

# CMS

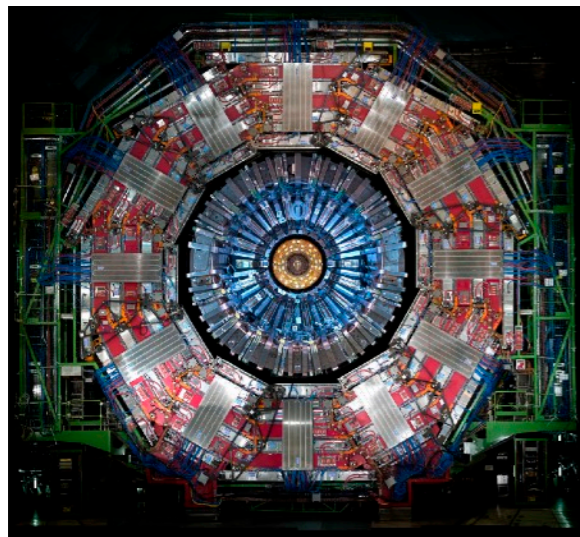


C. Battilana (Univ. e INFN) per il gruppo CMS Bologna  
[Assemblea di Sezione - Bologna - 28 Marzo 2022](#)

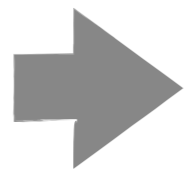
# Overview sulle attività del gruppo

Da più di dieci anni, il gruppo **CMS Bologna** risulta **tra i primi tre gruppi italiani** in termini di **partecipanti** e numero di **responsabilità ufficiali**

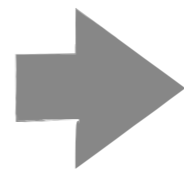
Da tempo, i nostri contributi spaziano su **numerosi fronti**



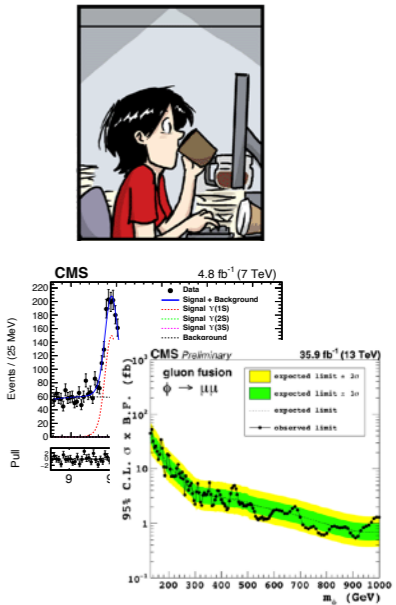
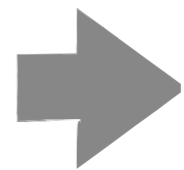
**Rivelatori: camere per muoni, operazioni, upgrade**



**Trigger (muoni) hardware / software**

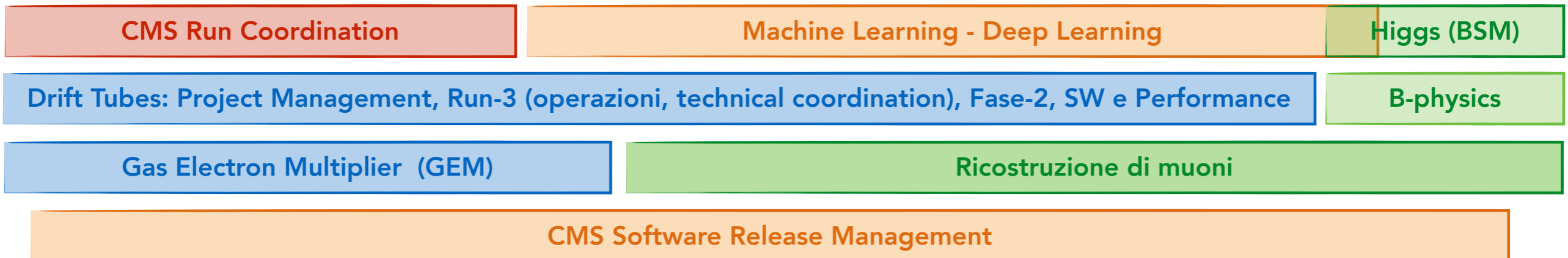


**Software e Computing (at large), tracciamento ed identificazione di muoni**



**Analisi: B-physics, Higgs (incl. BSM), Top**

## Focus delle attività del gruppo all'oggi







# Responsabilità bolognesi nella collaborazione CMS

## Responsabilità di livello 1

<i>Run Coordinator</i>	<b>Gianni Masetti</b>
<i>DT Project Manager</i>	<b>Daniele Fasanella</b> (RWTH Aachen)
<i>DT Deputy Project Manager</i>	<b>Carlo Battilana</b>

## Responsabilità di livello 2

<i>DT Technical Coordinator</i>	<b>Lisa Borgonovi</b>
<i>DT Deputy Run Coordinator</i>	<b>Gianni Masetti</b>
<i>DT DPG Coordinator</i>	<b>Francesca Cavallo</b>
<i>DT Deputy DPG Coordinator</i>	<b>Carlo Battilana</b>
<i>DT Institution Board Advisor</i>	<b>Marco Dallavalle</b>
<i>Chair Muon Internal Scrutiny Group</i>	<b>Marco Dallavalle</b>
<i>Chair GEM Inst. Collab. Board</i>	<b>Paolo Giacomelli</b>
<i>GRID Deployment Board</i>	<b>Daniele Bonacorsi</b>
<i>Offline Software Release Manager</i>	<b>Andrea Perrotta</b>

-  Central CMS Run Coordination
-  Muon detectors (e.g. DT and GEM Detector Projects)
-  Offline and Computing
-  Physics

## Responsabilità di livello 3

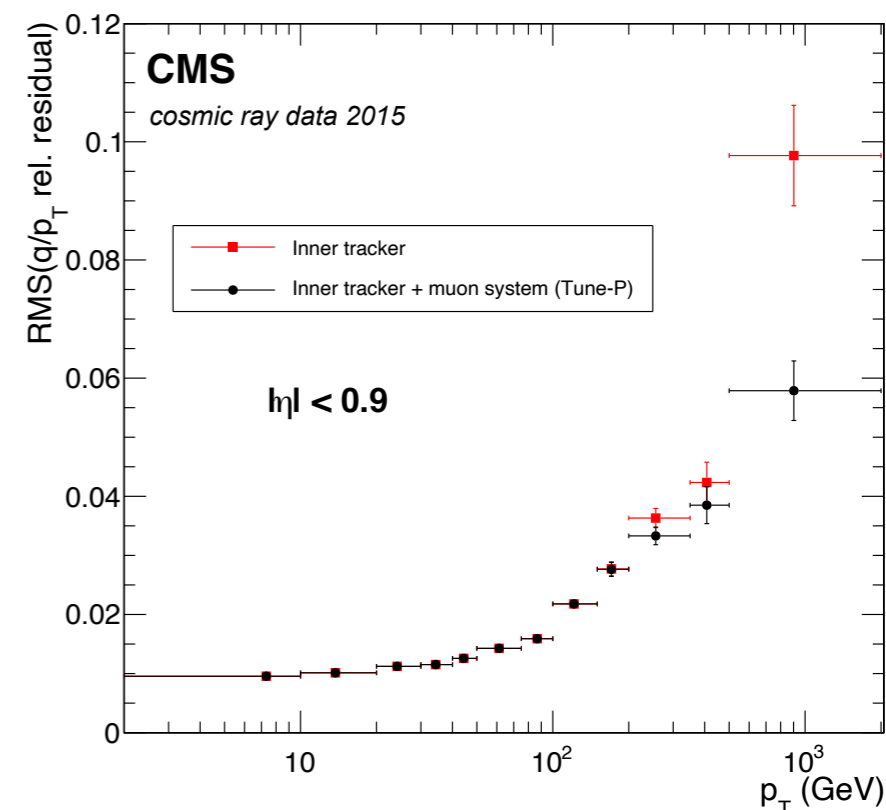
<i>DT Power supplies</i>	<b>Lisa Borgonovi</b>
<i>DT Minicrates</i>	<b>Gianni Masetti</b>
<i>DT Upgrade Mechanics</i>	<b>Marco Dallavalle</b>
<i>DT Longevity Task Force</i>	<b>Federica Primavera</b>
<i>DT Trigger Coordinator</i>	<b>Luigi Guiducci</b>
<i>DT Phase 2 Trigger Studies</i>	
<i>DT Trigger Performance</i>	<b>Stefano Marcellini</b>
<i>DT Prompt Offline Analysis</i>	<b>Francesca Cavallo</b>
<i>DT Muon POG liason</i>	<b>Carlo Battilana</b>
<i>RadSim Muon contact</i>	<b>Sergio Lo Meo</b>
<i>Computer Security Officer</i>	<b>Gian Piero Siroli</b>
<i>Top Pub Comm (co-chair)</i>	<b>Andrea Castro</b>
<i>Higgs Pub Comm</i>	<b>Paolo Giacomelli</b>
<i>SMP Pub Comm</i>	<b>Marco Dallavalle</b>
<i>Muon MC Generators contact</i>	<b>Alessandra Fanfani</b>
<i>B Physics MC Generators contact</i>	<b>Leonardo Lunerti</b>
<i>Higgs MC Generators contact</i>	<b>Tommaso Dotallevi</b>

---

# **Rivelatori: verso Run-3**

---

- ▶ **Drift Tubes (DT)**: utilizzate per il rivelatore di muoni di CMS nel barile ( $|\eta| < 1.2$ )
  - ▶ Permettono **tracciamento di muoni** nel **Level-1 trigger**
  - ▶ **Principale rivelatore** per **identificazione/tracciamento** di muoni nella ricostruzione **offline** (e ad HLT)
- ▶ Il gruppo di Bologna **mantiene un ruolo fondamentale** nelle attività del progetto DT, fin **dai tempi del design del rivelatore e della sua costruzione**
- ▶ Per quel che riguarda il **sistema attuale**, siamo coinvolti in:
  - ▶ Operazioni del rivelatore e coordinamento tecnico
  - ▶ Misura di prestazioni e ottimizzazione del trigger
- ▶ **Garantire il successo delle operazioni ed ottime prestazioni** richiede una **costante presenza al CERN** di alcuni esperti ed un **supporto remoto** ancora maggiore
- ▶ Partecipiamo inoltre all'**upgrade di Fase-2** del rivelatore per High-Luminosity LHC

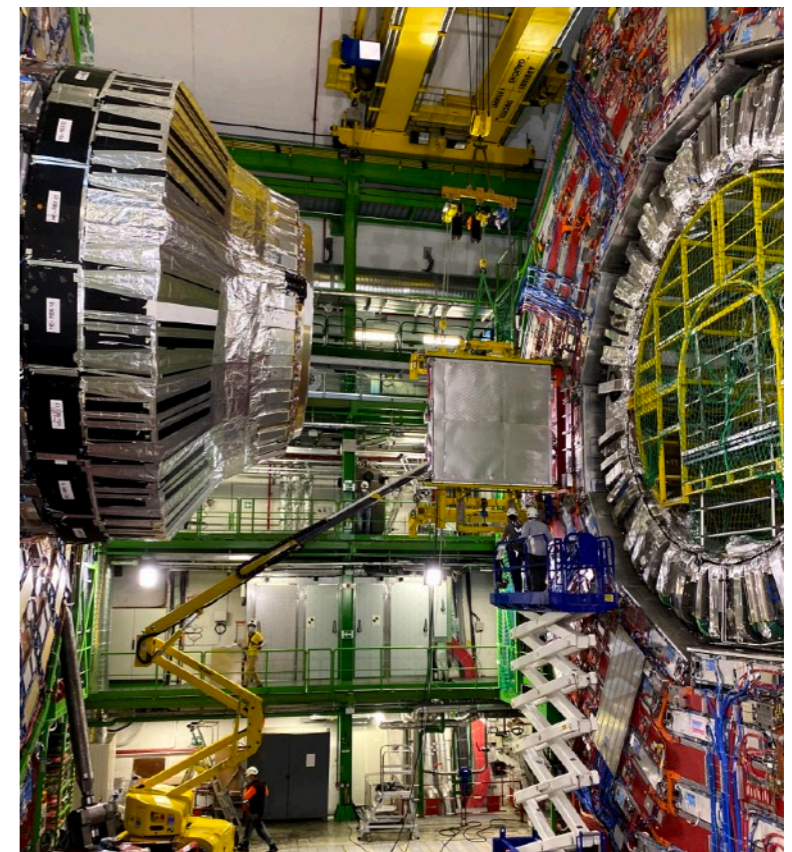
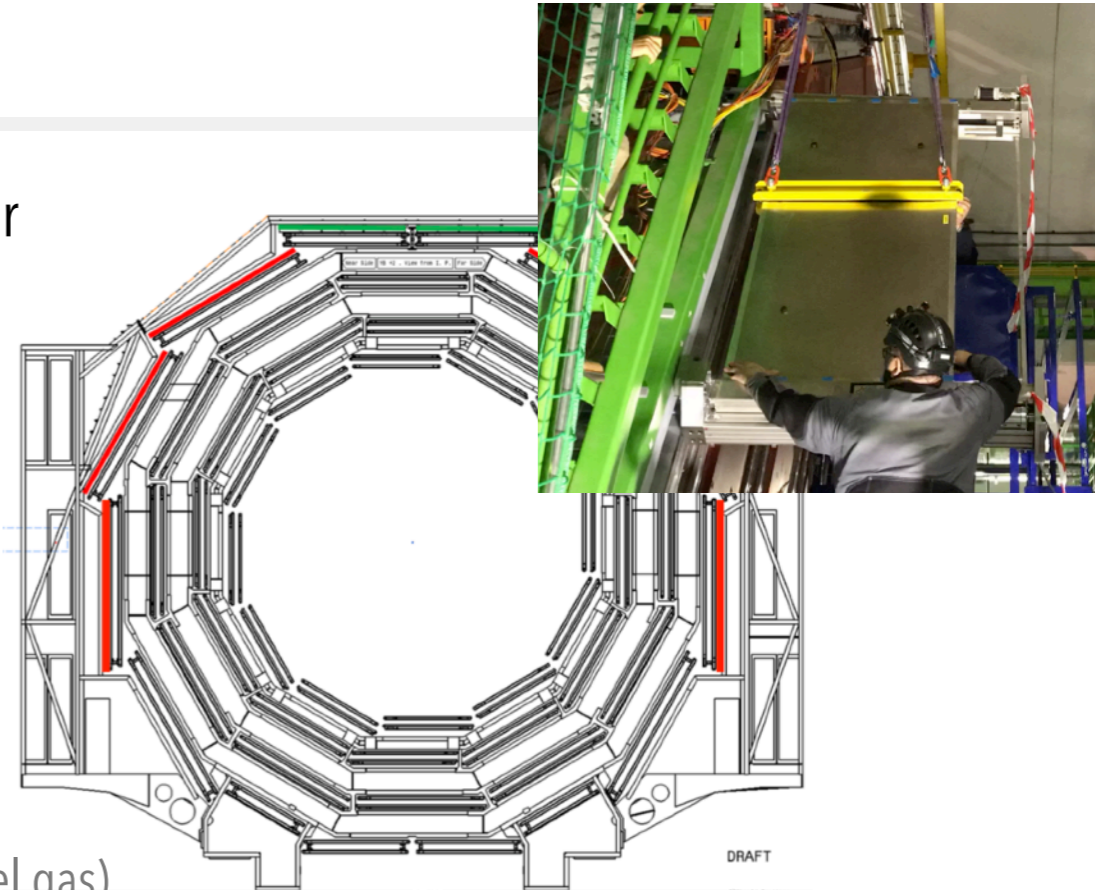


