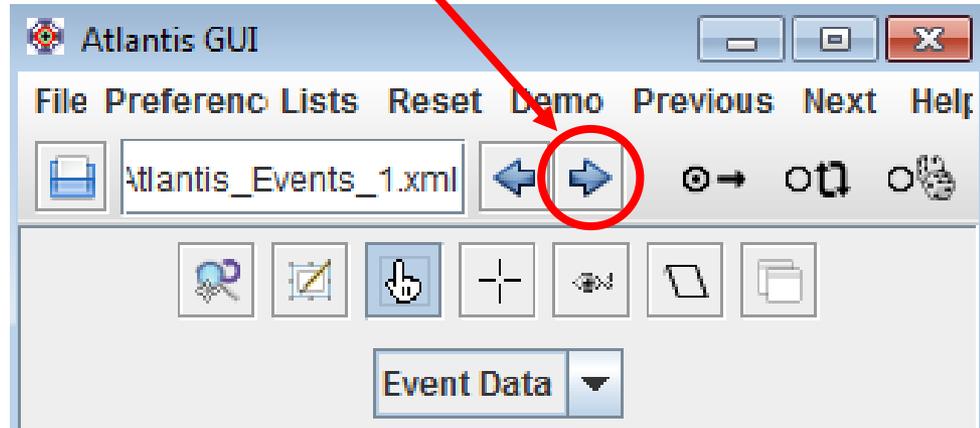
Il **segno della carica** vi dirà se è un positrone (+1) o elettrone (-1)



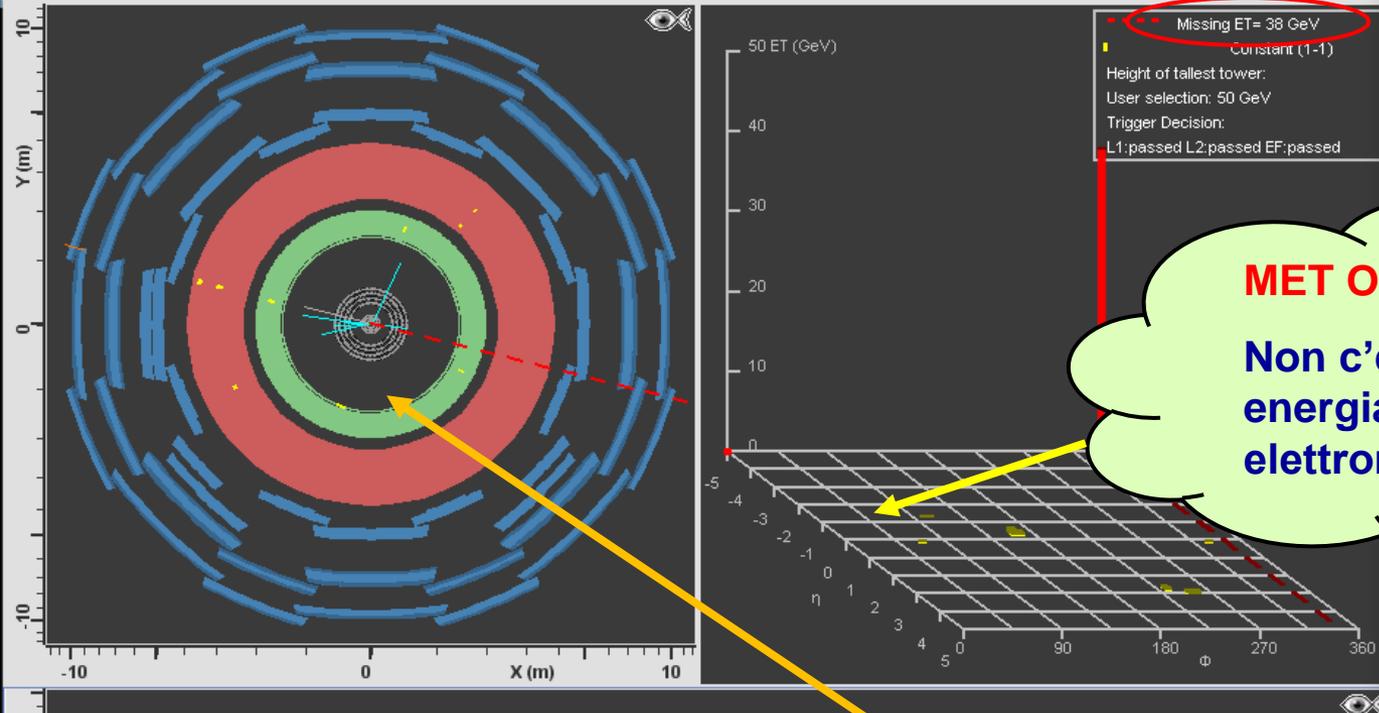
$P_x = -0,272 \text{ GeV}$
 $P_y = 40,932 \text{ GeV}$
 $P_z = 33,449 \text{ GeV}$
Charge = 1
Isolation = 0,00

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

Data sample: 5 A	Signal 1				Signal 2		Back-ground	Comment
	W → ν + ...		W → ν + ...		WW → lνlν	$\Delta\Phi_{ll}$		
	e ⁺	e ⁻	μ ⁺	μ ⁻				
Event #	e ⁺	e ⁻	μ ⁺	μ ⁻	WW → lνlν	$\Delta\Phi_{ll}$		
1	//						MET 34	
2								
3								
4								
5								
6								
7								

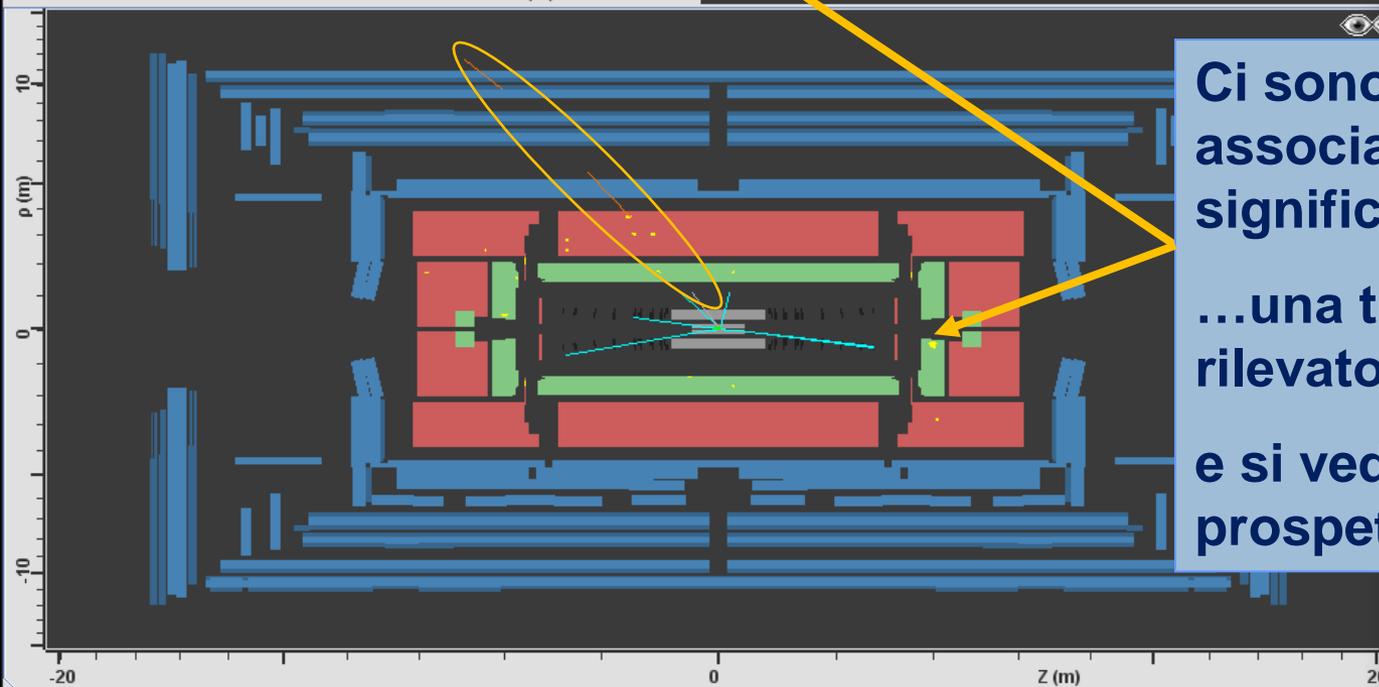


Registrate sulla scheda il Pt e il MET dell'evento trovato!



MET OK!

