



Alla ricerca del bosone Z

Università 'La Sapienza' – Roma

Masterclass 2025

Lorenzo Corazzina – 11/02/2025



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Cosa facciamo?

- Lo **scopo** è analizzare ~ 50 collisioni di particelle utilizzando il programma HYPATIA
⇒ tutorial
- In questi eventi dovete cercare possibili tracce di **particelle neutre pesanti** come il bosone **Z** o il bosone di Higgs (**H**), che decadono in muoni (**μ**), elettroni (**e**), fotoni (**γ**) ...
- **Event display**: mostra le tracce lasciate nel detector dalle particelle presenti (**μ** , **e** , **γ**) nell'evento
⇒ tra cui anche i prodotti di decadimento delle particelle che cerchiamo (H, Z,...)

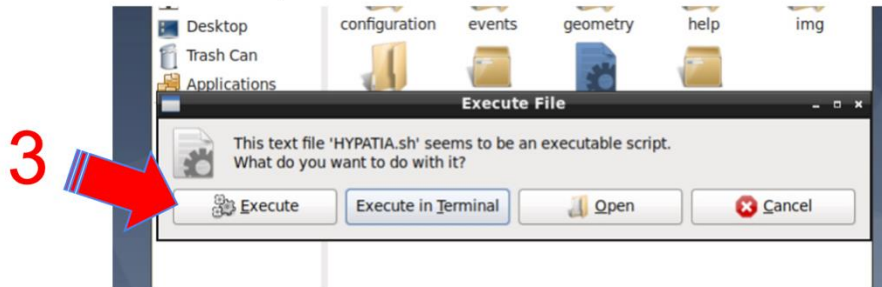
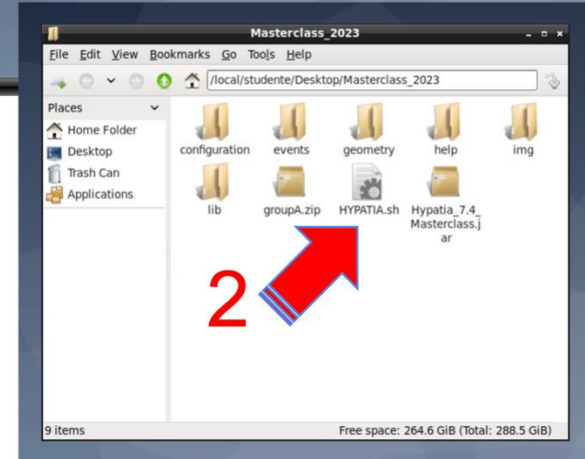
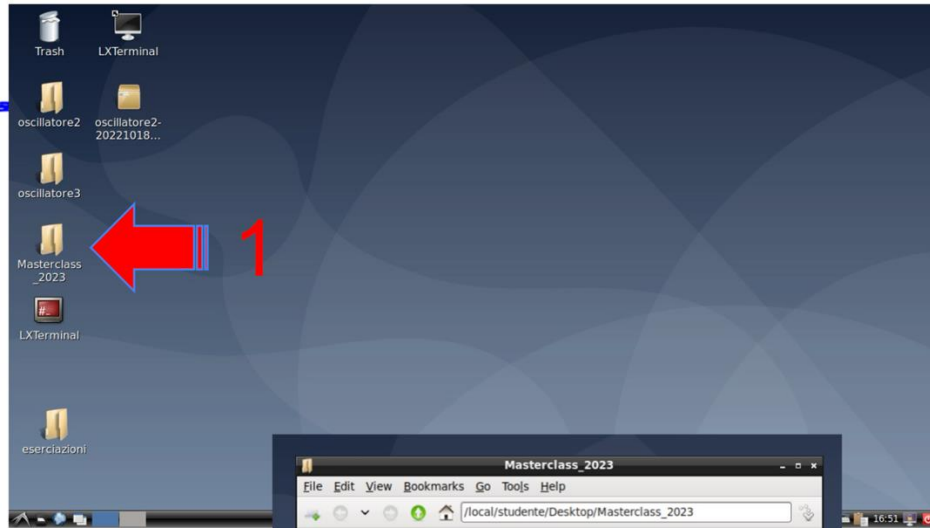
Hypatia 7.4

Tutto l'occorrente è già disponibile sui vostri PC!
La cartella 'Masterclass_XX', presente sul Desktop, contiene tutto il necessario:

- Dati: file zip group*.zip, dove * è la lettera e il numero del vostro gruppo
- HYPATIA: da lanciare tramite 'HYPATIA.sh'

Per lanciare il programma:

1. Doppio click sulla cartella 'Masterclass_XX' (es. XX→etichetta posta sul vostro pc)
2. Doppio click su 'HYPATIA.sh'
3. Cliccare 'Execute' sulla finestra che compare



Hypatia 7.4: cosa troverete

The image displays the Hypatia 7.4 software interface, which is used for analyzing particle interactions in ATLAS. The main window is titled "HYBATIA - Track Momenta Window" and shows a table of tracks and physics objects. The table includes columns for Track, P (GeV), Pt (GeV), M (GeV), M (GeV), M (GeV), and M (GeV). The data is as follows:

Track	P (GeV)	Pt (GeV)	M (GeV)	M (GeV)	M (GeV)	M (GeV)
acks 0	11.08	4.28	-1.319	0.375		
acks 1	126.06	39.41	-2.413	0.318		
acks 2	4.57	4.56	-2.783	1.449		
acks 3	167.90	53.01	0.906	0.321		
acks 4	1.34	1.33	-2.949	1.475		
acks 5	1.75	1.74	-3.090	1.646		
acks 6	18.61	3.94	-1.818	0.214		

The interface also includes a "Massa Invariante" window, an "Event Display" window, and a "Control Window". The "Event Display" window shows a top-down view of the detector with tracks and objects. The "Control Window" shows a list of objects and their values, including Status, InDet, Calo, MuonDet, and Objects.

Event Display

Tracce e Oggetti

Controlli

Hypatia 7.4: i dati

The screenshot displays the Hypatia 7.4 software interface, which is used for analyzing particle interactions in ATLAS. The main window is titled "HYPATIA - Track Momenta Window" and shows a table of track data. A red circle highlights the "File" menu in the top-left corner, and a red arrow points from it to a text box containing the instruction "Cliccare su File e poi su Read Event Locally".

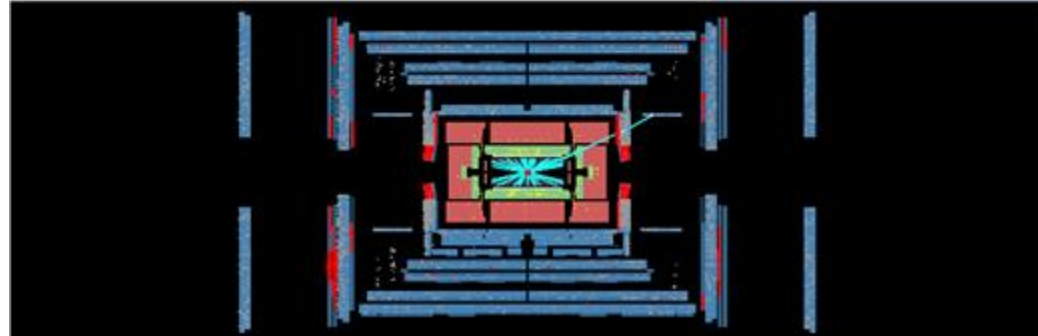
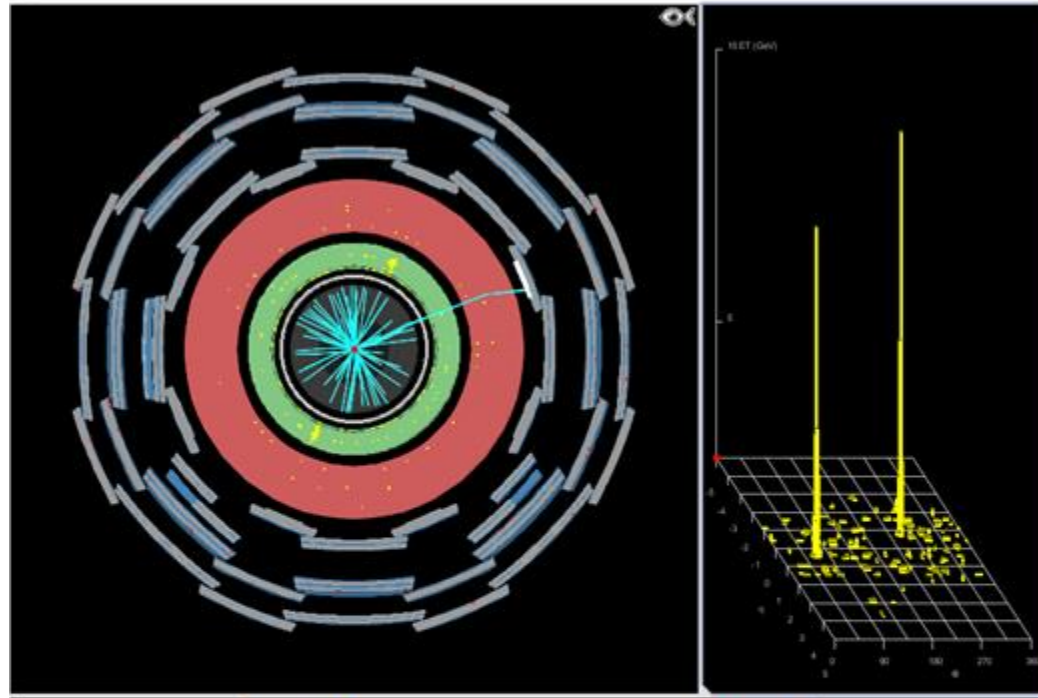
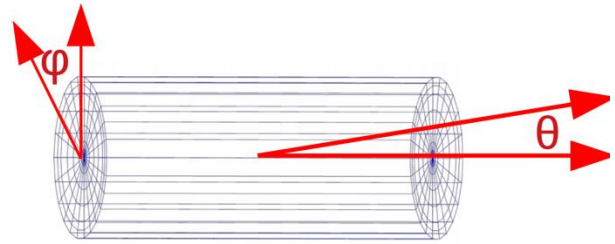
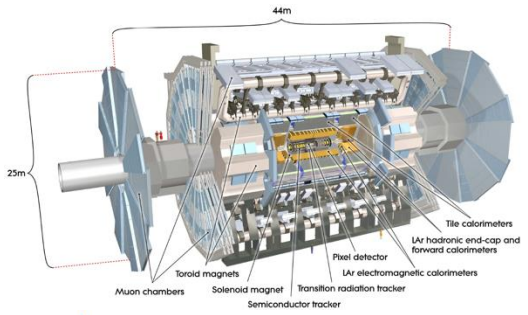
Tracks	Track	±	P [GeV]	P _T [GeV]	η	φ
Tracks 0	-	11.68	4.28	-1.318	0.375	
Tracks 1	+	120.06	39.61	-2.413	0.318	
Tracks 2	+	4.57	4.56	-2.783	1.649	
Tracks 3	-	167.80	53.01	0.906	0.321	
Tracks 4	-	1.34	1.33	-2.948	1.475	
Tracks 5	-	1.76	1.74	-3.090	1.645	
Tracks 6	+	18.61	3.94	-1.818	0.214	

Cliccare su File e poi su Read Event Locally

Event Display

Abbiamo due viste:

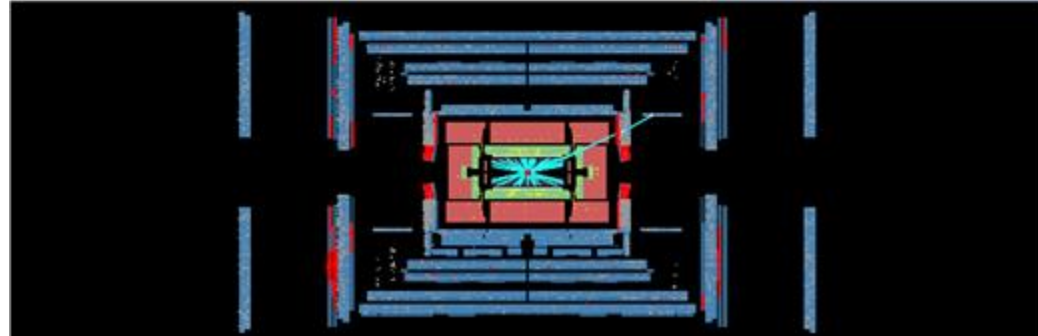
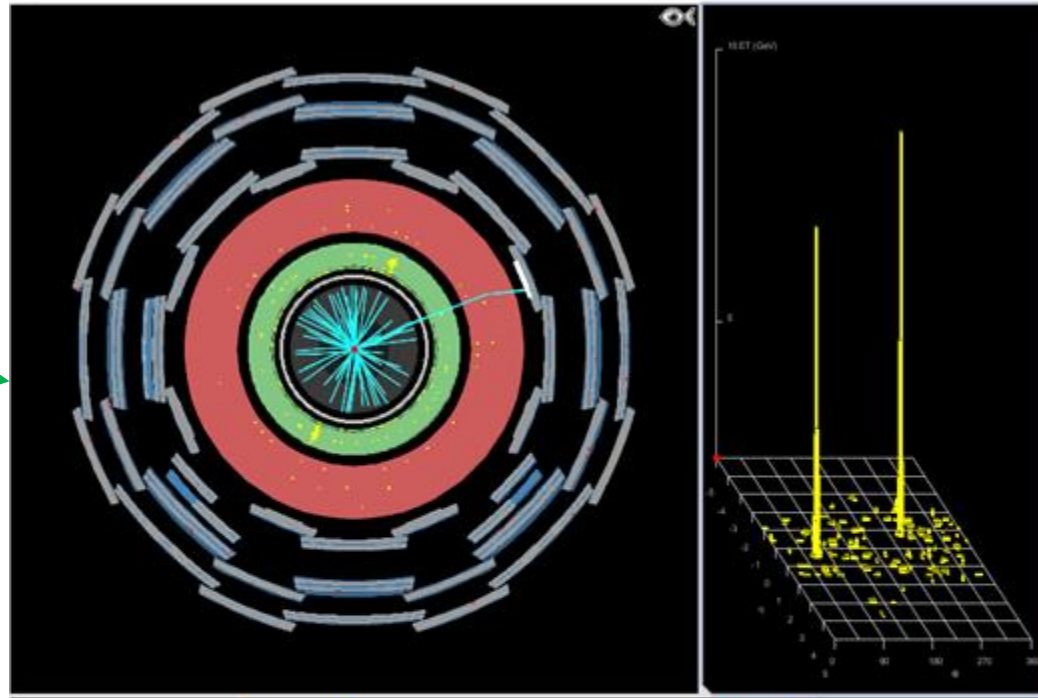
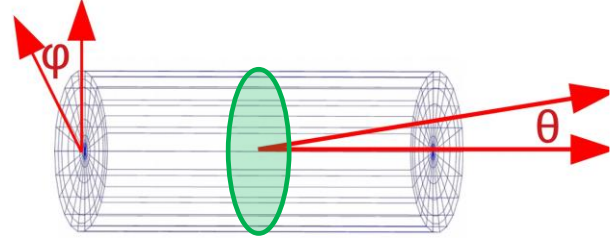
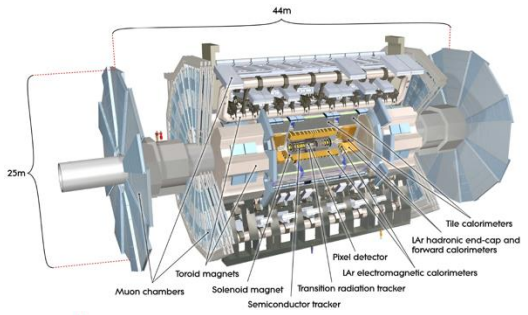
- Trasversale
- Laterale



Event Display

Abbiamo due viste:

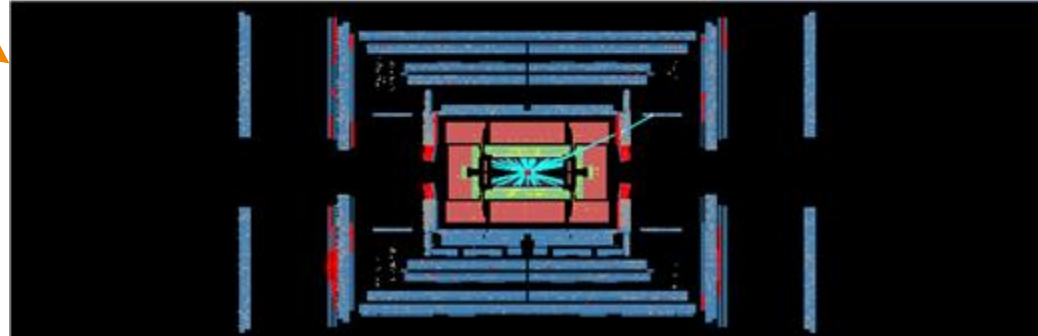
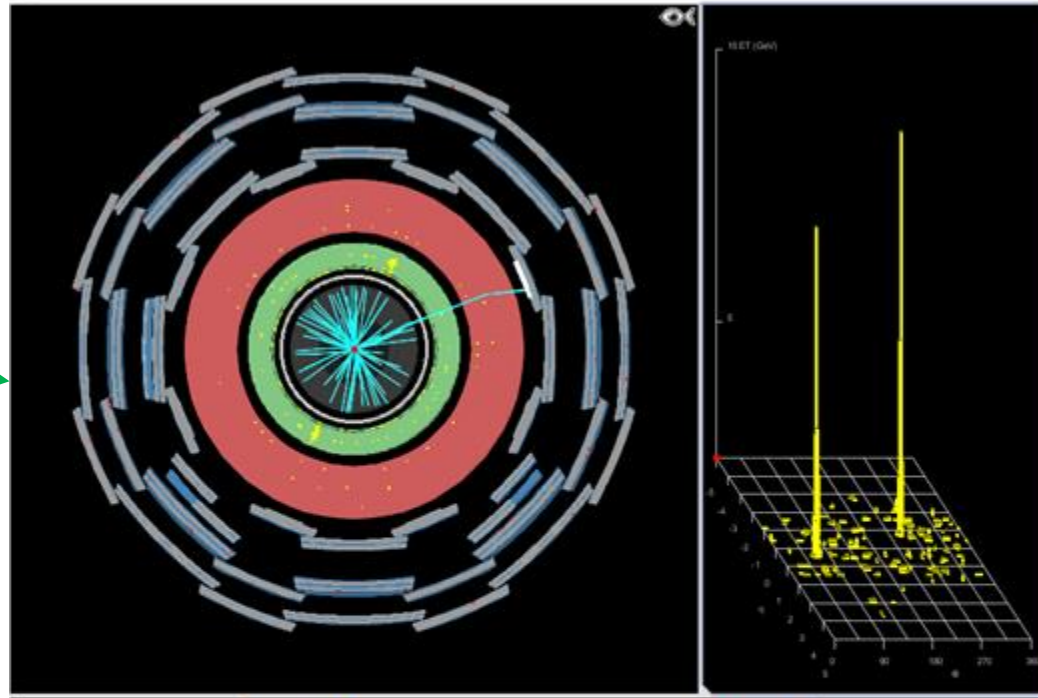
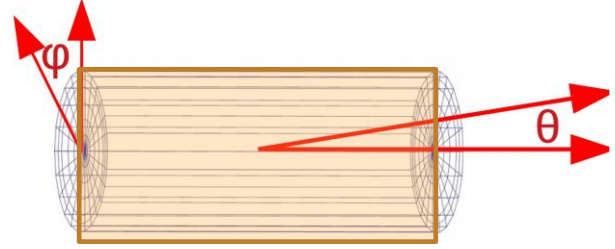
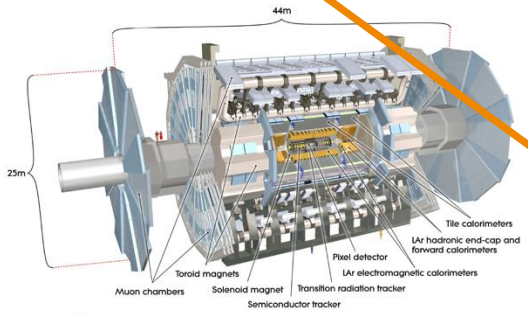
- **Trasversale**
- Laterale



Event Display

Abbiamo due viste:

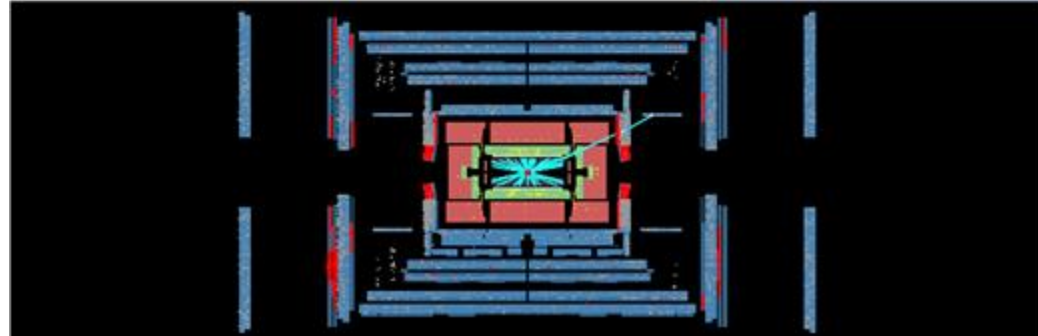
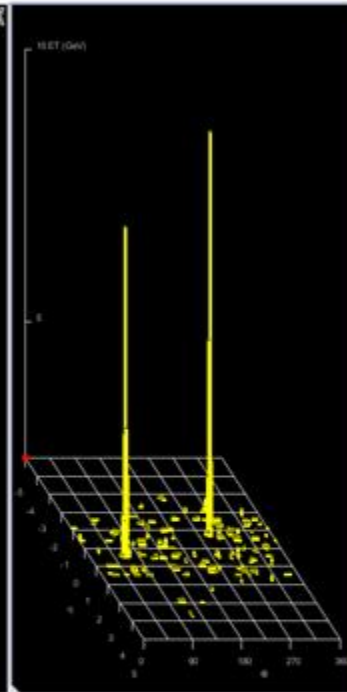
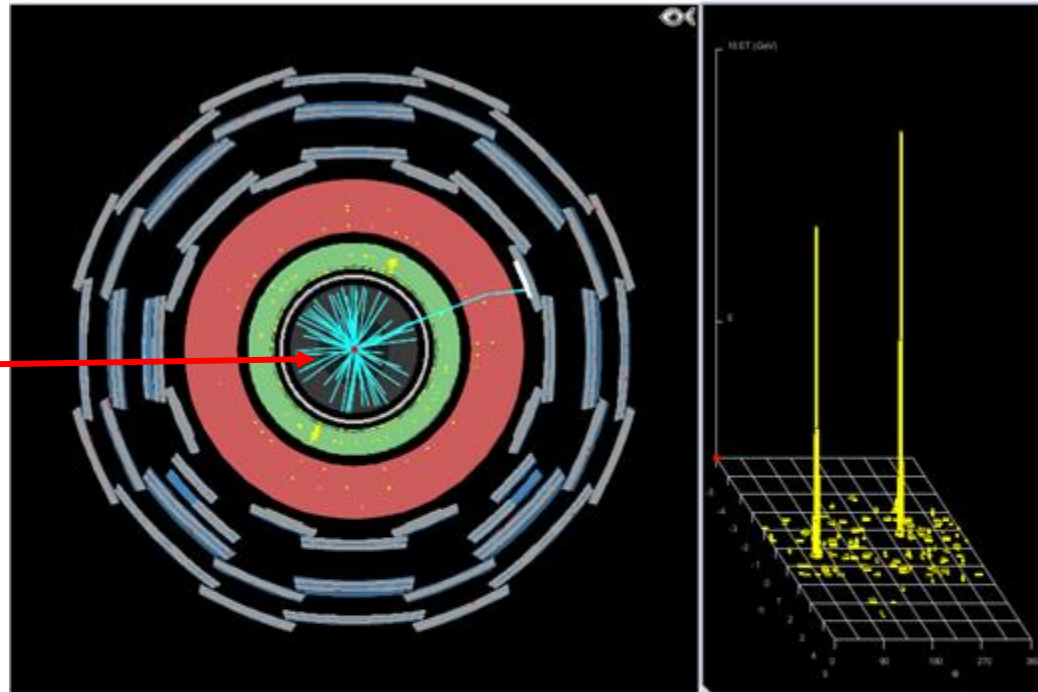
- Trasversale
- Laterale



