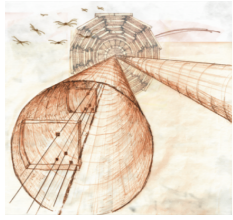


# Fisica con CT-PPS e stato del progetto

Enrico Robutti  
INFN Genova



# Fisica in avanti ad alta luminosità

La possibilità di rivelare protoni diffusi a piccolo angolo alle energie e luminosità di LHC dà accesso a un nuovo programma di fisica:

**Fisica elettrodebole:** collider fotone-fotone ( $\gamma^*$  quasi reali):

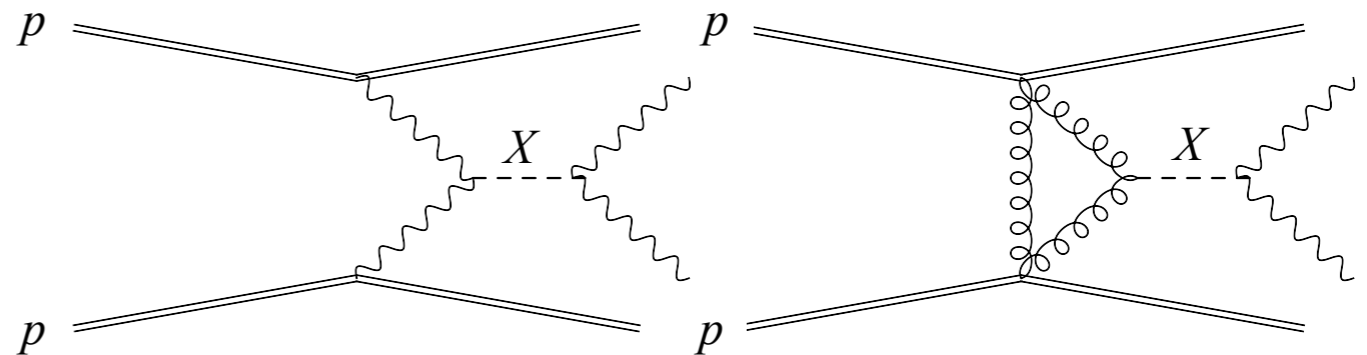
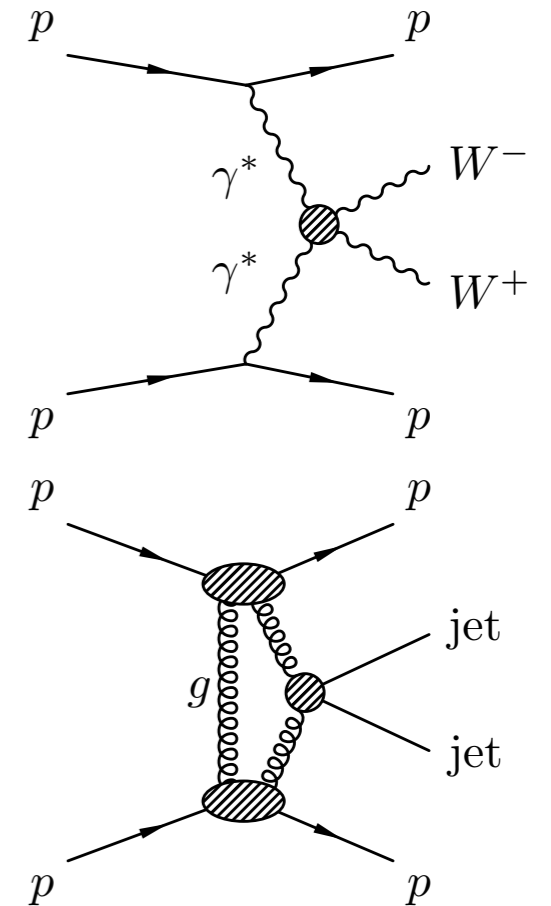
- misura di  $\gamma\gamma \rightarrow W^+W^-, \ell^+\ell^-$ ;
- ricerca di accoppiamenti quartici anomali (AQGC);
- ricerca di accoppiamenti vietati:  $\gamma\gamma\gamma\gamma, ZZ\gamma\gamma$

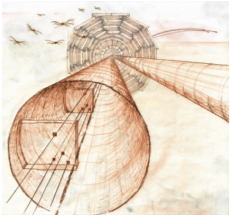
**QCD:** collider gluone gluone:

- test su meccanismi pQCD di produzione esclusiva;
- caratterizzazione di jet gluonici (piccola componente di quark)

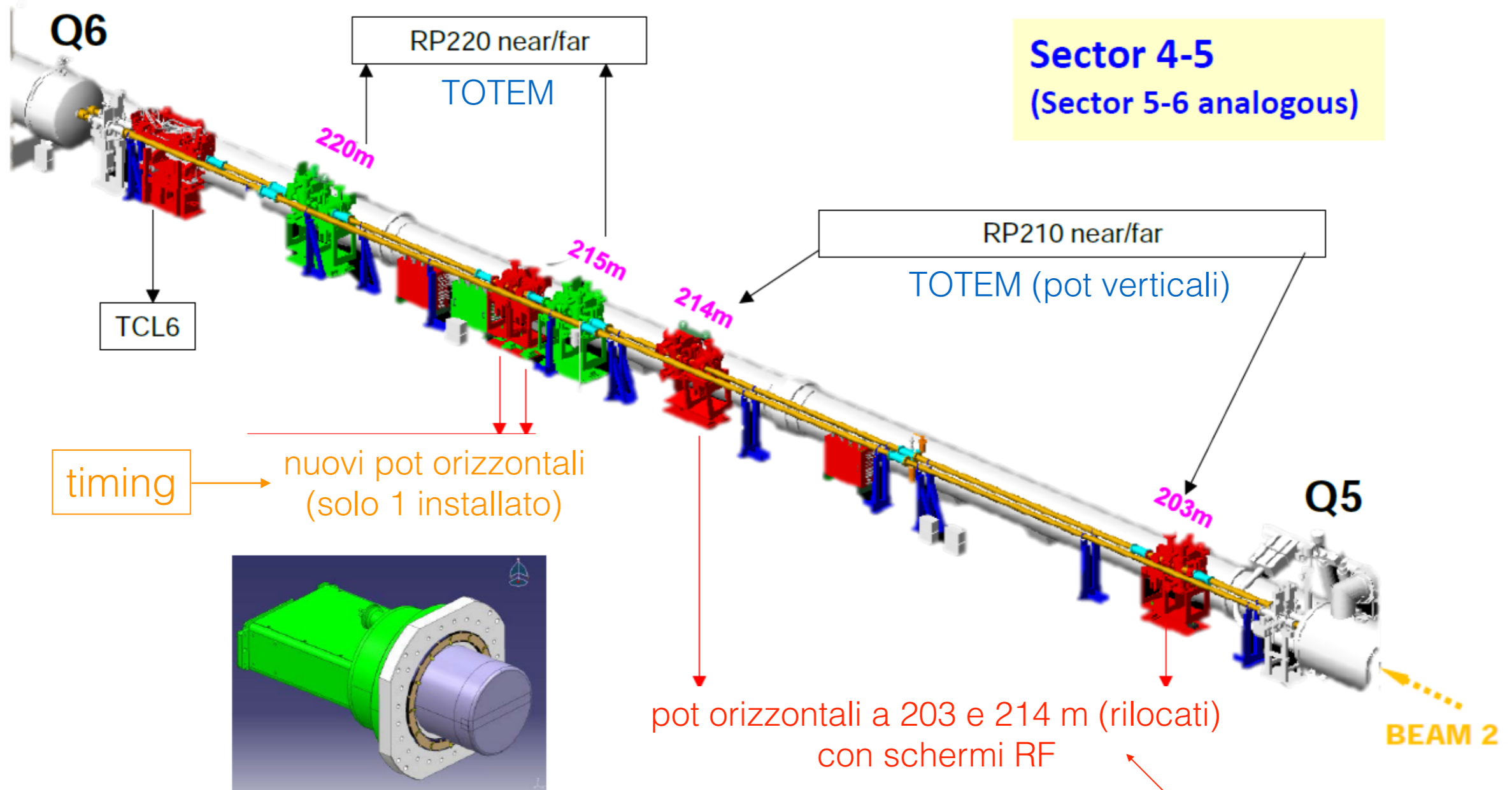
Ricerca diretta di **Nuova Fisica:**

- produzione centrale esclusiva di risonanze;
- studio di stati finali invisibili





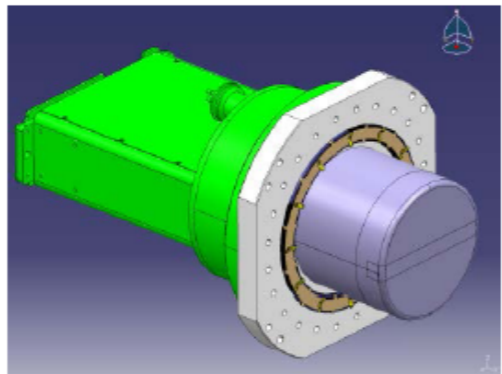
# L'apparato sperimentale (nel TDR)