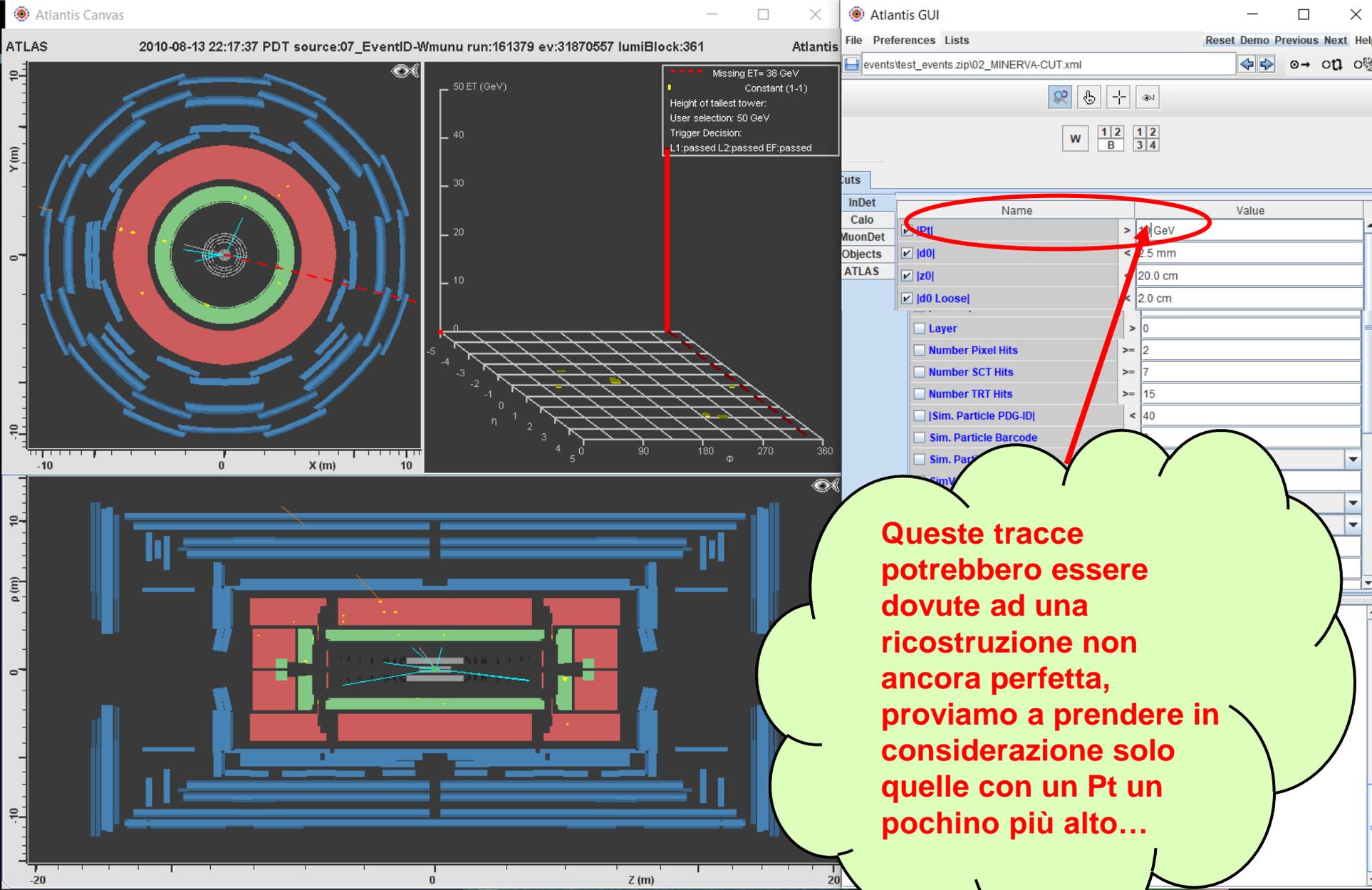
Non c'è un deposito di energia nei calorimetri elettromagnetici...

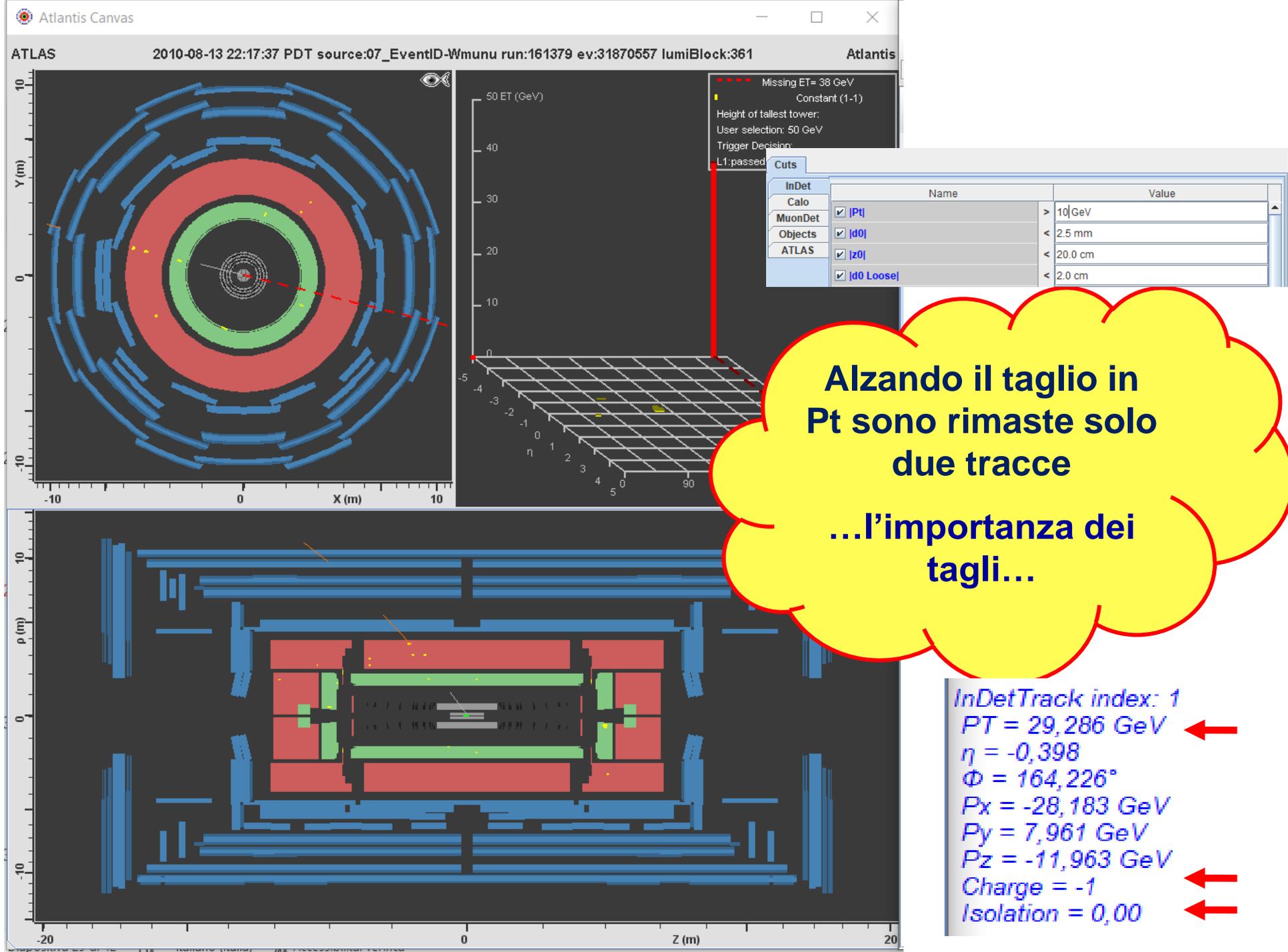


Ci sono tracce ma non associate ad un deposito significativo nei calorimetri

...una traccia è nel rivelatore di muoni...

e si vede solo in una prospettiva!