# DT Technical coordination: milestones ed attività in LS2

- ▶ Completata l'installazione di uno "schermo" (**Alberto's shielding**) per mitigare l'impatto del background presente in caverna sulla metà superiore delle camere esterne ([e prevenirne l'invecchiamento](#))
- ▶ Maintenance sul rivelatore sfruttando l'accesso alle ruote:
  - ▶ **Riparata elettronica on-board di 25 camere**
  - ▶ Interventi sulla **distribuzione delle alte tensioni**: isolati singoli canali non funzionanti
- ▶ Supporto ad interventi sulle RPC (riparazione di perdite nel loro circuito del gas)
  - ▶ ~70/250 camere **disconnesse, estratte parzialmente** (insieme alle RPC), poi **riconnesse e testate**
- ▶ Estrazione totale di una camera
  - ▶ **Recupero** delle funzionalità di **misura** nella **coordinata longitudinale**
- ▶ Manutenzione/upgrade dei sistemi di controllo e monitoring del rivelatore (DCS, DSS)

Attività "storicamente" bolognese (**A. Benvenuti, D. Fasanella, ...**)  
**L. Borgonovi è Technical Coordinator per le DT**

Indispensabile supporto da: **V. Cafaro, A. Crupano, V. Giordano**

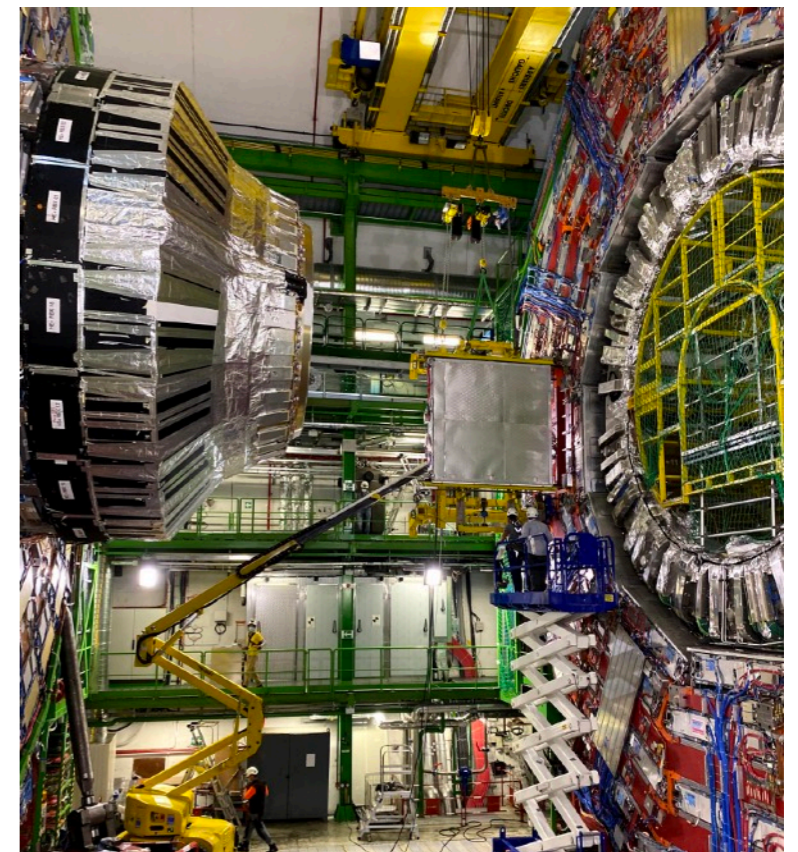
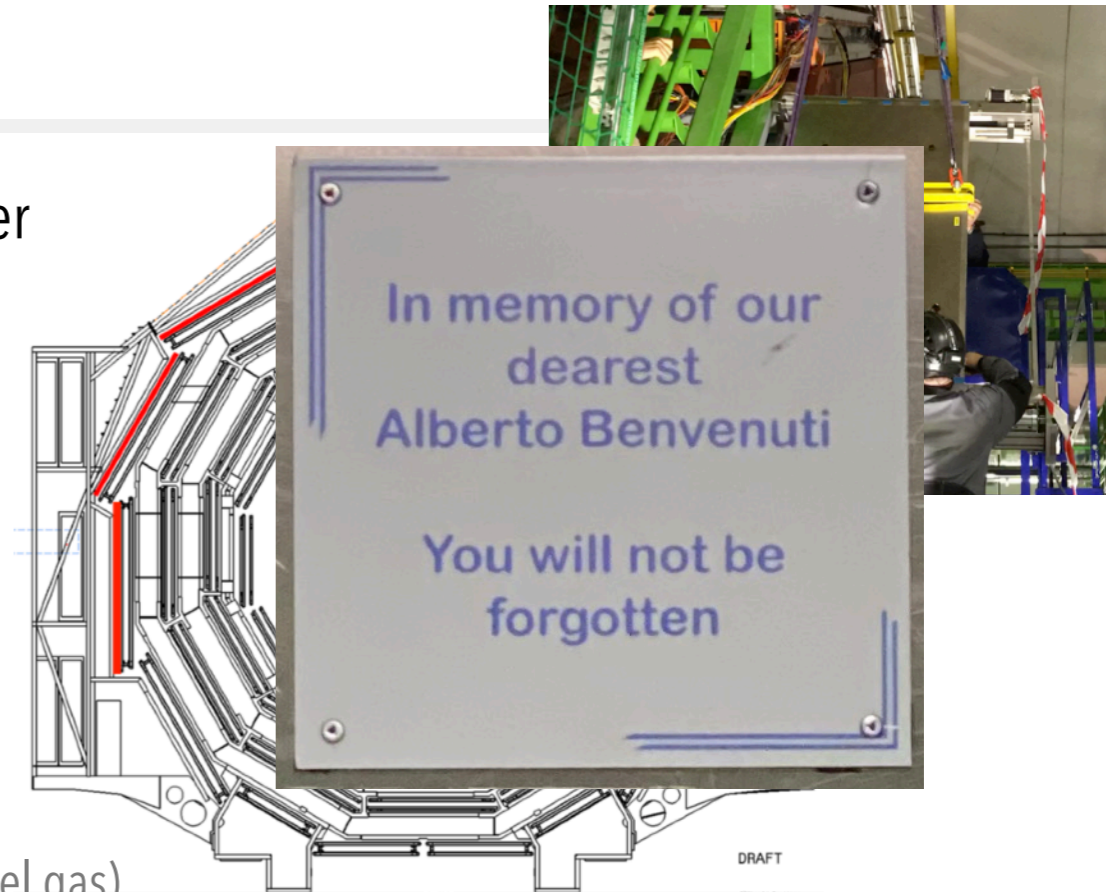


# DT Technical coordination: milestones ed attività in LS2

- ▶ Completata l'installazione di uno "schermo" (**Alberto's shielding**) per mitigare l'impatto del background presente in caverna sulla metà superiore delle camere esterne ([e prevenirne l'invecchiamento](#))
- ▶ Maintenance sul rivelatore sfruttando l'accesso alle ruote:
  - ▶ Riparata elettronica on-board di **25 camere**
  - ▶ Interventi sulla **distribuzione delle alte tensioni**: isolati singoli canali non funzionanti
- ▶ Supporto ad interventi sulle RPC (riparazione di perdite nel loro circuito del gas)
  - ▶ ~70/250 camere **disconnesse, estratte parzialmente** (insieme alle RPC), poi **riconnesse e testate**
- ▶ Estrazione totale di una camera
  - ▶ **Recupero** delle funzionalità di **misura** nella **coordinata longitudinale**
- ▶ Manutenzione/upgrade dei sistemi di controllo e monitoring del rivelatore (DCS, DSS)

Attività "storicamente" bolognese (**A. Benvenuti, D. Fasanella, ...**)  
**L. Borgonovi è Technical Coordinator per le DT**

Indispensabile supporto da: **V. Cafaro, A. Crupano, V. Giordano**



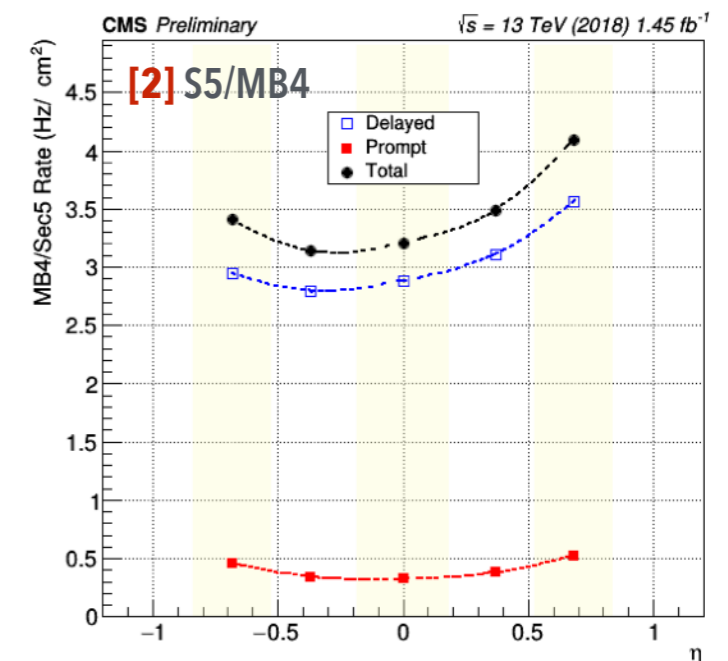
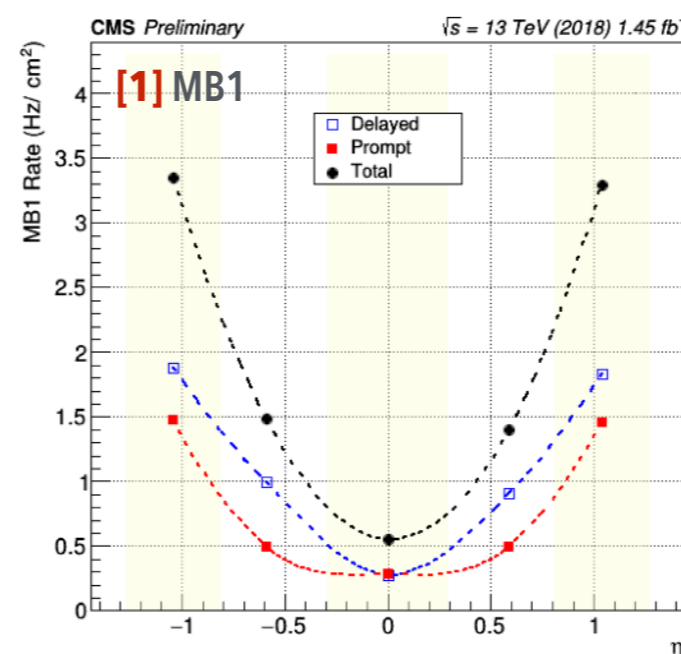
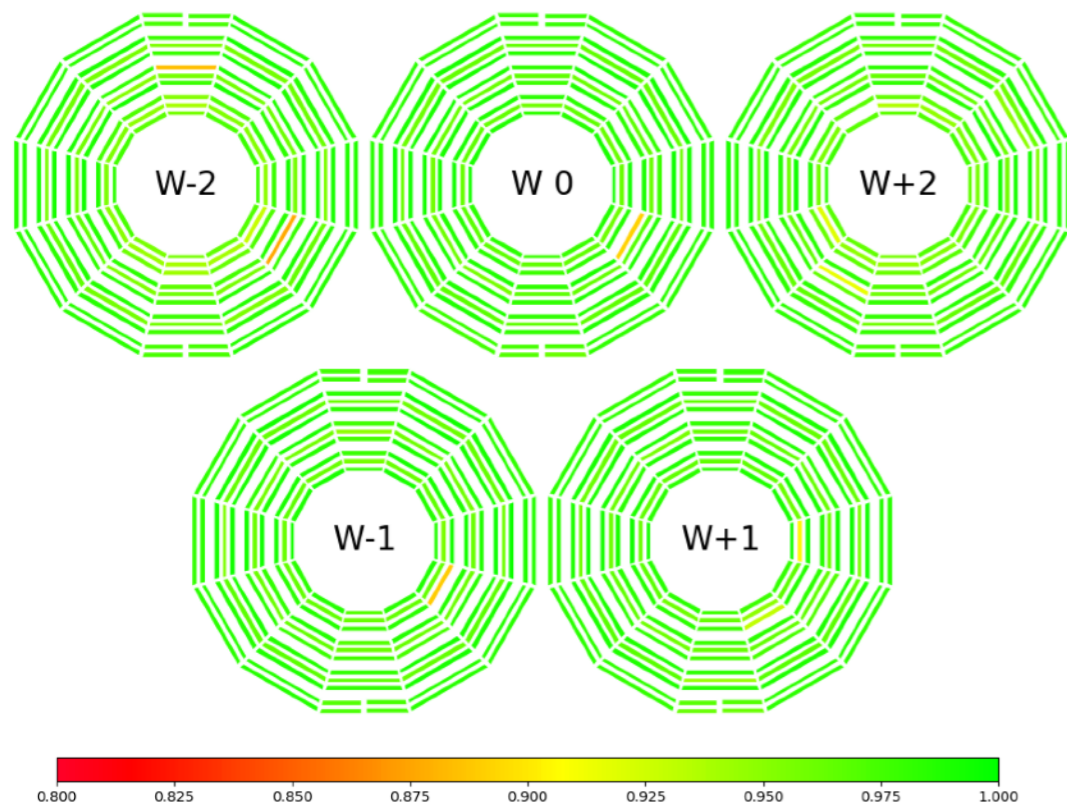
Il **Detector Performance Group (DPG)** si occupa di: **sviluppo di software** (simulazione, ricostruzione, ...), **analisi delle prestazioni di rivelatore e trigger locale**, **verifica della qualità dei dati raccolti**

