

Riconoscimento di Eventi

2° parte

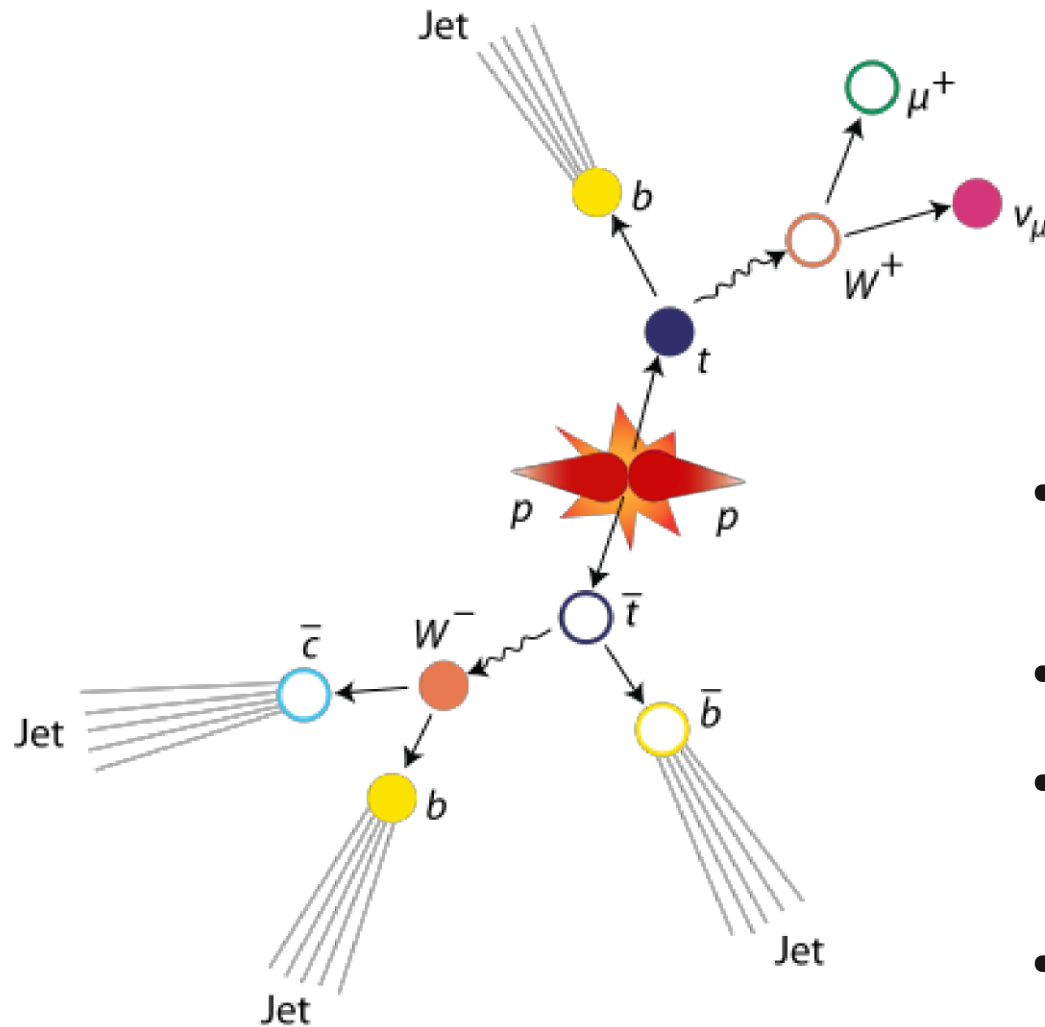
Andrea Bocci, CERN/CMG

Sommario

- 1° parte
 - le particelle del modello standard
 - i diversi componenti di un rivelatore
 - come si distinguono le diverse particelle
- 2° parte
 - ricostruzione di un evento
 - event display
 - criteri di selezione
 - $t\bar{t} \rightarrow \mu \nu + 4 \text{ jets}$
 - $ZZ \rightarrow 4 \mu$
 - analisi dati in tempo reale: “trigger”

Ricostruzione di un evento

Un esempio di interazione...

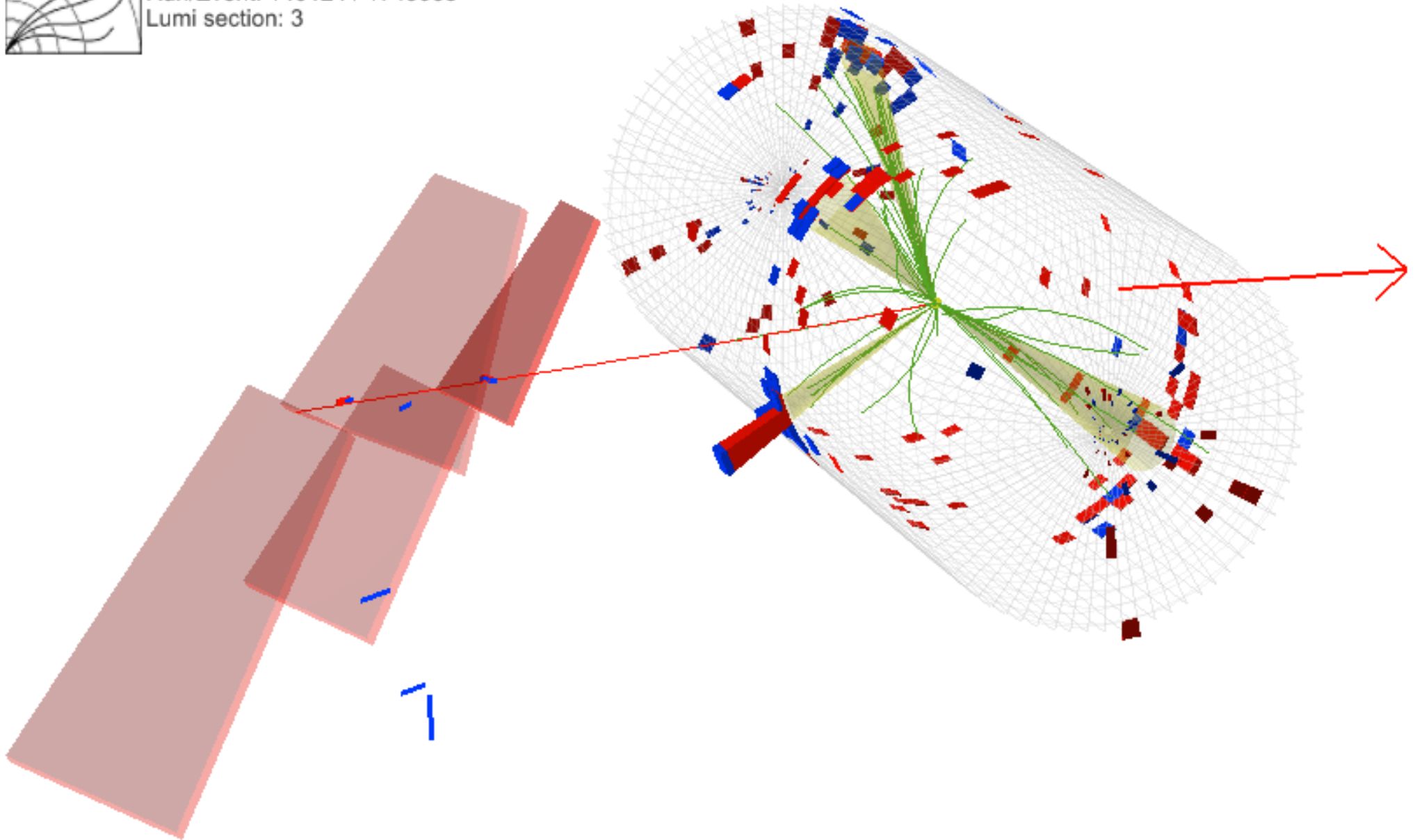


- i “top” e “W” decadono istantaneamente
- i quark creano “jet” adronici
- il “ μ ” viene osservato direttamente
- il “ ν ” viene rivelato come “energia mancante”

...vista da CMS...



CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Jul 14 03:32:41 2010 CEST
Run/Event: 140124 / 1749068
Lumi section: 3

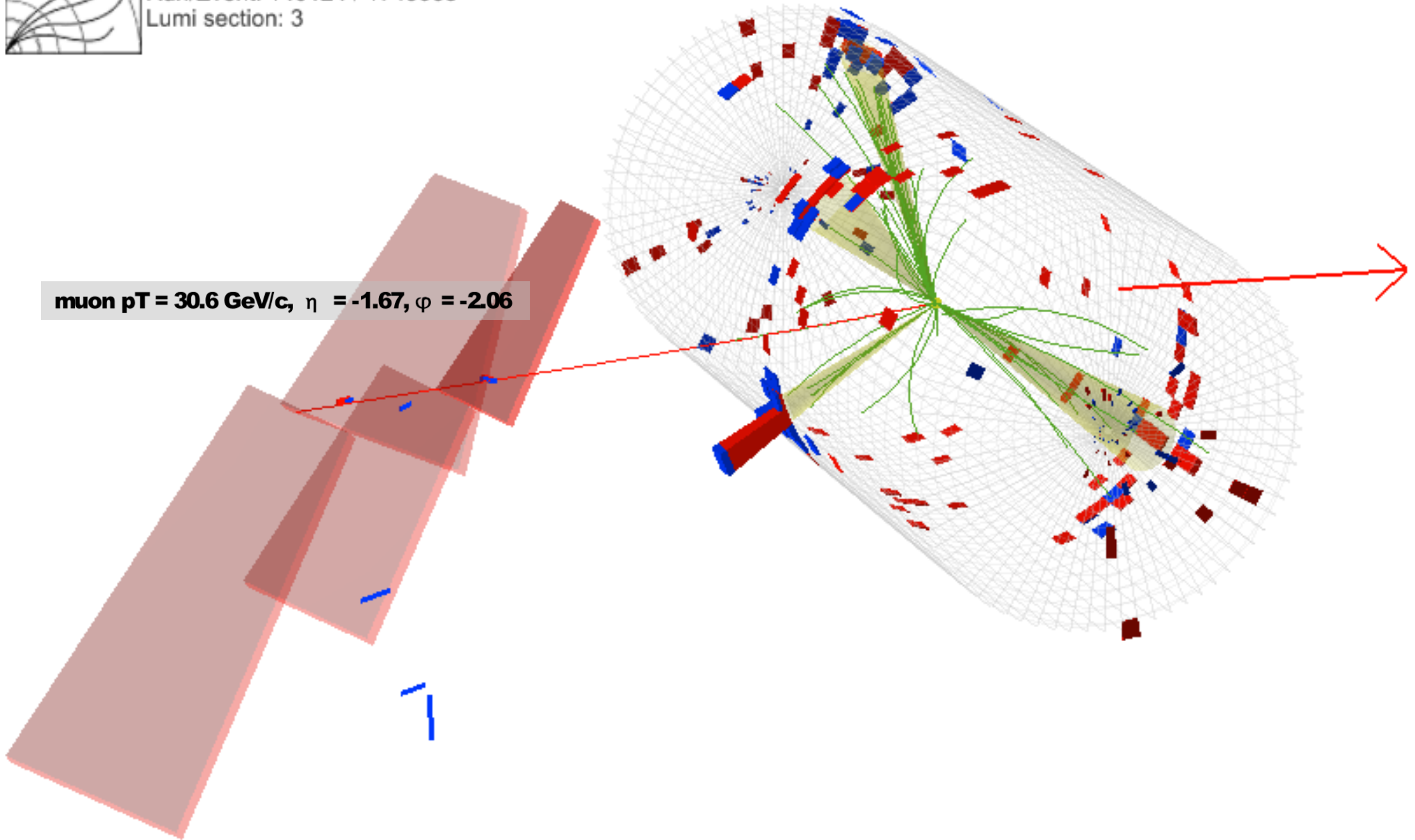


...vista da CMS...



CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Jul 14 03:32:41 2010 CEST
Run/Event: 140124 / 1749068
Lumi section: 3

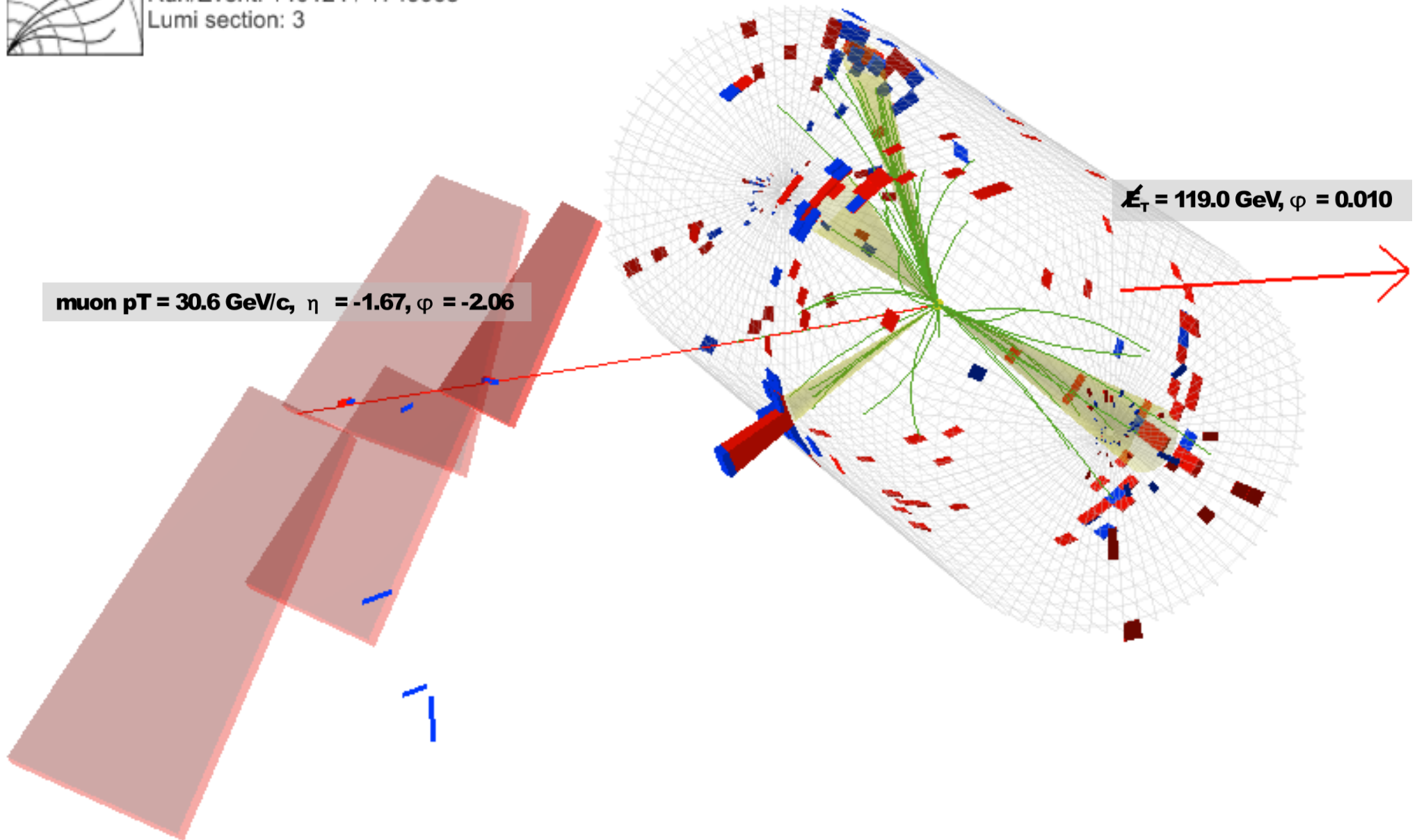
muon $p_T = 30.6 \text{ GeV}/c$, $\eta = -1.67$, $\phi = -2.06$



...vista da CMS...



CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Jul 14 03:32:41 2010 CEST
Run/Event: 140124 / 1749068
Lumi section: 3



