

Sviluppo di un rivelatore Cherenkov per il timing di particelle cariche con risoluzione temporale dell'ordine del picosecondo

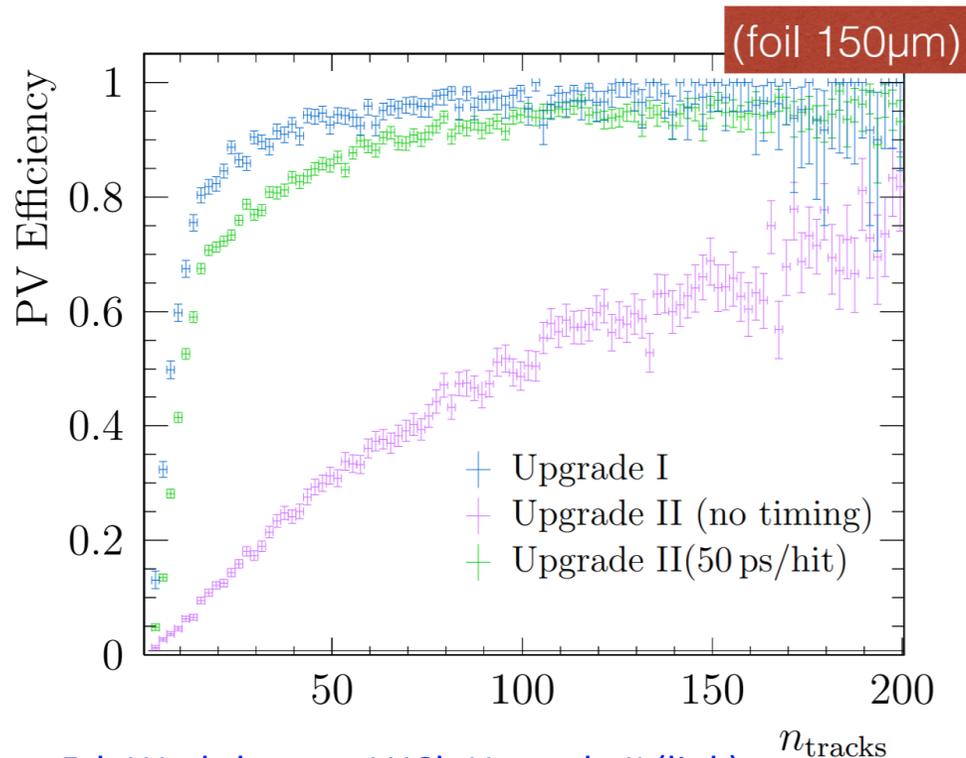
Società Italiana di Fisica 106° Congresso Nazionale
14-18 settembre 2020

Michela Garau



High Luminosity a LHCb

- Luminosità istantanea a LHCb $2 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Upgrade I) $\rightarrow 2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Upgrade II)
 - l'aumento del **pile-up** renderà molto complicata la ricostruzione delle tracce e dei vertici primari
 \rightarrow **informazione temporale** del passaggio delle particelle
 - richiesta **resistenza al danno da radiazione** fino a $10^{16} - 10^{17} \text{ 1 MeV } n_{eq} \text{ cm}^{-2}$



Fino ad ora il rivelatore di vertice di LHCb (*Vertex Locator*, VELO) è costituito da **rivelatori al silicio planari**, ma questi non hanno né una risoluzione temporale né una resistenza al danno da radiazione adatte.