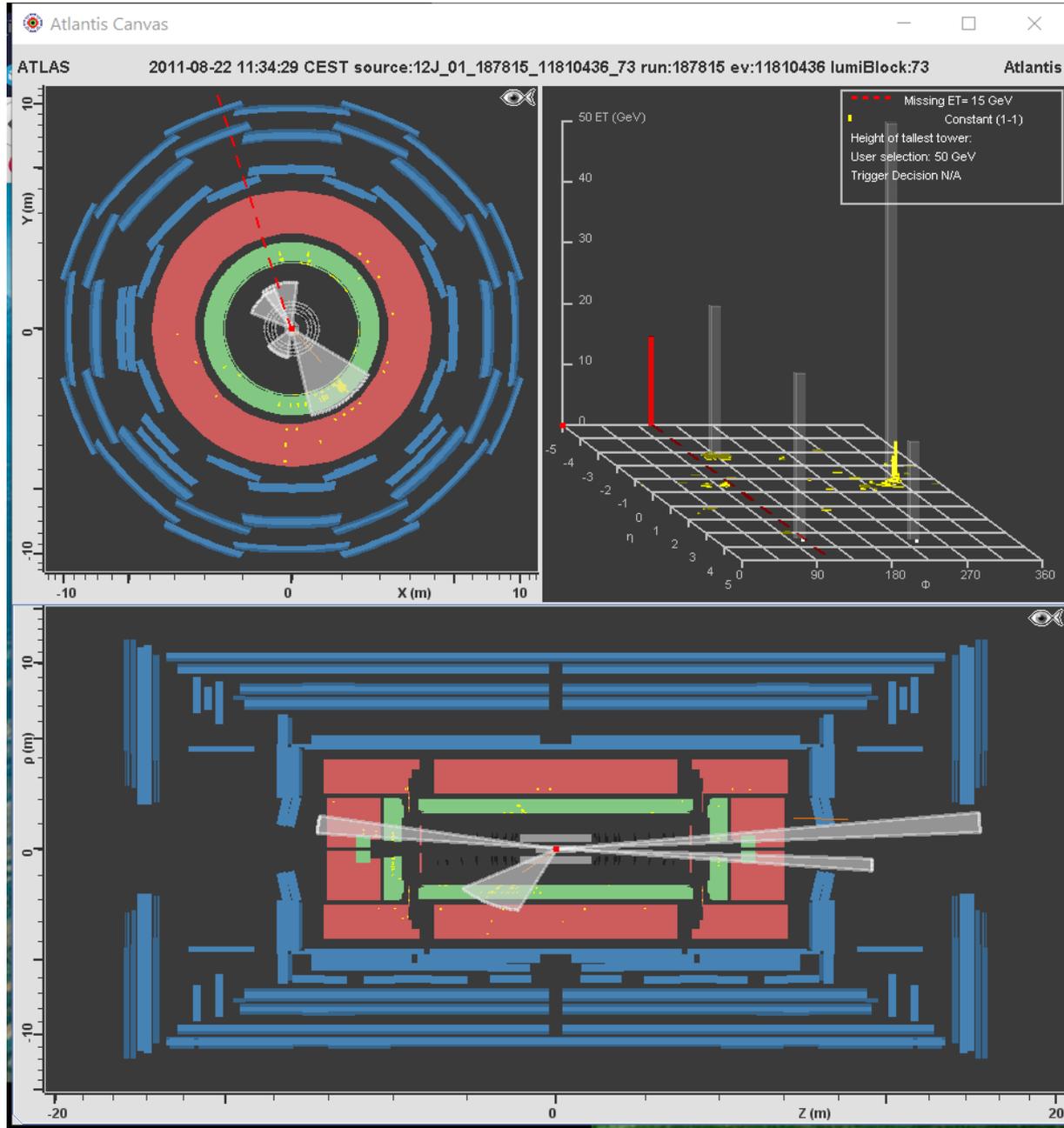


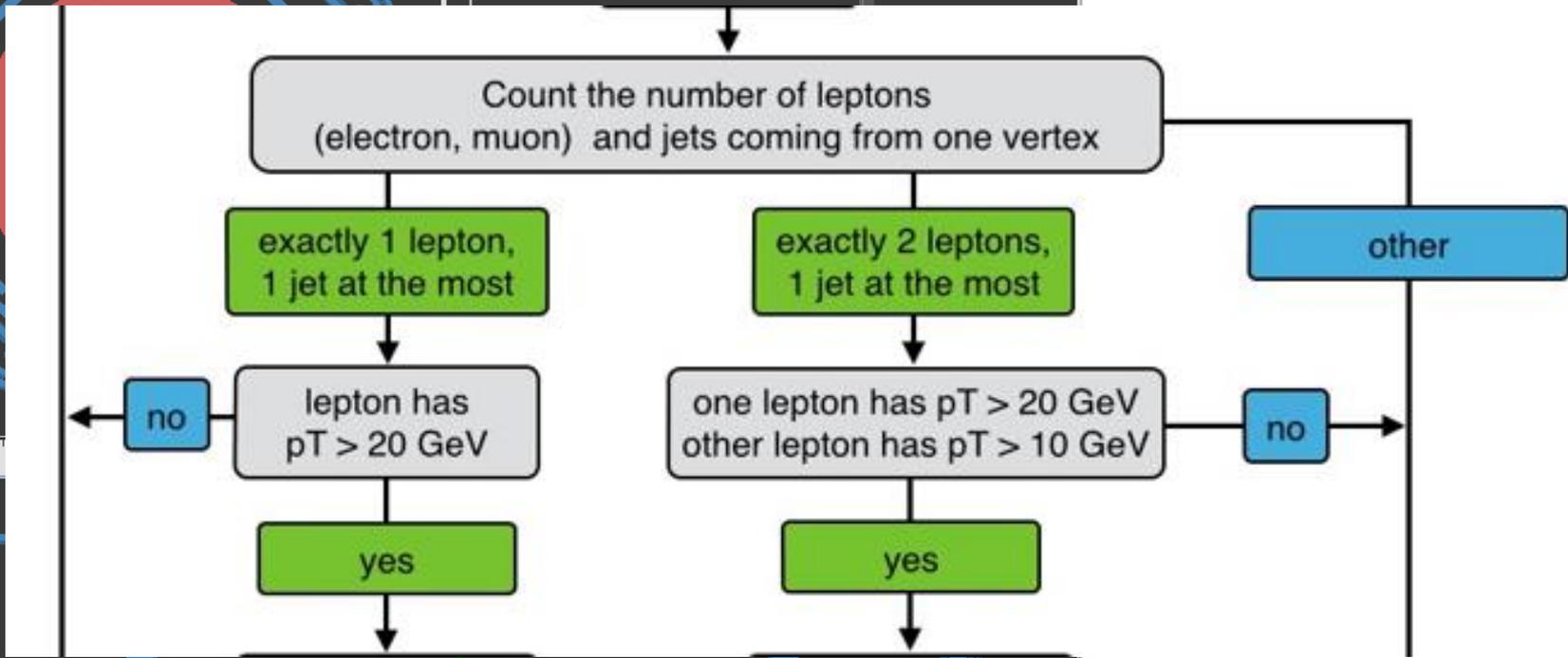
Abbiamo individuato un evento candidato $W \rightarrow \mu^- \nu$!!!

Data sample: 5 A		Signal 1				Signal 2		Back-ground	Comment
		$W \rightarrow \nu + \dots$		$W \rightarrow \nu + \dots$		$WW \rightarrow l\nu l\nu$	$\Delta\Phi_{ll}$		
	Event #	e^+	e^-	μ^+	μ^-				
	1	<i>41</i>							<i>MET 34</i>
	2				<i>29</i>				<i>MET 38</i>
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								

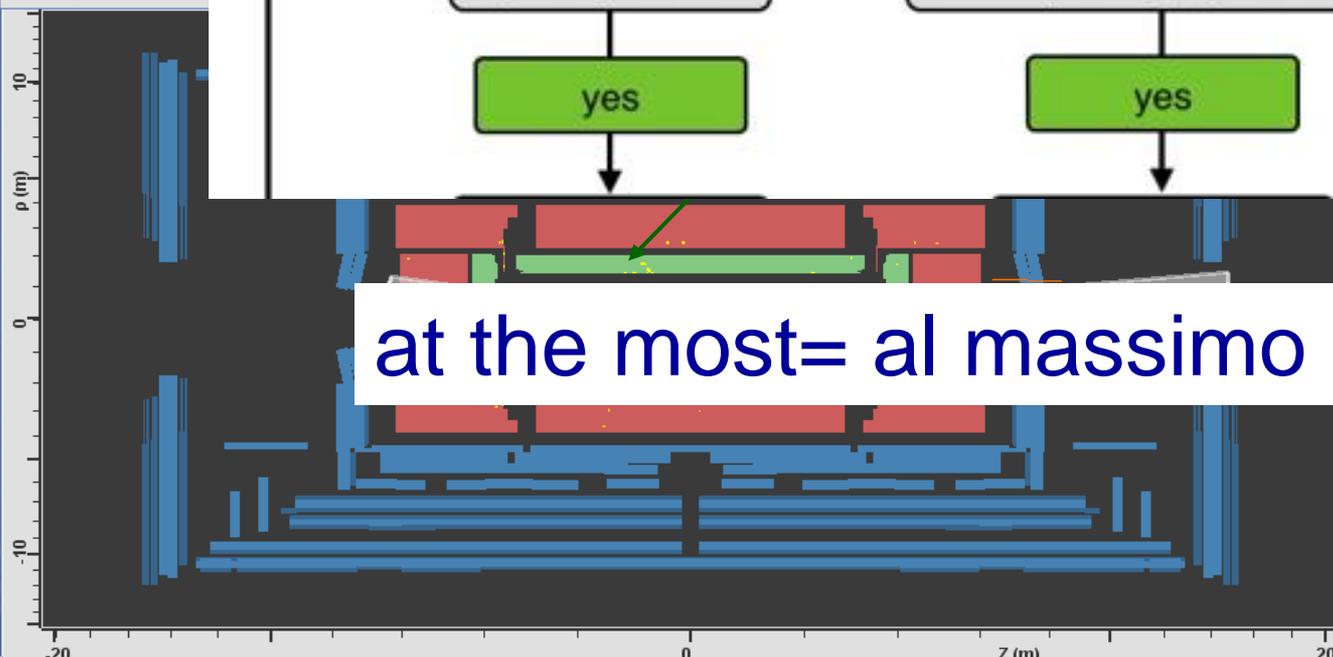
Guardiamo un altro evento...

Cosa suggerite?

