

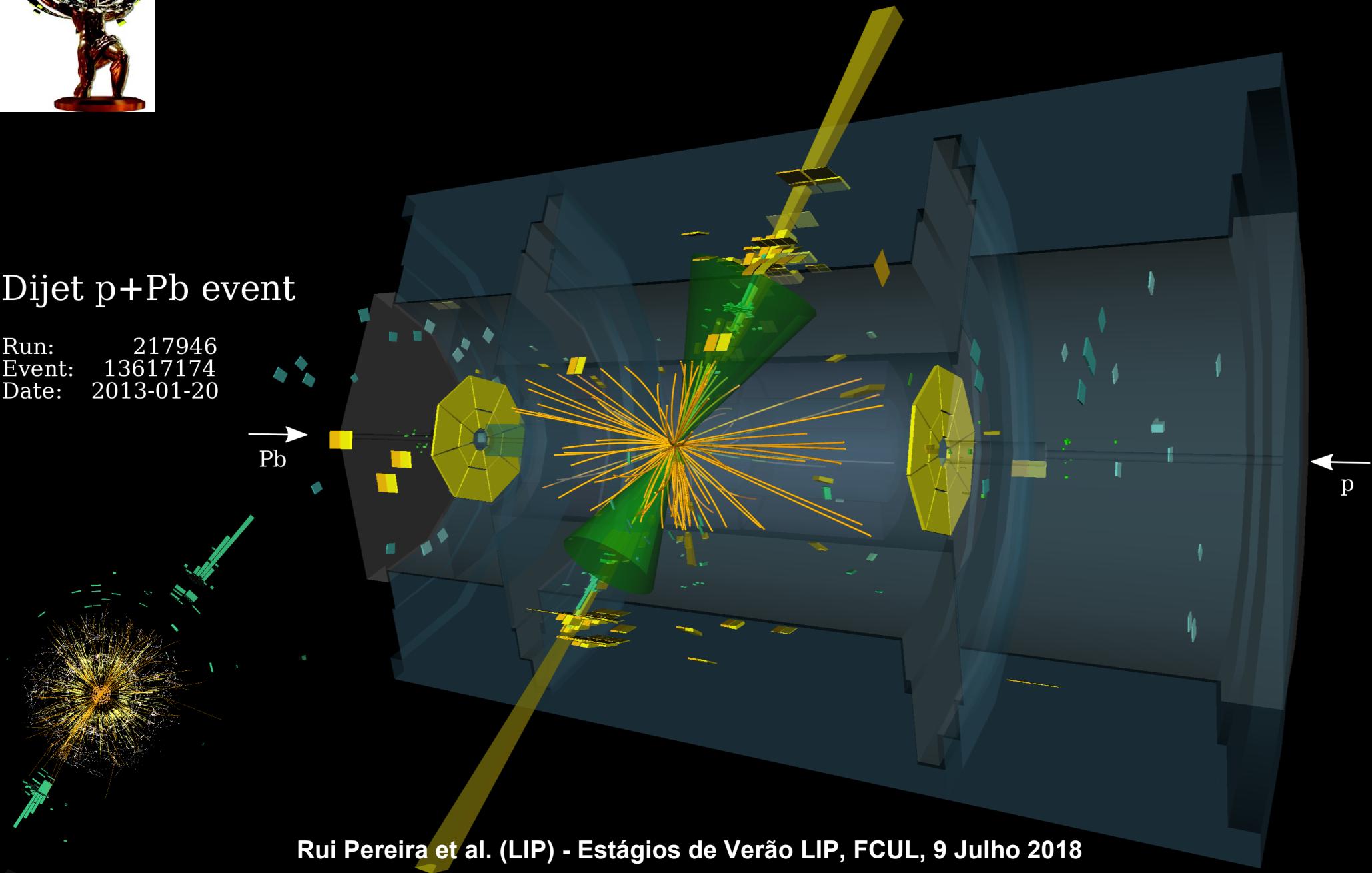


HYPATIA Hands On

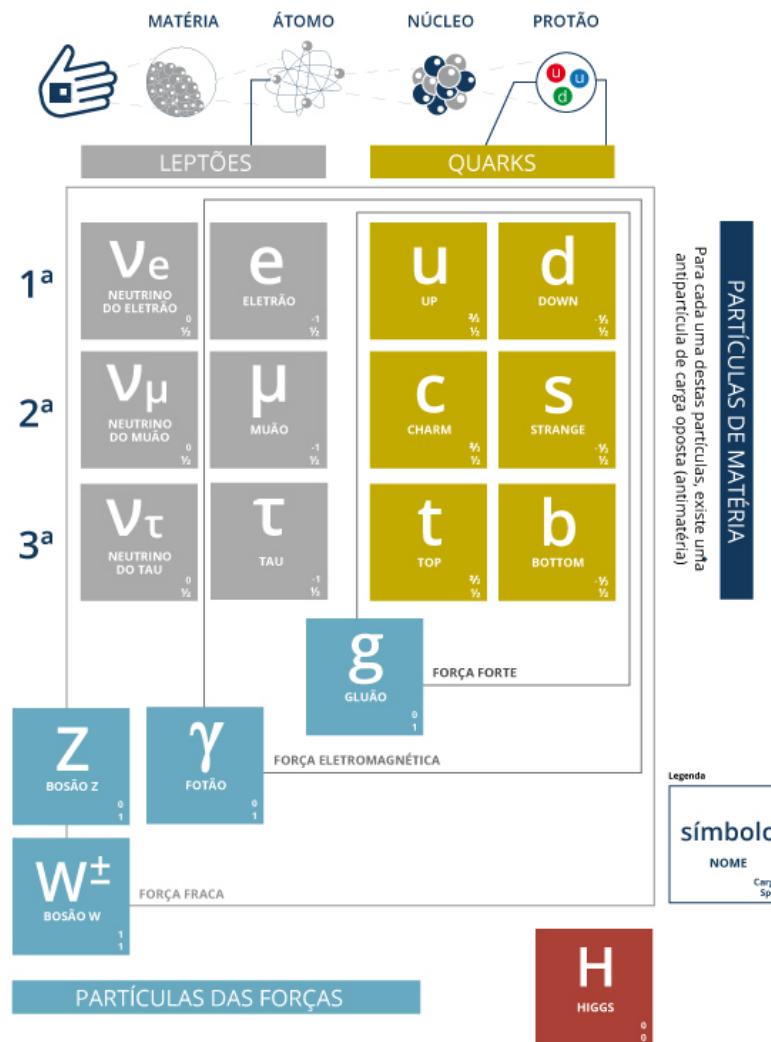


Dijet p+Pb event

Run: 217946
Event: 13617174
Date: 2013-01-20

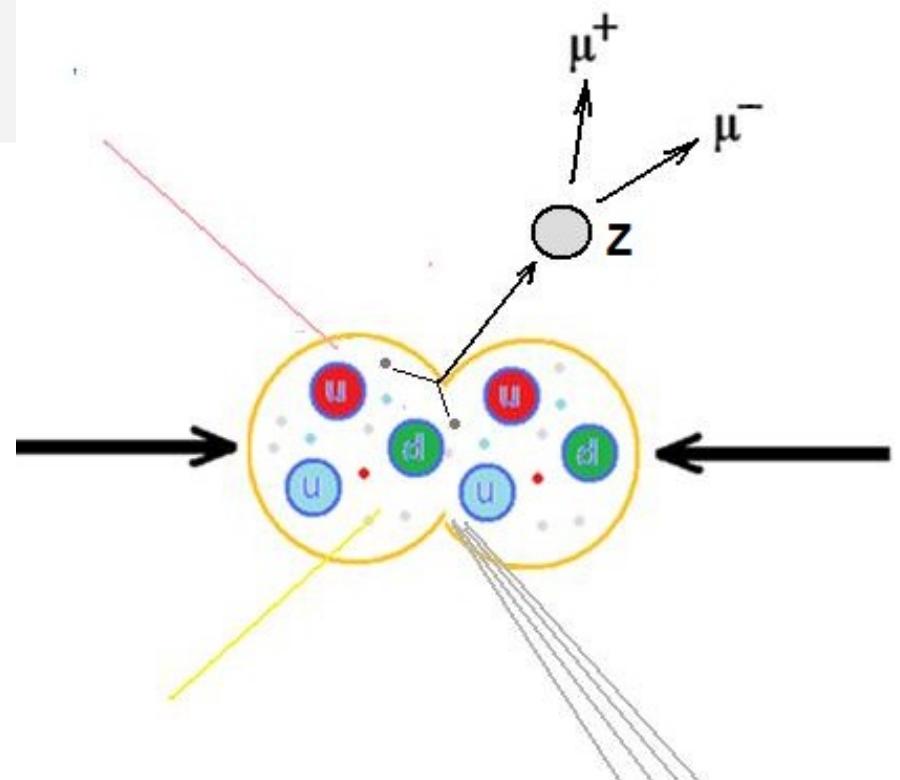


O modelo padrão das partículas elementares



Produção e Decaimento de Partículas

O bosão Z é uma partícula **sem carga eléctrica** que decai num **par muão-antimuão** ou num **par electrão-positrão**.