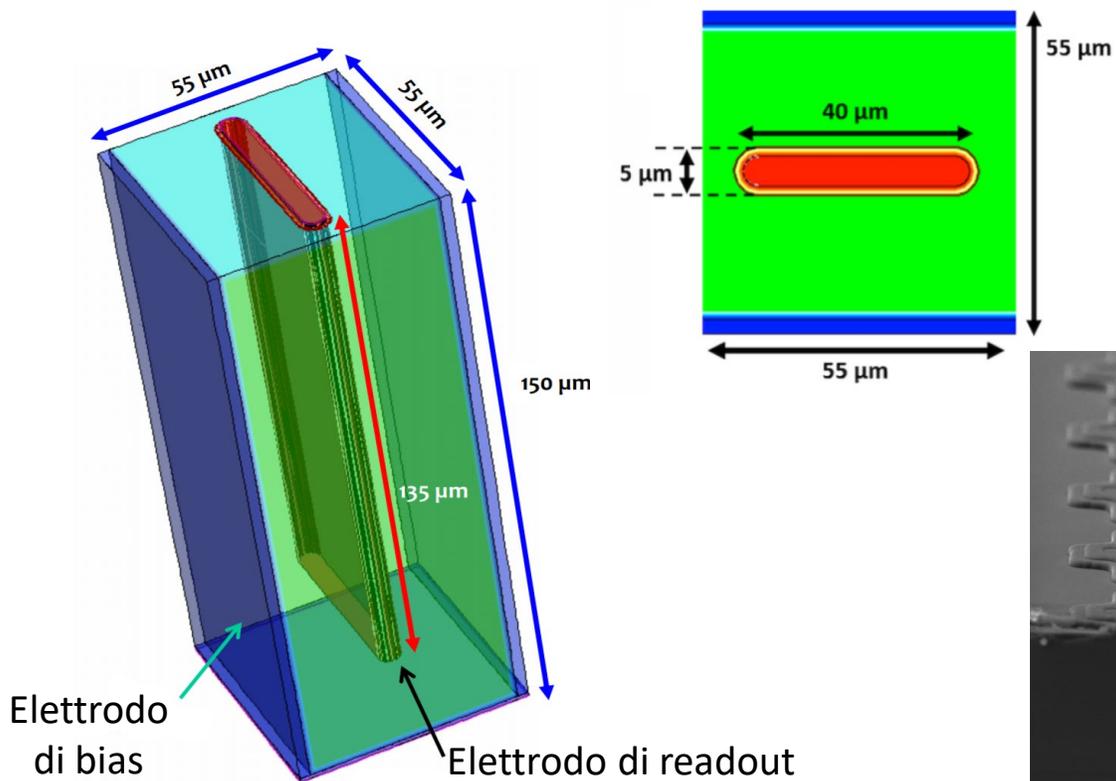
La **tecnologia 3D** è un'opzione molto promettente per avere sia una buona risoluzione temporale che un'adeguata resistenza al danno da radiazione.

5th Workshop on LHCb Upgrade II ([link](#))

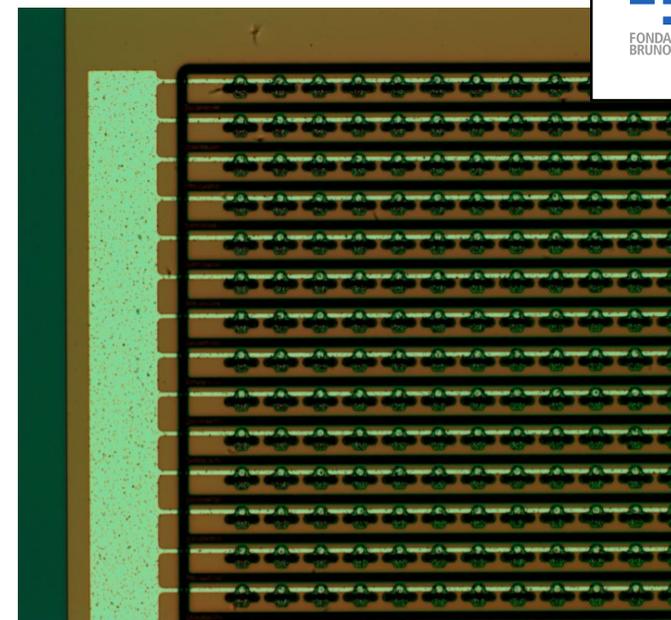
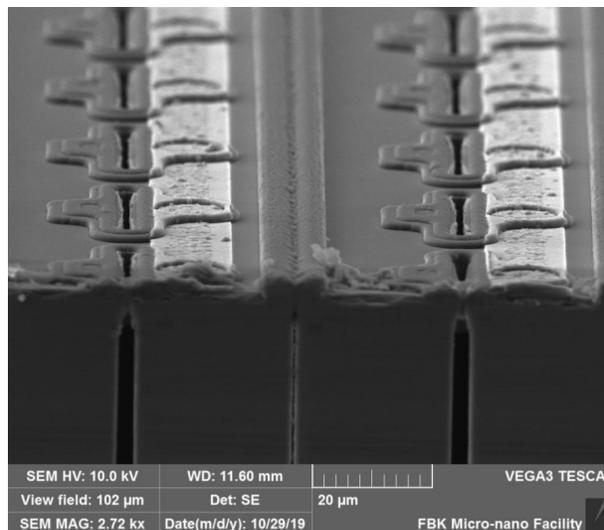
I sensori



- Il progetto TimeSPOT sviluppa sensori 3D aventi una geometria innovativa
- Le caratteristiche dei sensori TimeSPOT li rendono dei buoni candidati per l'Upgrade II del VELO