Sector 4-5  
(Sector 5-6 analogous)

timing

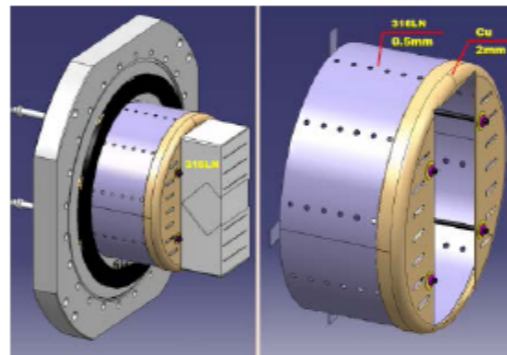
nuovi pot orizzontali  
(solo 1 installato)

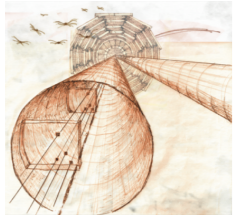


pot cilindrica per i rivelatori di timing

pot orizzontali a 203 e 214 m (rilocati)  
con schermi RF

tracciatore  
a pixel di silicio





# Cinematica dei protoni nelle roman pot

La cinematica dei protoni rivelati nelle roman pot è definita da:

- quadriimpulso trasferito  $t \equiv (p_f - p_i)^2$ ;
- perdita di energia relativa:  $\xi \equiv (|p_f| - |p_i|)/|p_i|$

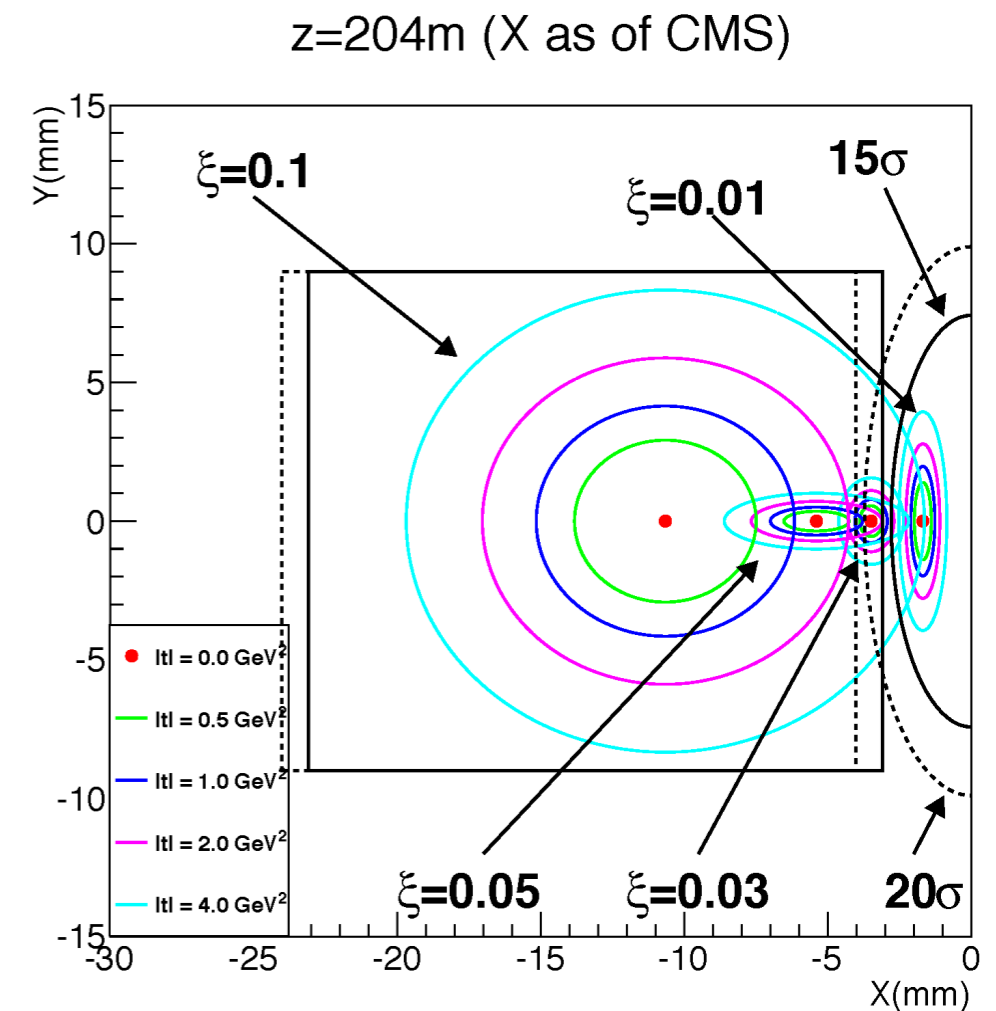
La massa del sistema centrale prodotto è legata a  $\xi$ :  $M^2_X = s\xi_1\xi_2$

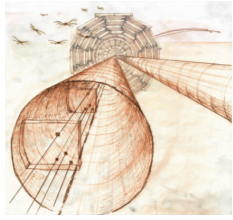
⇒ efficace selezione basata sull'uguaglianza di due misure indipendenti

L'accettanza dei rivelatori dipende dall'ottica del sistema:

misurate

$$\begin{pmatrix} x \\ \Theta_x \\ y \\ \Theta_y \\ \xi \end{pmatrix}_{RP} = \begin{pmatrix} v_x & L_x & m_{13} & m_{14} & D_x \\ v'_x & L'_x & m_{23} & m_{24} & D'_x \\ m_{31} & m_{32} & v_y & L_y & D_y \\ m_{41} & m_{42} & v'_y & L'_y & D'_y \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x^* \\ \Theta_x^* \\ y^* \\ \Theta_y^* \\ \xi^* \end{pmatrix}_{all'IP}$$

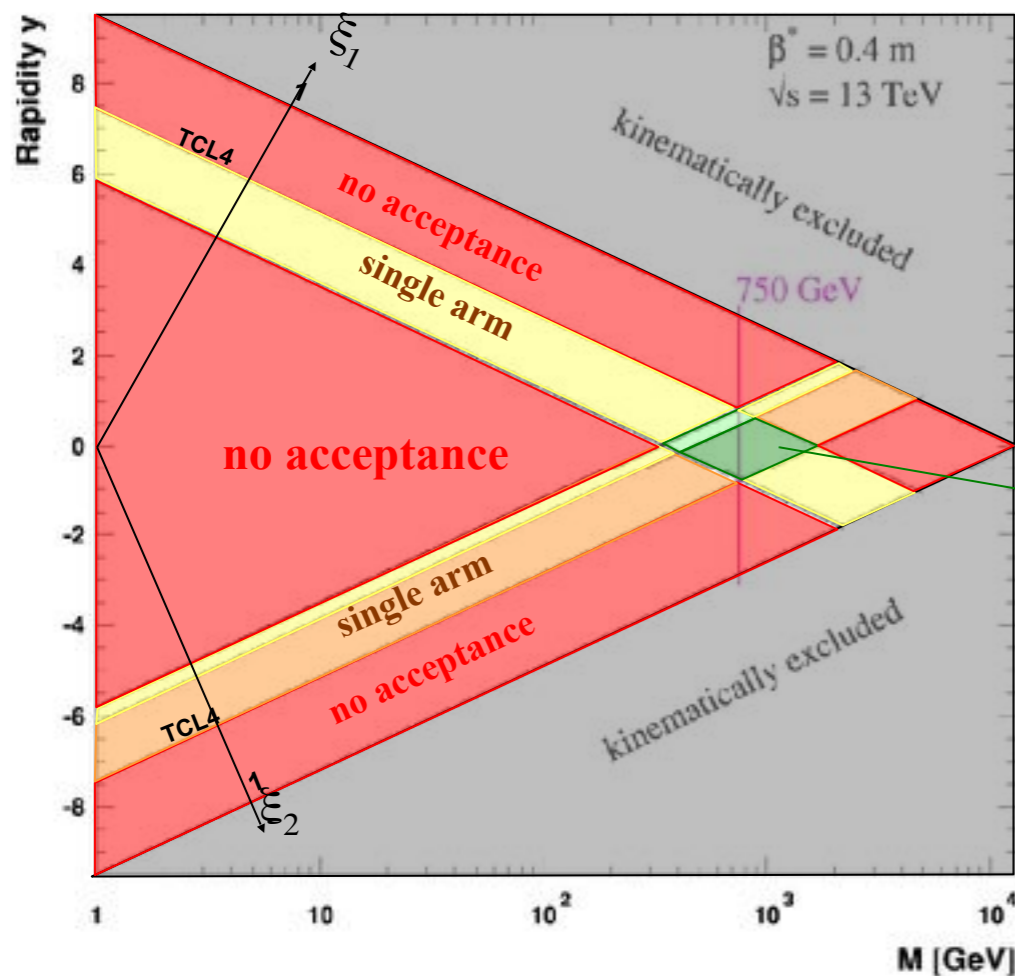




# Accettanza

L'accettanza dei rivelatori in funzione di  $M_X$  dipende:

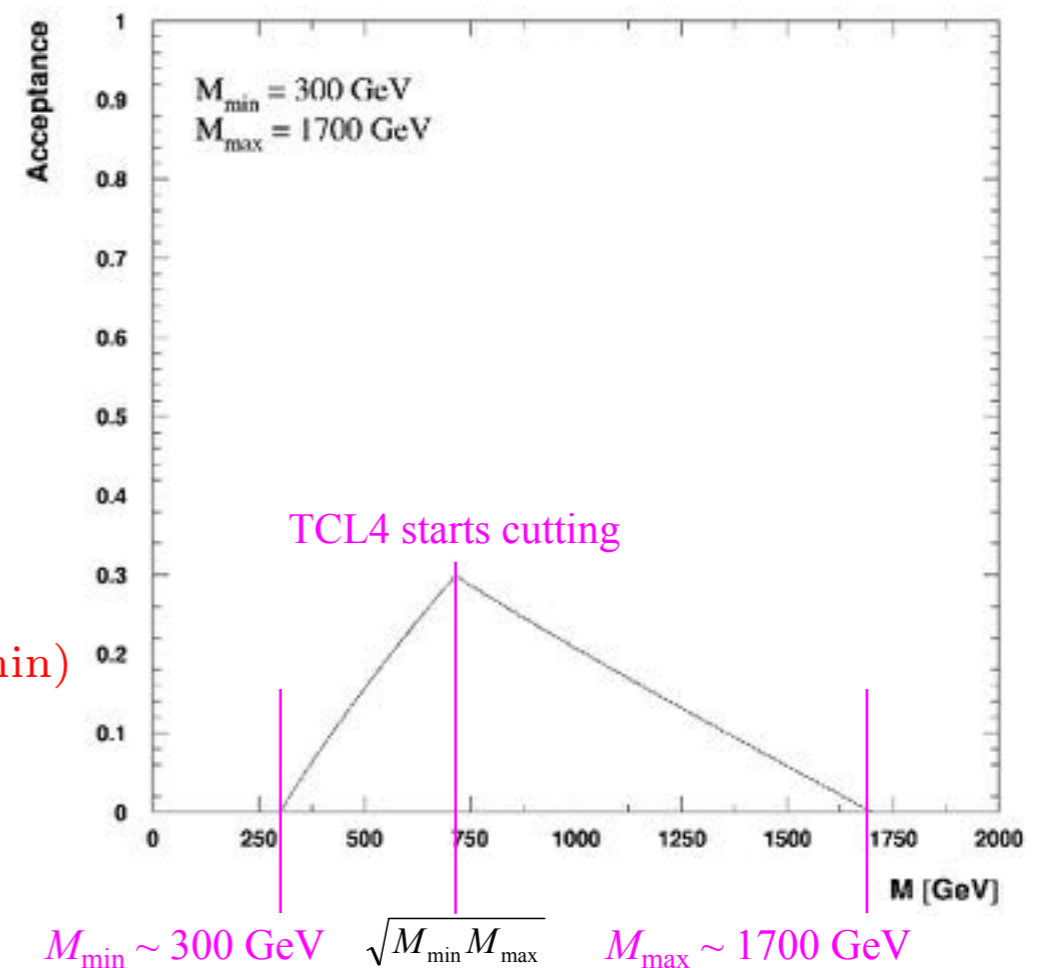
- dall'ottica della macchina, in particolare dalla dispersione  $D_x$ ;
- dall'avvicinamento al fascio (espresso in termini di  $\sigma_x$ )



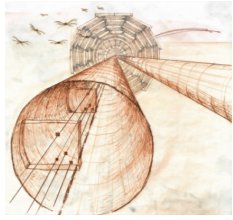
$$y = \frac{1}{2} \log \frac{\xi_1}{\xi_2}$$

double arm  
without 56-210-N  
(not working  
after TS2)

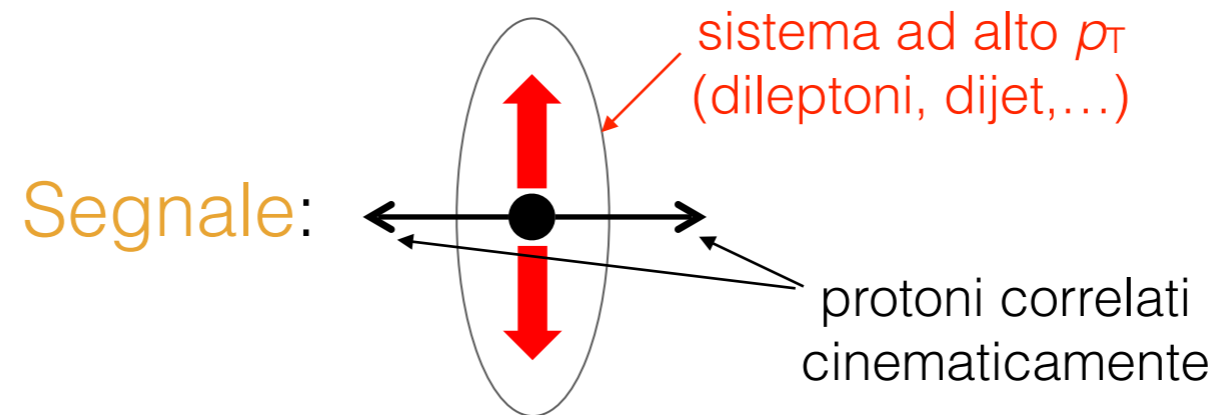
$$M_X |_{\Delta y} = e^{\frac{\Delta y}{2}} M_X^{(\min)}$$



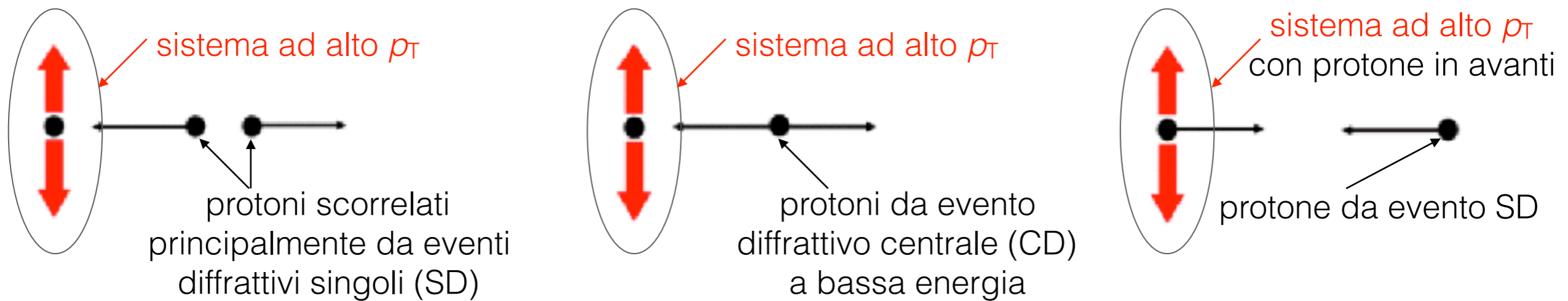
Nel 2016 le condizioni erano tali da avere accettanza massima ( $\sim 30\%$ ) per  $M_X \approx 750$  GeV



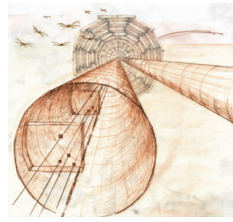
# Fondo da pileup



## Fondi in presenza di alto pileup:



Ad alta luminosità è necessaria una misura precisa di tempo ( $O(10 \text{ ps})$ ) per discriminare il fondo



# CT-PPS nel 2016

Rivelatori non ancora pronti a inizio 2016  $\Rightarrow$  programma accelerato:

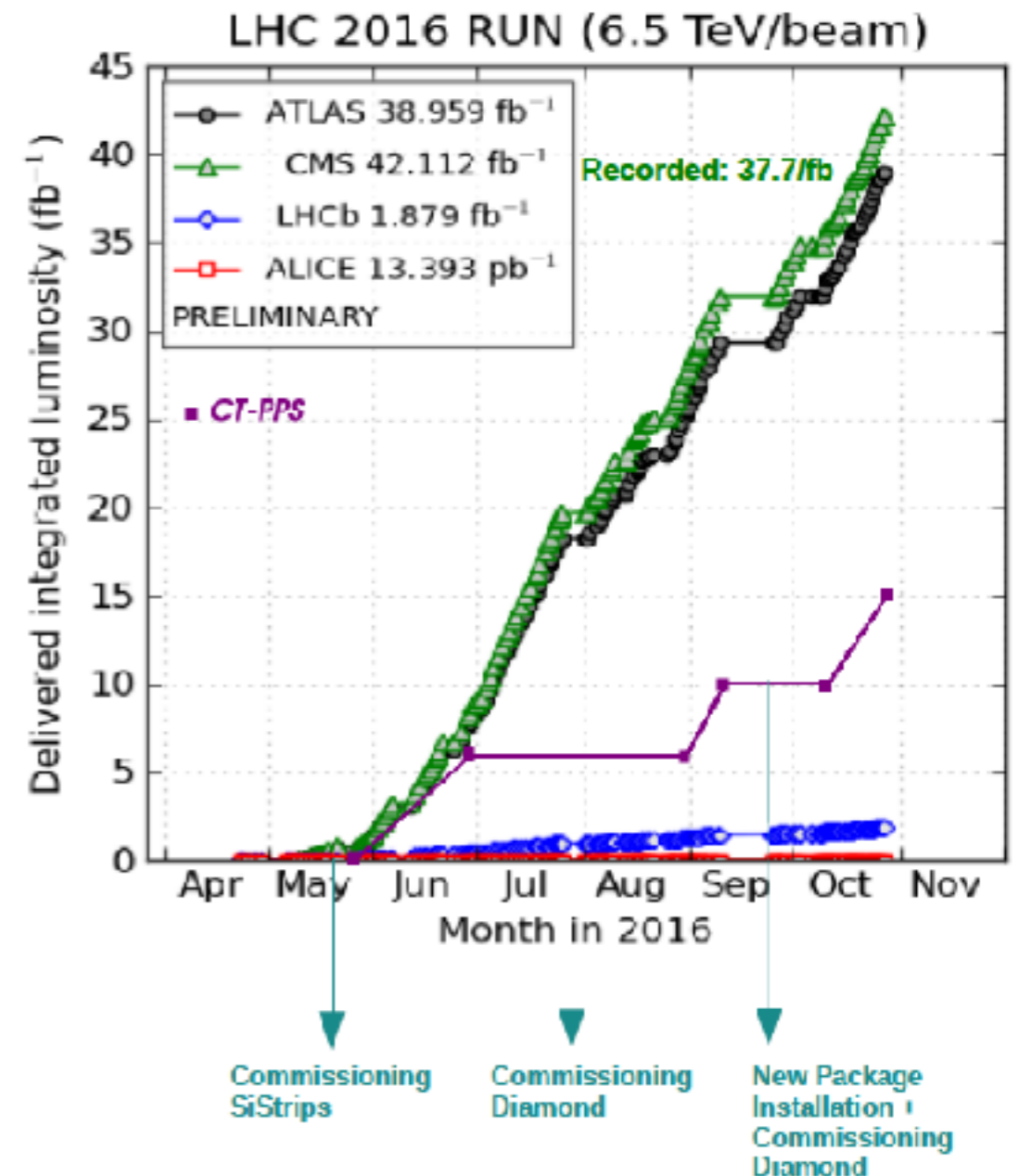
- tracciamento con **strip di silicio di TOTEM** (già installate);
- misura di tempo con **rivelatori a diamante sviluppati da TOTEM** (installati a Giugno)

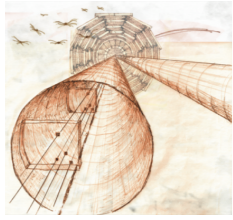
**Roman pot inseriti e rivelatori accesi durante le normali operazioni di LHC ad alta luminosità**

- DAQ / trigger integrati in CMS;
- previsto degrado delle prestazioni delle strip per danno da radiazione  $\Rightarrow$  sostituite in TS2;
- commissioning dei diamanti completato in TS2

Luminosità integrata:

- $\sim 14.7 \text{ fb}^{-1}$  con il tracciatore in funzione;
- $\sim 2.5 \text{ fb}^{-1}$  con tracciatore e rivelatore di tempo in funzione

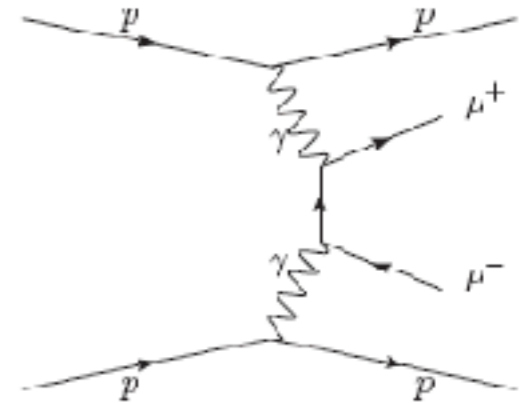




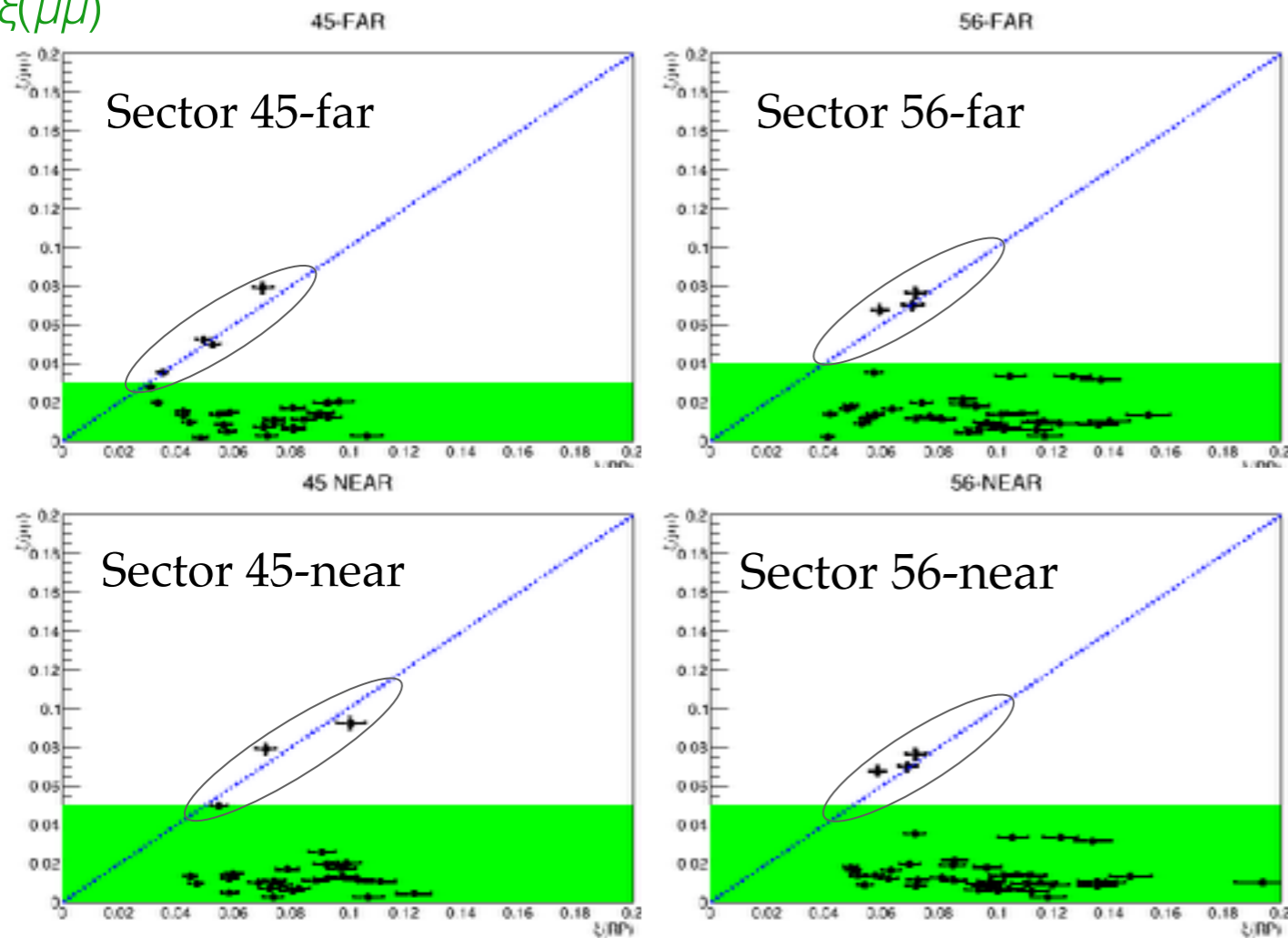
# Analisi eventi dileptonici

Eventi a due  $\mu$ ;  $\mathcal{L} = 9.4 \text{ fb}^{-1}$  con strip inserite a  $15 \sigma_x$

