



XVIII edizione degli Incontri di Fisica delle Alte Energie

Upgrade del Sistema Muoni dell'esperimento CMS con rivelatori a Tripla GEM

Federica Maria Simone in rappresentanza della collaborazione CMS

Napoli, 8 - 10 Aprile 2019

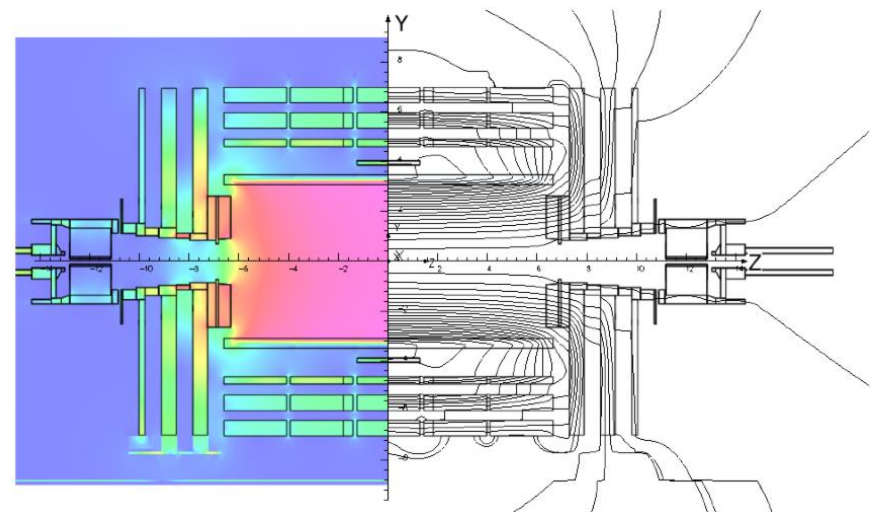
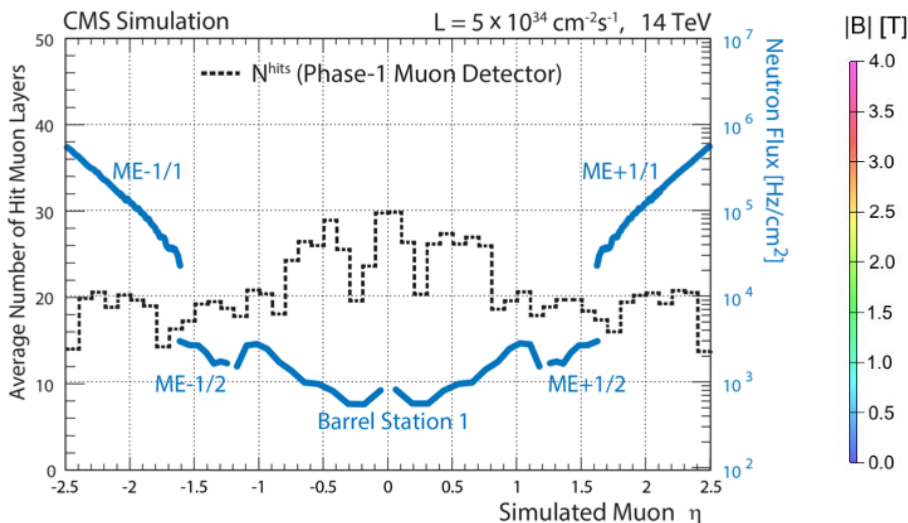
Perché modificare l'endcap del sistema muoni?

Apparato attuale:

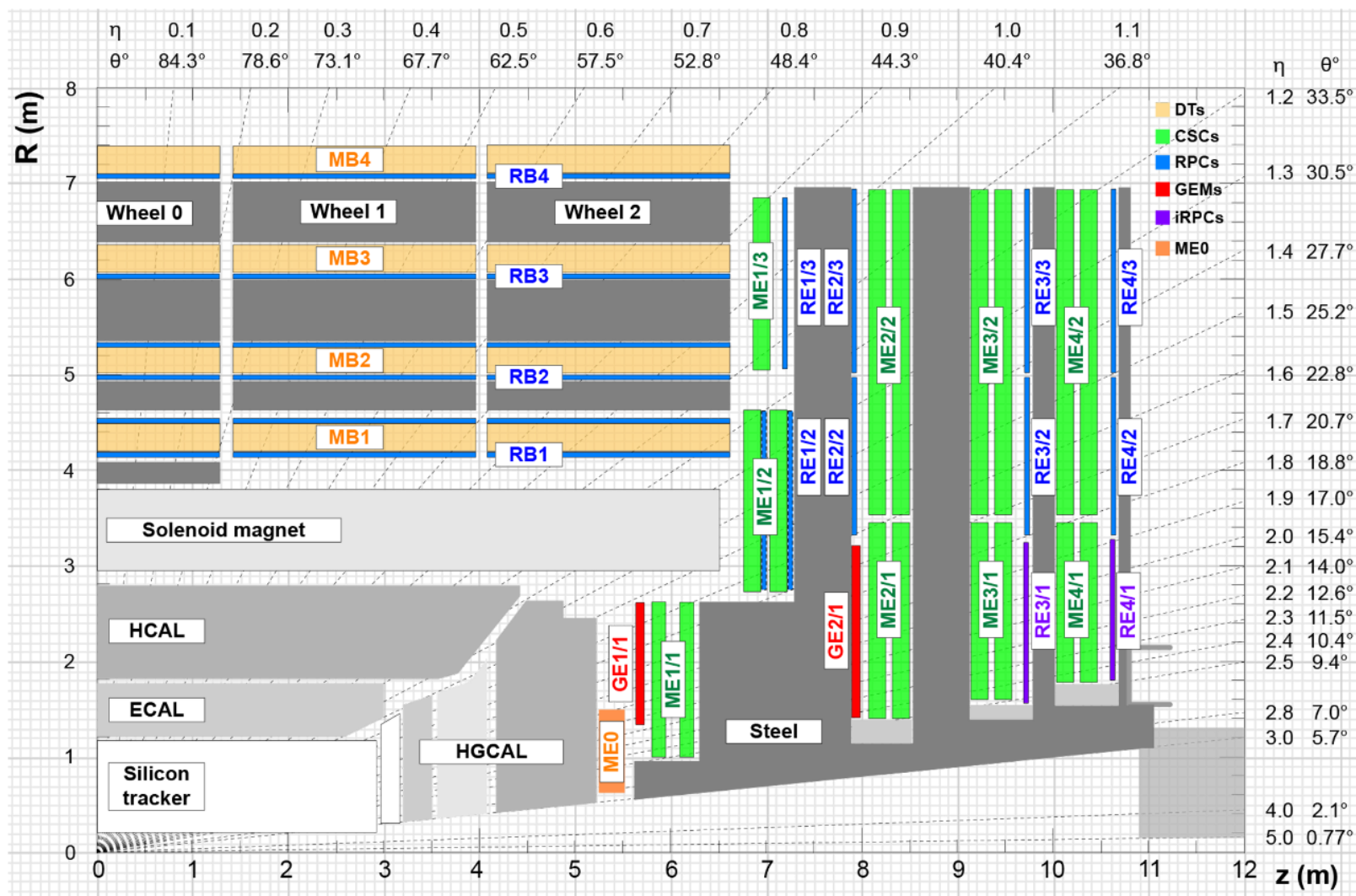
- ❖ CSC + RPC in $0.9 < |\eta| < 1.6$
- ❖ Solo CSC in $1.6 < |\eta| < 2.4$

Principali problemi nella regione in avanti:

1. Intensità del campo magnetico $B \rightarrow$ piccolo angolo di curvatura delle tracce $\rightarrow$ peggiore misura del momento trasverso p_T
 $\rightarrow$ Ruolo chiave della prima stazione del sistema muoni: basso scattering, alto B
2. Alto fondo indotto da neutroni e bassa ridondanza $\rightarrow$ Alta frequenza di trigger