Produção e Decaimento de Partículas

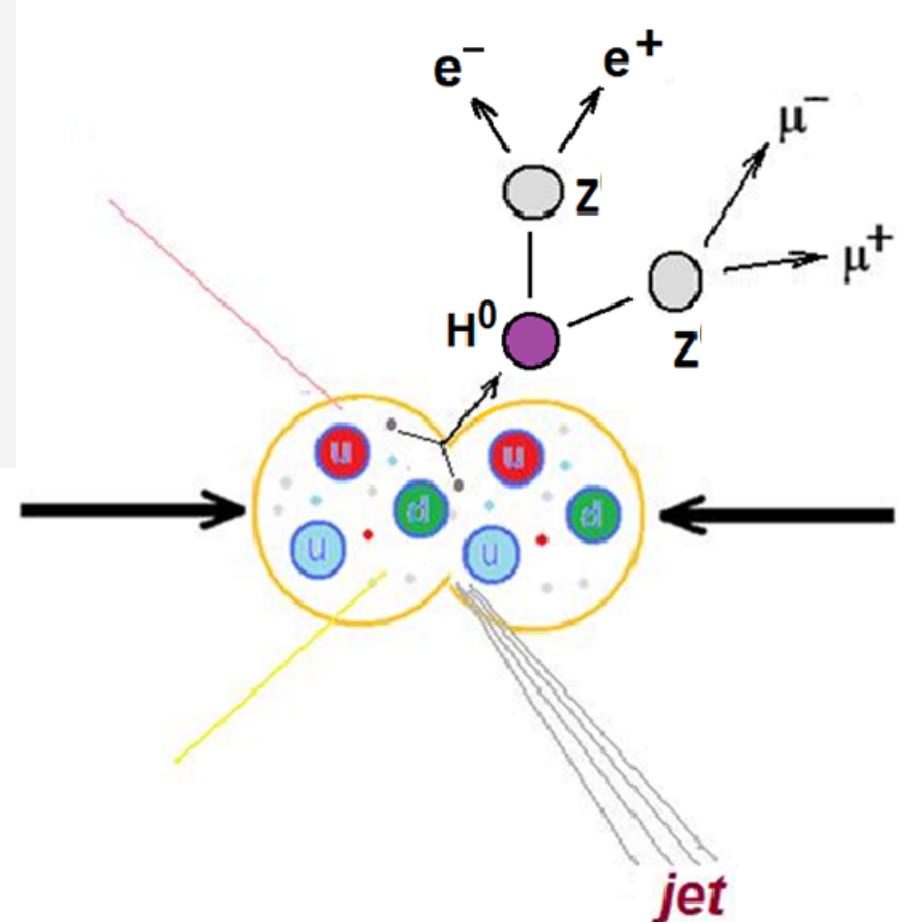
O bosão de Higgs (H) foi encontrado nas experiências ATLAS e CMS no LHC do CERN em 2012.

Podemos ter acontecimentos candidatos a bosões de Higgs

$H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4$ leptões

$H \rightarrow \gamma\gamma$ (2 fotões)

•



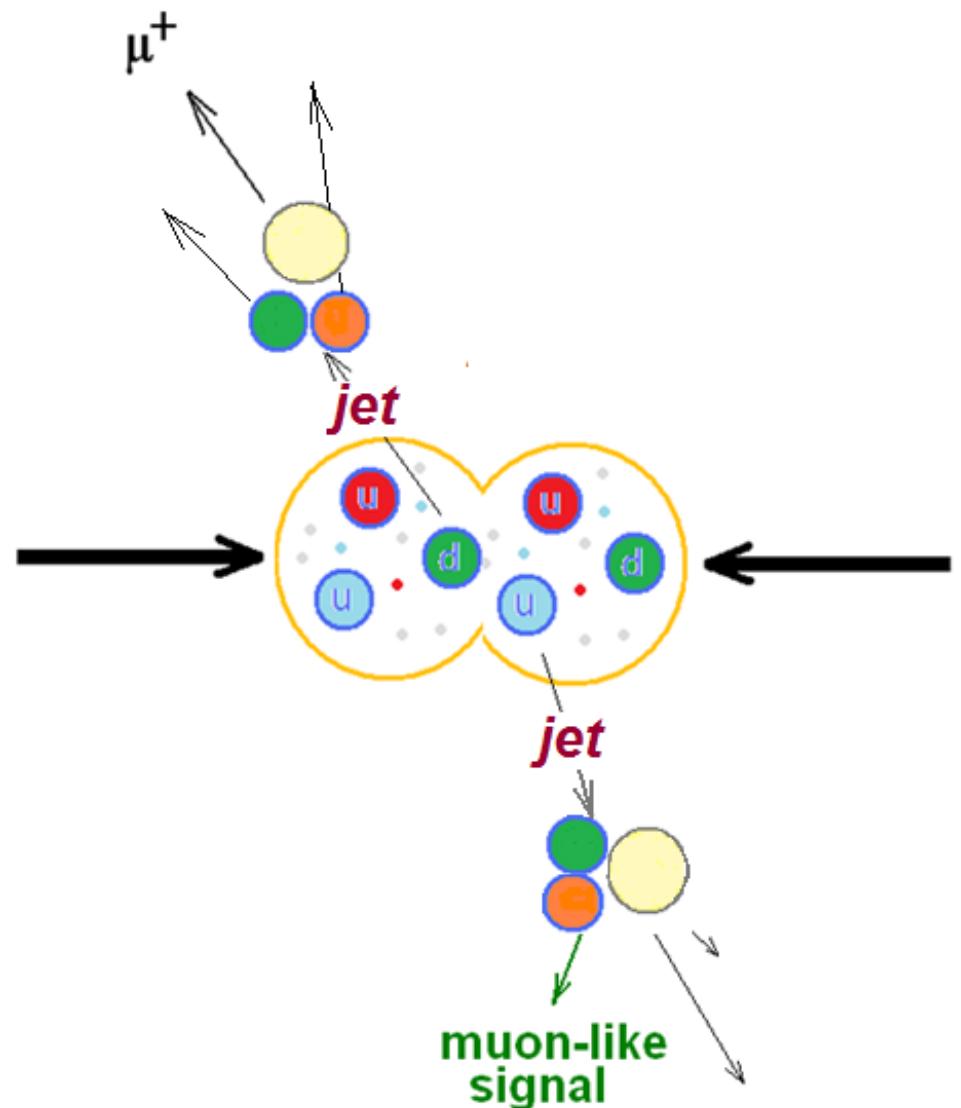
Produção e Decaimento de Partículas

Frequentemente quarks são dispersados em colisões.

Estes quarks dão origem a jactos de partículas.

Electrões e muões de baixa energia podem ser produzidos nos jactos.

Não são o que estamos à procura!



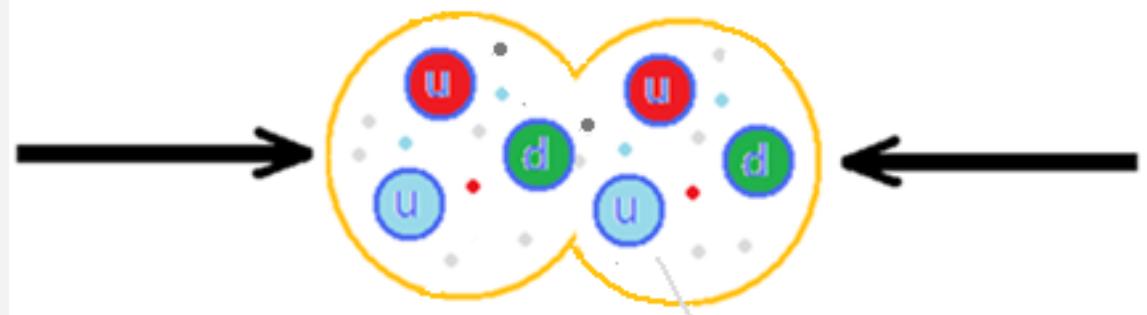
Produção e Decaimento de Partículas

Iremos visualizar vários acontecimentos e usar a informação de massa invariante para saber se descobrimos o bosão Z, o bosão de Higgs ou outras partículas.

$$E^2 = m^2 c^4 + c^2 p^2$$

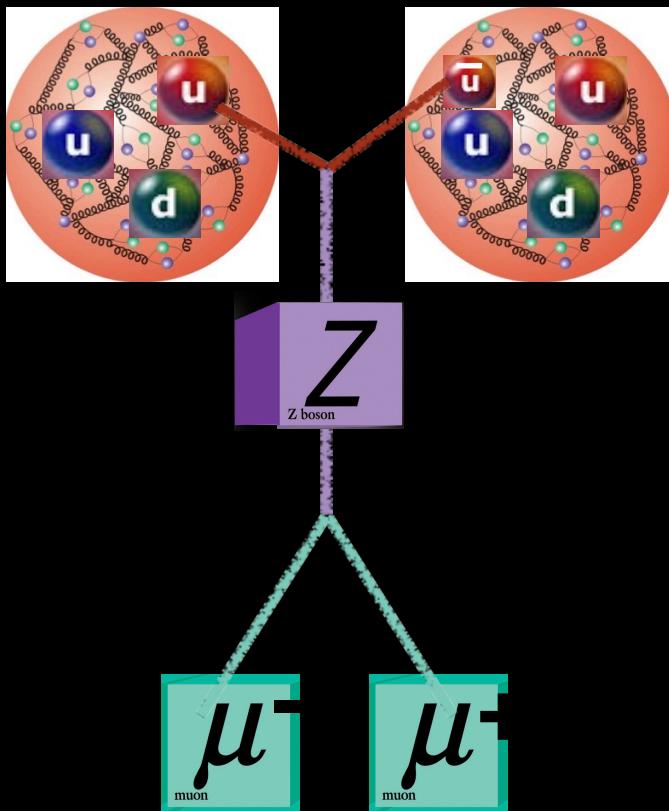
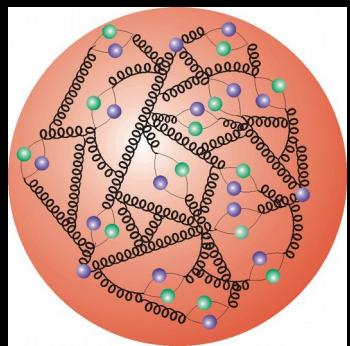
$$E = E_1 + E_2 \quad p = |\vec{p}| = |\vec{p}_1 + \vec{p}_2|$$

$$m = \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - c^2(\vec{p}_1 + \vec{p}_2)^2} / c^2$$



$$Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$$

Para além dos quarks uud , o protão é na realidade composto por um mar de quarks e gluões

