ATLAS EXPERIMENT

INFN

INTERNATIONAL MASTERCLASSES

hands on particle physics

Pavia, 29 Febbraio 2024

Masterclass di Fisica: 29/02/2024

Thu, Feb 29
VC 1: ATLAS Z
Ana
Arnd
Siegen
Pavia
Orsay
Prague, Charles U.

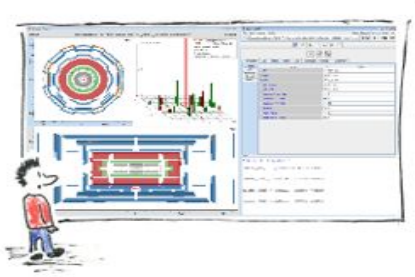
Arnd Behring (Theory)

Ana Peixoto (ATLAS)

Oggi pomeriggio:
13:00 inizio attività in laboratorio
16:00 videoconferenza

Analisi

- Analizzare un insieme di dati raccolti dall'esperimento ATLAS ad LHC
  - Utilizzando un event display
  - 50 eventi ogni persona

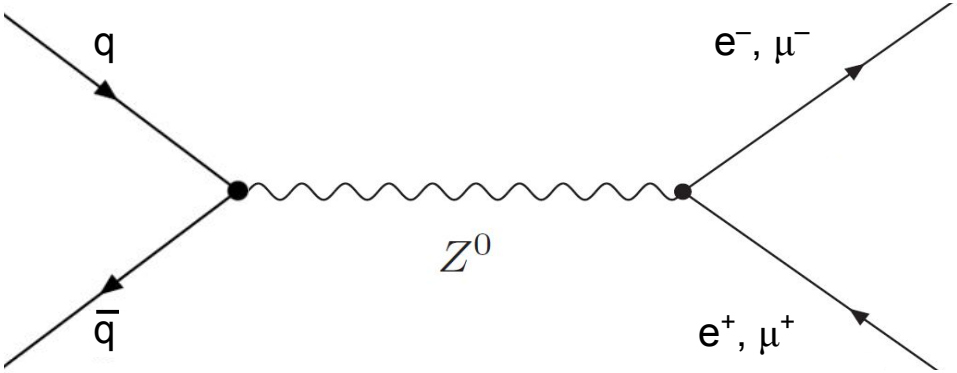


- Selezionare campione di eventi con le caratteristiche di potenziali **candidati**
  - Bosone vettore Z e altre "risonanze" di-leptoniche
  - Bosone di Higgs

- Analizzare statisticamente il campione per distinguere il segnale dal fondo
  - Cioè, costruzione di un istogramma

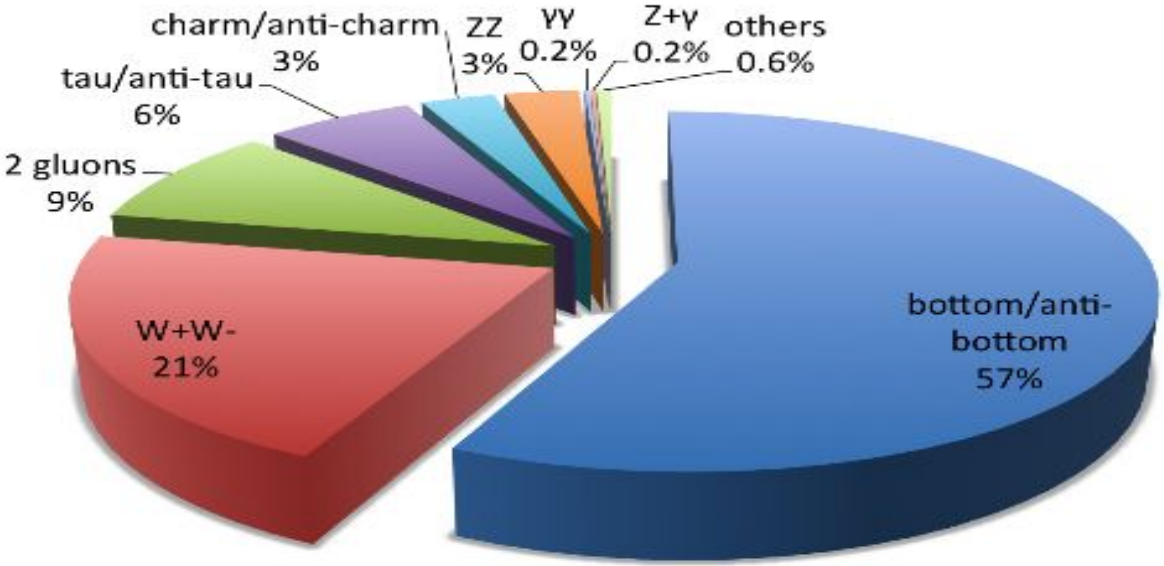
Bosone Z

- Molti possibili canali di decadimento
  - Cercheremo il decadimento in coppie di leptoni dello stesso tipo (o elettroni o muoni) di segno opposto



Bosone di Higgs

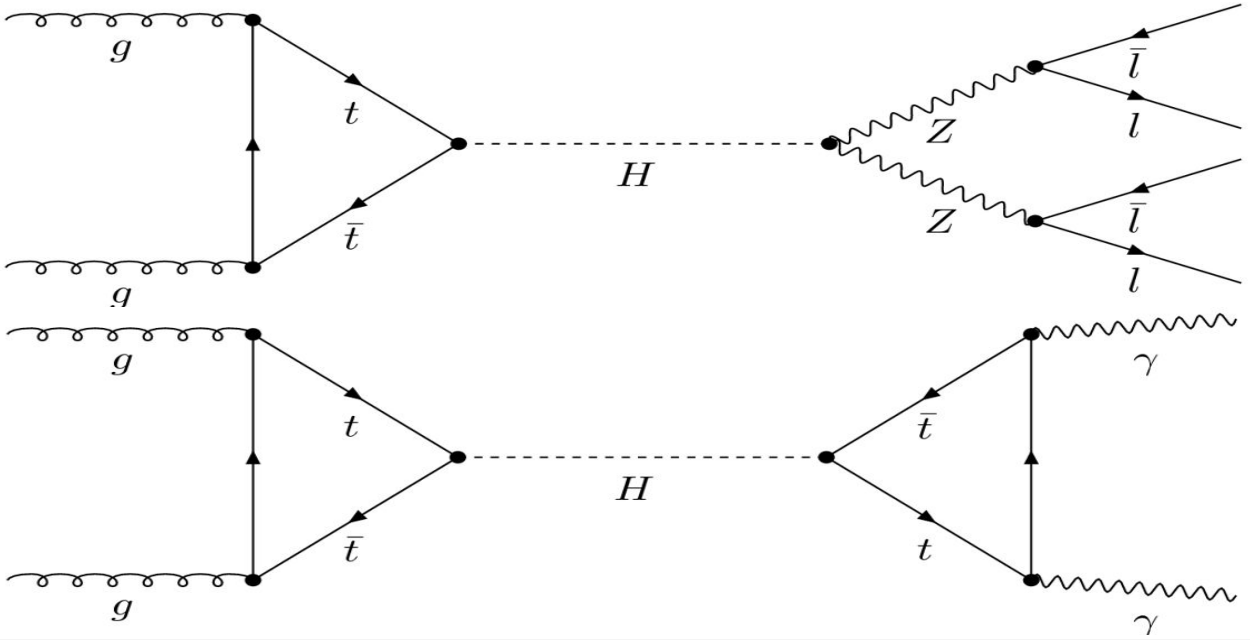
Quale canale di decadimento sceglieresti?



A. Bottom/antibottom
B. ZZ
C. $\gamma\,\gamma$
D. WW

Bosone di Higgs

- Cercheremo i canali di decadimento in
  - 4 leptoni (attraverso una coppia di Z)
  - 2 fotoni

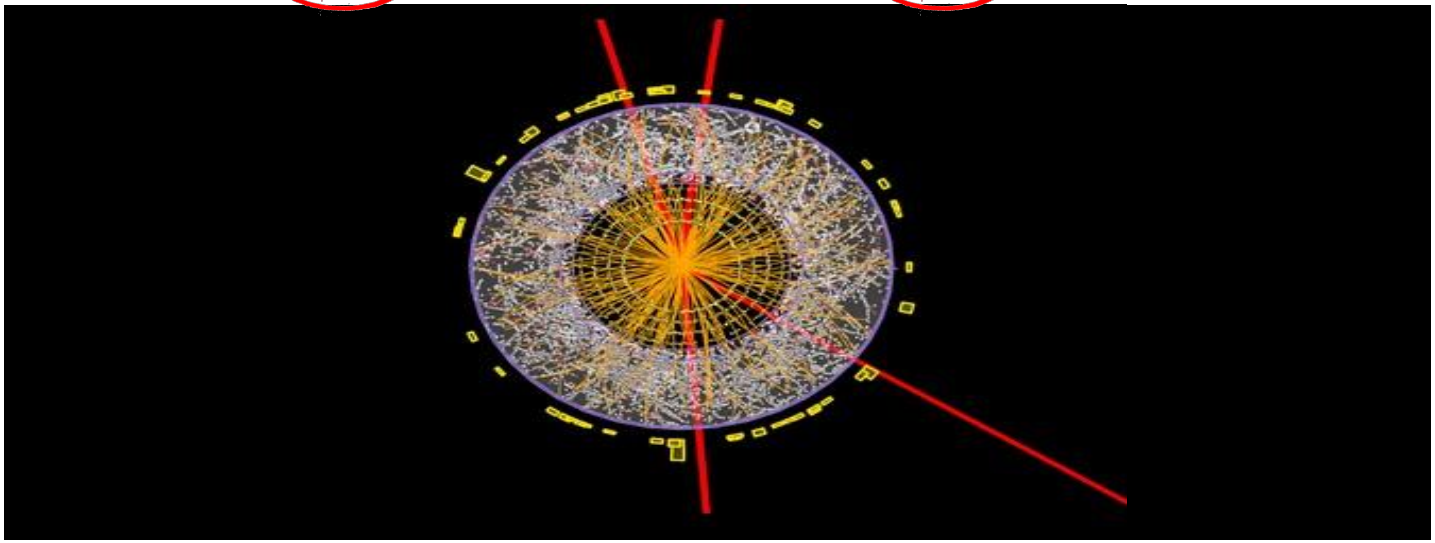


Eventi candidati

Impossibile catalogare univocamente una data collisione (**evento**)

- Il **fondo** può avere stessa segnatura del **segnale**

$qq \to ZZ \to \mu\mu\mu\mu$ $qq \to H \to \mu\mu\mu\mu$



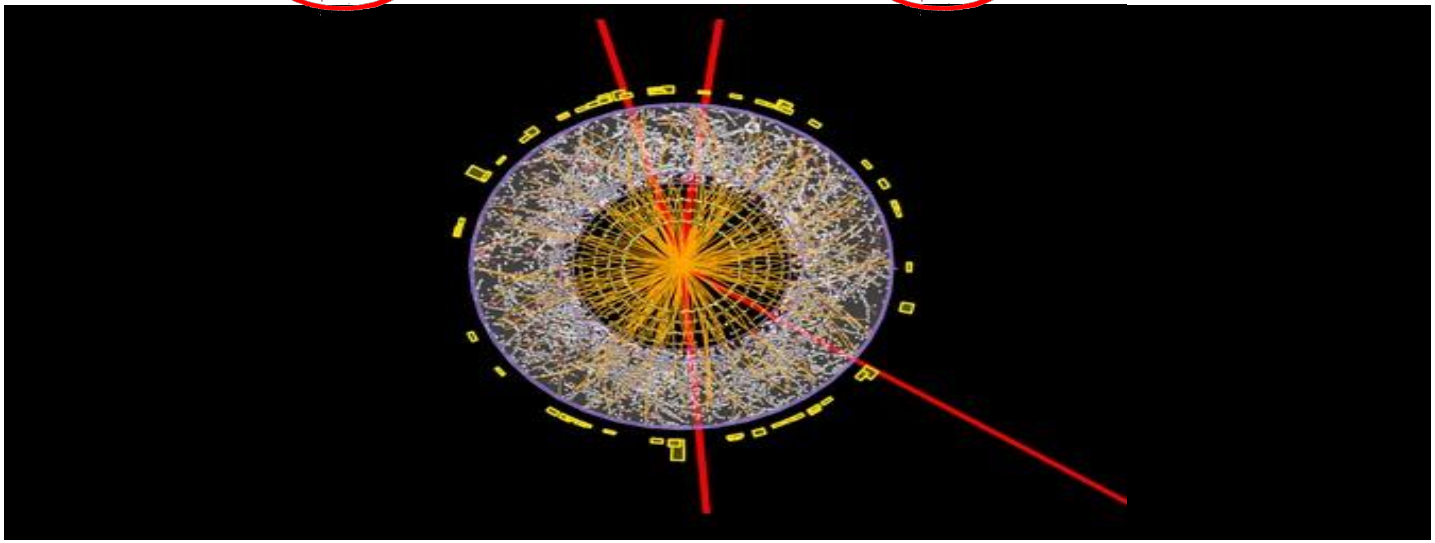
Come le distinguiamo?

Eventi candidati

Impossibile catalogare univocamente una data collisione (**evento**)

- Il **fondo** può avere stessa segnatura del **segnale**

$qq \rightarrow ZZ \rightarrow \mu\mu\mu\mu$ $qq \rightarrow H \rightarrow \mu\mu\mu\mu$



Come le distinguiamo?

- Non le distinguiamo. Necessario approccio statistico

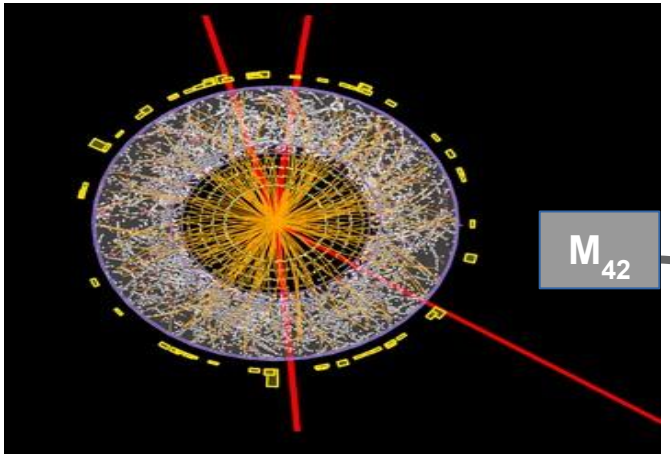
Approccio Statistico

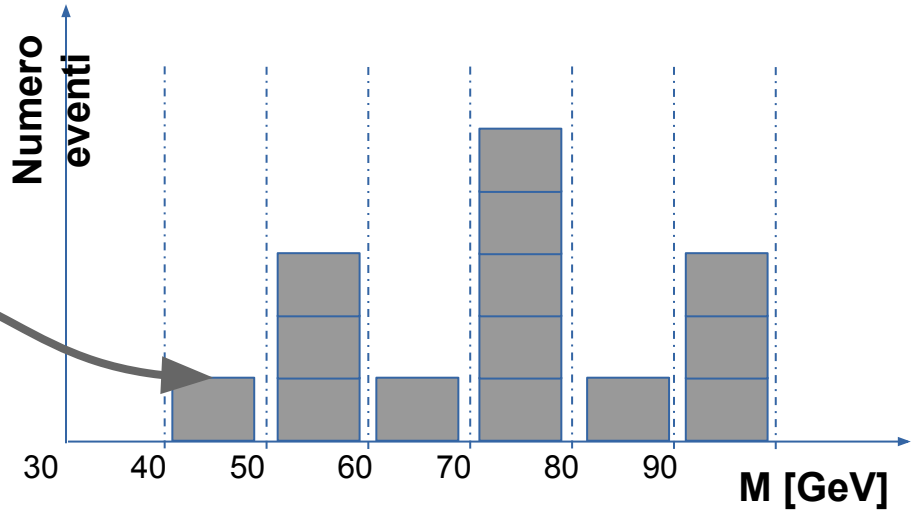
Istogramma: per ogni evento

- calcolo la **massa invariante** del sistema finale M_i

$$m_0^{(Z)} = \sqrt{\left(\frac{(E_{e^-} + E_{e^+})}{c^2}\right)^2 - \left(\frac{\vec{p}_{e^-} + \vec{p}_{e^+}}{c}\right)^2}$$

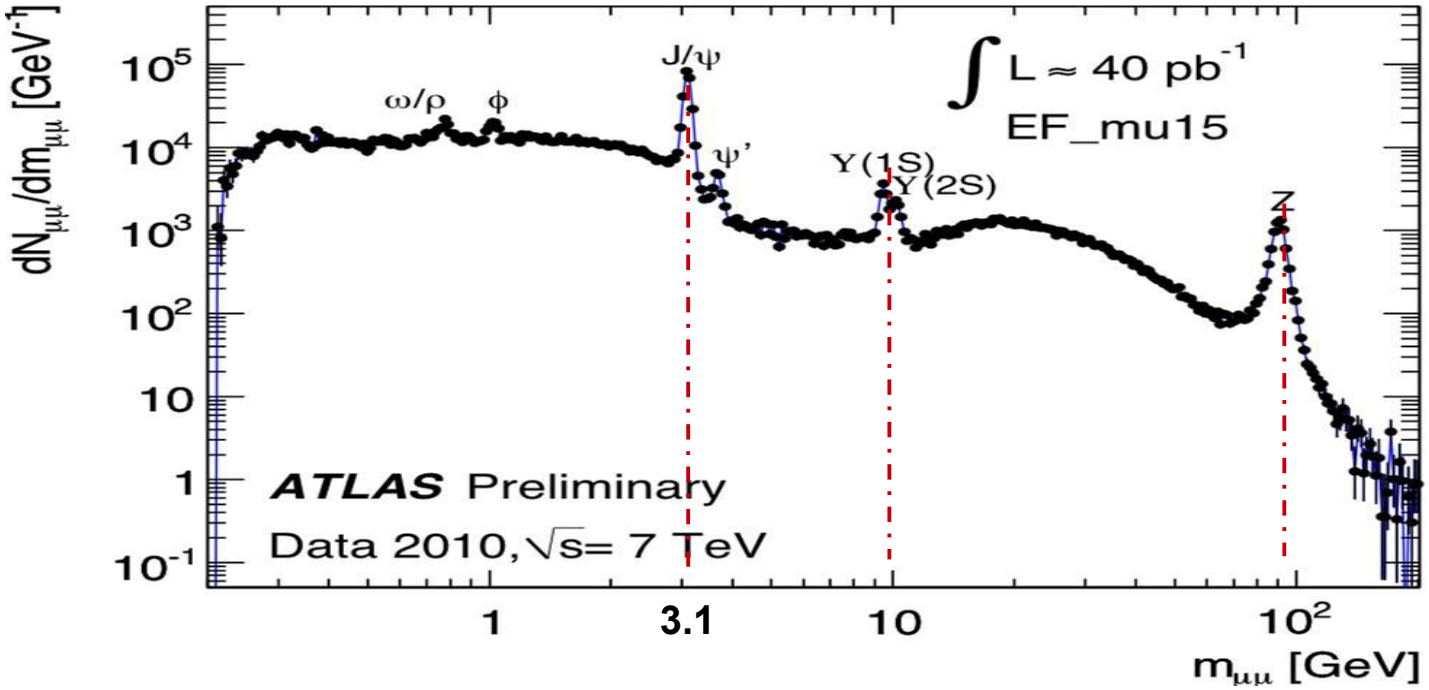
- Aggiungo un conteggio al canale dell'istogramma corrispondente ad M_i