Event Display

Vista **trasversale**

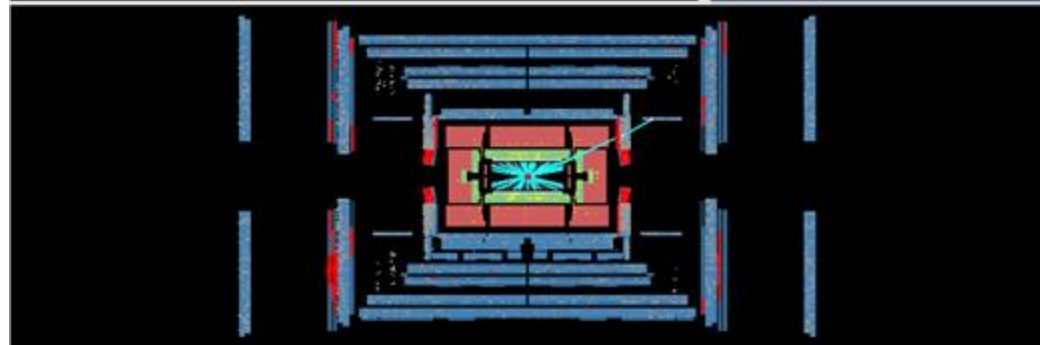
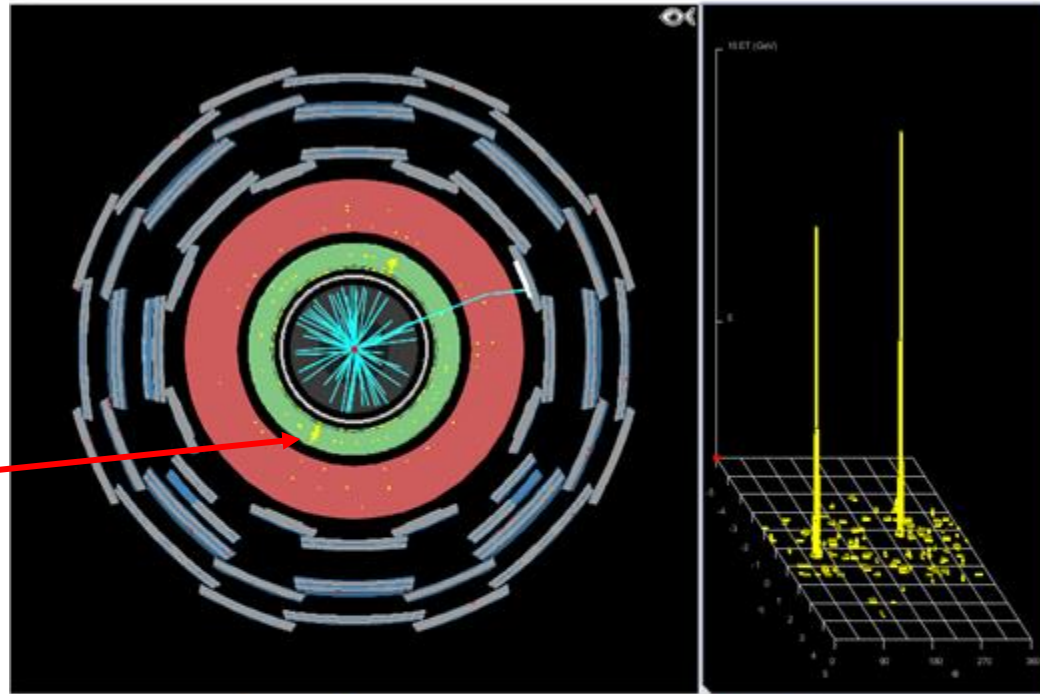
- **Tracciatore interno** con tracce in azzurro
- Calorimetro elettromagnetico con depositi di energia in giallo
- Calorimetro adronico con depositi di energia in giallo
- Camere per muoni con gli hit in rosso



Event Display

Vista **trasversale**

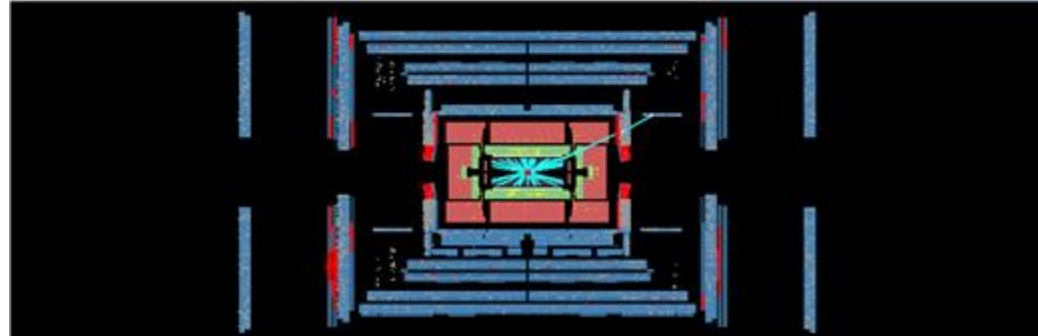
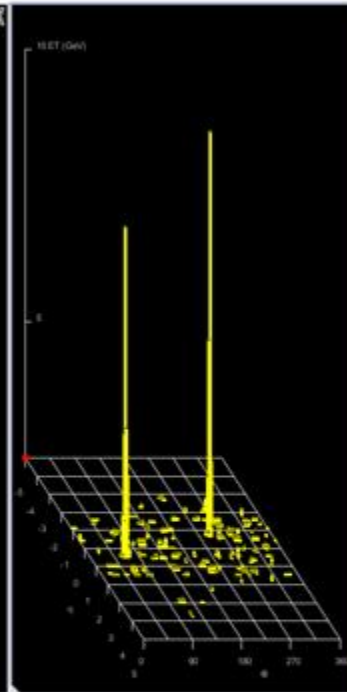
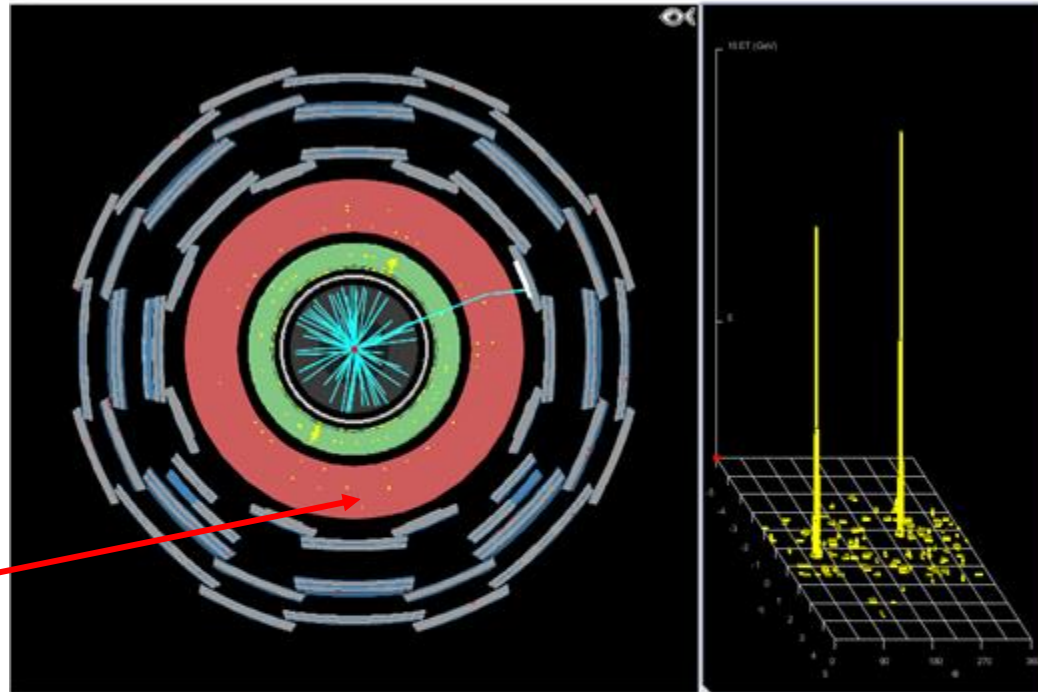
- Tracciatore interno con tracce in azzurro
- **Calorimetro elettromagnetico** con depositi di energia in giallo
- Calorimetro adronico con depositi di energia in giallo
- Camere per muoni con gli hit in rosso



Event Display

Vista **trasversale**

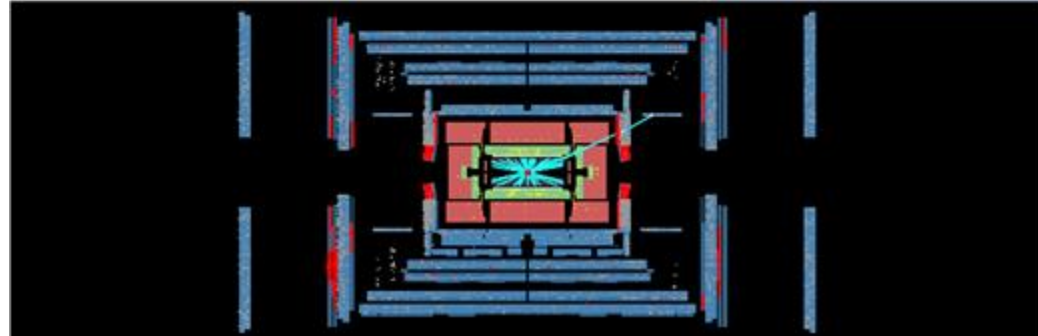
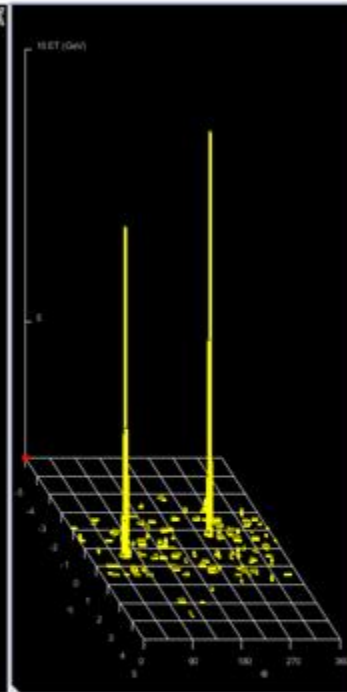
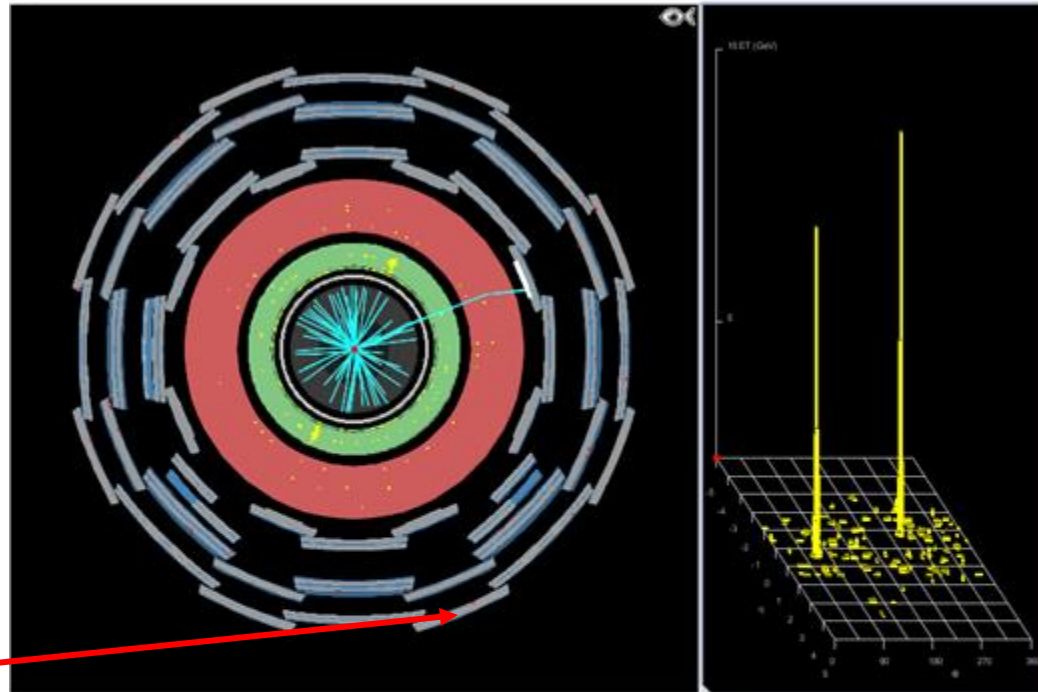
- Tracciatore interno con tracce in azzurro
- Calorimetro elettromagnetico con depositi di energia in giallo
- **Calorimetro adronico** con depositi di energia in giallo
- Camere per muoni con gli hit in rosso



