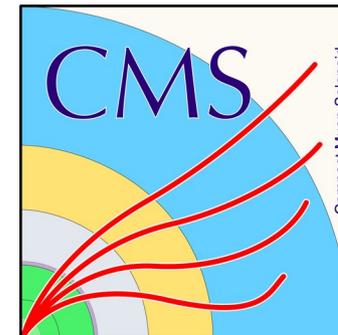


Prestazioni dei rivelatori a tripla GEM per la prima stazione del sistema a muoni dell'esperimento CMS misurate da raggi cosmici

106° Congresso Nazionale SIF, 14-18 settembre 2020

Federica Simone, Antonello Pellecchia

Università e INFN Bari



Indice dei contenuti

- Le stazioni a tripla GEM nel sistema a muoni di CMS
- Rivelatori a tripla-GEM per la stazione GE1/1
- Costruzione e *controllo qualità* dei rivelatori
- Efficienza dei rivelatori per GE1/1 misurate da raggi cosmici



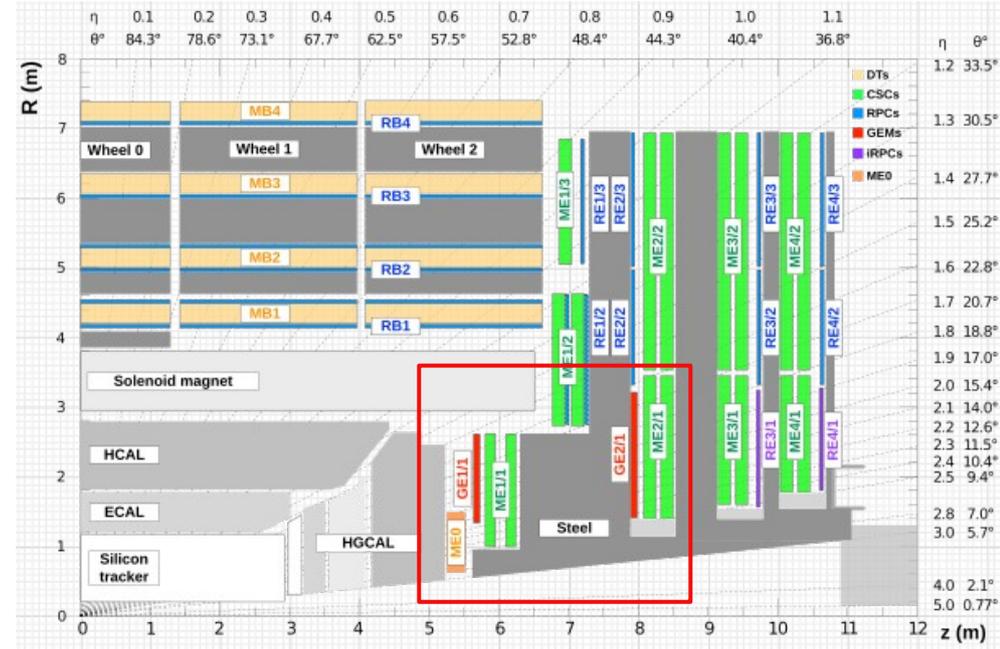
Stazioni a GEM nell'upgrade del sistema a muoni di CMS

LHC fase 2: high luminosity, 2026

La luminosità istantanea supererà $5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

→ Nuove stazioni negli endcap del sistema a muoni

- Gestione di flussi di fondo più elevati
- Miglioramento nella risoluzione in p_T
- Maggior ridondanza per la ricostruzione delle tracce



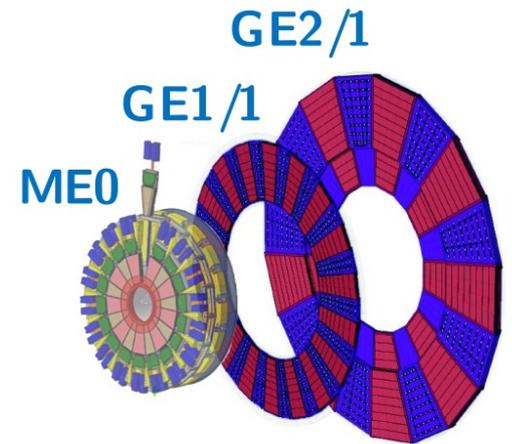
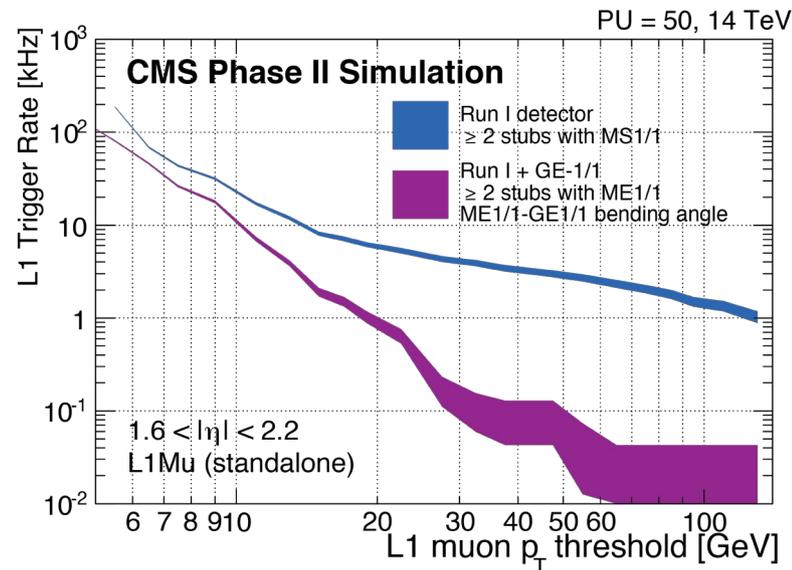
Tre stazioni con tecnologia a tripla GEM:

GE1/1, GE2/1, ME0

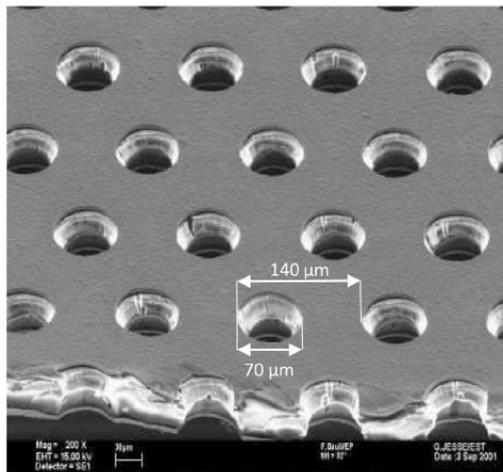
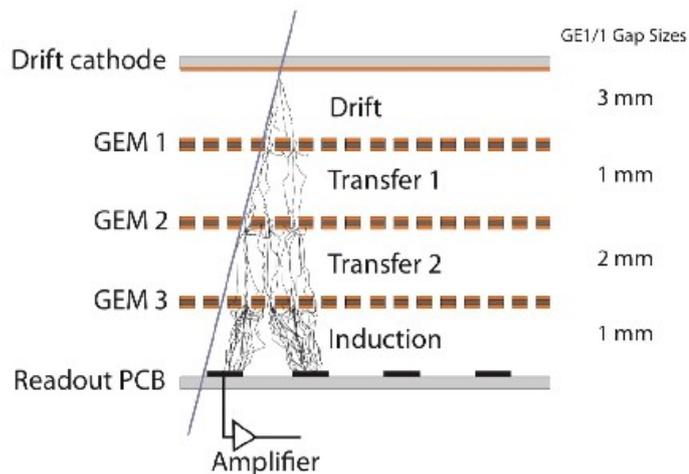


Già attiva nel run 3 (dal 2022)

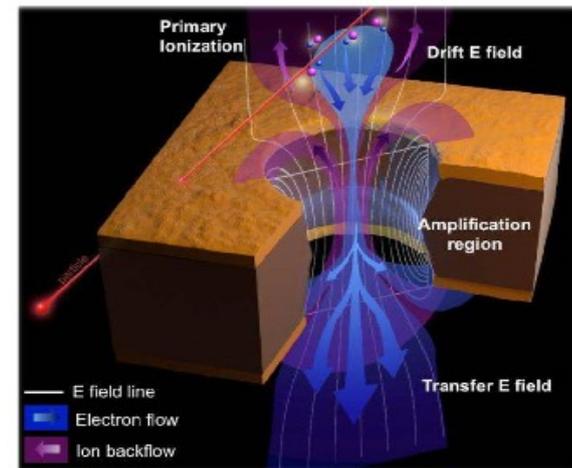
Oggetto di questa presentazione



Rivelatori a tripla GEM per CMS



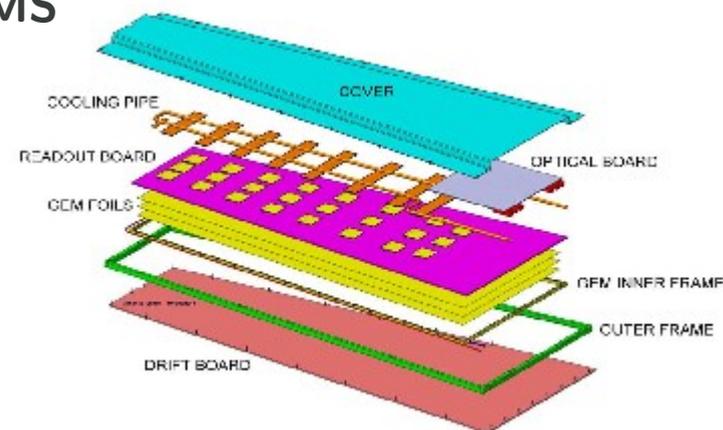
Foglio GEM (gas electron multiplier) foglio di kapton perforato con passo di 140 μm , rivestito di rame sui due lati