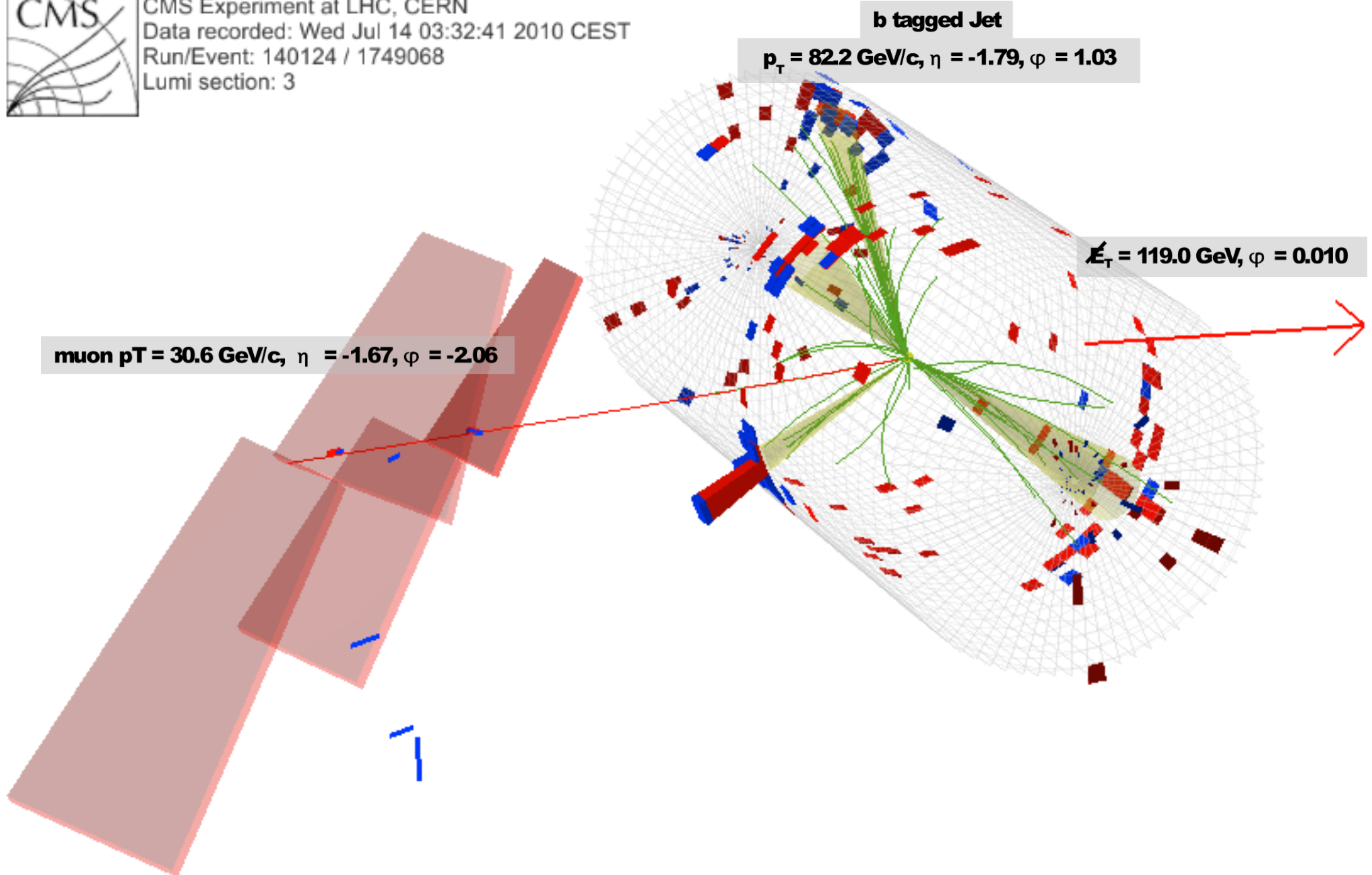
muon $p_T = 30.6 \text{ GeV}/c$, $\eta = -1.67$, $\phi = -2.06$

$E_T = 119.0 \text{ GeV}$, $\phi = 0.010$

...vista da CMS...



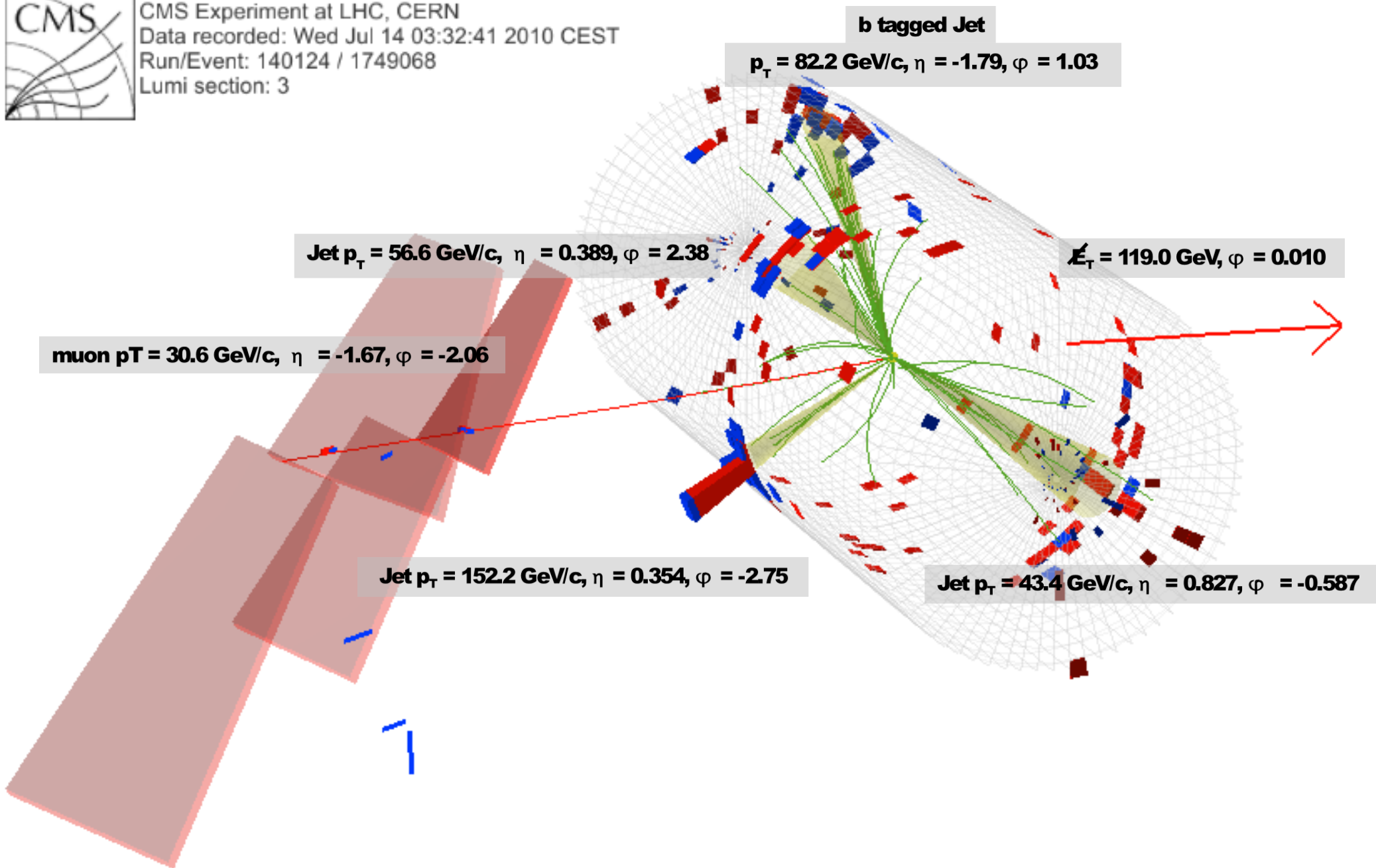
CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Jul 14 03:32:41 2010 CEST
Run/Event: 140124 / 1749068
Lumi section: 3



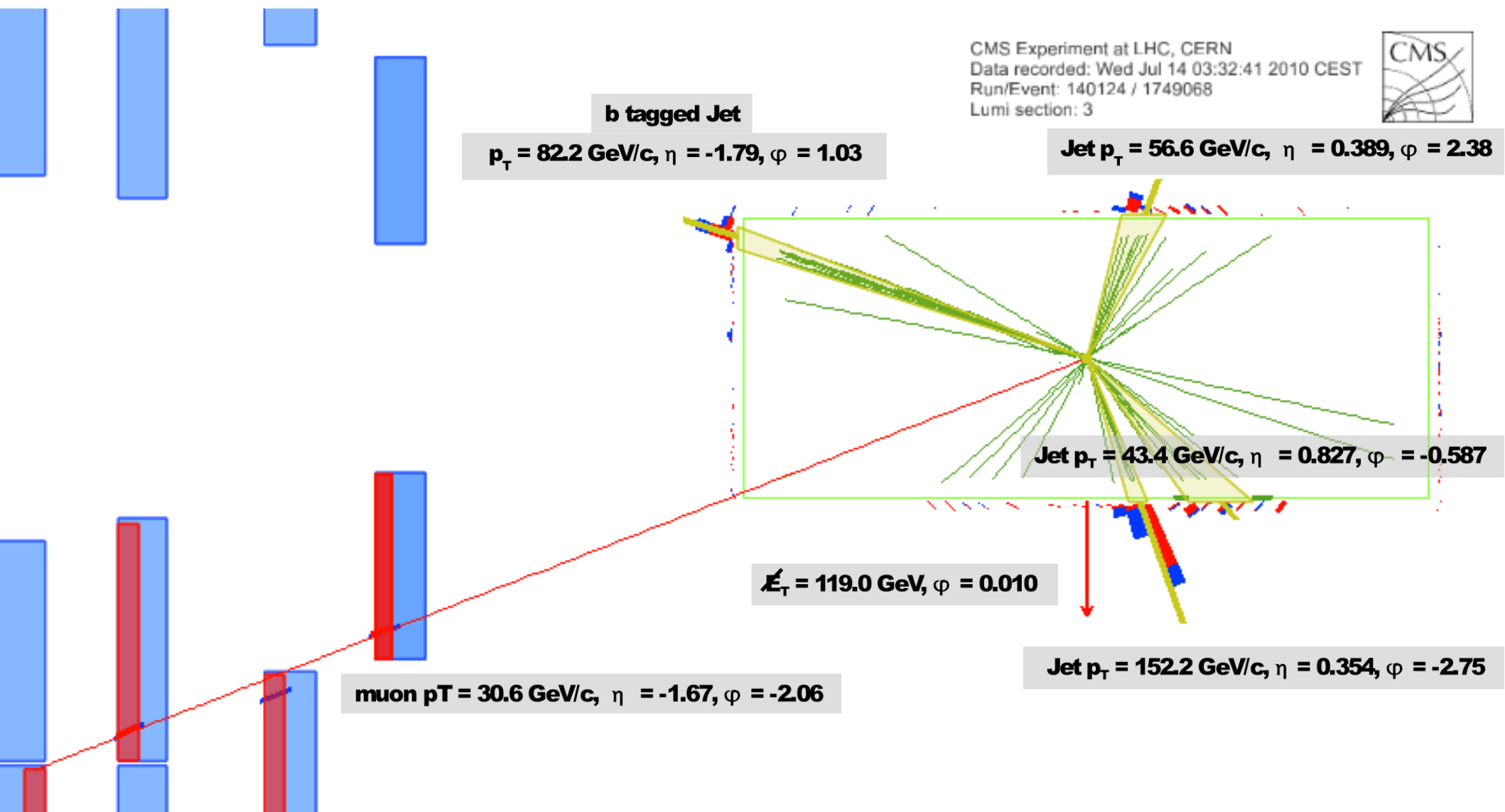
...vista da CMS...



CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Jul 14 03:32:41 2010 CEST
Run/Event: 140124 / 1749068
Lumi section: 3



...da una diversa prospettiva...



...e in vista $R\phi$



CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Wed Jul 14 03:32:41 2010 CEST
Run/Event: 140124 / 1749068
Lumi section: 3

Jet $p_T = 56.6 \text{ GeV}/c$, $\eta = 0.389$, $\phi = 2.38$

b tagged Jet

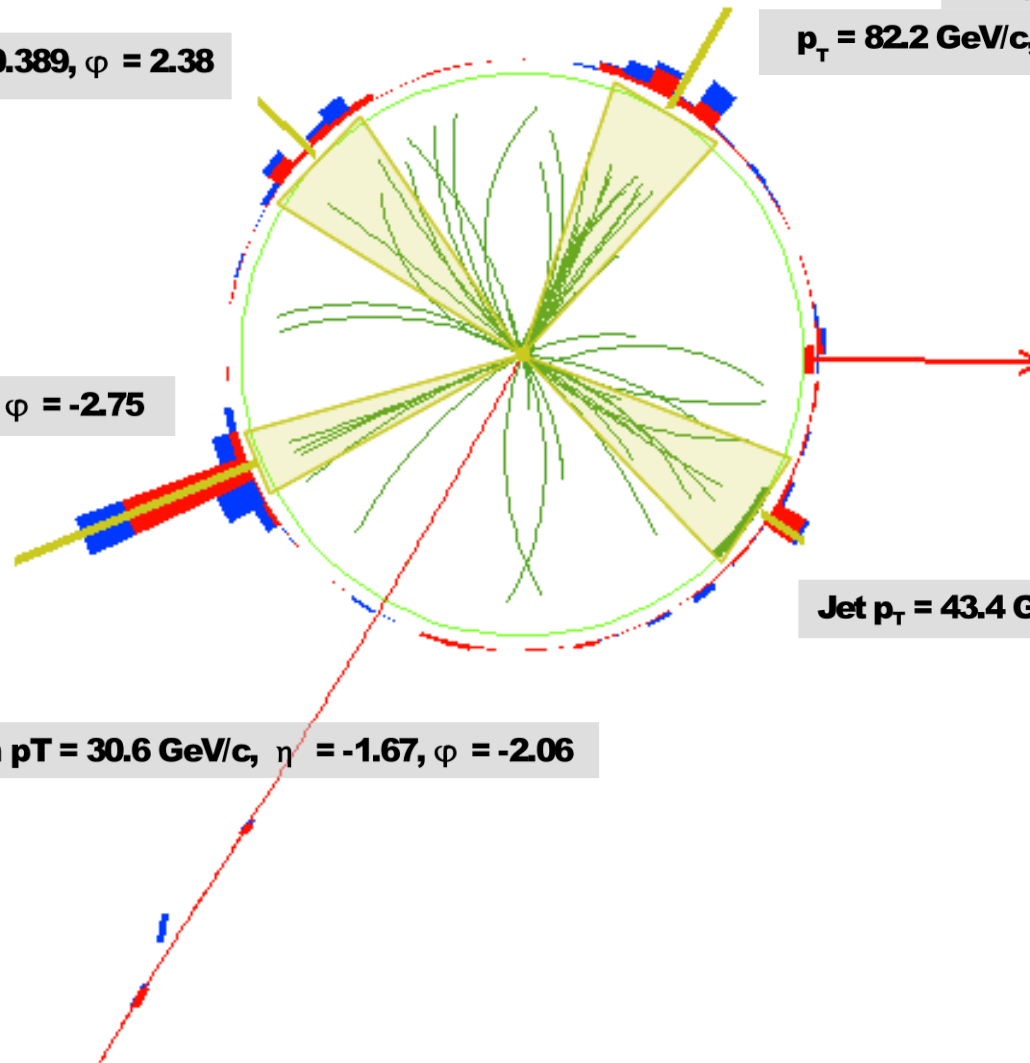
$p_T = 82.2 \text{ GeV}/c$, $\eta = -1.79$, $\phi = 1.03$

Jet $p_T = 152.2 \text{ GeV}/c$, $\eta = 0.354$, $\phi = -2.75$

$\cancel{E}_T = 119.0 \text{ GeV}$, $\phi = 0.010$

Jet $p_T = 43.4 \text{ GeV}/c$, $\eta = 0.827$, $\phi = -0.587$

muon $p_T = 30.6 \text{ GeV}/c$, $\eta = -1.67$, $\phi = -2.06$



Analisi dell'evento

- Come si combinano i diversi oggetti misurati nel rivelatore?
 - elettroni, muoni, jets, ...
- Possiamo fare diverse ipotesi
 - combinando gli oggetti ricostruiti
 - cercando di associare ciascun gruppo al decadimento di una particella
 - confrontandone le proprietà attese con quelle misurate

Quadrivettori

- Quadrivettore

- un quadrivettore è l'estensione di un vettore "spaziale" con una coordinata temporale:

$$s = (ct, \vec{s}) = (ct, x, y, z)$$

- a differenza dei vettori spaziali, il modulo di un quadrivettore **non** è definito positivo:

$$\|s\|^2 = c^2 t^2 - |\vec{s}|^2 = c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2$$

- caratteristica fondamentale dei quadrivettori:

- il modulo di un quadrivettore è invariante per trasformazioni di Lorentz
- così come il modulo di un normale vettore è invariante per rotazioni
- esempio: cambiamento di sistema di riferimento

- Quadrivettore energia-impulso

- anche energia e impulso formano un quadrivettore (quadri-impulso):

$$p = (E, c \vec{p})$$

- il modulo è la massa della particella:

$$\|p\|^2 = E^2 - c^2 |\vec{p}|^2 = m^2 c^4$$

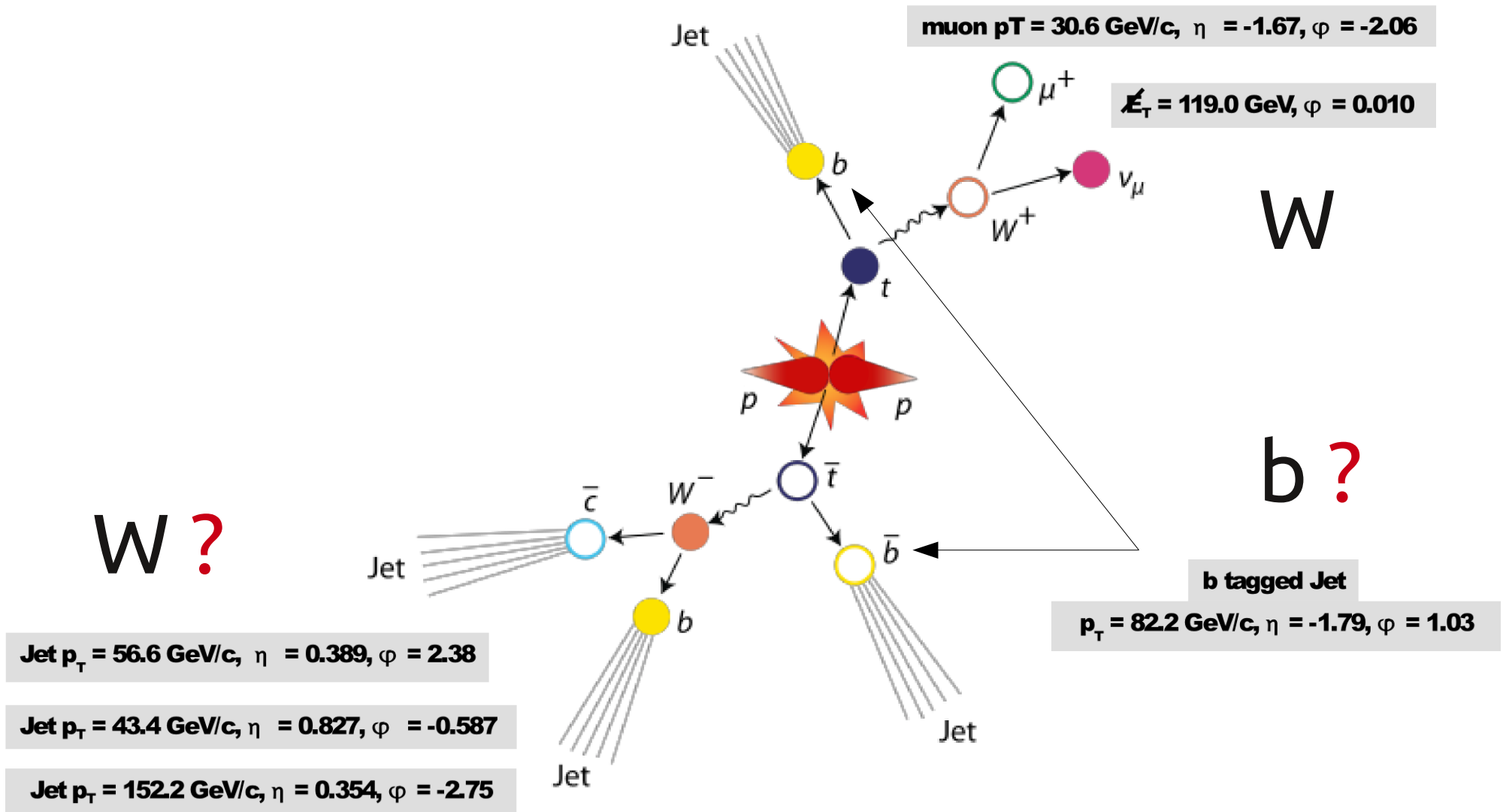
Decadimenti

- In un decadimento, energia e impulso si conservano
 - consideriamo il sistema di riferimento in cui una particella inizialmente ferma decade
 - nello stato iniziale, abbiamo solo l'energia a riposo della particella: la sua massa
$$p_0 = (m_0 c^2, 0)$$
 - dopo il decadimento, abbiamo varie particelle:
$$p_1 = (E_1, c \vec{p}_1), p_2 = (E_2, c \vec{p}_2), \dots$$
 - energia ed impulso si conservano:
$$E_1 + E_2 + \dots = m_0 c^2$$
$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = 0$$
 - quindi si conserva anche il quadri-impulso, ed il suo modulo:
$$m_0^2 c^4 = (E_1 + E_2 + \dots)^2 - c^2 |\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots|^2$$
 - cambiando sistema di riferimento, le singole componenti del quadrivettore (energia ed impulso) si trasformano
 - il modulo del quadrivettore rimane invariato
$$m_0^2 c^4 = (E'_1 + E'_2 + \dots)^2 - c^2 |\vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 + \dots|^2$$
 - possiamo risalire alla massa della particella originale misurando energia e impulso dei prodotti del decadimento

Analisi dell'evento

- Come si combinano i diversi oggetti misurati nel rivelatore?
 - elettroni, muoni, jets, ...
- Possiamo fare diverse ipotesi
 - combinando gli oggetti ricostruiti
 - cercando di associare ciascun gruppo al decadimento di una particella
 - confrontandone le proprietà attese con quelle misurate
- “massa invariante”
 - modulo del quadri-impulso di un gruppo di particelle
 - da confrontare con la massa della particella che supponiamo aver dato origine al decadimento

Torniamo al nostro evento

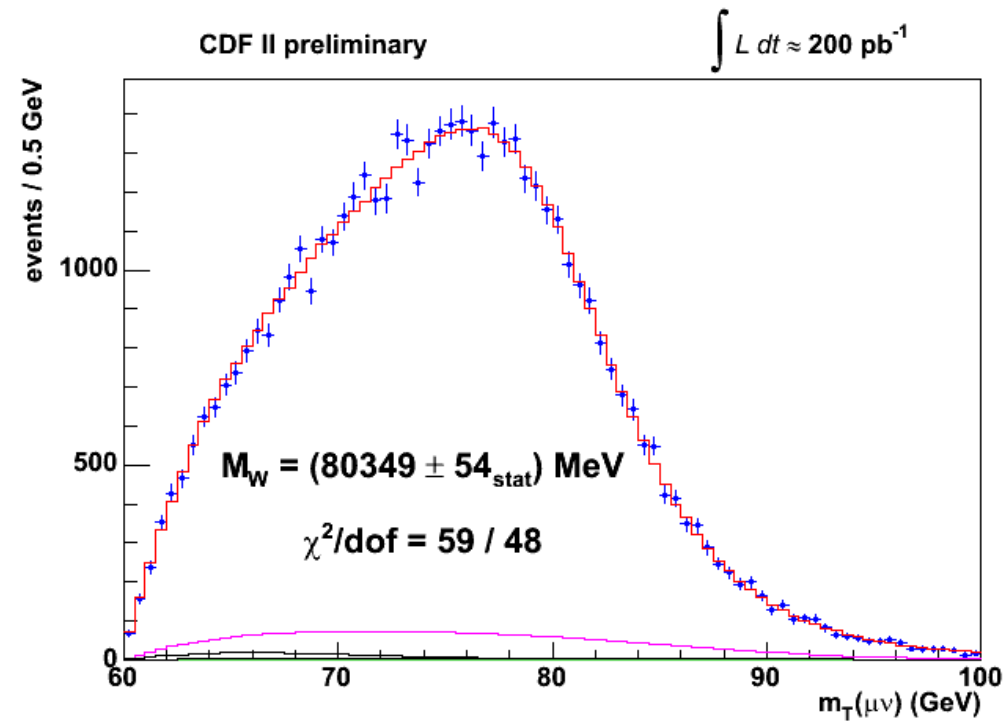


From the approved results...

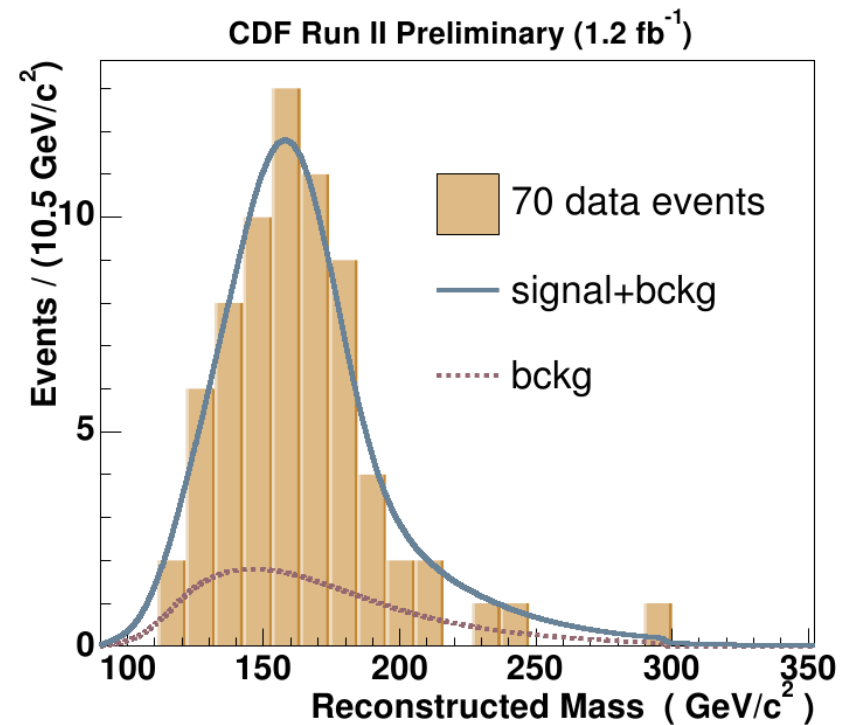
A.5 Muon+jets candidate with one b -tagged jet and missing transverse energy

A candidate event in the μ +jets mode passing the full event selection has been found³ and is discussed briefly below. This event has one isolated muon with $p_T = 31$ GeV/ c , large $\cancel{E}_T = 119$ GeV, and four high p_T jets, with p_T 's of 152, 82, 57 and 43 GeV/ c among which the second highest p_T jet is b -tagged. The transverse mass, calculated from the lepton and neutrino measurements in the transverse plane, is 104 GeV/ c^2 , consistent with originating from a leptonically decaying W . Among the three untagged jets, three combinations for the hadronic W are possible. These three candidates have mass values of 104, 105, and 151 GeV/ c^2 . The hadronic top decay can be constructed from combining the various hadronic W candidates and the remaining jet; these combinations yield a most-likely hadronic-side top mass value of 210 GeV/ c^2 . Three views of this event are shown in Figures 32,33, and 34. This event was recorded by CMS on July 14, 2010.

