

A Phase 2 trigger study on $\tau \rightarrow 3\mu$ channel with GEM detectors in CMS

106° Congresso nazionale

Società Italiana di Fisica

2020-09-14

Simone Calzaferri

Università degli Studi di Pavia

INFN sezione di Pavia

Il progetto GEM

Tracciamento e trigger dei muoni effettuato con 3 differenti tecnologie @ RUN 2

- Drift Tubes (DTs)
 - Resistive Plate Chambers (RPCs)
 - Cathode Strip Chambers (CSCs)
- @ Run 3 e fasi successive
- Gas Electron Multiplier (GEMs)

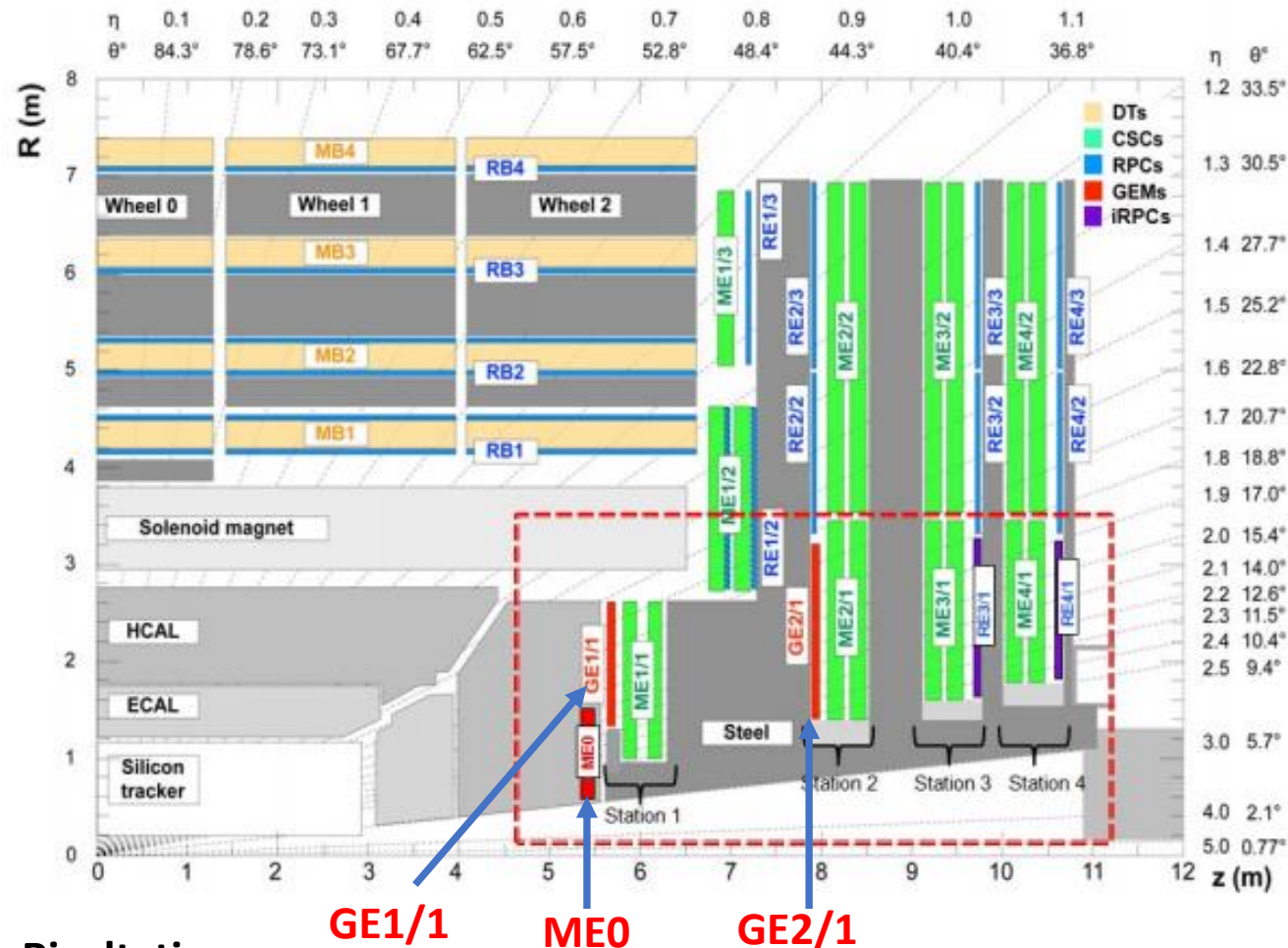
Dove saranno installati i detector GEM?