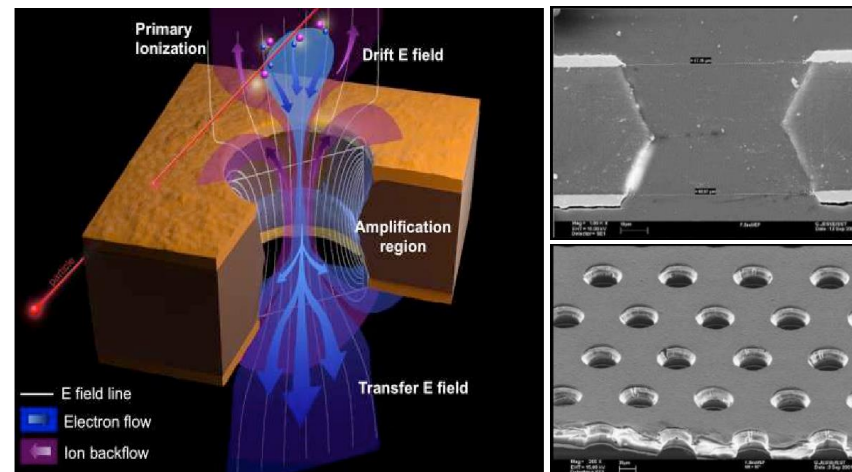
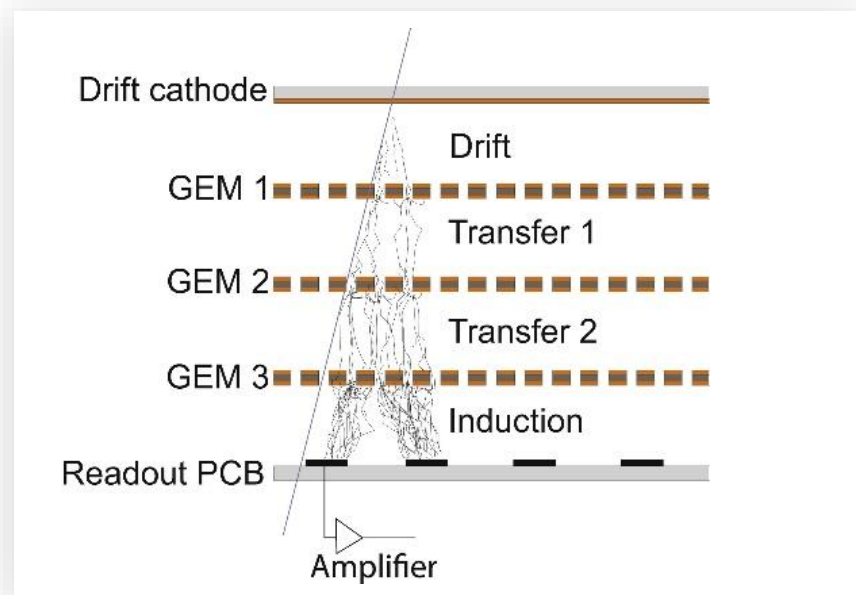
Aggiornamento del Sistema Muoni per la Fase-2



La scelta della tecnologia GEM

Gas Electron Multiplier:

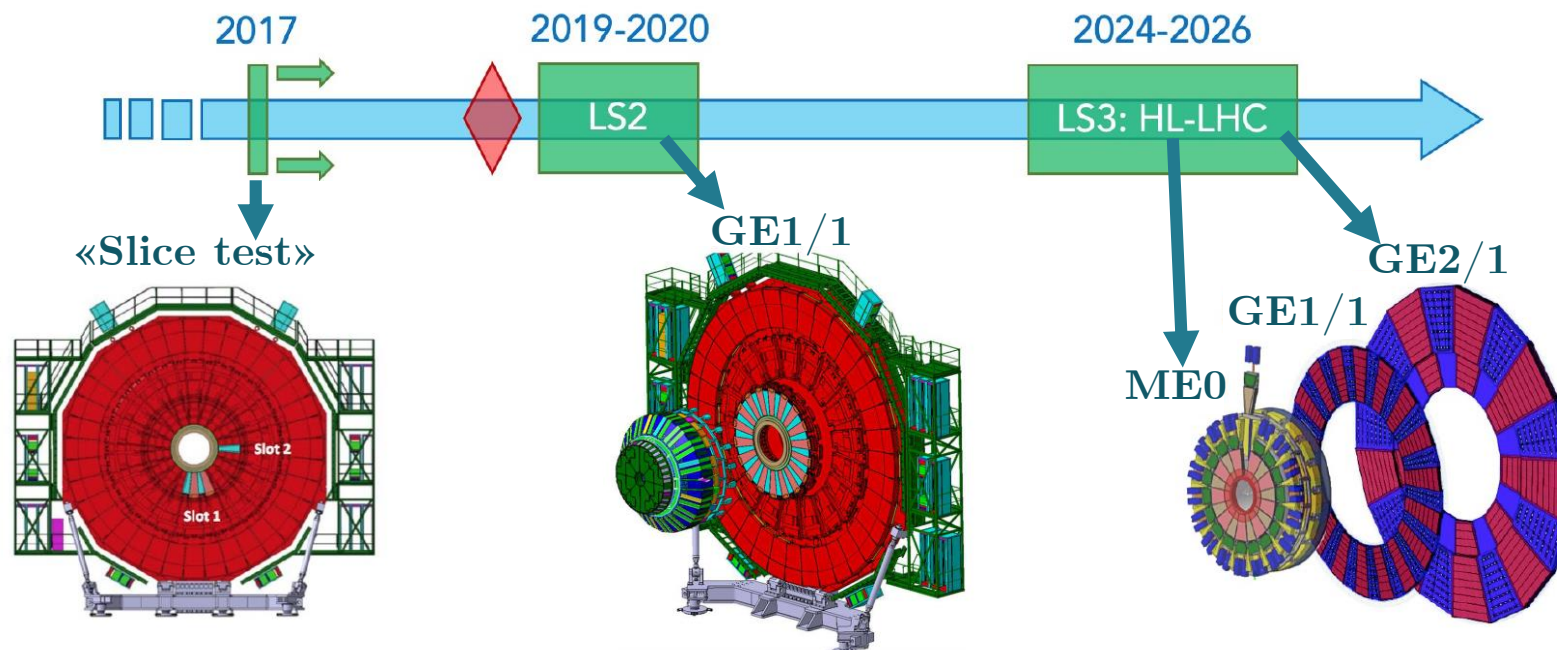
- ❖ Foglio di PI perforato con tecniche fotolitografiche
- ❖ Elettrodi = deposito di rame sulle facce
- ❖ Campo elettrico per sviluppo della valanga ($E \sim 60 \text{ kV/cm}$)
- ❖ Possibilità di combinare più stadi di amplificazione



Rivelatori a **tripla** GEM:

- ❖ Alta «rate capability» - fino a $O(\text{MHz/cm}^2)$
- ❖ Efficienza $> 98\%$
- ❖ Risoluzione spaziale $\approx 300 \mu\text{m}$
- ❖ Risoluzione temporale $\approx 5 \text{ ns}$
- ❖ Fattore di moltiplicazione tipico $\approx 10^4$
- ❖ Miscela gas Ar/CO_2 70/30
(no gas fluorurati ad effetto serra)