Event Display

Vista **trasversale**

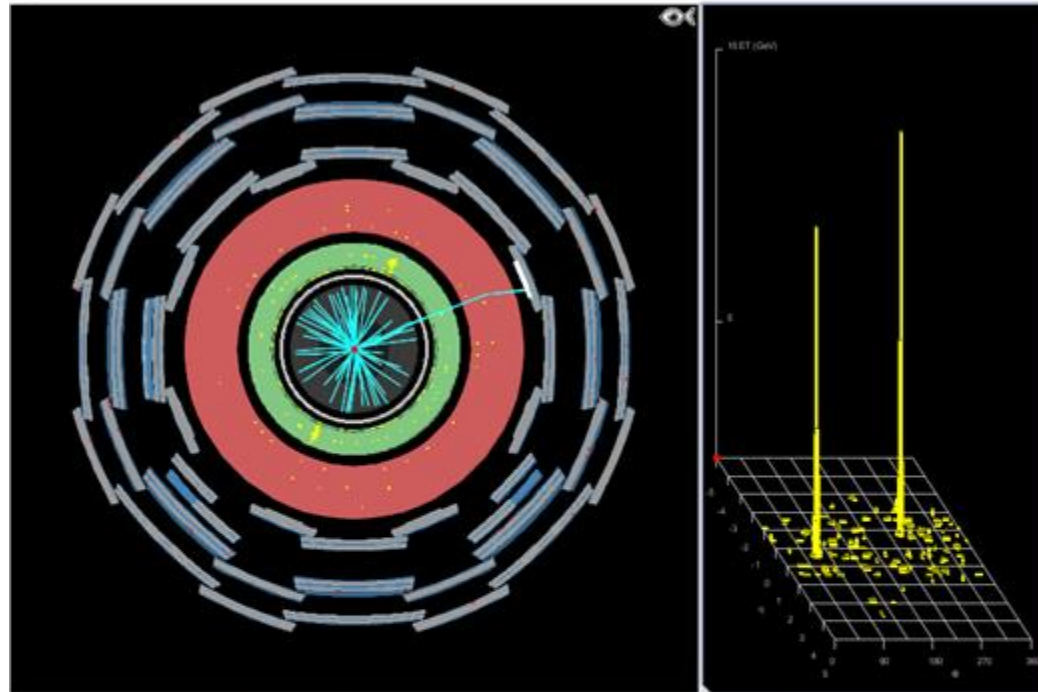
- Tracciatore interno con tracce in azzurro
- Calorimetro elettromagnetico con depositi di energia in giallo
- Calorimetro adronico con depositi di energia in giallo
- **Camere per muoni** con gli hit in rosso



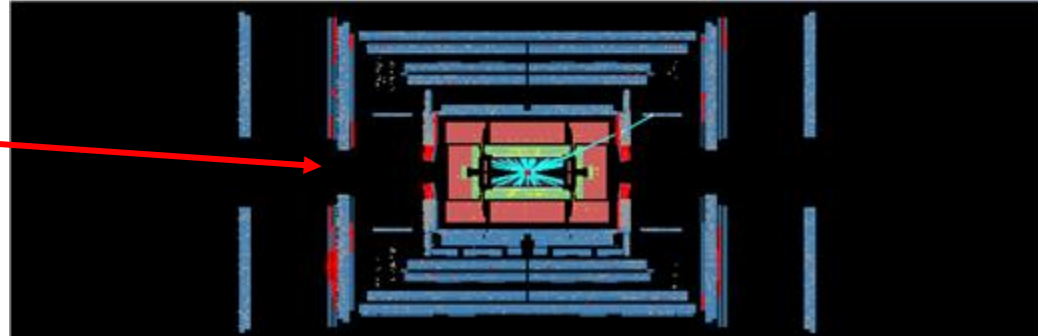
Event Display

Vista trasversale

- Tracciatore interno con tracce in azzurro
- Calorimetro elettromagnetico con depositi di energia in giallo
- Calorimetro adronico con depositi di energia in giallo
- Camere per muoni con gli hit in rosso



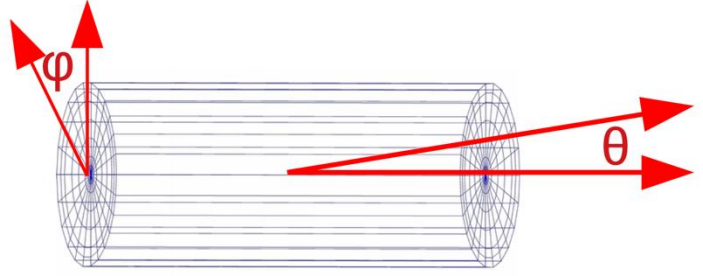
Lo stesso per la vista **laterale**



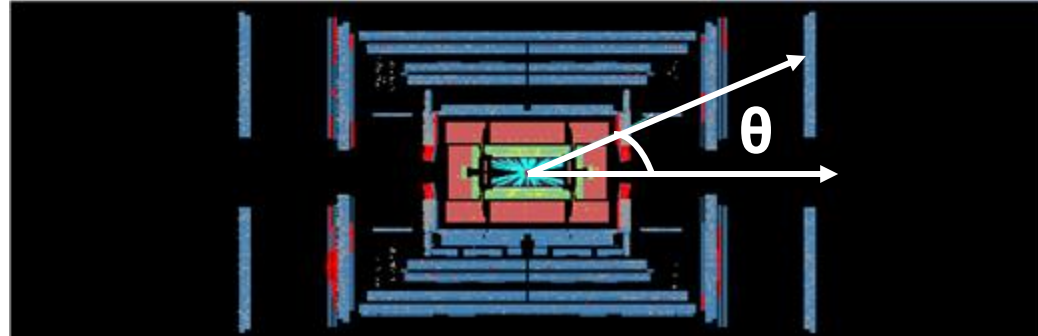
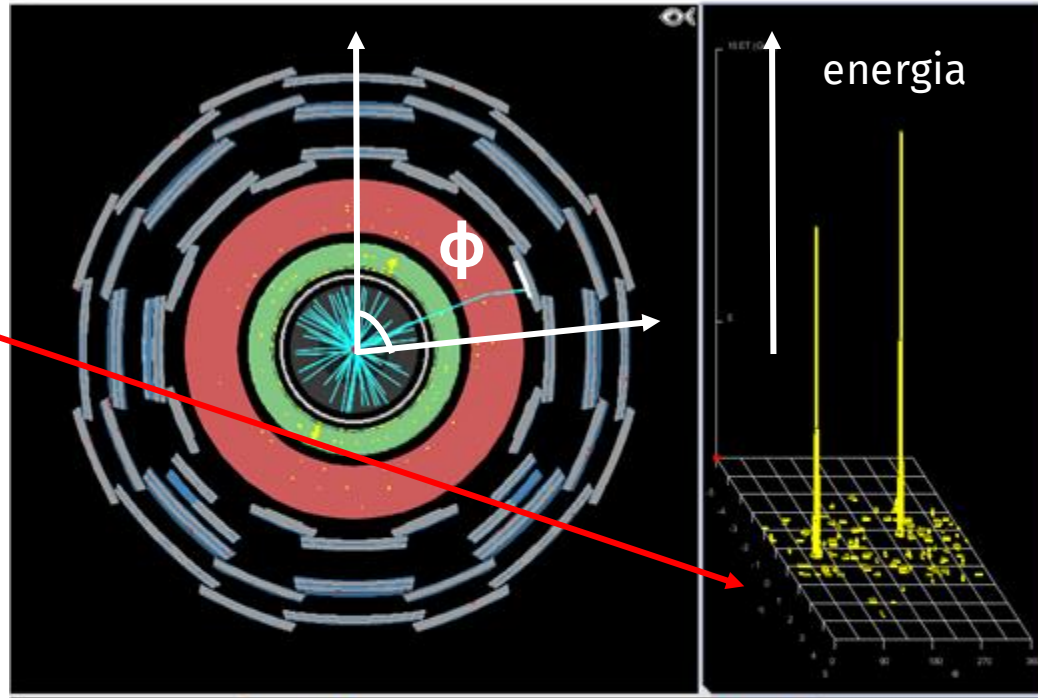
Event Display

Display **depositi elettromagnetici**:

Diagramma delle energie nel calorimetro elettromagnetico in funzione della posizione nel rivelatore, in coordinate (η, ϕ)



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



Cosa cerchiamo?

Massa del bosone Z = 91.2 GeV

Il **bosone Z** nei suoi decadimenti leptonici:

- $Z \rightarrow e^+e^-$
 - gli elettroni (e i positroni) sono particelle cariche, quindi dobbiamo cercare una **coppia di tracce con carica opposta nel tracciatore interno**
 - il bosone Z ha una massa alta, quindi ci aspettiamo che le tracce degli elettroni abbiamo **mediamente** un alto impulso trasverso (p_T)
 - gli elettroni nella materia interagiscono e producono sciami elettromagnetici: vedrò dei **depositi di energia nel calorimetro elettromagnetico** (quello verde)

Attenzione a non confonderci con i **fotoni**: questi producono depositi di energia simili a quelli degli elettroni, ma non hanno nessuna traccia associata nel rivelatore interno (o ne hanno due...)

Cosa cerchiamo?

Il bosone Z nei suoi decadimenti leptonic:

- $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$
 - i muoni (e gli antimuoni) sono particelle cariche, quindi dobbiamo cercare una **coppia di tracce con carica opposta nel tracciatore interno**
 - i muoni lasciano modesti depositi elettromagnetici, però riescono a superare i calorimetri e hanno **tracce anche nello spettrometro per muoni...**
 - il bosone Z ha una massa alta, quindi mi aspetto che le tracce dei muoni abbiano un alto impulso trasverso (p_T)

Hypatia 7.4: cosa troverete

The image displays the Hypatia 7.4 software interface, which is used for analyzing particle interactions in ATLAS. The main window is titled "Invariant Mass" and contains several sub-windows:

- Event Display:** A top-left window showing a top-down view of the ATLAS detector with particle tracks overlaid. The tracks are color-coded (blue, red, green) and originate from a central vertex. A 3D grid is visible in the bottom right of this window.
- Track Momenta Window:** A top-right window with a table of track data. The table is titled "Tracks" and "Physics Objects" and lists parameters for seven tracks.
- Controlli:** A bottom-right window with a "Parameter Control" tab, showing a list of detector components and their status.

Track	η	P [GeV]	P _T [GeV]	φ	z
Tracks 0	-	11.68	4.28	-1.319	0.375
Tracks 1	+	126.06	39.41	-2.413	0.318
Tracks 2	-	4.57	4.56	-2.783	1.649
Tracks 3	-	187.90	53.01	0.806	0.321
Tracks 4	-	1.34	1.33	-2.949	1.475
Tracks 5	-	1.76	1.74	-3.090	1.645
Tracks 6	+	18.61	3.94	-1.818	0.214

Massa Invariante

Event Display

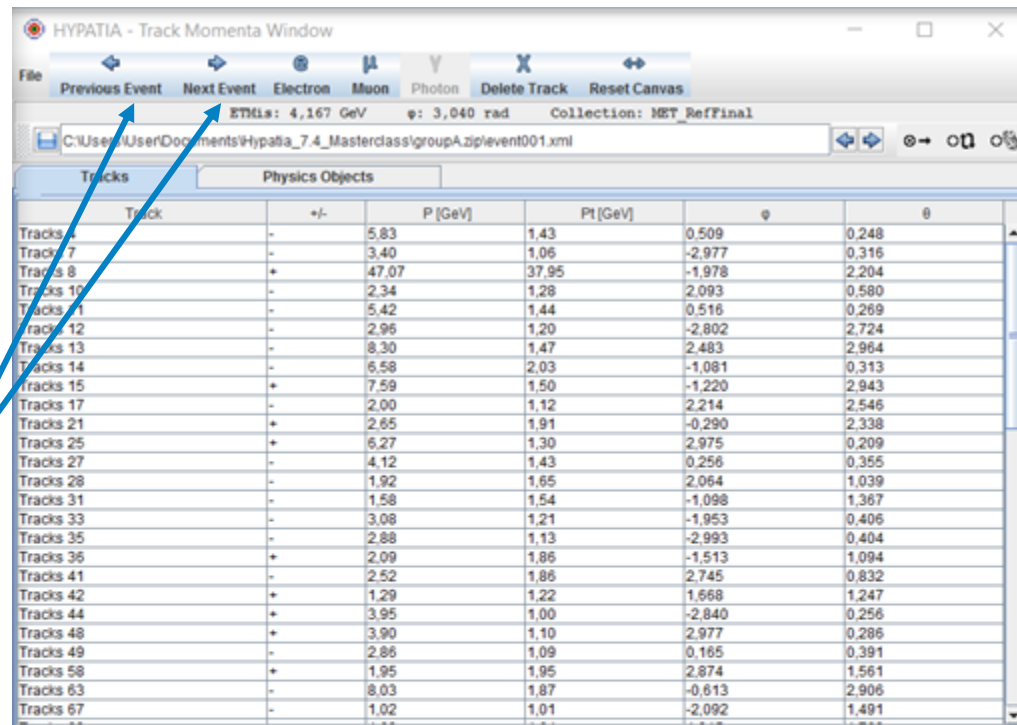
Tracce e Oggetti

Controlli

Come lo cerchiamo?