## Attività recenti (esempi)

- ▶ **Analisi dei dati di collaudo** durante LS2
  - ▶ Ed ottimizzazione dei programmi di monitoring
- ▶ Sviluppo di programmi di analisi per il [dimostratore dell'upgrade di Fase-2](#)

- ▶ Analisi dettagliata del **background** con dati di Run-2
  - ▶ Importante nel contesto degli studi di **invecchiamento delle camere**
  - ▶ Affligge principalmente le **stazioni interne [1]** delle **ruote esterne** (alto  $\eta$ ) e i **settori superiori della stazione esterna [2]**

hit efficiency media per super-layer





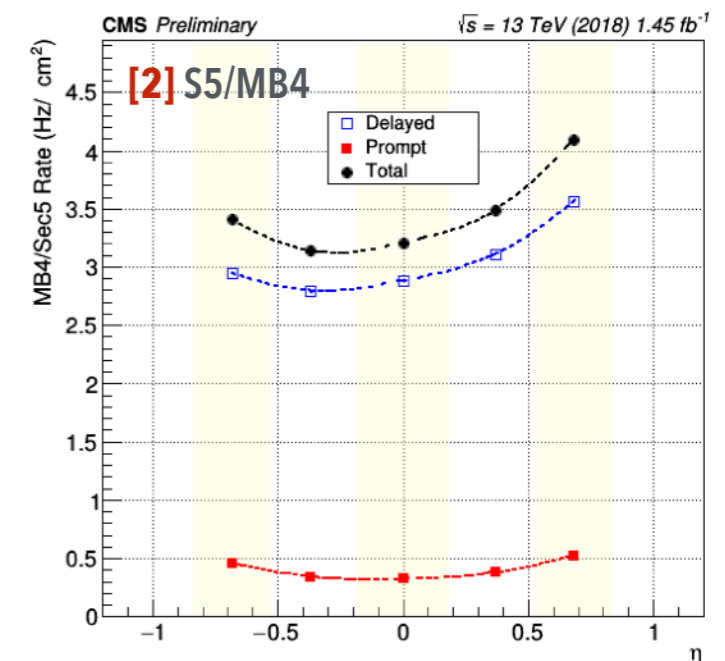
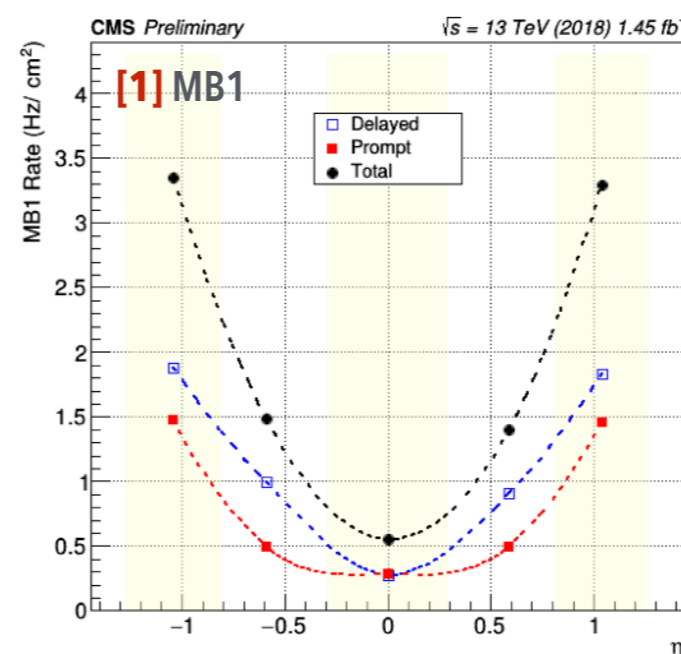
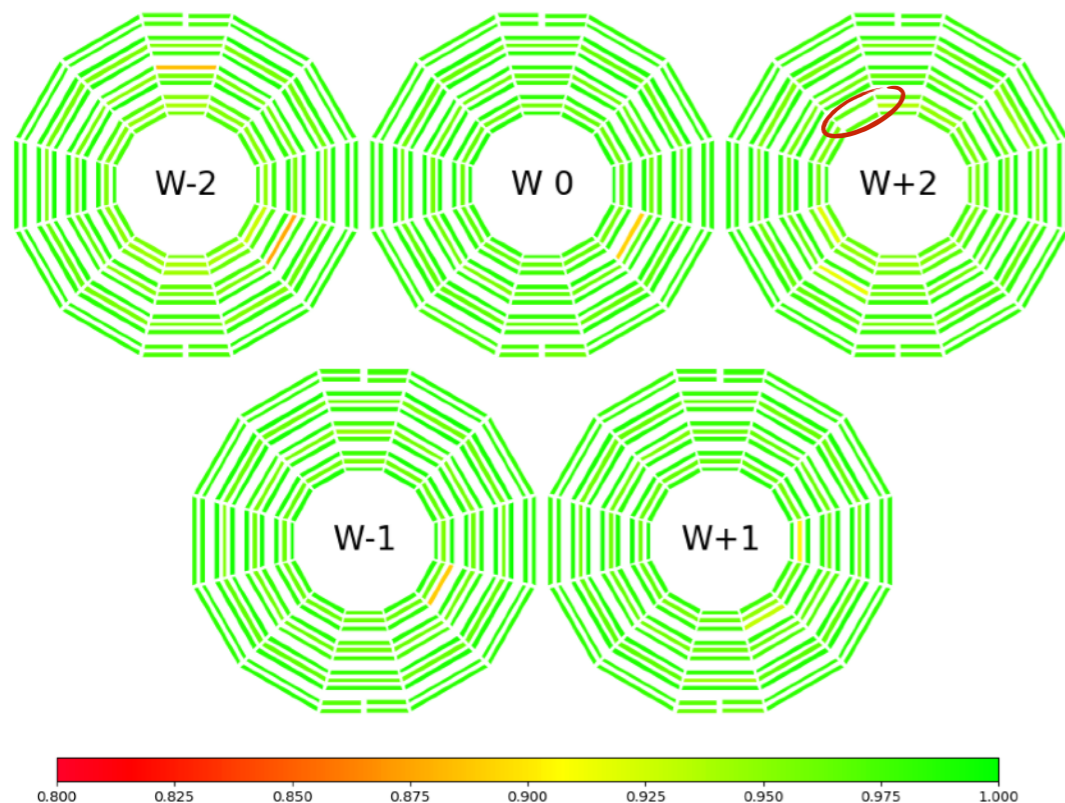
Il **Detector Performance Group (DPG)** si occupa di: **sviluppo di software** (simulazione, ricostruzione, ...), **analisi delle prestazioni di rivelatore e trigger locale, verifica della qualità dei dati raccolti**

## Attività recenti (esempi)

- ▶ **Analisi dei dati di collaudo** durante LS2
  - ▶ Ed ottimizzazione dei programmi di monitoring
- ▶ Sviluppo di programmi di analisi per il [dimostratore dell'upgrade di Fase-2](#)

- ▶ Analisi dettagliata del **background** con dati di Run-2
  - ▶ Importante nel contesto degli studi di **invecchiamento delle camere**
  - ▶ Affligge principalmente le **stazioni interne [1]** delle **ruote esterne** (alto  $\eta$ ) e i **settori superiori della stazione esterna [2]**

hit efficiency media per super-layer



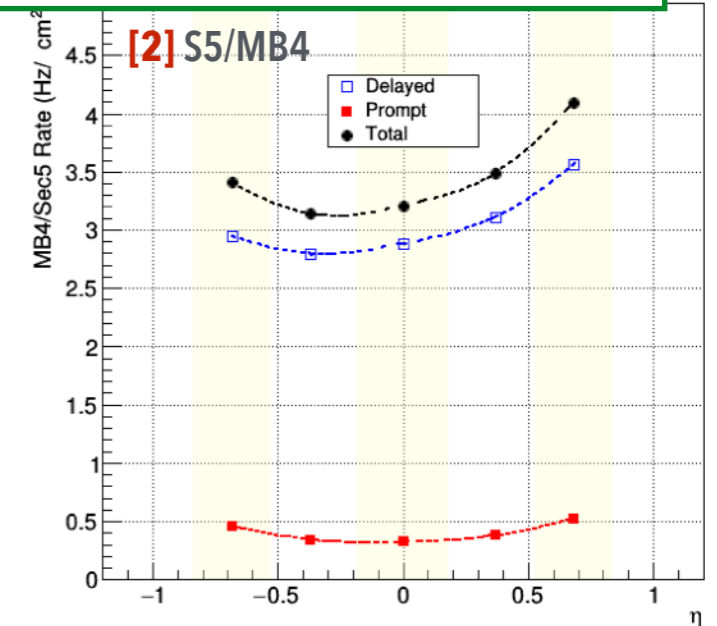
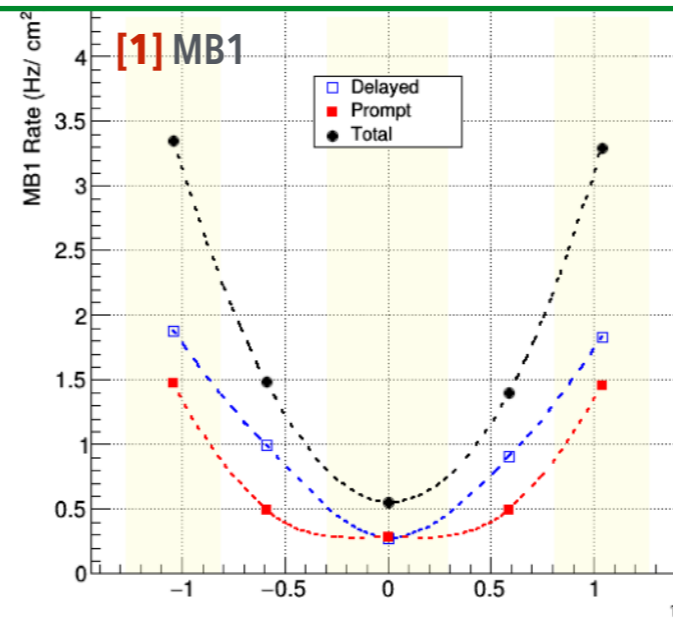
Il **Detector Performance Group (DPG)** si occupa di: **sviluppo di software** (simulazione, ricostruzione, ...), **analisi delle prestazioni di rivelatore e trigger locale**, **verifica della qualità dei dati raccolti**

## Attività recenti (esempi)

- ▶ **DT al termine della preparazione per Run-3:**
  - ▶ Circa il **99% di canali attivi**
  - ▶ Completa l'implementazione di misure per massimizzare la longevità delle camere
  - ▶ **Consolidamento** di varie parti del sistema
  - ▶ **Miglioramento** degli strumenti di **monitoring** e **analisi**



0.800 0.825 0.850 0.875 0.900 0.925 0.950 0.975 1.000



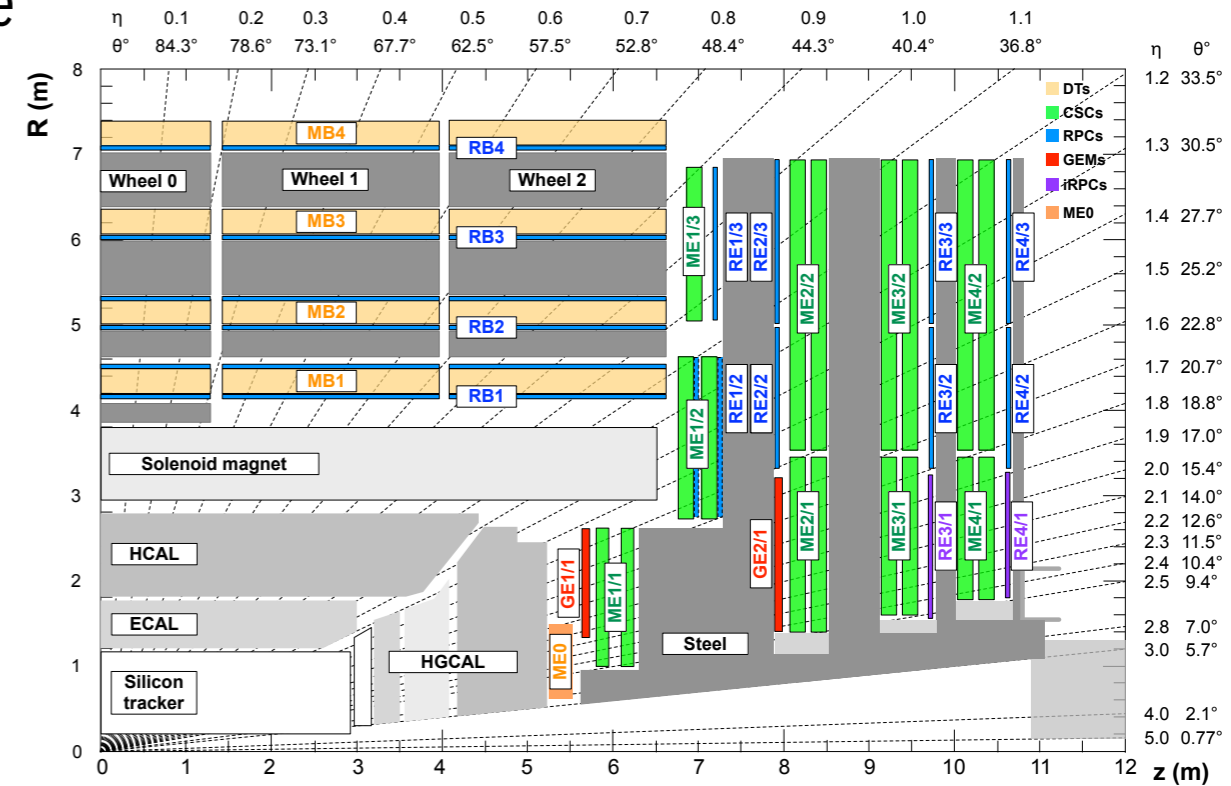
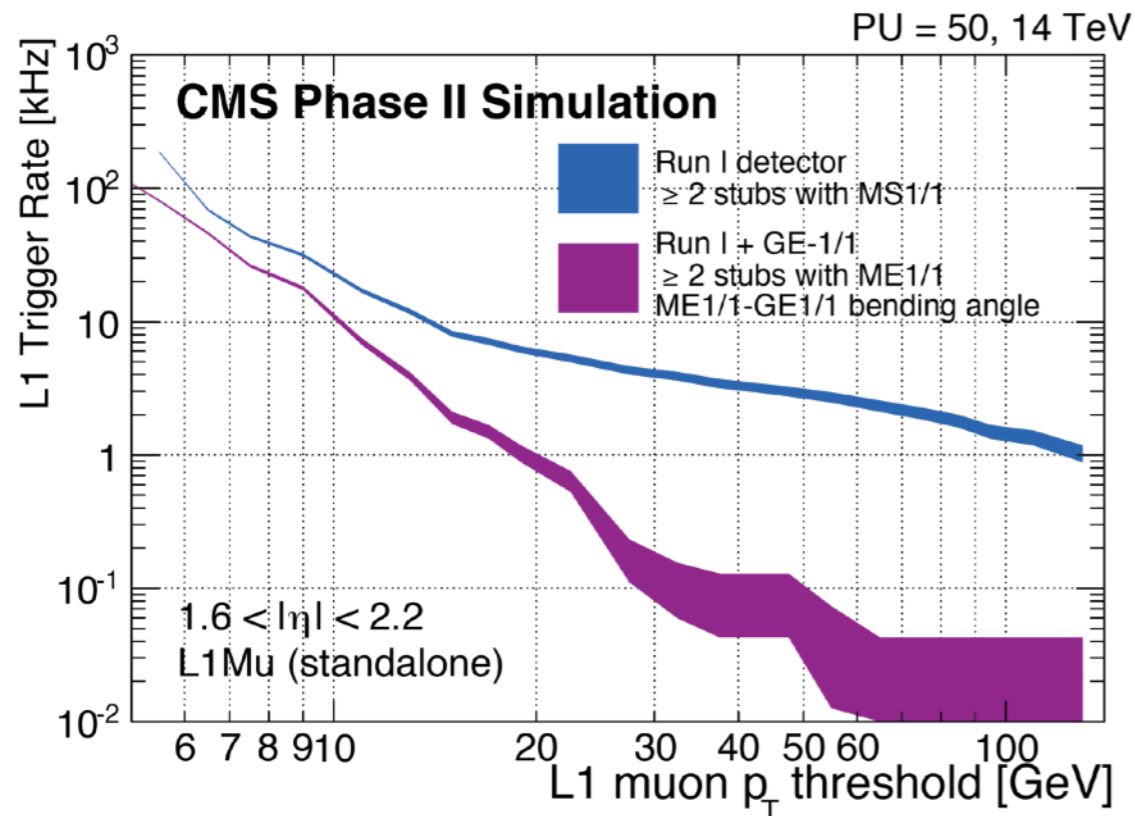
# Gas Electron Multiplier: overview