Aggiornamento del Sistema Muoni: GEM



Slice Test: installazione di prova di 5 rivelatori GE1/1

1 rivelatore con sistema di lettura e alimentazione in versione finale

- Acquisire prima esperienza operativa
- Integrazione DAQ e servizi

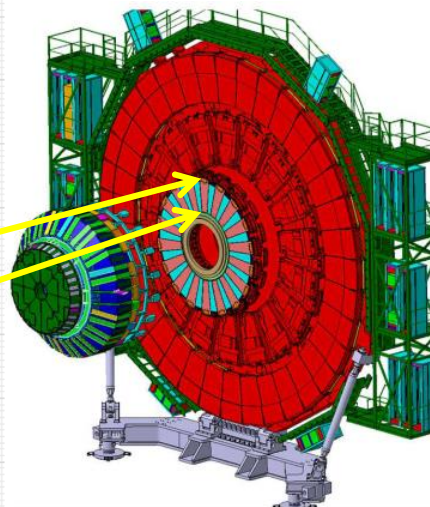
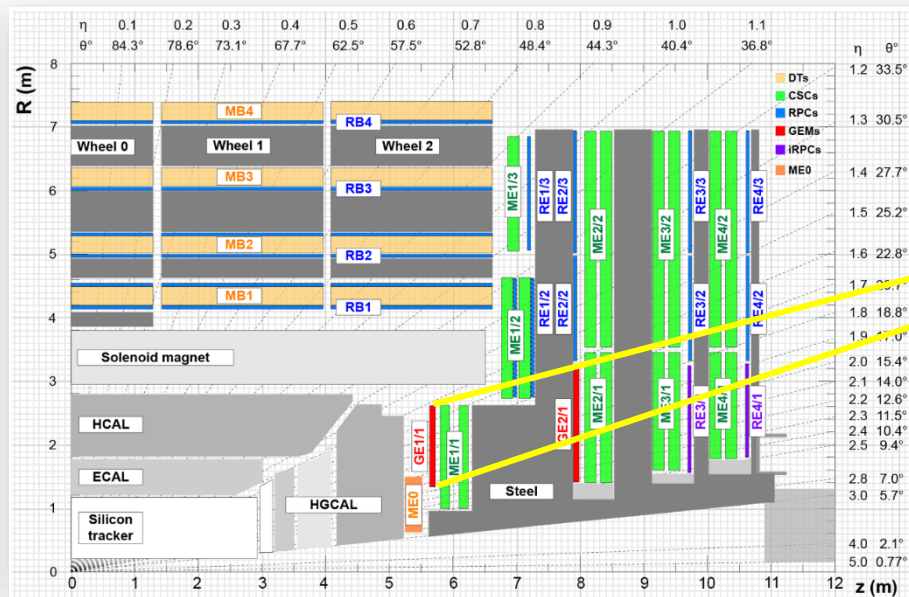
Installazione dei rivelatori GE1/1 durante LS2

144 rivelatori a tripla-GEM nei due «End-cap»
GE1/1: $1.55 < |\eta| < 2.2$

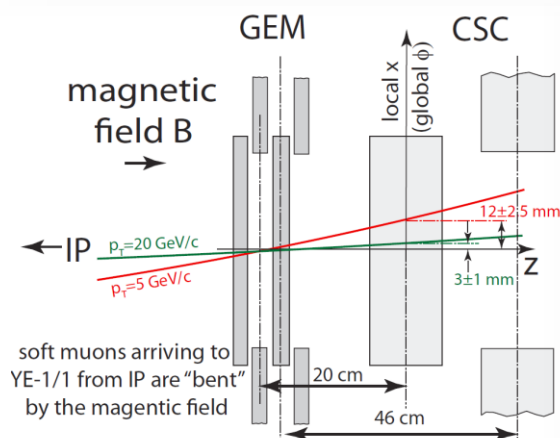
Installazione delle stazioni ME0 e GE2/1 durante LS3

GE2/1: $1.6 < |\eta| < 2.4$
ME0: $2.0 < |\eta| < 2.8$

Upgrade per Fase I: stazione GE1/1



- ❖ 2 strati di camere a tripla GEM (144 in totale) davanti alla stazione CSC ME1/1
- ❖ Accettazione in pseudorapidità:
 $1.6 < |\eta| < 2.2$
- ❖ Installazione pianificata durante LS2



- ❖ In combinazione con i rivelatori CSC: misura angolo di curvatura dei muoni a livello del trigger → riduzione del fondo
- ❖ Migliore ricostruzione delle tracce
- ❖ Ridondanza nella regione $1.6 < |\eta| < 2.2$

Rivelatori GE1/1: specifiche e produzione

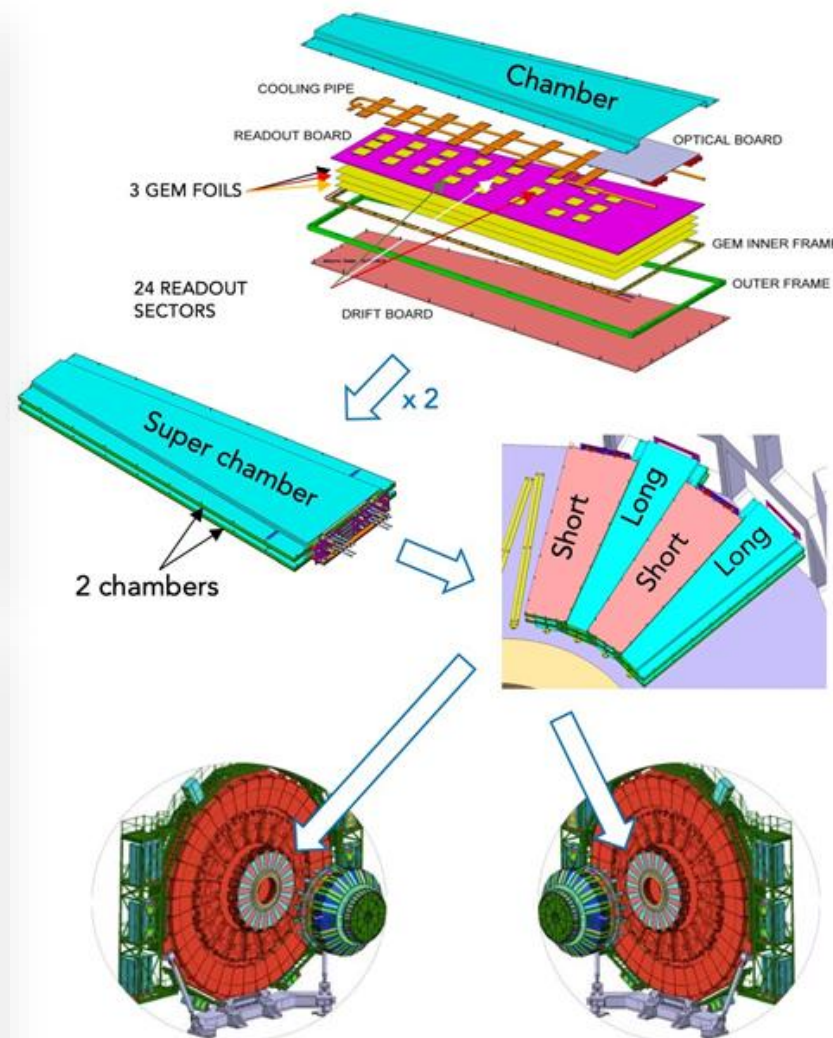
Rivelatori GE1/1:

- ❖ Geometria Tripla GEM (gap 3/1/2/1 mm)
- ❖ Grande superficie O(m2)
- ❖ 144 camere trapezoidali in formato «Long» e «Short»
- ❖ Piano di lettura diviso in 24 settori
- ❖ 128 strips per settore
- ❖ Elettronica di lettura basata sul frontend digitale VFAT3
- ❖ 72 «superchambers» = 144 camere