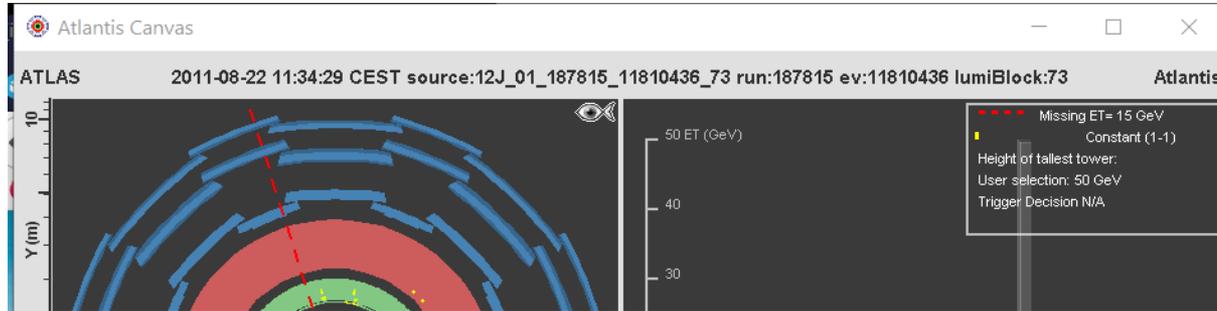




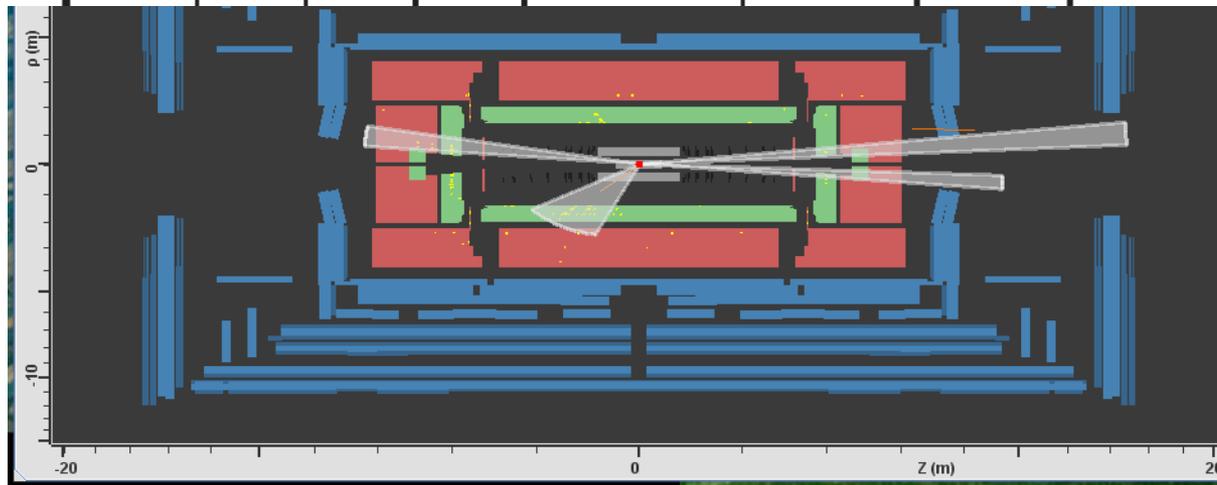
at the most= al massimo



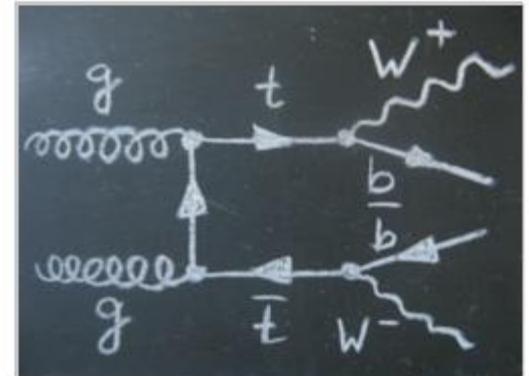
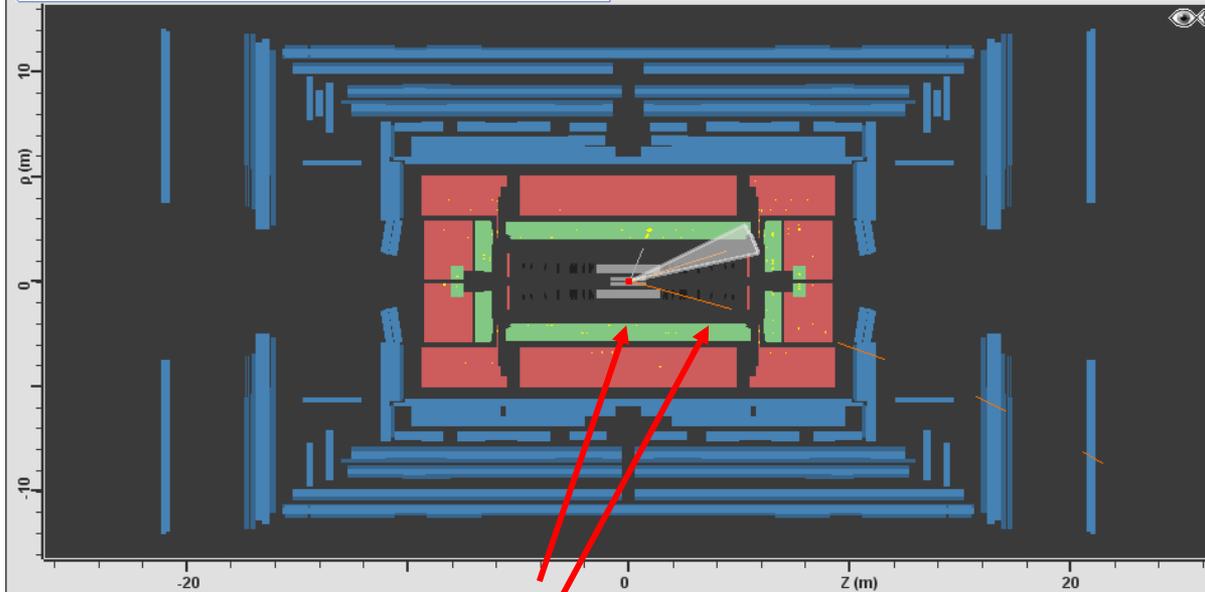
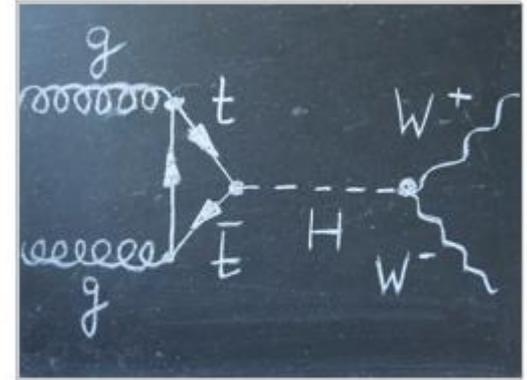
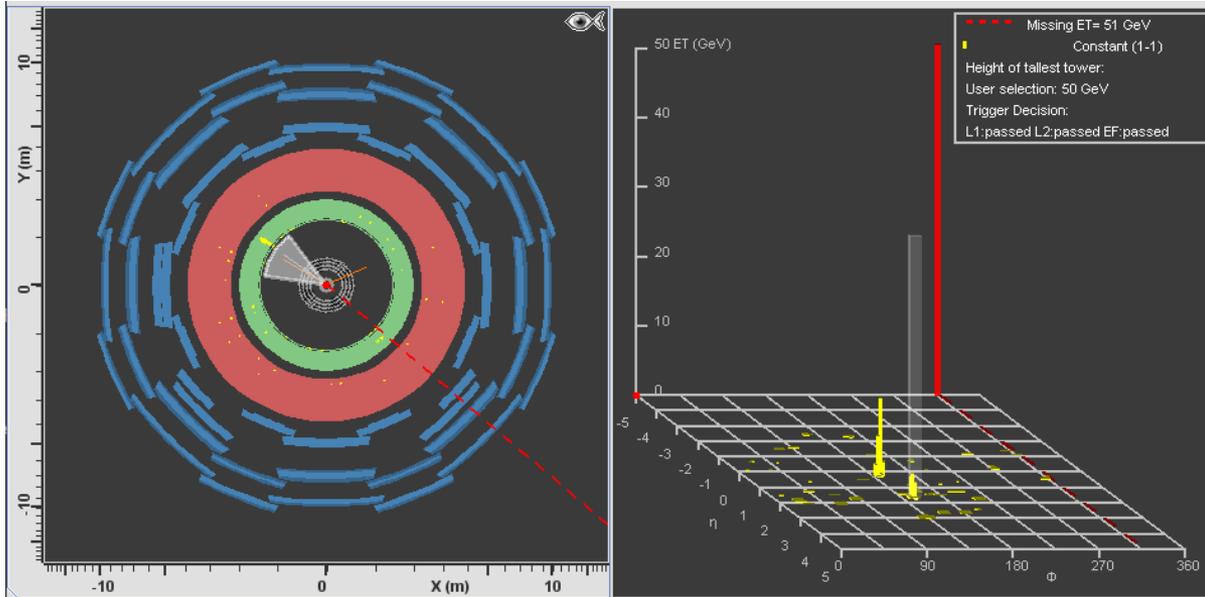
Abbiamo individuato un evento di fondo!!!