Negli endcap per coprire $1.6 < |\eta| < 2.8$

Saranno installate 3 stazioni GEM: GE1/1, GE2/1, ME0

Perché usare le GEM?

- Alta rate capability (fino a $100 \text{ MHz} / \text{cm}^2$)
- Alta risoluzione spaziale ($140 \mu\text{m}$)
- Radiation hardness (fino a $1.56 \text{ C} / \text{cm}^2$)



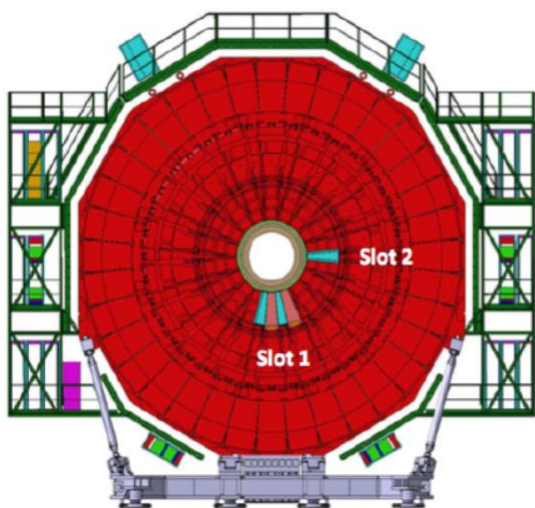
Risultati

- GEM detector **aumentano la ridondanza** = maggior numero di hit per ricostruire i muoni
- GE1/1 and GE2/1 permettono di **tenere sotto controllo la trigger rate**, senza aumentare la soglia in p_T
- GE1/1 e GE2/1 cooperano con le stazioni CSC ME1/1 ed ME2/1 nella costruzione del segmento per la ricostruzione della traccia
- ME0 ($2.0 < |\eta| < 2.8$) **aumenta la copertura in η di CMS**



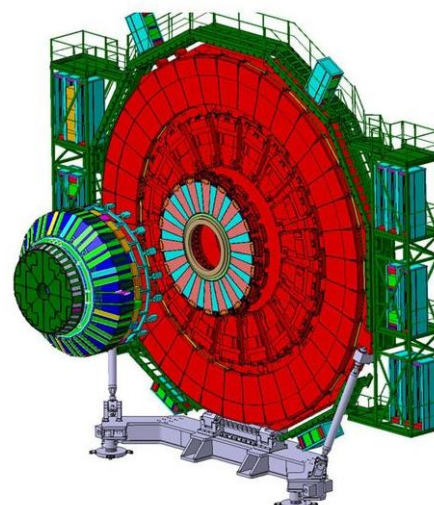
Programma del progetto GEM

RUN 2
2017-2018



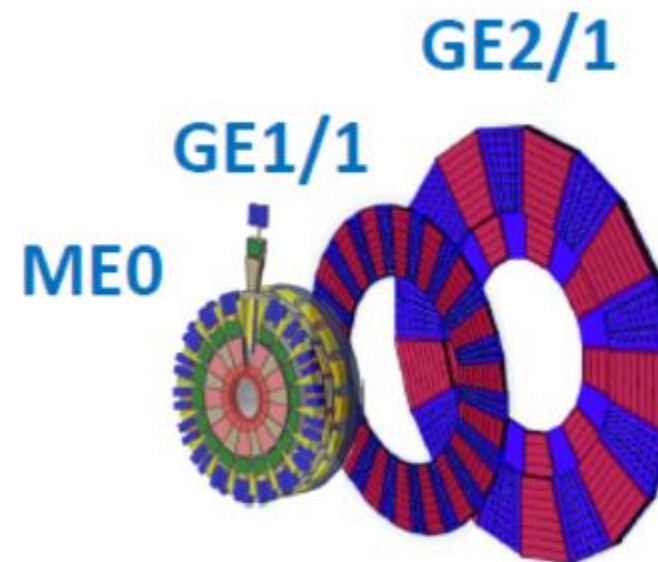
Slice test
Dimostrazione delle GEM in
CMS