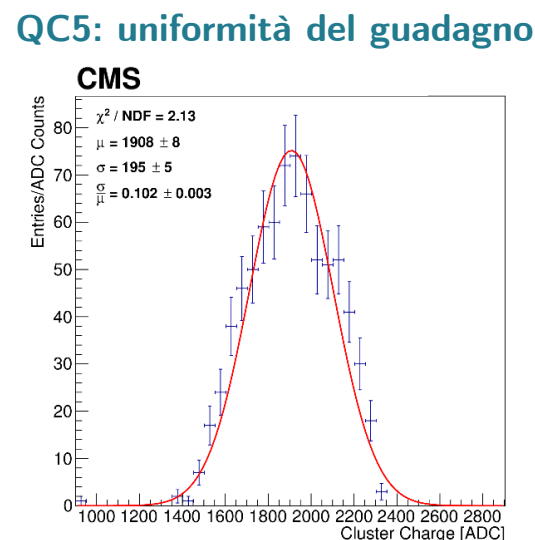
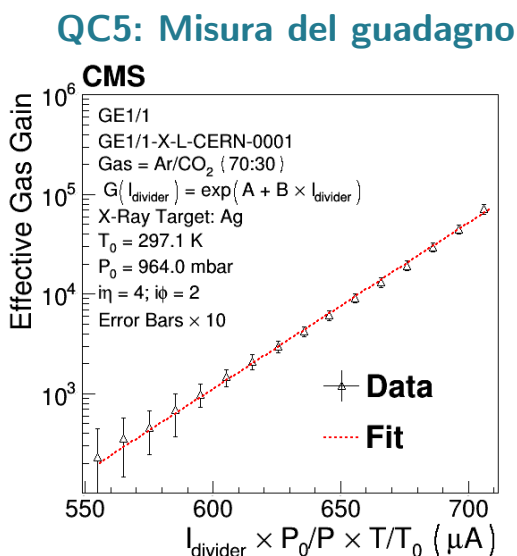
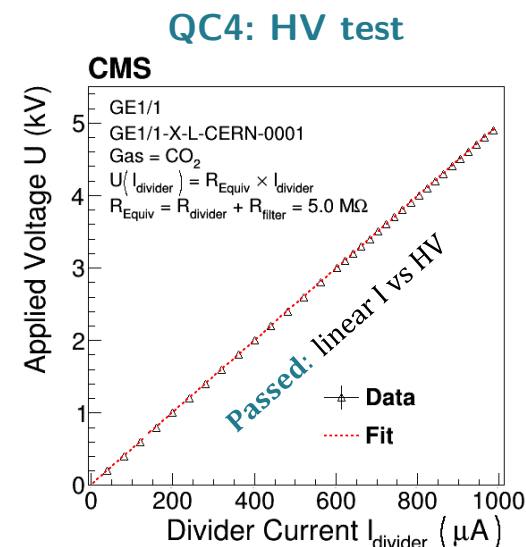
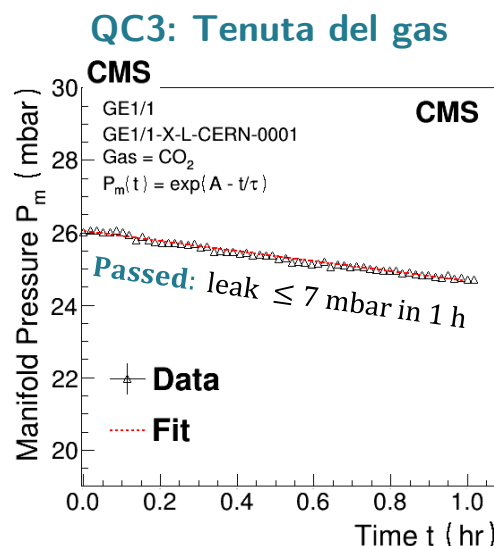
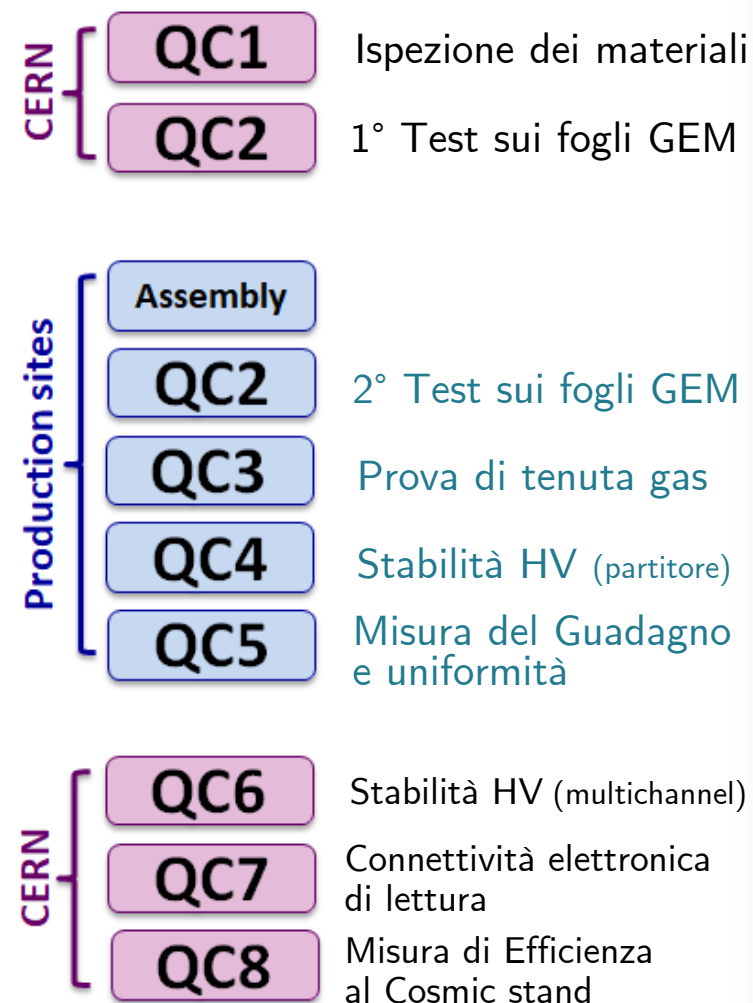
Produzione distribuita in vari siti:

CERN, India, Pakistan, USA (Florida), Belgio, Italia (Bari e Frascati)

- ✓ Infrastrutture e procedure standardizzate
- ✓ Creazione di una comunità di esperti GEM
- ✓ Creata la base per le produzioni di GE2/1 e ME0



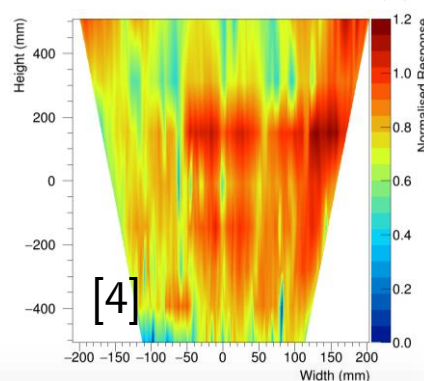
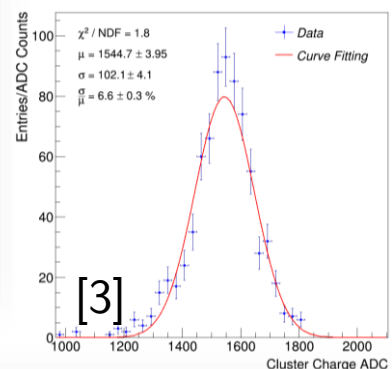
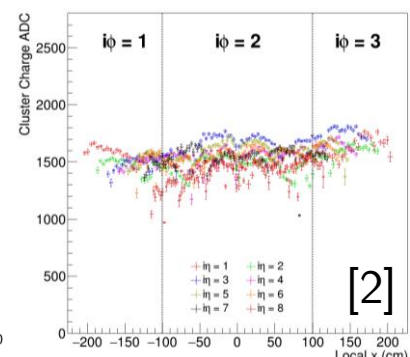
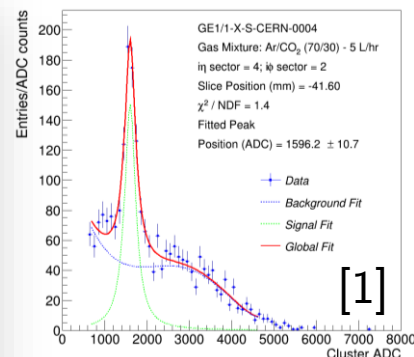
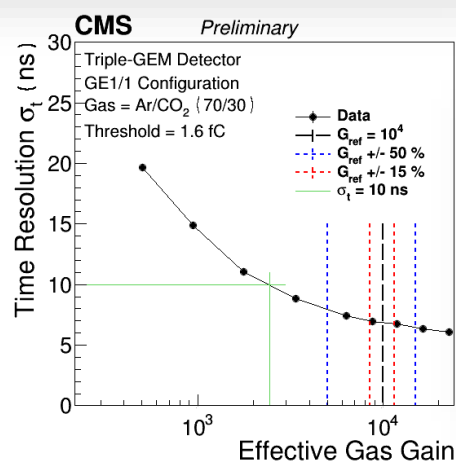
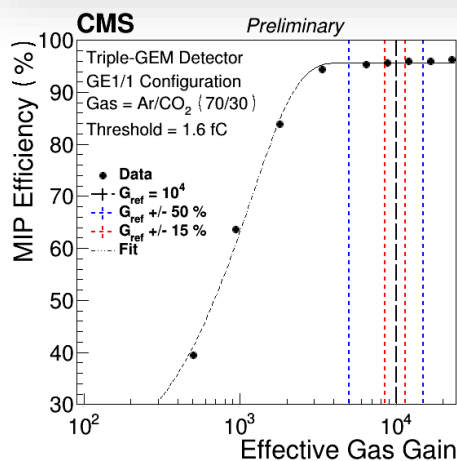
Rivelatori GE1/1: controlli di qualità (1)