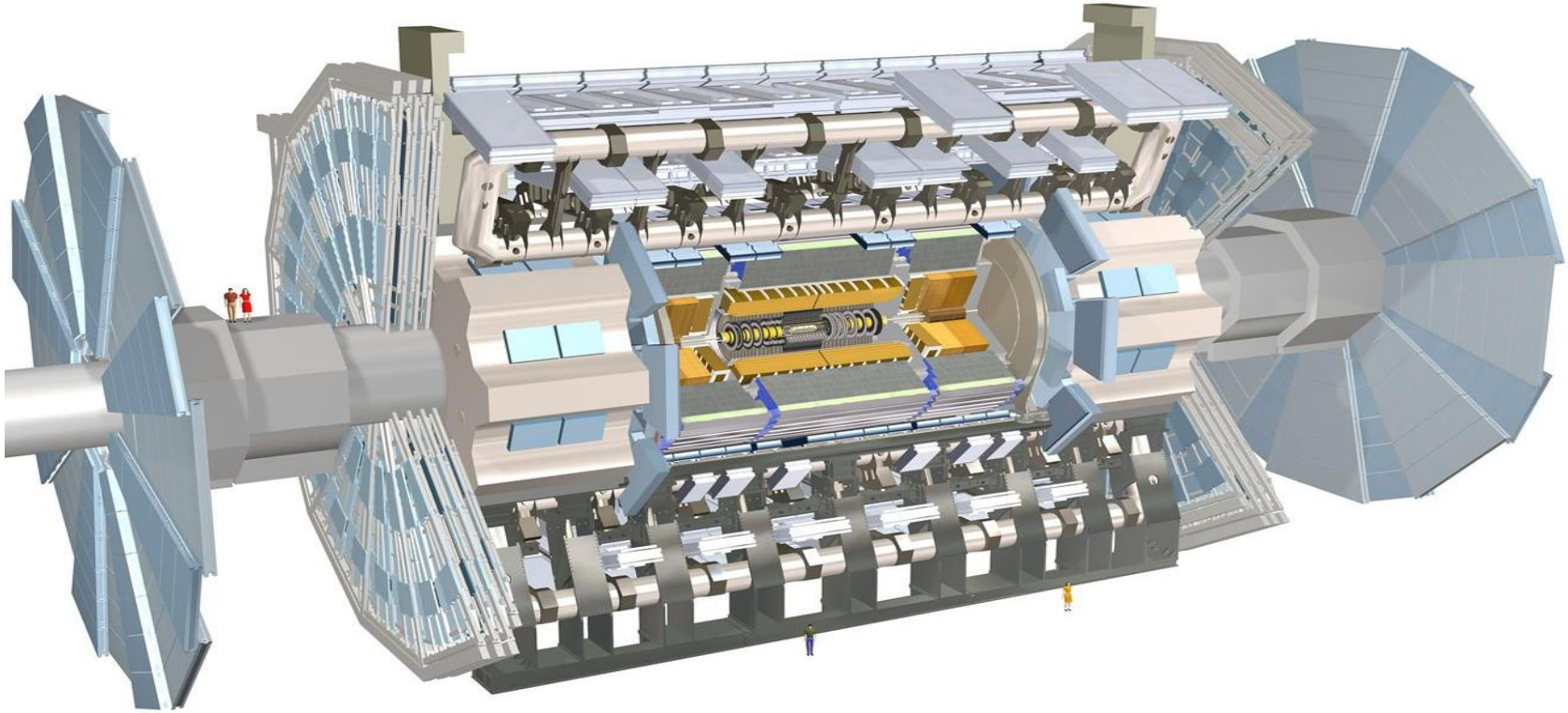


Istogramma

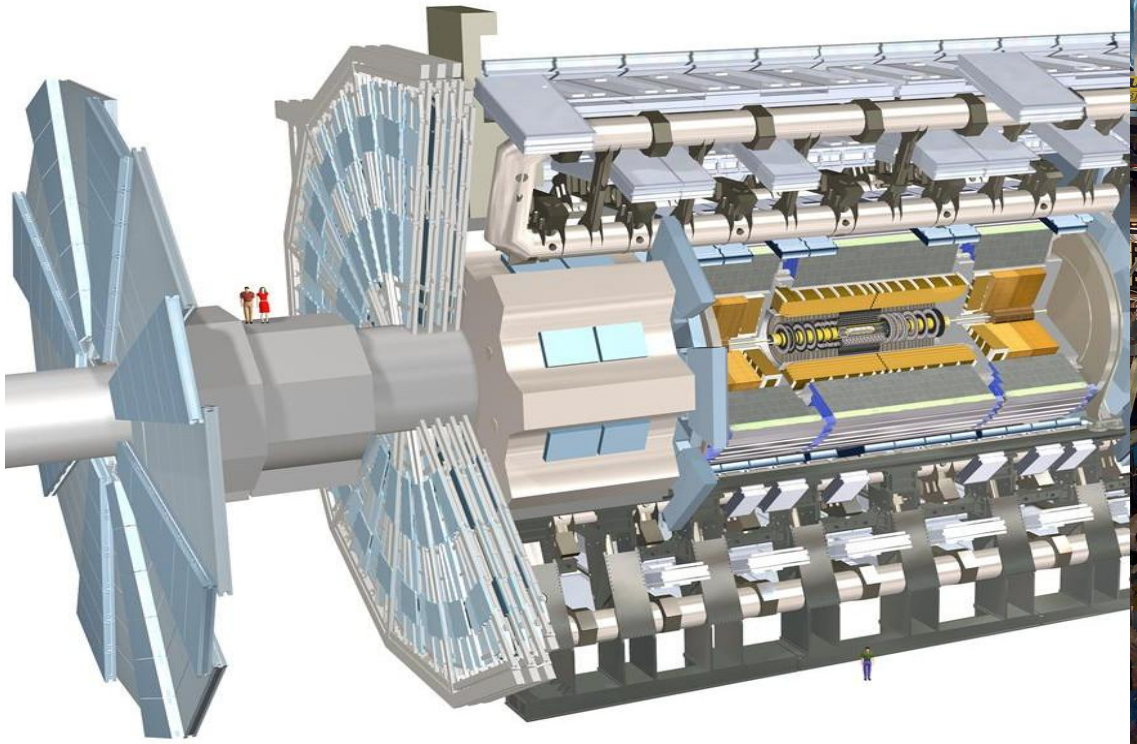
- Massa invariante del sistema dei due leptoni
  - La massa del “potenziale” progenitore

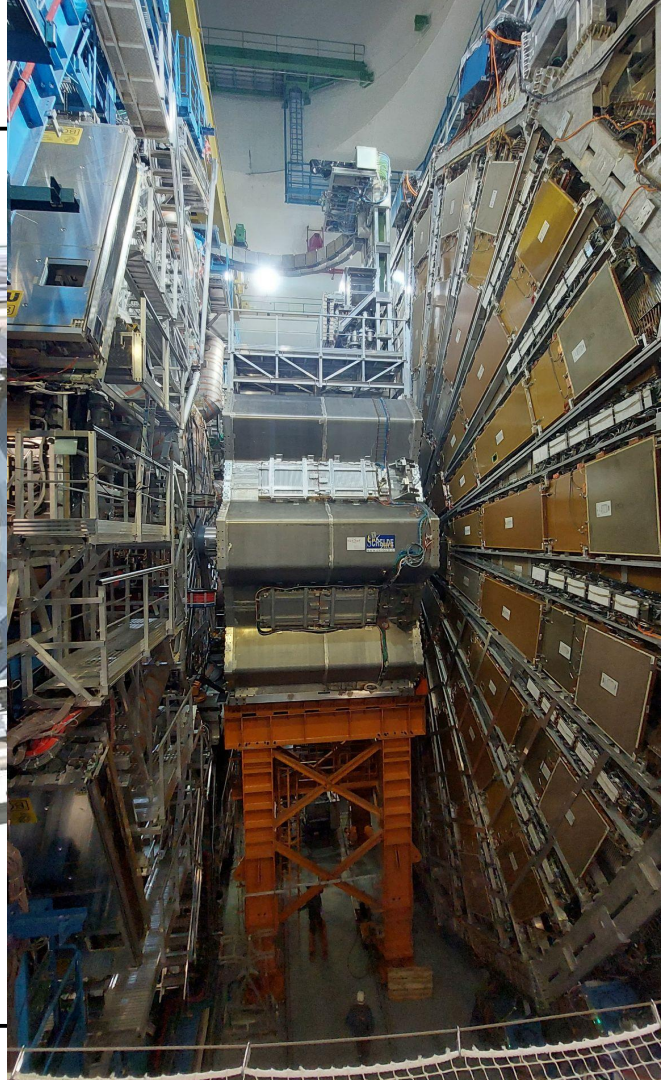


ATLAS

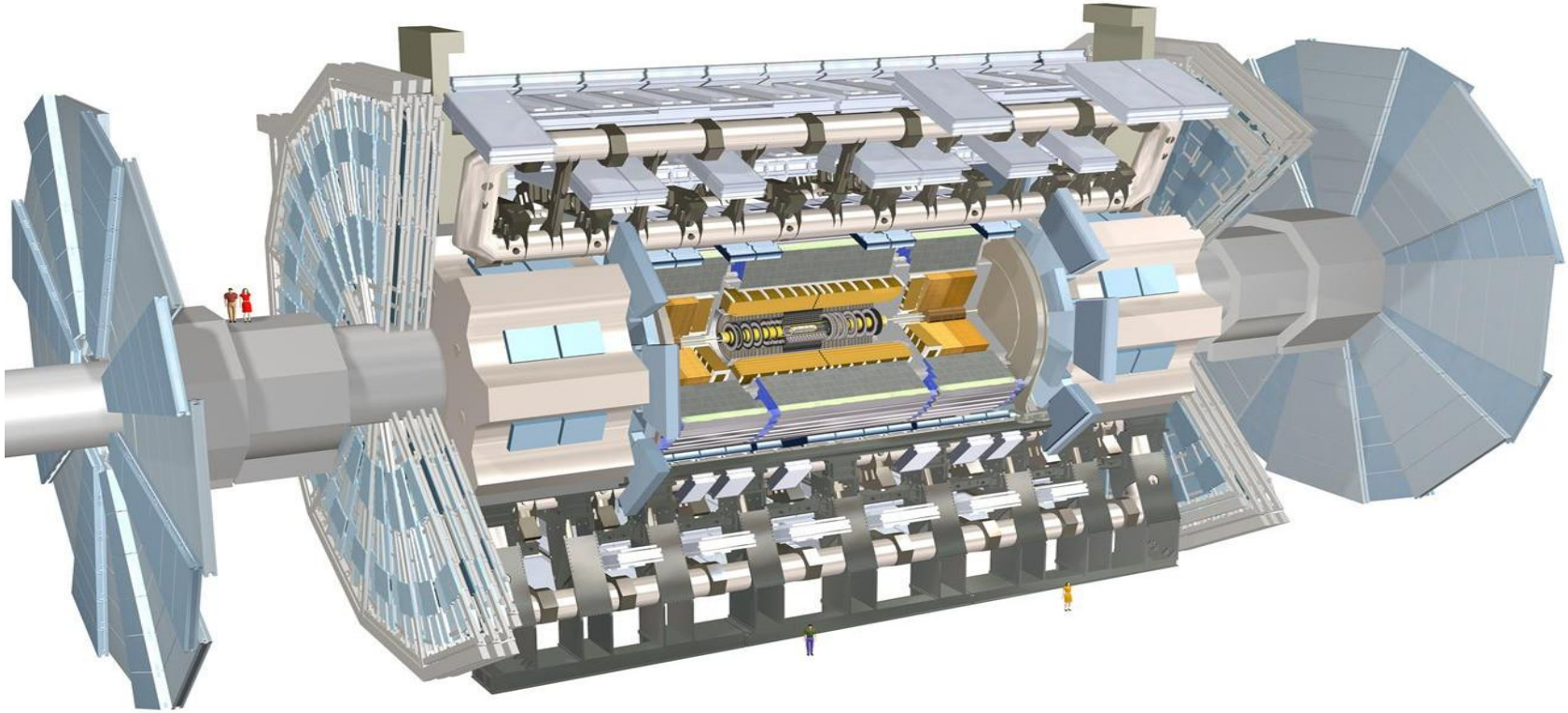


ATLAS

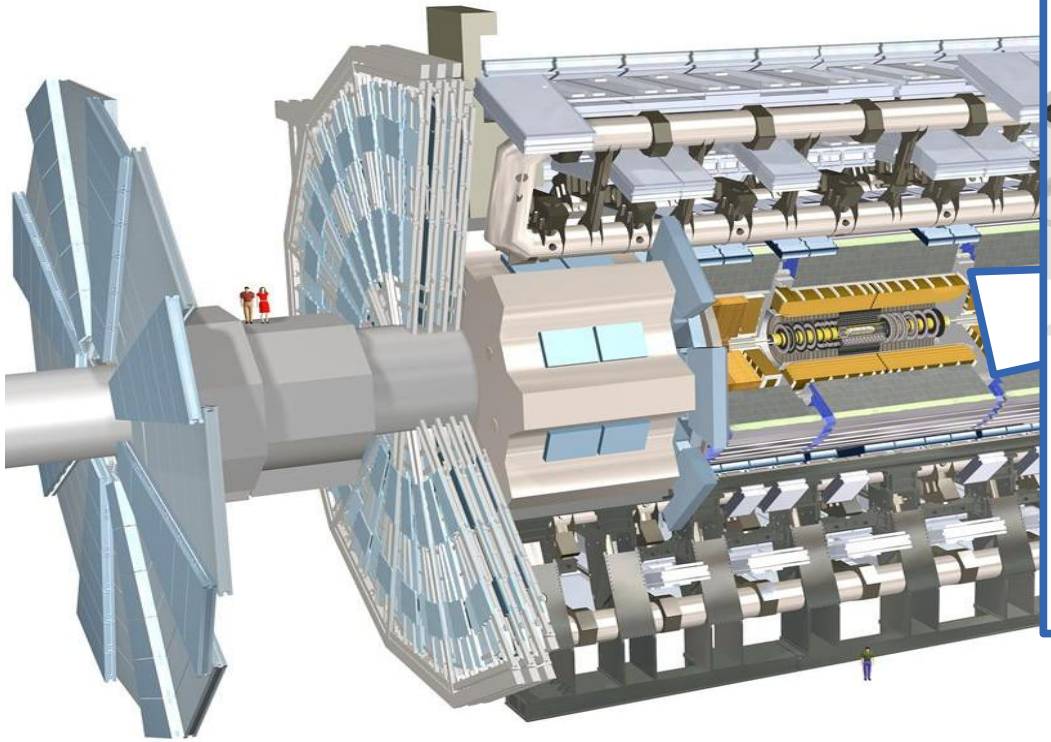


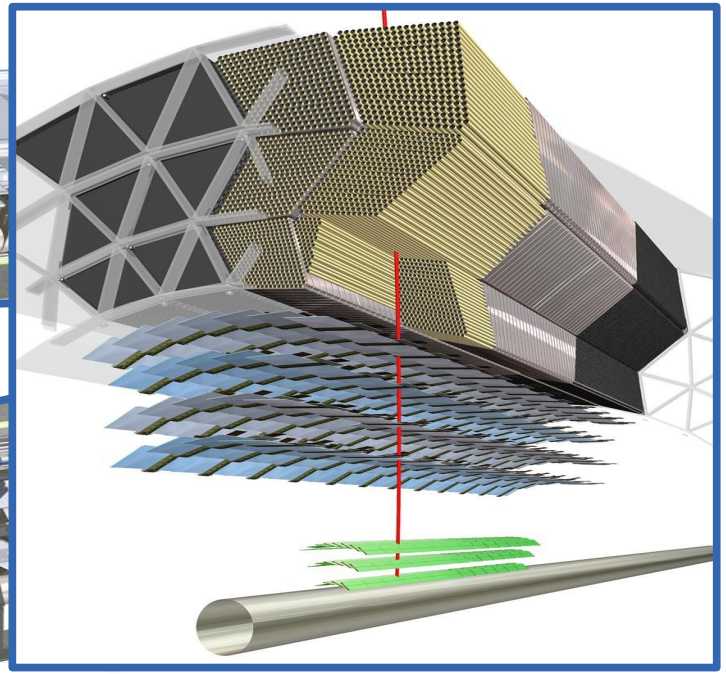


ATLAS



Tracciatore interno



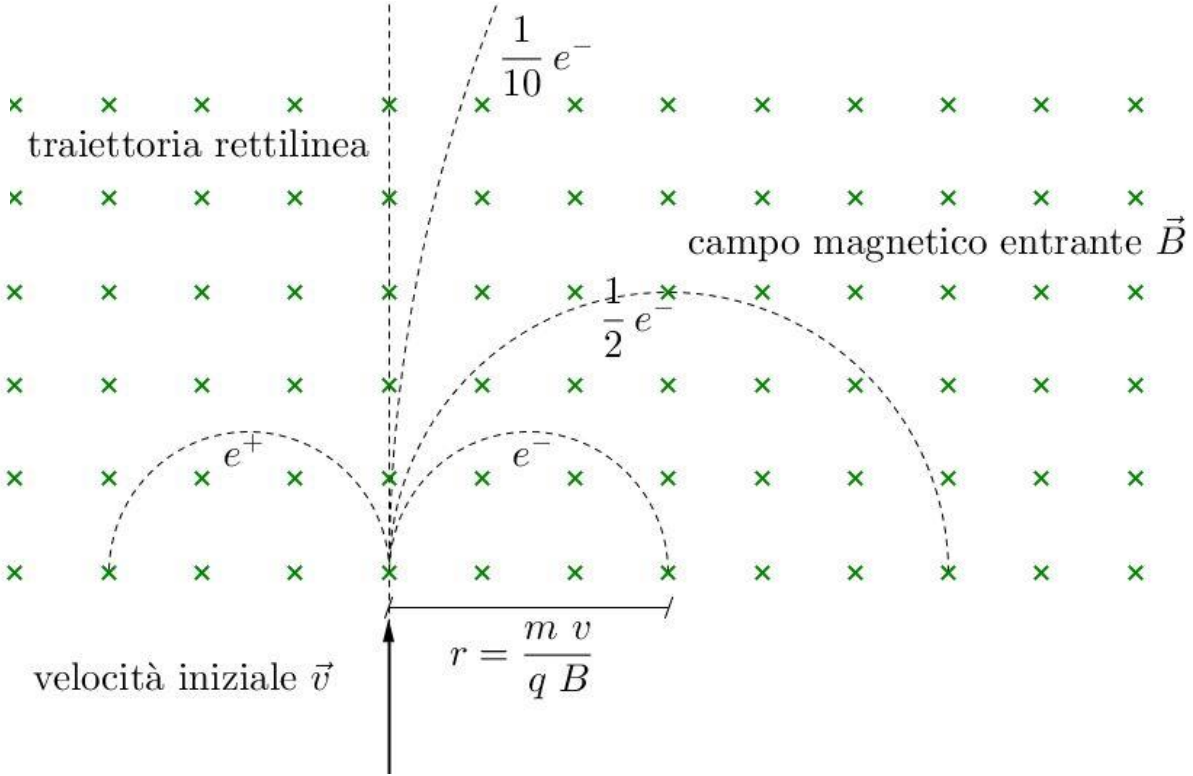


Misura di posizione in campo magnetico (→momento)