Data sample: 5 A		Signal 1				Signal 2		Back- ground	Comment
		$W \rightarrow \nu + \dots$		$W \rightarrow \nu + \dots$		$WW \rightarrow l\nu l\nu$	$\Delta\Phi_{ll}$		
Event #		e^+	e^-	μ^+	μ^-				
1			30					MET 30	
2				37				MET 43	
3							✓		
4									
5									
6									
7									

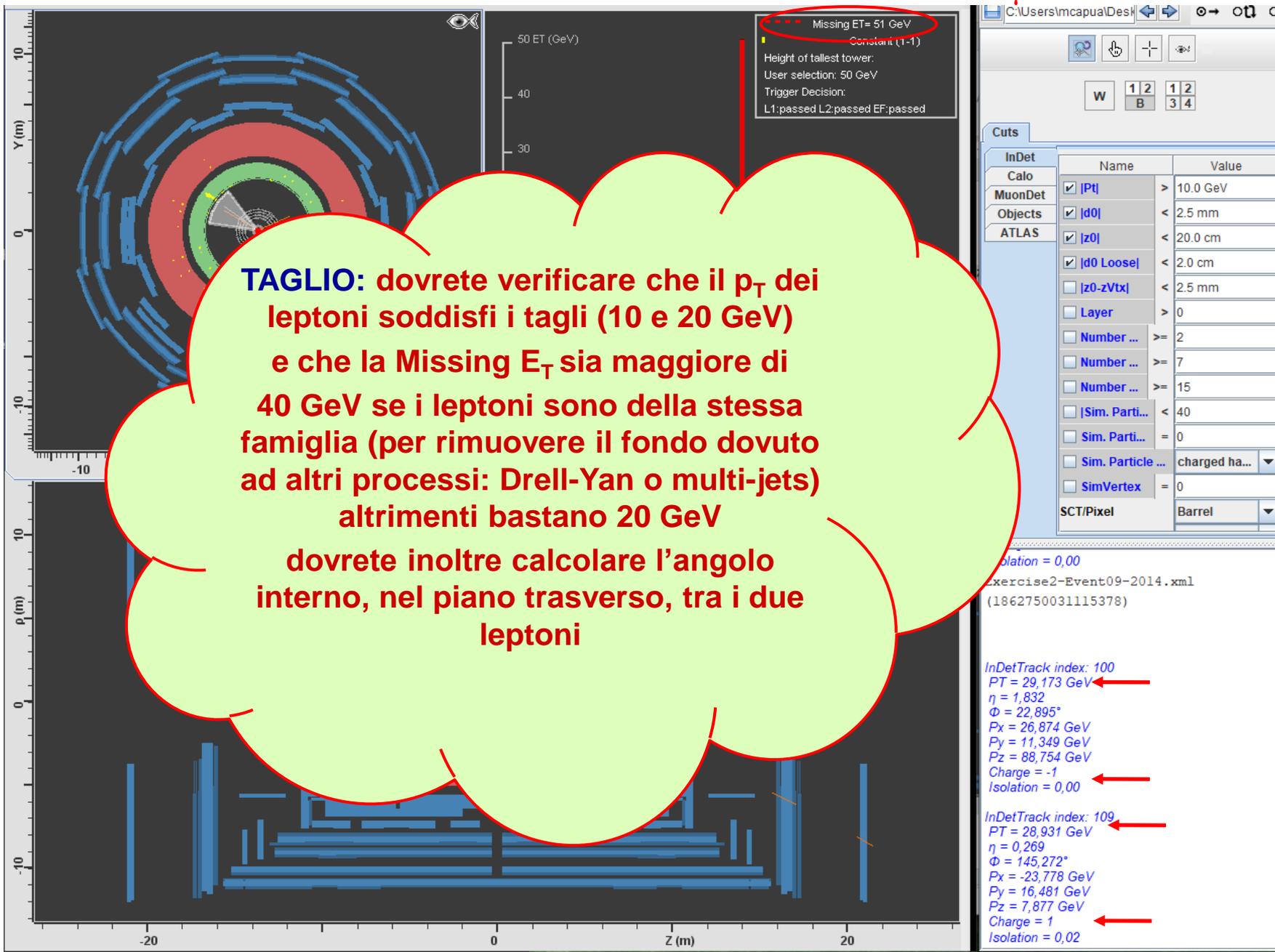


Higgs? $W^+W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \mu^+ + \nu_\mu$



Due leptoni con carica opposta

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



TAGLIO: dovrete verificare che il p_T dei leptoni soddisfi i tagli (10 e 20 GeV) e che la Missing E_T sia maggiore di 40 GeV se i leptoni sono della stessa famiglia (per rimuovere il fondo dovuto ad altri processi: Drell-Yan o multi-jets) altrimenti bastano 20 GeV

dovrete inoltre calcolare l'angolo interno, nel piano trasverso, tra i due leptoni

Missing $E_T = 51$ GeV
 Constant (1-1)
 Height of tallest tower:
 User selection: 50 GeV
 Trigger Decision:
 L1:passed L2:passed EF:passed

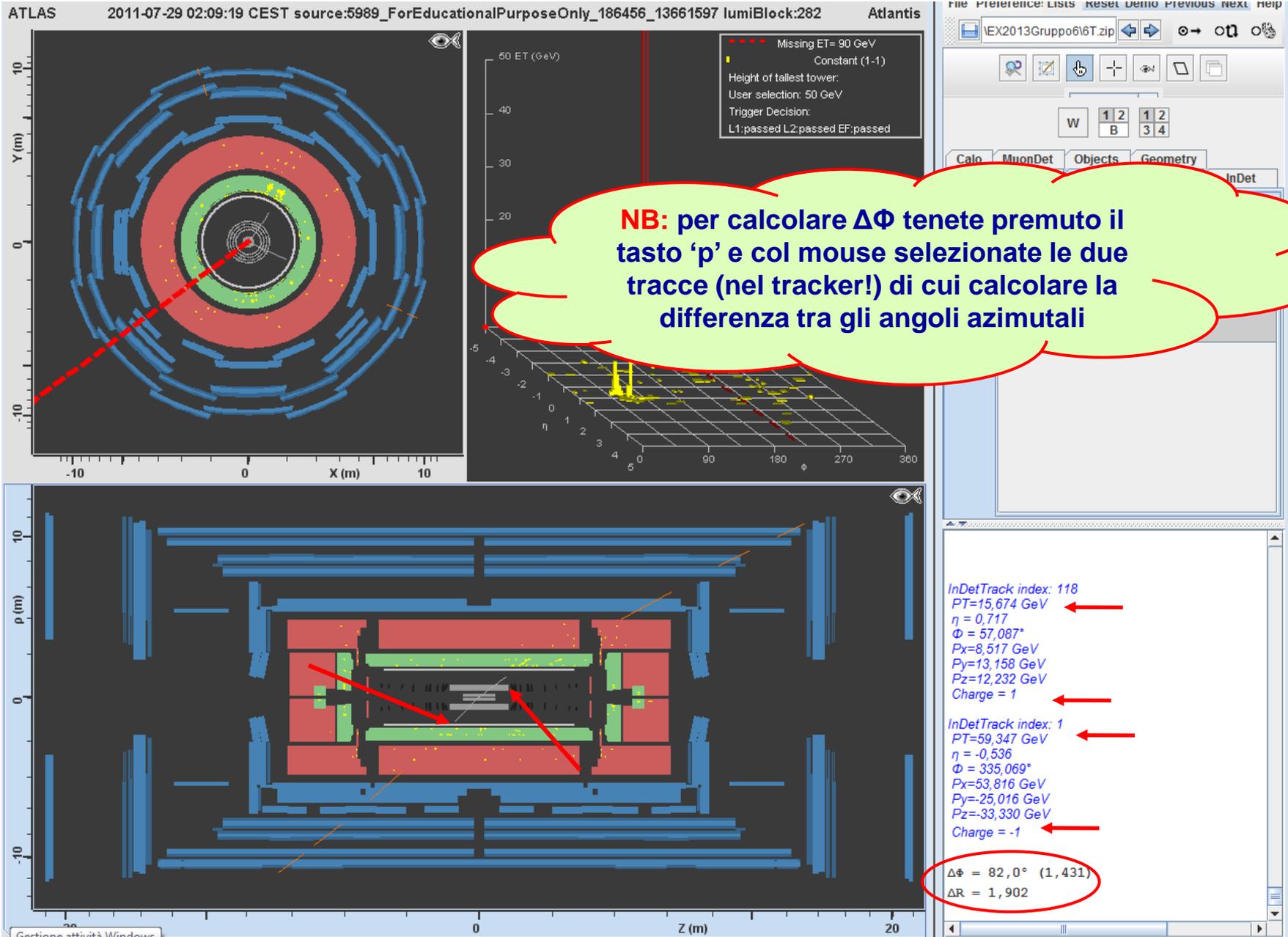
InDet	Name	Value
Calo	<input checked="" type="checkbox"/> Pt	> 10.0 GeV
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/> d0	< 2.5 mm
Objects	<input checked="" type="checkbox"/> z0	< 20.0 cm
ATLAS	<input checked="" type="checkbox"/> d0 Loose	< 2.0 cm
	<input type="checkbox"/> z0-zVtx	< 2.5 mm
	<input type="checkbox"/> Layer	> 0
	<input type="checkbox"/> Number ...	>= 2
	<input type="checkbox"/> Number ...	>= 7
	<input type="checkbox"/> Number ...	>= 15
	<input type="checkbox"/> Sim. Parti...	< 40
	<input type="checkbox"/> Sim. Parti...	= 0
	<input type="checkbox"/> Sim. Particle ...	charged ha...
	<input type="checkbox"/> SimVertex	= 0
SCT/Pixel		Barrel