Ha senso la nostra ipotesi ?



- W transverse mass



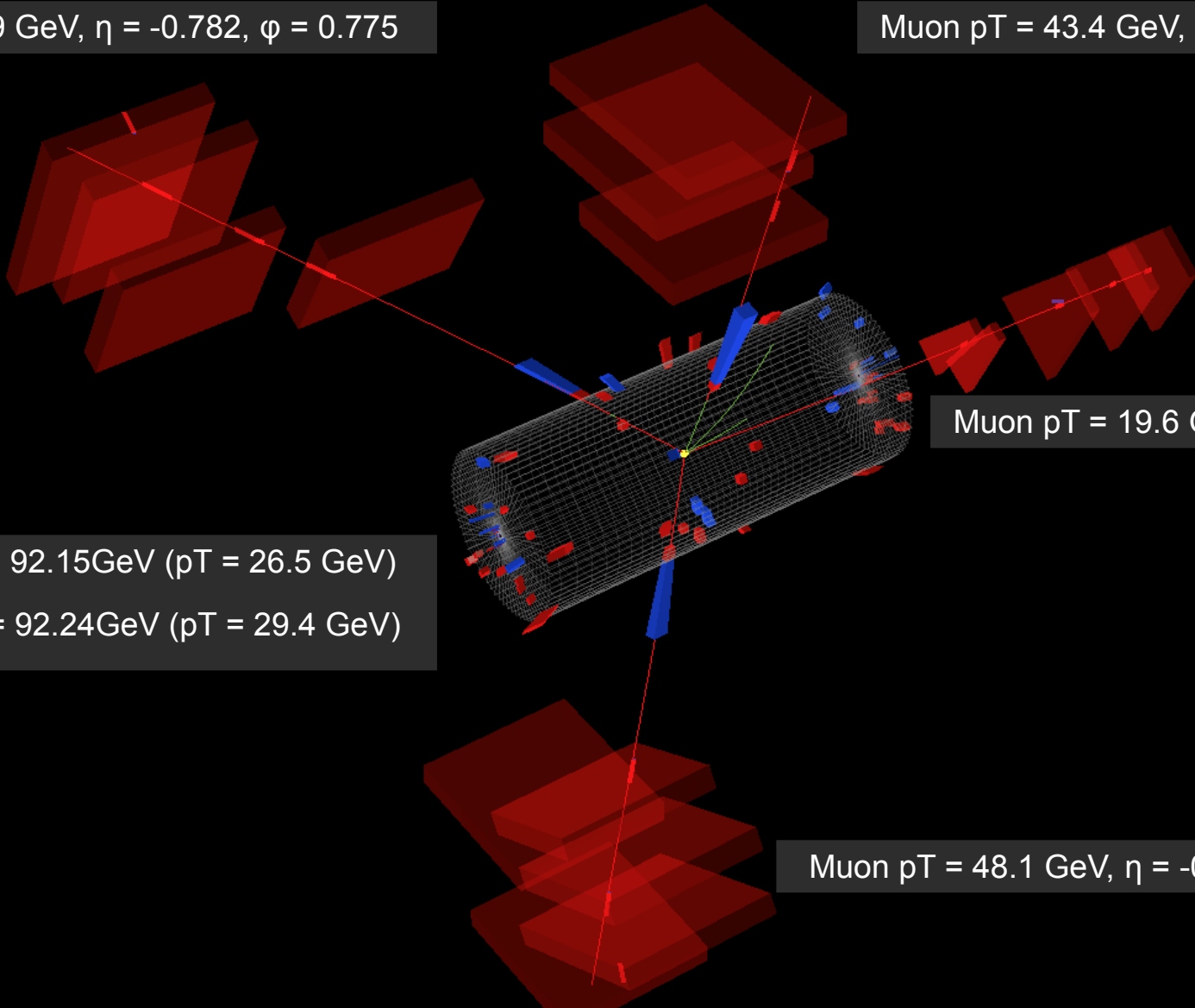
- top mass

$$ZZ \rightarrow 4\mu$$

Evento ZZ \rightarrow 4 μ (3D)