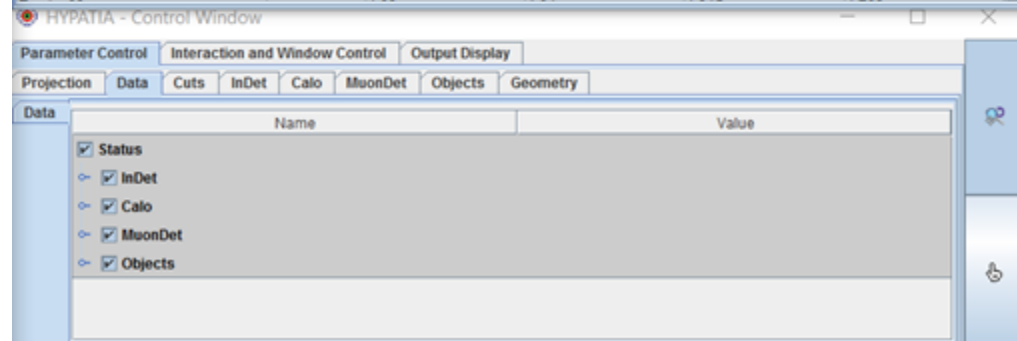
Nel pannello delle tracce troviamo tutto ciò che serve per la nostra ricerca:

- Possiamo scorrere tra gli eventi
- Possiamo vedere le proprietà di tutte le tracce:
 - Carica
 - Impulso
 - Impulso trasverso
- Vedere l'energia mancante o invisibile (es. neutrini)



The screenshot shows the 'HYPATIA - Track Momenta Window' interface. At the top, there are navigation buttons: 'Previous Event', 'Next Event', 'Electron', 'Moon', 'Photon', 'Delete Track', and 'Reset Canvas'. Below these, the current event information is displayed: 'ETH1a: 4,167 GeV', 'φ: 3,040 rad', and 'Collection: MBT_RefFinal'. The file path is 'C:\User\...Hypatia_7.4_Masterclass\groupA.zip\event001.xml'. The main area contains a table with columns for 'Track', '+/-', 'P [GeV]', 'Pt [GeV]', 'η', and 'θ'. The table lists tracks from 4 to 67 with their respective properties.

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	η	θ
Tracks 4	-	5.83	1.43	0.509	0.248
Tracks 7	-	3.40	1.06	-2.977	0.316
Tracks 8	+	47.07	37.95	-1.978	2.204
Tracks 10	-	2.34	1.28	2.093	0.580
Tracks 11	-	5.42	1.44	0.516	0.269
Tracks 12	-	2.96	1.20	-2.802	2.724
Tracks 13	-	8.30	1.47	2.483	2.964
Tracks 14	-	6.58	2.03	-1.081	0.313
Tracks 15	+	7.59	1.50	-1.220	2.943
Tracks 17	-	2.00	1.12	2.214	2.546
Tracks 21	+	2.65	1.91	-0.290	2.338
Tracks 25	+	6.27	1.30	2.975	0.209
Tracks 27	-	4.12	1.43	0.256	0.355
Tracks 28	-	1.92	1.65	2.064	1.039
Tracks 31	-	1.58	1.54	-1.098	1.367
Tracks 33	-	3.08	1.21	-1.953	0.406
Tracks 35	-	2.88	1.13	-2.993	0.404
Tracks 36	+	2.09	1.86	-1.513	1.094
Tracks 41	-	2.52	1.86	2.745	0.832
Tracks 42	+	1.29	1.22	1.668	1.247
Tracks 44	+	3.95	1.00	-2.840	0.256
Tracks 48	+	3.90	1.10	2.977	0.286
Tracks 49	-	2.86	1.09	0.165	0.391
Tracks 58	+	1.95	1.95	2.874	1.561
Tracks 63	-	8.03	1.87	-0.613	2.906
Tracks 67	-	1.02	1.01	-2.092	1.491



The screenshot shows the 'HYPATIA - Control Window' interface. It has tabs for 'Parameter Control', 'Interaction and Window Control', and 'Output Display'. Under 'Parameter Control', there are sub-tabs for 'Projection', 'Data', 'Cuts', 'InDet', 'Calo', 'MuonDet', 'Objects', and 'Geometry'. The 'Data' sub-tab is active, showing a table with columns 'Name' and 'Value'. The table contains several checked items under a 'Status' header: 'InDet', 'Calo', 'MuonDet', and 'Objects'.

Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/> Status	
<input checked="" type="checkbox"/> InDet	
<input checked="" type="checkbox"/> Calo	
<input checked="" type="checkbox"/> MuonDet	
<input checked="" type="checkbox"/> Objects	

Come lo cerchiamo?

Nel pannello delle tracce troviamo tutto ciò che serve per la nostra ricerca:

- Possiamo scorrere tra gli eventi
- Possiamo vedere le proprietà di tutte le tracce:
 - Carica
 - Impulso
 - Impulso trasverso
- Vedere l'energia mancante o invisibile (es. neutrini)

The screenshot displays the HYPATIA - Track Momenta Window. The main window shows a table of track data with columns for Track, +/-, P [GeV], Pt [GeV], φ , and θ . The table lists tracks from 4 to 67. Below the table, there is a HYPATIA - Control Window with tabs for Parameter Control, Interaction and Window Control, and Output Display. The Output Display tab is active, showing a table with columns for Name and Value, and a list of checked items: Status, InDet, Calo, MuonDet, and Objects.

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	φ	θ
Tracks 4	-	5.83	1.43	0.509	0.248
Tracks 7	-	3.40	1.01	-2.977	0.316
Tracks 8	-	4.207	1.95	-1.978	2.204
Tracks 10	-	2.34	1.28	2.093	0.580
Tracks 11	-	5.42	1.44	0.515	0.269
Tracks 12	-	2.95	1.20	-2.802	2.724
Tracks 13	-	3.3	1.47	2.483	2.994
Tracks 14	-	6.58	2.03	-1.081	0.313
Tracks 15	+	7.59	1.50	-1.220	2.943
Tracks 17	-	2.00	1.12	2.214	2.546
Tracks 21	+	2.65	1.91	-0.290	2.338
Tracks 25	+	6.27	1.30	2.975	0.209
Tracks 27	-	4.12	1.43	0.256	0.355
Tracks 28	-	1.92	1.65	2.064	1.039
Tracks 31	-	1.58	1.54	-1.098	1.367
Tracks 33	-	3.08	1.21	-1.953	0.406
Tracks 35	-	2.88	1.13	-2.993	0.404
Tracks 36	+	2.09	1.86	-1.513	1.094
Tracks 41	-	2.52	1.85	2.745	0.832
Tracks 42	+	1.29	1.22	1.668	1.247
Tracks 44	+	3.95	1.00	-2.840	0.256
Tracks 48	+	3.90	1.10	2.977	0.286
Tracks 49	-	2.85	1.09	0.165	0.391
Tracks 58	+	1.95	1.95	2.874	1.561
Tracks 63	-	8.03	1.87	-0.613	2.906
Tracks 67	-	1.02	1.01	-2.092	1.491

Come lo cerchiamo?

Nel pannello delle tracce troviamo tutto ciò che serve per la nostra ricerca:

- Possiamo scorrere tra gli eventi
- Possiamo vedere le proprietà di tutte le tracce:
 - Carica
 - Impulso
 - Impulso trasverso
- Vedere l'energia mancante o invisibile (es. neutrini)

The screenshot displays the HYPATIA software interface. The top window, titled "HYPATIA - Track Momenta Window", shows a table of track data. The table has columns for Track ID, a sign (+/-), P [GeV], Pt [GeV], η , and θ . The data rows are labeled "Tracks 4" through "Tracks 67". Below this window is the "HYPATIA - Control Window", which includes tabs for "Parameter Control", "Interaction and Window Control", and "Output Display". Under "Output Display", there are sub-tabs for "Projection", "Data", "Cuts", "InDet", "Calo", "MuonDet", "Objects", and "Geometry". The "Data" sub-tab is active, showing a table with "Name" and "Value" columns. The "Data" table contains several checked items: Status, InDet, Calo, MuonDet, and Objects.

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	η	θ
Tracks 4	-	5.83	1.43	0.509	0.248
Tracks 7	-	3.40	1.06	-2.977	0.316
Tracks 8	+	47.07	37.95	-1.978	2.204
Tracks 10	-	2.34	1.28	2.093	0.580
Tracks 11	-	5.42	1.44	0.515	0.269
Tracks 12	-	2.95	1.20	-2.802	2.724
Tracks 13	-	8.30	1.47	2.483	2.994
Tracks 14	-	6.58	2.03	-1.081	0.313
Tracks 15	+	7.59	1.50	-1.220	2.943
Tracks 17	-	2.00	1.12	2.214	2.546
Tracks 21	+	2.65	1.91	-0.290	2.338
Tracks 25	+	6.27	1.30	2.975	0.209
Tracks 27	-	4.12	1.43	0.256	0.355
Tracks 28	-	1.92	1.65	2.064	1.039
Tracks 31	-	1.58	1.54	-1.098	1.367
Tracks 33	-	3.08	1.21	-1.953	0.406
Tracks 35	-	2.88	1.13	-2.993	0.404
Tracks 36	+	2.09	1.86	-1.513	1.094
Tracks 41	-	2.52	1.85	2.745	0.832
Tracks 42	+	1.29	1.22	1.668	1.247
Tracks 44	+	3.95	1.00	-2.840	0.256
Tracks 48	+	3.90	1.10	2.977	0.286
Tracks 49	-	2.86	1.09	0.165	0.391
Tracks 58	+	1.95	1.95	2.874	1.561
Tracks 63	-	8.03	1.87	-0.613	2.906
Tracks 67	-	1.02	1.01	-2.092	1.491

Come lo cerchiamo?

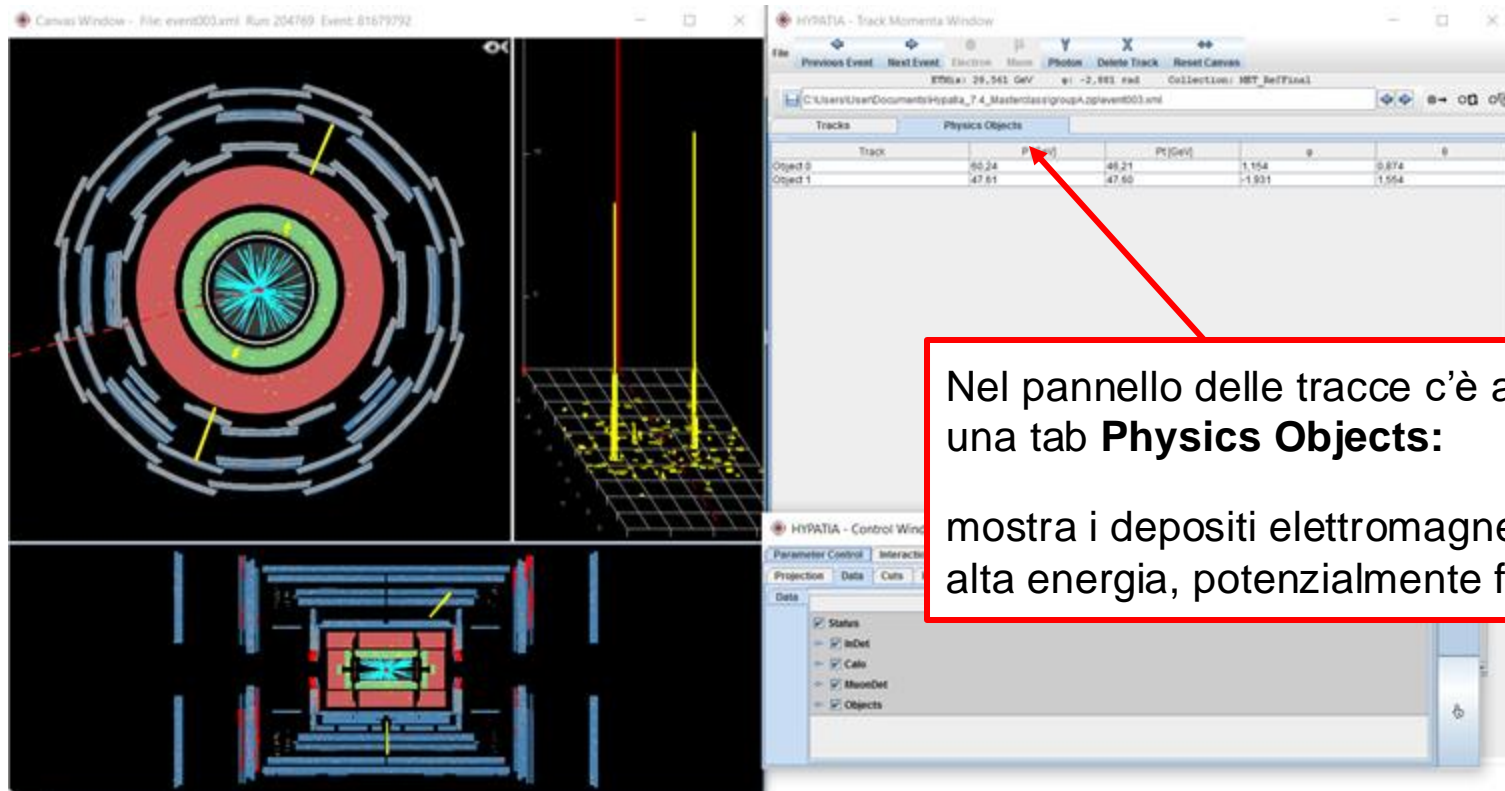
The image displays the HYPATIA software interface, which is used for visualizing particle tracks and detector data. It consists of several windows:

- Canvas Window:** Shows a top-down view of the detector geometry with concentric rings. A red dashed line indicates a track path.
- 3D View:** Shows a 3D perspective of the detector with yellow tracks and a red dashed line.
- Top-Down View:** Shows a top-down view of the detector with a red dashed line.
- HYPATIA - Track Moments Window:** Displays a table of track moments. The table has columns for Track, P [GeV], Pt [GeV], η , and ϕ . The data is as follows:

Track	P [GeV]	Pt [GeV]	η	ϕ
Object 0	62.24	45.21	1.154	3.814
Object 1	47.61	47.60	-1.931	1.564
- HYPATIA - Control Window:** Shows a control panel with tabs for Parameter Control, Interaction and Window Control, and Output Display. It includes a table for data with columns for Name and Value.