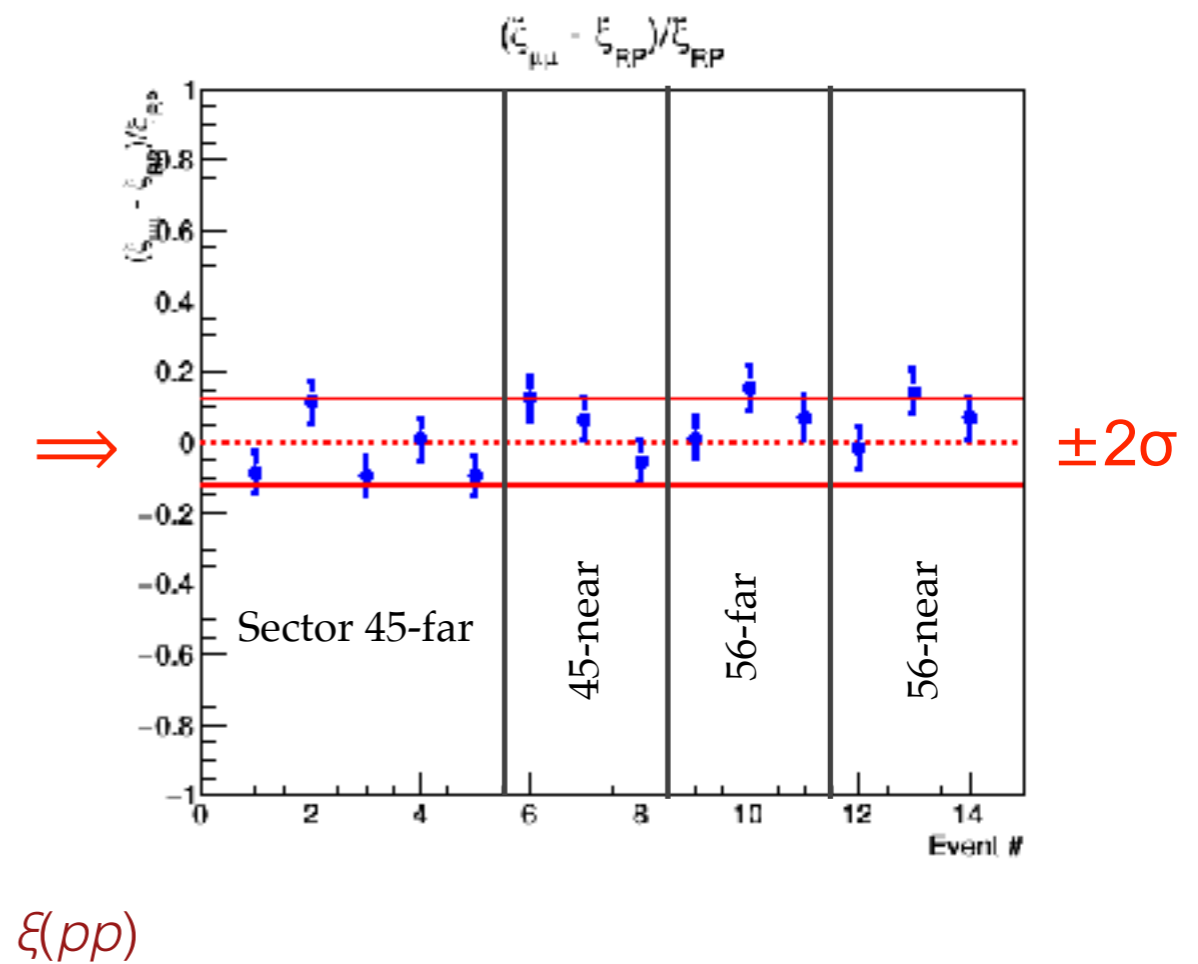
- selezione sul numero di tracce associate al vertice e sull'angolo azimutale tra i due muoni;
- benchmark per altri processi, p.es.  $W^+W^-$



$\xi(\mu\mu)$

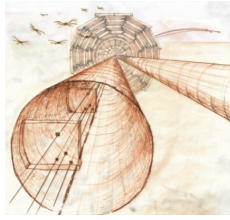


$\Rightarrow$



Fondo atteso con  $\xi$  in accordo entro  $2\sigma$ : 0.6 - 0.7 eventi/stazione



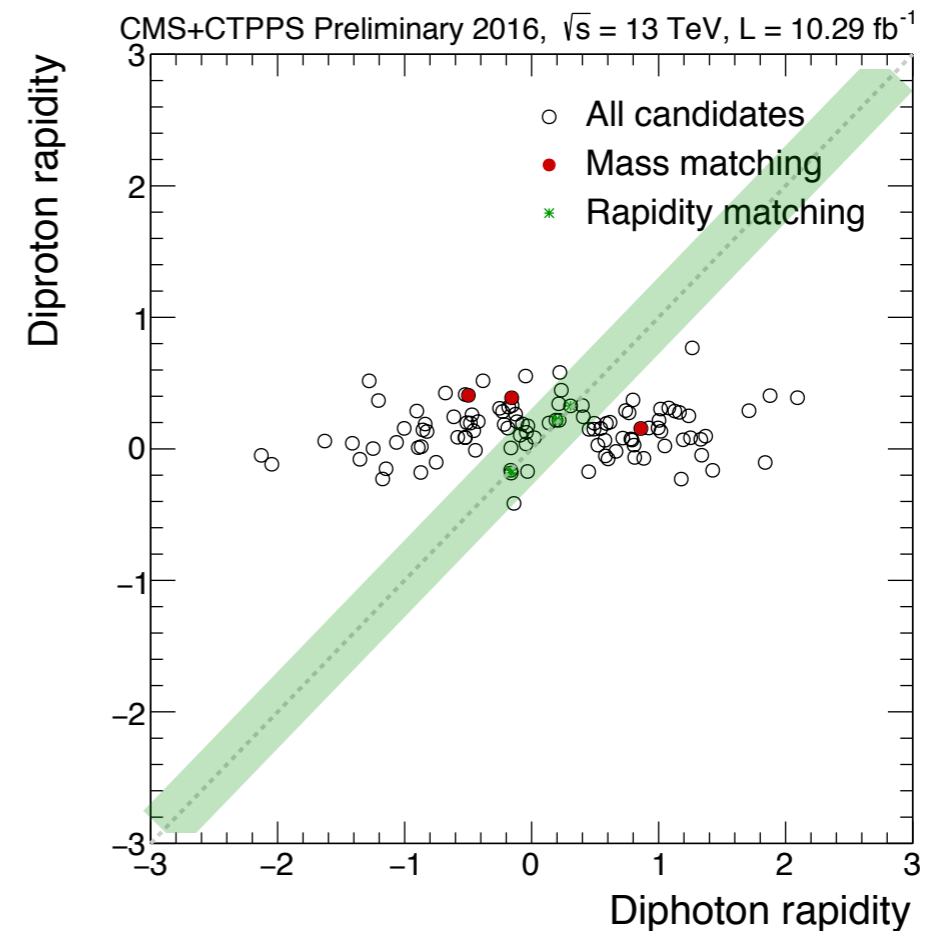
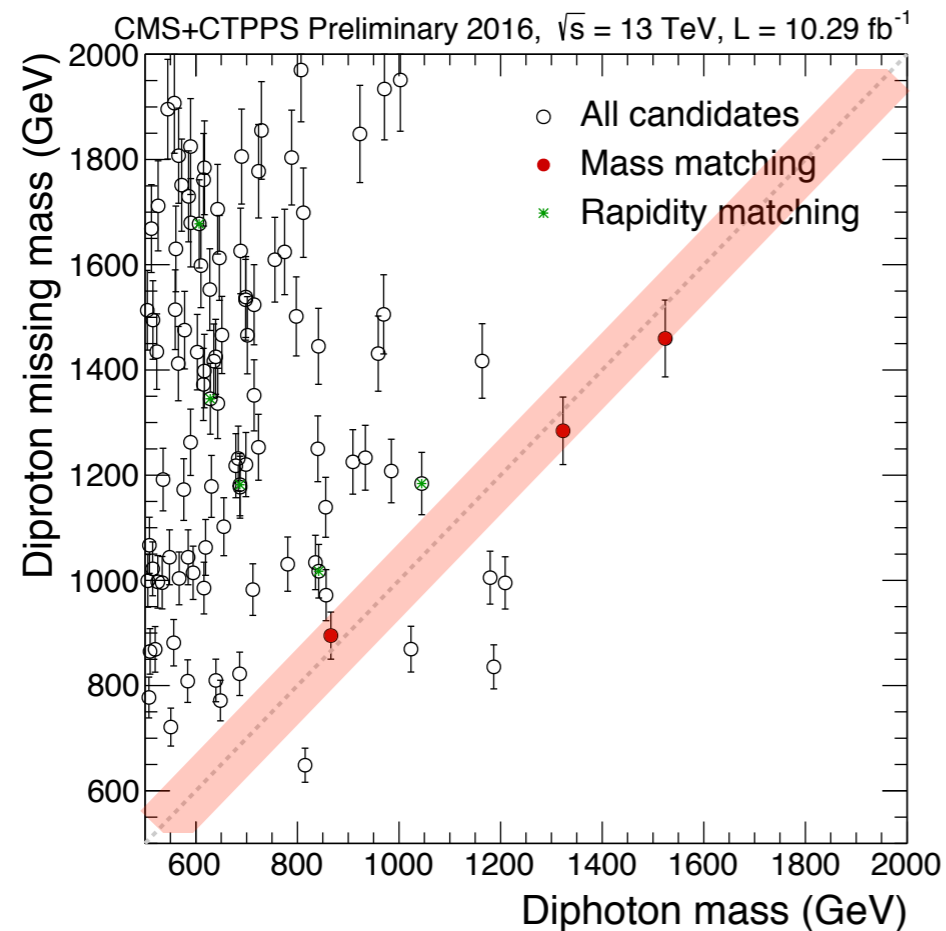
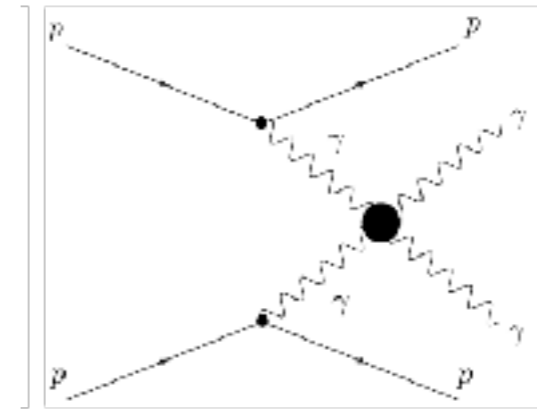