Isolation = 0,00
 exercise2-Event09-2014.xml
 (1862750031115378)

InDetTrack index: 100
 PT = 29,173 GeV
 $\eta = 1,832$
 $\Phi = 22,895^\circ$
 Px = 26,874 GeV
 Py = 11,349 GeV
 Pz = 88,754 GeV
 Charge = -1
 Isolation = 0,00

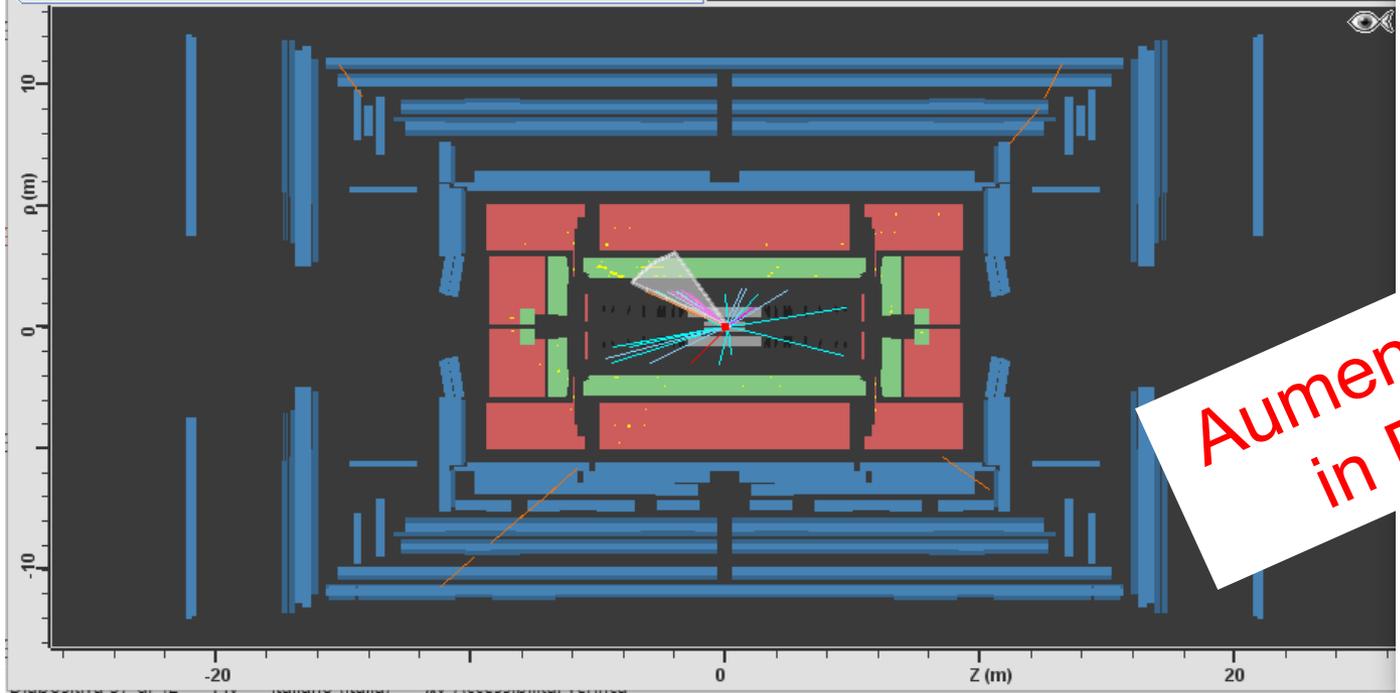
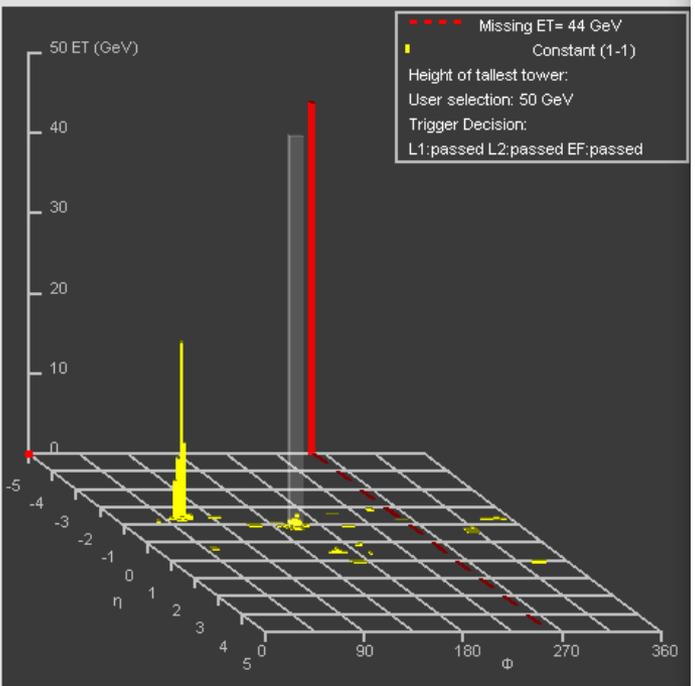
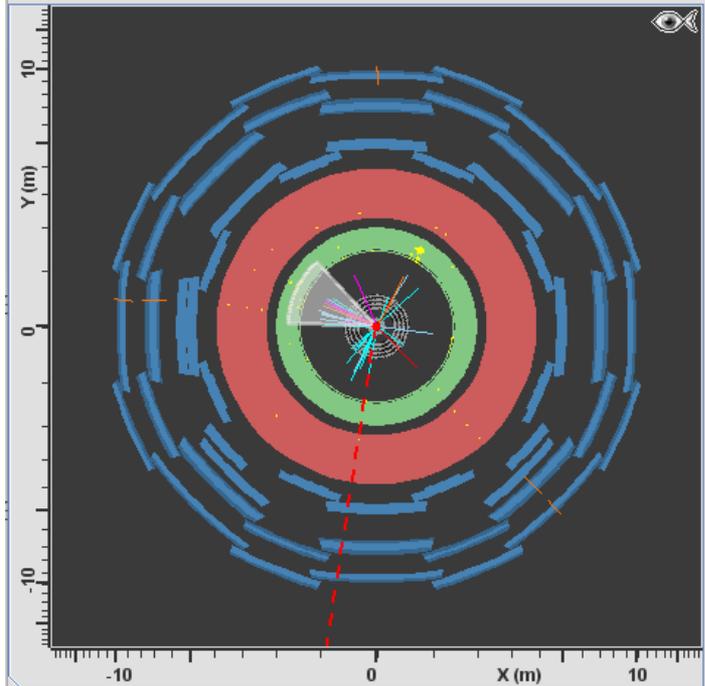
InDetTrack index: 109
 PT = 28,931 GeV
 $\eta = 0,269$
 $\Phi = 145,272^\circ$
 Px = -23,778 GeV
 Py = 16,481 GeV
 Pz = 7,877 GeV
 Charge = 1
 Isolation = 0,02

Higgs? $W^+W^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu + \mu^+ + \nu_\mu$