Rivelatori GE1/1: controlli di qualità (2)

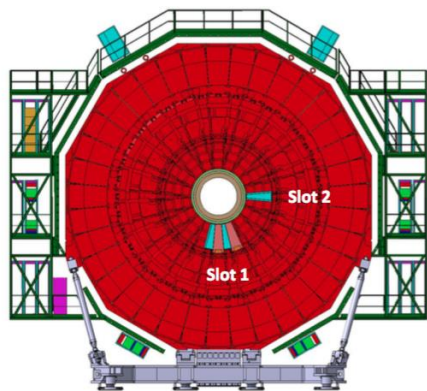
QC5: misura di uniformità del guadagno

- ❖ Rivelatore irradiato con x-rays
- ❖ Elettronica di lettura analogica (APV25)
- ❖ [1] Misura del picco di fluorescenza del rame per ogni canale (3 strips $\approx$ photon cluster size)
- ❖ [2 e 3] La distribuzione delle misure fornisce una misura di uniformità
- ❖ [4] Dal fattore di moltiplicazione misurato in un settore centrale si ottiene una mappa di uniformità del guadagno



Camere di grandi dimensioni $\rightarrow$ variazioni in guadagno (legate a spessore fogli, diametro dei fori, curvatura) dell'ordine del 37% $\rightarrow$ [R&D dedicato]: prestazioni delle GE1/1 stabili in un intervallo di guadagno $G_{ref} \pm 50\%$

Prima prova del progetto GE1/1: «Slice Test»

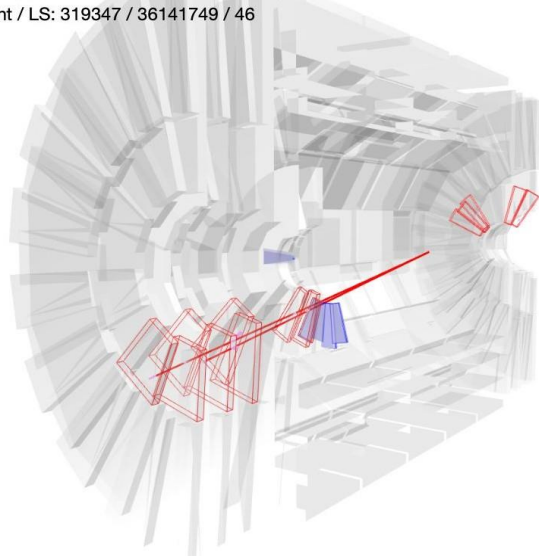


Slice Test: 5 “superchambers” installate nel 2017 e operative fino alla fine del Run II per

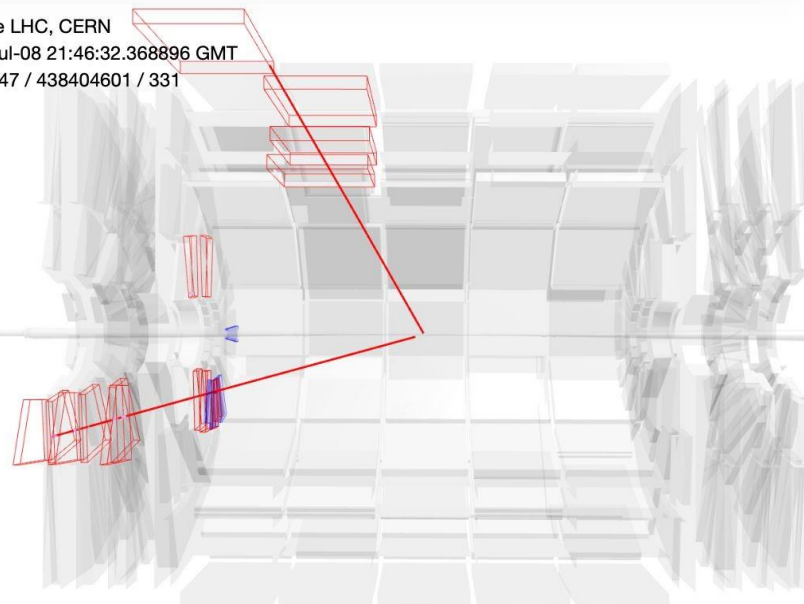
- ❖ Acquisire una prima esperienza operativa
- ❖ Dimostrare il funzionamento del sistema
- ❖ Integrare GE1/1 nei servizi di CMS (gas, alimentazione)
- ❖ Includere GE1/1 nel Sistema di controllo dei rivelatori (DCS) e di qualità dei dati (DQM) di CMS



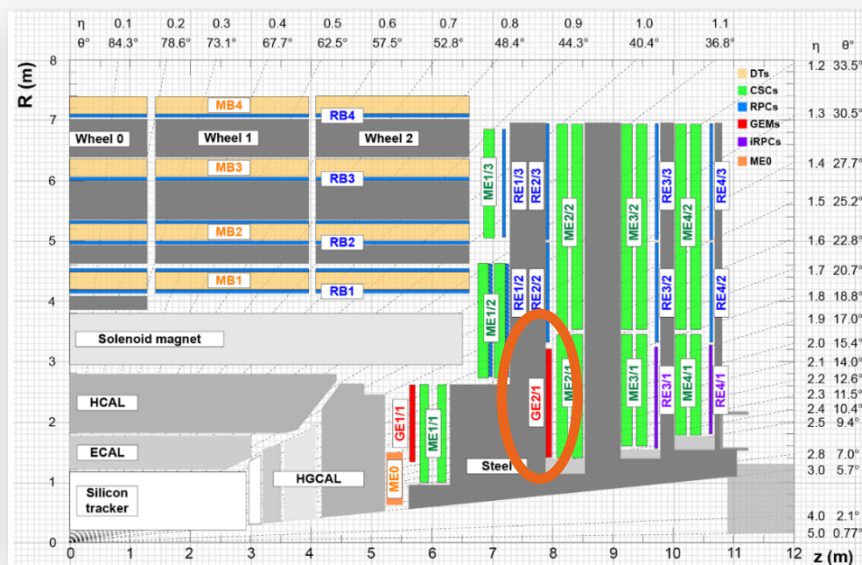
CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2018-Jul-08 19:55:40.193536 GMT
Run / Event / LS: 319347 / 36141749 / 46



CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2018-Jul-08 21:46:32.368896 GMT
Run / Event / LS: 319347 / 438404601 / 331