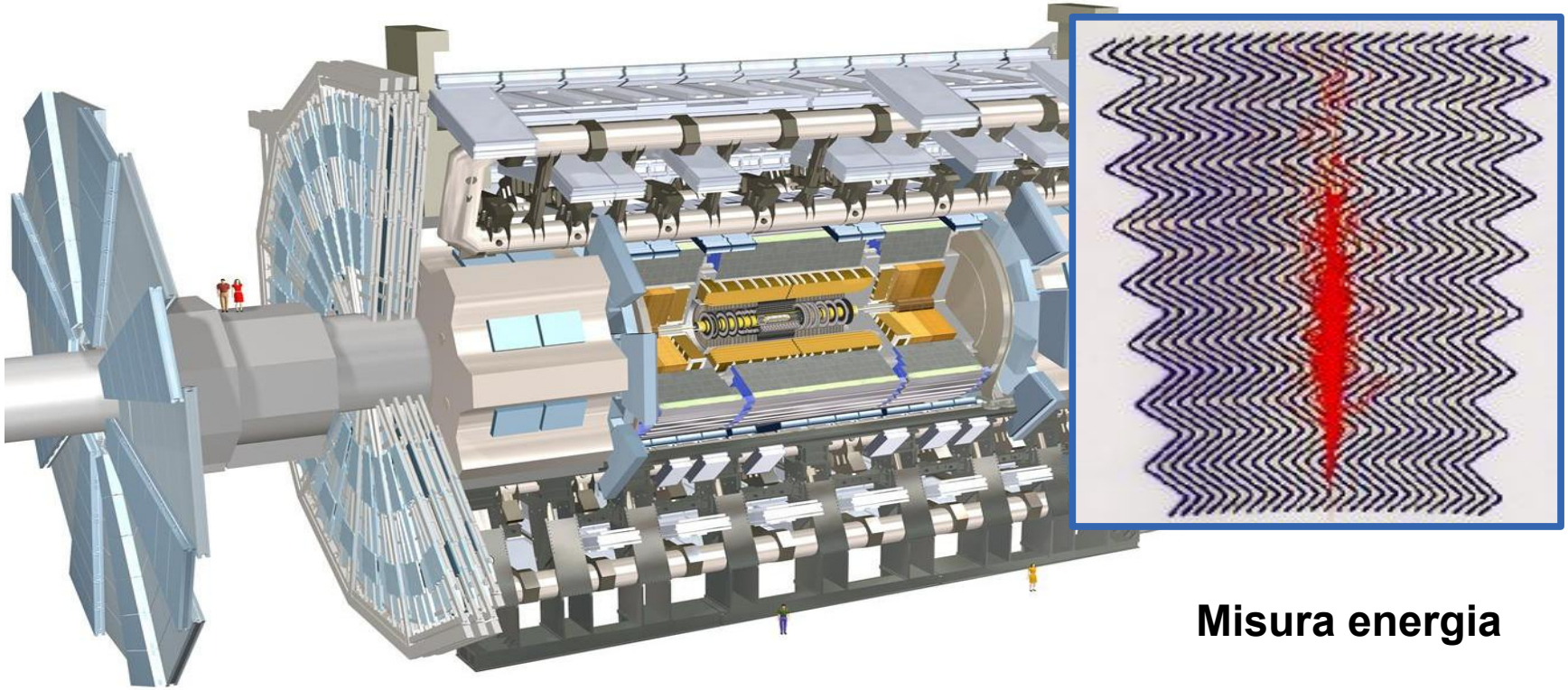
Misura del momento di una particella

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Hendrik Lorentz

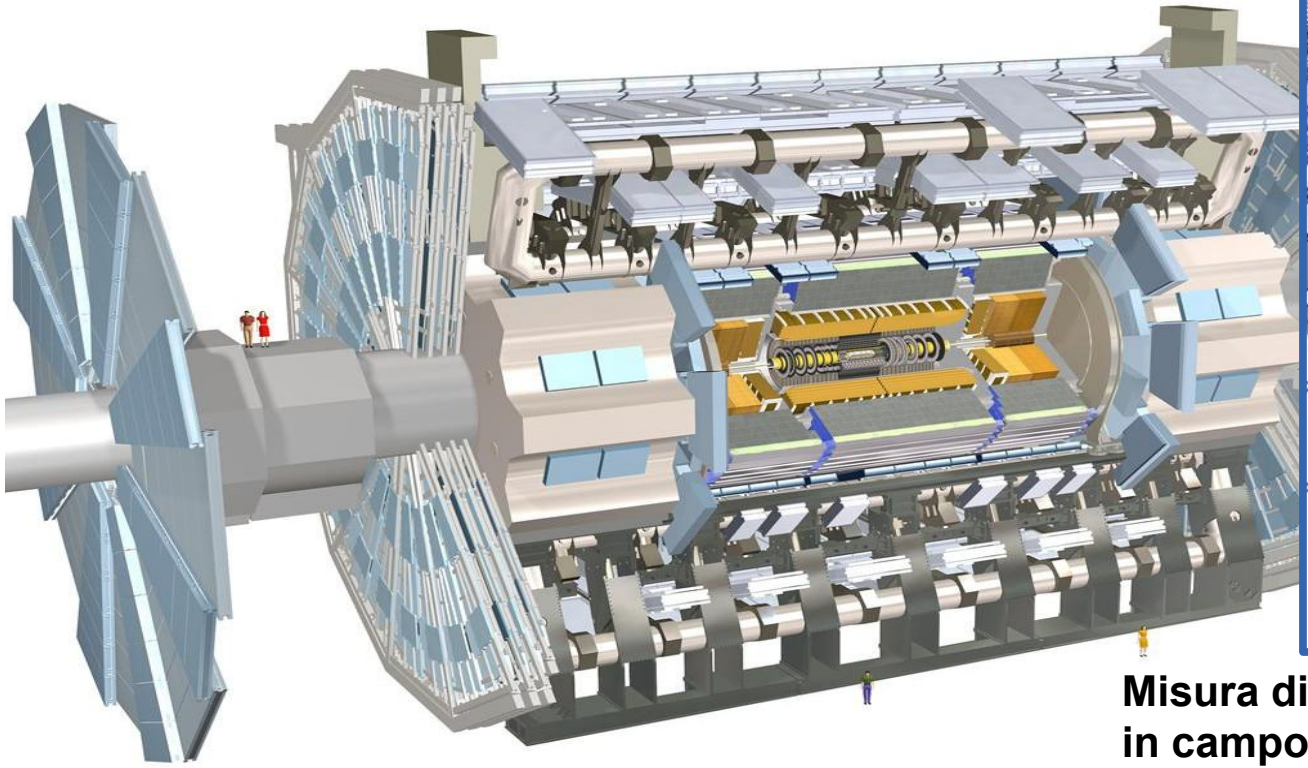


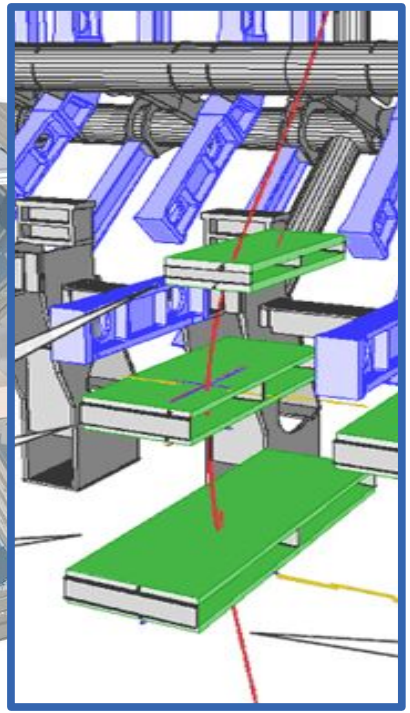
Sistema di calorimetria



Misura energia

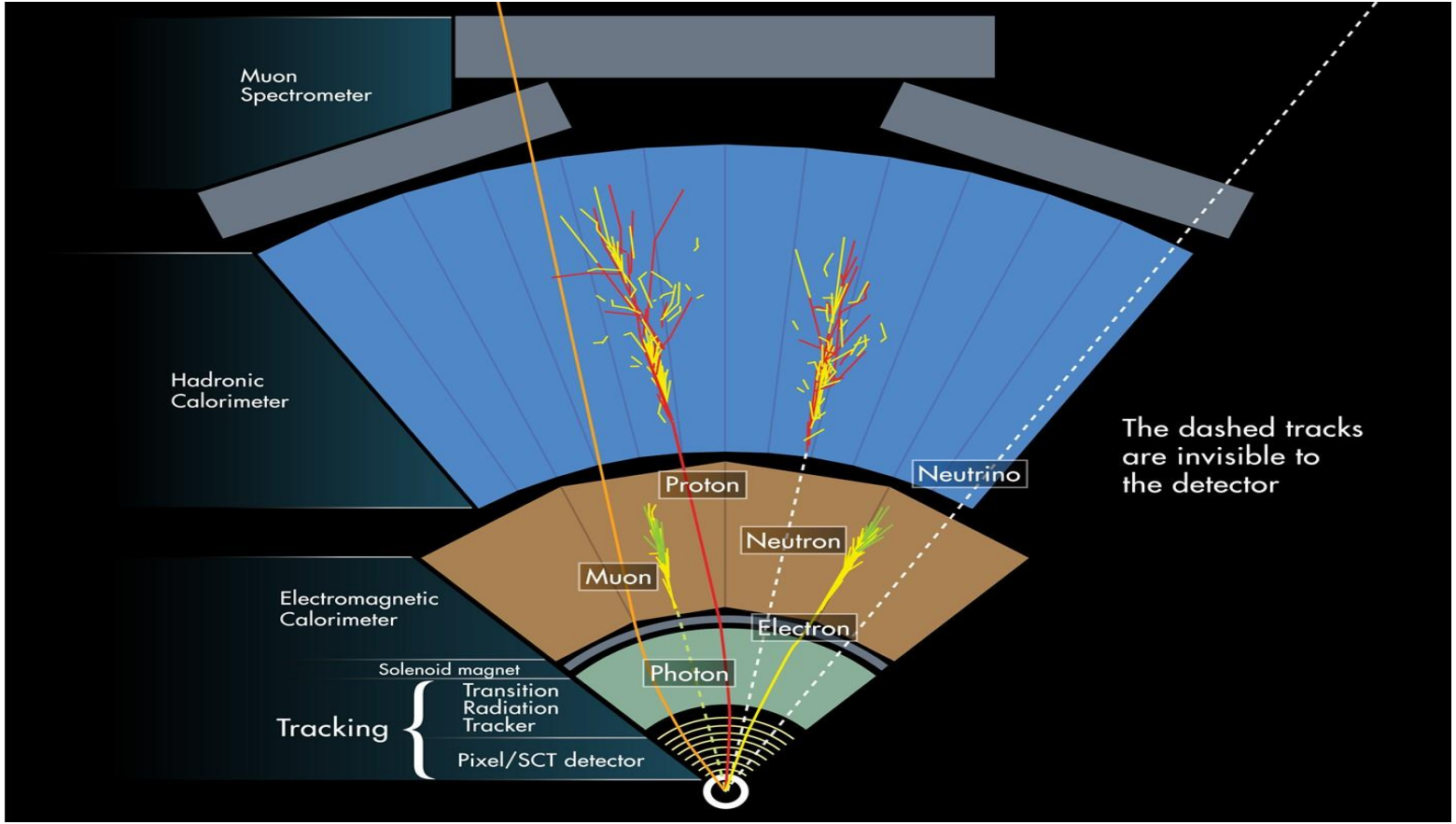
Spettrometro muonico





Misura di posizione in campo magnetico (→momento)

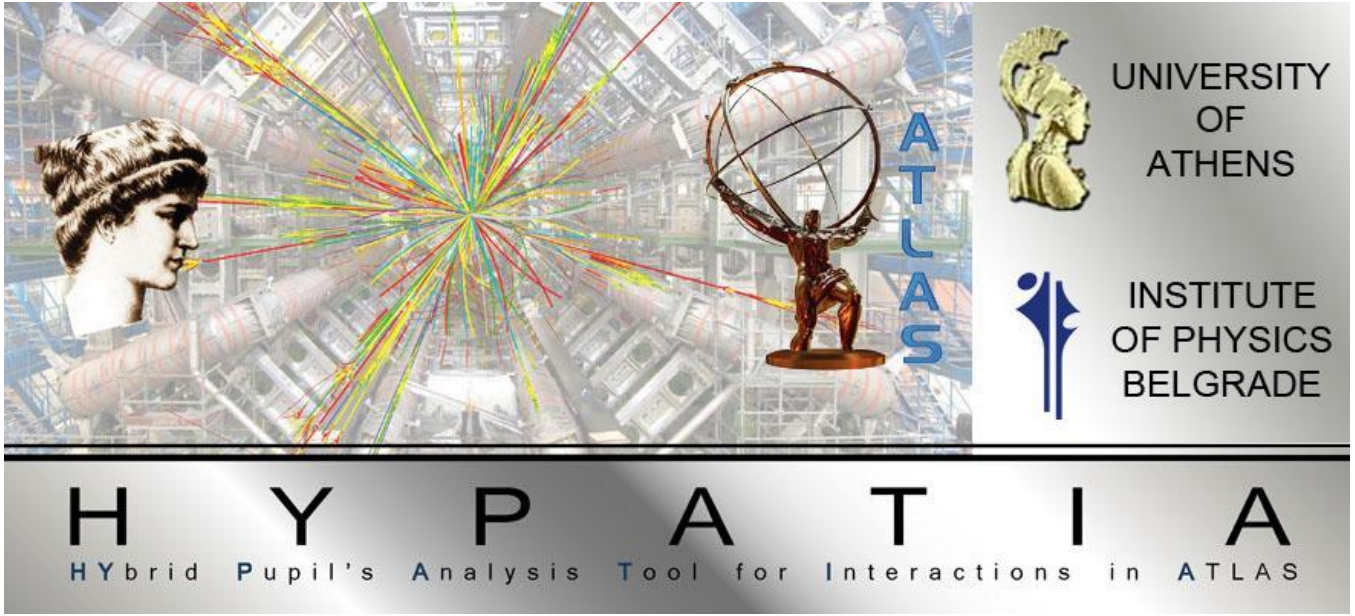
Identificazione delle particelle



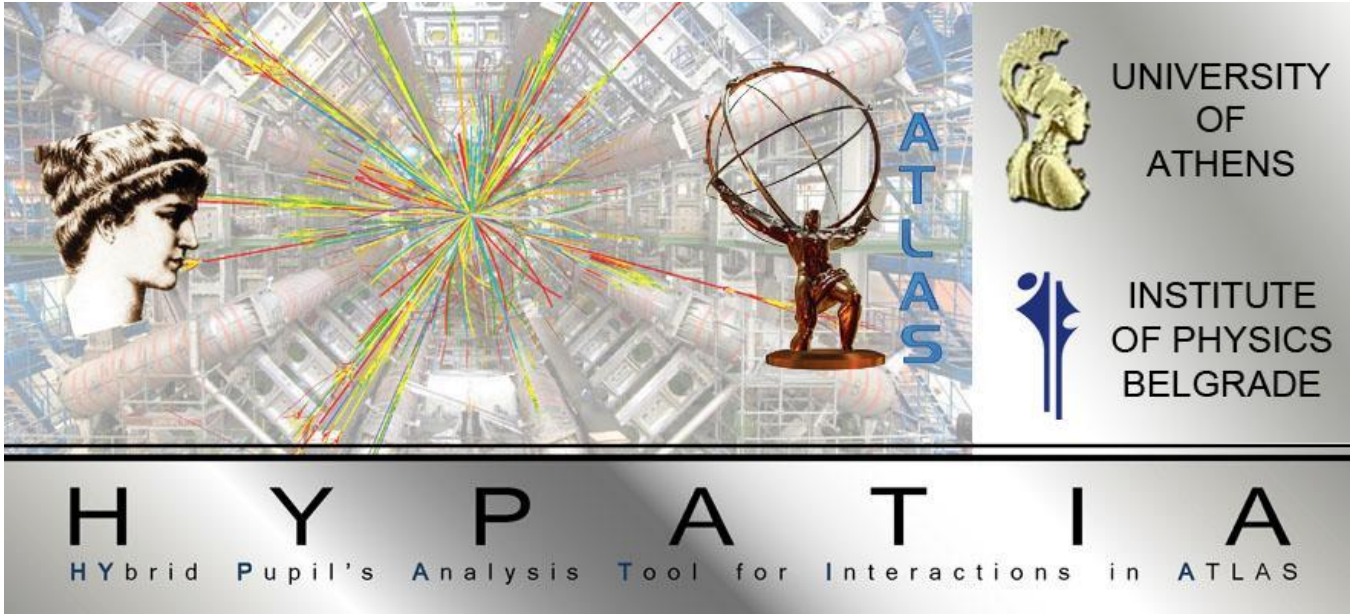
Identikit

- Muoni, antimuoni
  - Tracce sia nel rivelatore interno che nello spettrometro
- Elettroni, positroni
  - Tracce nel rivelatore interno che puntano a depositi di energia nel calorimetro elettromagnetico
- Fotoni
  - Depositi di energia nel calorimetro senza tracce associate
- Jet (decadimenti di quark e gluoni)
  - “Fascio” di tracce che puntano a depositi di energia in entrambi i tipi di calorimetri
- Neutrini
  - Energia mancate nel piano trasverso rispetto al fascio

Hypatia Event Viewer

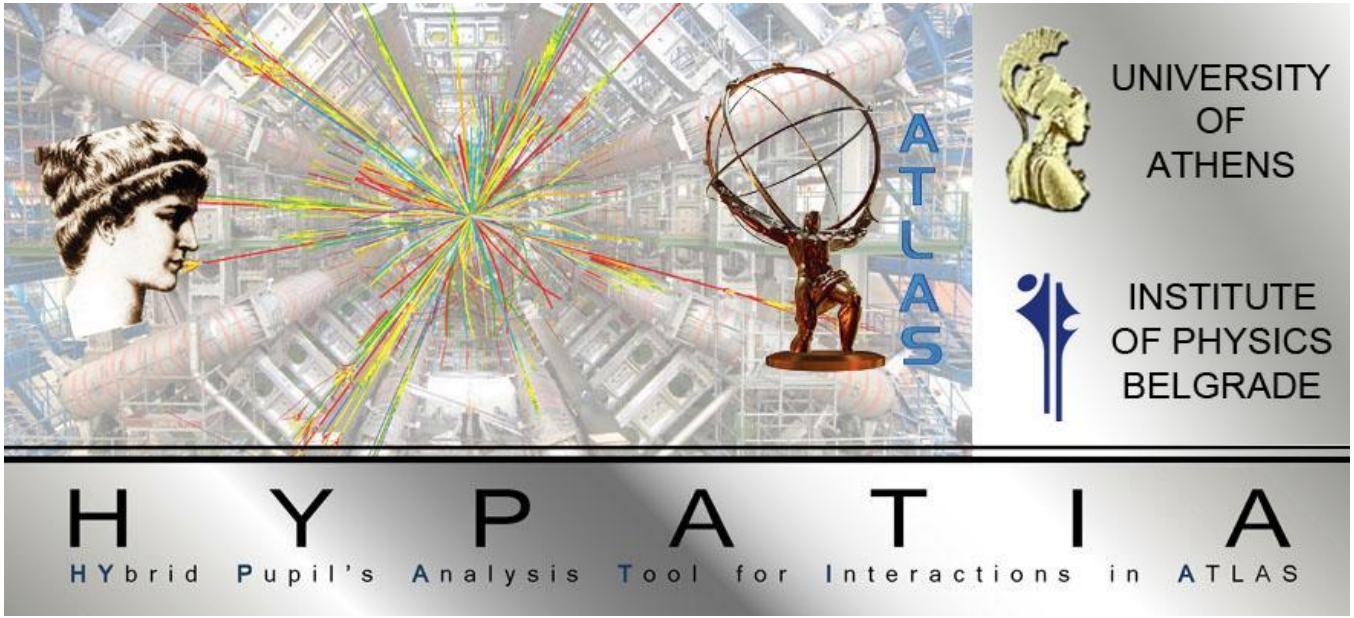


Hypatia Event Viewer



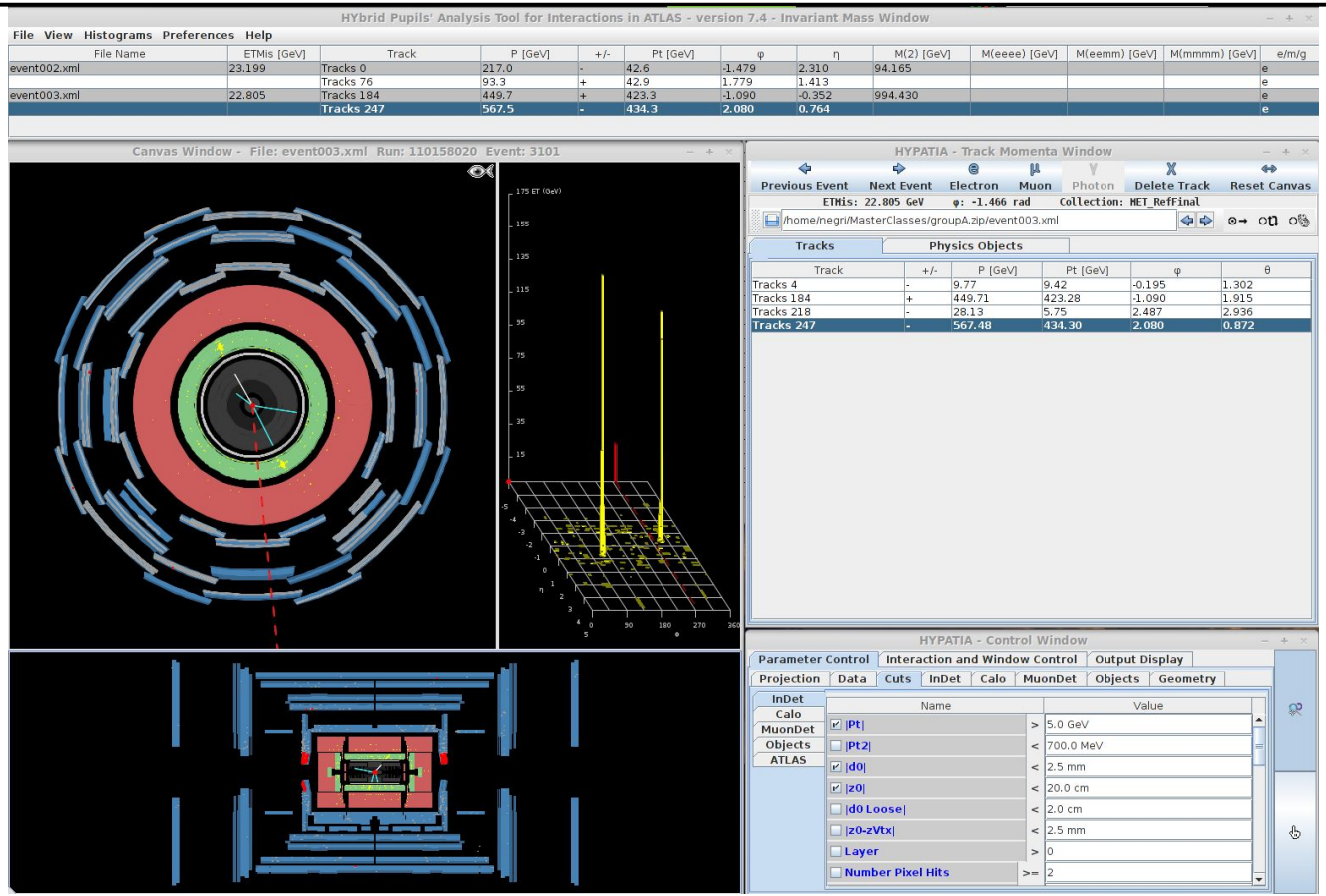
Doppio click sull'icona "MC.desktop" che trovate sullo schermo del laptop

