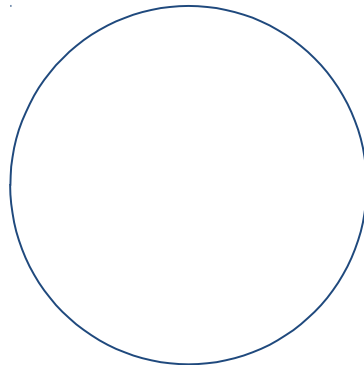


# *LHCb International Masterclass*

*Analisi dei dati  $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$  per la  
misura della vita media del  $D^0$*

*Numero combinazione:*



# Avvio del programma

Per accedere al computer:

- login: **masterclass**
- password: **cern2017!**

Per aprire un terminale:

- Cliccare sull'icona in basso

Per eseguire il programma:

- Scrivete nel terminale

**. startLHCb**



# Configurazione iniziale

Scegliete la lingua

Inserite i vostri dati (senza spazi bianchi).

Per chi lavora a coppie:

Mario Rossi e Gianni Bianchi scriveranno

Nome: Mario\_Rossi

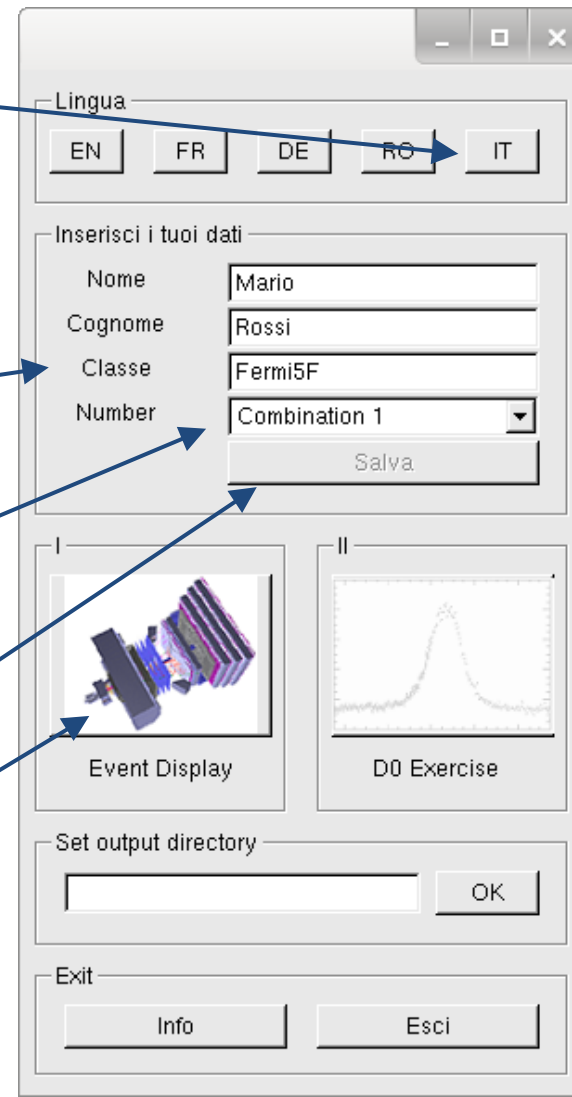
Cognome: Gianni\_Bianchi

Classe: Scuola\_ClasseSezione

Combinazione: <numero\_combinazione>

Salvate

Cliccate su “Event Display” per iniziare la prima esperienza.



The screenshot shows a software configuration window with the following sections:

- Lingua:** Buttons for EN, FR, DE, RO (highlighted with an arrow), and IT.
- Inserisci i tuoi dati:** Input fields for Nome (Mario), Cognome (Rossi), Classe (Fermi5F), and Number (Combination 1). A "Salva" button is below these fields.
- Event Display:** A panel labeled "I" showing a 3D detector model.
- D0 Exercise:** A panel labeled "II" showing a graph of a particle distribution.
- Set output directory:** An empty text box with an "OK" button.
- Exit:** Buttons for "Info" and "Esci".

Blue arrows from the text on the left point to the "RO" button, the "Nome" field, the "Classe" field, the "Number" dropdown, the "Event Display" panel, and the "Salva" button.