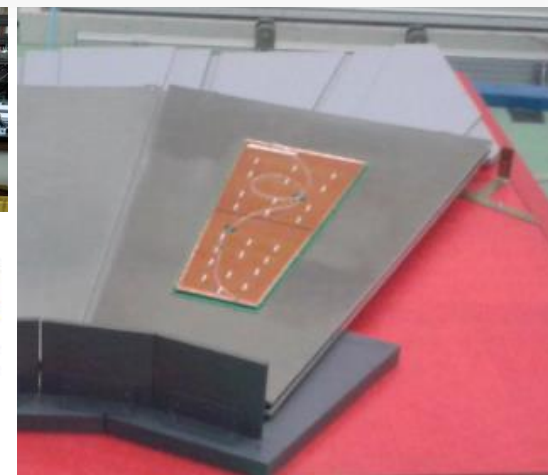
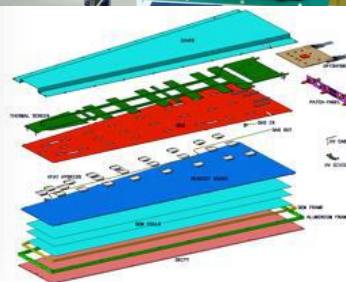
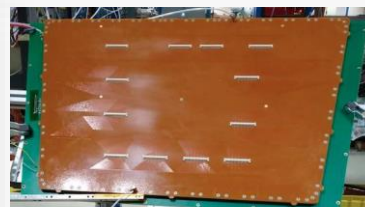


Upgrade per la Fase II: GE2/1

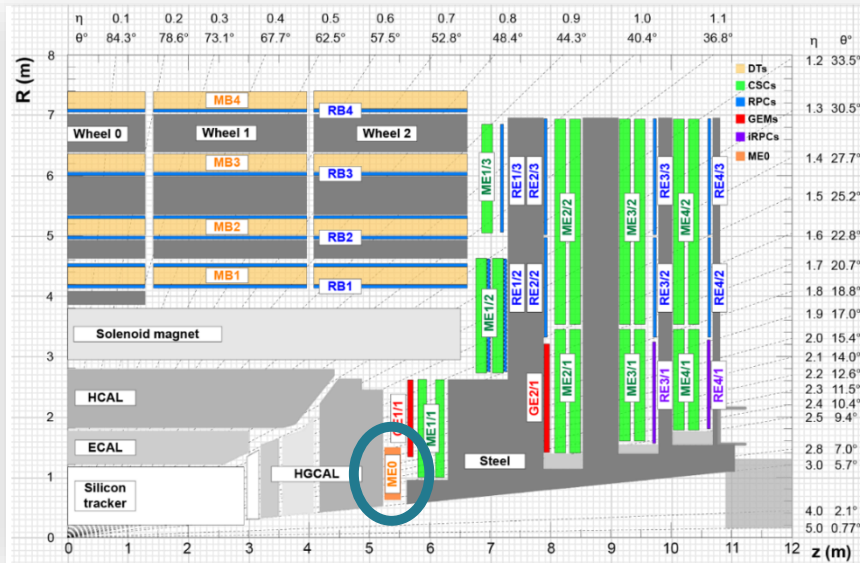


- ❖ GE2/1: assieme a GE1/1, aggiungerà ridondanza e migliorerà la separazione tra muoni ad alto e basso p_T (richiesta per migliorare l'efficienza di trigger)
- ❖ 36 “superchambers” con copertura 20°
- ❖ Accettanza: $1.6 < |\eta| < 2.2$

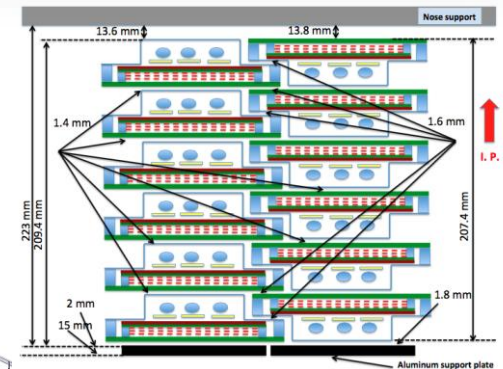
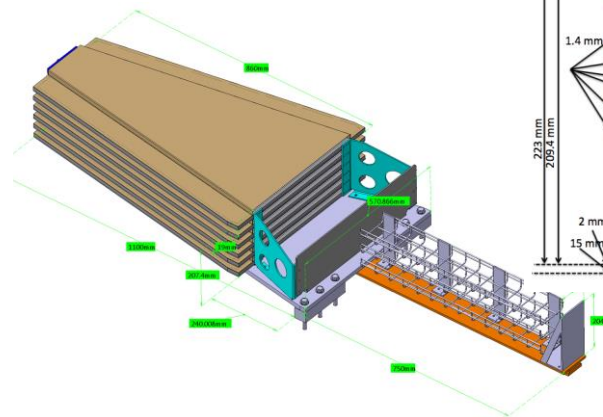
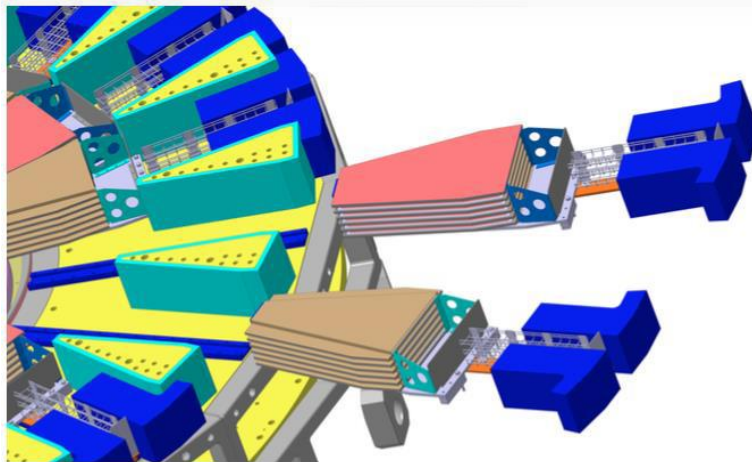
- ❖ Geometria tripla-GEM GE1/1
- ❖ Design modulare: 4 moduli per camera
- ❖ Primo prototipo già prodotto, test in corso
- ❖ Inizio produzione previsto per fine 2019
- ❖ Installazione in 2022-2023



Upgrade per la Fase II: ME0



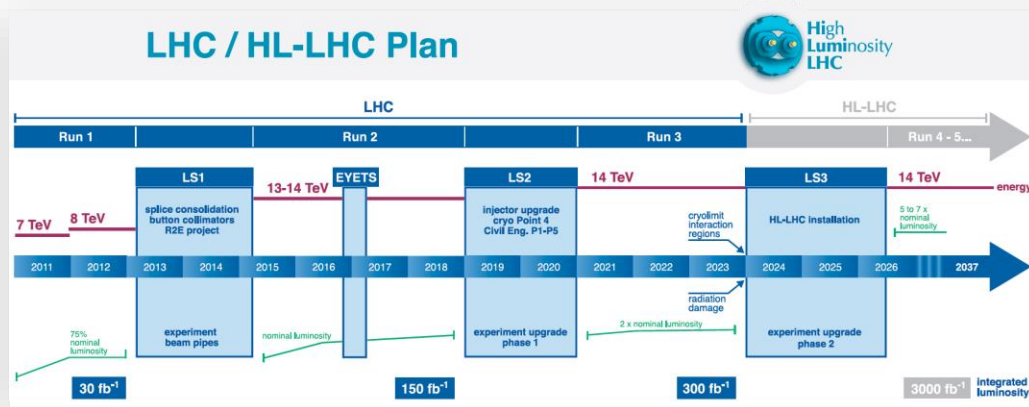
- ❖ ME0: Estenderà la copertura geometrica sino a $\eta=2.8$ con 6 strati di rivelatori a tripla-GEM.
- ❖ Misura della direzione dei muoni: standalone trigger per muoni non provenienti dal vertice primario



- ❖ Lo Slice Test (smontato a Gennaio 2019) ha mostrato l'efficace integrazione di GE1/1 nel sistema muoni di CMS
- ❖ La produzione delle 144 camere è stata completata a Dicembre 2018
- ❖ La realizzazione delle «superchambers» e l'installazione dell'elettronica di lettura è in corso in questi giorni
- ❖ R&D per ME0 in corso (test di aging)
- ❖ Design dei moduli GE2/1 in via di finalizzazione

L'aggiornamento di LHC e CMS

Progetto a lungo termine che mira ad allargare le possibilità di scoperta degli esperimenti nell'ambito della fisica del bosone di Higgs e degli eventi rari.