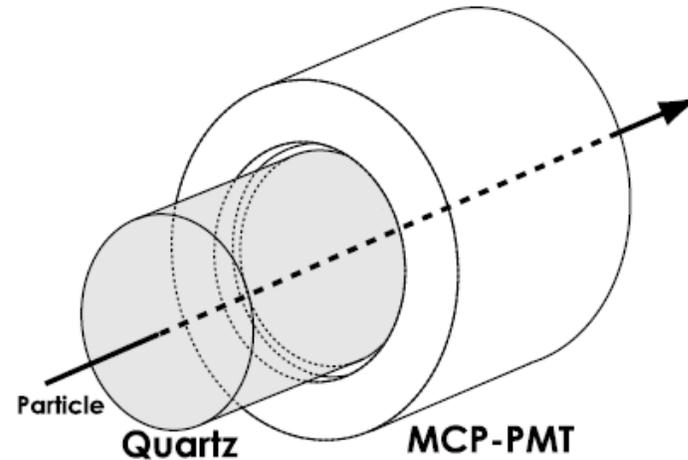


- Dalle simulazioni, la **geometria a trench** è risultata essere la più adatta per applicazioni di **timing**
→ tempo di raccolta più breve ed uniforme
→ risoluzione temporale < 30 ps



Rivelatore con risoluzione temporale $O(10 \text{ ps})$

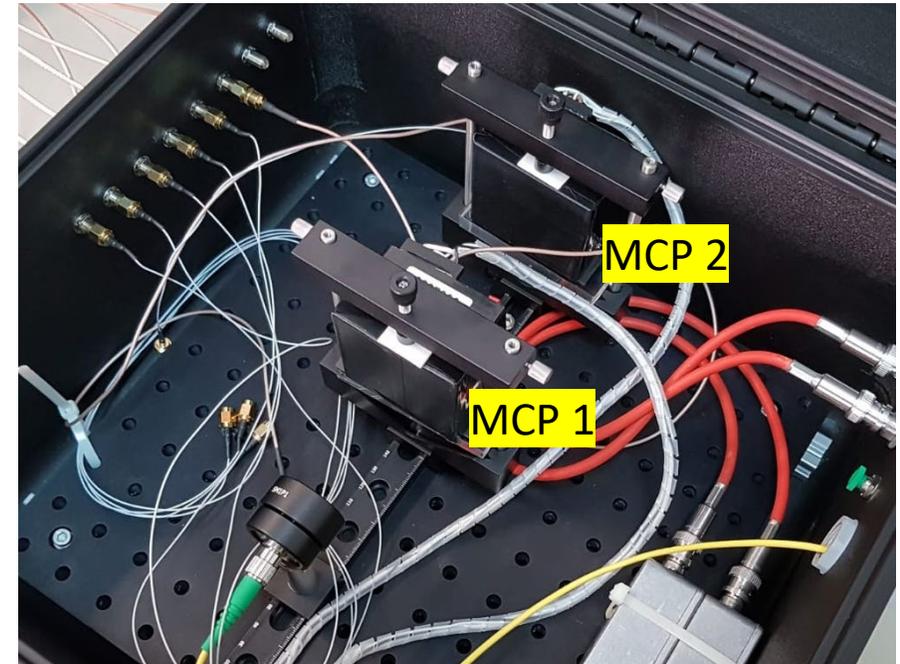
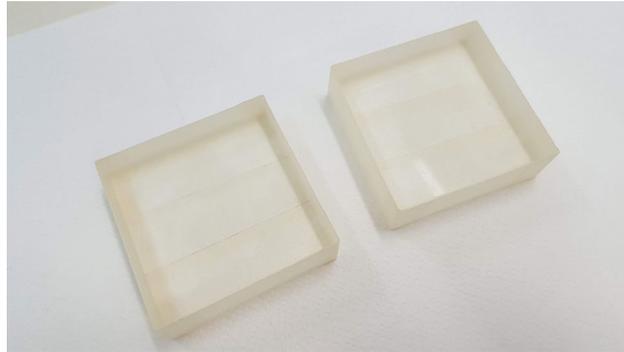
Per misurare la risoluzione temporale dei sensori TimeSPOT, è stato necessario realizzare un rivelatore con risoluzione inferiore a quella attesa dai sensori