A red box highlights the text: "L'energia mancante viene mostrata, se significativa, da tracce rosse tratteggiate". A red arrow points from this text to the red dashed lines in the detector views.

Come lo cerchiamo?



The image displays the HYPATIA software interface. On the left, there are three panels showing different views of the detector: a top-down view of the calorimeter, a 3D view of the detector structure, and a side view of the detector. On the right, the 'HYPATIA - Track Momenta Window' is open, showing a table of tracks and a 'Physics Objects' tab. A red arrow points from the 'Physics Objects' tab to a text box.

Track	p_x [GeV]	p_y [GeV]	p_z [GeV]	η	ϕ
Object 0	46.24	46.21	1.154	0.812	0
Object 1	47.61	47.60	-1.931	1.564	0

Nel pannello delle tracce c'è anche una tab **Physics Objects**:
mostra i depositi elettromagnetici di alta energia, potenzialmente fotoni

Hypatia 7.4: cosa troverete

The image displays the Hypatia 7.4 software interface, which is used for analyzing particle interactions in ATLAS. The main window is titled "HYBRID Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window". It features a menu bar with "File", "View", "Histograms", and "Preferences Help". Below the menu bar is a toolbar with various icons for file operations and analysis. The main canvas area is divided into several panels:

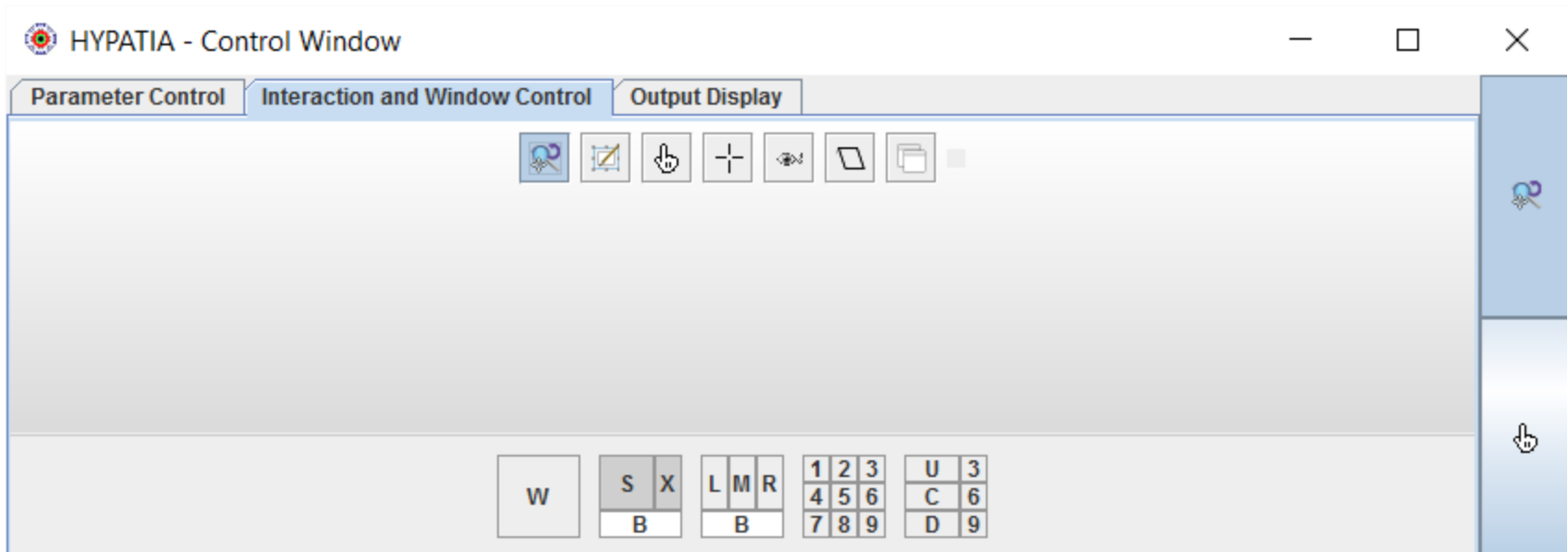
- Event Display:** A large circular plot showing the detector's layout with tracks and interaction points. The tracks are color-coded (blue, red, green).
- Tracce e Oggetti:** A table listing tracks and physics objects. The table has columns for Track, P (GeV), Pt (GeV), M (GeV), M (GeV), M (GeV), and M (GeV). The data is as follows:

Track	P (GeV)	Pt (GeV)	M (GeV)	M (GeV)	M (GeV)	M (GeV)
Tracks 0	11.08	4.28	-1.319	0.375		
Tracks 1	126.06	39.41	-2.413	0.318		
Tracks 2	4.57	4.56	-2.703	1.449		
Tracks 3	167.90	53.01	0.906	0.321		
Tracks 4	1.34	1.33	-2.949	1.475		
Tracks 5	1.75	1.74	-3.090	1.646		
Tracks 6	16.01	3.94	-1.818	0.214		
- Controlli:** A control panel with tabs for "Parameter Control", "Interaction and Window Control", and "Output Display". It includes a "Data" table with columns for "Name" and "Value". The table contains the following entries:

Name	Value
Status	<input checked="" type="checkbox"/>
InDet	<input checked="" type="checkbox"/>
Calo	<input checked="" type="checkbox"/>
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/>
Objects	<input checked="" type="checkbox"/>

The interface also includes a "Canvas Window" showing the file path and event information, and a "HYPATIA - Track Momenta Window" showing the track momenta table.

Il pannello di controllo



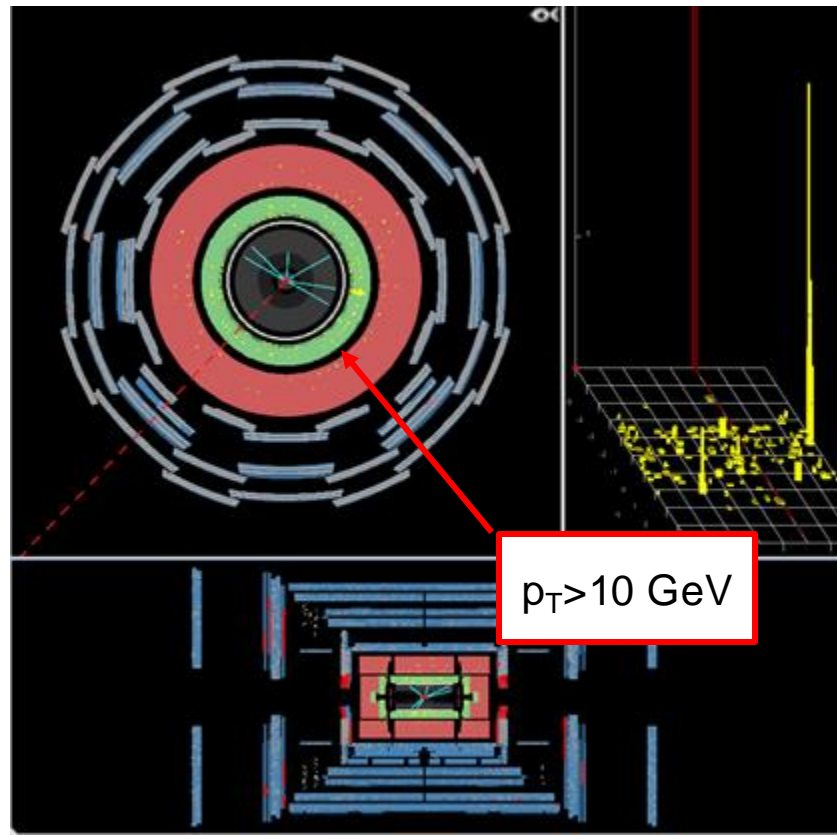
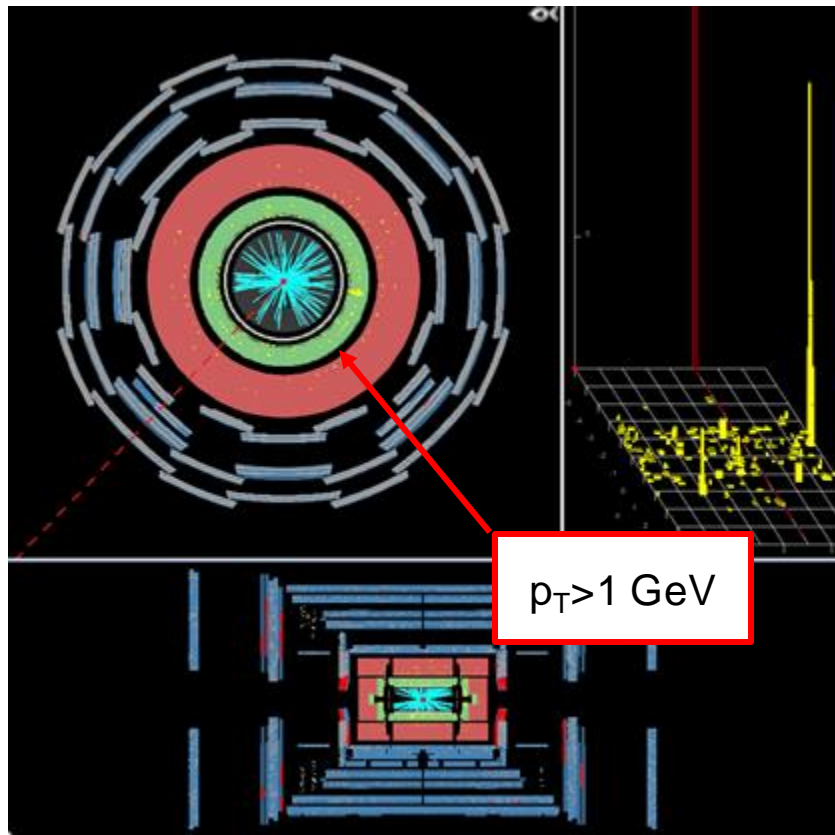
Nel pannello di controllo ci sono molte funzionalità
Si può ad esempio navigare nell'event display: zoomare, spostarsi, ecc.