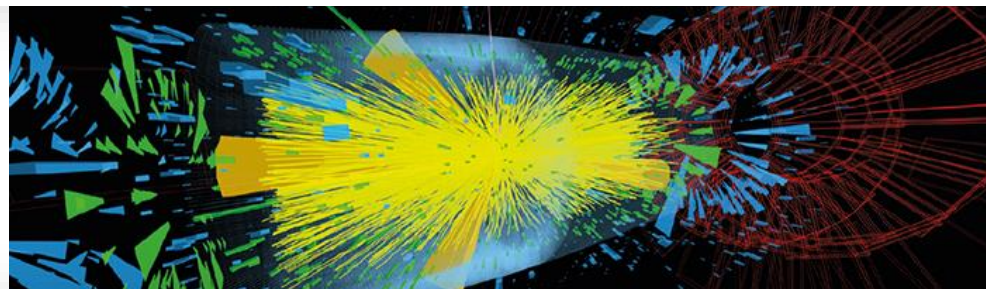


Principali cambiamenti durante il secondo “Long Shutdown” (LS2)

- Luminosità Istantanea
 $L_{\text{inst}} \approx 2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Pile up = 50 eventi/bx (25 ns)

Obiettivo del potenziamento per CMS:

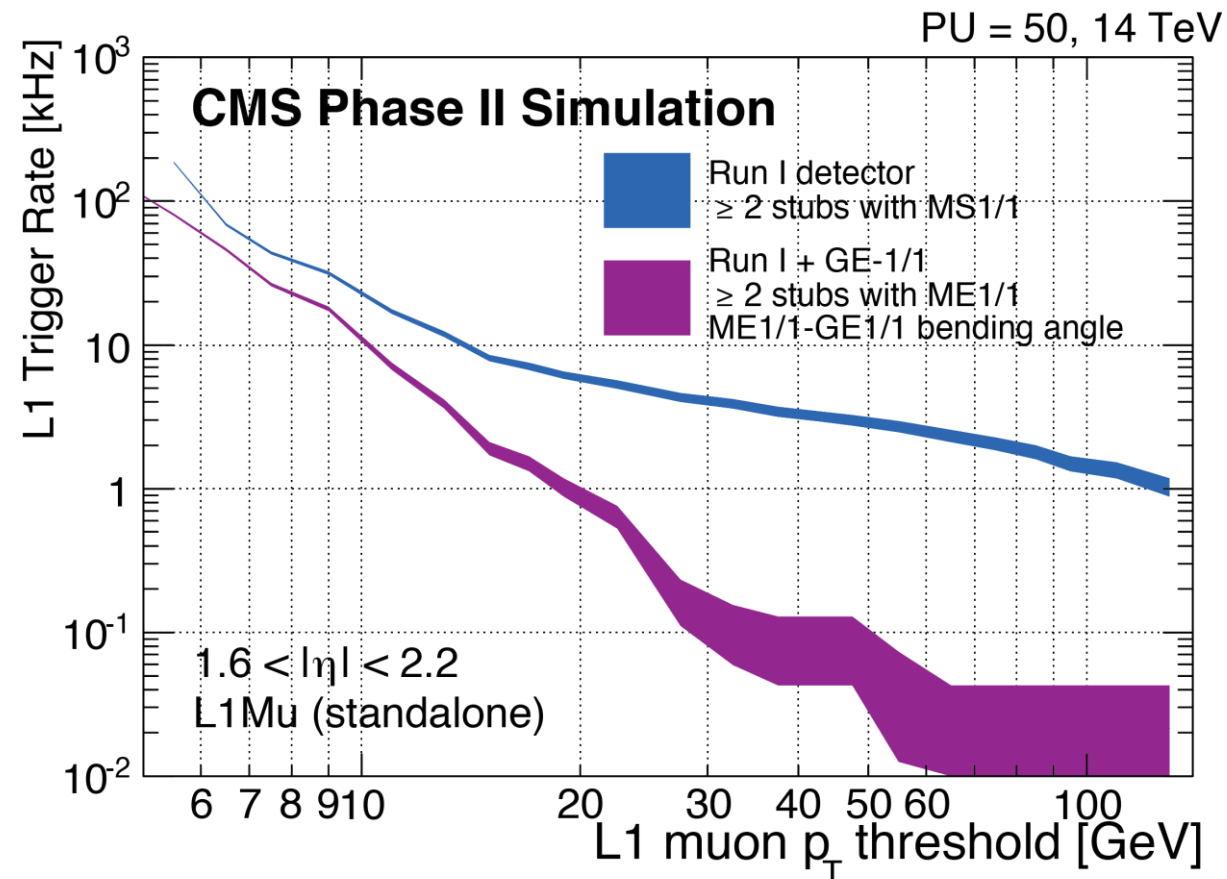
Mantenere le stesse prestazioni del Run 1 nel nuovo scenario di alta luminosità



CMS upgrades:

- Nuovo Tracciatore
 - Calorimetro ad Alta Granularità
 - «End cap» del Sistema Muoni
-
- Fase I: **GE1/1**
 - Fase II: GE2/1, ME0, iRPC

Impatto di GE1/1 sul Trigger



Level 1 muon trigger rates before and after the GE1/1 upgrade at a luminosity of $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, for constant efficiency of 94%. MS1/1 denotes the first endcap muon station Level 1 trigger in both cases, i.e. with CSC-only or with the combination CSC and GEM trigger information. With the addition of GE1/1, the bending angle between the two stations can be used and the trigger rate is greatly reduced.