Moltiplicazione (valanga) degli elettroni nel singolo buco Guadagno fino a 10^5 raggiungibile con tre fogli
 $E_{\text{buchi}} = 50 \text{ kV/cm}$

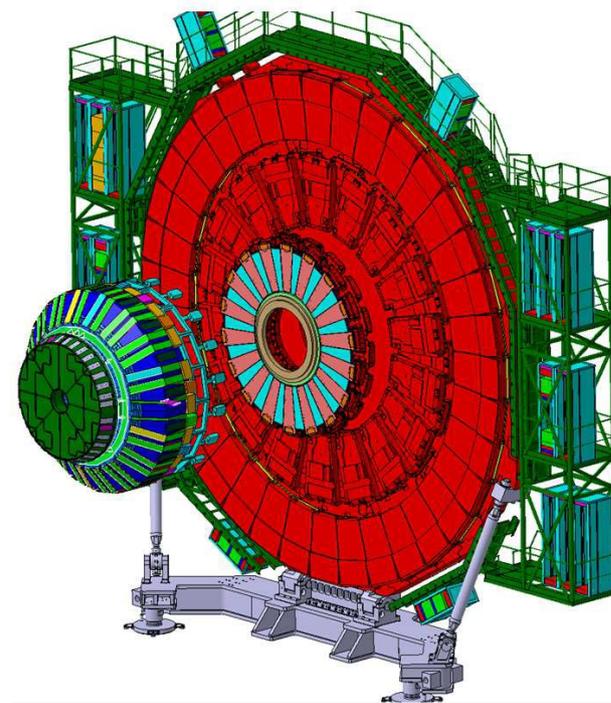
La tecnologia a tripla GEM verifica i requisiti richiesti da CMS

- ✓ Rate capability elevata (oltre Mhz/cm^2)
- ✓ Buona risoluzione temporale (10 ns)
- ✓ Buona risoluzione spaziale (100 μm)
- ✓ Resistenza ad alte cariche accumulate (ageing)

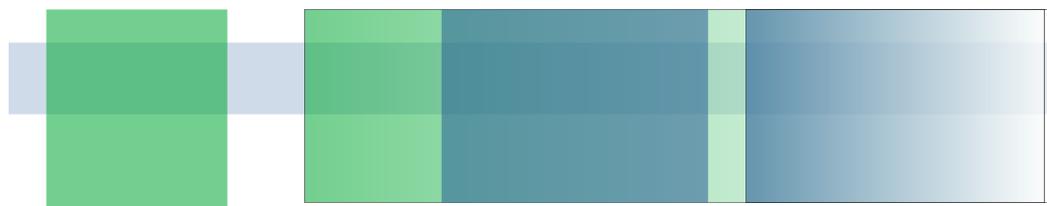


Geometria e progettazione di GE1/1

- 2 **endcap** (positivo, negativo)
 - 36 **supercamere** (SC) per endcap
 - 2 **camere** a tripla GEM affacciate per SC
- ◆ Ogni supercamera occupa uno “spicchio” di 10°
- ◆ Pseudorapidità occupata da GE1/1:
 $1.5 < |\eta| < 2.2$