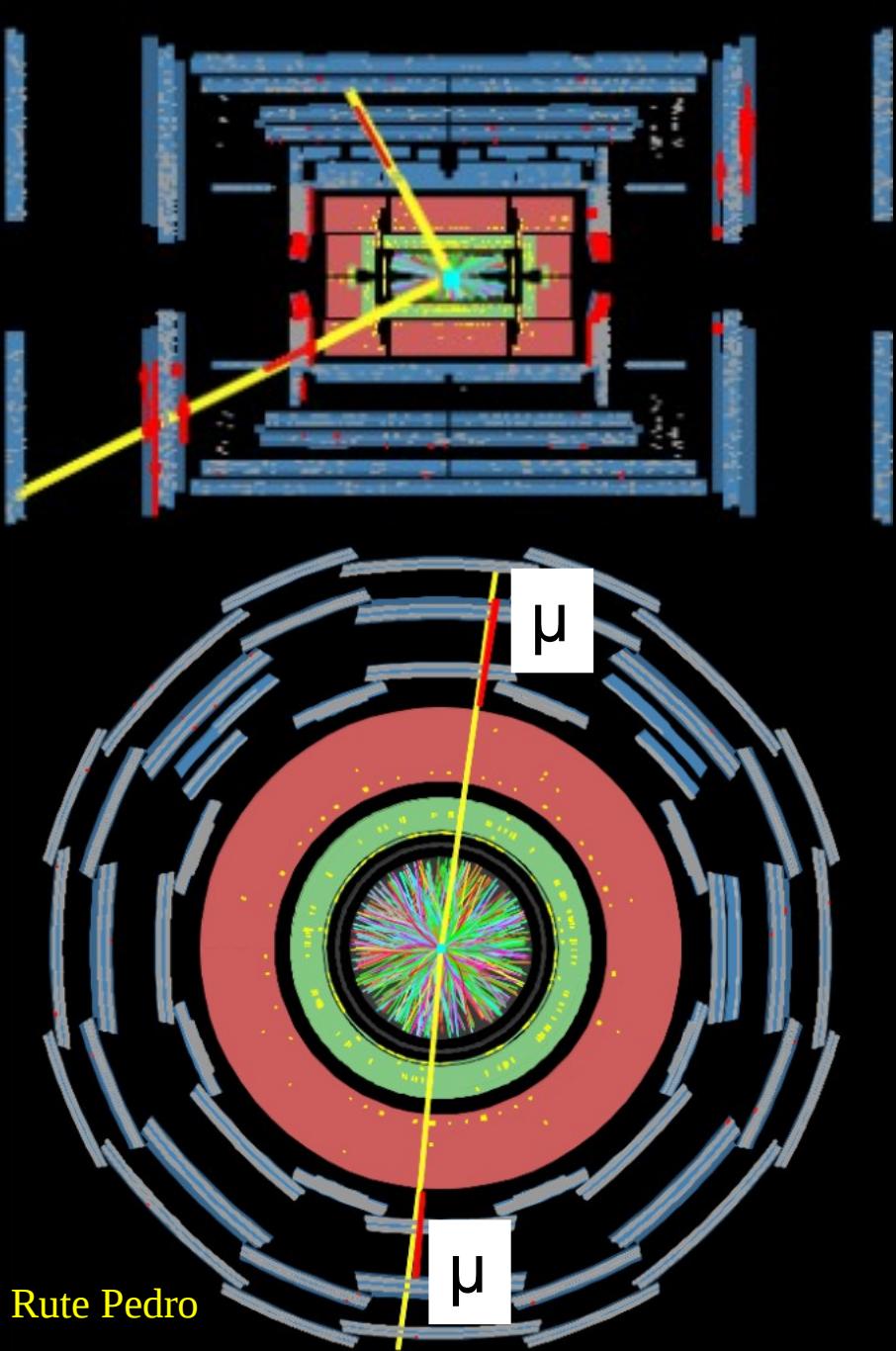


f	$+$	\bar{f}
$2/3e$ ($-1/3e$)		$-2/3e$ ($1/3e$)
Z		
\downarrow		
μ^+	$+$	μ^-
$-1e$		$1e$

$$M_Z = \frac{\sqrt{2E_{\mu^-} E_{\mu^+} (1 - \cos \theta_{\mu^- \mu^+})}}{c^2}$$

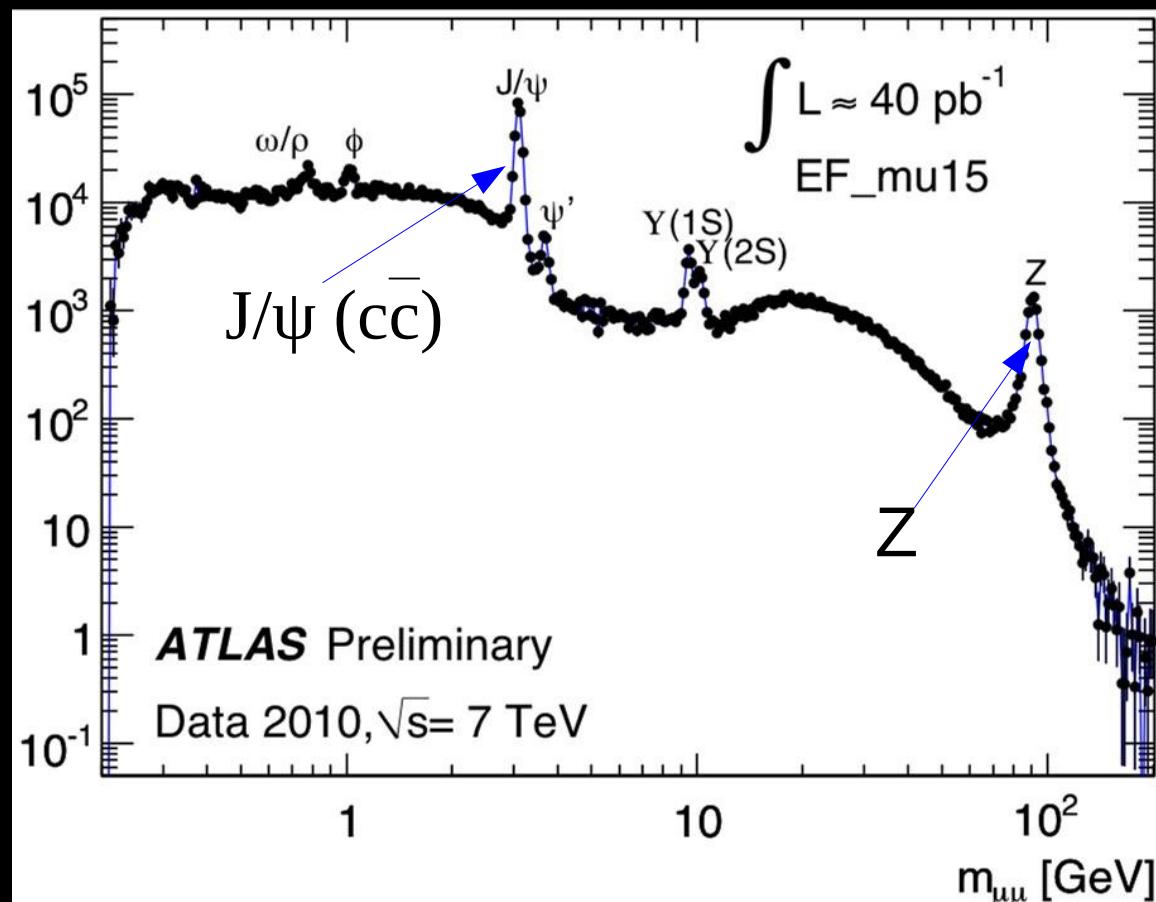
O Z tem outros decaimentos: $Z \rightarrow e^+ e^-$, $\tau^+ \tau^-$, par de quarks ou neutrinos.
Na nossa actividade vamos considerar também o processo $Z \rightarrow e^+ e^-$

$Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$



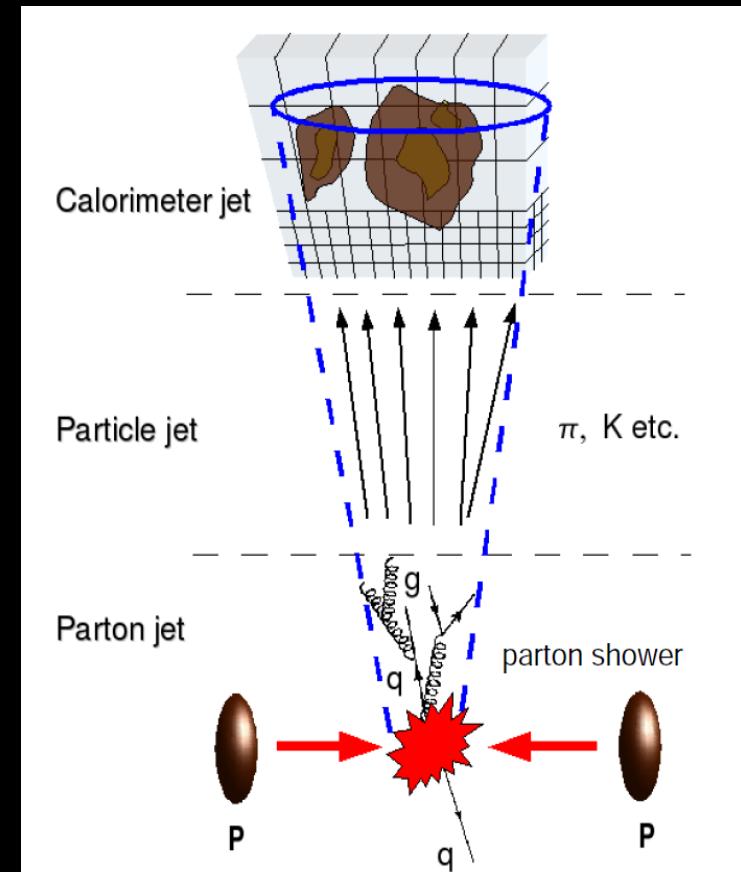
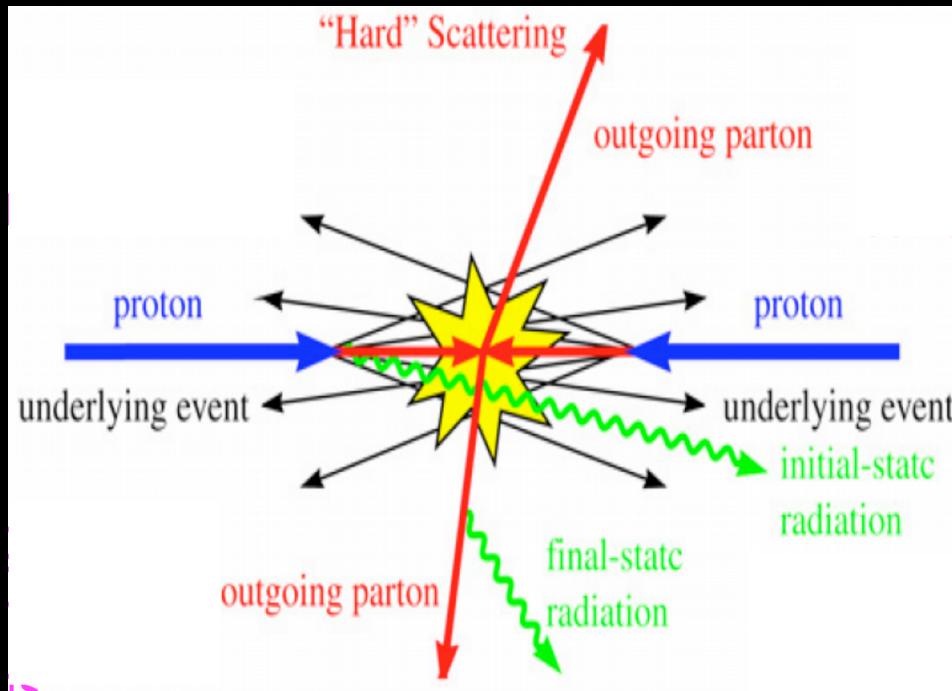
Depois de muitos eventos...

Espectro de massa invariante dos pares de muões

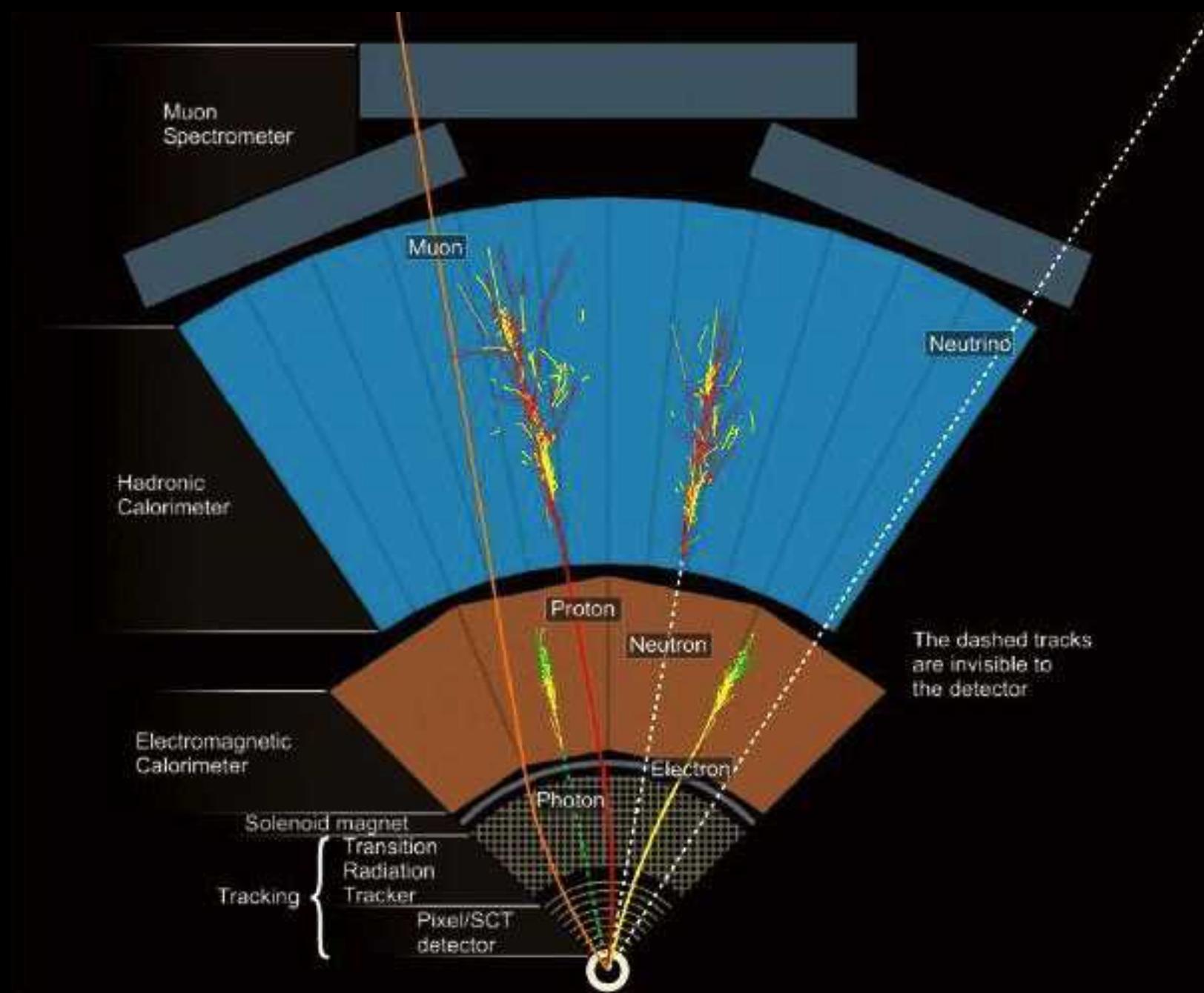


Na nossa actividade vamos considerar também o processo $Z \rightarrow e^+ e^-$

colisões p+p



Detectores de Partículas



HYPATIA

- Visualizador interactivo de eventos de dados de colisões reais eventos aqui usados: $\text{sqrt}(s) = 8 \text{ TeV}$
- Classificação de eventos e geração de histogramas

username: **estagio_verao**

password: **Lip#18**

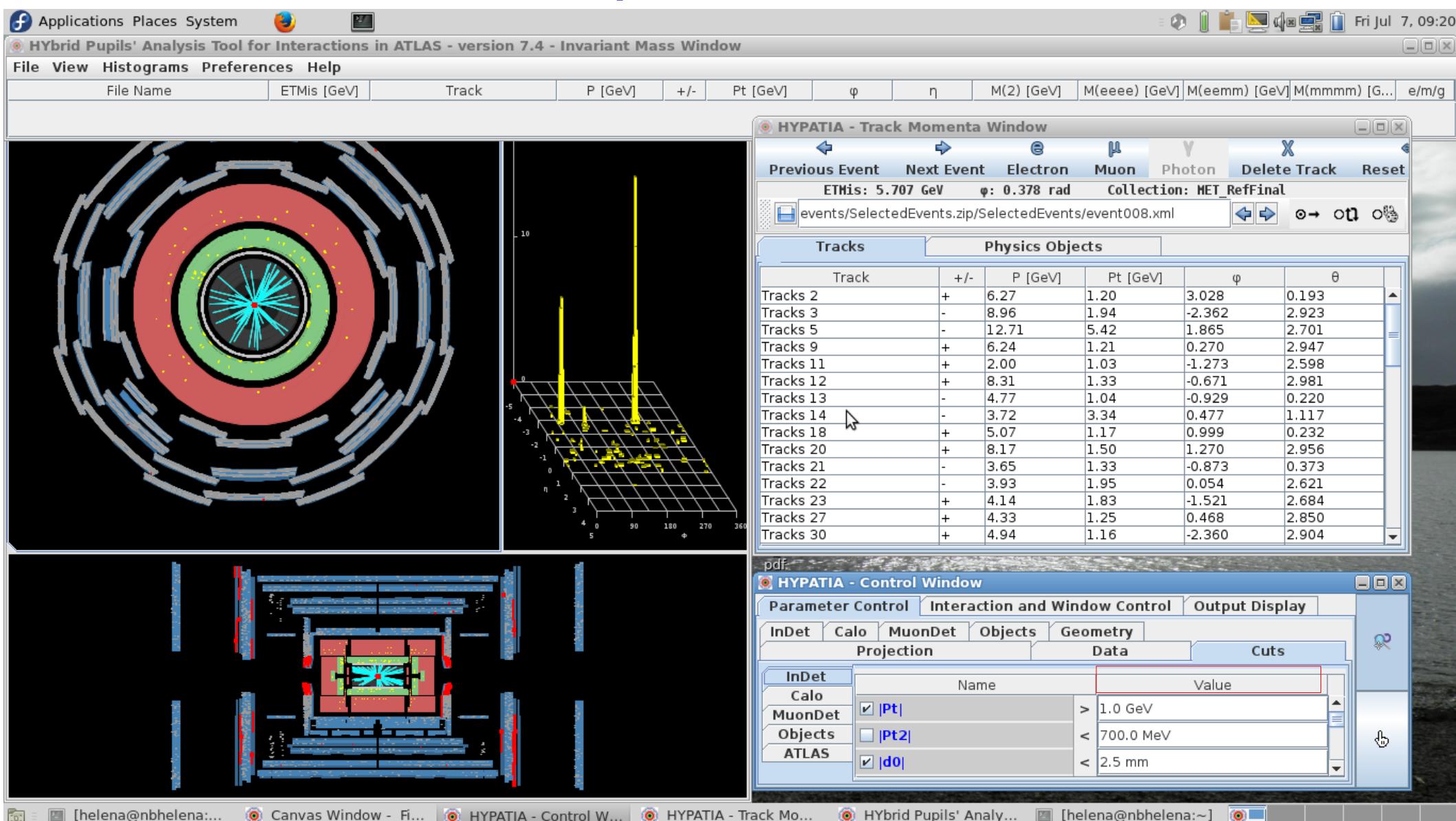
Instruções a dar na linha de comandos:

```
cd hypatia/HYPATIA
```