Muon pT = 25.9 GeV, $\eta = -0.782$, $\phi = 0.775$

Muon pT = 43.4 GeV, $\eta = 0.205$, $\phi = 1.795$

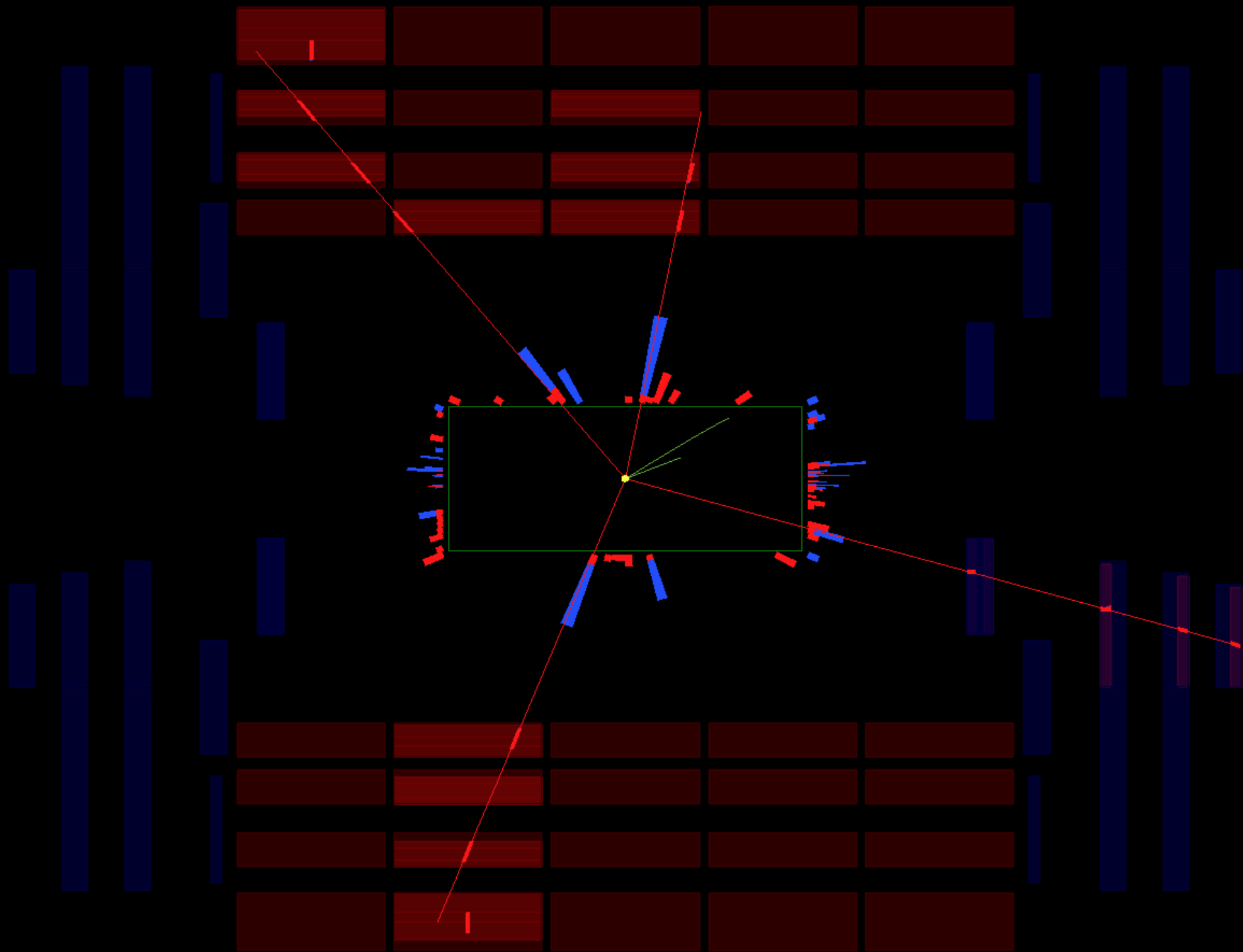


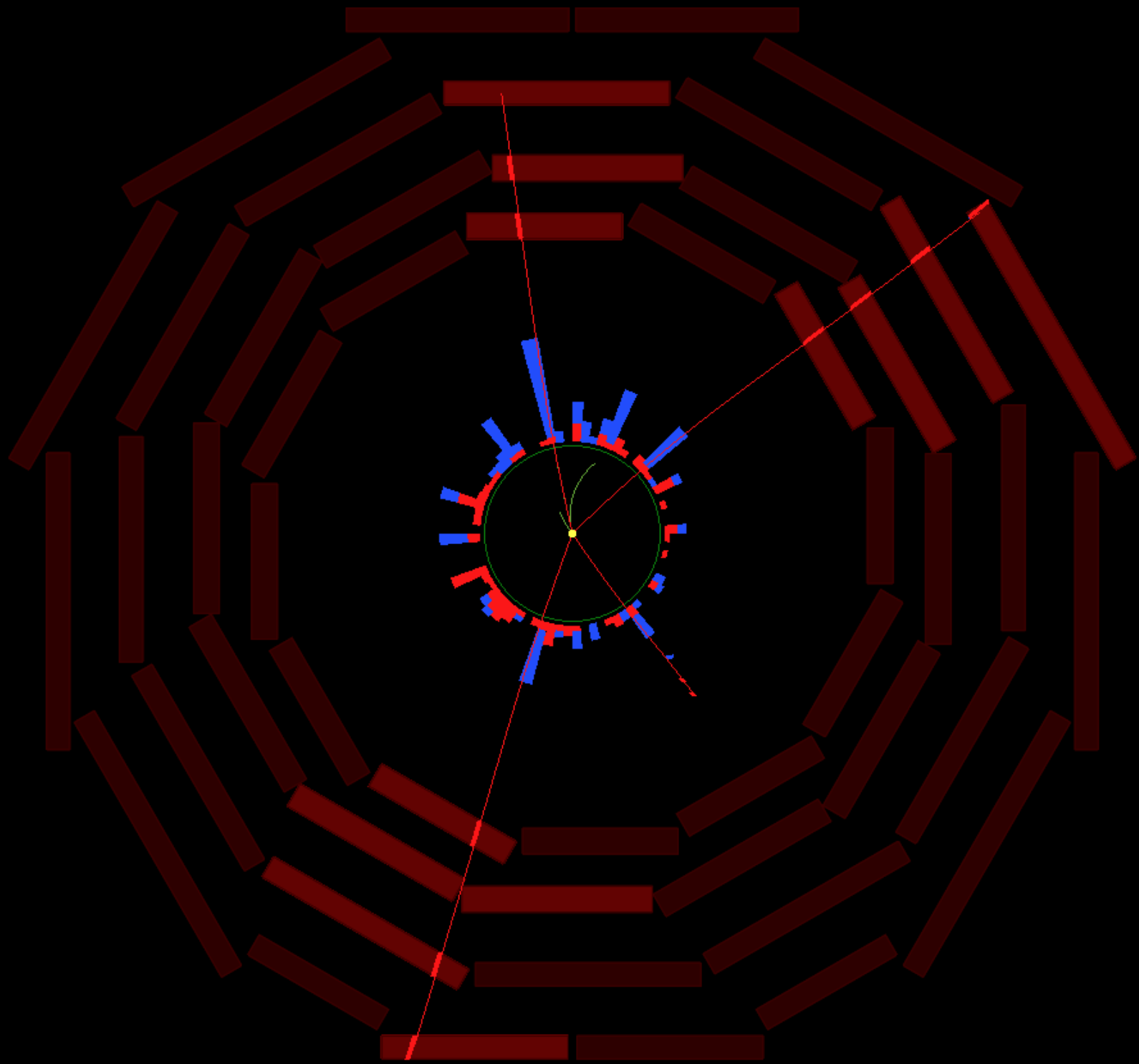
Muon pT = 19.6 GeV, $\eta = 2.011$, $\phi = -0.981$

$M(\mu_0, \mu_1) = 92.15\text{GeV}$ (pT = 26.5 GeV)

$M(\mu_2, \mu_3) = 92.24\text{GeV}$ (pT = 29.4 GeV)

Muon pT = 48.1 GeV, $\eta = -0.413$, $\phi = -1.926$

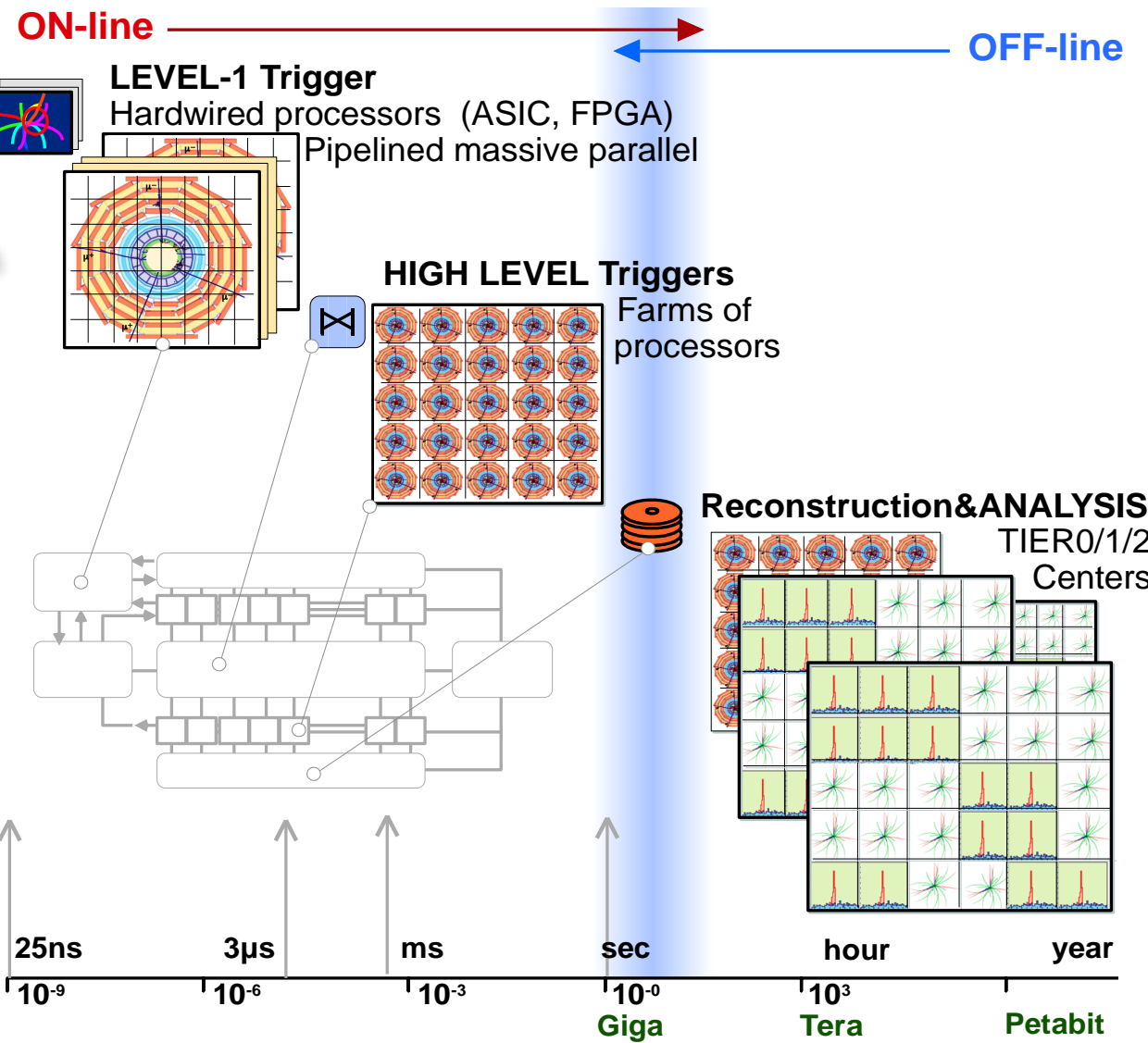
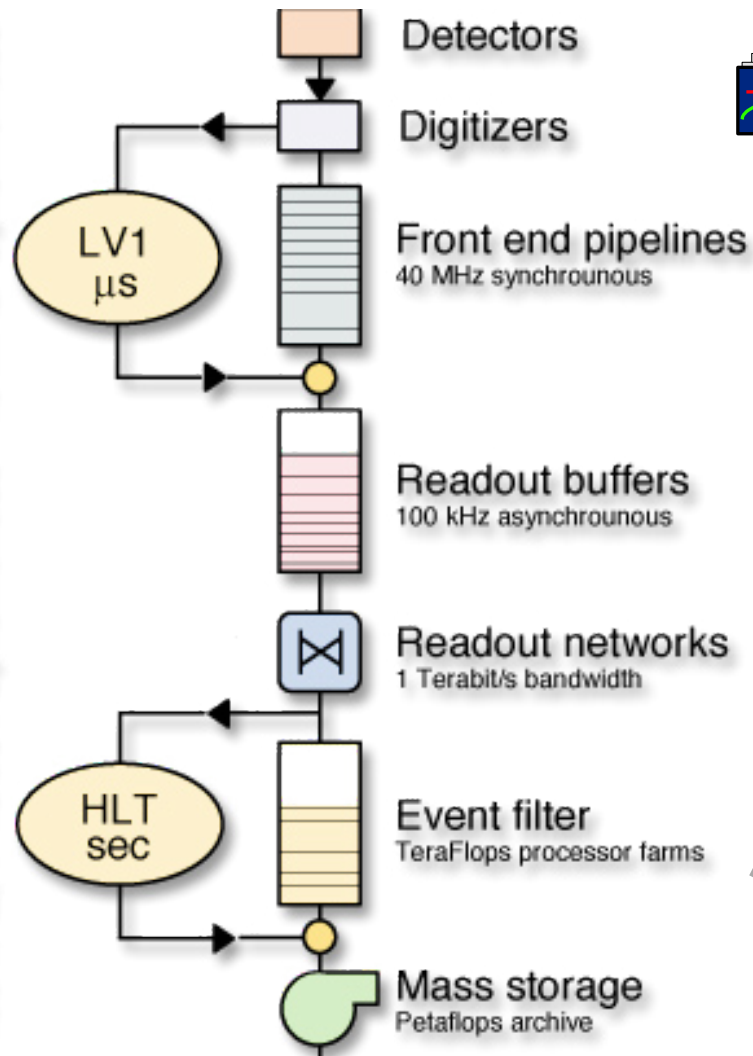