► **Gas Electron Multiplier (GEM)**: utilizzate per l'upgrade del rivelatore di muoni (regione *in avanti*:  $|\eta| > 1.6$ )

- Migliori prestazioni per il **Level-1 (standalone) muon trigger**
- Estensione dell'**accettanza**: da  $|\eta| < 2.4$  a  $|\eta| < 2.8$
- Ridondanza: migliorano ricostruzione ed identificazione

► **GE2/1** ed **MEO** verranno installate in LS3

► **GE1/1** in funzione già in Run-3



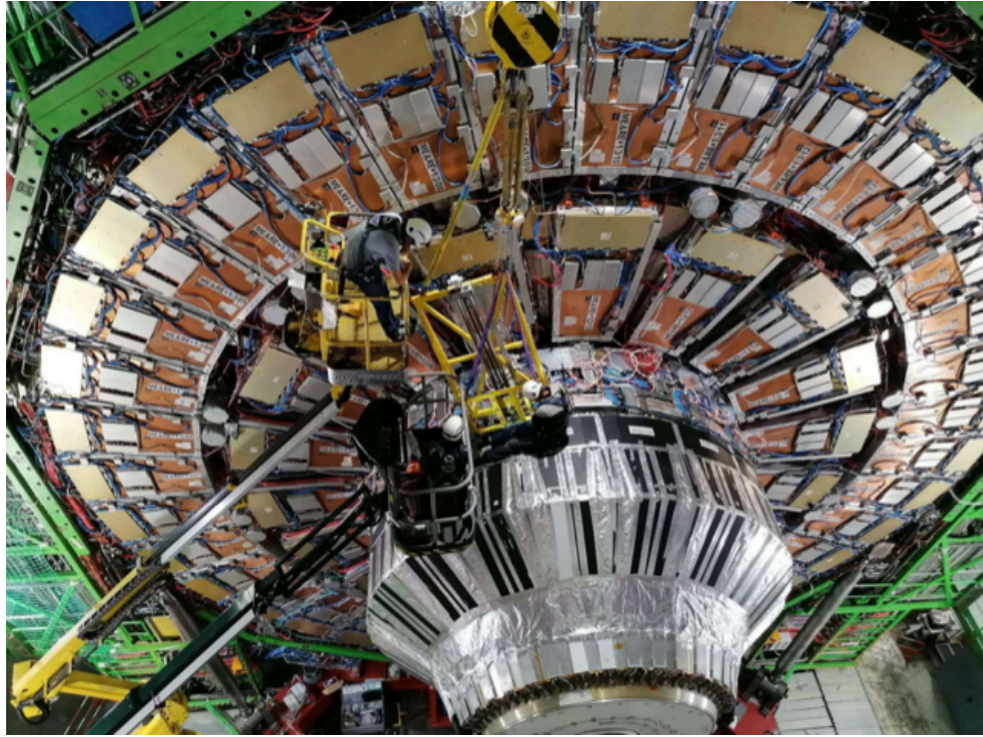
## Coinvolgimento di CMS Bologna

- Preparazione (building 904)
  - rivelatori, servizi, cavi di HV / LV
- Sul detector:
  - installazione, servizi, cabling

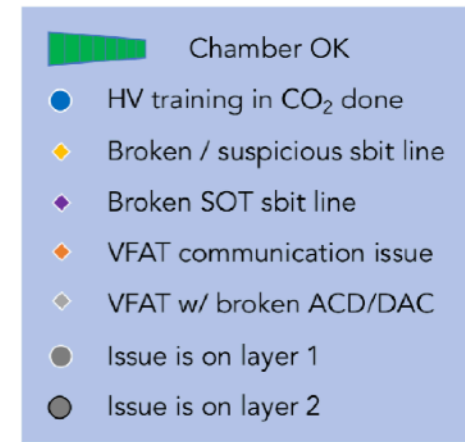
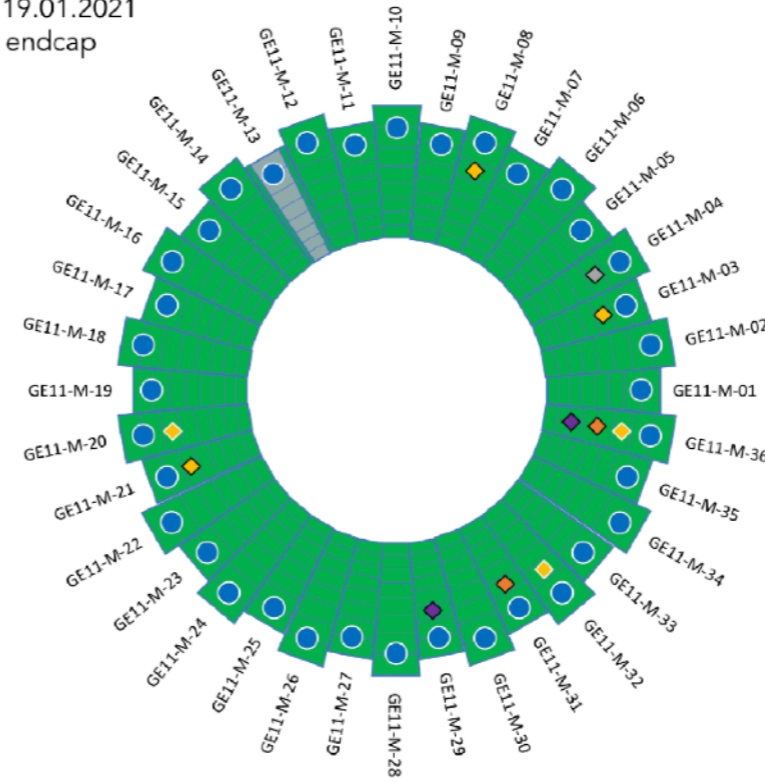
**P. Giacomelli è Chair del GEM Institution Board**  
 Importante contributo da: **V. Cafaro**

# Installazione e collaudo di GE1/1

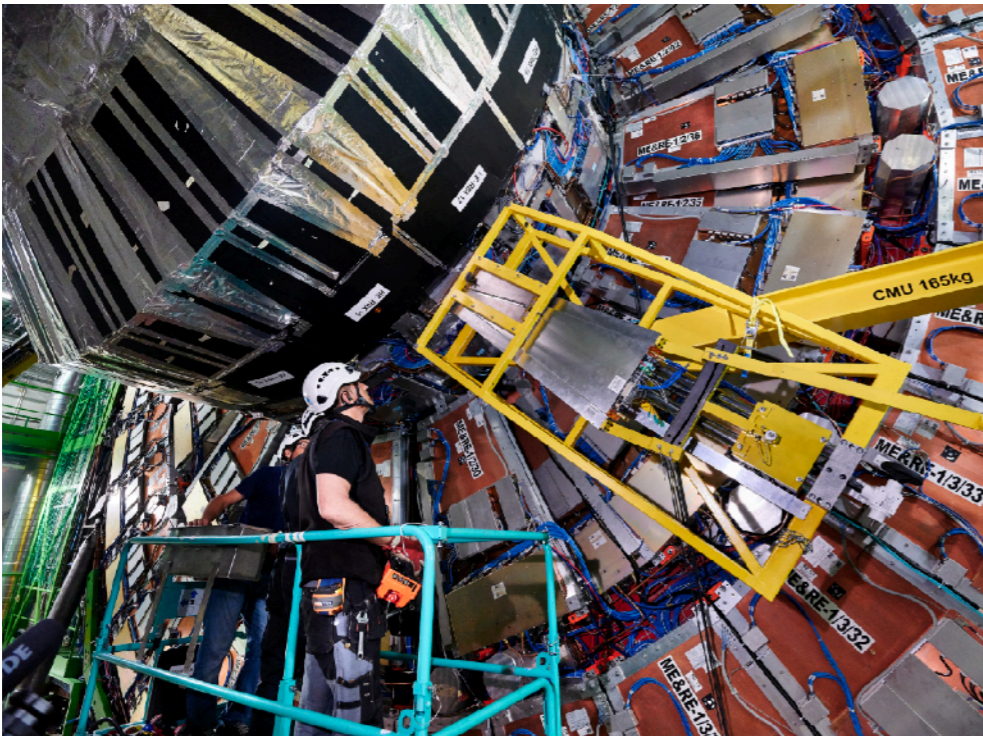
**GE-1/1 negative endcap**  
**Completata (10/2019) - fully commissioned**



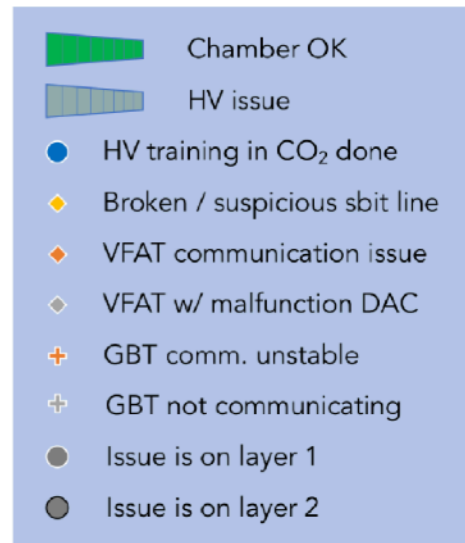
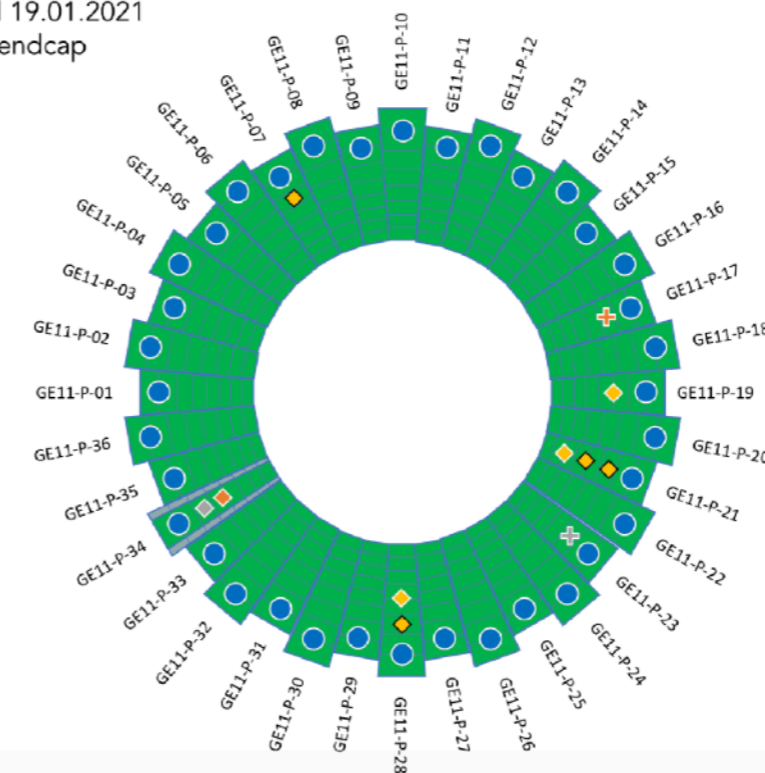
Updated 19.01.2021  
 Negative endcap