Hypatia Event Viewer

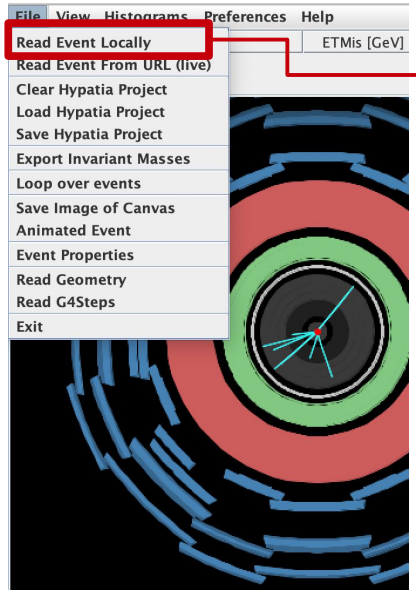


java -jar Hypatia_7.4_Masterclass.jar

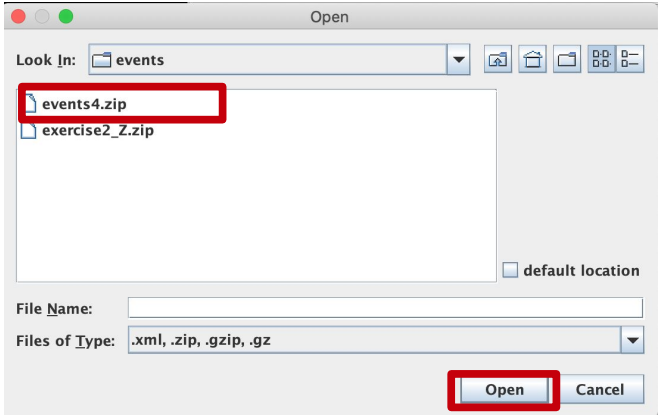
Hypatia Event Viewer



Data Files

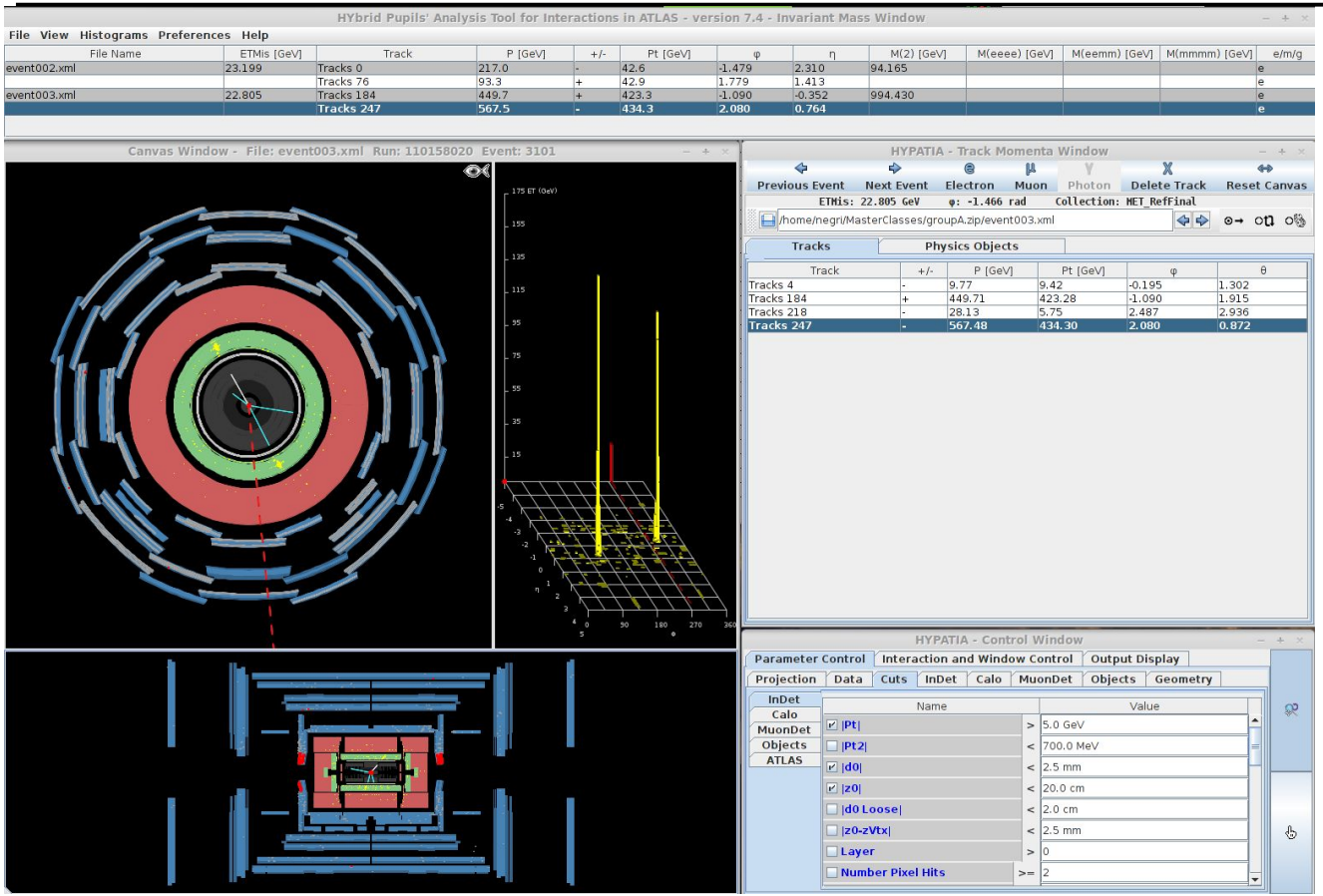


Per selezionare il file di dati scaricato



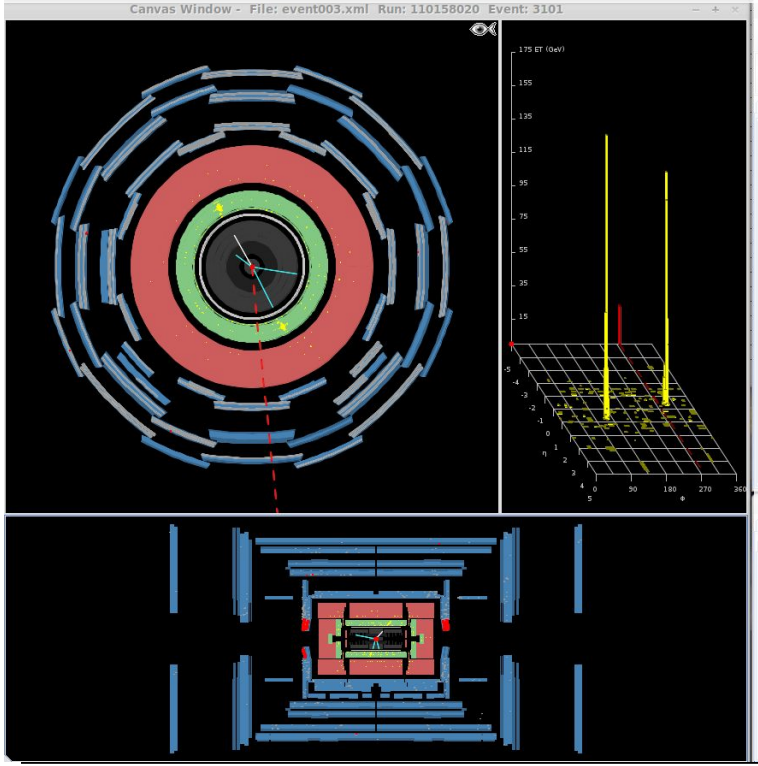
groupA.zip
groupB.zip
groupC.zip
groupD.zip
groupE.zip
groupF.zip
groupG.zip
groupH.zip
groupI.zip
groupJ.zip
groupK.zip
groupL.zip
groupM.zip
groupN.zip
groupO.zip
groupP.zip
groupQ.zip
groupR.zip
groupS.zip
groupT.zip