Trigger

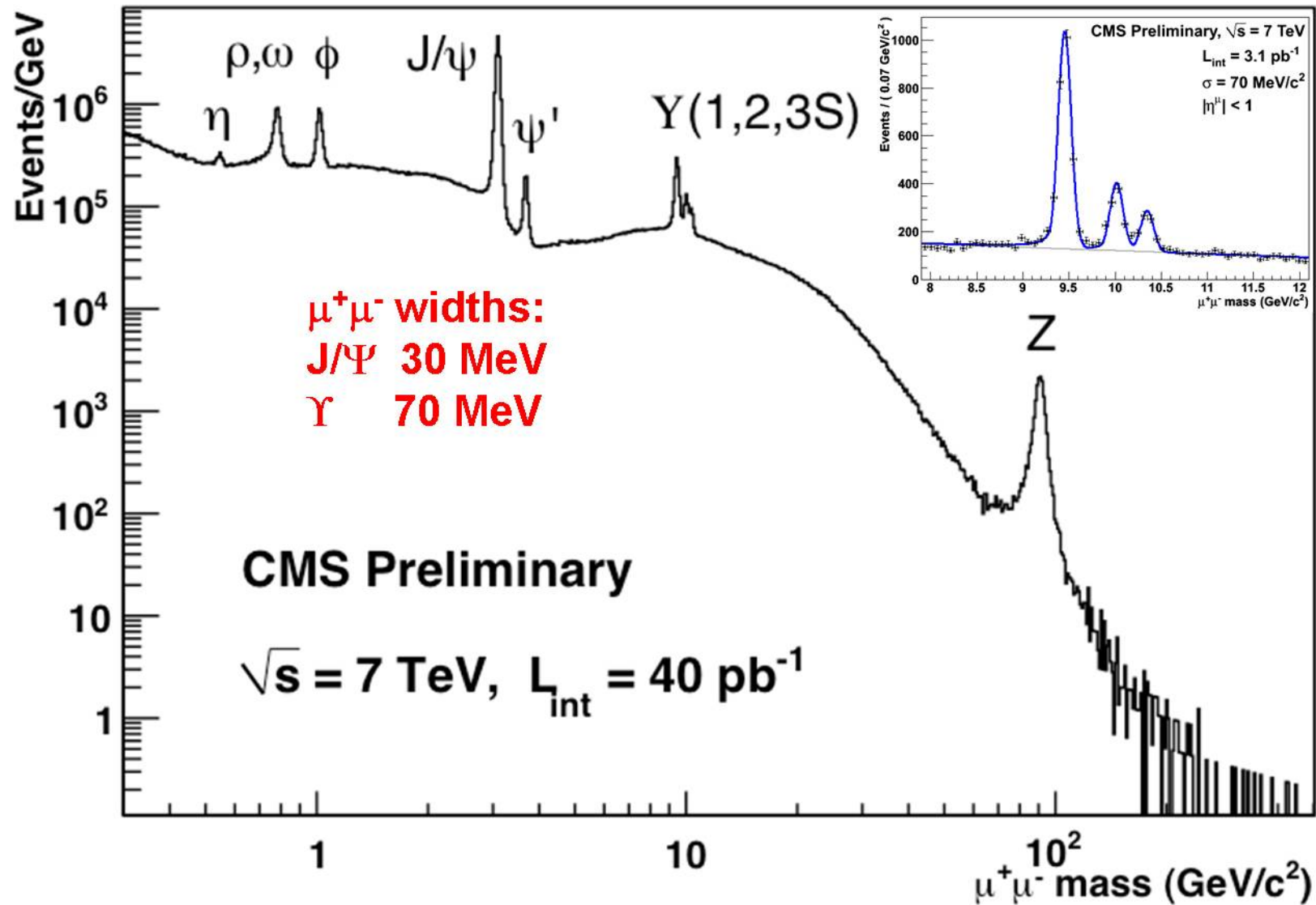
Overview

100 kHz, 1 Tbit/s Asynchronous 40 MHz Synchronous

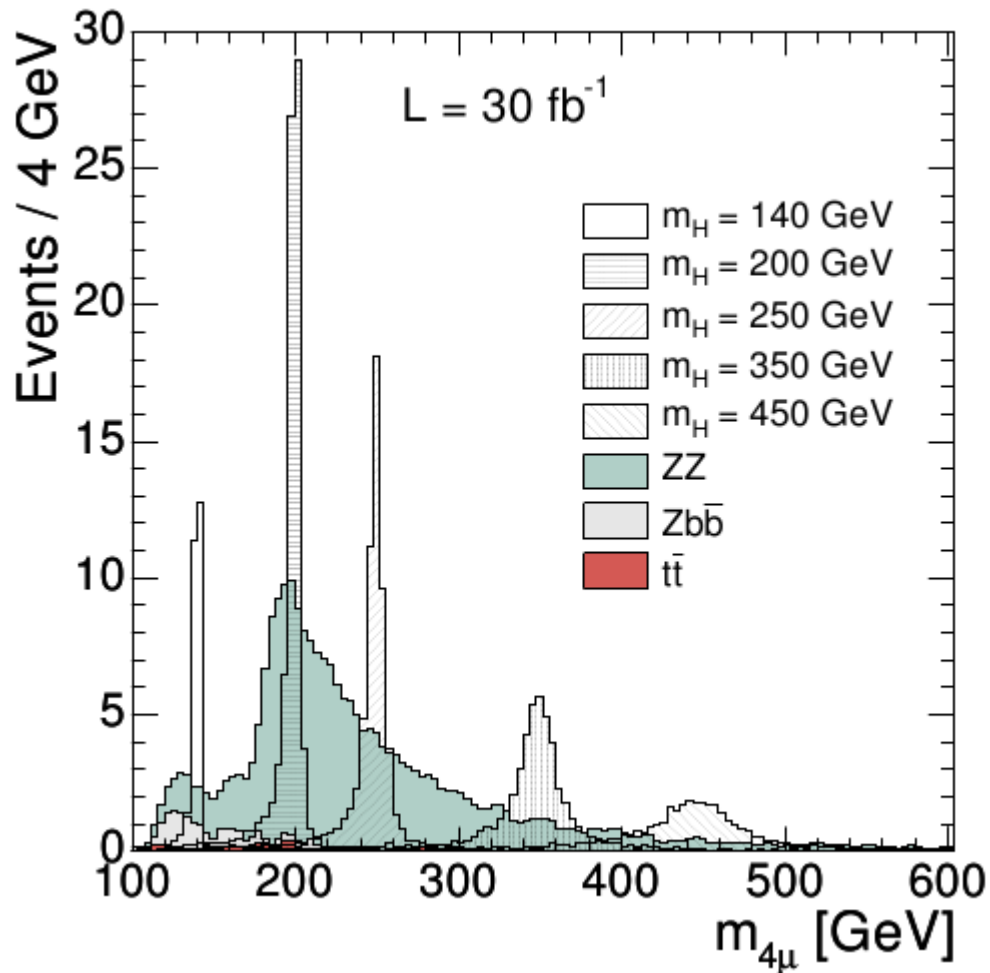


Backup

Spettro di massa invariante $\mu^+\mu^-$



Simulazione: eventi con 4 μ



- simulazione del numero di eventi con 4 muoni attesi
 - dal “fondo” del Modello Standard
 - dal “segnale” del bosone di Higgs (simulato con diverse masse)

in funzione della massa invariante dei 4 muoni