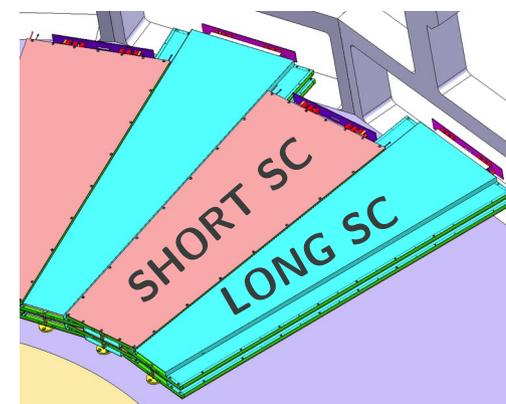
installazione
endcap negativo



fine 2017
assemblaggio
camere

2019-oggi
assemblaggio
e validazione
supercamere

2020-oggi
installazione
endcap positivo



Assemblaggio e *quality control* per GE1/1

CERN { fogli

Siti di produzione CERN, India, Pakistan, Florida, Frascati, Bari, Ghent

SITO DI PRODUZIONE {
 assemblaggio
 QC2
 QC3
 QC4
 QC5

Alimentazione fogli

Tenuta di gas

Stabilità HV

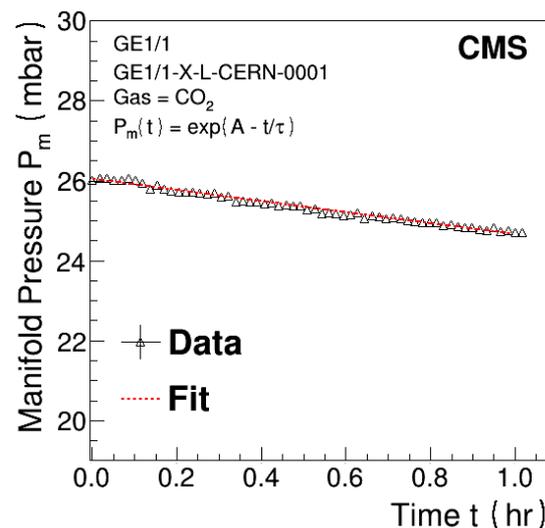
Guadagno e uniformità di guadagno

CERN {
 QC6
 QC7
 QC8

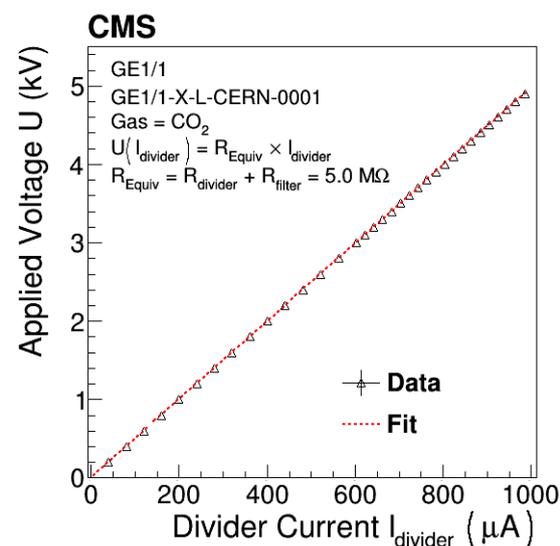
Test HV

Installazione e test elettronica

Cosmic stand



Esempio di QC3
 Si considera superato se il rivelatore sostiene una sovrappressione di 25 mbar (in CO₂) con $\tau > 3h$



Esempio di QC4
 La non-linearità fra tensione di alimentazione e corrente nel partitore HV deve essere inferiore al 2%

Assemblaggio e *quality control* per GE1/1

CERN { fogli

Siti di produzione CERN, India, Pakistan, Florida, Frascati, Bari, Ghent

SITO DI PRODUZIONE {
 assemblaggio
 QC2
 QC3
 QC4
 QC5

Alimentazione fogli

Tenuta di gas

Stabilità HV

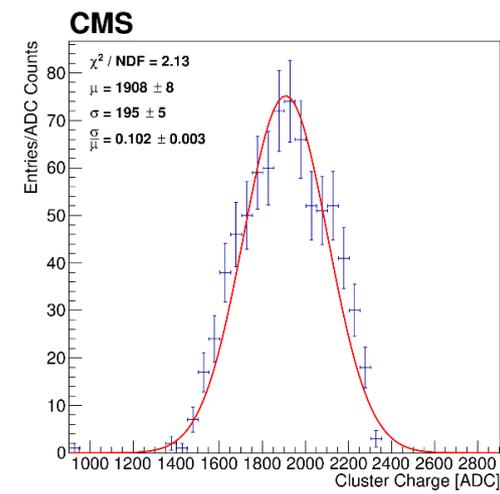
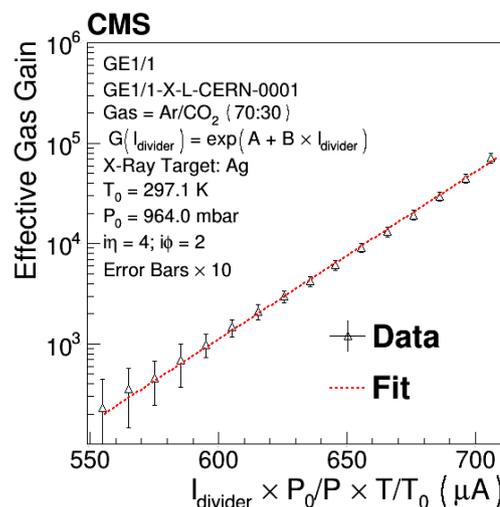
Guadagno e uniformità di risposta