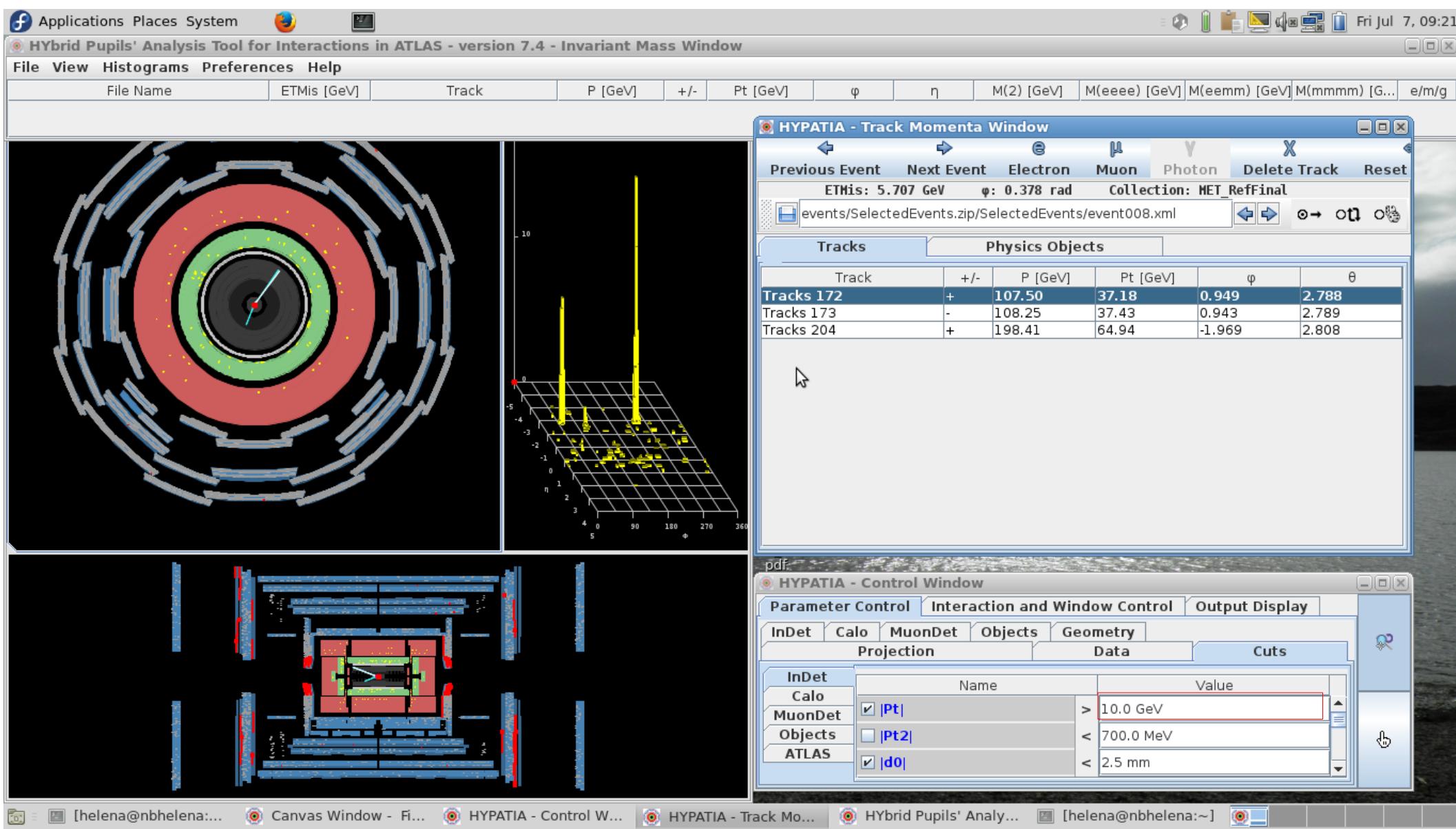
```
java -jar Hypatia_7.4_Masterclass.jar
```

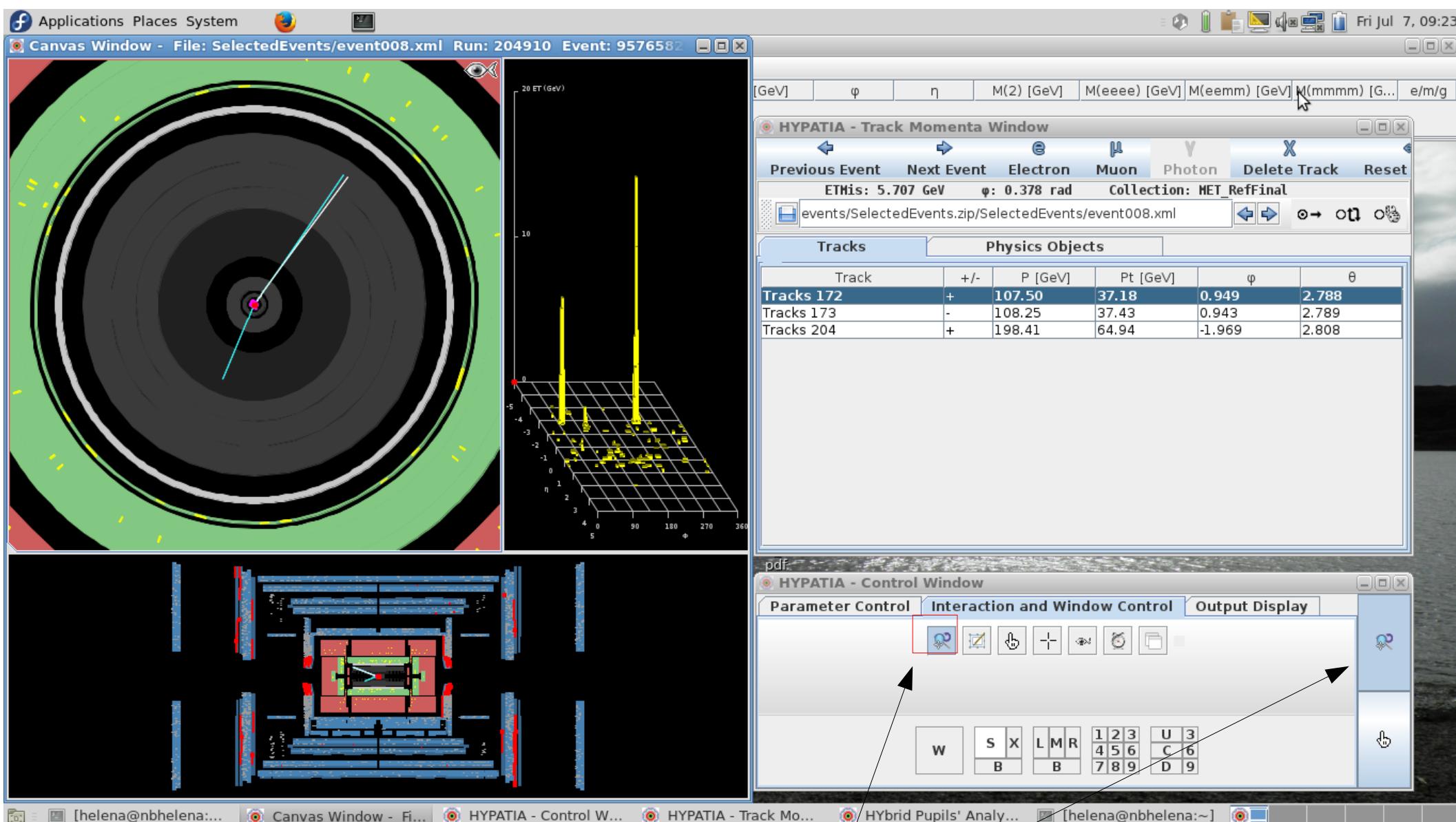
Eventos (Track Momenta Window):

[events/SelectedEvents.zip](#)