Il pannello di controllo

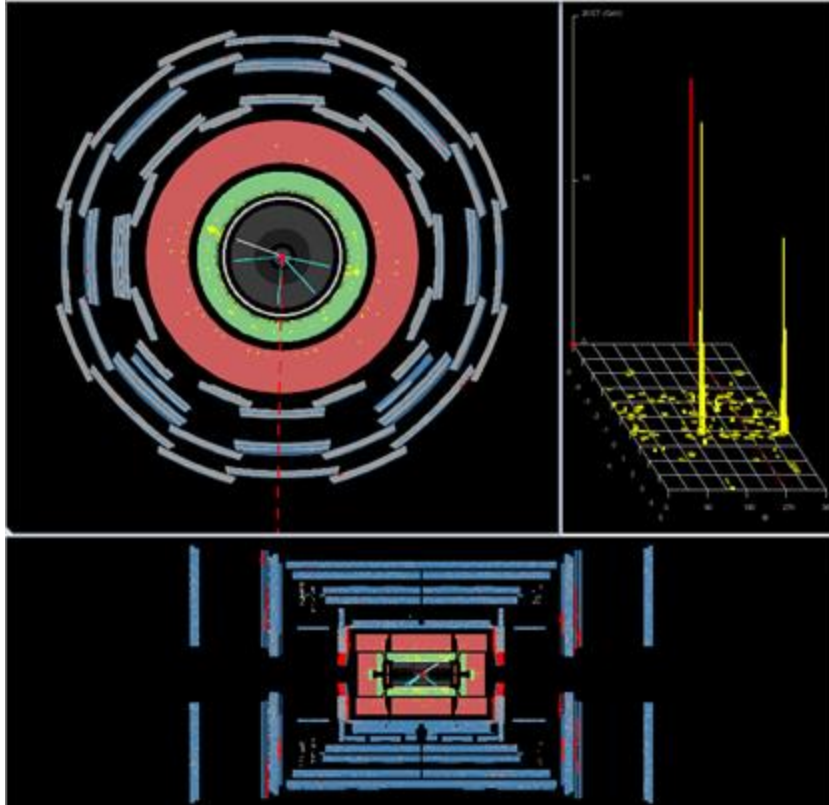
Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/> Pt	> 10.0 GeV
<input type="checkbox"/> Pt2	< 700.0 MeV
<input checked="" type="checkbox"/> d0	< 2.5 mm
<input checked="" type="checkbox"/> z0	< 20.0 cm
<input type="checkbox"/> d0 Loose	< 2.0 cm

Nella tab **Cuts** ci sono funzionalità che possono aiutare nell'esercizio:
Se si cerca uno Z, si possono selezionare le tracce con un impulso trasverso alto, facendo sparire dall'event display tutto ciò che non serve

Il pannello di controllo



Esempio 1



HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Electron Moon Photon Delete Track Reset Canvas

EDNA: 16,125 GeV ψ : -1,589 rad Collection: 387_ReFinal

C:\Users\User\Documents\Hypatia_7_4_Masterclass\groupA\zpevent001.mtl

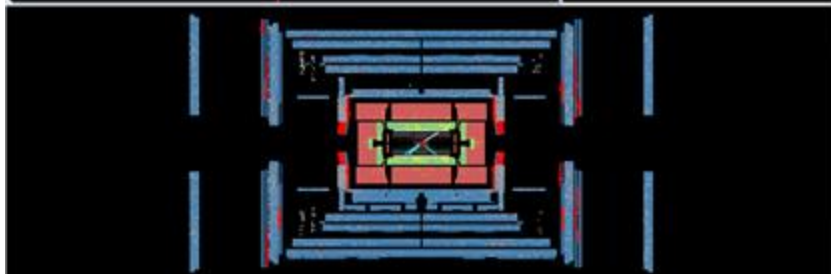
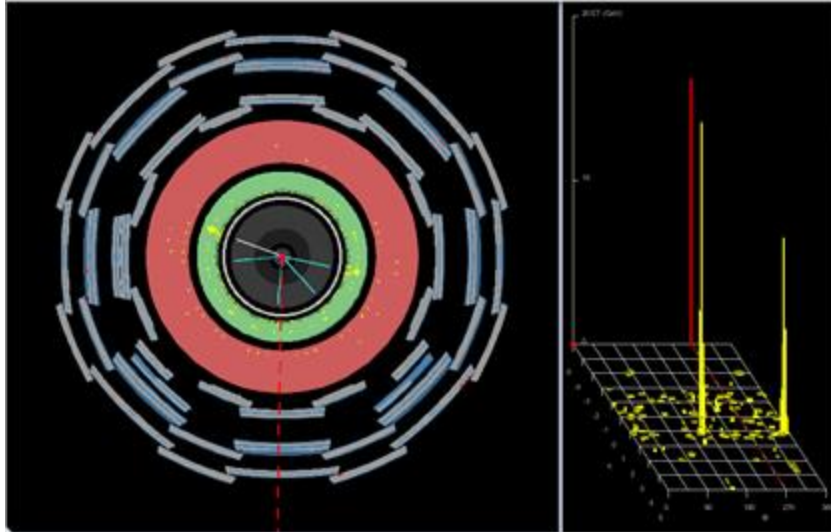
Tracks	Physics Objects				
Track	±	P [GeV]	P _T [GeV]	ϕ	θ
Tracks 221	-	82.54	44.44	2.767	0.569
Tracks 245	+	71.18	40.47	-0.188	0.605
Tracks 360	-	544.67	294.51	-1.652	2.570
Tracks 361	+	170.30	109.40	-0.826	2.444
Tracks 362	-	283.57	191.87	-3.052	2.398

In questo evento, una volta richiesto $p_T > 10$ GeV, rimangono solo 5 tracce

Quando seleziono le tracce, queste diventano bianche nell'event display

Alla prima traccia, **se guardo in entrambe le viste**, capisco che è associato un deposito calorimetrico e vedo che ha carica negativa

Esempio 1



HYPATIA - Track Momenta Window

File Previous Event Next Event Electron Moon Photon Delete Track Reset Canvas

EDGla: 16,125 GeV ϕ : -1,589 rad Collection: 387_ReFinal

C:\Users\User\Documents\Hypatia_7_4_Masterclass\group4\zpevent001.mtl

Tracks	Physics Objects				
Track	±	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 221	-	82.54	44.44	2.767	0.569
Tracks 245	+	71.18	40.47	-0.188	0.605
Tracks 360	-	544.07	294.51	-1.652	2.570
Tracks 361	+	170.30	109.40	-0.826	2.444
Tracks 362	-	283.57	191.87	-3.052	2.398

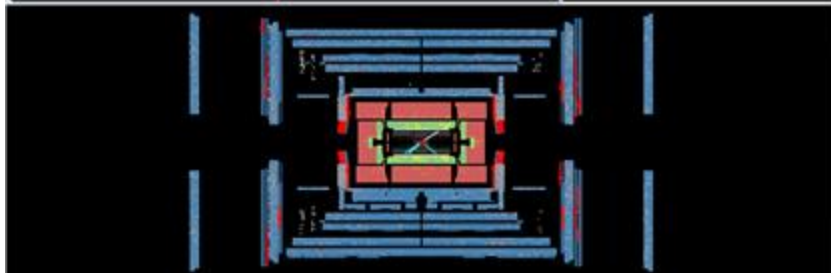
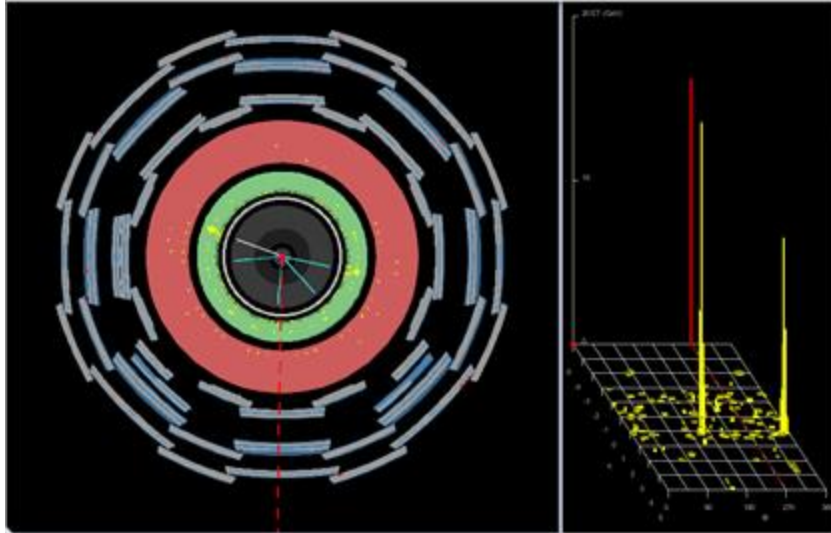
La traccia successiva ha una carica positiva e anche ad essa è associato un deposito nel calorimetro elettromagnetico:

Le due tracce verranno da uno Z?

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

Data	Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/>	Status	
<input checked="" type="checkbox"/>	InDet	
<input checked="" type="checkbox"/>	Calo	
<input checked="" type="checkbox"/>	MuonDet	
<input checked="" type="checkbox"/>	Objects	

Esempio 1



HYPATIA - Track Moments Window

File Previous Event Next Event Electron Moon Photos Delete Track Reset Canvas

GeV -1,589 rad Collection: MBT_ReFinal

C:\Users\User\Documents\Hypatia_Masterclass\groupA\zpevent001.mtl

Track	P [GeV]	Pt [GeV]	η	θ
Tracks 221	82.54	44.44	2.767	0.569
Tracks 245	71.18	40.47	-0.188	0.605
Tracks 360	544.67	294.51	-1.652	2.570
Tracks 361	170.30	109.40	-0.826	2.444
Tracks 362	293.57	191.87	-3.052	2.398

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

Data	Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/>	Status	
<input checked="" type="checkbox"/>	InDet	
<input checked="" type="checkbox"/>	Calo	
<input checked="" type="checkbox"/>	MuonDet	
<input checked="" type="checkbox"/>	Objects	

Le identifico entrambe come **elettroni**

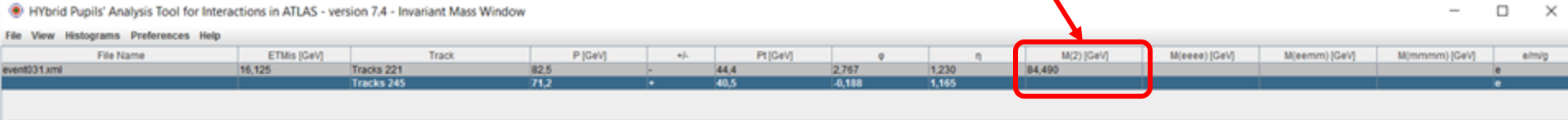
Esempio 1 – massa invariante

Massa del bosone Z = 91.2 GeV

Quando le identifico come elettroni, le tracce mi appaiono nella finestra **massa invariante**.
La massa invariante di questa coppia e^+e^- mi appare qui

E' molto alta: 84.5 GeV !

Questo evento sembra un buon candidato $Z \rightarrow e^+e^-$

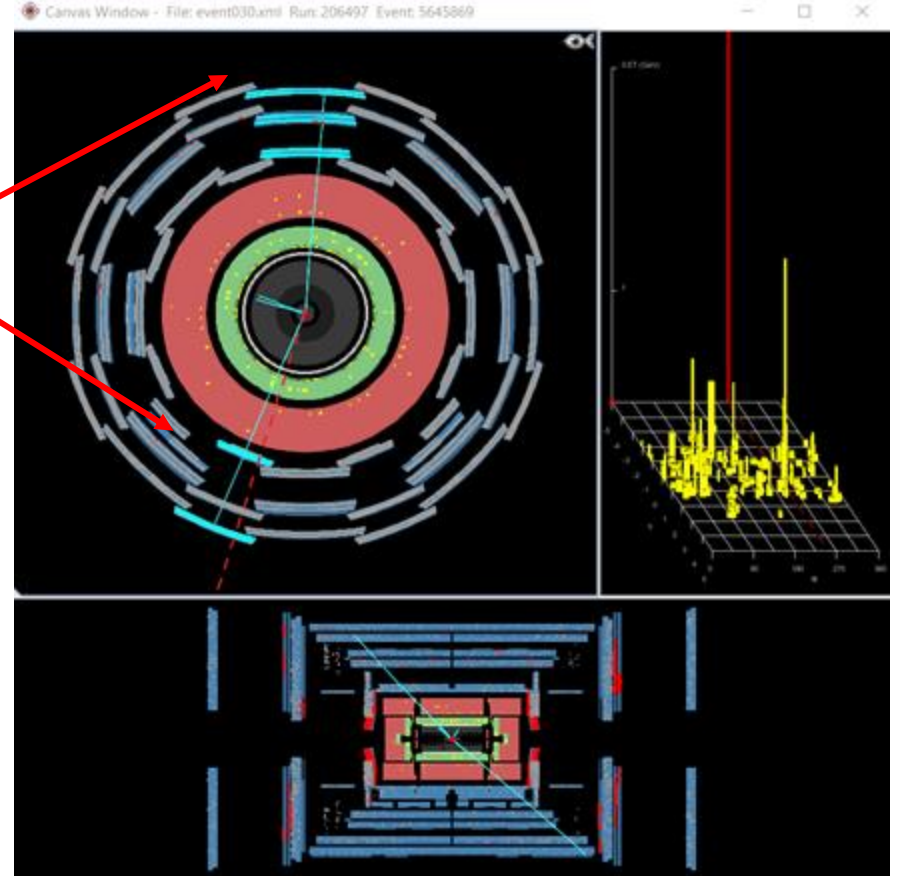


File Name	ETMis [GeV]	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	ϕ	η	M(2) [GeV]	M(eeee) [GeV]	M(eemm) [GeV]	M(mmmm) [GeV]	alm/g
event031.xml	16,125	Tracks 221	82.5	-	44.4	2.767	1.230	84,490				e
		Tracks 245	71.2	+	40.5	-0.188	1.165					e

Esempio 2

Qui vedo un evento con due tracce,
che arrivano fino allo spettrometro per
muoni...

Sarà un evento $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$?