CERN {
 QC6
 QC7
 QC8

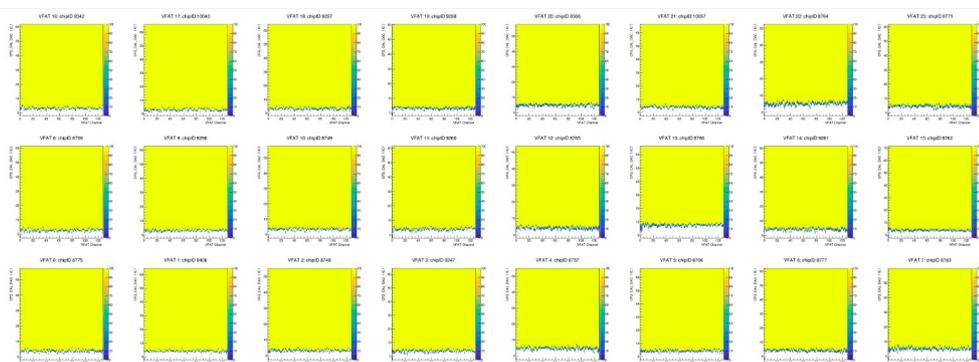
Test HV

Installazione e test elettronica

Cosmic stand

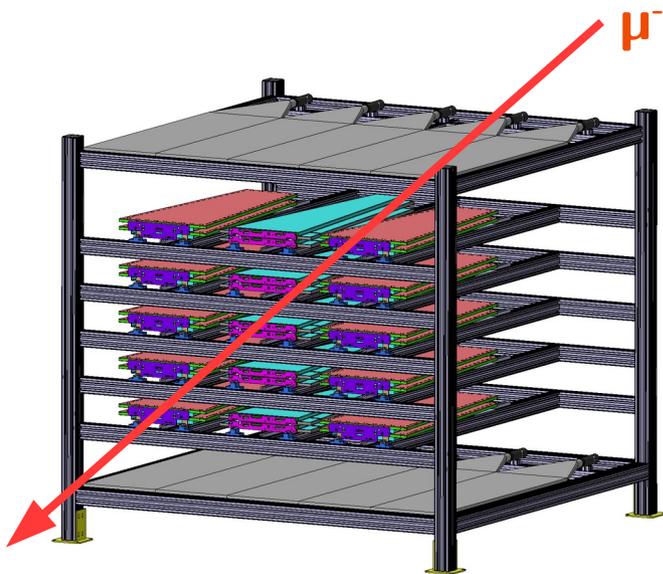


QC5 curva di guadagno e uniformità di risposta



QC7 Esempio di s-curves: numero di segnali sopra-soglia restituiti da ogni canale di lettura in risposta a un impulso di intensità crescente

QC8: GE1/1 alla prova dei cosmici



Cosmic stand 15 supercamere (30 camere) allineate in tre colonne

- Due file di **scintillatori per trigger** (90 Hz)
- Software di controllo dedicato (DCS)
- Gli **stessi servizi** di CMS:
 - alimentazione (HV rivelatore + LV elettronica)
 - raffreddamento dell'elettronica
 - software di acquisizione (DAQ)
 - software di analisi (CMSSW)

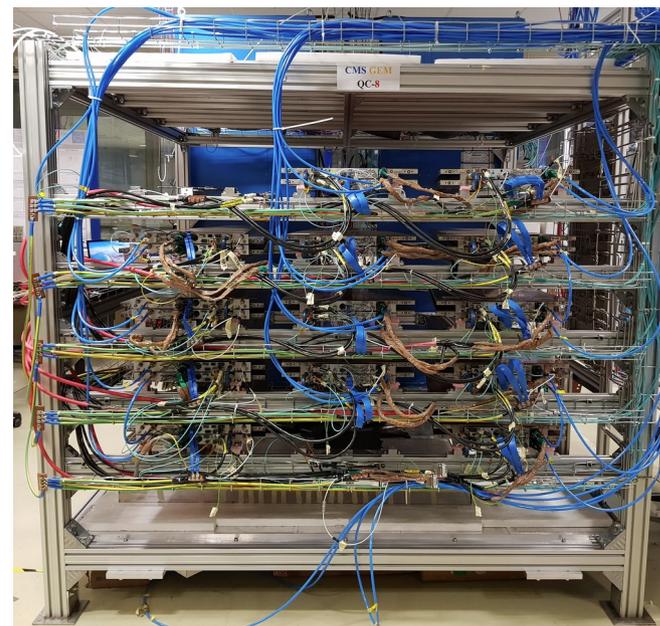
Il cosmic stand è una **versione “ridotta” di GE1/1**

Routine nel cosmic stand

- Test di connettività e calibrazione elettronica di lettura (QC7)
- Lento *training* HV dei fogli GEM (~5 giorni)
- Acquisizione dati da muoni cosmici al variare del punto di lavoro (HV sui fogli GEM)
- Analisi