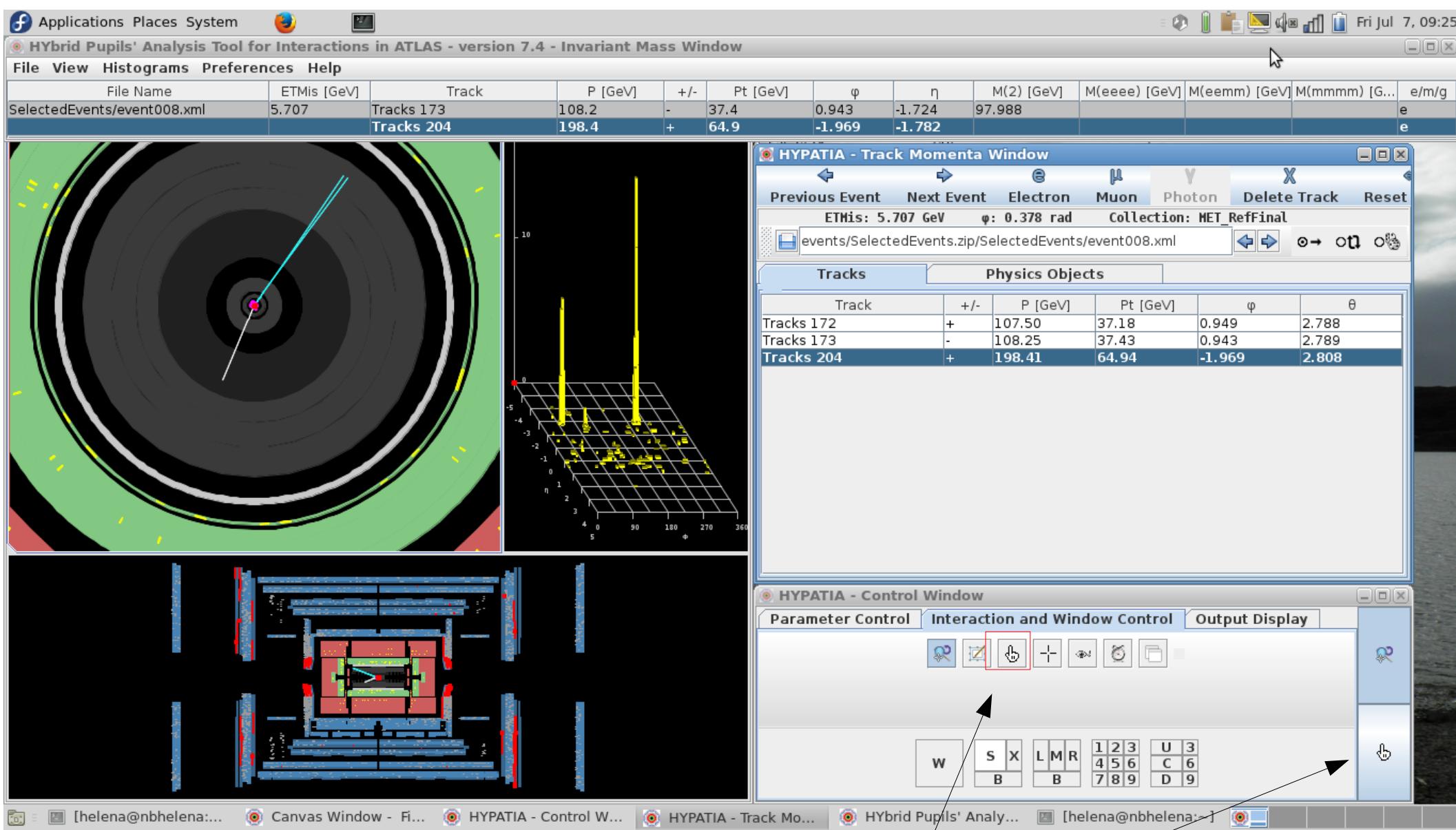
Alterar o corte em momento transverso para $p_T > 10 \text{ GeV}$.



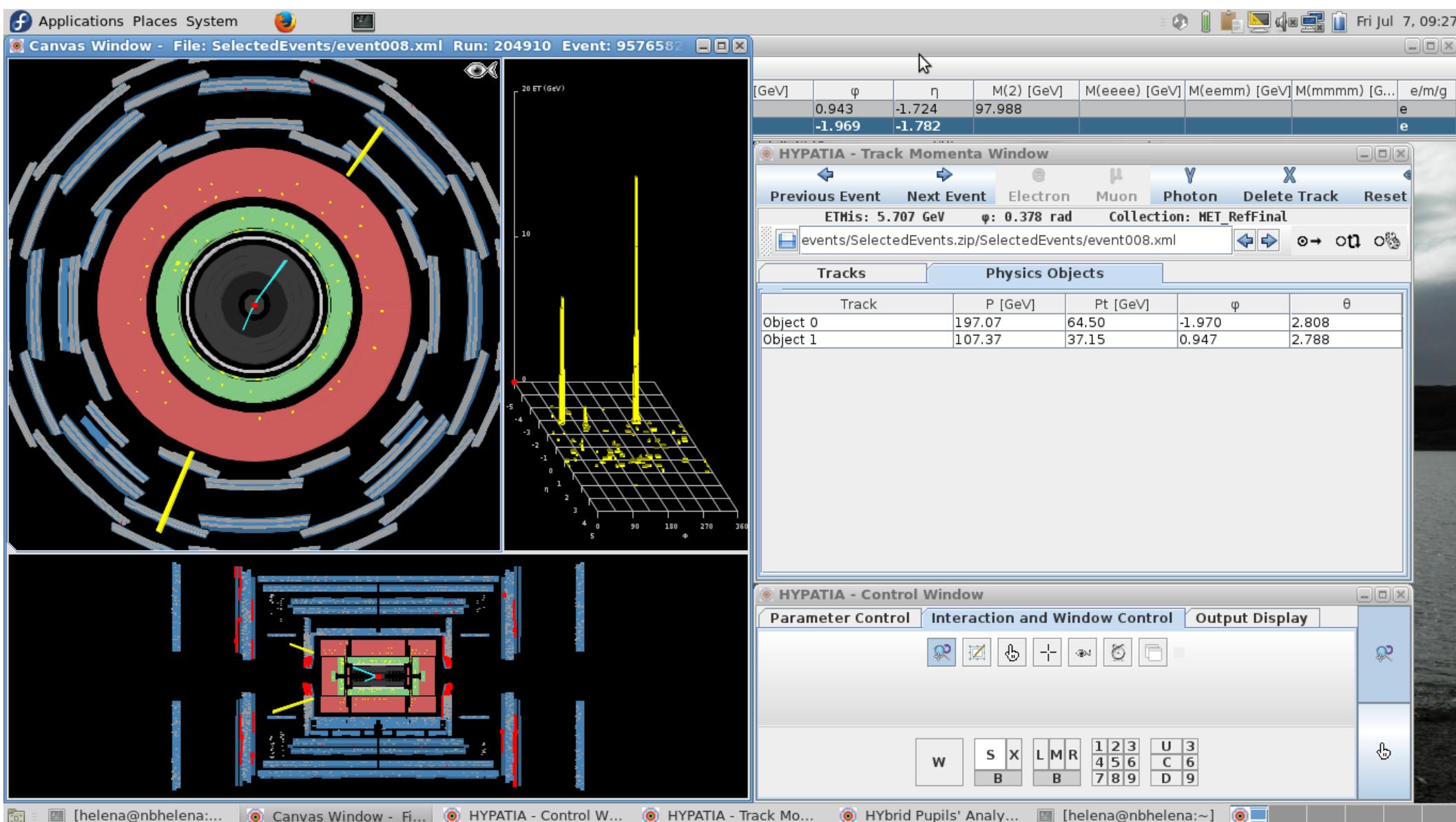


Depois de seleccionado o modo zoom,
clicar e arrastar o ponteiro para variar a
ampliação da imagem