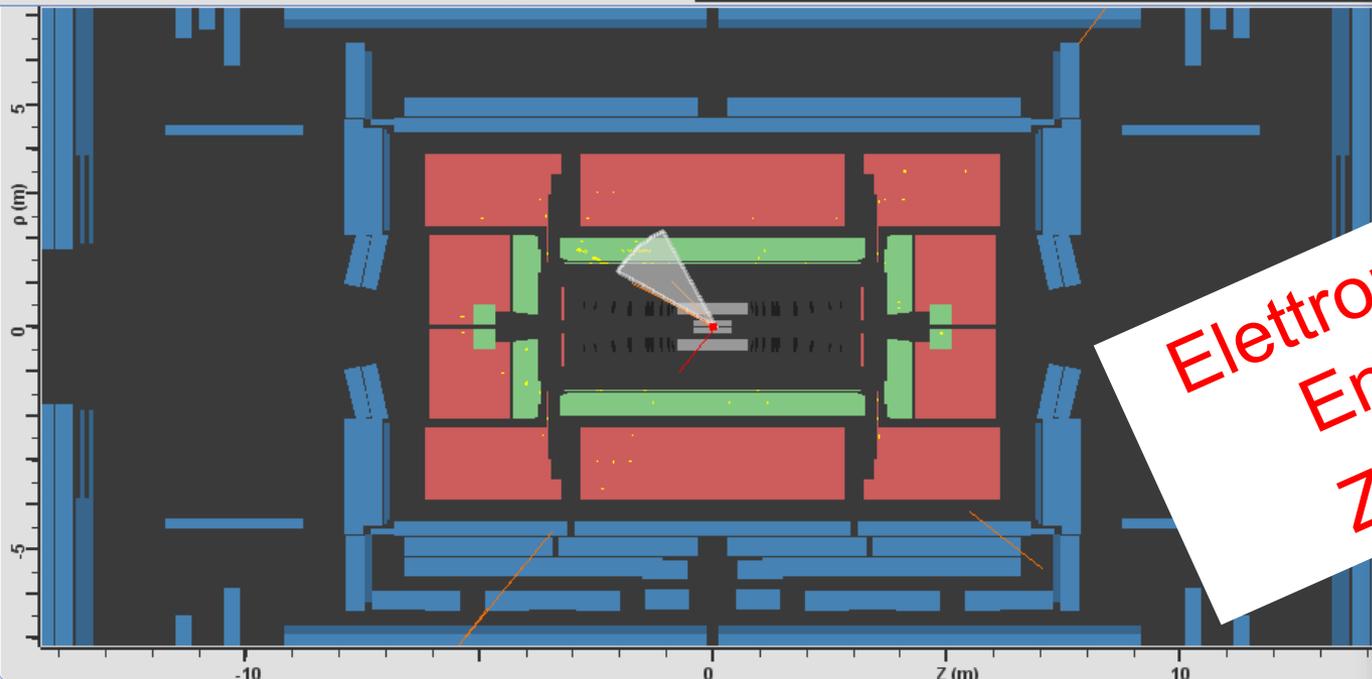
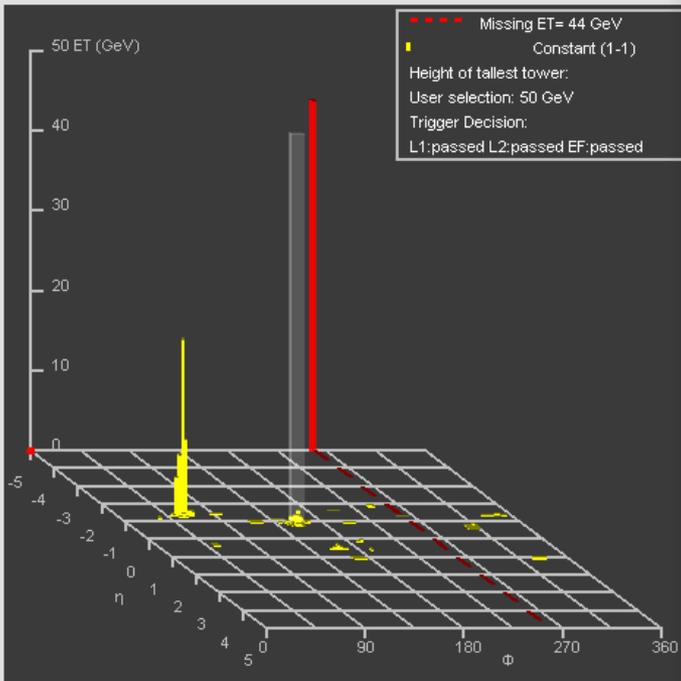
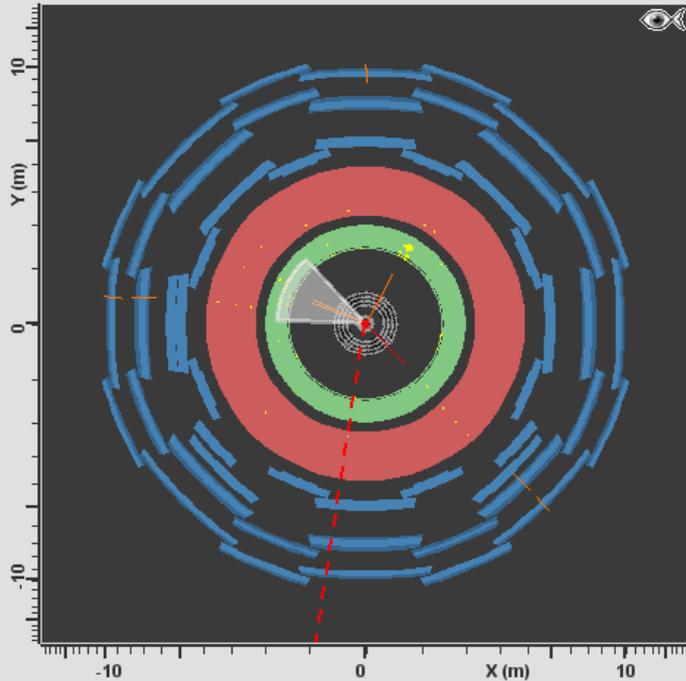
Siete pronte per un evento complicato???

Ricordatevi di controllare sempre che il leptone che avete trovato sia isolato dai possibili jet dell'evento, che abbia il momento trasverso minimo richiesto e che appartenga al vertice primario



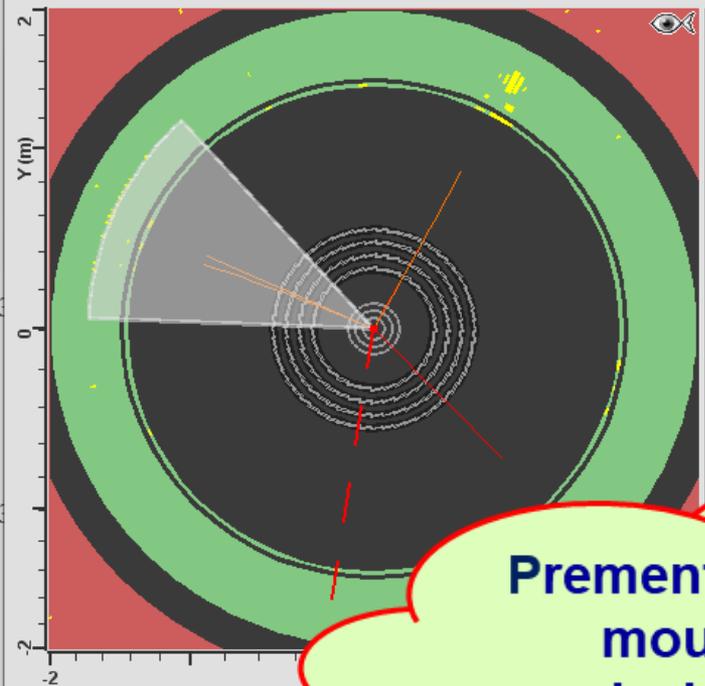
?

Aumentiamo il taglio
in Pt a 10 GeV



?

**Elettrone? Muone?
Entrambi???
Zoommiamo!**

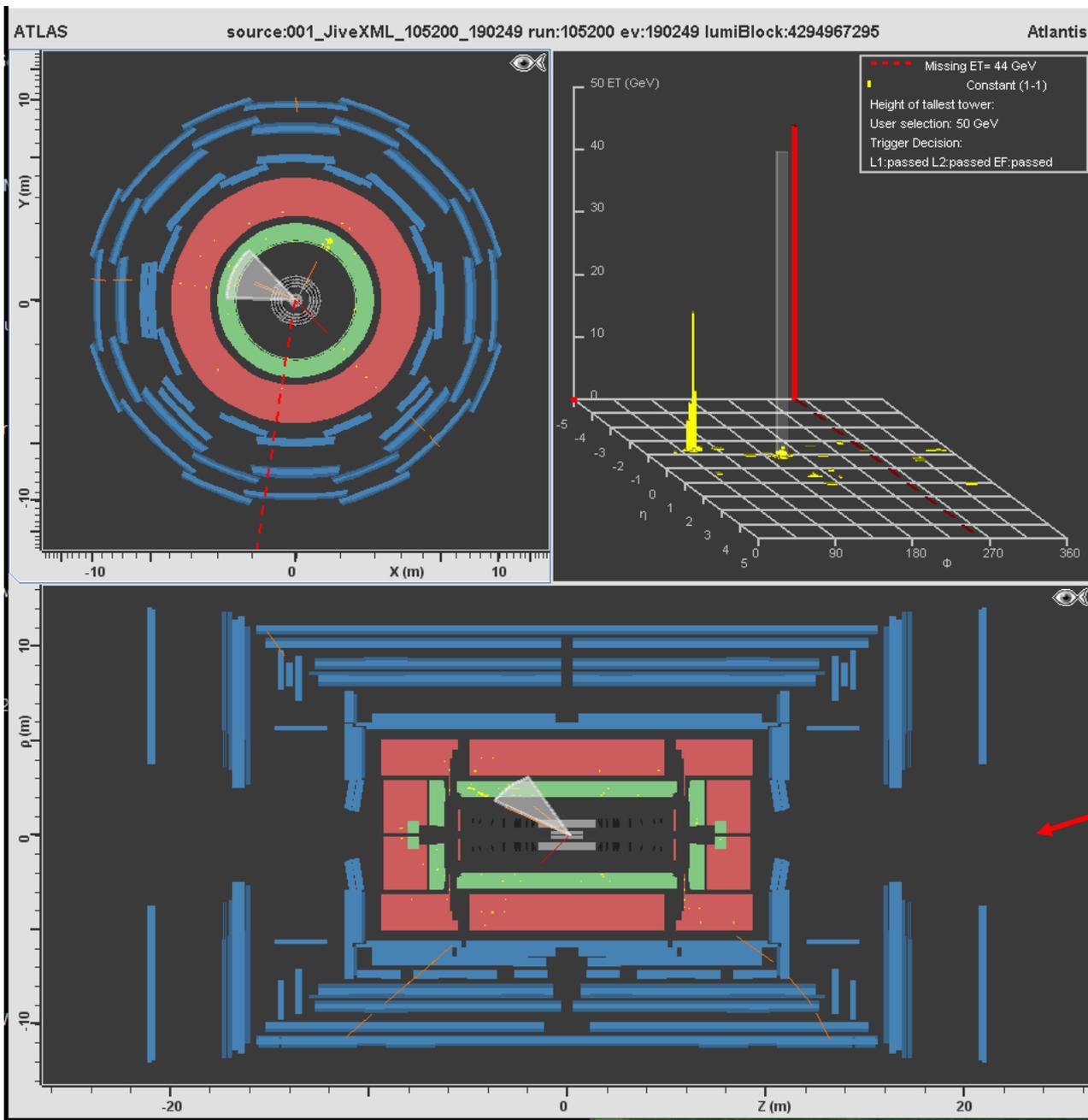


Due vertici!