Radiatore Cherenkov + fotomoltiplicatore a *Microchannel Plate*

Sviluppo *time-tagger*

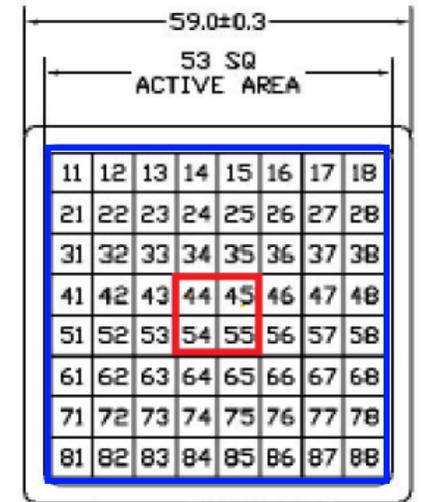
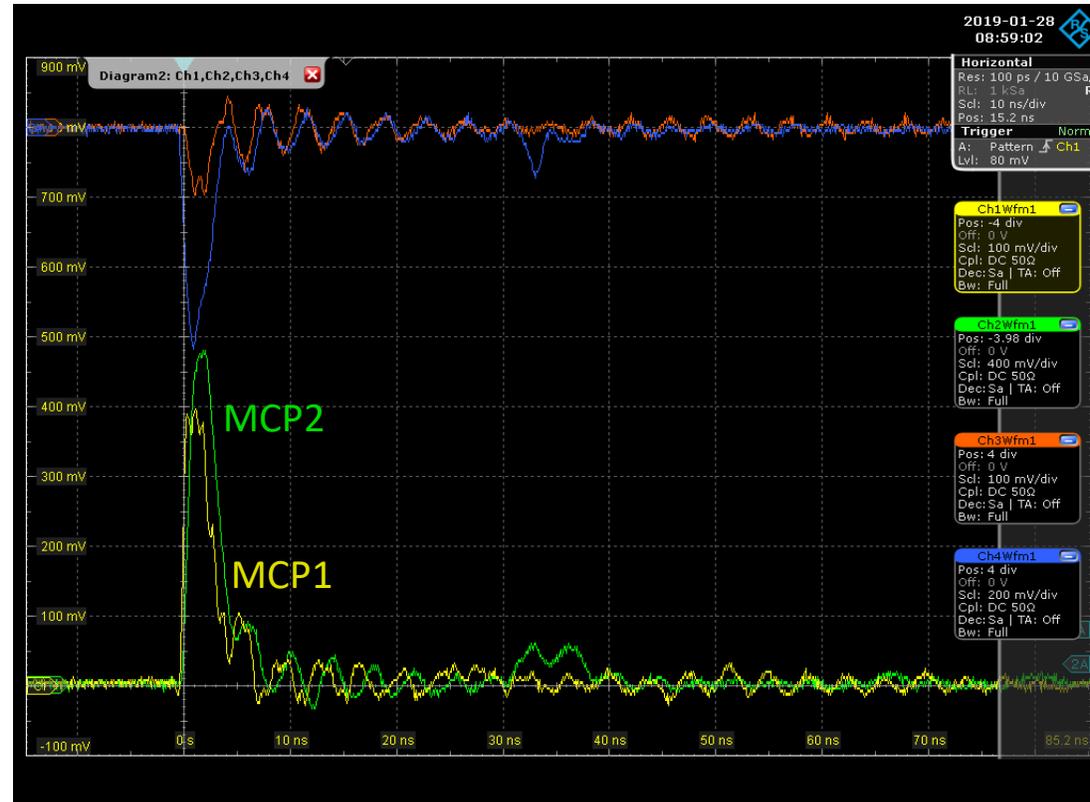
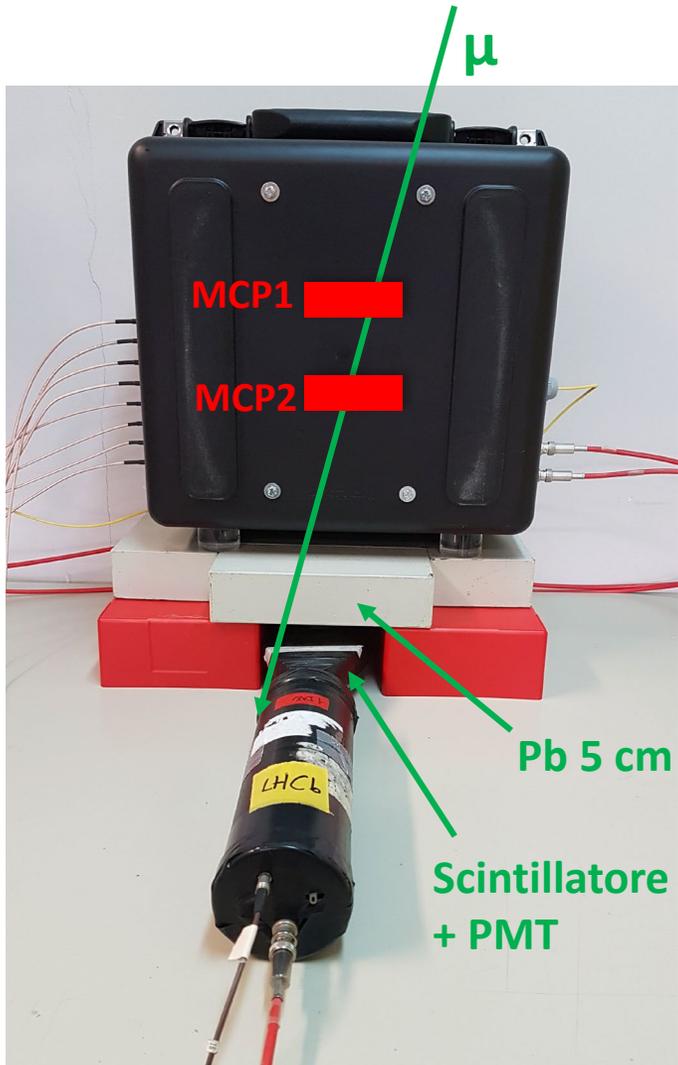
- 2 fotomoltiplicatori a *Microchannel Plate* (MCP-PMT) $53 \times 53 \text{ mm}^2$ + 2 radiatori di quarzo