Obiettivi mappa di efficienza di ogni rivelatore; misura di risoluzione spaziale

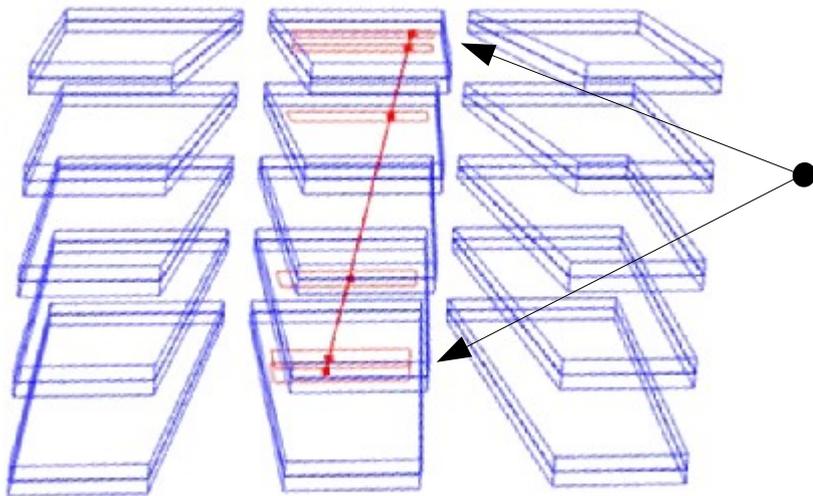
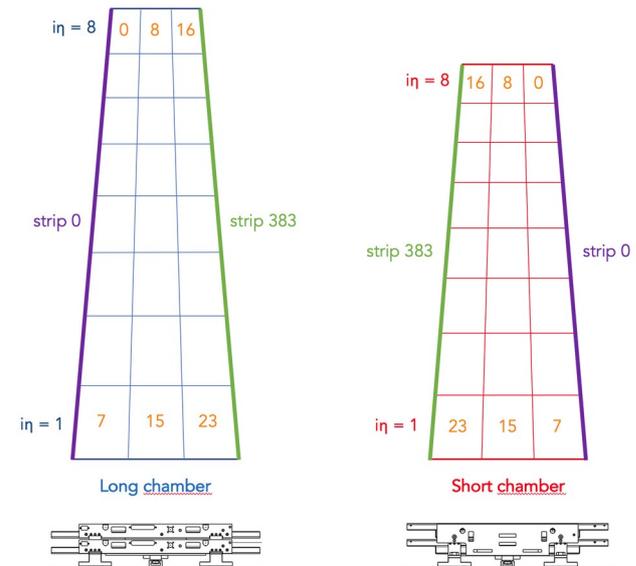
Le camere validate al cosmic stand sono installate in CMS



Allineamento software e analisi nel cosmic stand

Analisi per ogni run (a punti di guadagno crescenti)

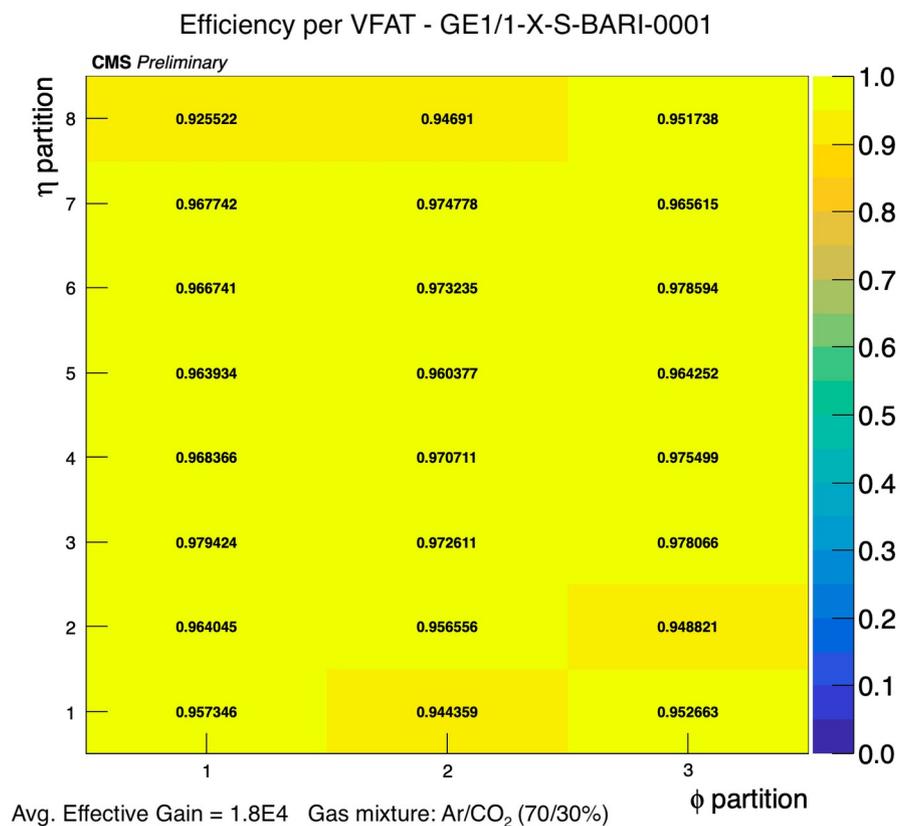
1. Eliminazione canali di lettura morti o rumorosi
2. Certificazione degli eventi (esclusione eventi corrispondenti a problemi HV)
3. Calcolo **efficienza di ogni camera** con riferimento all'efficienza della partner di SC
- 4. Correzione software** del disallineamento delle camere
5. Validazione finale della camera: mappa di efficienza per ogni settore di read-out



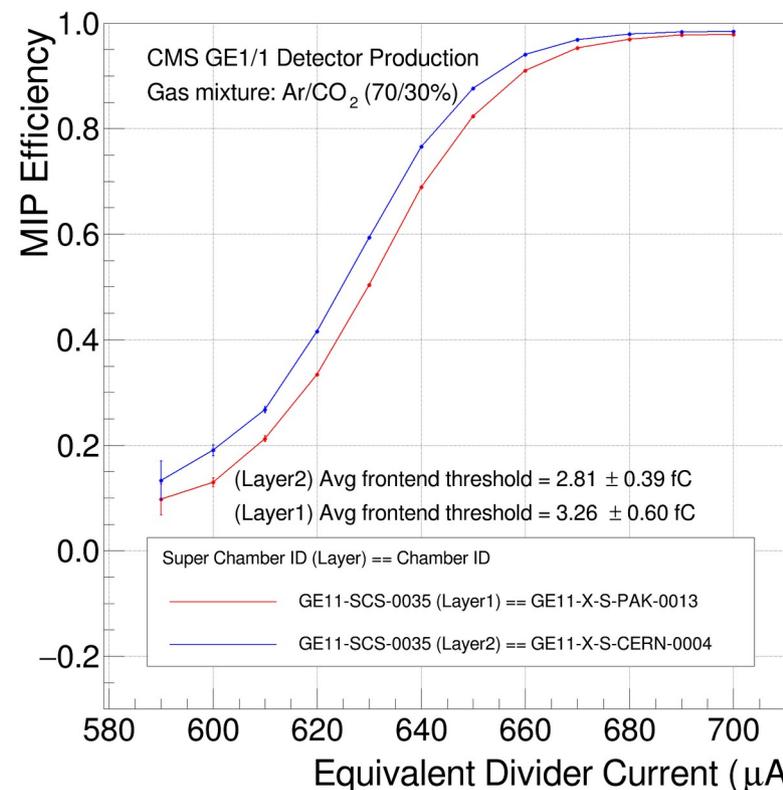
Allineamento software

1. Scelta di tutti i *seed*: hit in due SC in alto e in basso
2. Interpolazione di una traccia attraverso l'intero *stand*
3. Correzione iterativa del posizionamento delle hit vicine alla traccia

Risultati: efficienza delle supercamere



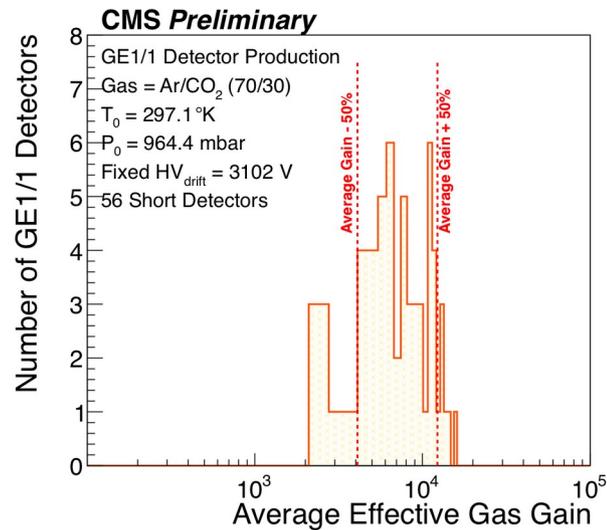
Esempio di **mappa di efficienza** di una supercamera: oltre il 90% e ottima uniformità fra i settori di read-out



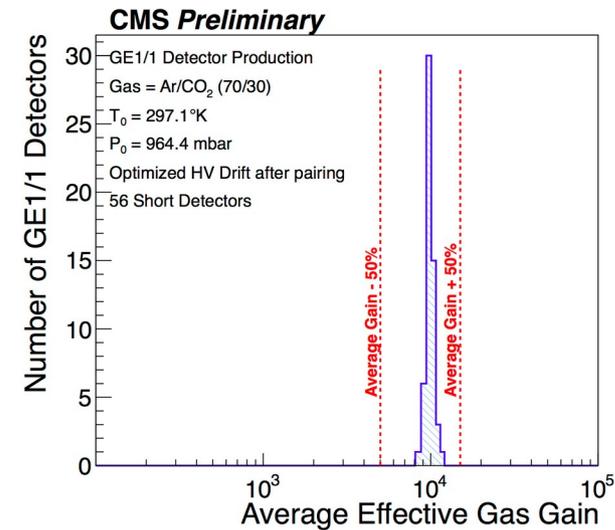
Curva di **efficienza dell'intera supercamera** vs valori di alimentazione HV
Dalla curva di efficienza si determina il punto di lavoro della SC in CMS