**GE+1/1 positive endcap**  
**Completata (10/2020) - fully commissioned**



Updated 19.01.2021  
 Positive endcap



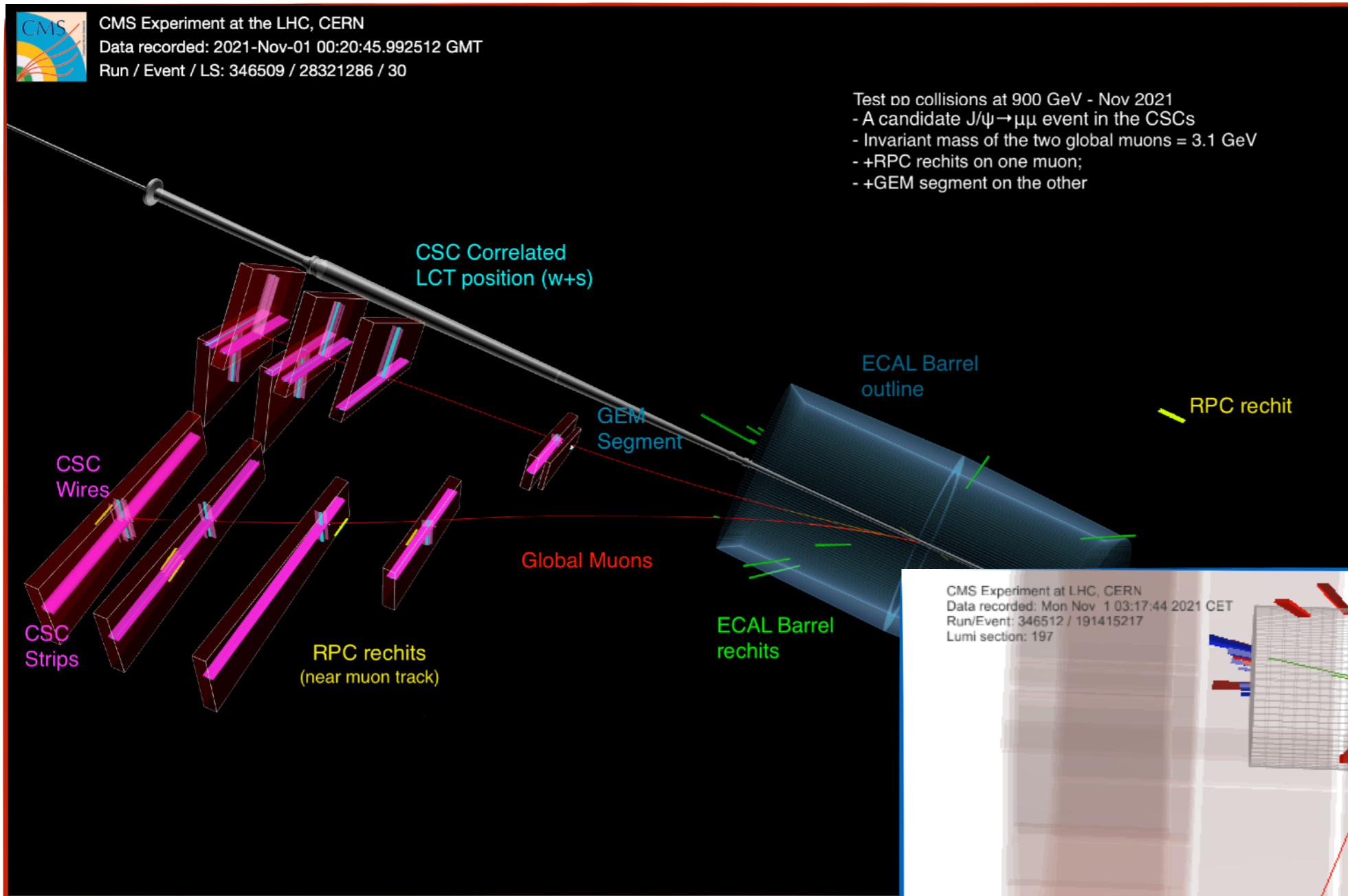
# Operazioni: verso Run-3

- ▶ Attività e milestones della **CMS Central Run Coordination**
- ▶ **2021:** organizzazione di *lunghi* periodi di presa dati **senza** (5 settimane) e **con** (1 settimana) **campo magnetico** a 3.8 T
  - ▶ **Obiettivo:** raccolta dati per **allineamento preliminare del tracciatore interno**
- ▶ **2021:** LHC beam test - due settimane di operazioni a 900 GeV (2 nb<sup>-1</sup> raccolti,  $\langle \text{PU} \rangle = 0.1$ )
  - ▶ *Perfect and successful rehearsal for Run-3 operation (cit.)* **malgrado le restrizioni dovute al COVID!**
  - ▶ Verifica *generale* dello stato dei rivelatori dopo LS2 (prime collisioni per il rivelatore GE1/1 completo)
  - ▶ Verifica delle procedure automatiche da *injection a stable-beams*
- ▶ **2022:** operazioni continuative (24/7) da Marzo
  - ▶ Campo magnetico stabile a 3.8 T dal 4 Marzo
    - ▶ ~3 settimane di cosmici: **allineamento del tracciatore e calibrazione/sincronizzazione dei rivelatori**
  - ▶ Caverna sperimentale chiusa dal 24 Marzo

**G. Masetti è Run Coordinator di CMS** (inoltre è coinvolto da lungo tempo nelle operazioni delle DT, ora è **DT Deputy Run Coordinator**)

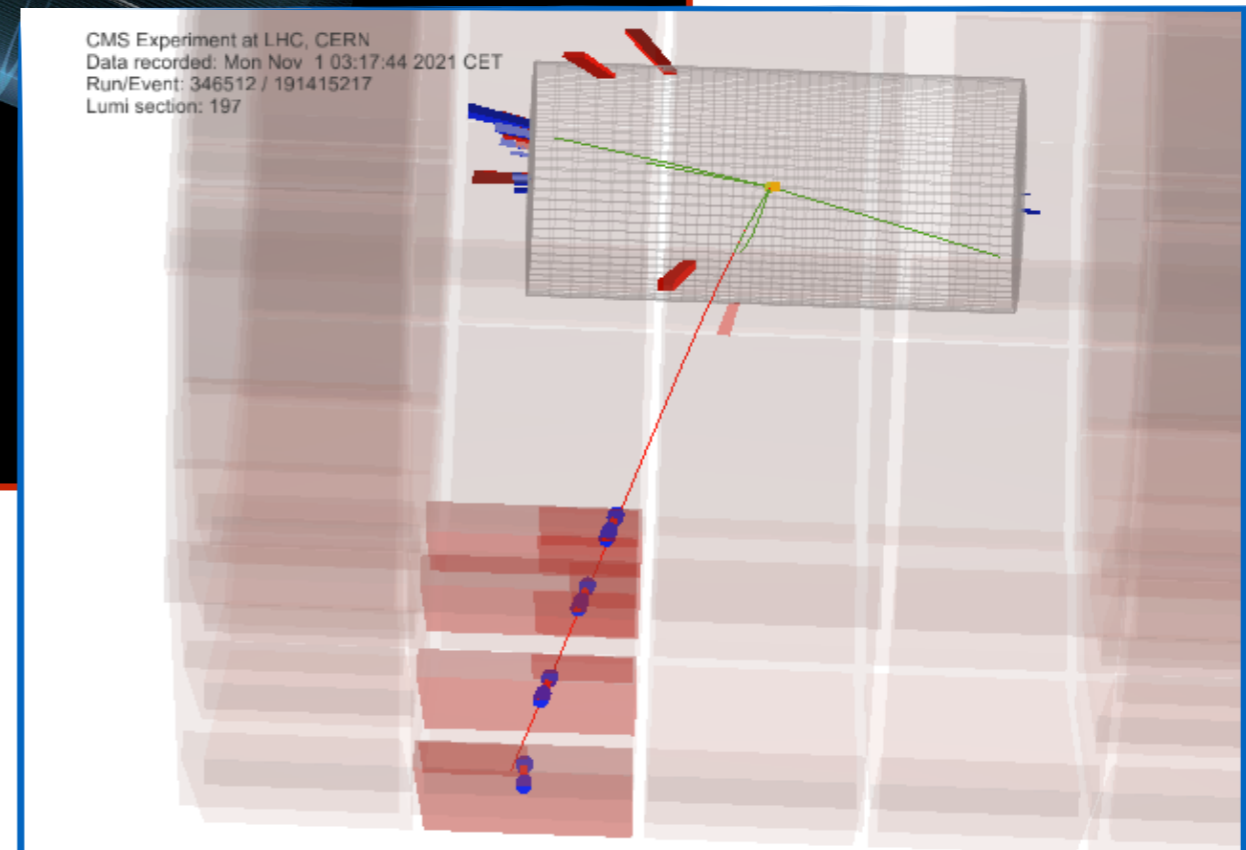
# Operazioni: DT e GE1/1 in eventi di collisione

Ricostruzione di muoni in eventi di collisione con fasci di test (Ottobre 2021)



**GEM:**

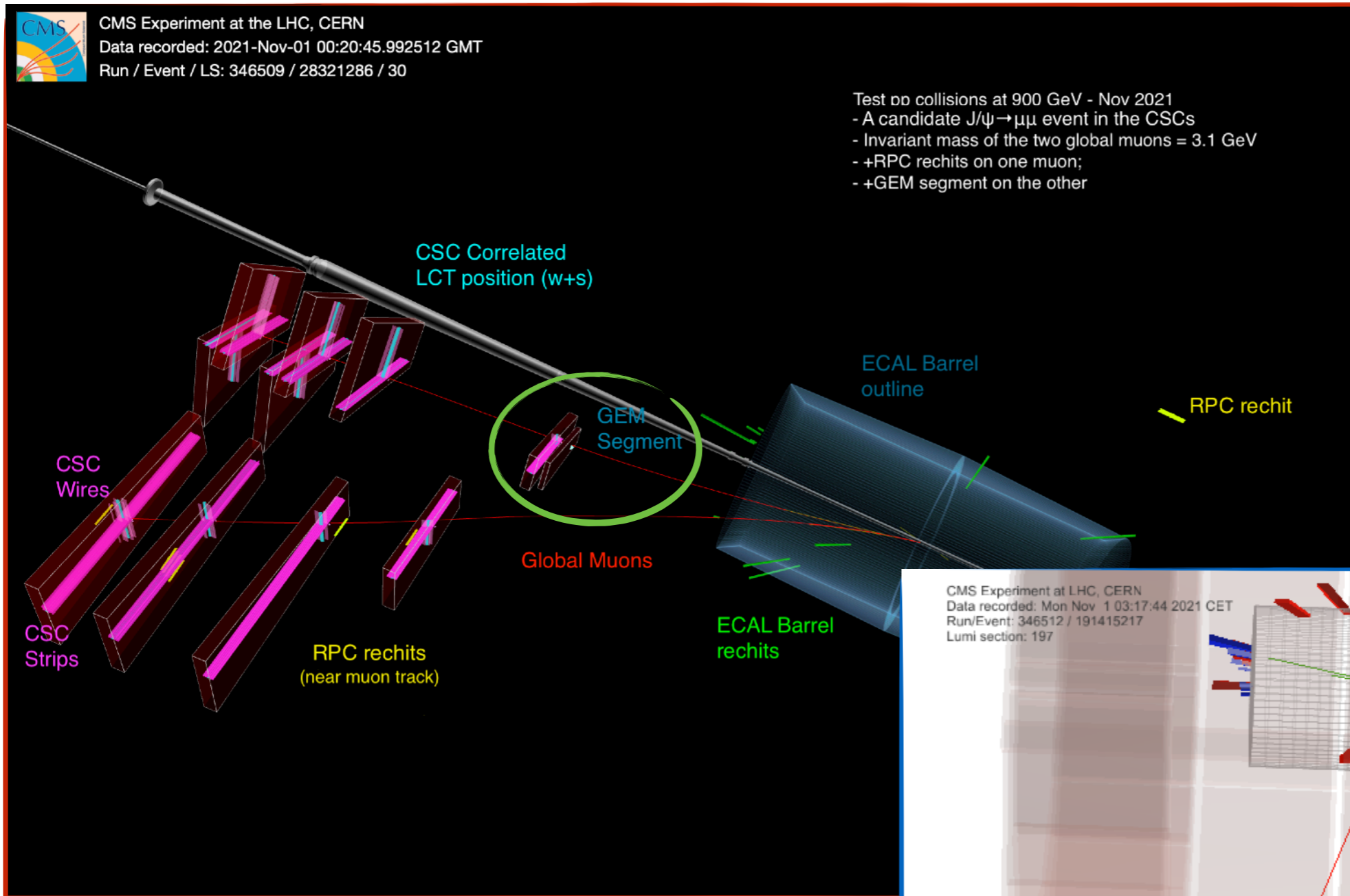
candidato  $J/\psi \rightarrow \mu\mu$  ( $m=3.1$  GeV)  
GE1/1 nel tracciamento di un  $\mu$



**DT:** solo una manciata di muoni attesi nel barile  $\rightarrow$  ispezionati *caso per caso*

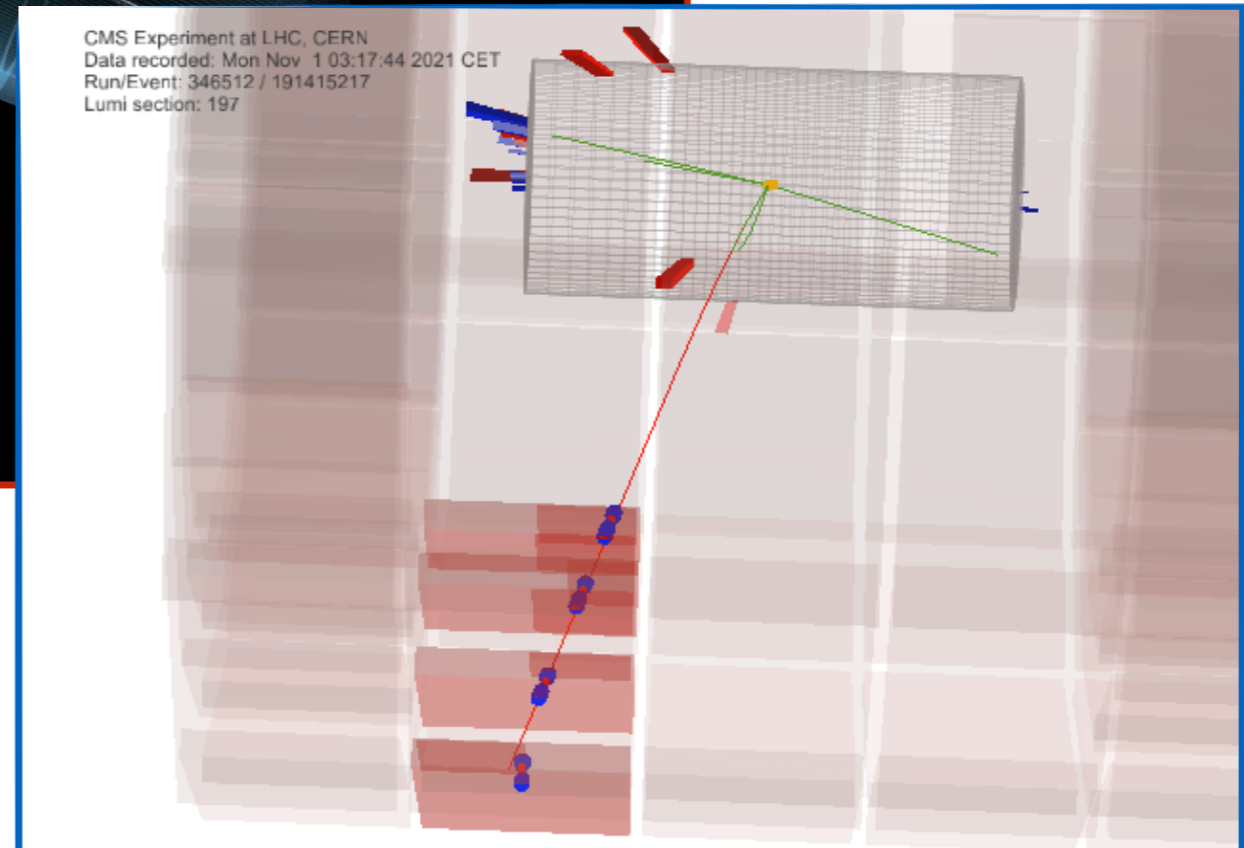
# Operazioni: DT e GE1/1 in eventi di collisione