	Planacon XP85112	Planacon XP85012
Area attiva	$53 \times 53 \text{ mm}^2$	$53 \times 53 \text{ mm}^2$
Open Area Ratio	80%	80%
\varnothing canali	$10 \mu\text{m}$	$25 \mu\text{m}$
Rapporto L/d	60 : 1	40 : 1
TTS (σ_{tts})	35 ps (max. 60 ps)	-
Durata del segnale	0.7 ns	1.8 ns
Tempo di salita	0.5 ns	0.6 ns

64 uscite anodiche + segnale comune

Test del *time-tagger* con i raggi cosmici

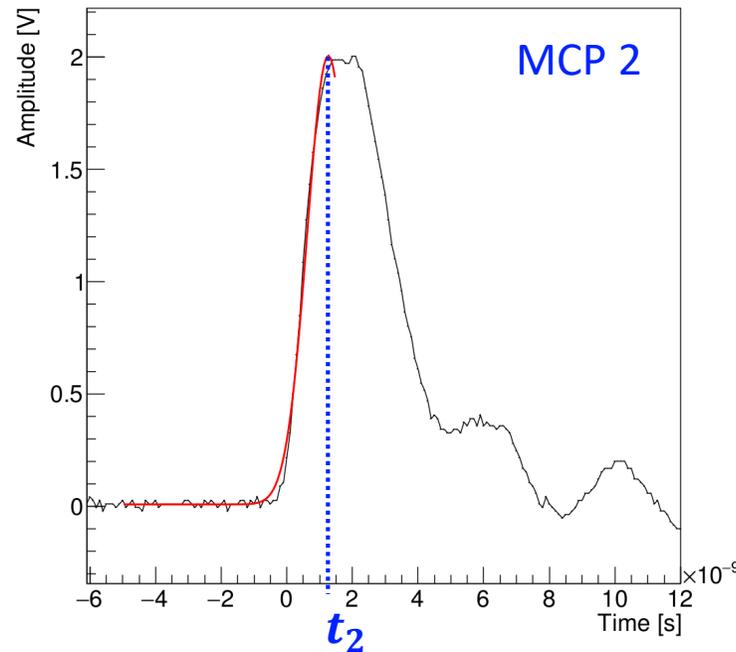
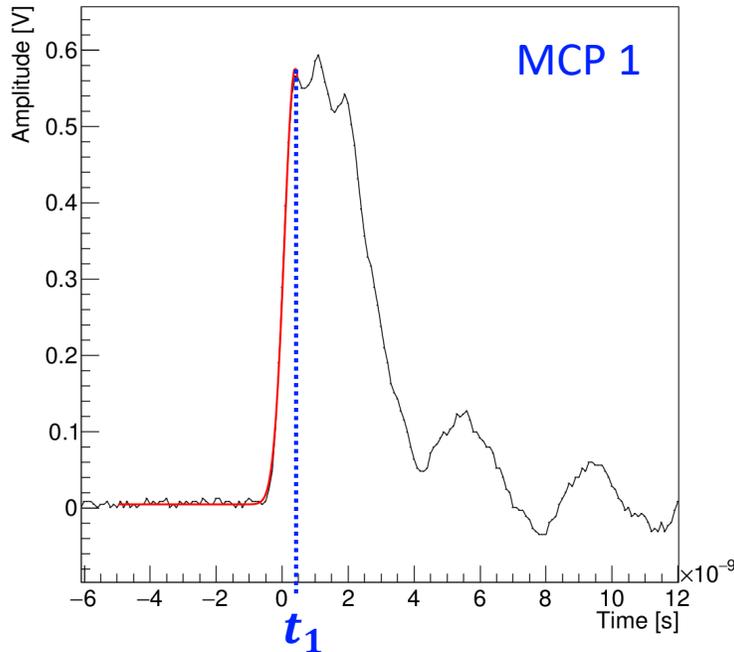