Impatto delle nuove stazioni

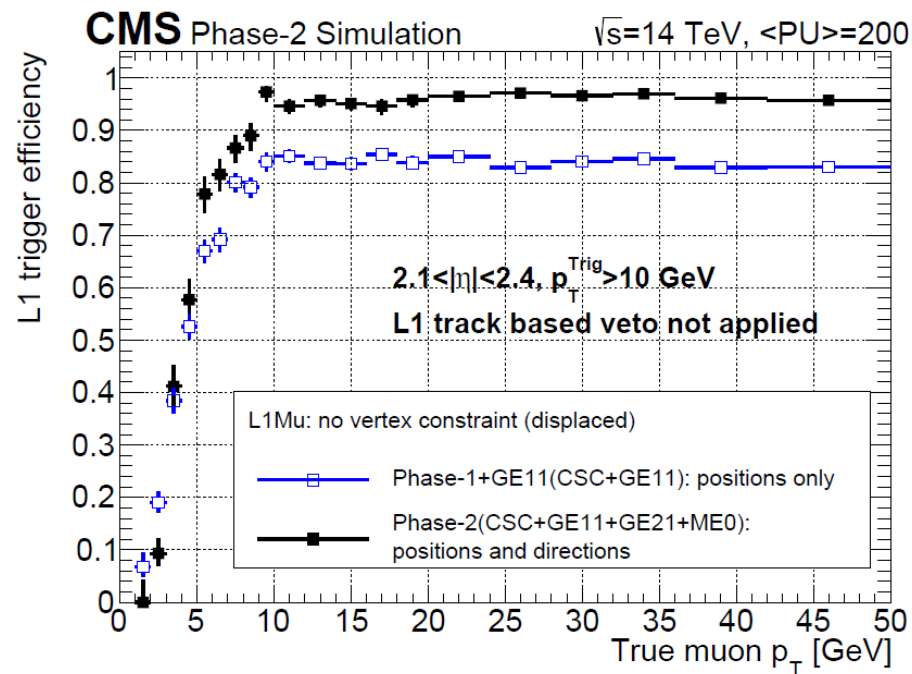
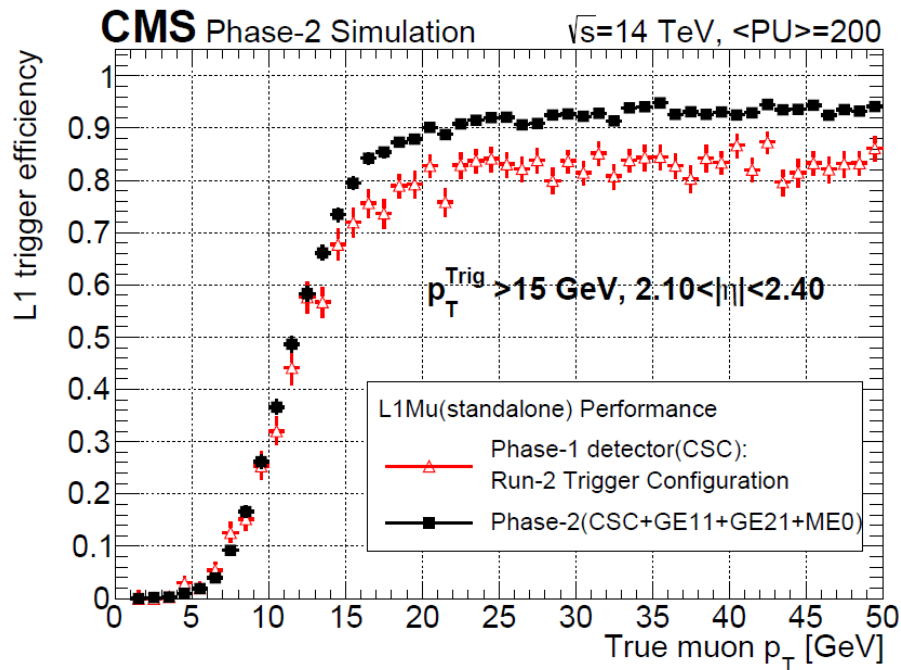


Figure 1.22: L1 Muon trigger efficiency for the prompt muon trigger (left) and displaced muon trigger algorithm (right), as a function of a true muon p_T in the region $2.1 < \eta < 2.4$. The L1 trigger p_T threshold is 15 GeV (left) and 10 GeV (right).

Impatto delle nuove stazioni

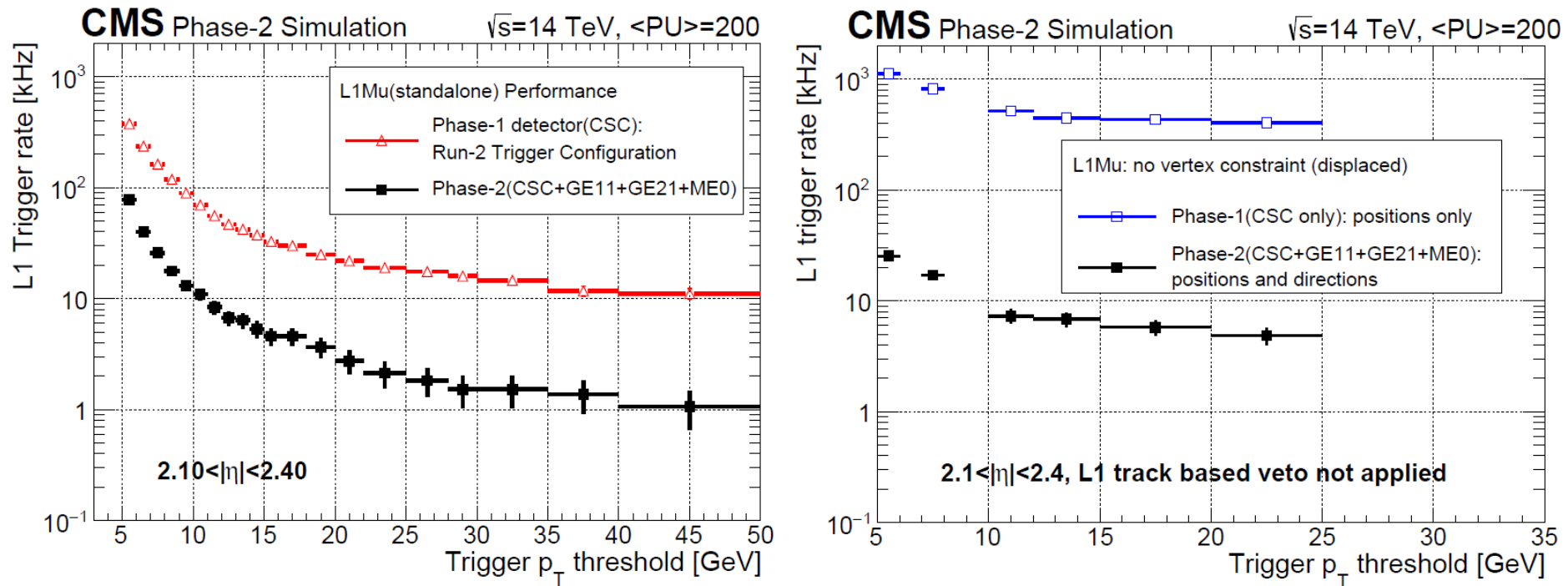


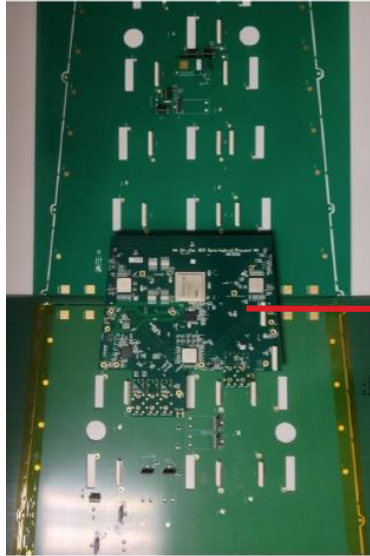
Figure 1.23: L1 prompt (left) and displaced (right) muon trigger rates, with and without GEM chambers, as a function of muon trigger p_T threshold in the region $2.1 < \eta < 2.4$. The L1 track based veto is expected to further reduce the displaced muon trigger rate by a factor of 3–8.

GE1/1: Elettronica di lettura

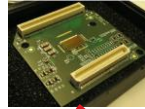
ON - DETECTOR

OFF - DETECTOR

2 - pieces GEB v3 (1.0 – 1.2m)



VFAT3



OH

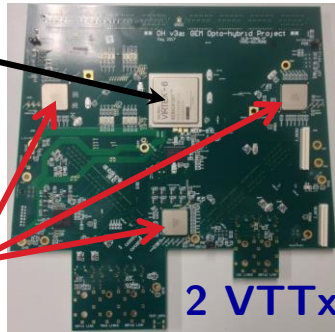


CSC
Trigger
Mother Board
(TMB)

Trigger data
(3.2 Gbps – 10b/8b)

Opto Hybrid v3 (OH)

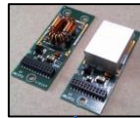
Virtex-6



3 GBTx

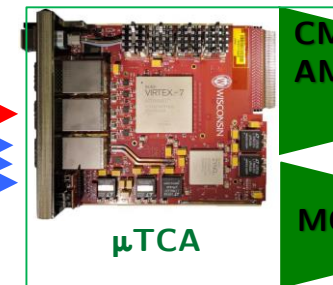
2 VTTx

3 VTRx



FEAST
(DC DC
converter, LV
VFAT3 & OH)

Tracking data
3 x GBT – 4.8 Gbps



CMS
AMC13
MCH

DAQ
TTC

AMC = CTP7 from
CMS Trigger
upgrade