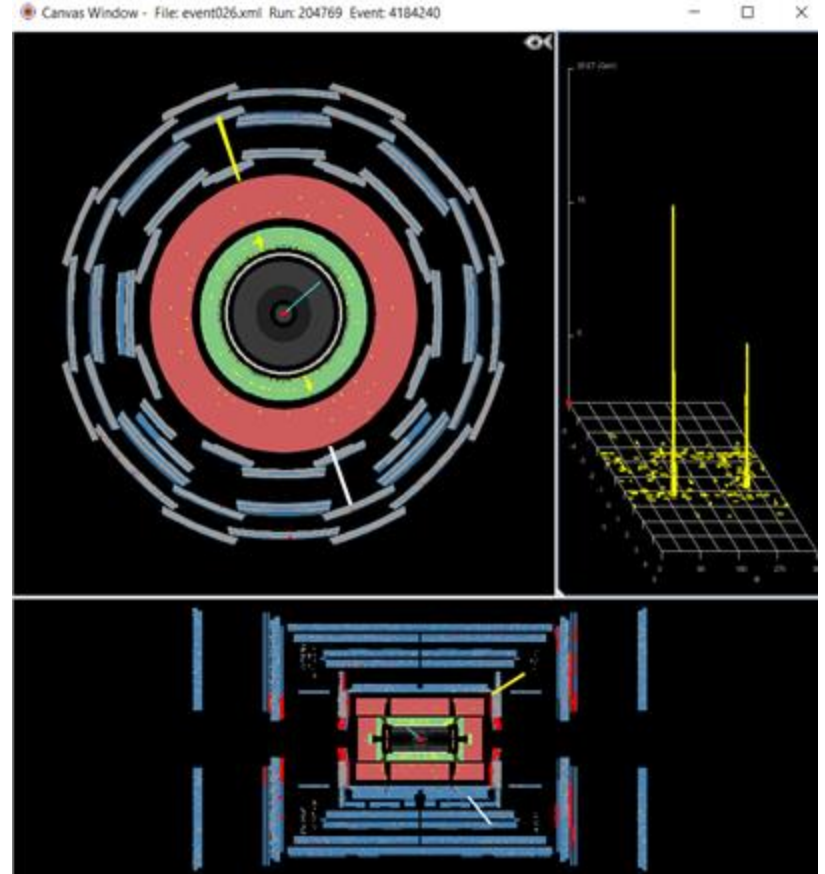


Esempio 3

In questo evento ci sono due depositi elettromagnetici senza tracce corrispondenti... sembrano dei **fotoni**.

Ma lo Z non può decadere in due fotoni!

Cosa può essere?



Cosa fare nella pratica?

- Scorrete gli eventi che avete a disposizione, riconoscete le coppie di elettroni, muoni o fotoni, cercate di capire se l'evento e' associato a una **Z** o a una delle altre particelle interessanti (**J/ψ** , **Y**, **bosone di Higgs**, **Z'**, **gravitone**)
- Se pensate che l'evento sia un semplice **evento di fondo**, ignoratelo
- Altrimenti selezionate le particelle rilevanti e salvatele nel pannello della massa invariante
- Nel pannello vedrete sia la massa invariante delle **coppie di particelle** che selezionate, sia quella combinata di **4 particelle**, se ne selezionate 4 in un evento

Hybrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

File Name	ETM ₀ [GeV]	Track	P [GeV]	±	PT [GeV]	η	φ	η	M(Z) [GeV]	M(eeee) [GeV]	M(eemm) [GeV]	M(mmmm) [GeV]	elm/g
event026.xml	13,402	Object 0	191.6		52.4	1.904	1.280	1.280	102,048				e
		Object 1	61.5		46.6	-1.220	0.777	0.777					e
event028.xml	23,527	Tracks 5	42.0	+	21.3	0.362	-1.301	-1.301	84,922				m
		Tracks 166	310.6	-	83.7	2.827	-1.906	-1.906					m
event030.xml	40,730	Tracks 6	37.4	-	24.7	-1.994	0.974	0.974	82,014				m
		Tracks 206	45.8	+	33.7	1.504	-0.821	-0.821					m

Cosa fare nella pratica?

- Dal pannello **Histograms** potete produrre tanti grafici
 - M(1): massa delle singole particelle selezionate
 - M(2): massa invariante delle coppie di particelle selezionate. Se ho visto tanti Z, dovrei vedere che ho tante coppie di massa simile, la massa dello Z!
 - Grafici delle masse invarianti combinate di 4 leptoni qualsiasi (elettroni/muoni), o di 4 elettroni, o di 4 muoni, o di 2 elettroni e 2 muoni: qui mi posso aspettare di vedere eventi corrispondenti a un bosone di Higgs
- Non vi scordate inoltre di scrivere sui fogli di appunti che avete a disposizione cosa avete scoperto di ogni evento che analizzate!

HYbrid Physics Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

File View **Histograms** References Help

File Name	ETM1 [GeV]	Track	P [GeV]	±	PT [GeV]	e	η	M(2) [GeV]	M(eeee) [GeV]	M(eemm) [GeV]	M(mmmm) [GeV]	elm/g
event026.xml	13,402	Object 0	191.6		52.4	1.904	1.280	102,048				g
		Object 1	61.5		46.6	-1.220	0.777					g
event028.xml	23,527	Tracks 5	42.0	+	21.3	0.362	-1.301	84,922				m
		Tracks 166	310.6	-	83.7	2.827	-1.995					m
event030.xml	40,730	Tracks 8	37.4	-	24.7	-1.994	0.974	82,014				m
		Tracks 206	45.8	+	33.7	1.504	-0.821					m

Cosa fare nella pratica?

Per iniziare...

- Aprite la cartella 'Masterclass_XX', fate click su 'HYPATIA.sh' e poi su 'Execute'
- Caricate il file con gli eventi e cercate gli eventi interessanti, come spiegato

Alla fine...

- Andate su **File** → **Export Invariant Masses**
- Verrà prodotto un file chiamato Invariant_Masses.txt → Mettetelo sul Desktop
- Andate al link

<https://zpathweb.hepp.uiocloud.no/OPIoT/index.php>

- Selezionate **Student**, inserite username=**ippog** e password=**imc**
- Selezionate giorno, istituto e gruppo e caricate il file

Help!

<http://atlas.physicsmasterclasses.org/it/zpath.htm>

Nella sezione “Al lavoro” ci sono spiegazioni utili su come procedere.

<http://cernmasterclass.uio.no/material/Zpath-Cuts.pdf>

Trovate un po' di esempi di tagli di selezione che si possono applicare.

<http://cernmasterclass.uio.no/material/Zpath-SignalEvents.pdf>

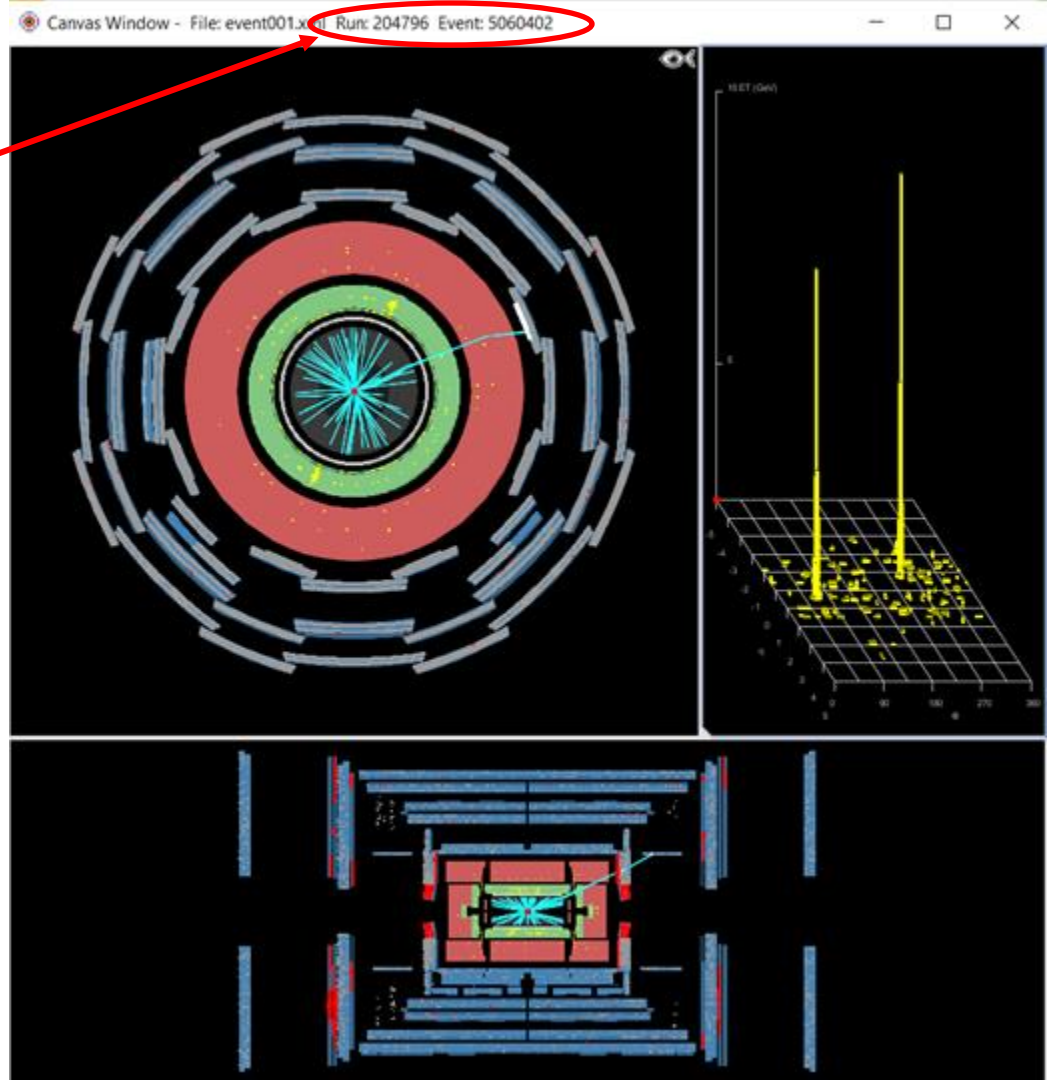
Esempi di eventi di segnale.

http://atlas.physicsmasterclasses.org/it/zpath_analysis.htm

Dopo aver completato l'esercizio andate a questo link e provate a rispondere alle domande.

Event Display

- Numero identificativo del **run di dati**
- Ogni **evento** ha un unico numero identificativo



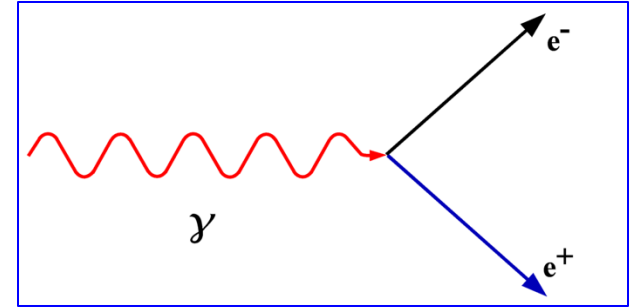
Cosa c'è negli eventi?

- La J/ψ o la Y sono particelle che decadono (tra le altre cose) in e^+e^- o in $\mu^+\mu^-$; hanno però massa invariante bassa (circa 3 e 10 GeV rispettivamente)
- Lo Z decade (tra le altre cose) in e^+e^- o in $\mu^+\mu^-$ con massa invariante alta (molte decine di GeV)
- Il ***bosone di Higgs*** può decadere (tra le altre cose) in due Z o in due fotoni: se trovo una coppia di fotoni, o due coppie di elettroni/muoni ognuna delle quali corrisponde a uno Z , forse ho visto un ***bosone di Higgs***!
Mi aspetto abbia una massa poco superiore ai 100 GeV
- Lo Z' è una particella ipotetica, simile allo Z (ha gli stessi decadimenti) ma con massa invariante altissima (>1000 GeV)
- Il ***gravitone***, altra particella ipotetica, può avere gli stessi decadimenti del ***bosone di Higgs***, ma ha una massa molto più alta!
- Ci sono poi eventi in cui non c'è niente di tutto questo: sono gli eventi di ***fondo***

I fotoni...

- I fotoni tipicamente appaiono come un deposito di energia nel **calorimetro elettromagnetico** senza **nessuna traccia** associata

- Però è possibile che un fotone interagisca nel tracciatore interno e **produca una coppia e^+e^-** !
- In questo caso vedrei un **deposito di energia** nel calorimetro con **due tracce** associate!



- Come lo riconosco? Le due tracce hanno **carica opposta**, ma soprattutto il fotone ha massa nulla...
Allora la massa invariante delle due tracce deve essere molto vicina a 0!

In **ATLAS** circa il 40% dei fotoni viene ricostruito così!