Hypatia Event Viewer



Finestra grafica

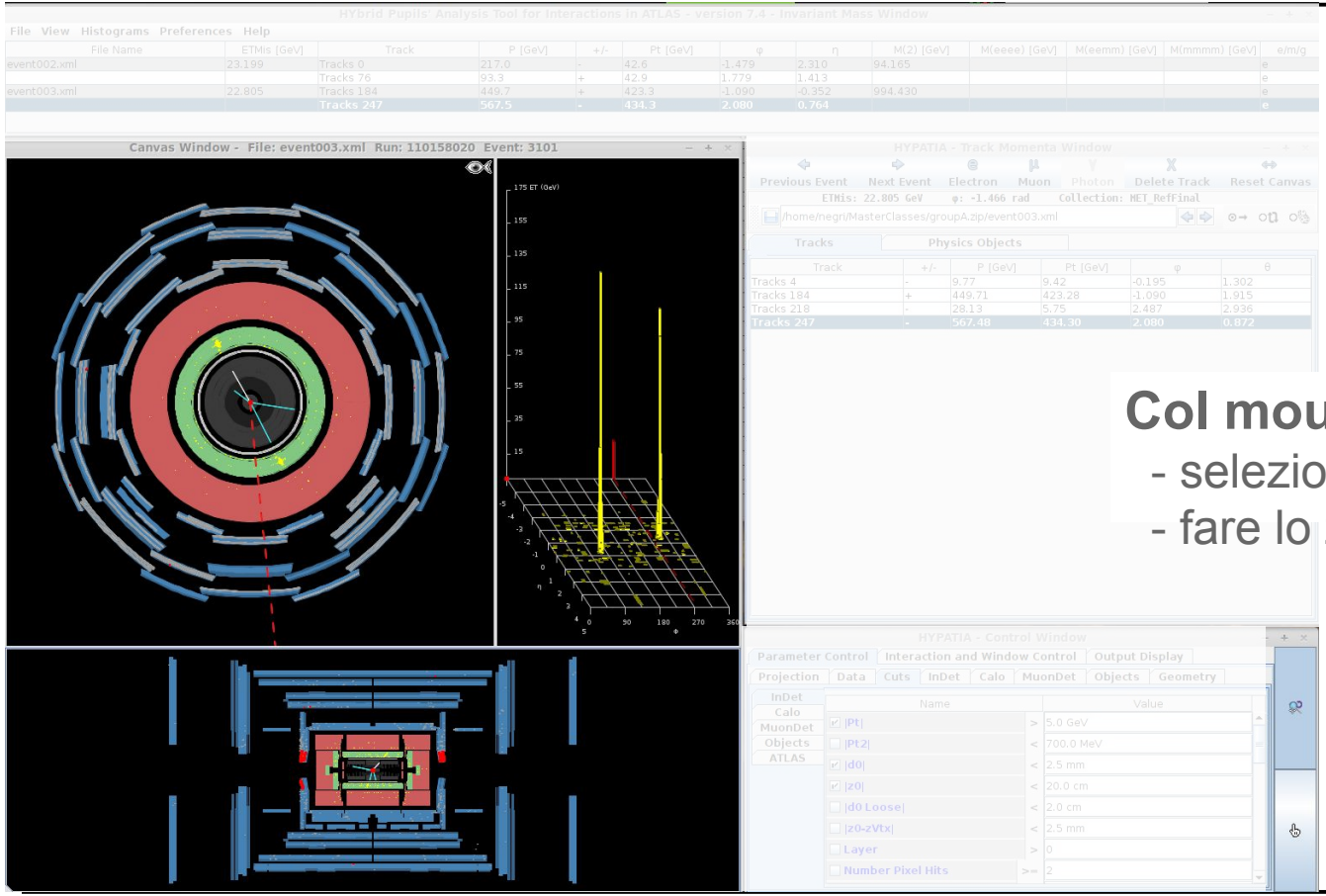
Vista trasversale



Sviluppo sul piano
del sistema di calorimetria

Vista longitudinale

Finestra grafica



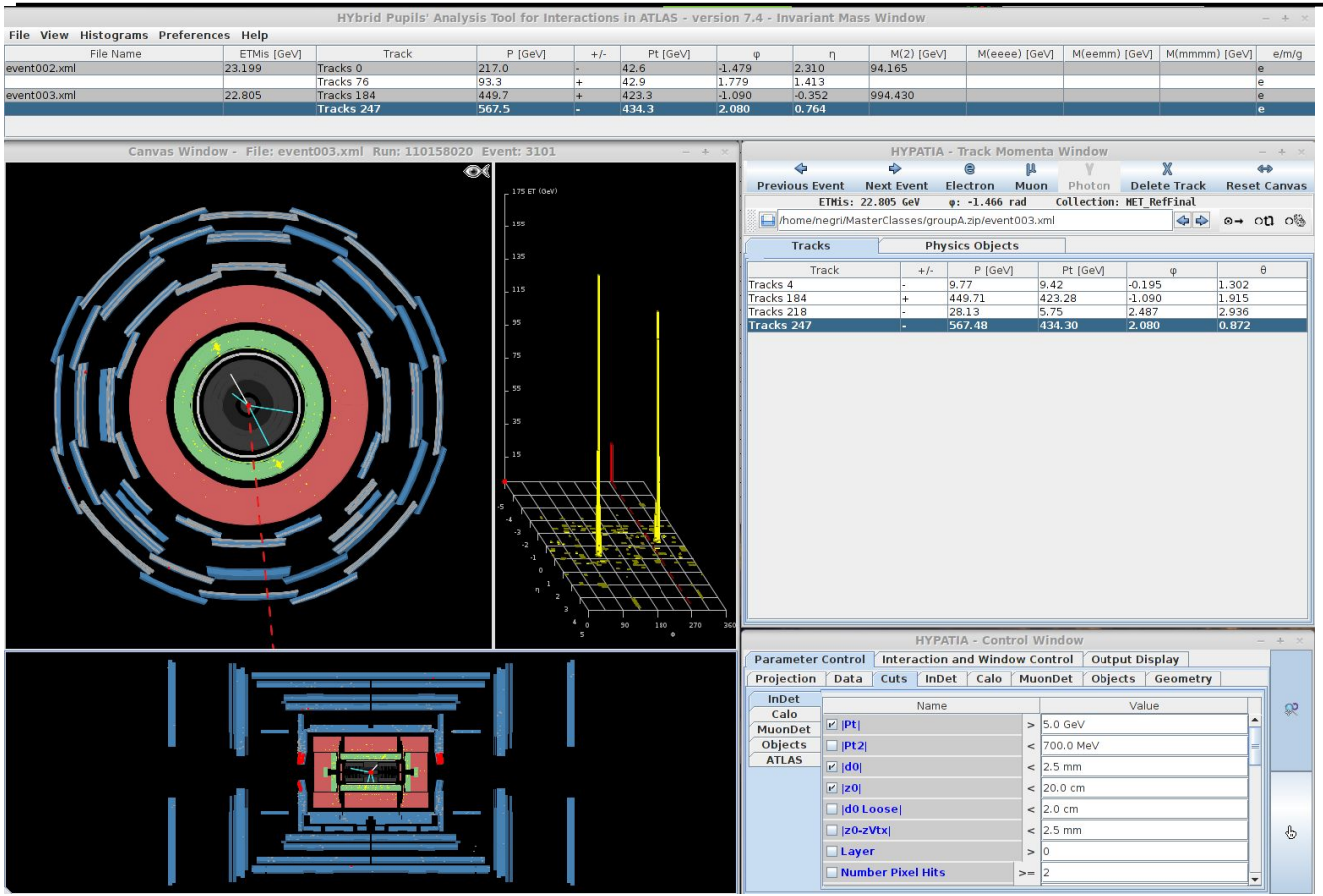
Col mouse è possibile

- selezionare una traccia
- fare lo zoom

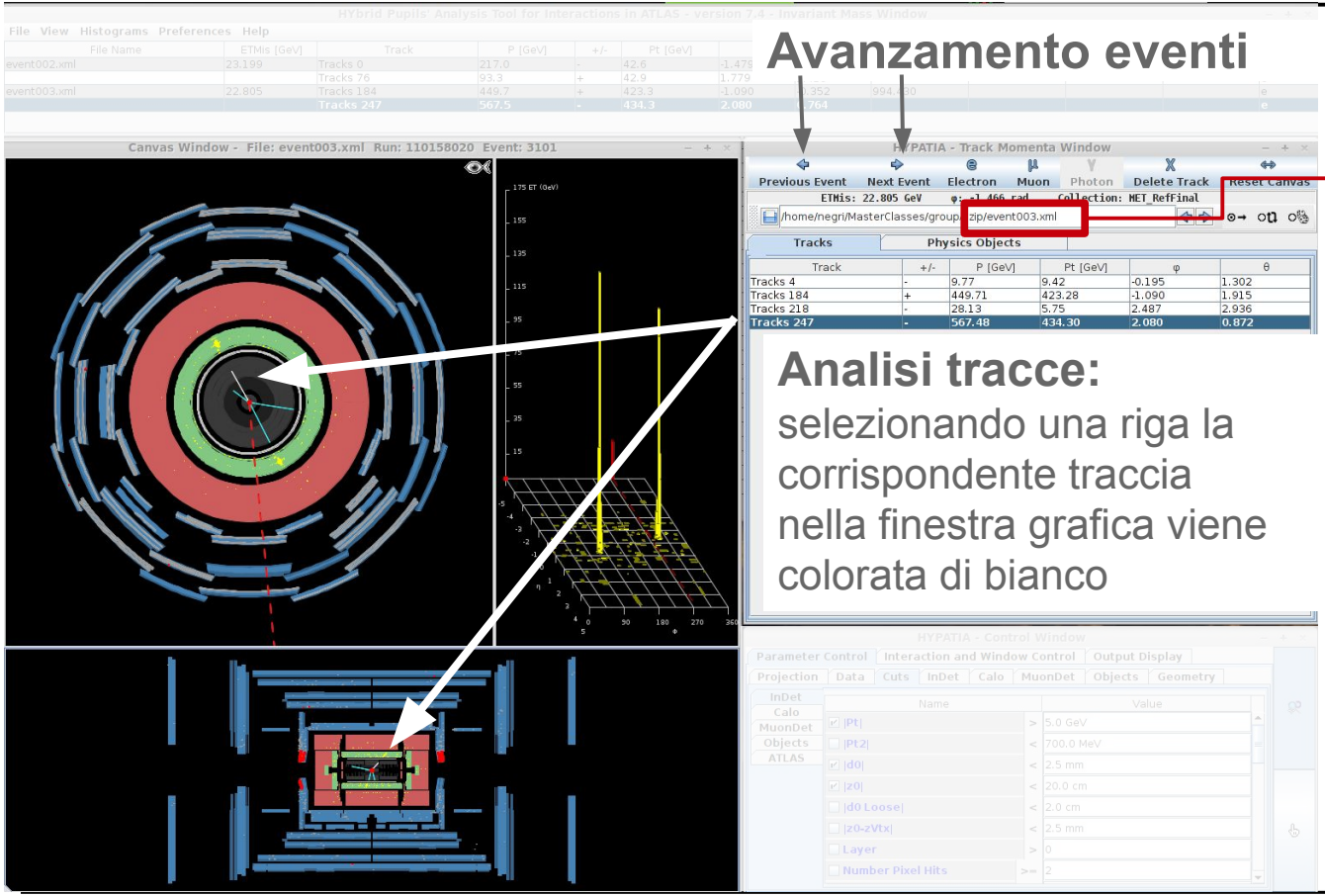
Tasto per modalità zoom

Tasto per modalità selezione

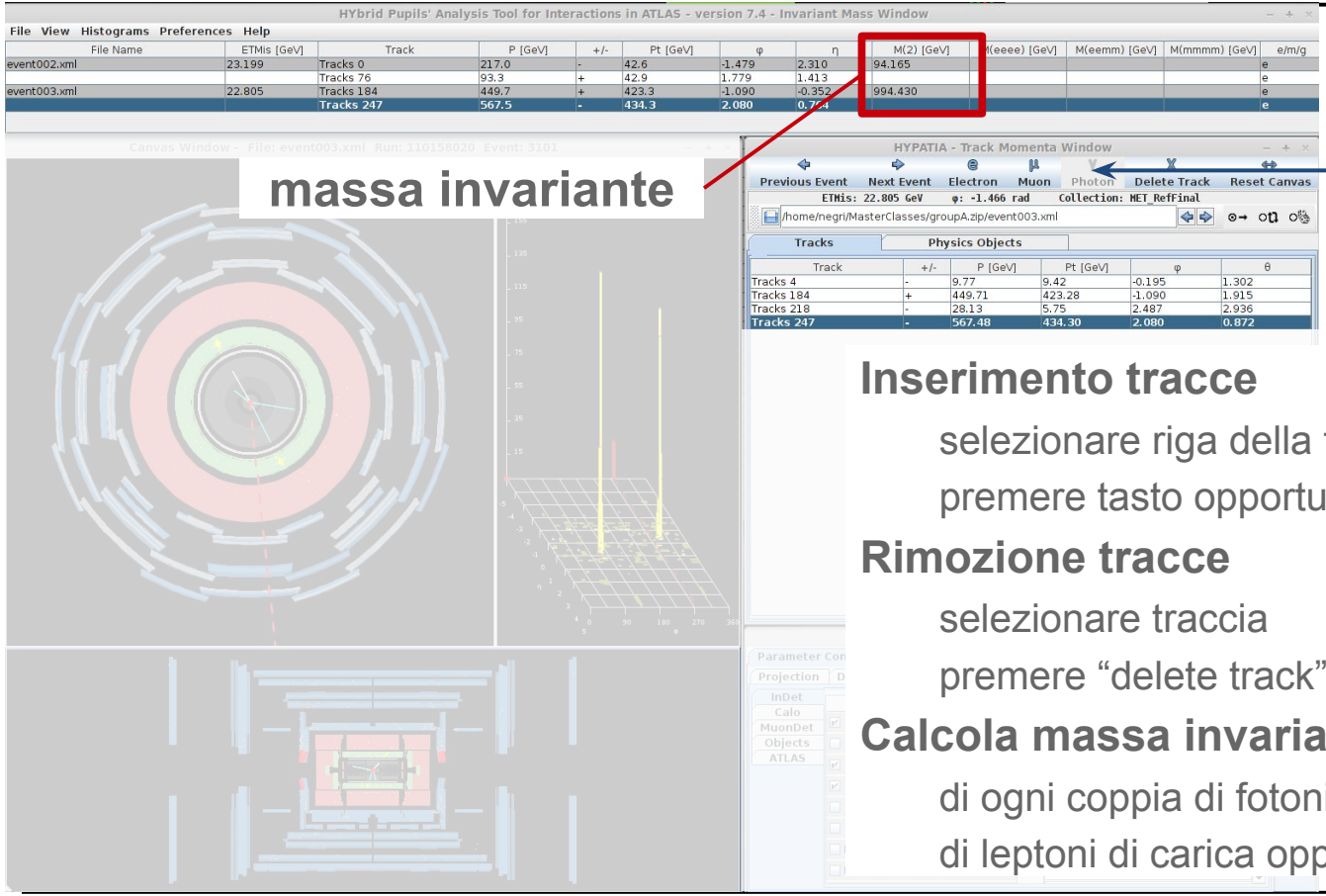
Hypatia Event Viewer



Finestra di controllo



Finestra massa invariante



Inserimento tracce

selezionare riga della traccia

premere tasto opportuno

Rimozione tracce

selezionare traccia

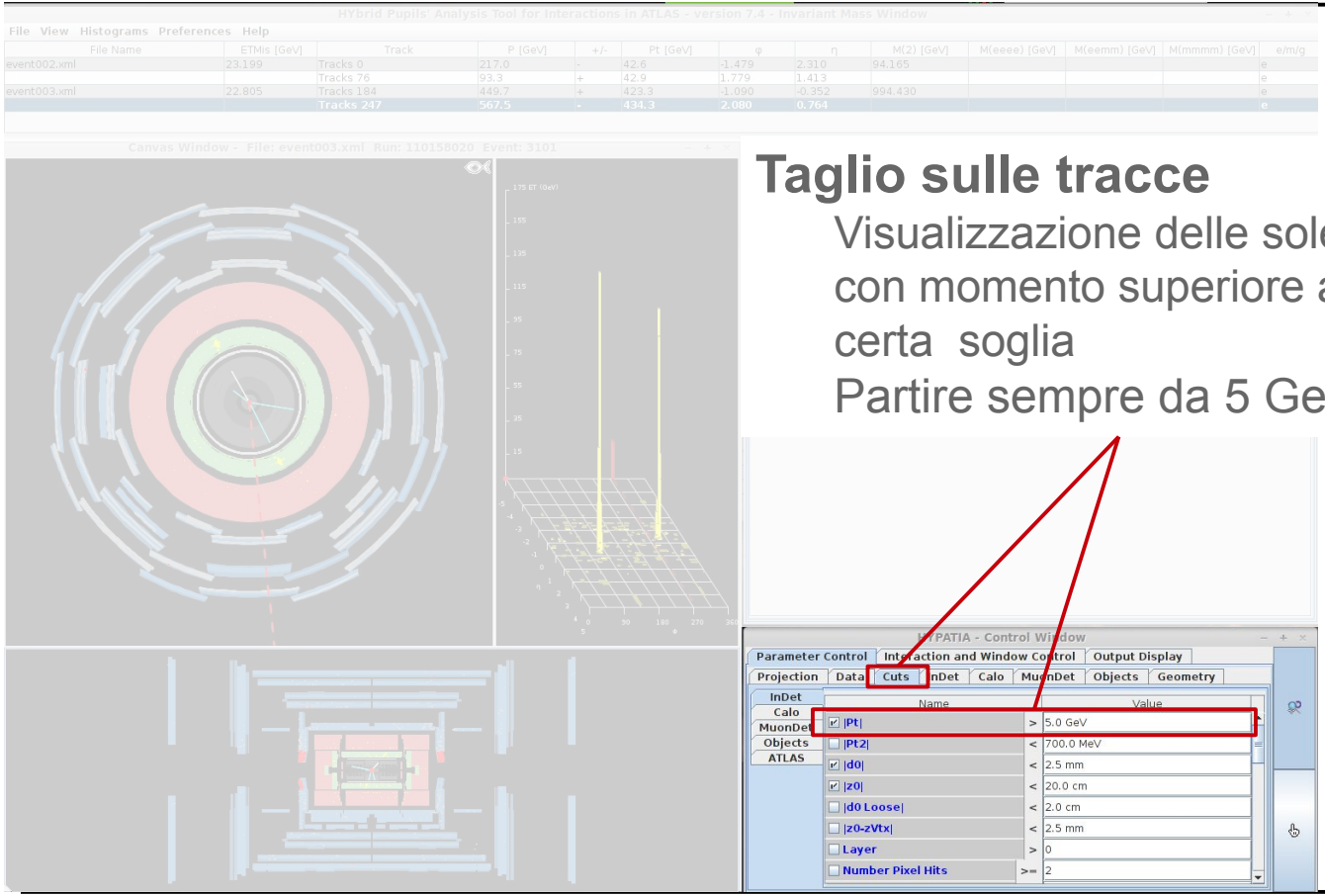
premere “delete track”

Calcola massa invariante

di ogni coppia di fotoni o

di leptoni di carica opposta

Finestra strumenti

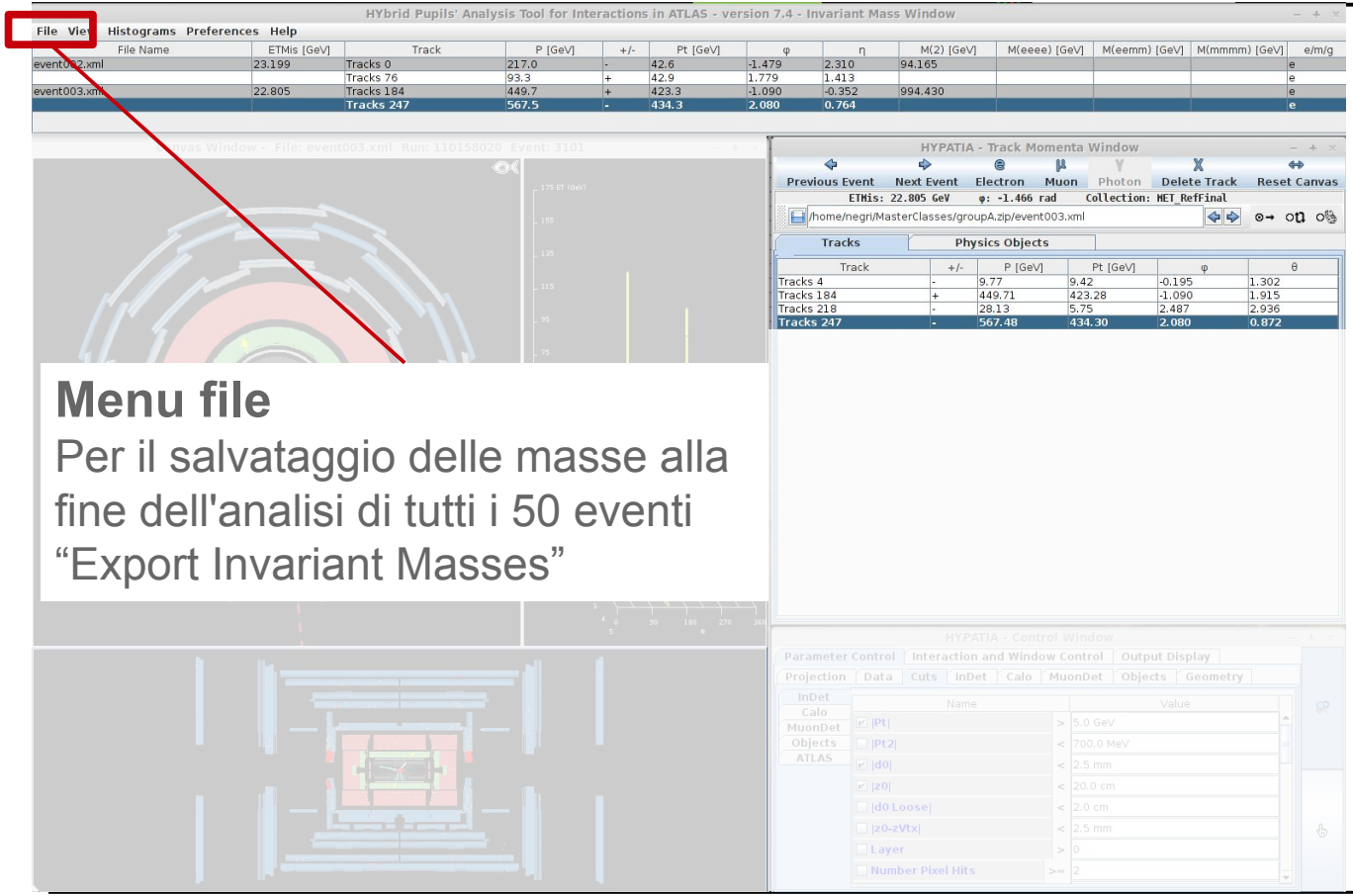


Taglio sulle tracce

Visualizzazione delle sole tracce con momento superiore ad una certa soglia

Partire sempre da 5 GeV

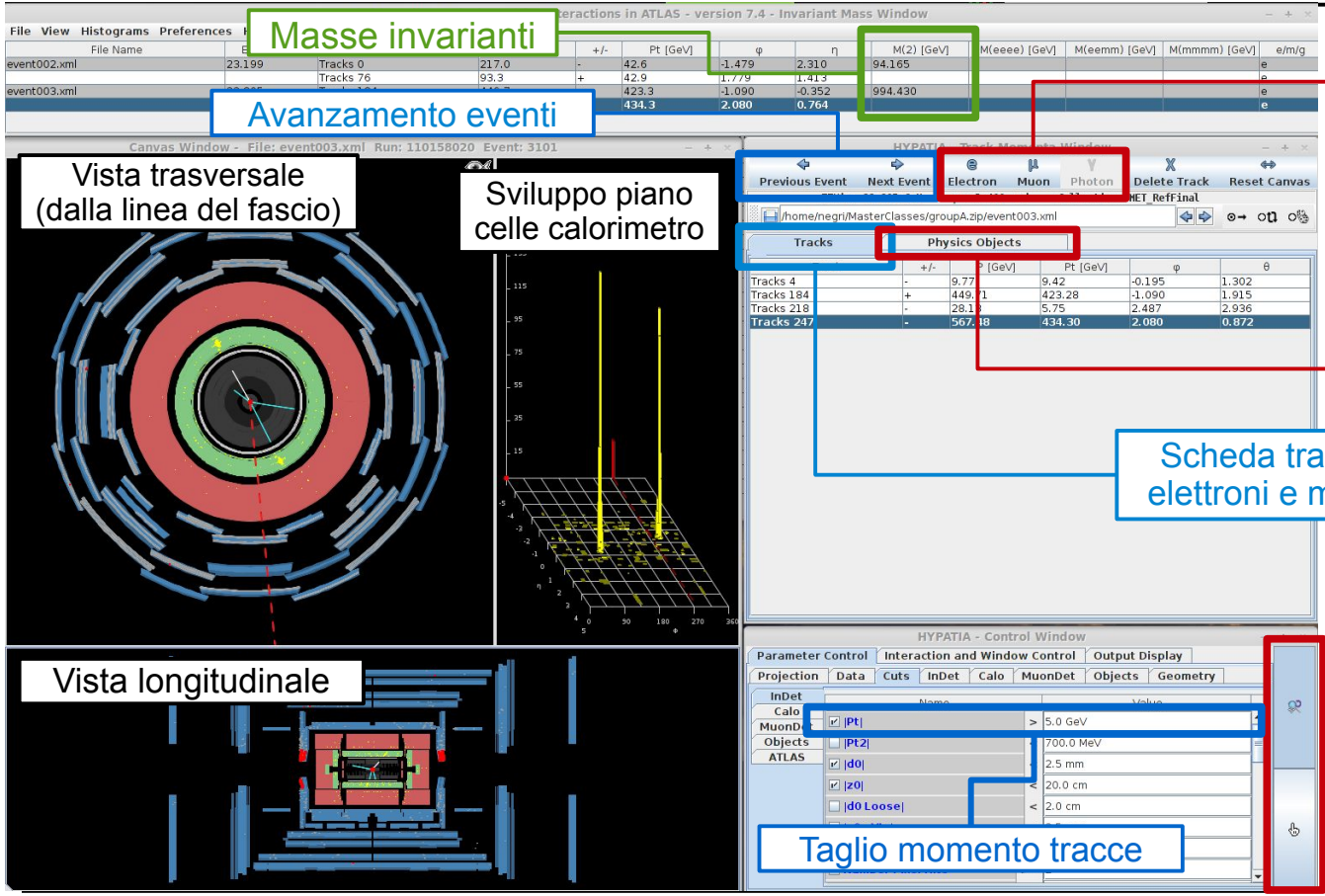
Finestra massa invariante



Menu file

Per il salvataggio delle masse alla fine dell'analisi di tutti i 50 eventi “Export Invariant Masses”