Botão de zoom

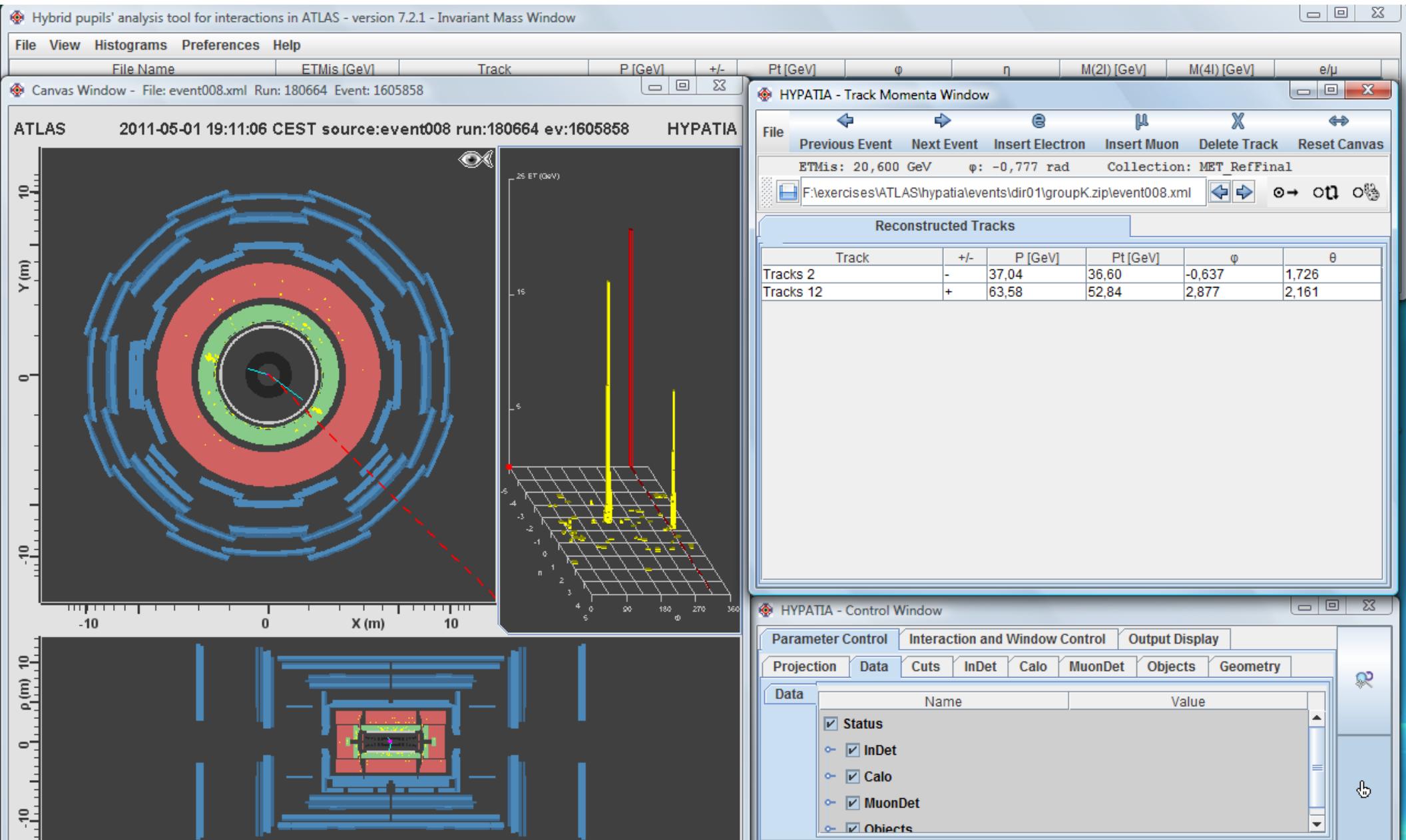


Botão de selecção de traço

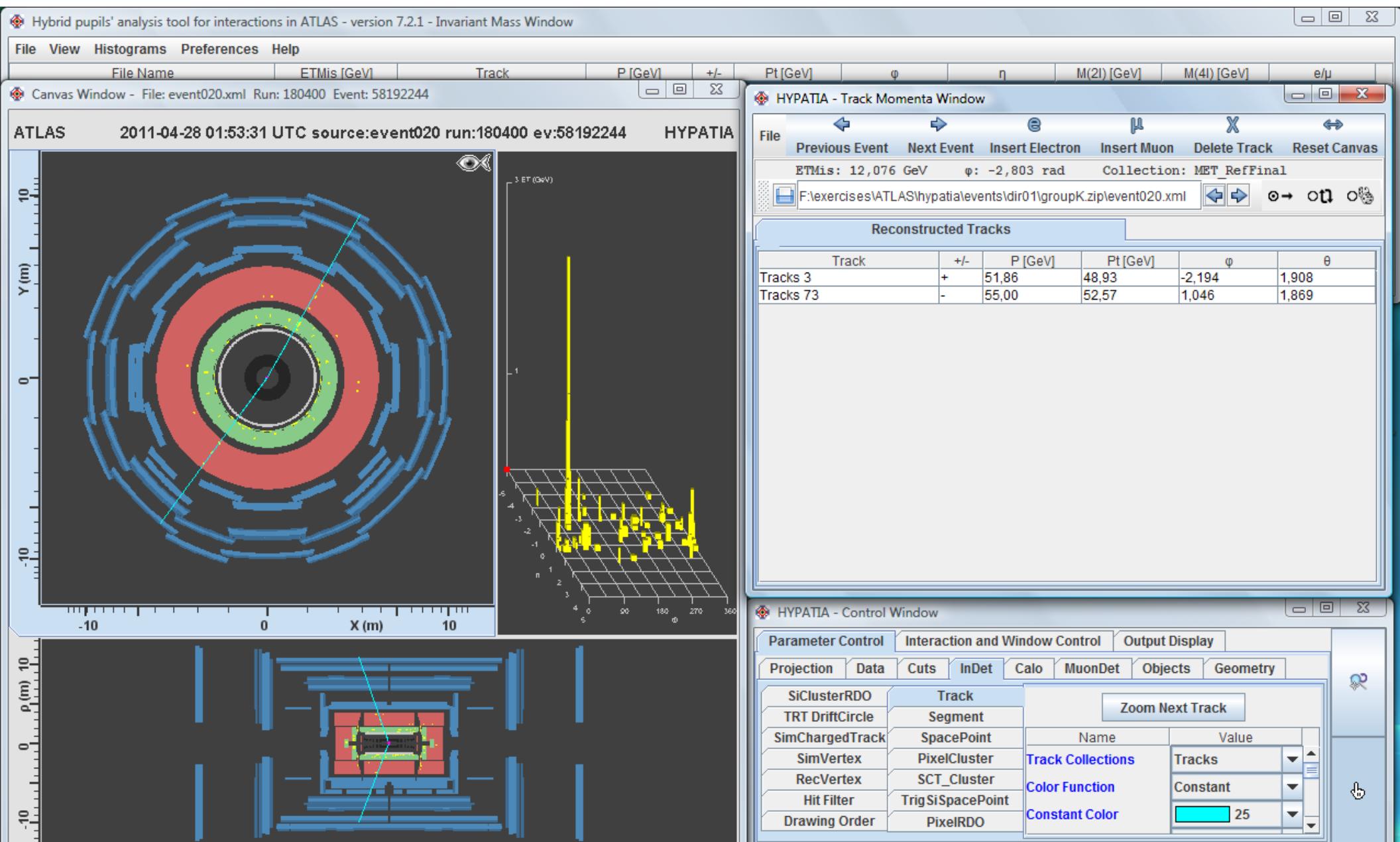


No evento também são reconstruídos fotões, que não deixam traços.