# Event Display

**Eve Main Window**

Browser Eve

Event Control

Gestore degli eventi

Numero di evento: 1

Visualizza

Nascondi la geometria

Trasparenza

Aiuto

Zoom

Informazioni sulla particella

Nome

Massa MeV/c<sup>2</sup>

E MeV

q

chi2

px MeV/c

py MeV/c

pz MeV/c

Salva la Particella

Le mie particelle

Calcola Cancella

Massa

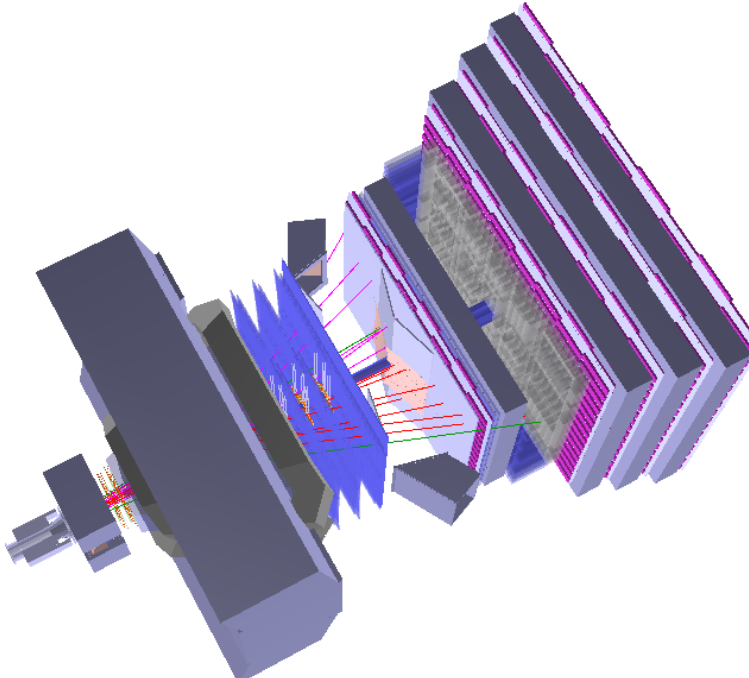
Istogramma

Aggiungi Disegna

Salva l'Istogramma

Viewer 1

Hide Viewer 1 Actions



The main window displays a 3D visualization of a particle detector geometry. The detector is composed of several layers of sensitive material, shown in various colors (blue, purple, grey). A particle track is visible, starting from a vertex and passing through the detector layers. The track is represented by a series of colored lines (red, orange, green) that indicate the path of the particle. The detector layers are arranged in a complex, multi-layered structure, with some layers being thicker than others. The overall appearance is that of a sophisticated particle detector, likely used for high-energy physics experiments.

# Event Display

Deviazione delle tracce in campo magnetico.

A colori diversi corrispondono tipi diversi di particelle

**Eve Main Window**

Browser Eve

Event Control

Nascondi la geometria  
 Trasparenza

Aiuto

Zoom

Informazioni sulla particella

Nome	pi+
Massa	139.57 MeV/c2
E	37050.73 MeV
q	1.00
chi2	0.96
px	2876.00 MeV/c
py	-1322.64 MeV/c
pz	36914.99 MeV/c

Salva la Particella

Le mie particelle

My particle: K-  
My particle: pi+

Calcola Cancell

Massa 1867.78

Istogramma

Aggiungi Disegna

Salva l'Istogramma

Esci

Legenda

- K- (green)
- K+ (blue)
- pi- (red)
- pi+ (magenta)

Viewer 1

Hide

Viewer 1

Actions

5

# Event Display

Eve Main Window

Browser Eye

Event Control

Gestore degli eventi

Numero di evento: 1

Visualizza

Nascondi la geometria

Trasparenza

Aiuto

Zoom

Informazioni sulla particella

Nome		
Massa		MeV/c <sup>2</sup>
E		MeV
q		
chi <sup>2</sup>		
px		MeV/c
py		MeV/c
pz		MeV/c

Salva la Particella

Le mie particelle

Viewer 1

Hide

Viewer 1

Actions

Rivelatore di vertice

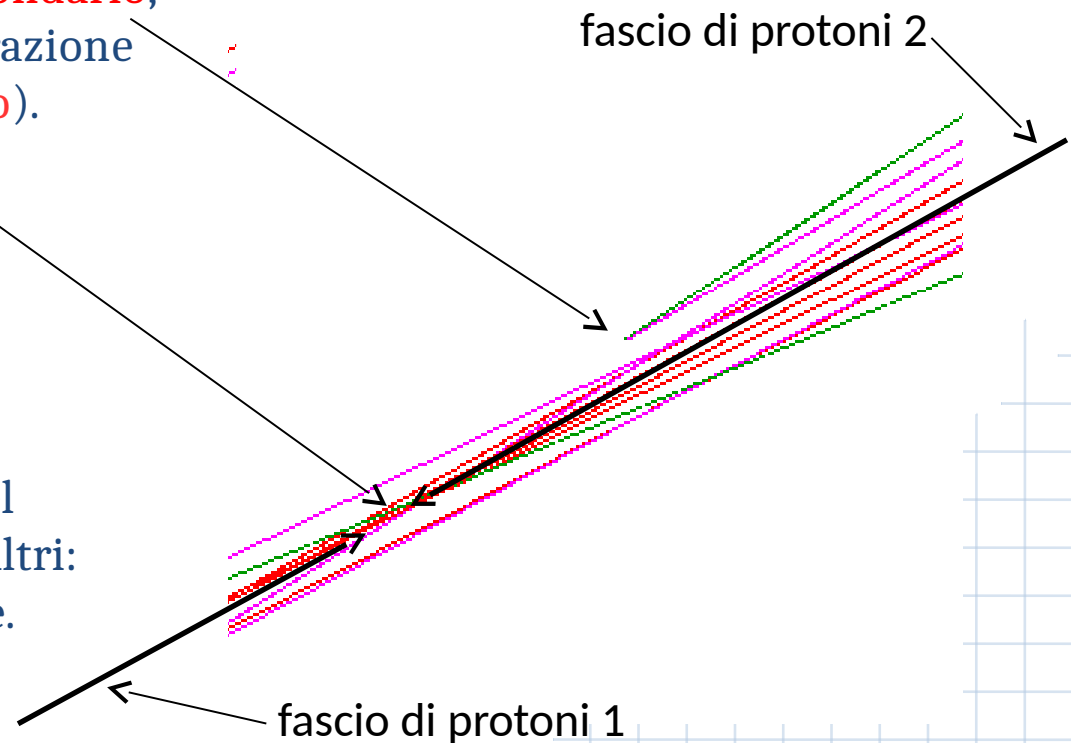
# Vertice secondario

Dovete trovare le particelle  $K^-$  e  $\pi^+$  che provengono dal decadimento  $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$

Dovete identificare un **vertice secondario**,  
che sia separato dal punto di interazione  
protone-protone (**vertice primario**).

*E se scelgo male?*  
Succede...