Hypatia Event Viewer



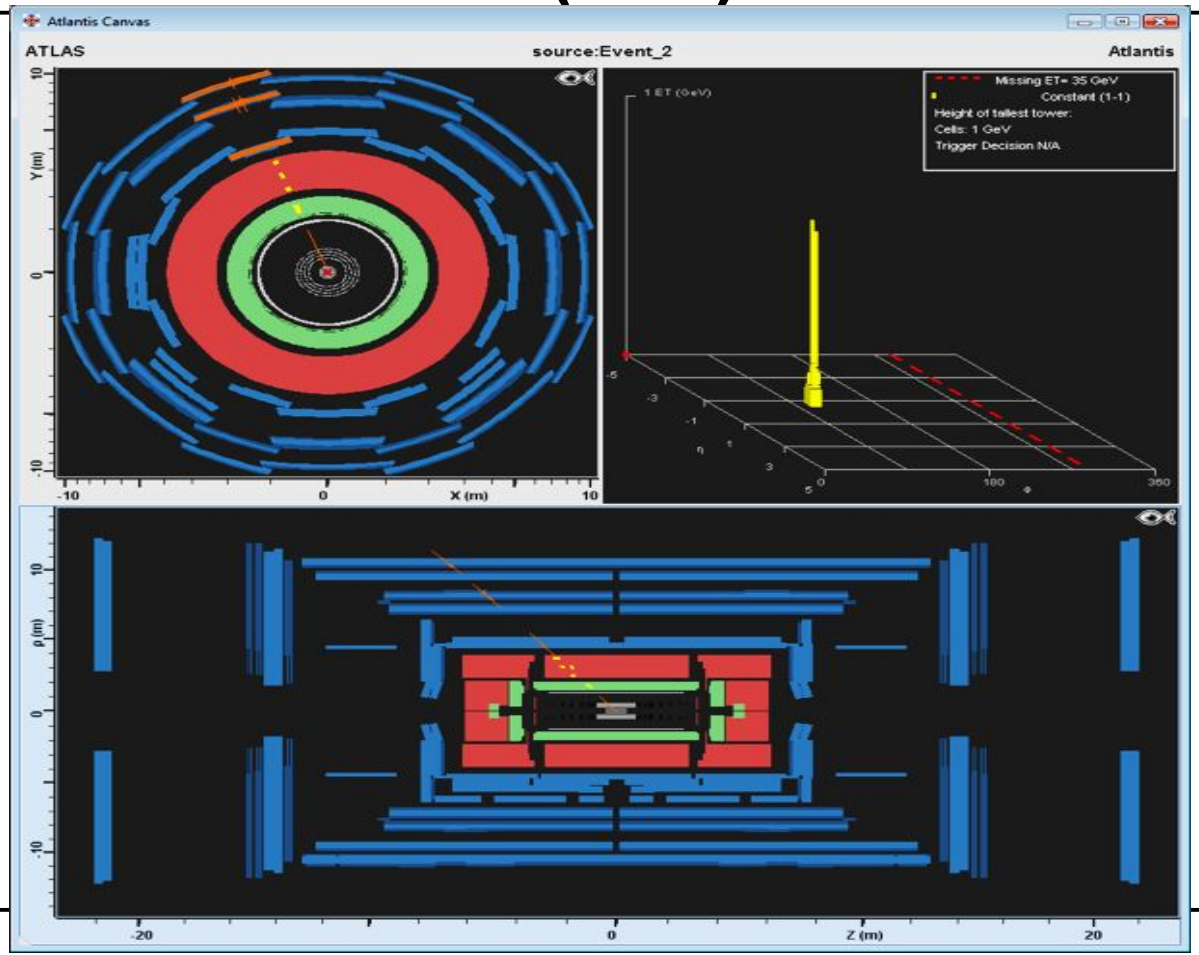
Inserimento tracce per calcolo masse

Scheda oggetti: fotoni

Scheda tracce: elettroni e muoni

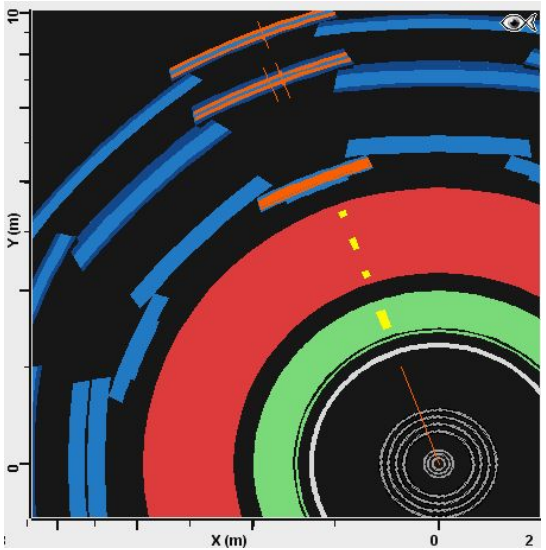
Tasti cambio modalità: zoom / selezione

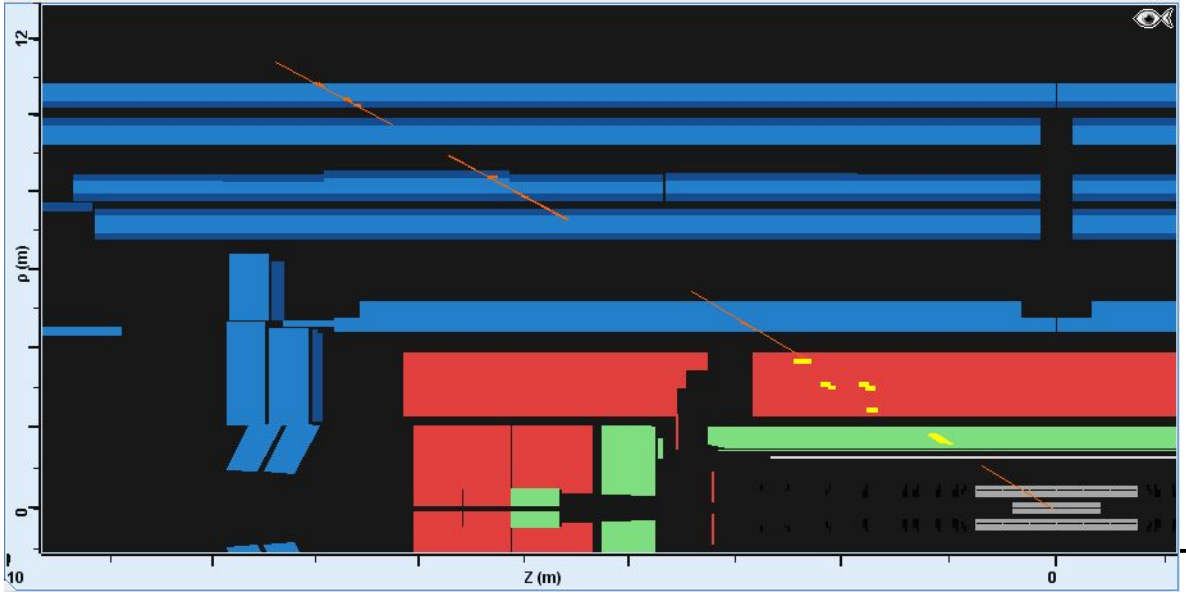
Identikit: (anti)muoni



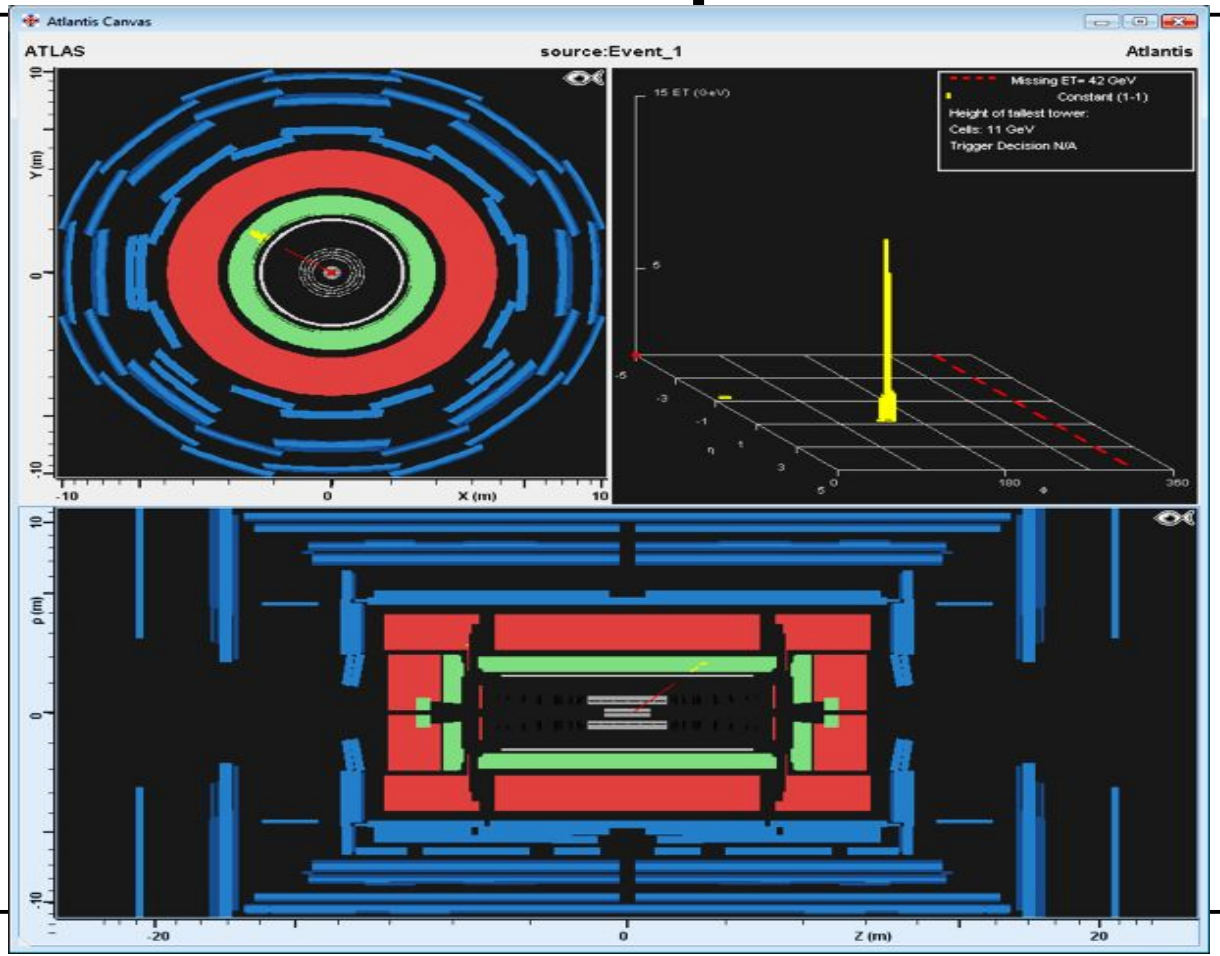
Identikit: (anti)muoni

Traccia nel rivelatore interno e nello spettrometro senza significativi depositi di energia nei calorimetri

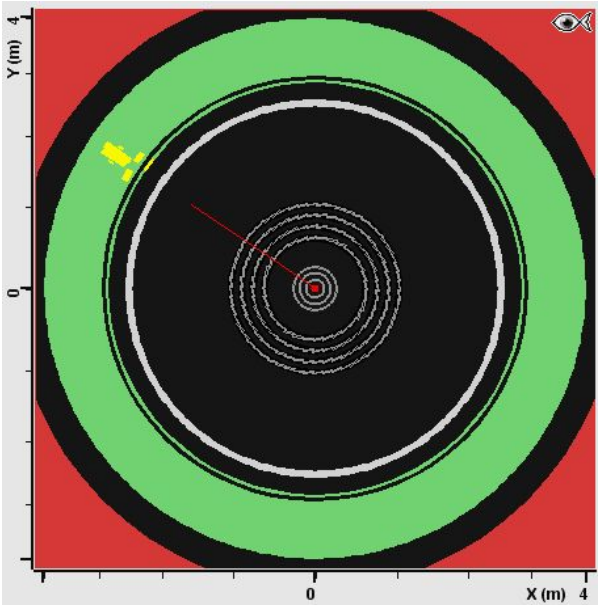




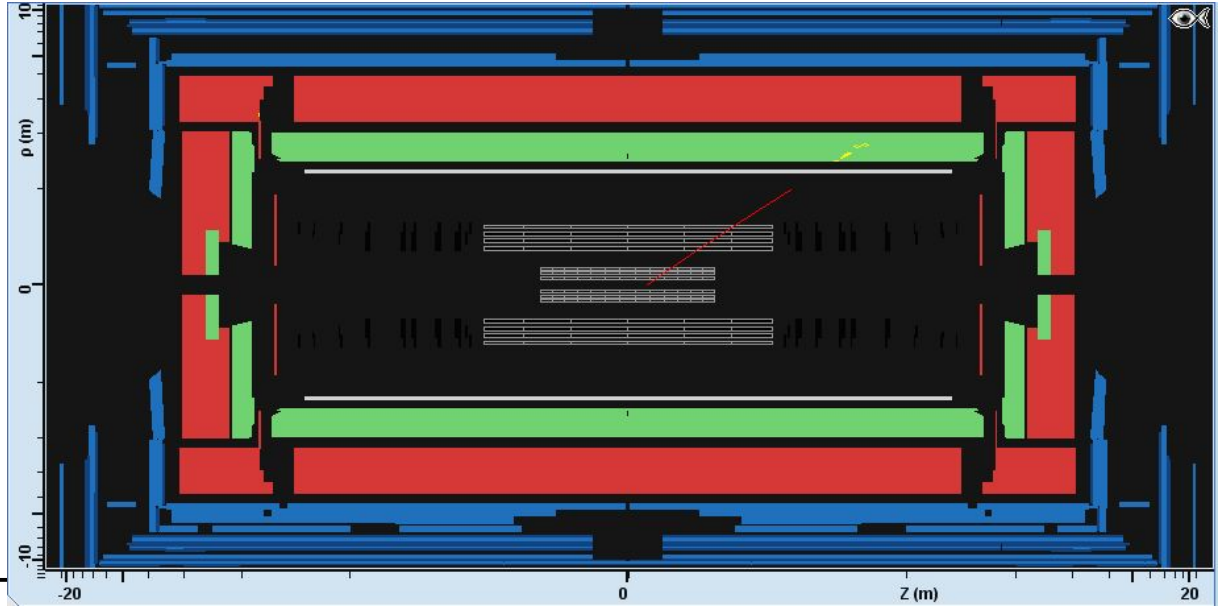
Identikit: elettroni/positroni



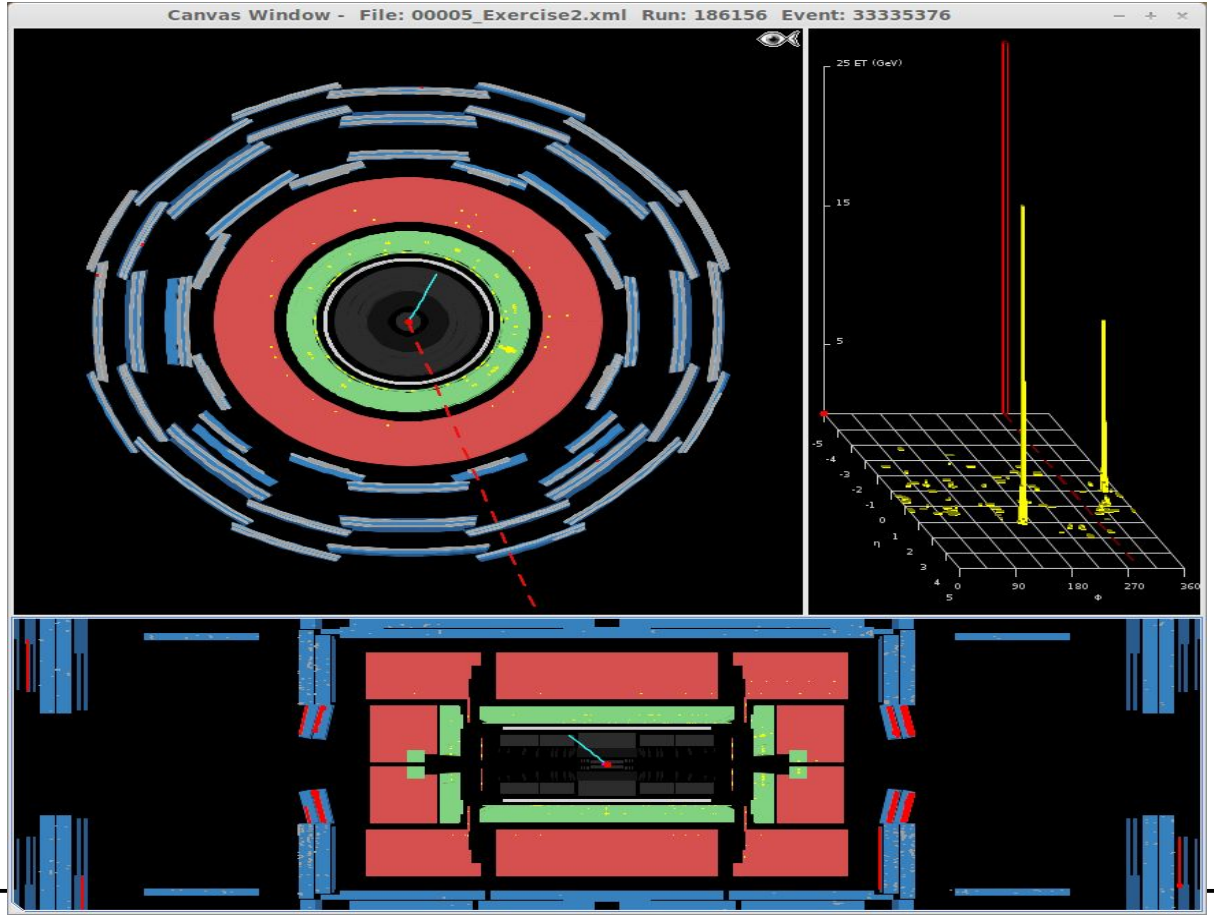
Identikit: elettroni/positroni



Tracce nel rivelatore interno che puntano a depositi di energia nel calorimetro elettromagnetico