Long Shutdown 2
PRESENTE

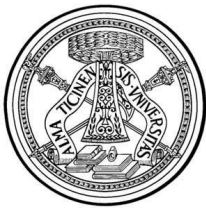


GE1/1 installazione

Technical Stops annuali
e Long Shutdown 3
2022-2026



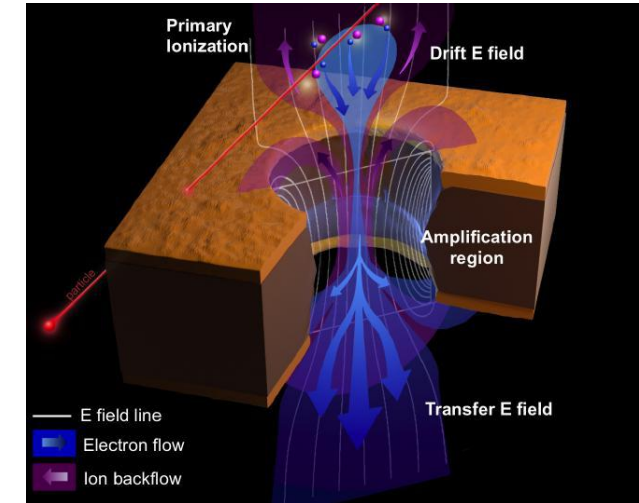
Installazione di ME0 e GE2/1
entro la fine di LS3



In cosa consiste un detector GEM?