Dei due MCP-PMT vengono acquisiti, mediante oscilloscopio, il **segnale comune** (in uscita dalla seconda *plate*) e l'**AND delle quattro pad centrali**. Il segnale del PMT è utilizzato per fare una selezione sull'energia dei muoni.

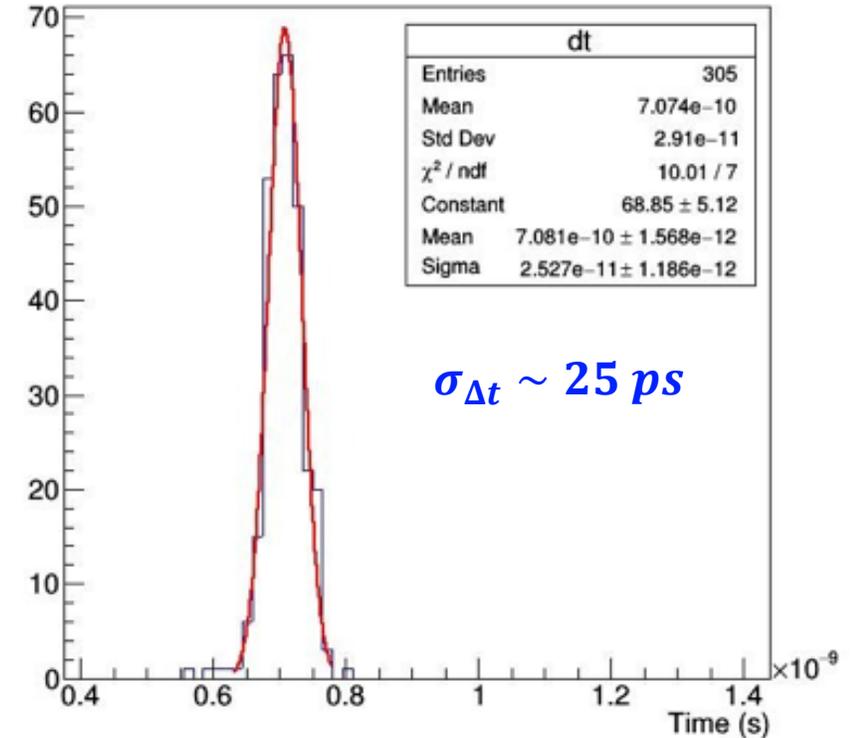
L'ampiezza del segnale in uscita dalle quattro pad centrali viene usato per selezionare le particelle con una direzione prossima alla verticale

Test del *time-tagger* con i raggi cosmici

Fit gaussiano del fronte di salita per determinare il tempo di arrivo di ciascun segnale $\rightarrow \mu$ della gaussiana come tempo di arrivo