Risultati dei QC e validazione delle camere

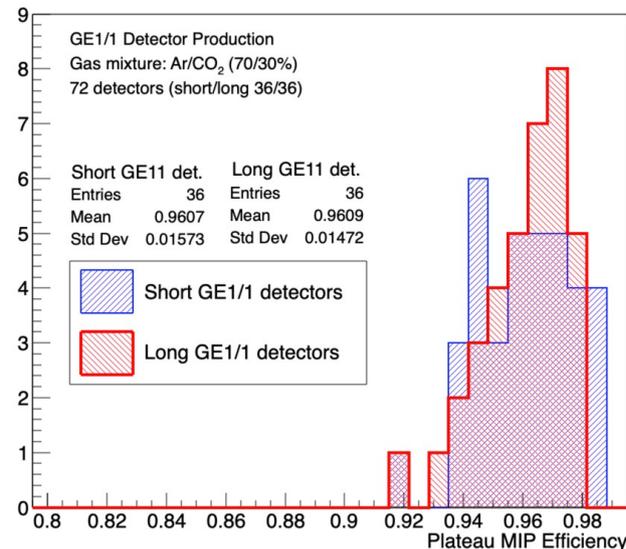
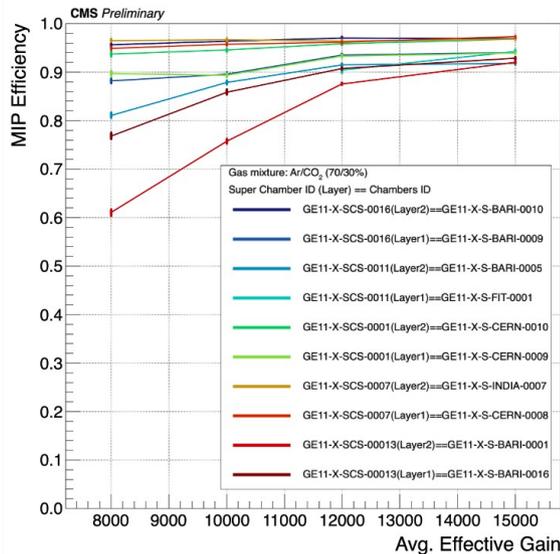
L'accoppiamento in supercamere per rivelatori dalla curva di guadagno simile e la **ottimizzazione del punto di lavoro** consentono di ottenere una distribuzione dei guadagni più uniforme all'interno di GE1/1



Dopo l'accoppiamento



Efficiency vs gain



Risultati del QC8 sulle supercamere dell'endcap negativo

Efficienza > 91% raggiunta nelle camere validate

Dopo la validazione



Installazione in CMS (LHC punto 5)

Endcap negativo → conclusa a settembre 2019

Endcap positivo → quasi ultimata

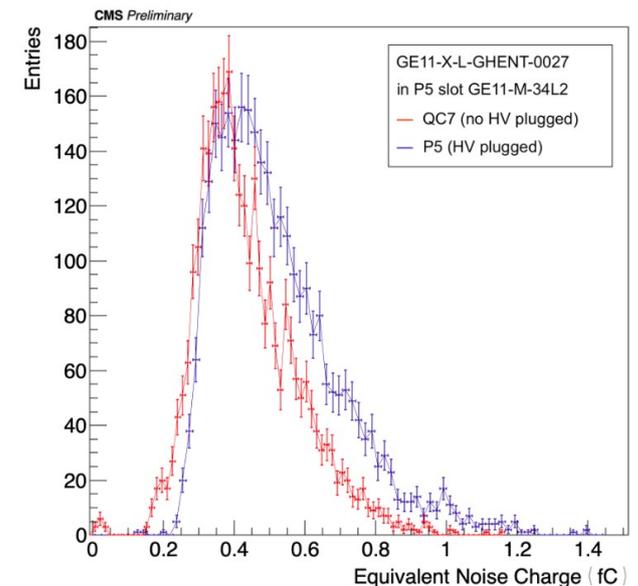
Test finali e commissioning

- Ripetizione dei test di elettronica
Risultati confrontabili con la validazione in laboratorio
- Integrazione dei software e servizi in CMS

Nel prossimo futuro

Operazione nei CMS **global run**

- Validazione finale con raggi cosmici in CMS



Conclusioni

- In risposta a rigorose procedure di **assemblaggio e test**, i rivelatori a tripla GEM si sono finora mostrati adeguati ai requisiti previsti per CMS in **fase 2**
- Validazione **pre-installazione** in fase di completamento
- Integrazione e validazione finale in CMS nei **prossimi mesi**