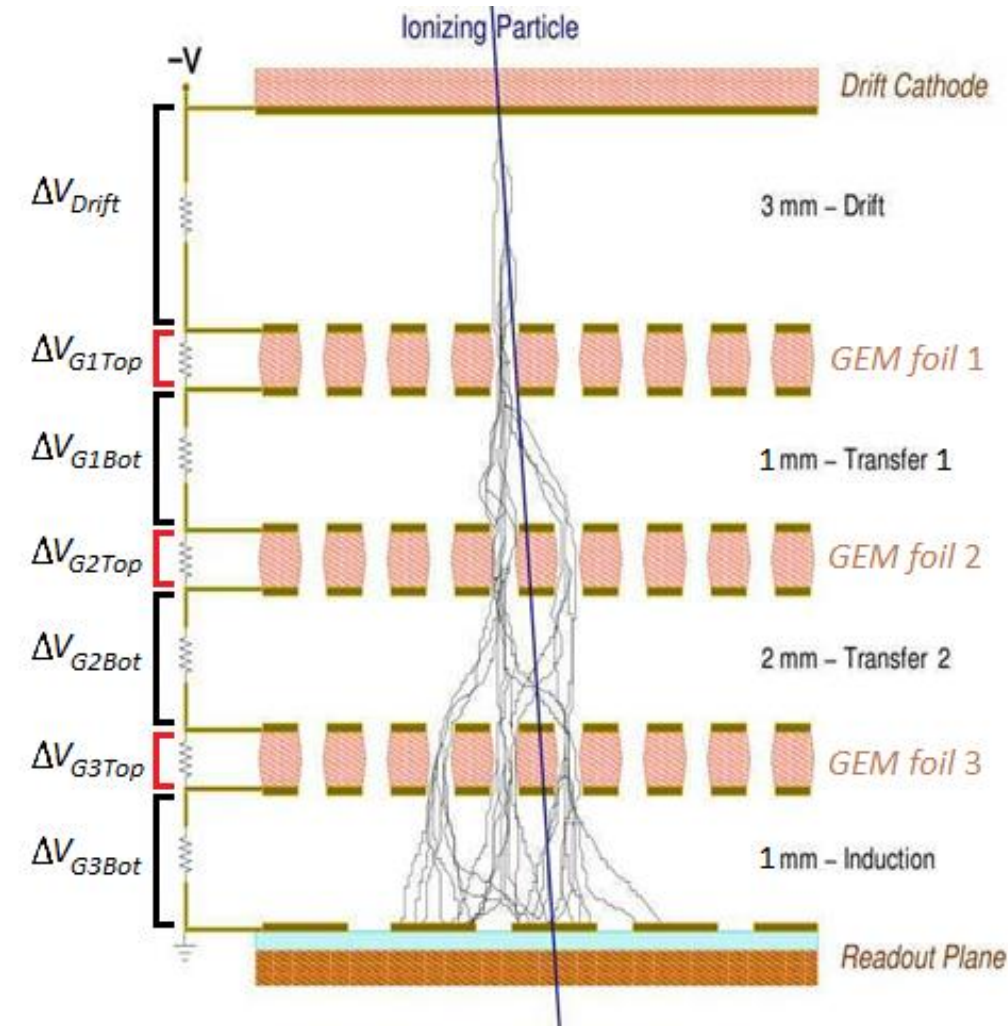
Struttura

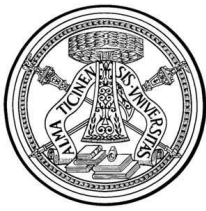
- **3 fogli GEM** posizionati uno sopra l'altro
- Un foglio GEM è un foglio polimerico spesso $50\mu\text{m}$, con **rame applicato su entrambi i lati del foglio**
- **Fori biconici** larghi $70\mu\text{m}$ incisi sui fogli e spazati di $140\mu\text{m}$



Funzionamento

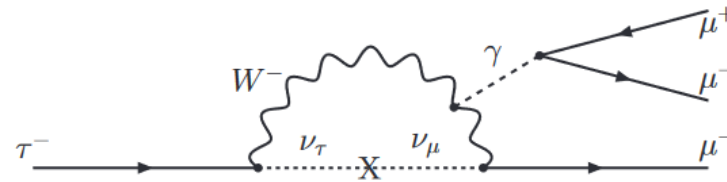
- Una particella produce una **ionizzazione in un gas** (Ar/CO_2 70% / 30%)
- Gli **elettroni sono guidati** da un campo elettrico all'interno delle spazature tra i fogli
- **Un forte campo elettrico** all'interno dei fori provoca una **moltiplicazione a valanga** degli elettroni
- La valanga è raccolta dalle **strip di rame** posizionate al di sotto dell'ultimo foglio GEM (GEM 3)
- **Il segnale** può essere **letto dalle strip** usando un'opportuna elettronica





Il decadimento $\tau \rightarrow 3\mu$

- Decadimento con violazione del **sapore leptonic**
- Nel Modello Standard è permesso solo attraverso processi che coinvolgono l'oscillazione di neutrino, con un Branching Ratio (**BR**) dell'ordine di $\sim 10^{-40}$

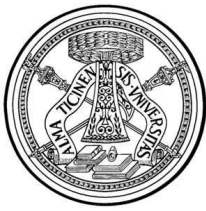


- Il limite superiore di questo BR è stato stabilito da alcune analisi
- Limite superiore dell'**esperimento di Belle**: $BR(\tau \rightarrow 3\mu) < 2.1 \cdot 10^{-8}$
- Limite superiore fissato in una **analisi di CMS** (<http://inspirehep.net/record/1726178?ln=it>):
 $BR(\tau \rightarrow 3\mu) < 8.8 \cdot 10^{-8}$
- La grande maggioranza dei τ sono prodotti dal decadimento del mesone D_s ($m_{D_s} = 1.968$ GeV)



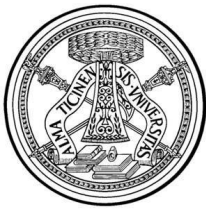
Scopo dello studio

- Definire un trigger per il Livello 1 (L1) realizzato su misura, con performances migliori dei trigger utilizzati nel Run 2 per il decadimento $\tau \rightarrow 3\mu$
 - alta efficienza di segnale del decadimento $\tau \rightarrow 3\mu$ ($\varepsilon > 0.1$)
 - bassa rate di background ($R < 3$ kHz)