Chiamiamo **segnale** i candidati  
selezionati realmente prodotti nel  
decadimento di un  $D^0$ , **fondo** gli altri:  
combinazioni casuali di particelle.



# Selezione delle tracce

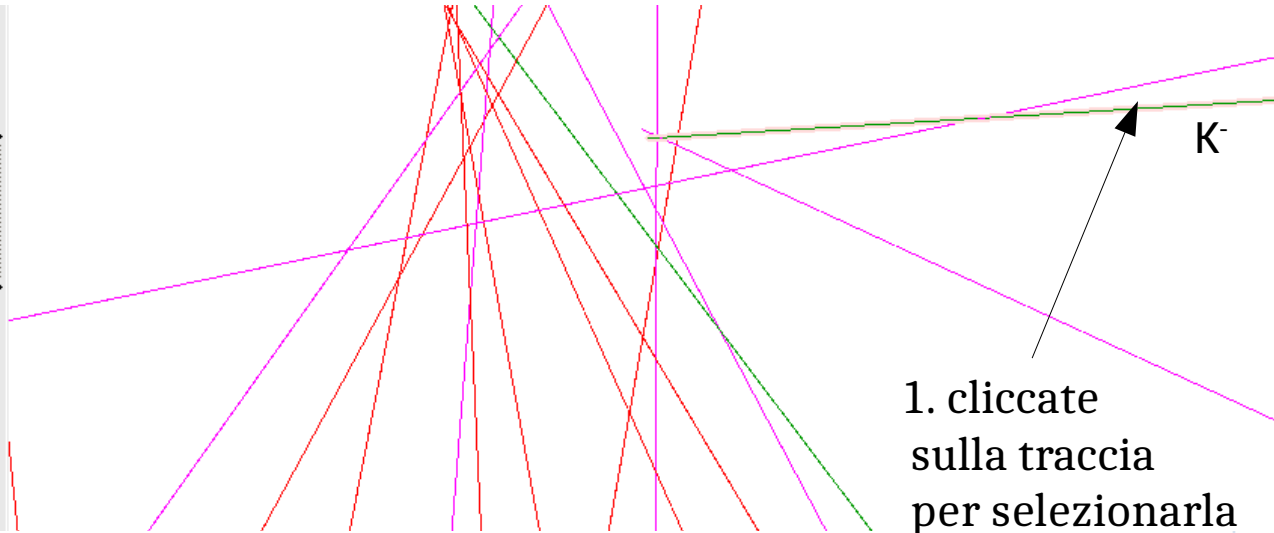
2. salvate la traccia

Zoom




Informazioni sulla particella

Nome	<input type="text" value="K-"/>
Massa	<input type="text" value="493.68"/> MeV/c <sup>2</sup>
E	<input type="text" value="23057.25"/> MeV
q	<input type="text" value="-1.00"/>
chi2	<input type="text" value="1.00"/>
px	<input type="text" value="2672.77"/> MeV/c
py	<input type="text" value="161.98"/> MeV/c
pz	<input type="text" value="22895.92"/> MeV/c



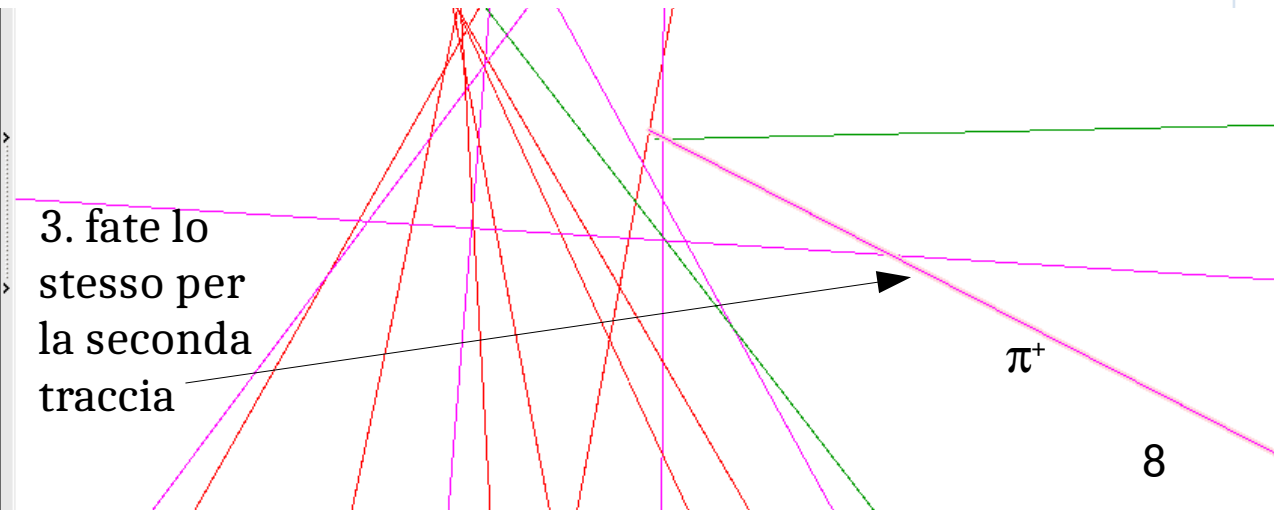
3. fate lo stesso per la seconda traccia

Zoom



Informazioni sulla particella

Nome	<input type="text" value="pi+"/>
Massa	<input type="text" value="139.57"/> MeV/c <sup>2</sup>
E	<input type="text" value="37050.73"/> MeV
q	<input type="text" value="1.00"/>
chi2	<input type="text" value="0.96"/>
px	<input type="text" value="2876.00"/> MeV/c
py	<input type="text" value="-1322.64"/> MeV/c
pz	<input type="text" value="36914.99"/> MeV/c