Ricostruzione di muoni in eventi di collisione con fasci di test (Ottobre 2021)



**GEM:**

candidato  $J/\psi \rightarrow \mu\mu$  ( $m=3.1$  GeV)  
GE1/1 nel tracciamento di un  $\mu$



**DT:** solo una manciata di muoni attesi nel barile  $\rightarrow$  ispezionati *caso per caso*

---

# **Upgrade delle DT per HL-LHC**

---

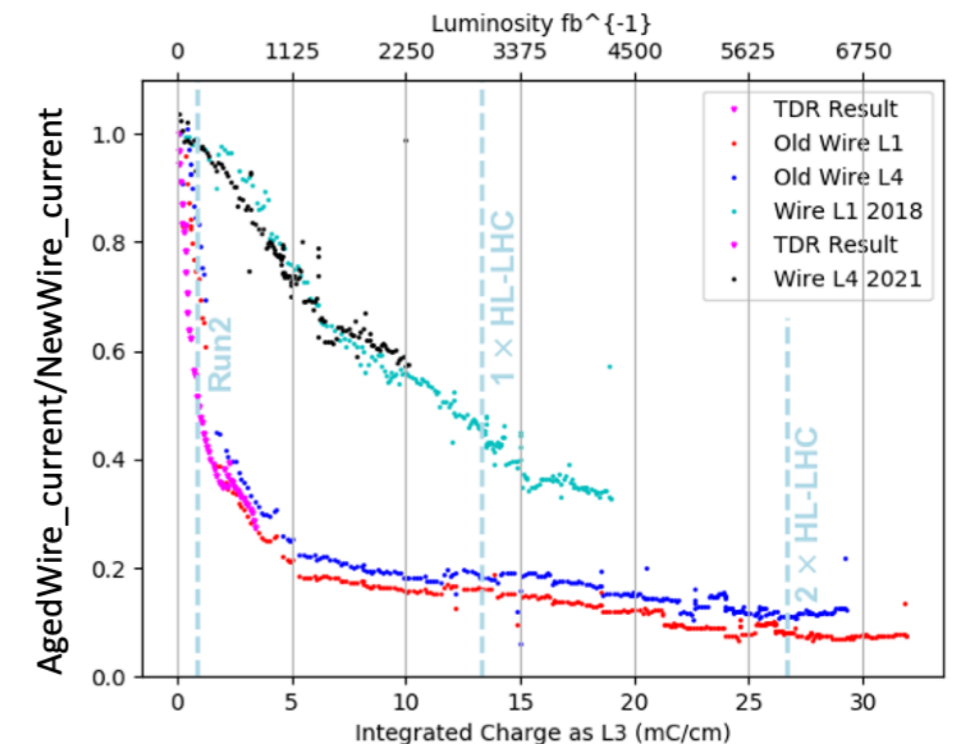
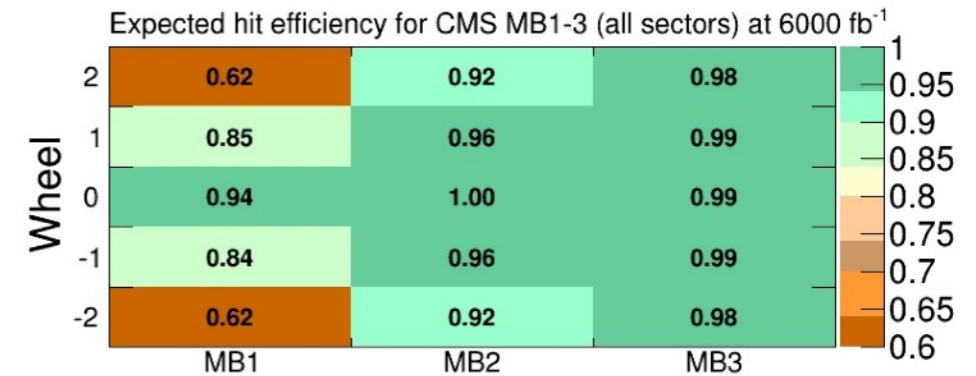
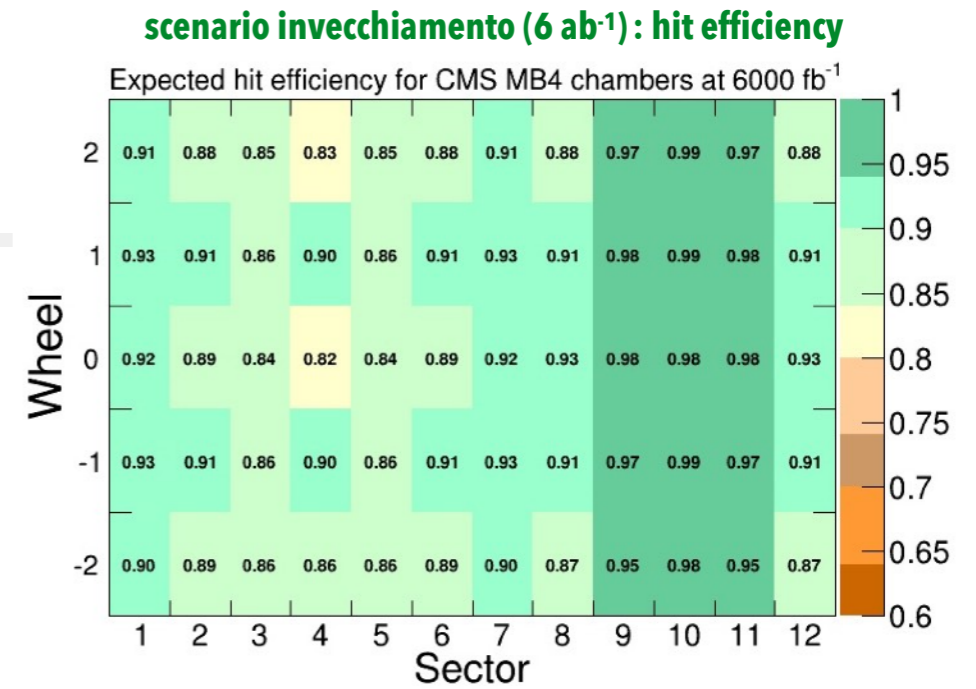
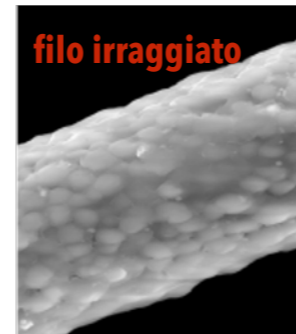
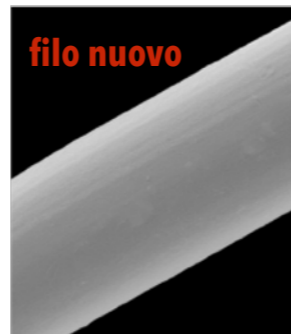


# DT: irraggiamento e invecchiamento

## Verifica delle le prestazioni delle DT in vista di HL-LHC

- ▶ Prima serie di risultati in [CMS-TDR-016](#), rifiniti per [CMS-TDR-021](#)
  - ▶ Degrado di prestazioni "accettabile" (detector ridondante)
  - ▶ Implementate misure (es. [shielding](#)) per ridurre l'invecchiamento
- ▶ Dal 2018, è in corso una seconda fase di irraggiamento di una frazione di camera MB2 di scorta presso la GIF++ del CERN
  - ▶ **Obiettivo:** fornire risultati finali entro la fine dell'anno per una dose equivalente a  $\sim 3(2) \times$  HL-LHC
  - ▶ Irraggiamento e presa dati (cosmici/test-beam) fino all'estate
  - ▶ Test-beam con muoni dall'SPS (fine di Aprile)
- ▶ Importante anche l'attività di coordinamento tecnico **al CERN**

**F. Primavera è DT Longevity Task Force** coordinator  
 Contributi: **L Borgonovi, D. Fasanella**



# Upgrade di Fase-2 delle DT

## ► Rimpiazzo dell'elettronica

motivato da:

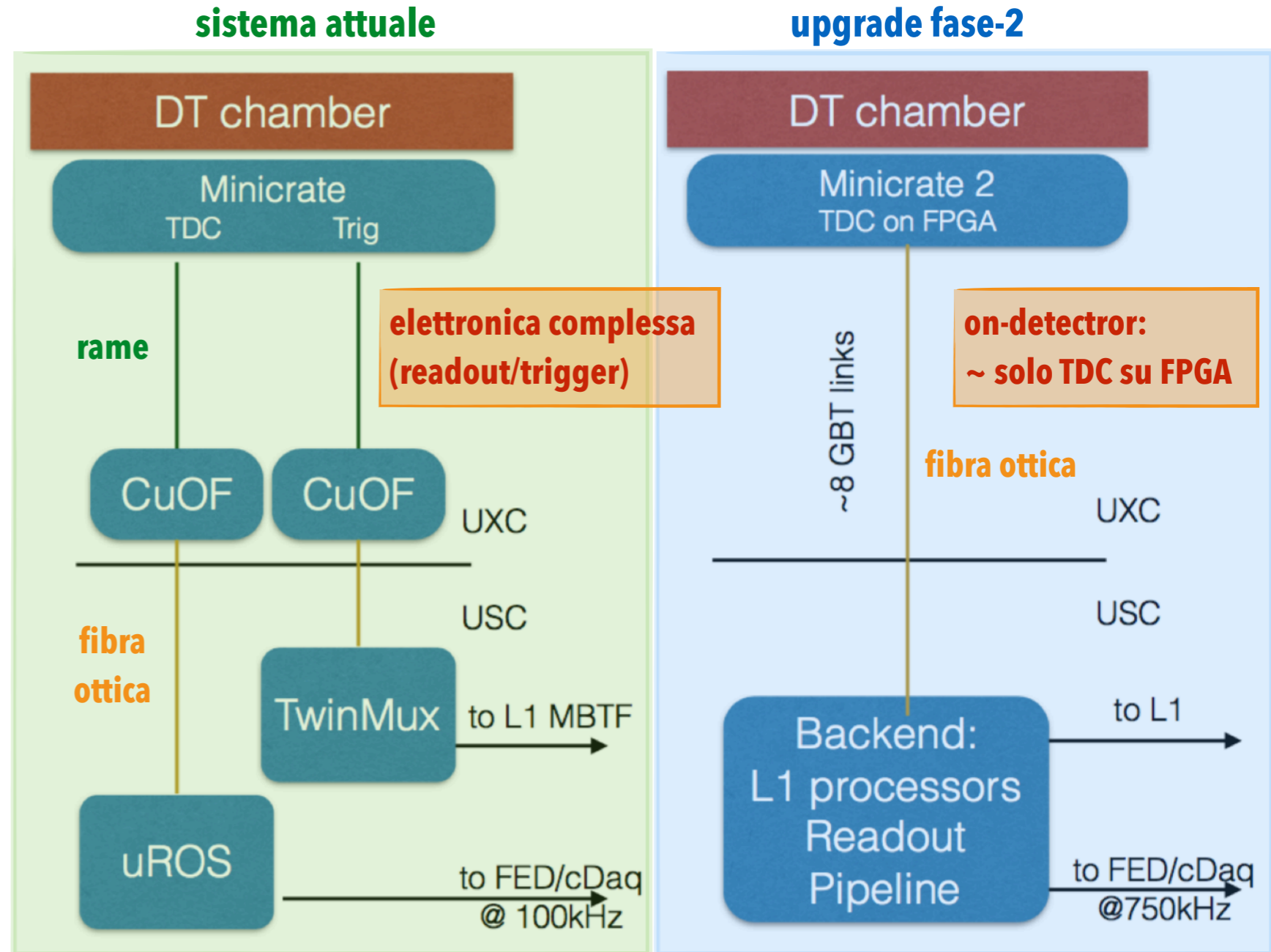
- Radiation hardness
- Vincoli di **rate** e **latenza** dal Level-1 trigger di Fase-2

## ► Notevole **semplificazione** dell'**elettronica on-detector**

- Robustezza, manutenzione, ...