Framework

- CMSSW VERSION: CMSSW_10_6_0_patch2
- **Campioni del L1 TDR di fase 2 utilizzati in questo studio**
 - Segnale con PU0:** (100k eventi) (**Eventi Ds --> Tau --> 3Mu**)
/TauTo3Mu_TuneCP5_14TeV-pythia8/PhaseITDRSpring19DR-NoPU_106X_upgrade2023_realistic_v3-v2/GEN-SIM-DIGI-RAW
 - Segnale con PU200:** (10k eventi) (**Eventi Ds --> Tau --> 3Mu**)
/TauTo3Mu_TuneCP5_14TeV-pythia8/PhaseITDRSpring19DR-PU200_106X_upgrade2023_realistic_v3-v2/GEN-SIM-DIGI-RAW
 - Minbias:** (500 k eventi)
/Nu_E10-pythia8-gun/PhaseITDRSpring19DR-PU200_106X_upgrade2023_realistic_v3-v3/GEN-SIM-DIGI-RAW



Trigger indagati

- **Detector & sistemi utilizzati nello studio**

- ME0, ME11, ME21
- Endcap Muon Track Finder (EMTF)

- **Trigger per i segmenti**

- **Numero di segmenti** considerati per costruire un trigger: uno, due o tre
- Tagli sull'**angolo di bending** dei segmenti all'interno di un singolo detector
 - **Tagli asimmetrici** sul P_t dei muoni (e.g. 2 GeV – 3 GeV – 5 GeV per una tripletta di segmenti)
- Tagli su η e **qualità** dei segmenti
- Tagli sulla **separazione in $\Delta\eta$ - $\Delta\phi$** tra i segmenti

Tutte le loro combinazioni

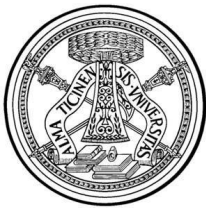
- **Trigger per le tracce di EMTF**

- Tagli sul P_t della traccia
- Tagli sulla **carica** del muone (e.g. 2 μ^+ 1 μ^- o 1 μ^+ 2 μ^-)
- Tagli sulla **qualità** della traccia
- Tagli sulla distanza ΔR tra le tracce ($\Delta R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2}$)

Tutte le loro combinazioni

- **Combinazioni di trigger di EMTF e dei segmenti**

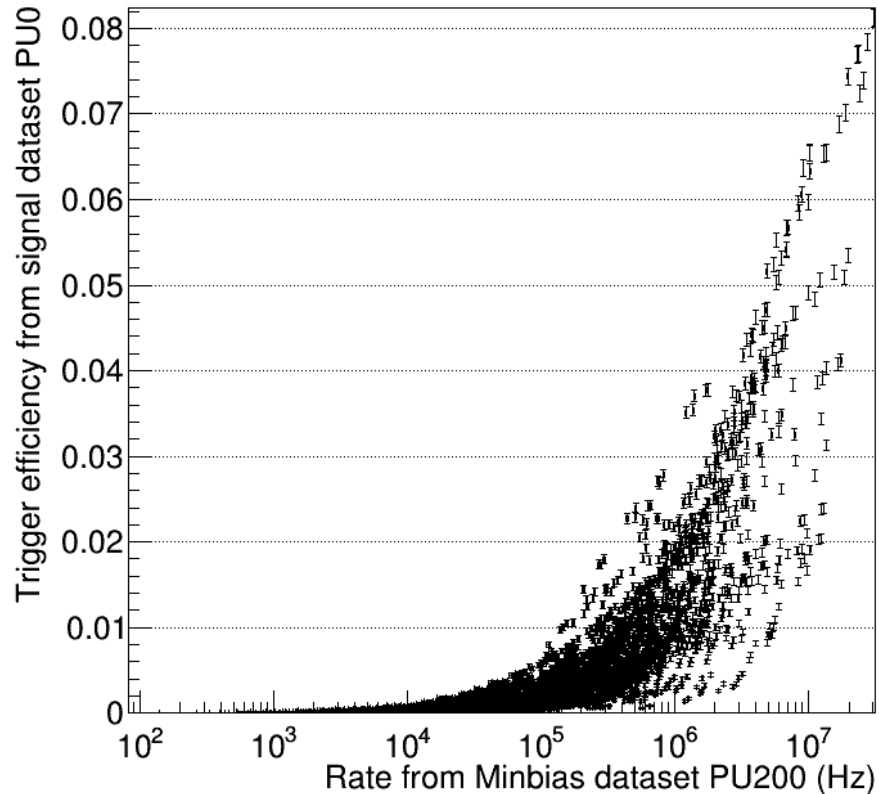
- 3 tracce di EMTF
- 2 tracce di EMTF e 1 segmento
- 1 traccia di EMTF e 2 segmenti