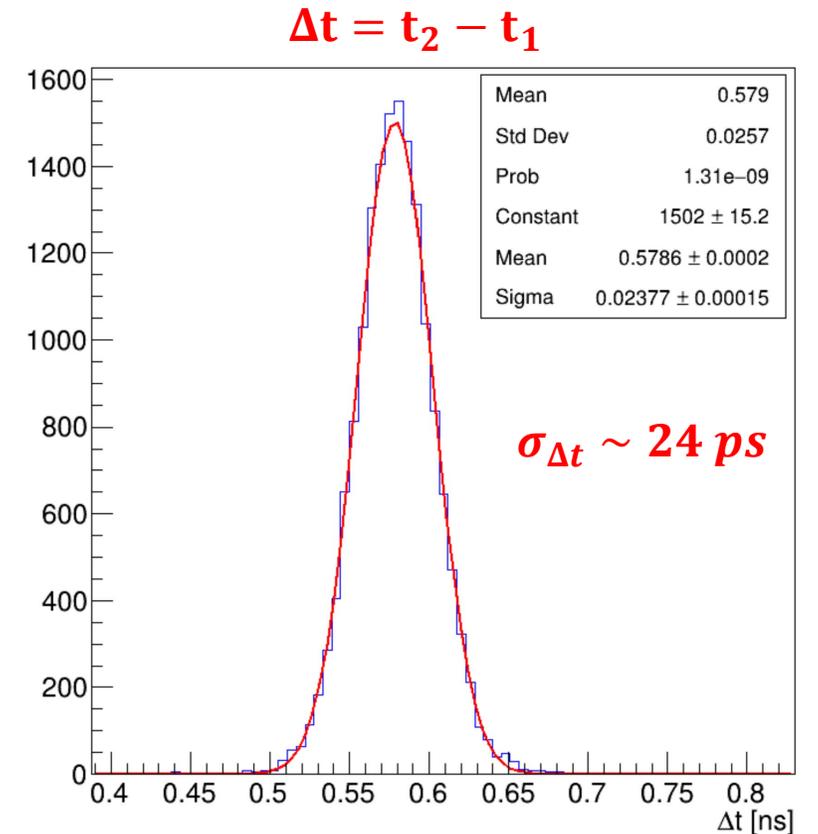
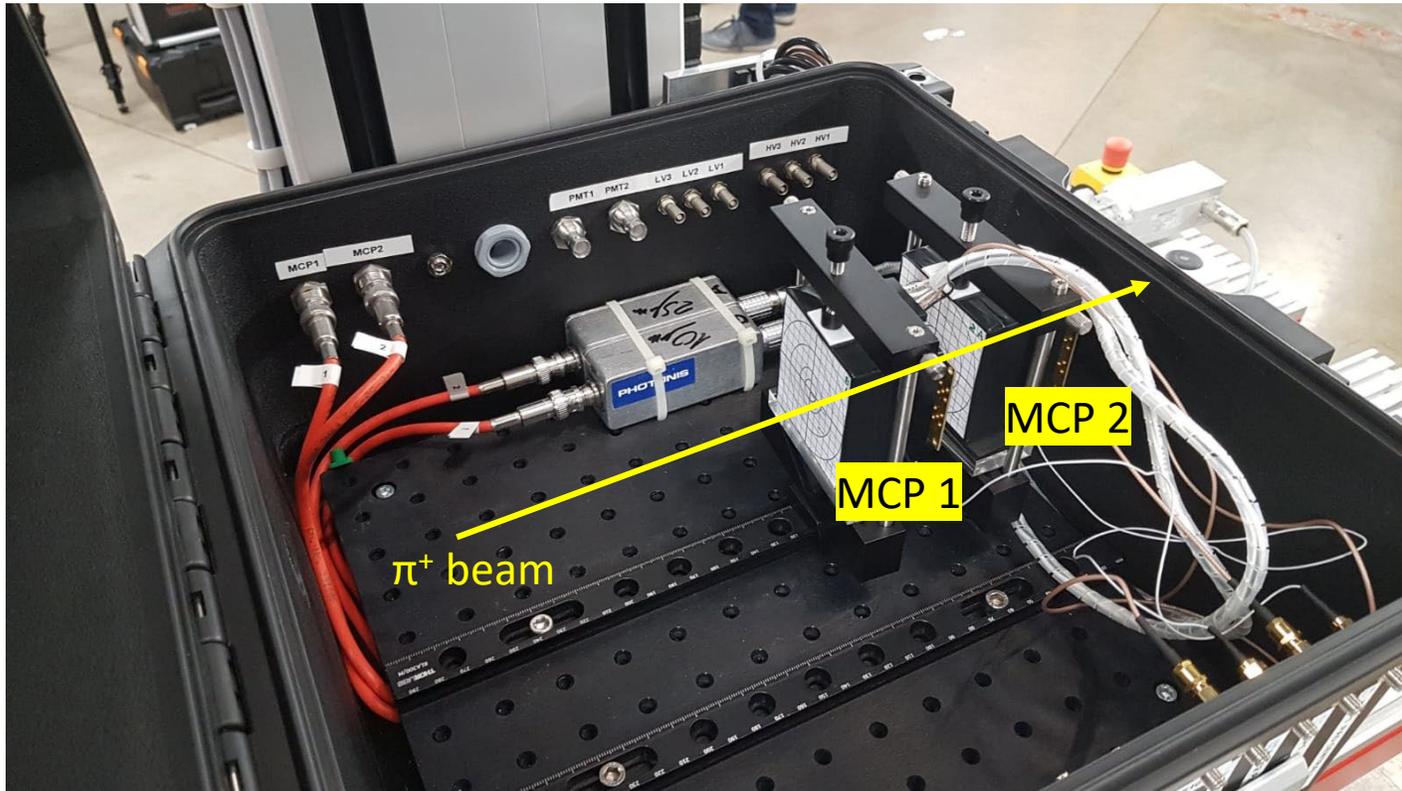
$$\Delta t = t_2 - t_1$$