# Proprietà della combinazione

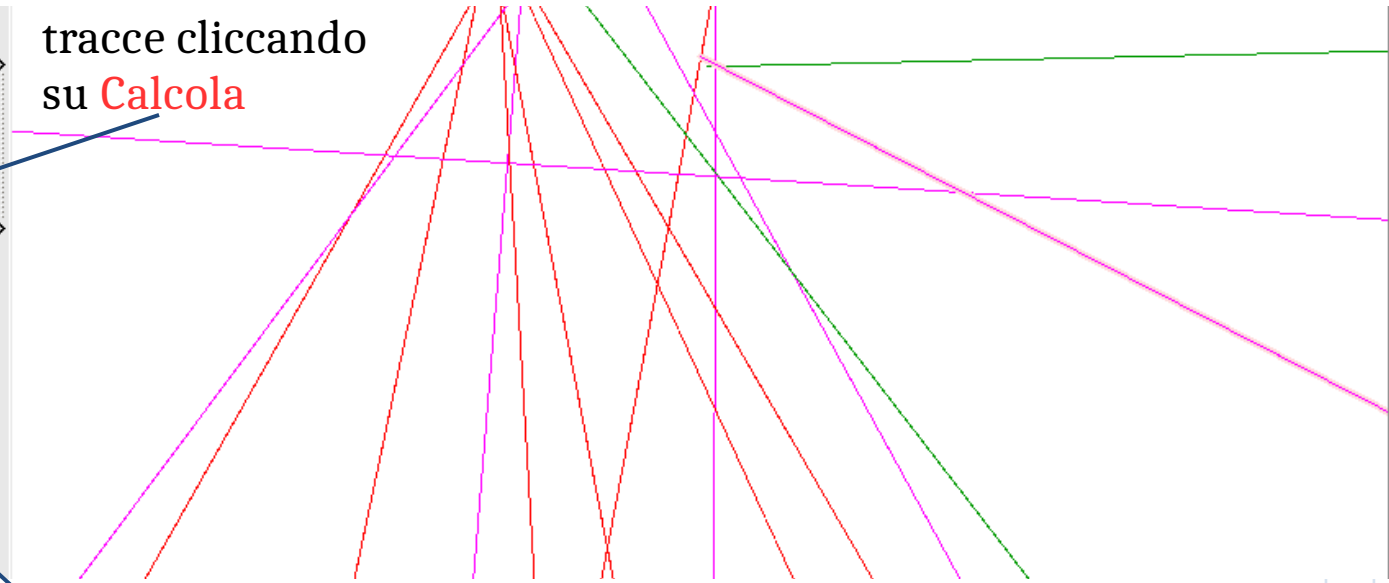
py -1322.64 MeV/c  
pz 36914.99 MeV/c  
Salva la Particella

Le mie particelle  
My particle: K-  
My particle: pi+  
Calcola Cancella

Massa 1867.78

Istogramma  
Aggiungi Disegna  
Salva l'Istogramma  
Esci

1. Combinare le tracce cliccando su **Calcola**



2. Questa è la **massa del candidato  $D^0$**  che avete costruito combinando i suoi prodotti di decadimento.

3. Se il valore ottenuto vi sembra ragionevole, salvatelo cliccando su **Aggiungi**

Selezionando particelle che non provengono da un  $D^0$ , questa massa assumerà facilmente valori assurdi.

# Raccogliere statistica

*Una rondine non fa primavera.*

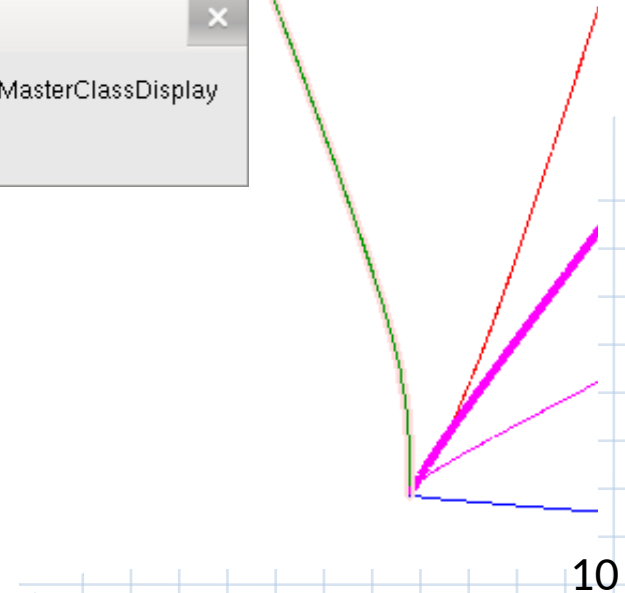
Servono molti candidati  $D^0$  per misurarne precisamente la massa.

The screenshot shows a software interface with several control panels:

- Gestore degli eventi**: A panel with a text field labeled "Numero di evento:" containing the value "30". Below it are two buttons with left and right arrow icons.
- Visualizza**: A panel with a magnifying glass icon, a square with four arrows icon, a checked checkbox "Nascondi la geometria", an unchecked checkbox "Trasparenza", an "Aiuto" button, and a lightbulb icon.
- Zoom**: A panel with three icons representing different zoom directions (up/down, left/right, and a 3D view).
- Informazioni sulla particella**: A panel with a "Nome" field containing "K-" and a "Massa" field containing "493.68" with the unit "MeV/c<sup>2</sup>".

Ne analizzerete 30 per gruppo.

A dialog box titled "Congratulazioni" with a close button (X) in the top right corner. The text inside reads: "Hai completato con successo l'esercizio MasterClassDisplay". Below the text is a "Dismiss" button.



# La misura della massa

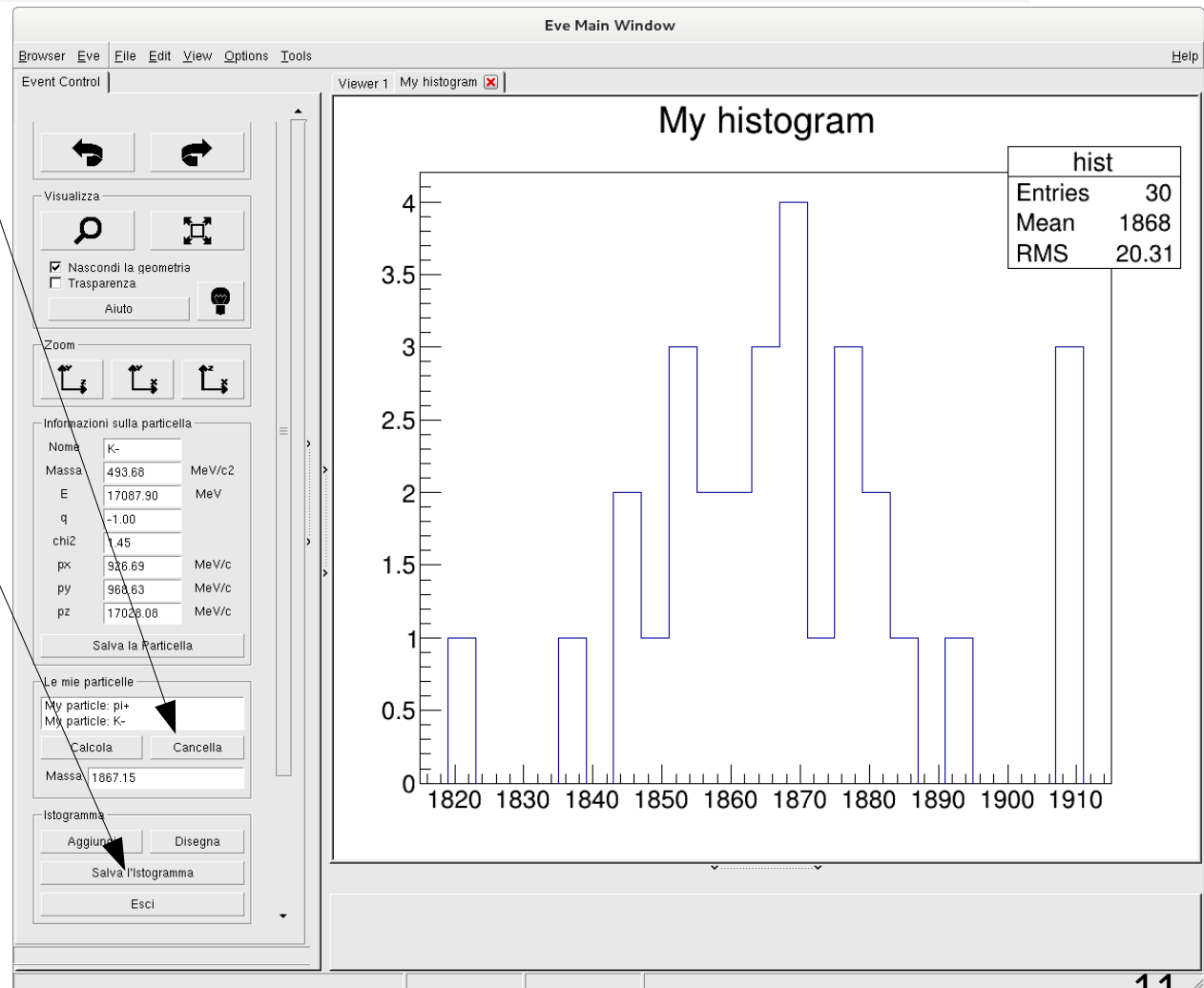
Costruite l'**istogramma** delle misure di massa che avete effettuato (click su **Disegna**).

Salvatelo su un file cliccando su **Salva l'istogramma**.

La vostra misura della massa del  $D^0$  è la **media**.

L'incertezza statistica è  **$RMS / \sqrt{Entries}$**

Alla fine, metteremo insieme gli eventi analizzati da tutti i gruppi per ridurre l'incertezza statistica.



# La vita media del $D^0$

Il secondo esercizio è una vera e propria **analisi di un campione di mesoni  $D^0$**  selezionato automaticamente.

Un computer, seguendo dei criteri definiti dagli analisti, ha svolto il primo esercizio su un gran numero di eventi.

Voi raffinerete quei criteri per ottenere un campione di candidati  $D^0$  con **poco fondo**, senza ridurre troppo il **numero di eventi di segnale**, per effettuare una buona misura del tempo di vita media.

Ecco come...