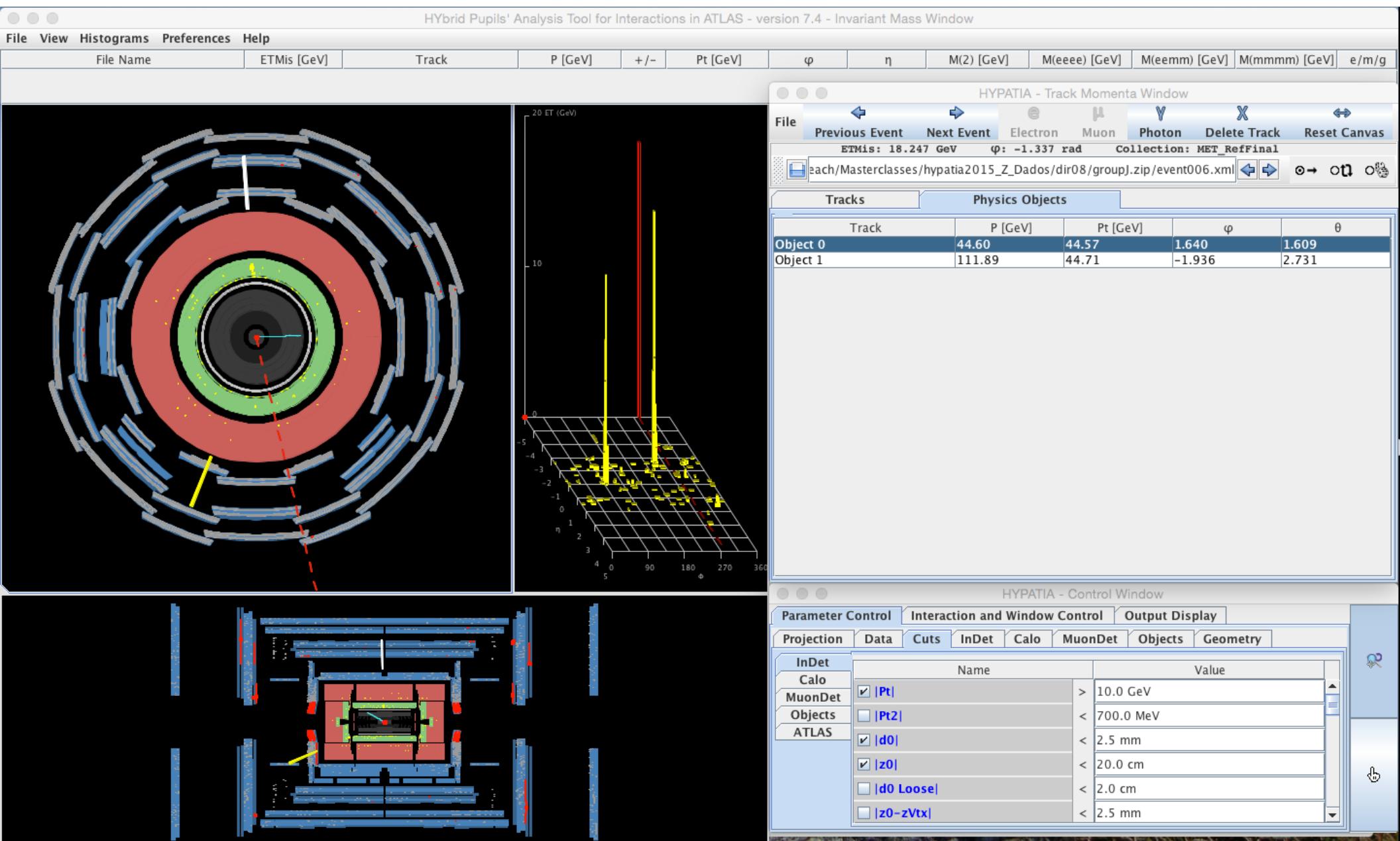
$Z \rightarrow e^+ e^-$



$Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$

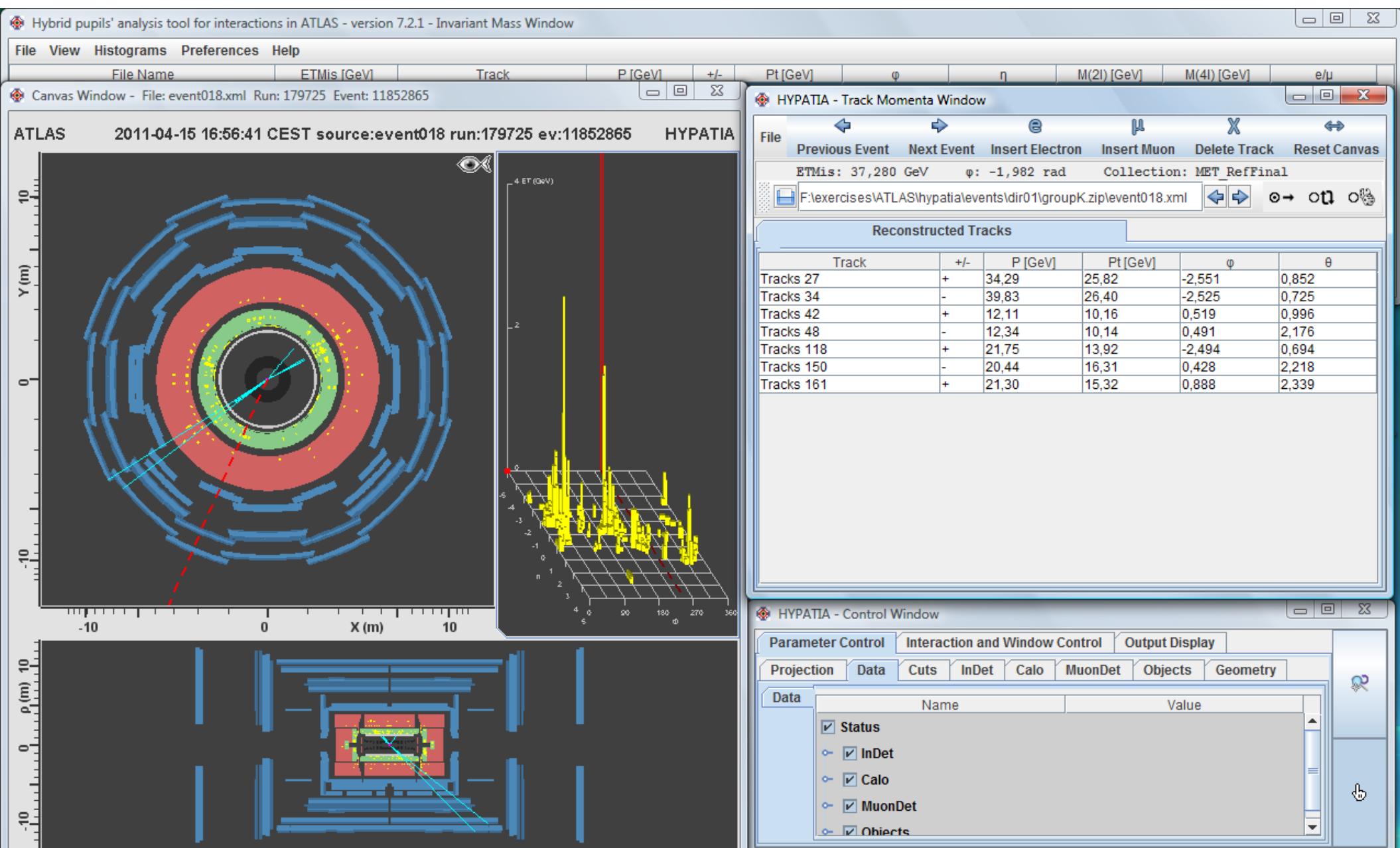


$H \rightarrow \gamma\gamma$

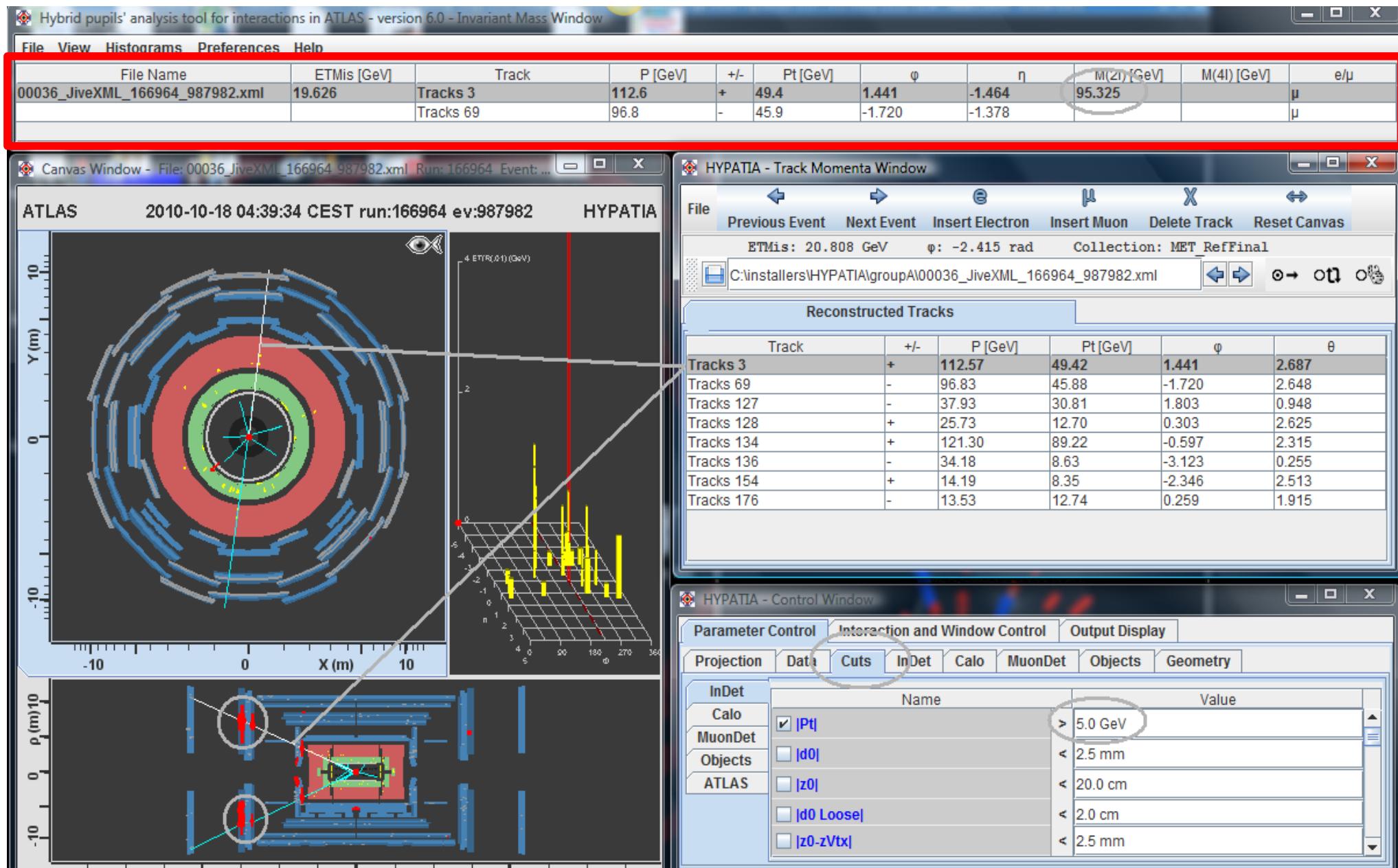


Os fotões são partículas neutras; não deixam traços no detector interior.

Z → jactos (fundo)



Cálculo da massa invariante



Seleccionar um a um os traços ou fotões relevantes clicando em "electron"/"muon"/"photon" (no caso de querer seleccionar 2 pares, seleccionar de seguida os dois elementos do mesmo par)

Parte II

http://atlas.physicsmasterclasses.org/pt/zpath_exercise2.htm

Eventos (Track Momenta Window):

events/Events2_Z.zip

Corte em momento transverso: $p_T > 5 \text{ GeV}$

BACKUP

Propriedades do bosão Z

O bosão Z é (tal como os bosões W^+ e W^-) um mediador da interacção fraca. Os bosões W são responsáveis por alguns tipos de decaimento radioactivo (os que transformam um neutrão em protão e vice-versa), enquanto o bosão Z desempenha um papel importante nas interacções dos neutrinos.

- **O bosão Z é pesado** – a sua massa é **$91.2 \text{ GeV}/c^2$** (cerca de 100 vezes a massa do protão) – e a sua vida é muito curta: vida média de **$3 \times 10^{-25} \text{ s}$**
- **O bosão Z é neutro** → a soma das cargas eléctricas dos seus produtos de decaimento é zero. O bosão Z decai das seguintes formas:
 - **Par quark-antiquark (70%)** → identificado por jactos no calorímetro;
 - **Par neutrino-antineutrino (20%)**. Os neutrinos atravessam o detector sem serem detectados. Esta forma de decaimento pode ser identificada se o momento transverso em falta (missing transverse momentum, MET) for elevado.
 - **Par leptão-antileptão (10%)**. Os três tipos de leptão (electrão, muão, tau) ocorrem com probabilidades iguais.

Bosão de Higgs

O Modelo Padrão não prevê a massa do bosão de Higgs. Em vez disso, para uma dada massa, prevê as taxas de produção em colisões p+p no LHC e as probabilidades de decaimento em outras partículas. Para uma massa de 125 GeV/c² o Modelo Padrão prevê:

