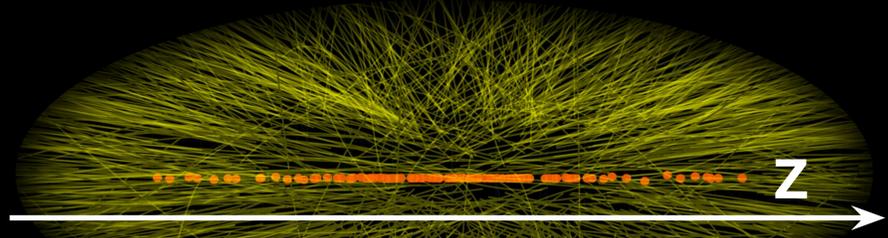
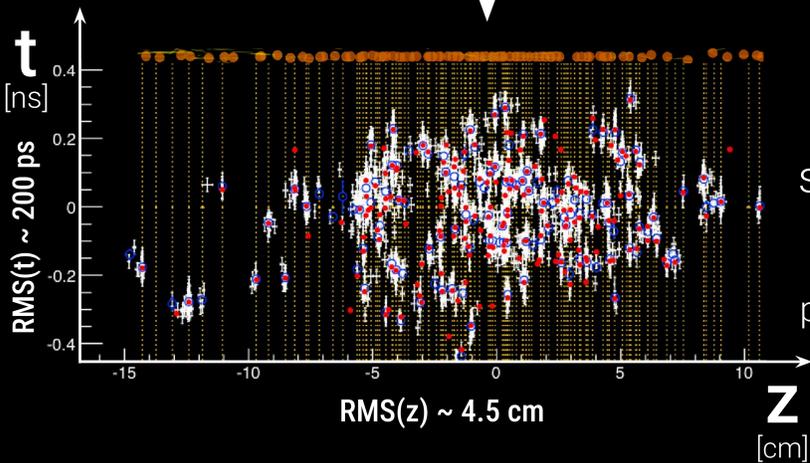


Nella fase di High Luminosity di LHC, ci aspettiamo circa **200 interazioni simultanee** per collisione (**pileup**)

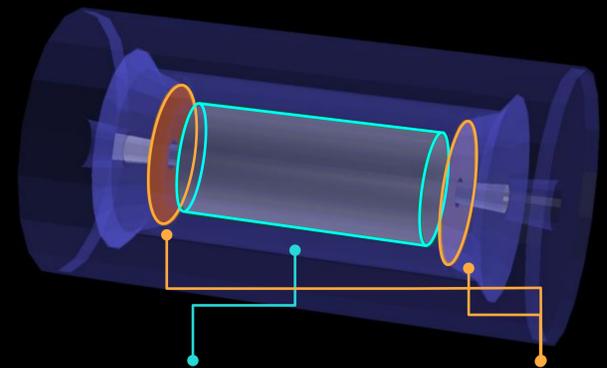


misurando il **tempo dei vertici**

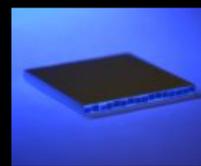


Con una risoluzione di **~30 ps** sulle **tracce** possiamo tornare ad un pileup efficace pari a quello attuale

Mip Timing Detector

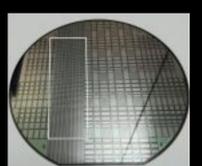


Barrel Timing Layer



Cristalli LYSO + SiPM

Endcap Timing Layer



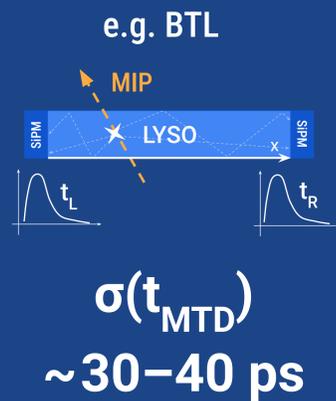
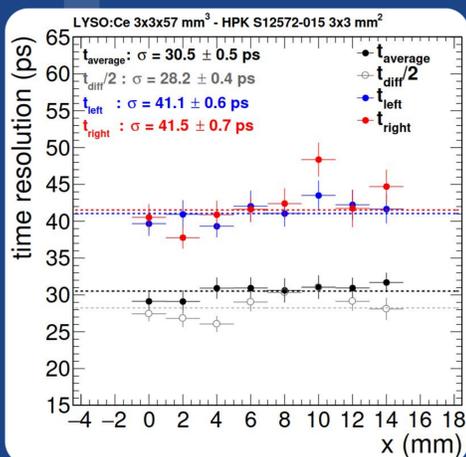
Low Gain Avalanche Photodiodes

L'esperimento CMS introdurrà il nuovo rivelatore MTD tra tracciatore e calorimetro elettromagnetico, aggiungendo alle osservabili misurate il **tempo di arrivo di particelle cariche** con la precisione necessaria.

Come si passa dalla misura in MTD alla ricostruzione dei vertici?

1 Ricostruzione hit MTD

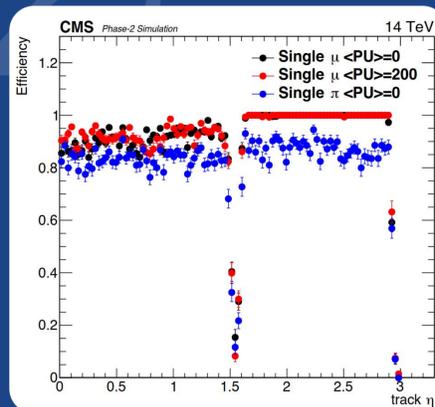
Il segnale prodotto dal deposito di energia della particella permette di misurarne il **tempo di arrivo**:



$\sigma(t_{\text{MTD}}) \sim 30-40 \text{ ps}$

Associazione tracce ↔ hit MTD

La **traccia** di ciascuna particella carica viene **associata** ad un **hit di MTD** (compatibilità spaziale e temporale)



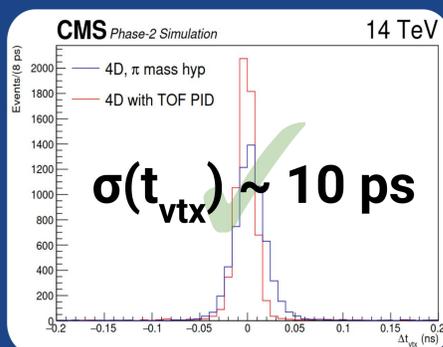
Per la ricostruzione del vertice, va ricostruito il **tempo** della traccia **alla linea di fascio**: la traccia viene quindi **propagata** all'indietro calcolandone

il **tempo di volo** (Time of Flight, TOF) sotto una certa **ipotesi di massa**, usando la misura del **momento** fornita dal tracciatore.

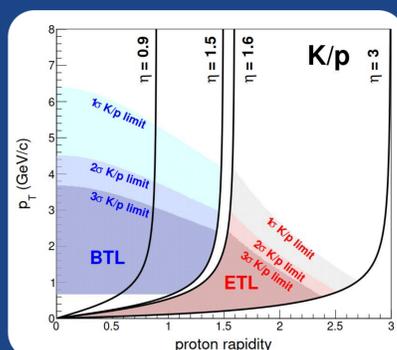
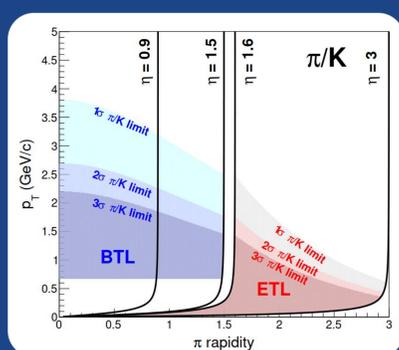
Clusterizzazione 4D tracce

Data la **collezione** di tracce con i loro **tempi e posizioni alla linea di fascio**, questi vanno raggruppati (**clusterizzati**) a formare i vertici.

Alla ricostruzione del vertice è iterativamente connessa l'**identificazione delle particelle** (Particle Identification, PID), per cui viene scelta l'ipotesi che massimizza la compatibilità temporale con il vertice assegnato.



$\sigma(t_{\text{vtx}}) \sim 10 \text{ ps}$



$$\sigma(t_{\text{track}}) \sim \sigma(t_{\text{MTD}}) \oplus \sigma_{\text{TOF}}$$

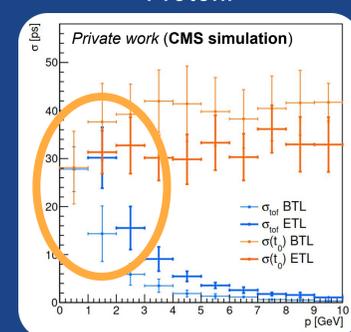
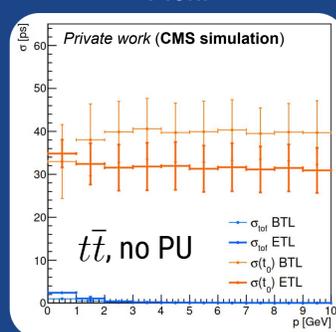
Nota bene: le incertezze sulle tracce hanno effetto sul vertice

$\sigma(t_{\text{track}})$ **impatta**, oltre che l'efficienza di associazione hit MTD ↔ traccia e l'efficienza di identificazione della particella (PID), anche l'**incertezza finale sul tempo del vertice** $\sigma(t_{\text{vtx}})$: è necessario tenere sotto controllo ogni contributo per determinare la risoluzione del vertice in maniera ottimale.

$$\sigma_{\text{TOF}}(m) \approx \sigma_p \cdot \left| \frac{\partial \text{TOF}}{\partial p} \right| = \sigma_p \cdot \frac{\ell}{c} \frac{m^2}{p^2 \sqrt{p^2 + m^2}}$$

Pioni

Protoni



rilevante per particelle **a basso momento e pesanti**
 $\sigma_{\text{TOF}} \sim \mathcal{O}(10 \text{ ps})$ confrontabile con $\sigma(t_{\text{MTD}})$