The screenshot shows a software window with the following sections:

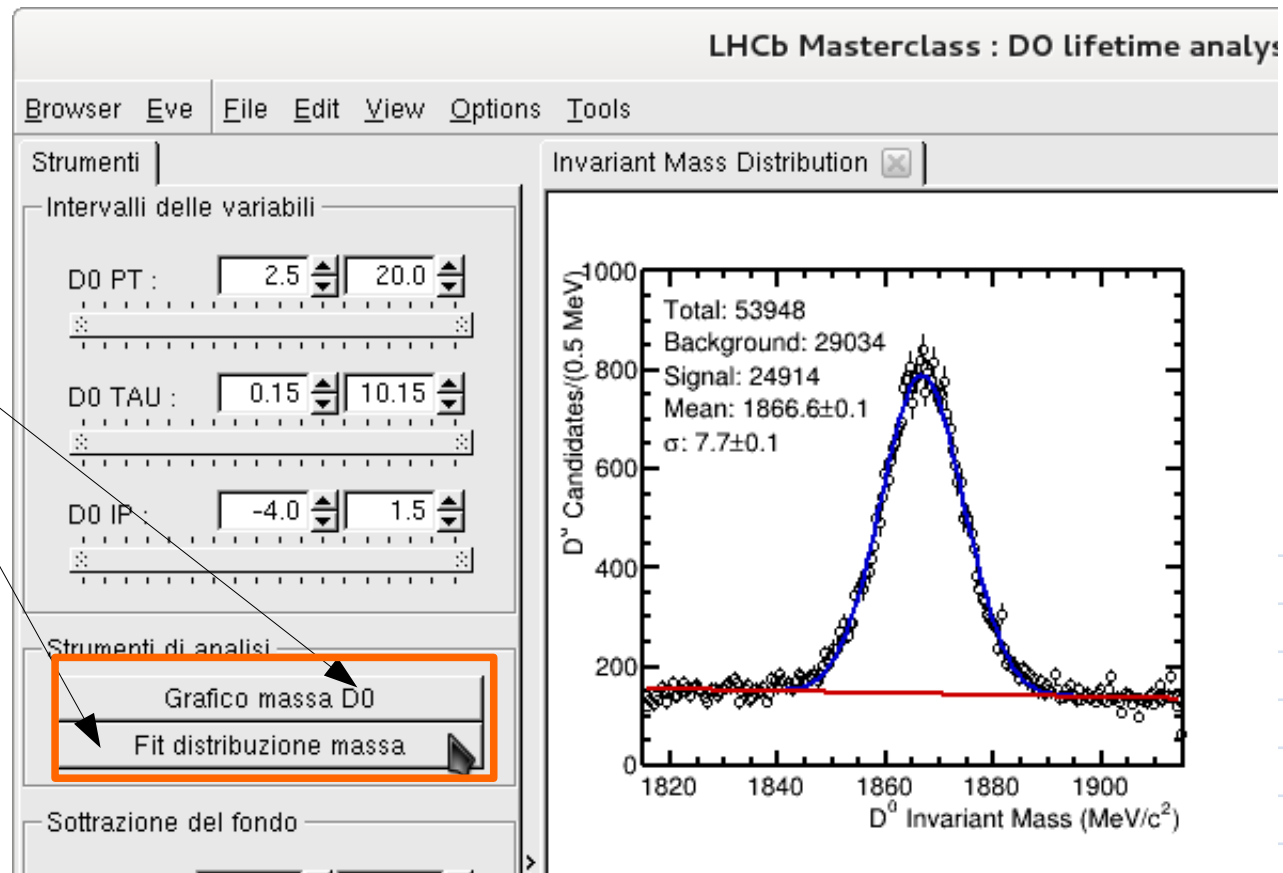
- Lingua:** Buttons for EN, FR, DE, RO, IT.
- Inserisci i tuoi dati:** Input fields for Nome (dgs), Cognome (dsf), Classe (sf), and Number (Combination 1). A Salva button is below.
- Event Display:** A panel showing a 3D visualization of particle tracks.
- D0 Exercise:** A panel showing a 2D histogram of a signal peak with a fit curve.
- Set output directory:** An empty text box with an OK button.
- Exit:** Buttons for Info and Esci.

# Segnale e fondo

Visualizzate l'istogramma della massa dei candidati  $D^0$ , lo stesso ottenuto nella prima esperienza, ma con 53948 candidati  $D^0$  (click su **Grafico massa  $D^0$** ).

Sovrapponete il modello statistico (fit) utilizzato per il **segnale** e il **fondo**.

Il fondo è dovuto a candidati che, pur rispondendo ai criteri definiti, **NON** sono veri  $D^0$



# Definire la regione del segnale

Osservando la distribuzione della massa del  $D^0$  per il **segnale** e per il **fondo** scegliete l'**intervallo di massa** al di fuori del quale ritenete che ci siano solo eventi di fondo.

Questo vi permette di visualizzare la distribuzione per il **segnale** e per il **fondo** di altri parametri dei candidati  $D^0$ .

LHCb Masterclass :  $D^0$  lifetime analysis

Browser File Edit View Options Tools Help

Strumenti

Intervalli delle variabili

$D^0$  PT : 2.5 20.0

$D^0$  TAU : 0.15 10.15

$D^0$  IP : -4.0 1.5

Strumenti di analisi

Grafico massa  $D^0$

Fit distribuzione massa

Sottrazione del fondo

Sig range: 1844.8 1896.1

Grafici distribuzioni

Fit vita media

Fit tempo decadimento

Fit Result Fit Error

0.0000 0.0000

Salva risultati

Trend vs. max IP

Salva risultati fit

Grafico Azzera grafico

LHCb

Invariant Mass Distribution

Total: 53948  
Background: 29034  
Signal: 24914  
Mean:  $1866.6 \pm 0.1$   
 $\sigma$ :  $7.7 \pm 0.1$

$D^0$  Candidates/(0.5 MeV)

$D^0$  Invariant Mass (MeV/c<sup>2</sup>)

$D^0$  Candidate Fraction

$D^0$  PT (GeV/c<sup>2</sup>)

$D^0$  Candidate Fraction

$D^0$  decay time (ps)

$D^0$  Candidate Fraction

$\log_{10}(D^0$  IP)