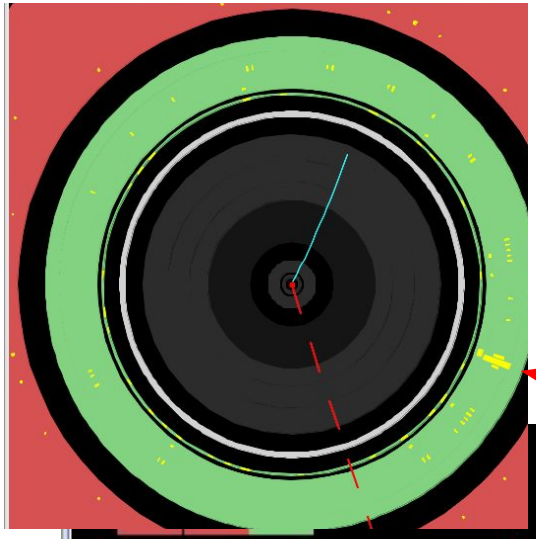


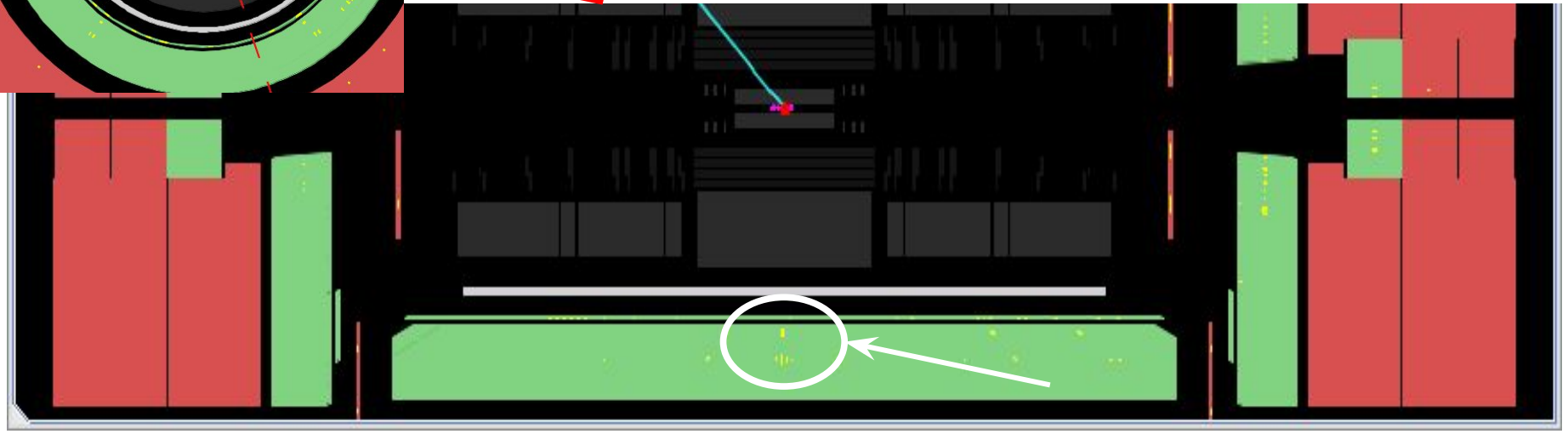
Identikit: fotoni



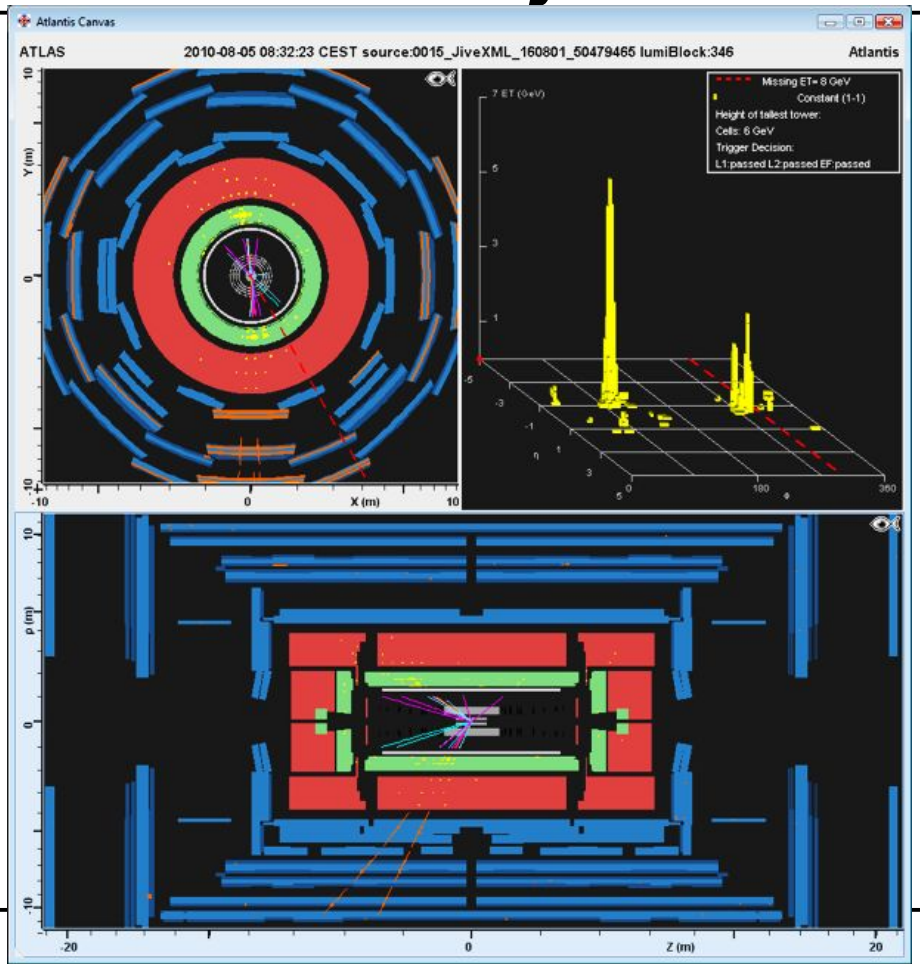
Identikit: fotoni

Depositi di energia nel calorimetro elettromagnetico senza tracce associate

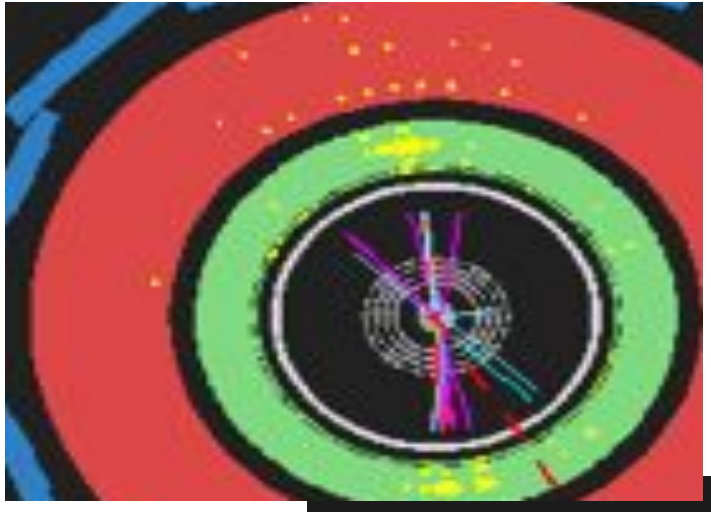




Identikit: jets

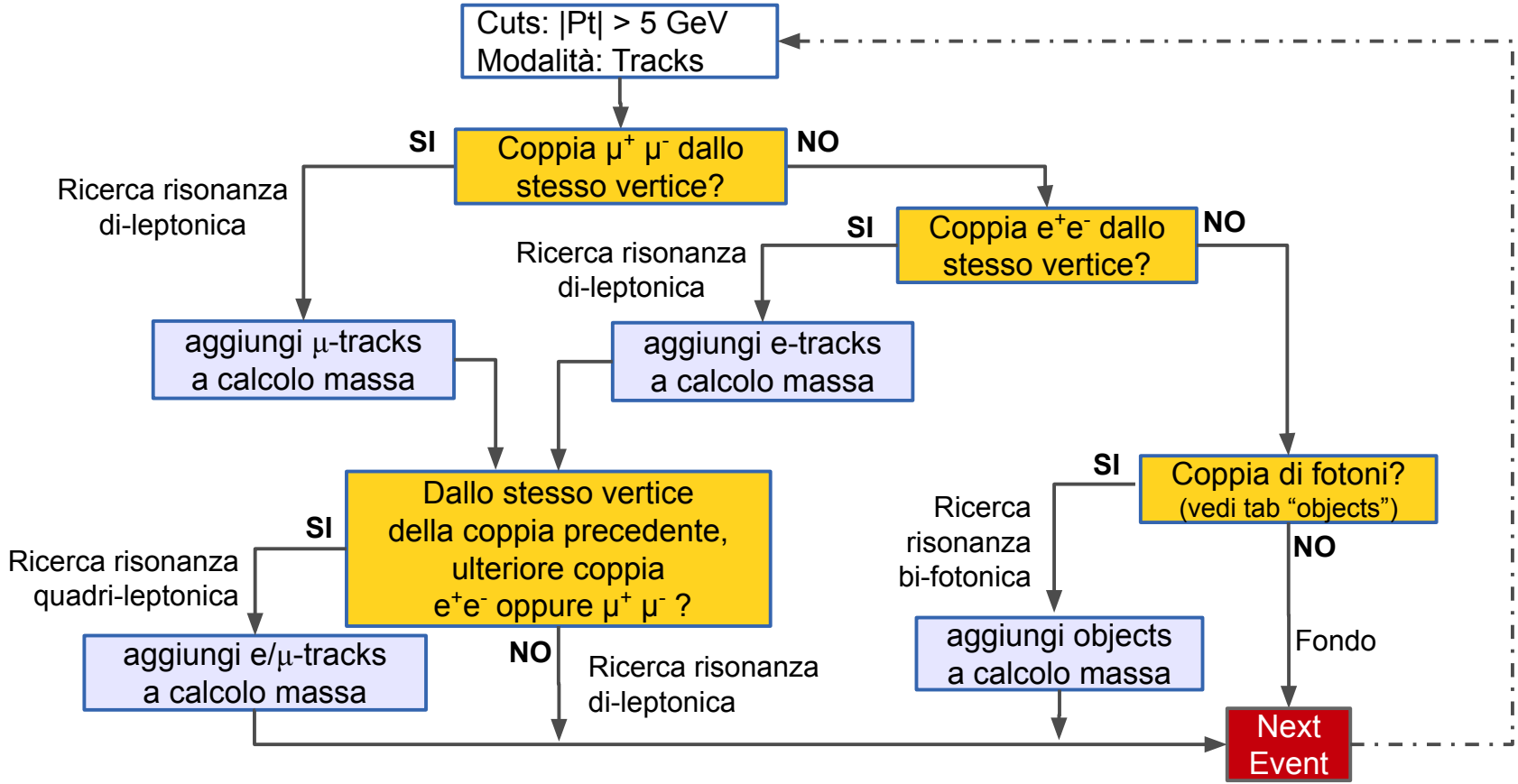


Identikit: jets

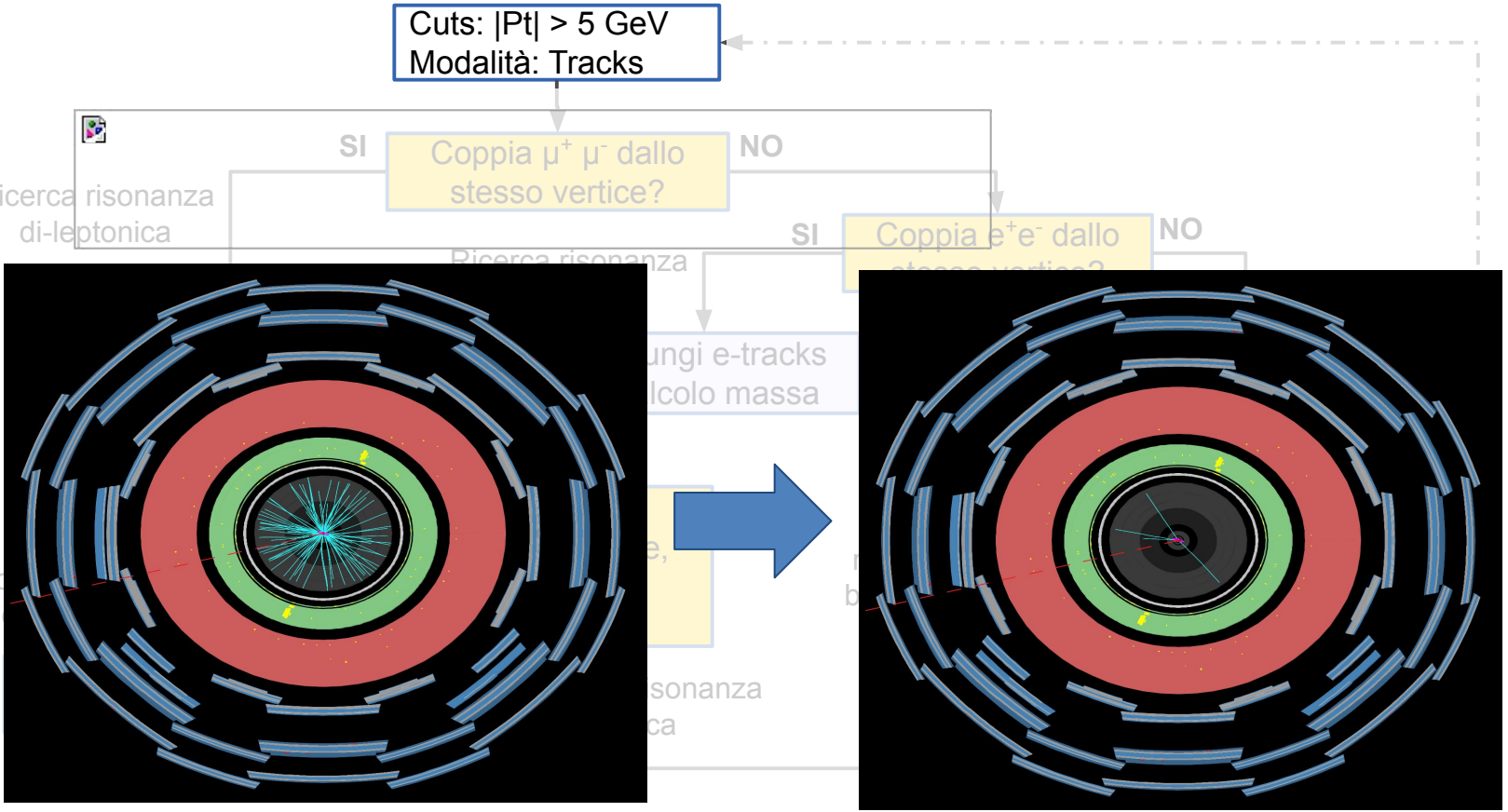


“Fascio” di tracce che puntano a depositi di energia in entrambi i tipi di calorimetri

Piano di lavoro: flow chart



Piano di lavoro: flow chart

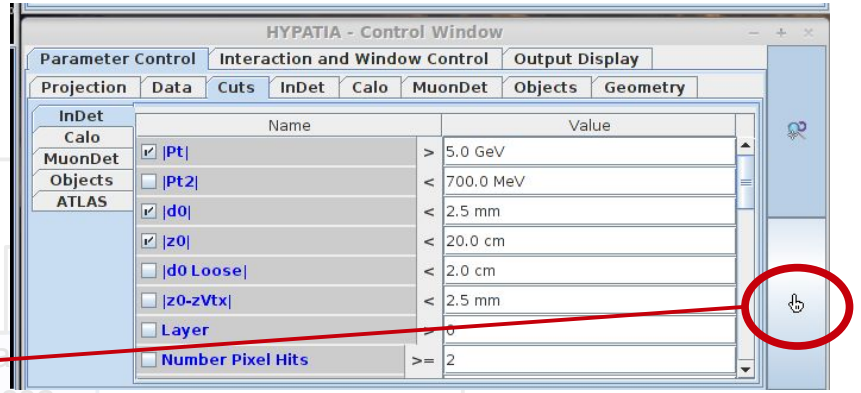


Piano di lavoro: flow chart

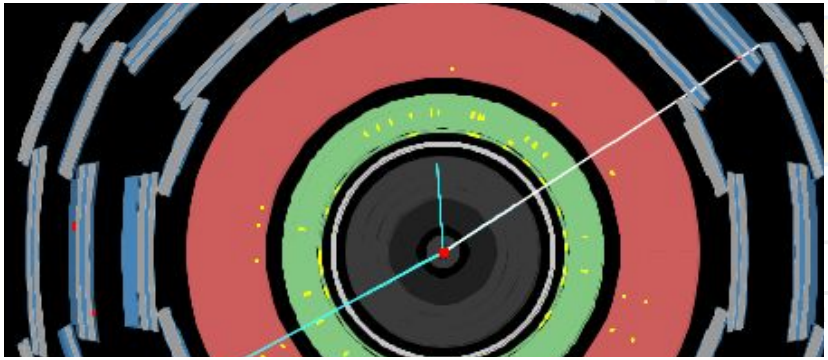
Cuts: |Pt| > 5 GeV
Modalità: Tracks

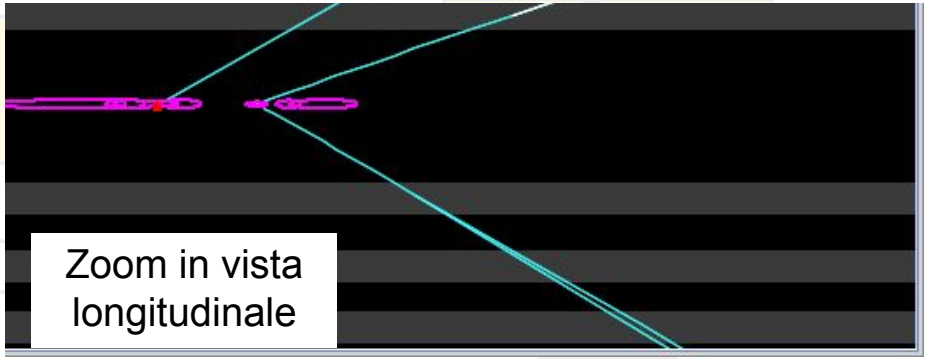
↓

Coppia μ^+ μ^- dallo stesso vertice?

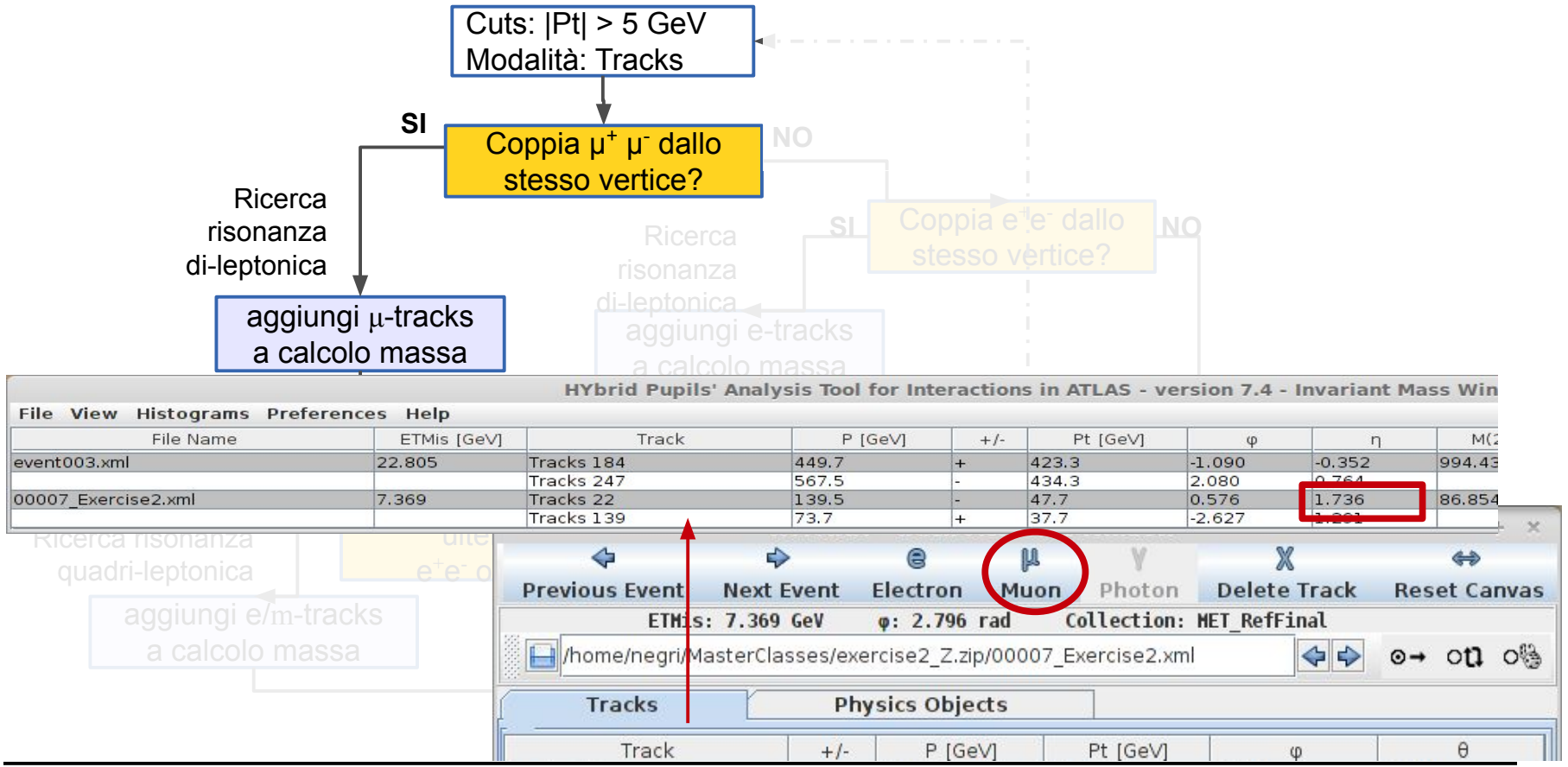


Utilizzare il mouse in modalità selezione per identificare le tracce nelle due viste: la traccia selezionata viene colorata di bianco

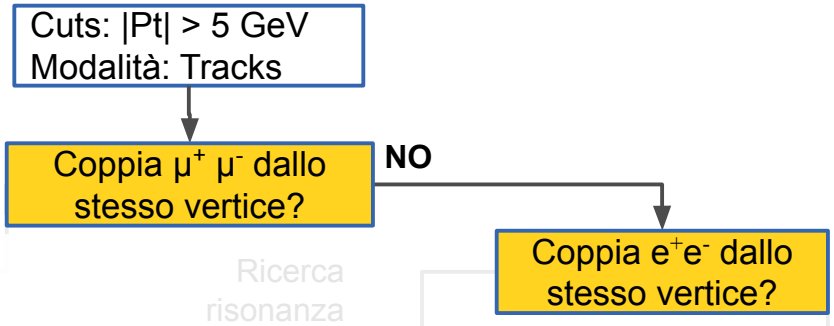




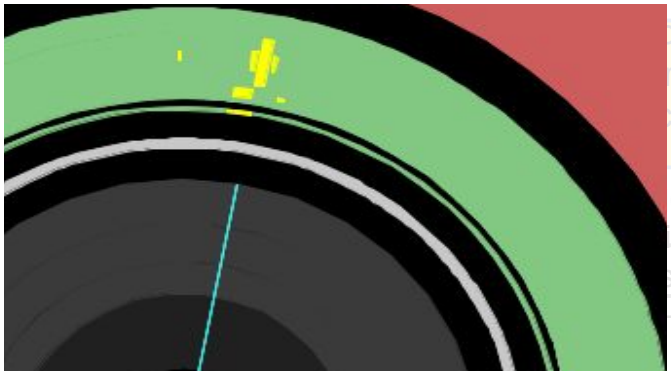
Piano di lavoro: flow chart



Piano di lavoro: flow chart



- Cercare depositi di energia nel calorimetro
- Verificare la presenza di tracce che puntano ai depositi
- Verificare che puntino allo stesso vertice primario



Piano di lavoro: flow chart

Cuts: |Pt| > 5 GeV
Modalità: Tracks

Coppia $\mu^+ \mu^-$ dallo stesso vertice?