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



Attenzione! Valutate con calma

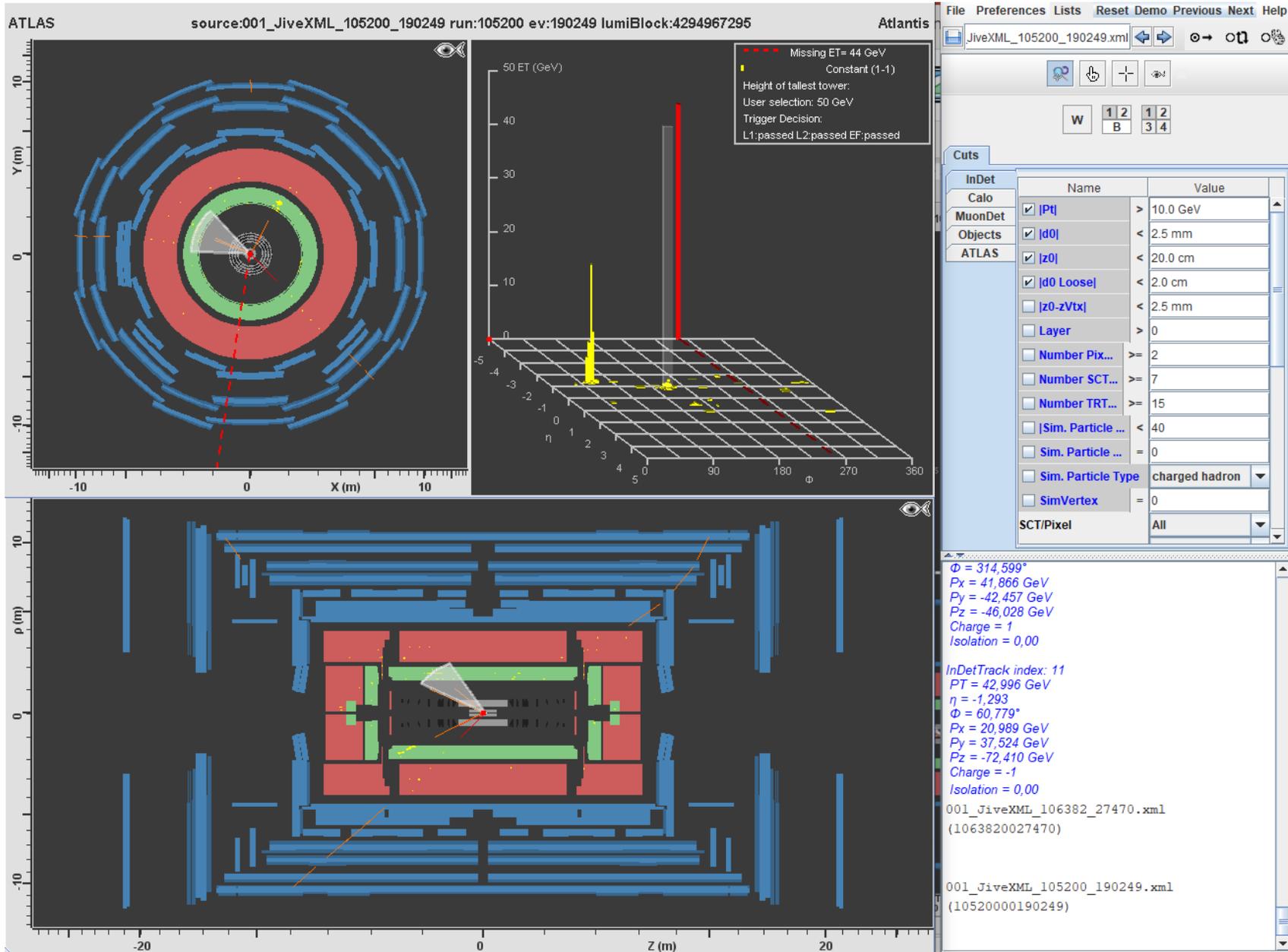


Questo è il primo evento del campione test di Minerva

Dubbi???

Premete il tasto r (rotate) e muovete il mouse in questa proiezione, state ruotando ATLAS!

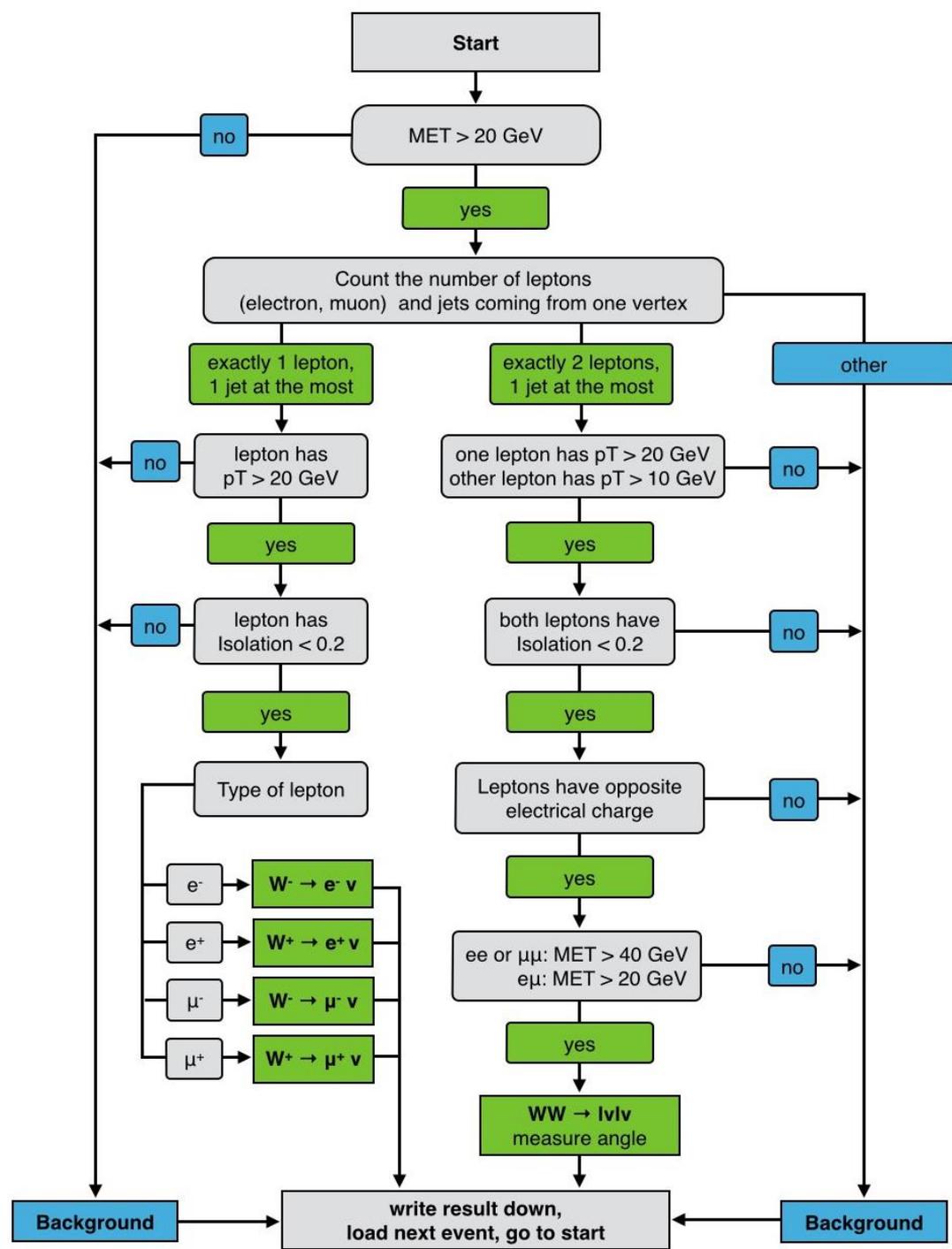
Sono diminuiti i dubbi???



Riassumendo...

Vi sara' utile il diagramma.
Sintetizza i criteri di selezione
e i tagli necessari per
classificare un evento

single W o double W o
background





**Buon
lavoro!** 43