Usando la media del tempo misurato dai due MCP abbiamo un sistema con risoluzione temporale $\sim 13 \text{ ps}$

Time-tagger al test beam

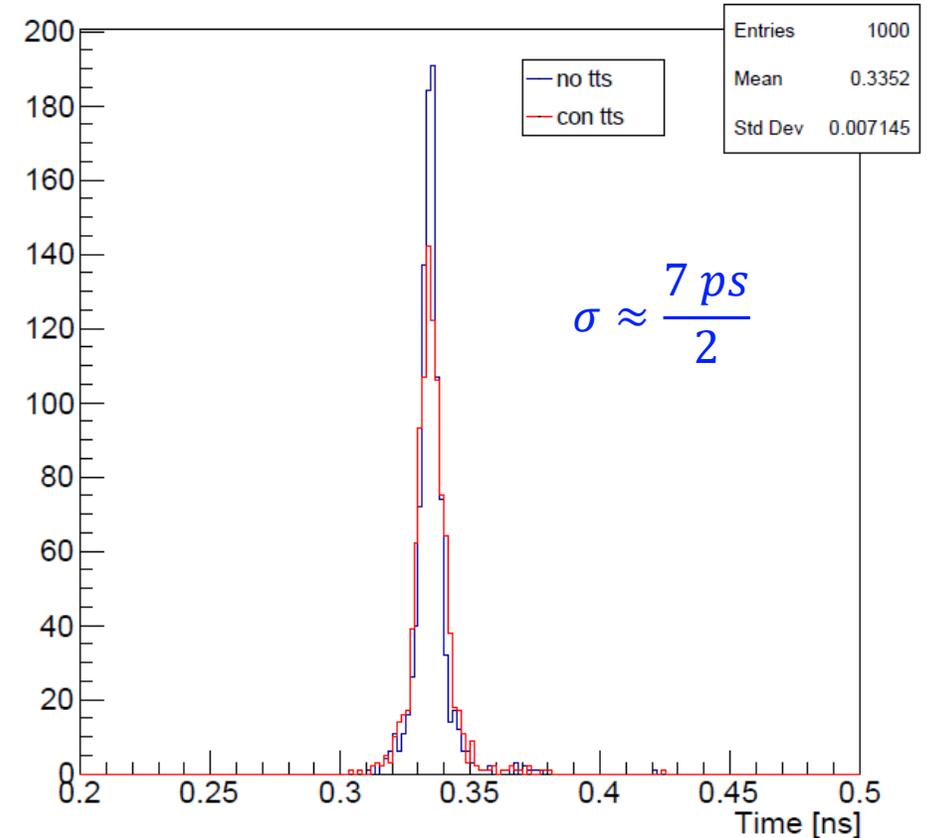
- Primo test beam dei sensori TimeSPOT (ottobre 2019)
- Fascio di π^+ da $270 \text{ MeV}/c$
- Time-tagger utilizzato come riferimento temporale per la misura di risoluzione temporale dei sensori TimeSPOT



Risoluzione temporale di $\sim 12 \text{ ps}$ se si usa la media dei tempi misurati dai due MCP-PMT.

Sviluppo di un nuovo *time-tagger*

- Risoluzione temporale sensori TimeSPOT misurata ~ 20 ps
→ studi per realizzare un time-tagger più performante
- Simulazione GEANT4 → risoluzione temporale ~ 4 ps
- In arrivo nuovi fototubi a MCP ottimizzati:
 - finestra di ingresso più piccola
 - finestra di ingresso più spessa
 - fotocatodo ottimizzato
 - segnale in uscita ottimizzato



Conclusioni

- Rivelatore Cherenkov con risoluzione temporale ~ 12 ps
- Riferimento temporale nel primo test su fascio dei sensori TimeSPOT
- Simulazione per un nuovo *time-tagger*
- Sviluppo di un *time-tagger* più performante con risoluzione temporale dell'ordine del ps