NO

Coppia $e^+ e^-$ dallo stesso vertice?

SI

Ricerca risonanza di-leptonica

aggiungi e-tracks a calcolo massa

Ricerca risonanza di-leptonica

aggiungi m-tracks a calcolo massa

Dallo stesso vertice della

SI

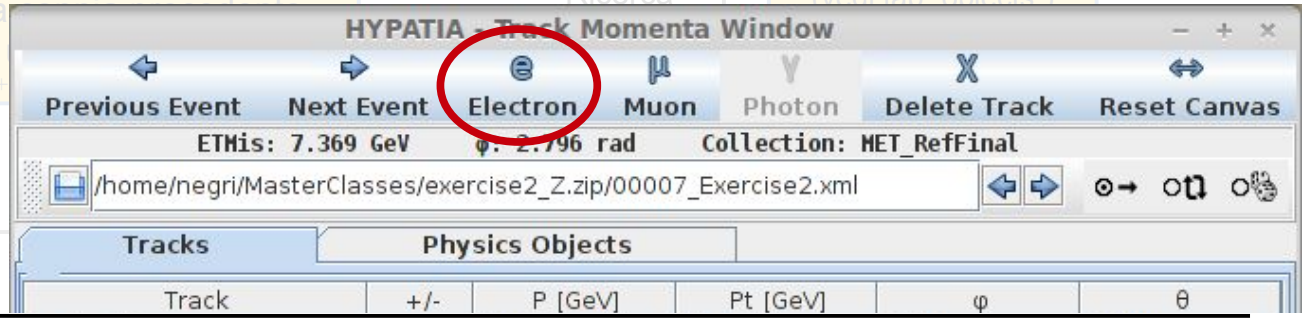
Ricerca risonanza quadri-leptonica

aggiungi e/m-tracks a calcolo massa

Ricerca

SI

Coppia di fotoni?
(vedi tab "objects")



Piano di lavoro: flow chart

Cuts: |Pt| > 5 GeV
Modalità: Tracks

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

File View Histograms Preferences Help

File Name	ETMis [GeV]	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	φ	η	M(2) [GeV]
event046.xml	37.975	Tracks 2	108.7	-	58.0	1.525	1.242	90.333
		Tracks 21	43.4	+	41.7	2.277	-0.289	
		Tracks 4	98.8	+	61.2	-2.171	-1.058	91.492
		Tracks 10	136.9	-	39.2	-0.248	-1.922	

risonanza di-leptonica

Ricerca risonanza di-leptonica

SI

Coppia e⁺e⁻ dallo stesso vertice?

NO

aggiungi μ-tracks a calcolo massa

aggiungi e-tracks a calcolo massa

Dallo stesso vertice della coppia precedente, ulteriore coppia $e^+ e^-$ oppure $\mu^+ \mu^-$?

SI

Ricerca risonanza quadri-leptonica

aggiungi e/μ-tracks a calcolo massa

NO

Ricerca risonanza di-leptonica

SI

Coppia di fotoni? (vedi tab "objects")

NO

Ricerca risonanza bi-fotonica

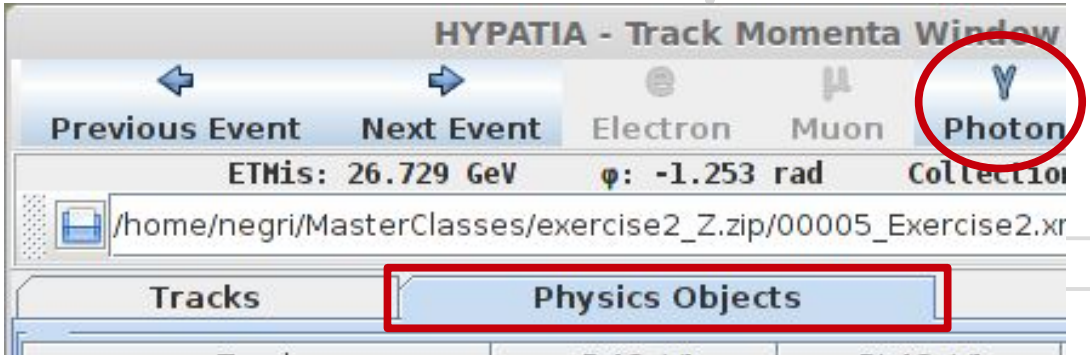
aggiungi objects a calcolo massa

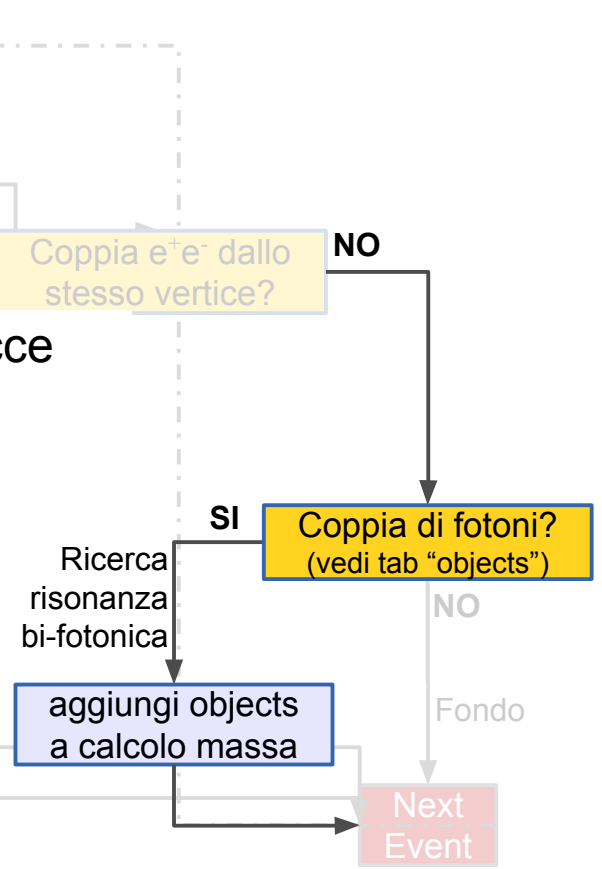
Fondo

Next Event

Piano di lavoro: flow chart

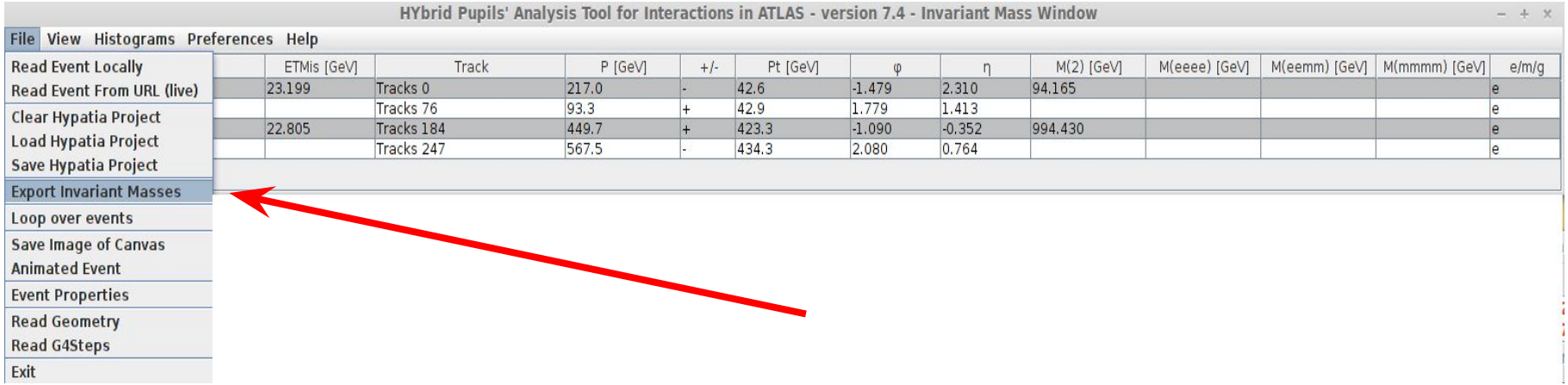
- Se esistono due depositi di energia senza tracce associate:
  - evento per ricerca di risonanze in 2 fotoni





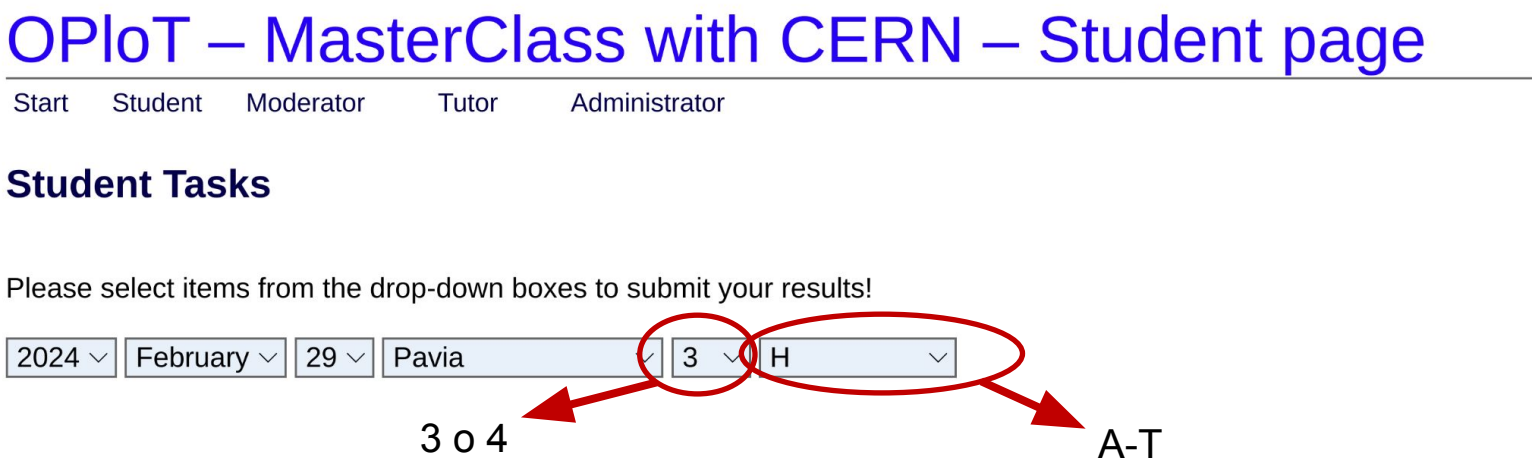
Alla fine dei 50 eventi

Salvare sul desktop il file delle masse “Invariant_masses.txt”



Alla fine dei 50 eventi

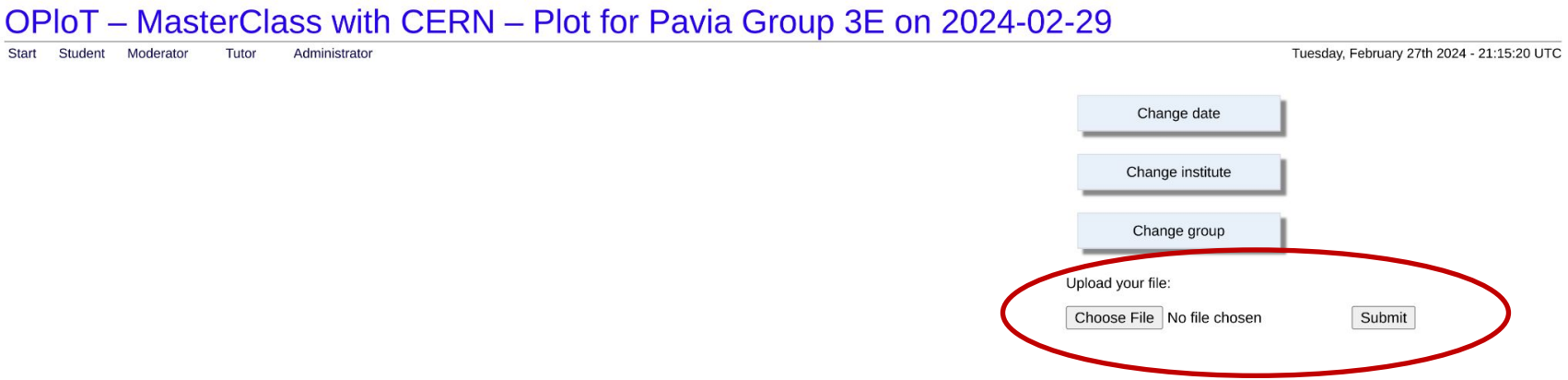
Aprire il link: https://cernmasterclass.uio.no/OPloT/index.php
Selezionare “Student” (Username/Password: ippog/imc)



Alla fine dei 50 eventi

Caricare il file “Invariant_masses.txt”

Choose file → Submit

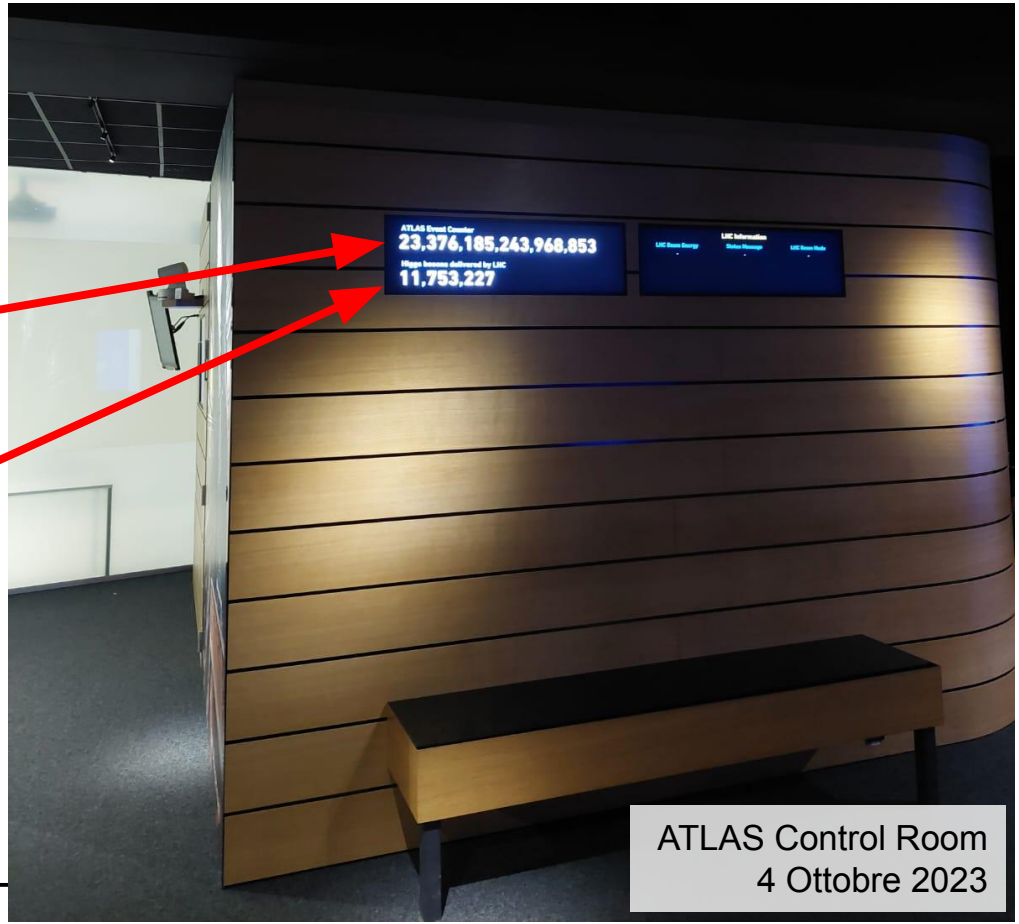


Alla fine dei 50 eventi

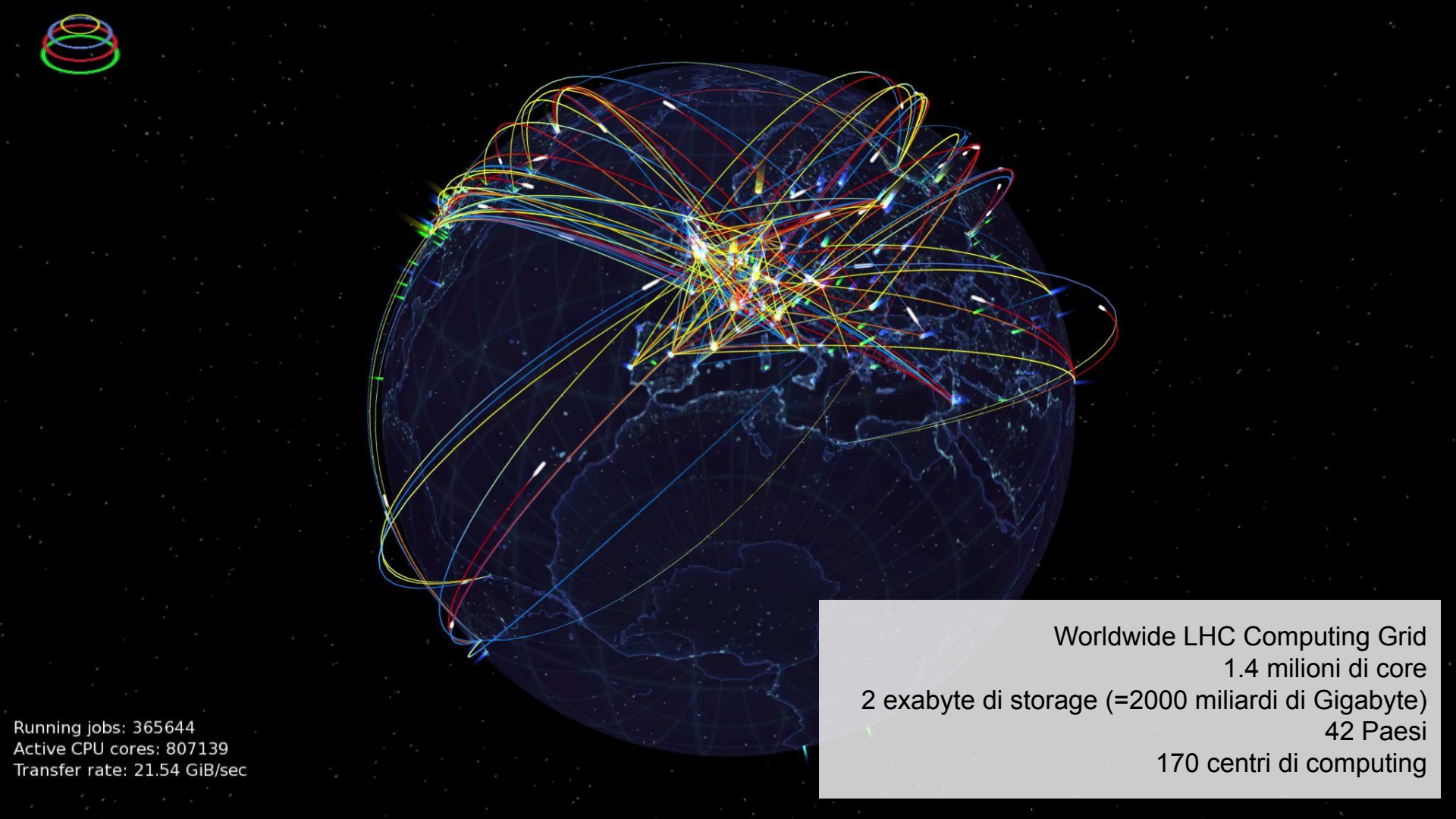
50 eventi vi sembrano tanti?

Numero di eventi osservati in ATLAS

Numero di bosoni di Higgs prodotti da LHC



ATLAS Control Room
4 Ottobre 2023



Worldwide LHC Computing Grid
1.4 milioni di core
2 exabyte di storage (=2000 miliardi di Gigabyte)
42 Paesi
170 centri di computing

Running jobs
Active CPU c
Transfer rate