Salva finestra

Istruzioni

Azzera esercizio

Esci 14

fPad\_4 fPad\_4 776,593 x=1.80525, y=7.64193e-05

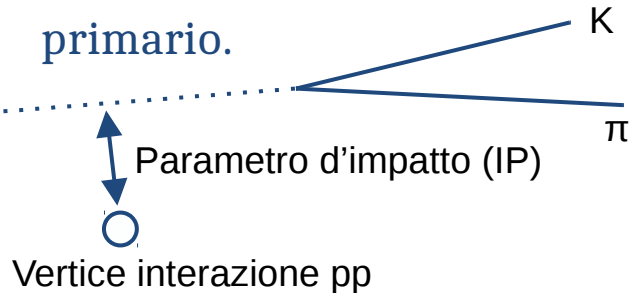
# Rifinire la selezione

Provate a modificare gli **intervalli di selezione** per i seguenti parametri

**DO PT:**  
componente della quantità di moto del D0 trasversale rispetto ai fasci di protoni.

**DO TAU:**  
tempo di decadimento del mesone D0

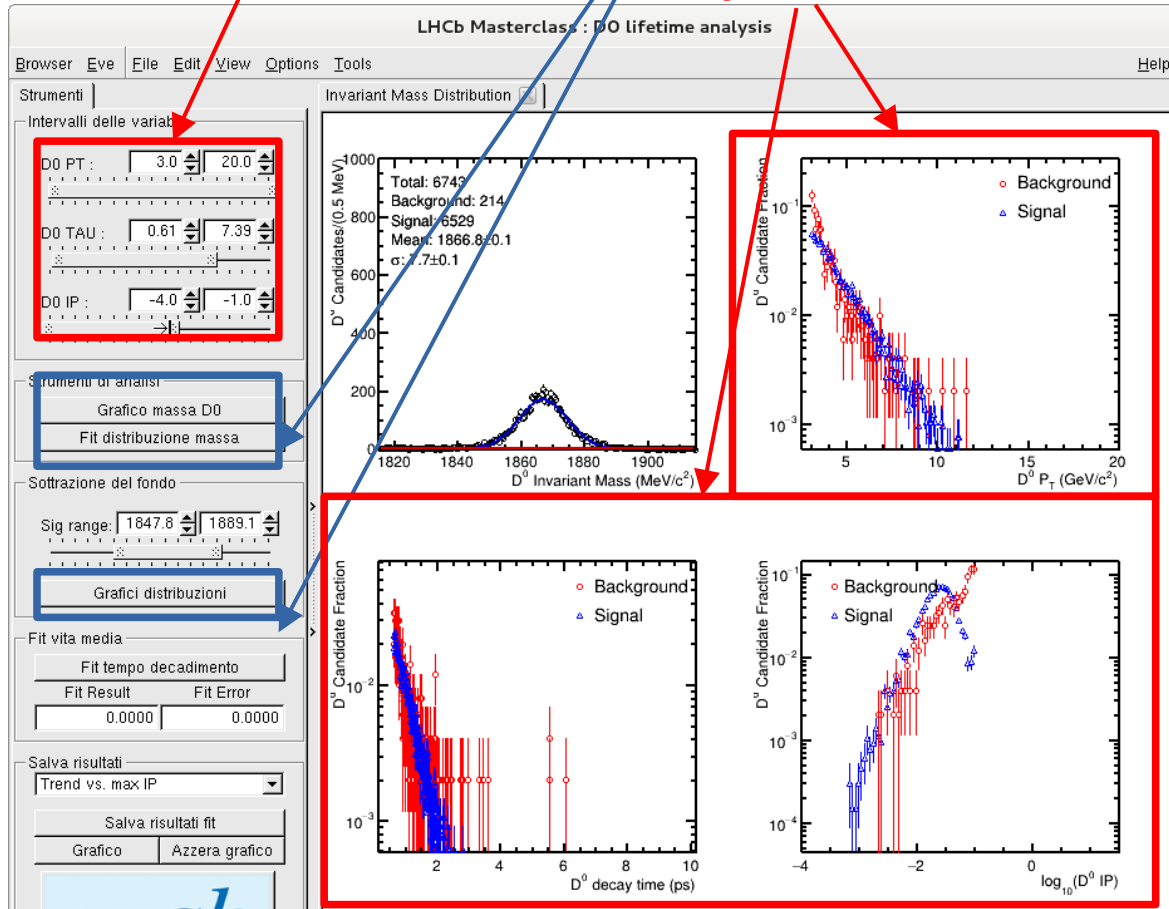
**DO IP:**  
parametro di impatto del mesone D<sup>0</sup> con il vertice primario.



Dopo ogni cambiamento cliccare:  
- Grafico massa D0  
- Fit distribuzione massa  
- Grafici distribuzioni

**Intervalli di selezione**

**Distribuzioni dei parametri di selezione**



# Fit al tempo di decadimento

Soddisfatti della vostra selezione, costruite il modello statistico del tempo di decadimento (fit) e usatelo per determinare la vita media.

Commentate il risultato.