## ► **Complessità** spostata **nel backend** (FPGA)

- Possibile utilizzare **algoritmi di trigger** con **prestazioni simili** alla **ricostruzione offline**

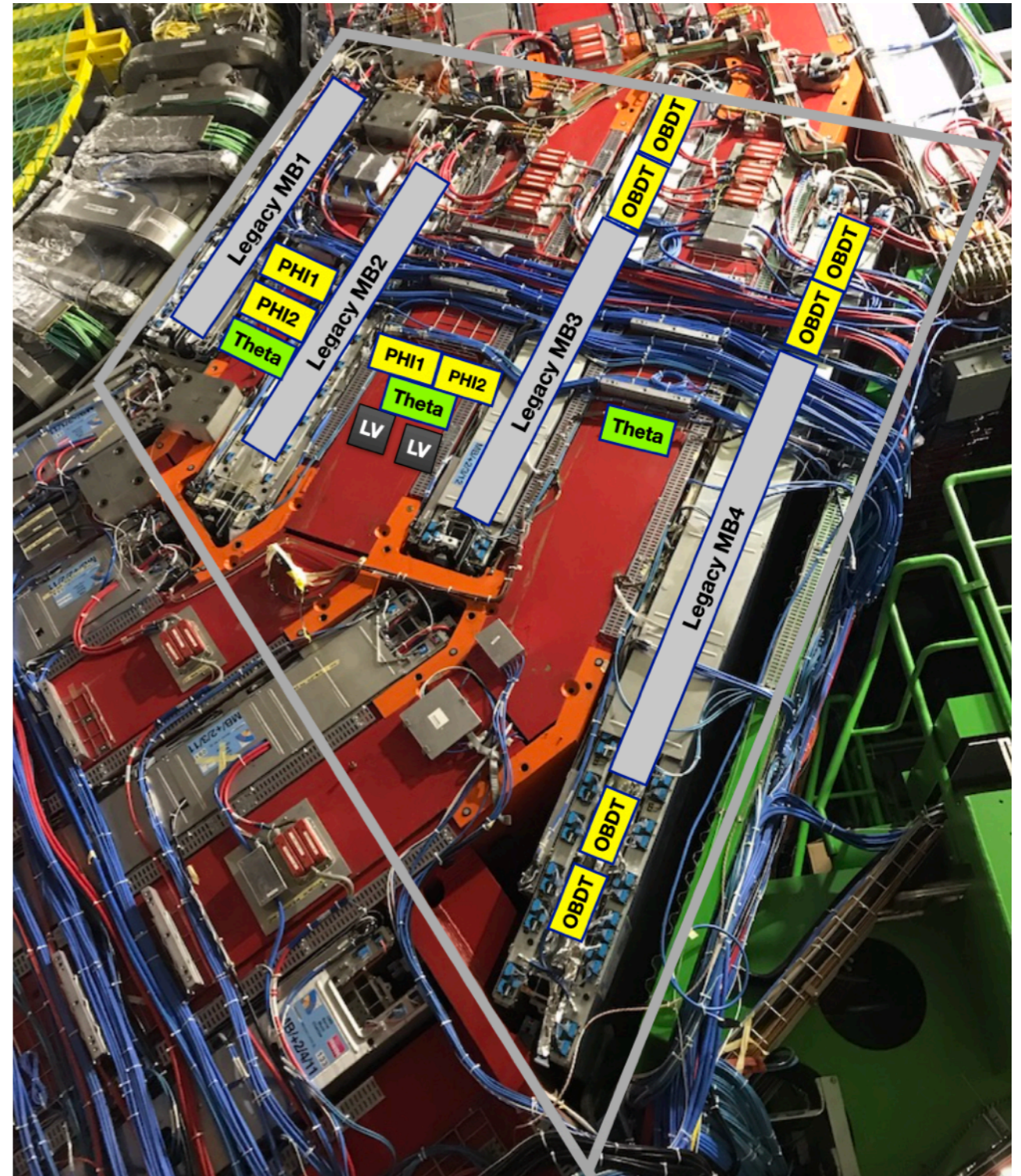


L. Guiducci coordina il DT Phase-2 Trigger Studies Group

# Dimostratore per l'upgrade di Fase-2 (slice-test)

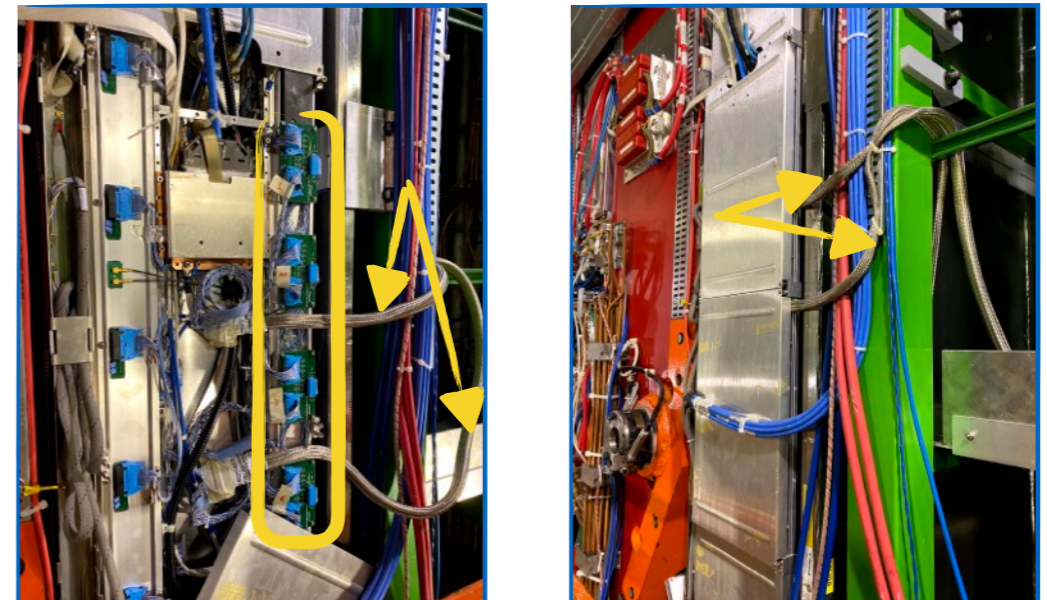
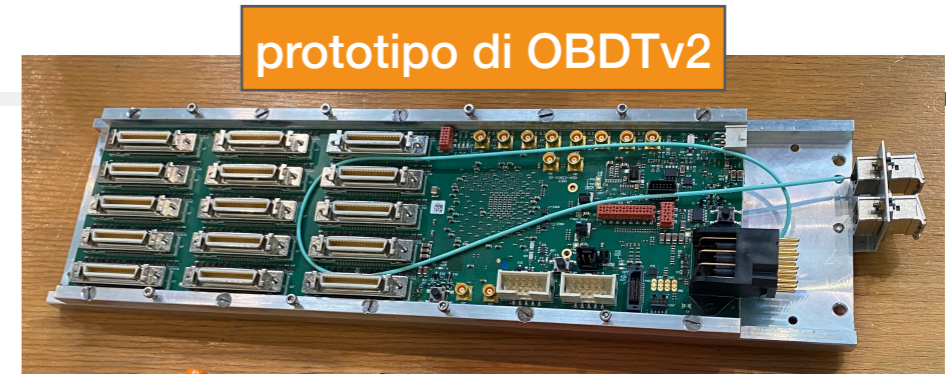
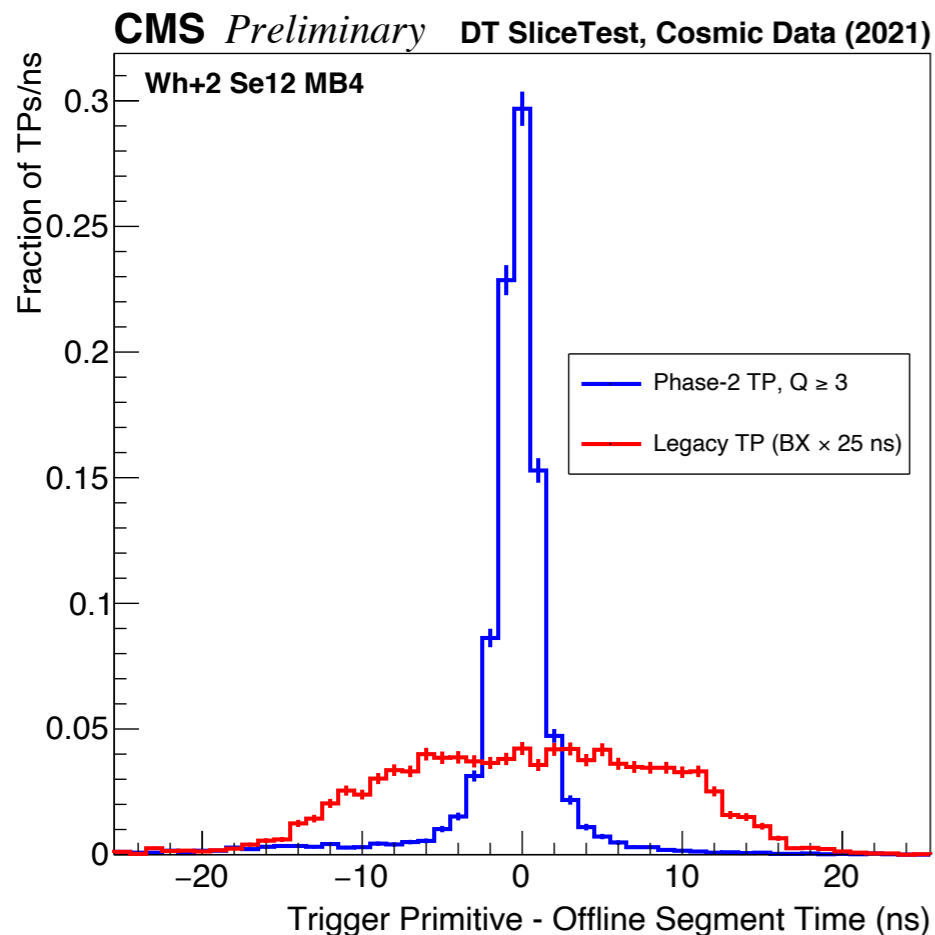
- ▶ **DT slice-test** dimostratore equipaggiato con la prima versione dei **prototipi dell'elettronica on-detector di Fase-2 (OBDTv1)**
  - ▶ Setup misto di elettronica legacy e di Fase-2
  - ▶ Installato in LS2: test per integrazione di componenti e servizi sul detector
  - ▶ All'inizio di Run-3 (ora): segnali di Front-End inviati in parallelo ad elettronica legacy e nuovi prototipi
- ▶ Utilizzo di FPGA basate su Virtex7 come proxy per **backend**
- ▶ Notevole livello di **integrazione in CMS**
  - ▶ Acquisizione, detector control, monitoring

L. Borgonovi, D. Fasanella, V. Cafaro, A. Crupano, V. Giordano,  
L. Guiducci, L. Lunerti, S. Marcellini, C. Battilana



# Performance dello slice-test e piani a medio termine

- ▶ Lo **slice-test** è stato operato regolarmente e **collaudato durante LS2**, dimostrando:
  - ▶ Prestazioni di **ricostruzione identiche al sistema legacy**
  - ▶ L'utilizzo della **full-detector-granularity nel trigger**
  - ▶ Es.: **risoluzione temporale di ~3 ns** (trigger attuale 25 ns)
- ▶ Analisi effettuate con raggi cosmici **da ripetere in Run-3**



segnagli da FE duplicati e portati in balconata

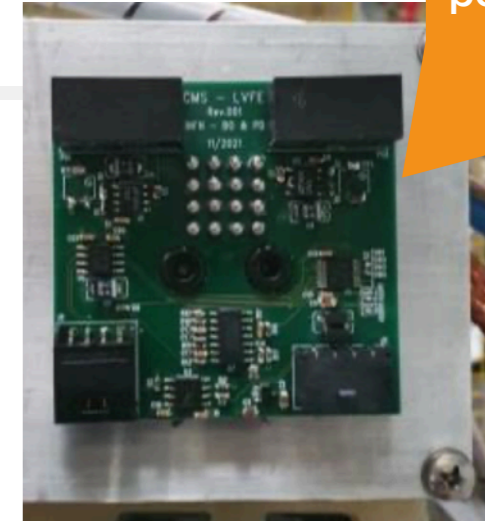
- ▶ **Installazione della versione finale dell'elettronica on-detector (OBDTv2) dello slice-test** durante lo **Year End Technical Stop 22-23**
  - ▶ Tra le nuove funzionalità: passaggio da GBT a IpGBT
  - ▶ Primi prototipi validati, prossima produzione (**6-12 mesi**)
- ▶ Segnali da alcuni Front-End di una camera esterna duplicati e:
  - ▶ Inviati ad una OBDTv2 installata all'interno della camera
  - ▶ Rediretti in balconata per test con ulteriori prototipi

# Cosmic-stand ed elettronica per Fase2

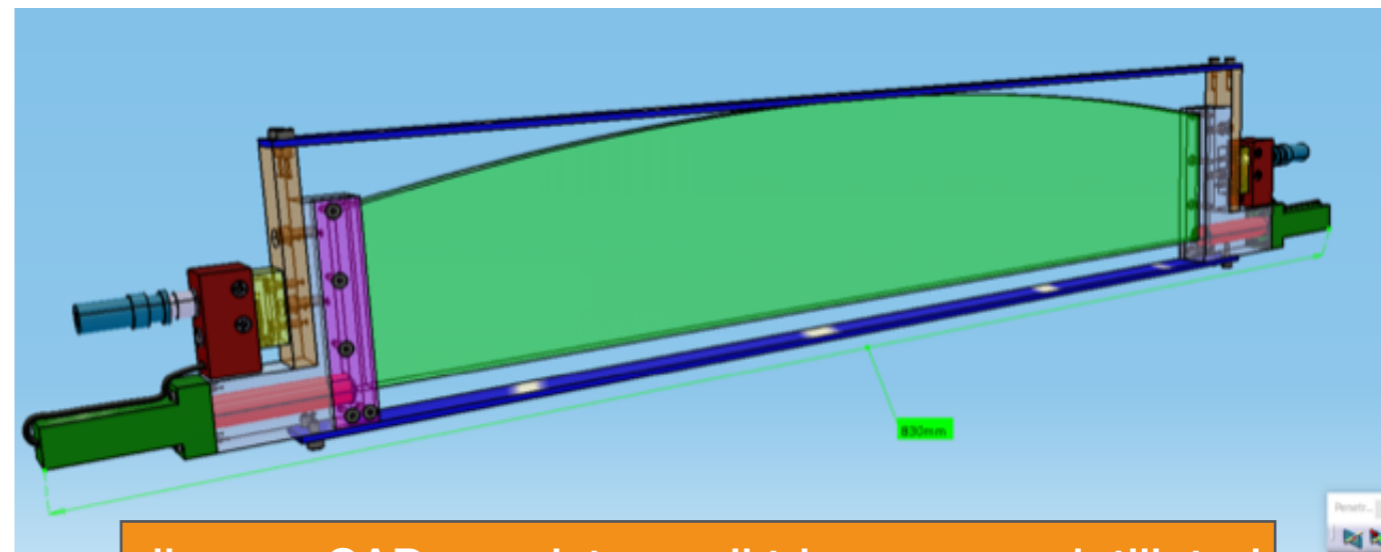
new mini-DT  
power & FE  
control  
board

Attività di **ristrutturazione nell'area del laboratorio CMS al piano -1** (Berti Pichat), **è terminata** (ritardi dovuti al COVID)