# Analisi eventi difotonici

Ricerca dell'accoppiamento vietato  $\gamma\gamma\gamma\gamma$

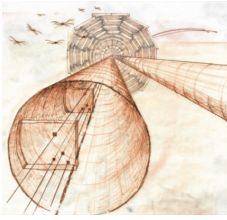
Eventi con due fotoni energetici

- $p_T(\gamma_{1,2}) > 75 \text{ GeV}$ ;  $m(\gamma\gamma) > 500 \text{ GeV}$ ;
- protoni ricostruiti da entrambi i lati



Nessun evento con compatibilità  $\gamma\gamma$ - $pp$  in massa invariante e rapidità

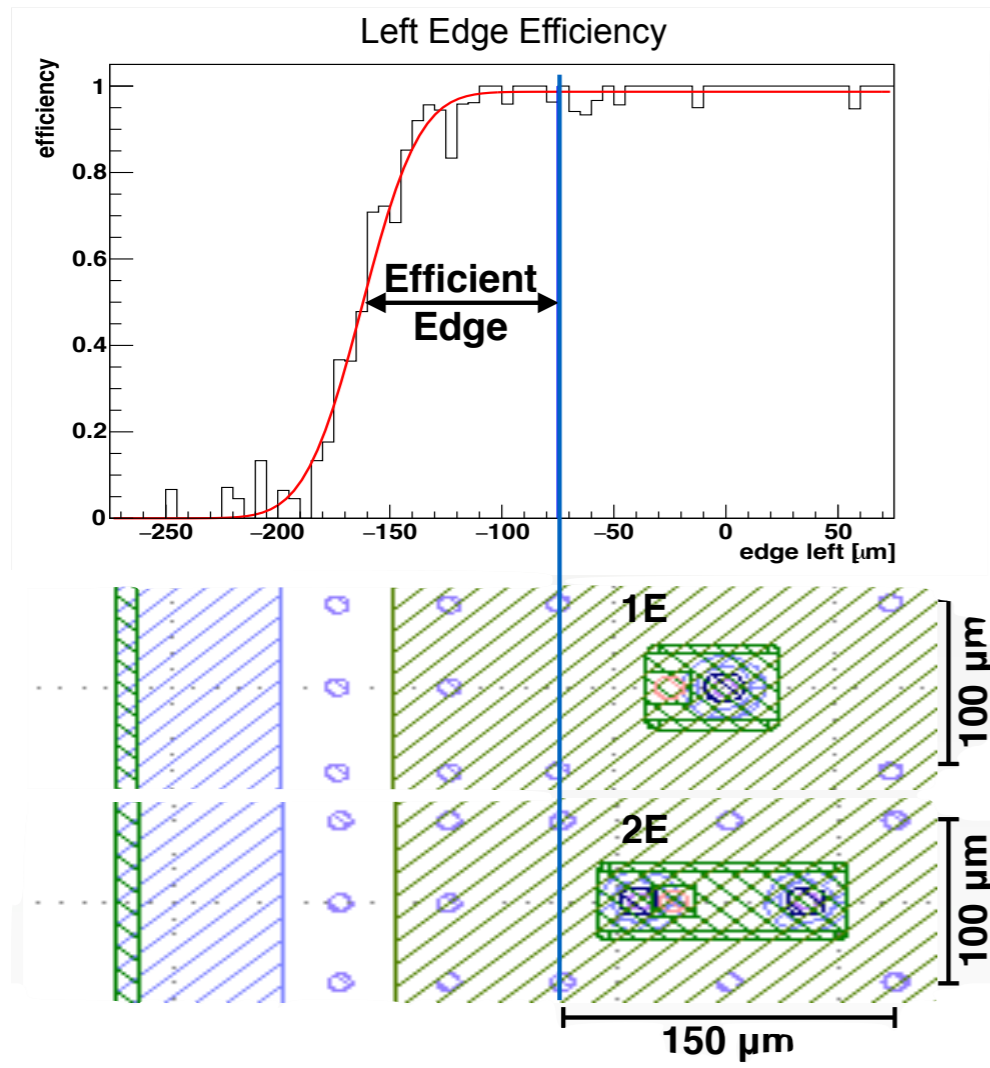
- 1 evento di fondo atteso



# Tracciatore a pixel (RPIX): sensori

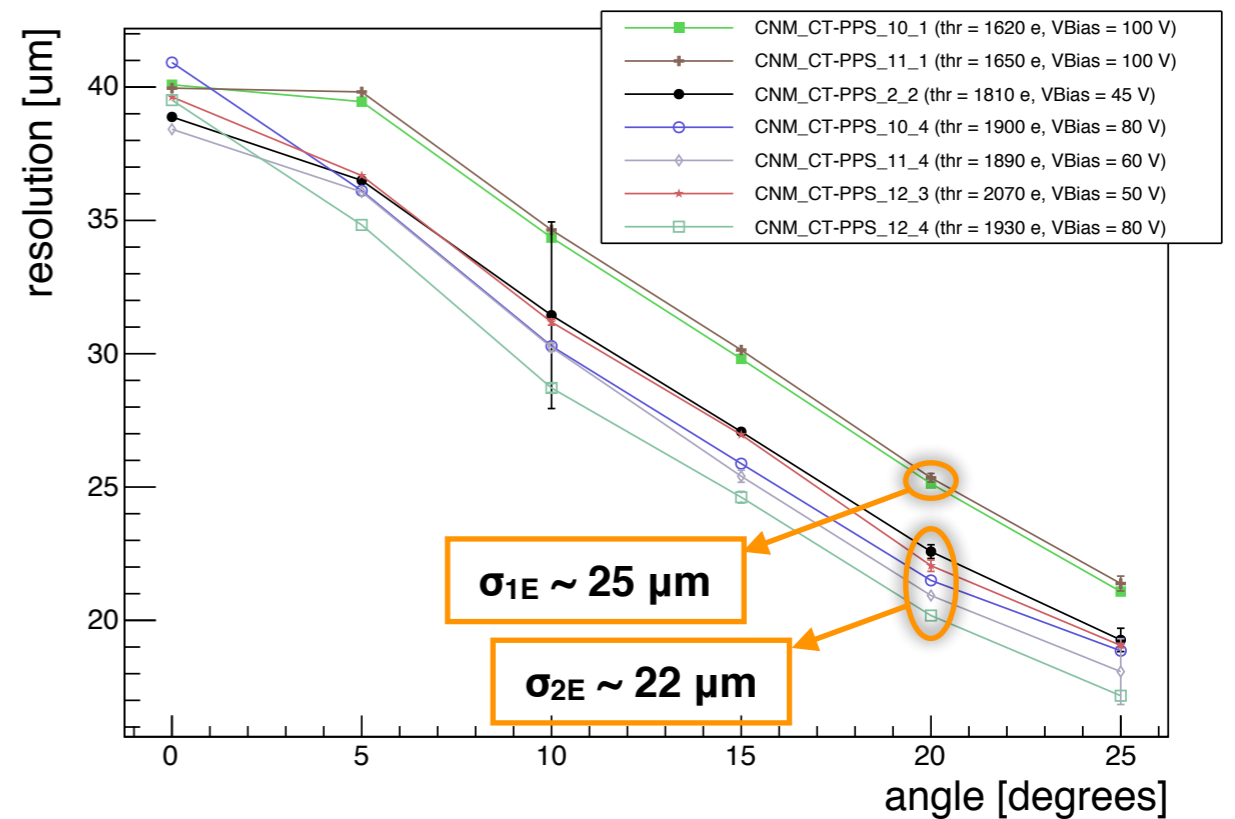
Il nuovo tracciatore utilizza pixel di silicio a tecnologia 3D prodotti da CNM

- dimensioni pixel:  $100\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}$  come per pixel CMS, letti da PSI46dig



bordo inefficiente  $< 100\mu\text{m}$

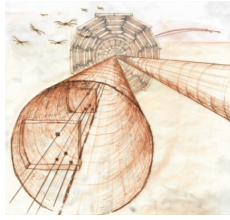
X Resolution Weighted vs Angle Before Irradiation