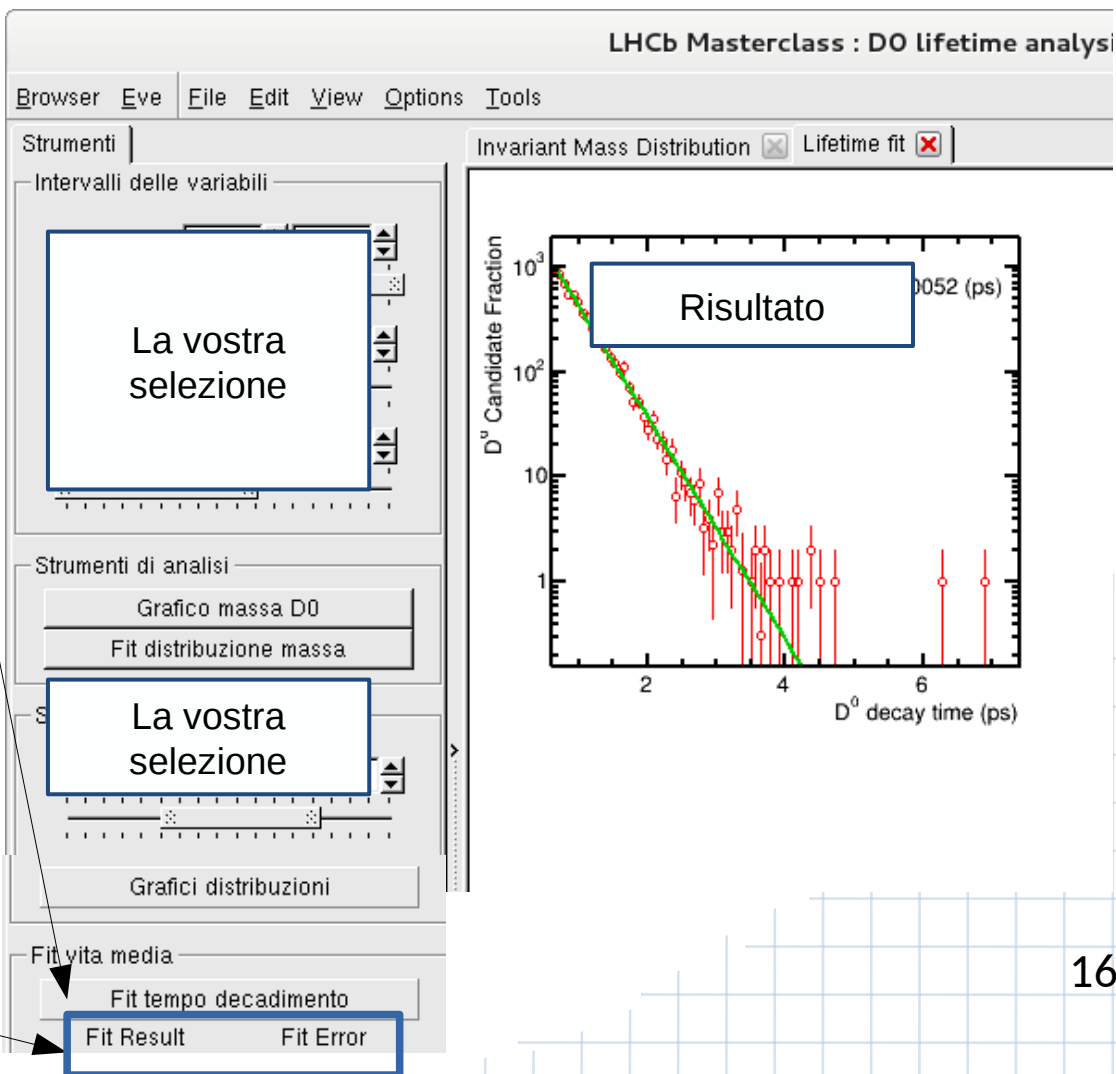
Salvate il risultato.

Salva risultati fit

Comunicateci il valore migliore e l'errore scrivendo su un terminale

`.salva.sh`

e poi i dati richiesti.



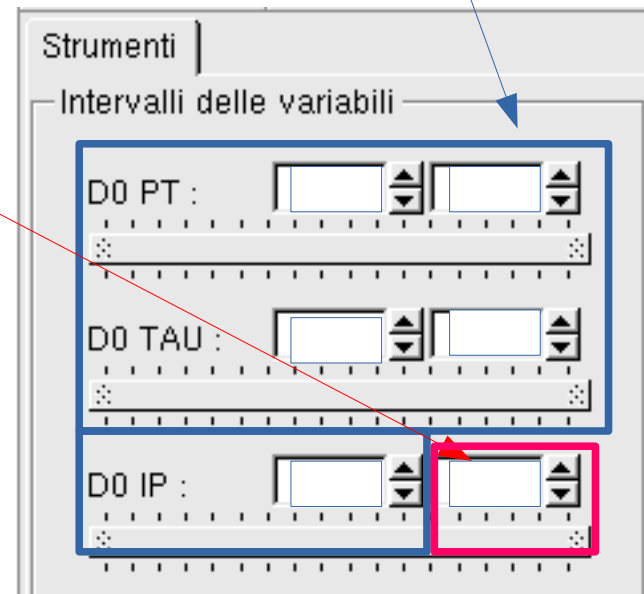


# Dipendenza dalla selezione

Bloccate la selezione (intervallo di massa del  $D^0$  ;  $D^0$  PT ;  $D^0$  TAU) e modificate un solo criterio di selezione: il **massimo** del parametro d'impatto ( **$D^0$  IP**).

**Per ogni valore:**

- ri-visualizzate tutti i grafici cliccando su:
  - Grafico massa  $D^0$
  - Fit distribuzione di massa
  - Grafici distribuzioni
- ri-effettuate il fit del tempo di decadimento:
  - Fit tempo di decadimento
- rimisurate il tempo di vita medio (Fit result, Fit Error) e salvatelo



**Alla fine:**

valutate l'**andamento del risultato** in funzione del taglio applicato e cercate di concludere se e perché esiste una dipendenza.

# Buon lavoro

I tutor sono felici di rispondere alle vostre domande.