Alcuni risultati

$\tau \rightarrow 3\mu$ ME0 Triple μ triggers

CMS Work in progress 14 TeV



3 segmenti di ME0

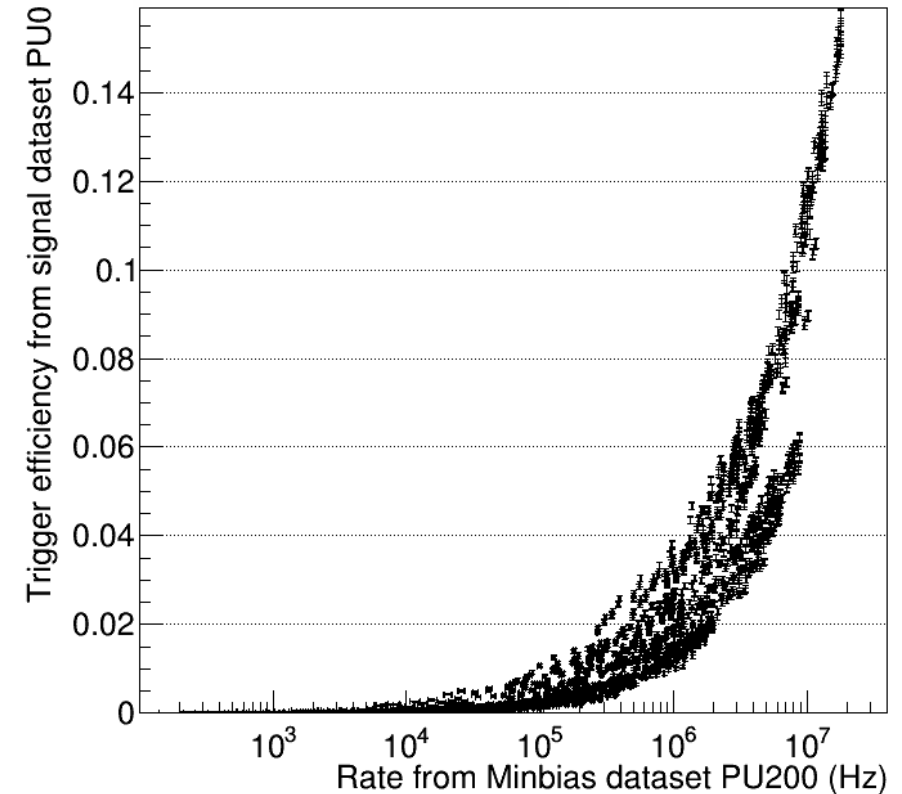
Trigger adatto per l'implementazione

- Efficiency > 0.1
- Rate < 3 kHz

Ogni punto rappresenta un diverso trigger

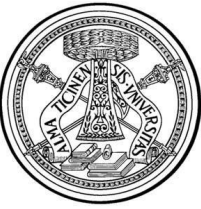
$\tau \rightarrow 3\mu$ triggers: 2 EMTF tracks 1 ME11 LCT

CMS Work in progress 14 TeV



2 tracce di EMTF e 1 segmento di ME11

Nessuno dei trigger indagati soddisfa le richieste di rate ed efficienza



Conclusioni

- Nessuno dei trigger indagati finora soddisfa le richieste di rate ed efficienza necessarie per una futura implementazione
- Possibilità di miglioramento:
 - **Variare i parametri** dei tagli
 - **Aggiungere altri sistemi** allo studio, per esempio il **tracciatore di CMS**