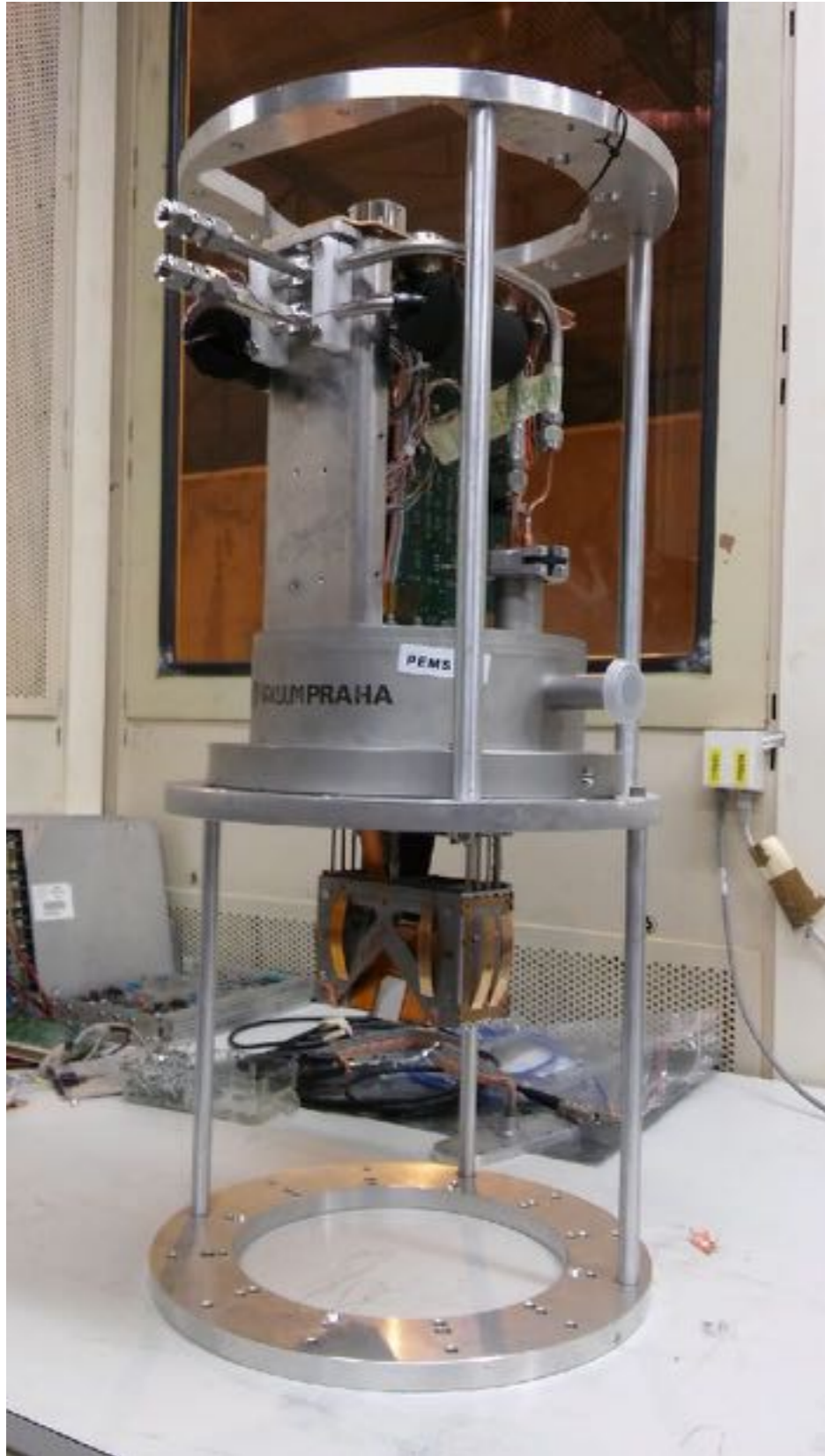
risoluzione di piano singolo:  $\sim 25\mu\text{m}$   
 $\Rightarrow \sim 10\mu\text{m}$  per stazione (6 piani)

resistenza a radiazione:  $\sim 5 \times 10^{15} \text{ p/cm}^2$   
 (ma chip sensibile a irraggiamento non uniforme)

Attualmente 36 moduli qualificati; altri batch in produzione



# RPIX: meccanica e readout



Ogni stazione include 6 piani di rivelatori, inclinati di  $\sim 20^\circ$

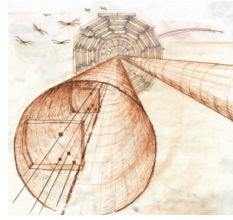
- meccanica compatibile con sistema di raffreddamento esistente per le strip;
- temperatura di funzionamento:  $\approx -15^\circ\text{C}$

Front-end e DAQ simili a quelli dei pixel dell'upgrade di fase 1

Due supporti meccanici completi e testati.

Test completo nel pot, con vuoto, raffreddamento, DAQ,... nelle scorse due settimane (Dicembre 2016)

Obiettivo: installazione su LHC durante EYETS



# Rivelatori di tempo

CT-PPS è il primo rivelatore ad utilizzare una misura di tempo per la discriminazione del fondo da pileup

- dimensioni molto inferiori a quelle necessarie per CMS:  $8.4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  (contro  $\sim 100 \text{ m}^2$ )

Attualmente in uso sensori a diamante sviluppati per TOTEM

Saranno sostituiti da sensori al silicio UFSD, sviluppati a Torino e prodotti da CNM

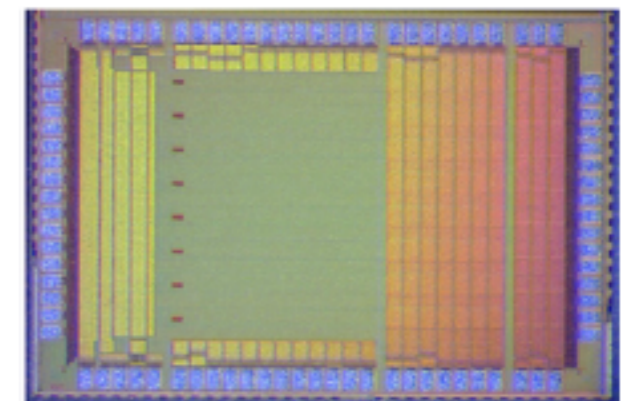
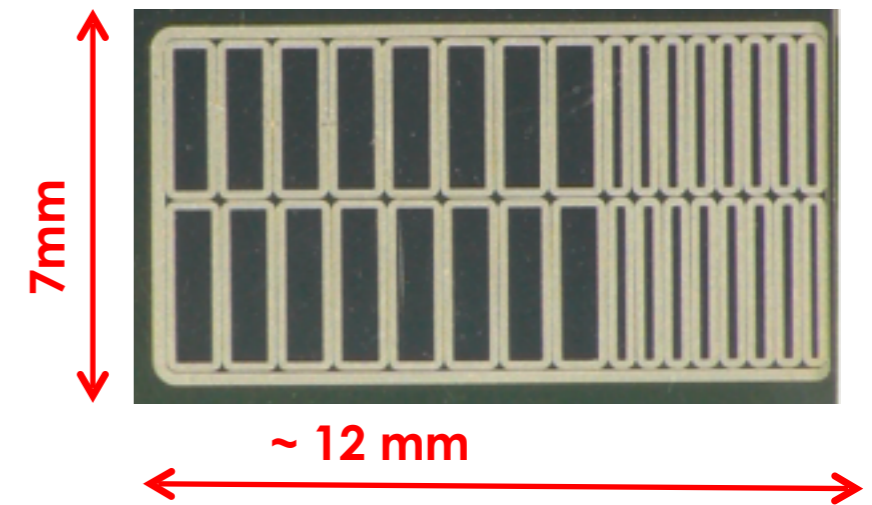
Risoluzione misurata su fascio test:  $\sim 35 \text{ ps}$   
(a guadagno  $\sim 20$ )

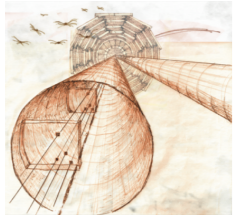
Resistenti a radiazione fino a  $\sim 1.3 \times 10^{14} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$   
(corrispondenti ad alcuni mesi di funzionamento)

Due alternative per il readout:

- amplificatore custom a componenti finiti (diverse opzioni da Santa Cruz, Kansas, Pilsen);
- chip VLSI custom (TOFEE, sviluppato a Torino)

L'installazione del primo piano di UFSD è prevista per **Marzo 2017**



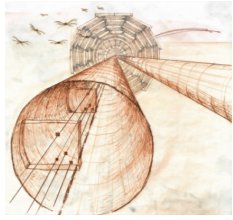


# Preparazione run 2017

---

Numerose attività in corso durante EYETS:

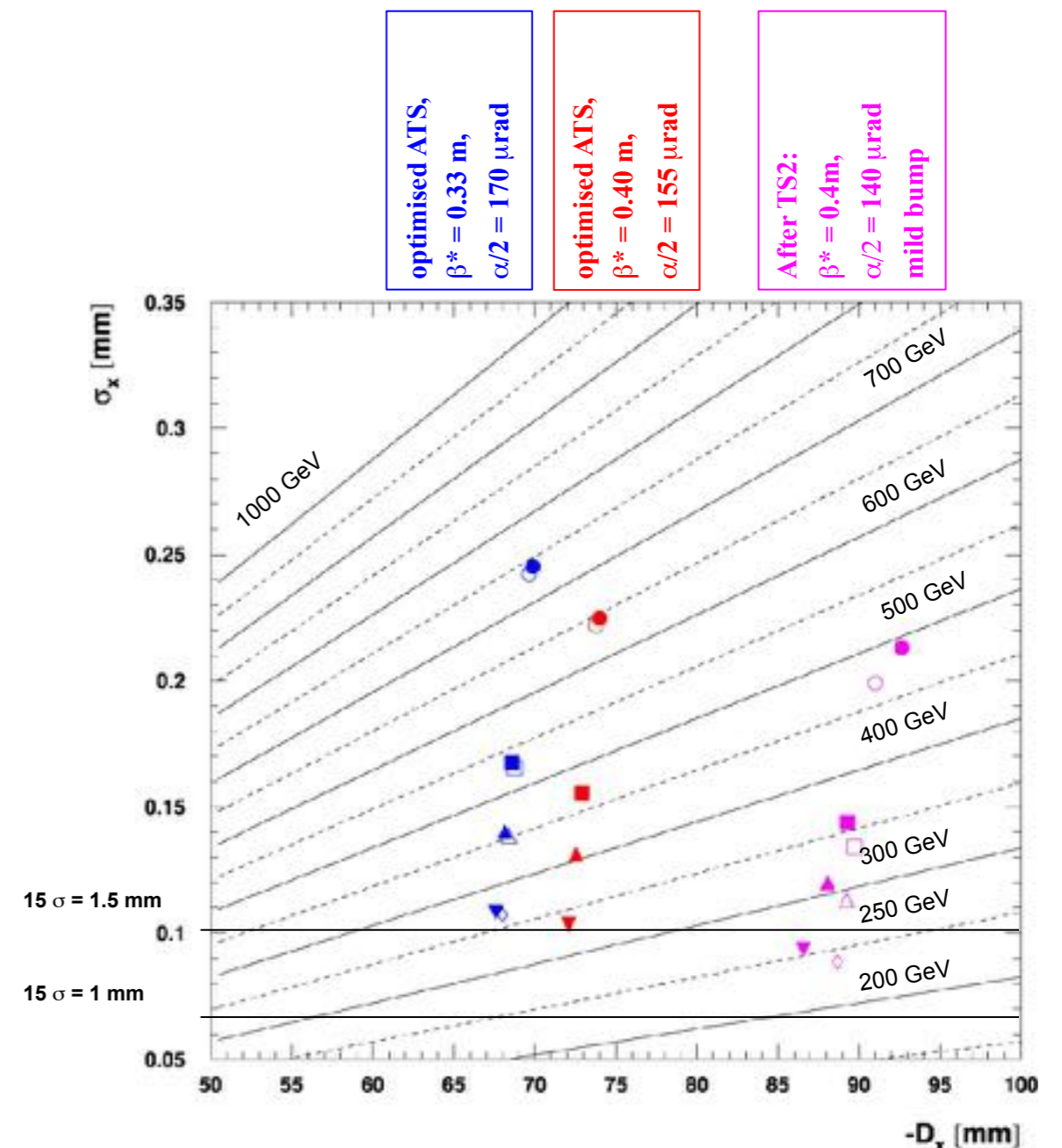
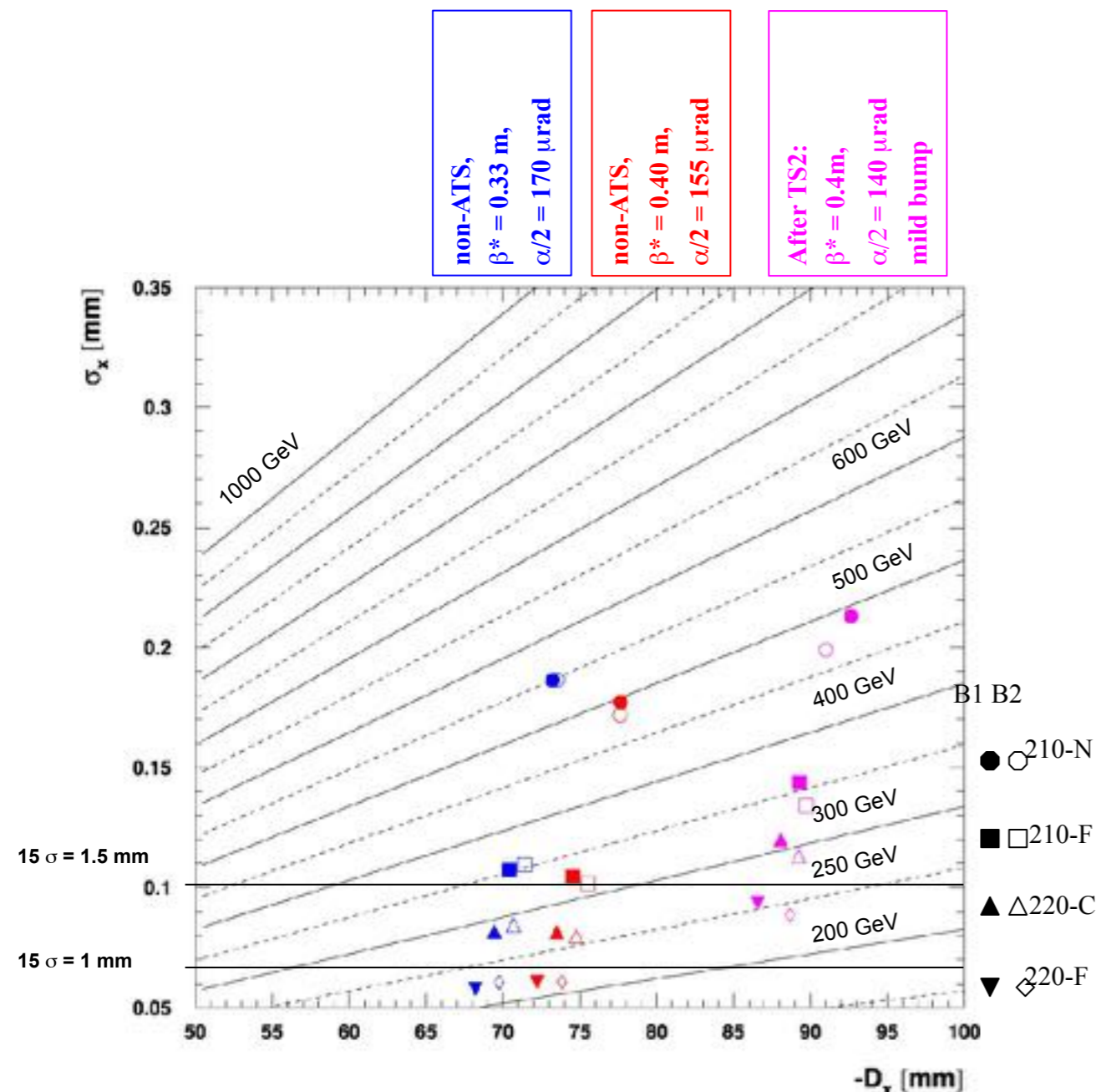
- Upgrade dei pot a 220 m per l'utilizzo ad alta luminosità:
  - equipaggiamento dei pot 220-FAR con schermo cilindrico;
  - separazione linee di vuoto secondario e di raffreddamento (condizioni diverse per tracciatori/timing)
- Commissioning sistema clock di riferimento con cavi RF
- Assemblaggio stazioni RPIX e installazione nei pot
- Inserzione piano UFSD nelle stazioni di timing (readout compatibile)
- Analisi dei dati dei rivelatori a diamante e stabilizzazione delle operazioni
- Completamento e messa in funzione del nuovo sistema DAQ su  $\mu$ TCA
- Completamento scrittura codice di ricostruzione, allineamento, calibrazione,...
- Finalizzazione analisi dei dati 2016

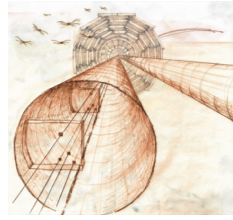


# Ottica LHC per il 2017

Tutti gli scenari proposti finora risultano in condizioni peggiori (in  $M_X^{(\min)}$ ) rispetto al 2016, a meno di non applicare un “bump” all’IP, come quest’anno

- discussione e altri studi in corso





# Conclusioni

---

Lo sforzo fatto durante il 2016 per integrare in tempi rapidi i rivelatori di TOTEM nella catena di acquisizione di CMS ha dato i suoi frutti:  
~15 fb<sup>-1</sup> di dati in condizioni di alta luminosità ( $1.2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) con i pot a  $15 \sigma$  dal fascio

Per la prima volta uno spettrometro di protoni in prossimità del fascio ha funzionato su base regolare ad alta luminosità, aprendo la strada a sviluppi futuri

Programma impegnativo per portare CT-PPS, durante EYETS, verso la sua configurazione di progetto.

Obiettivo di cominciare a fare analisi ad alta statistica con i dati del 2017