- ▶ Pulizie, risistemazione arredi e infrastrutture **~70%**
- ▶ **Completata la costruzione di due CMS mini-DT** (a Legnaro) per il telescopio cosmici
  - ▶ **Installazione a Bologna ASAP**
- ▶ **Infrastrutture tecniche** disponibili:
  - ▶ **Gas** (Ar/CO2 85/15%, ma gas mixer ternario)
  - ▶ **High Voltage**
  - ▶ **Low Voltage** (alimentazione e controllo FE sviluppato da **M. Zuffa**)
  - ▶ **Controllo e readout** ([prossima slide](#))
- ▶ Trigger basato su scintillatori in preparazione



due mini-DT disposte ortogonalmente (ora a LNL)



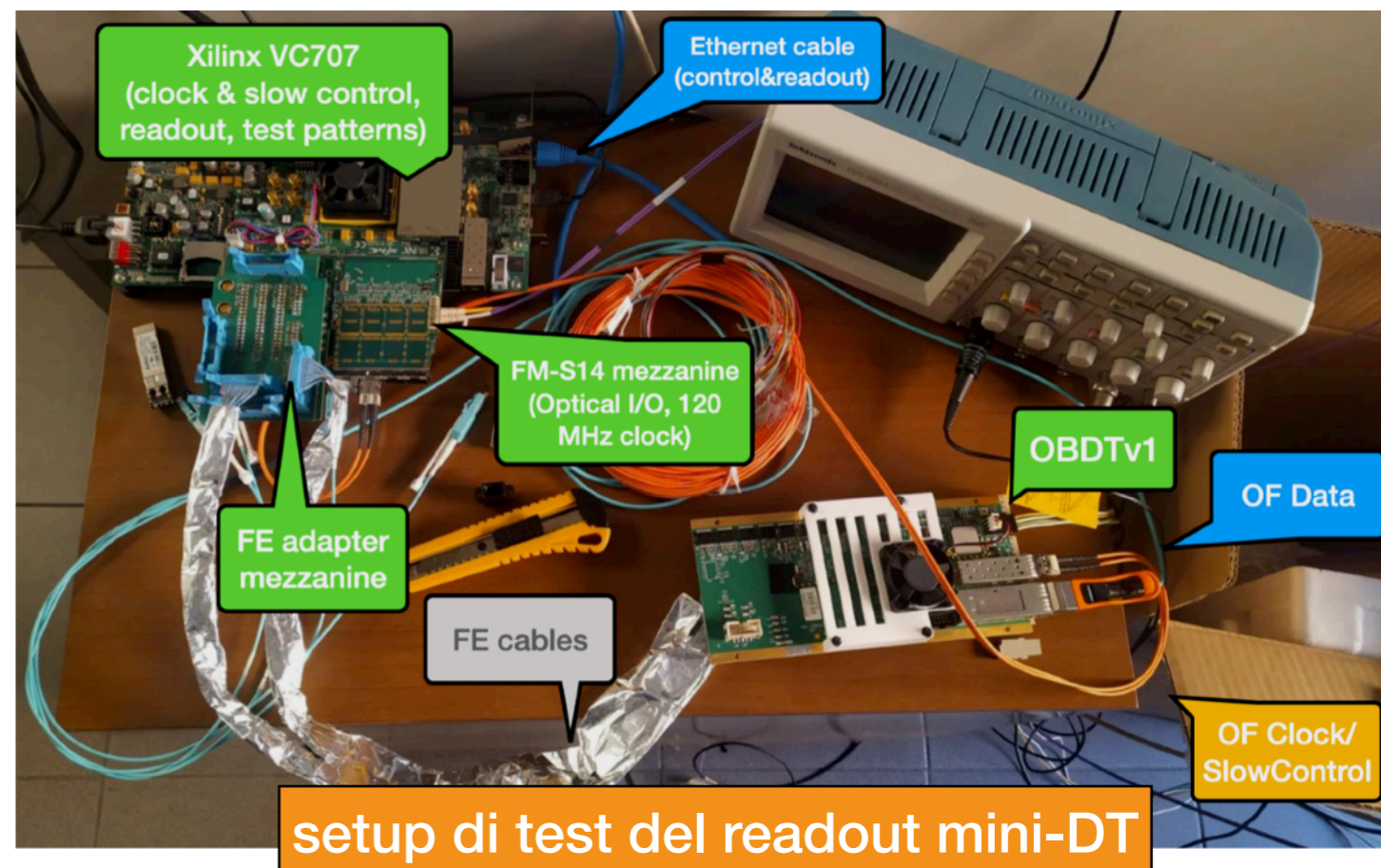
disegno CAD per sistema di trigger con scintillatori

**P. Giacomelli, L. Guiducci, G. Paggi,  
V. Cafaro, A. Crupano, V. Giordano**

# Stato e piani elettronica di Fase2 per mini-DTs

## Elettronica per la lettura delle camere pronta a Bologna

- ▶ Utilizzo della chain prototipale di Fase-2 (**stessi tool** usati per lo **slice-test**)
  - ▶ Scheda **OBDTv1**, riceve segnali di FE, contiene 256 TDC triggerless da  $\sim 0.8$  ns
  - ▶ TDC hit ricevuti da una scheda basata su **Virtex7** che gestisce **clock** e **slow control** della OBDT (funzionalità di backend) ed implementa acquisizione dati via ethernet



## Prossimi sviluppi dell'elettronica

- ▶ Transizione del **backend** a **FPGA di tipo UltraScale**, più vicino all'architettura di FPGA di Fase-2 ( **$\sim 2$  mesi**)
- ▶ **Passaggio a OBDTv2**, prossima produzione (**6-12 mesi**)
- ▶ Passaggio al **backend finale**, basato su schede ATCA custom, sviluppate in collaborazione con Università di Ioannina (Grecia) ( **$\sim 1$  anno**)

# Meccanica per l'elettronica on-detector

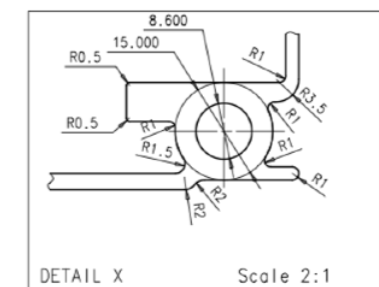
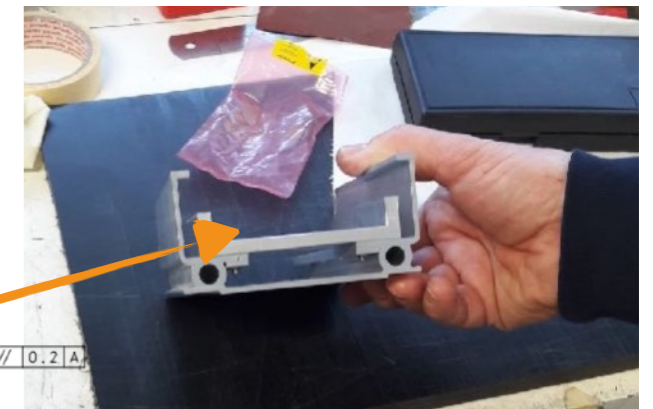
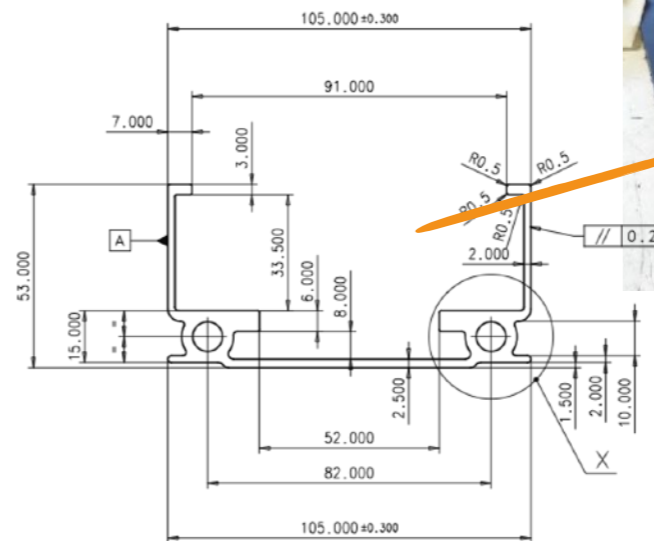


Il gruppo ha responsabilità anche sullo **sviluppo della meccanica** che supporterà l'elettronica on-board di Fase-2

- ▶ Il progetto è ad un **ottimo stato di avanzamento**
  - ▶ Un **mock-up** della meccanica è stato **installato in una camera di scorta** verificando: installazione, cabling e tempistiche della sostituzione
  - ▶ Le **scelte finali** inerenti alle varie componenti sono **in fase di finalizzazione** (o già **finalizzate**), prima di ordini e produzione

A partire dal 2023 fino al 2025, circa 60 MiC2 saranno **assemblati, cablati e testati a Bologna**

**M. Dallavalle** è responsabile per **DT Upgrade Mechanics**  
Prezioso contributo di: **C. Guandalini** (e il Servizio di **Progettazione Meccanica**), **V. Cafaro**, **A. Crupano**, **V. Giordano**



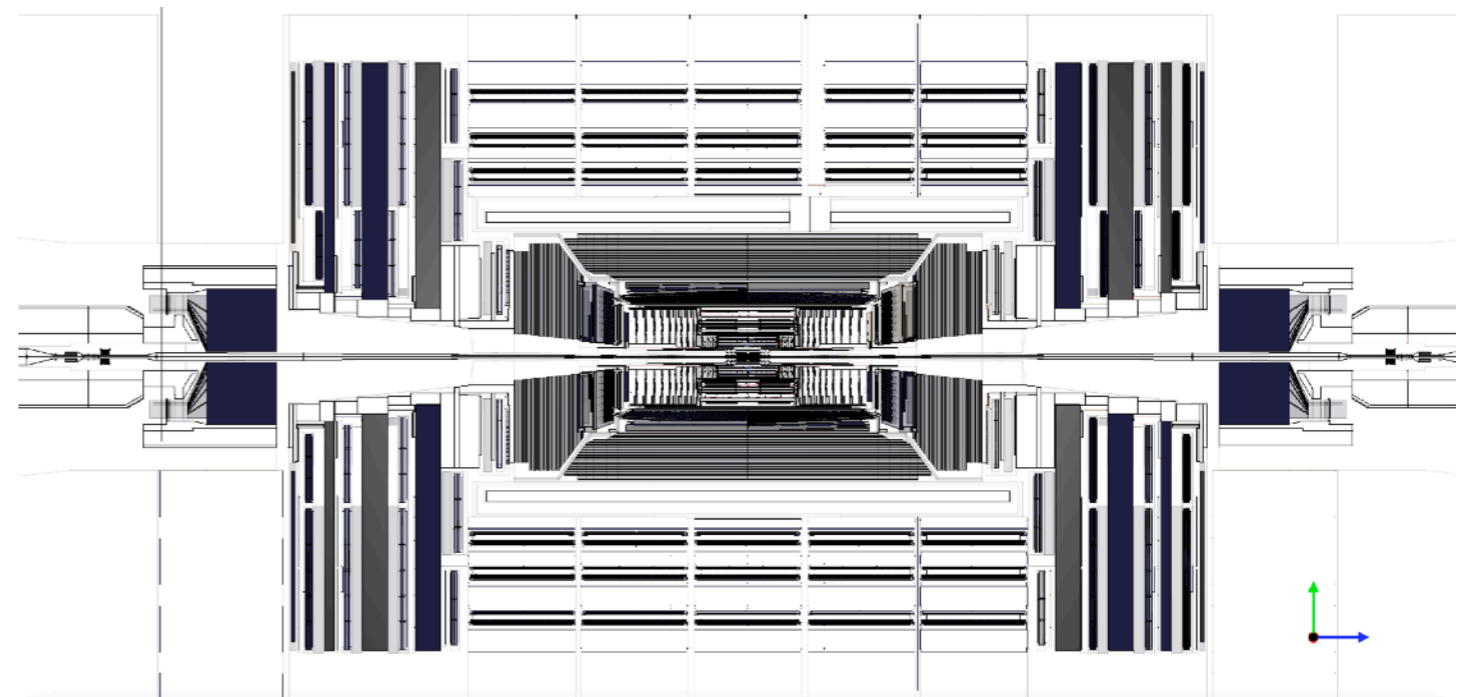
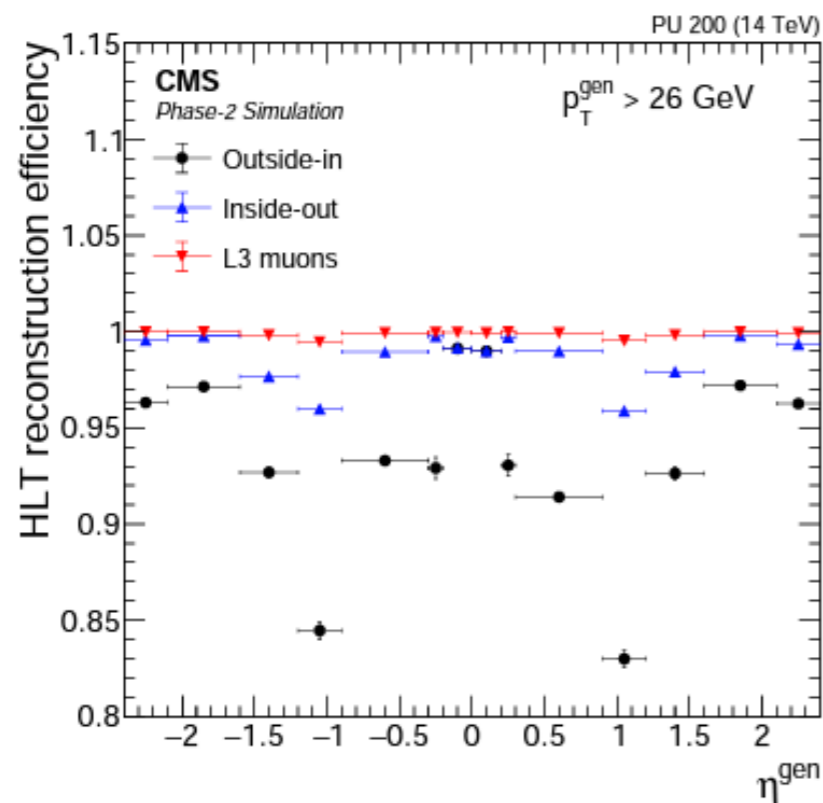
---

# Software e computing

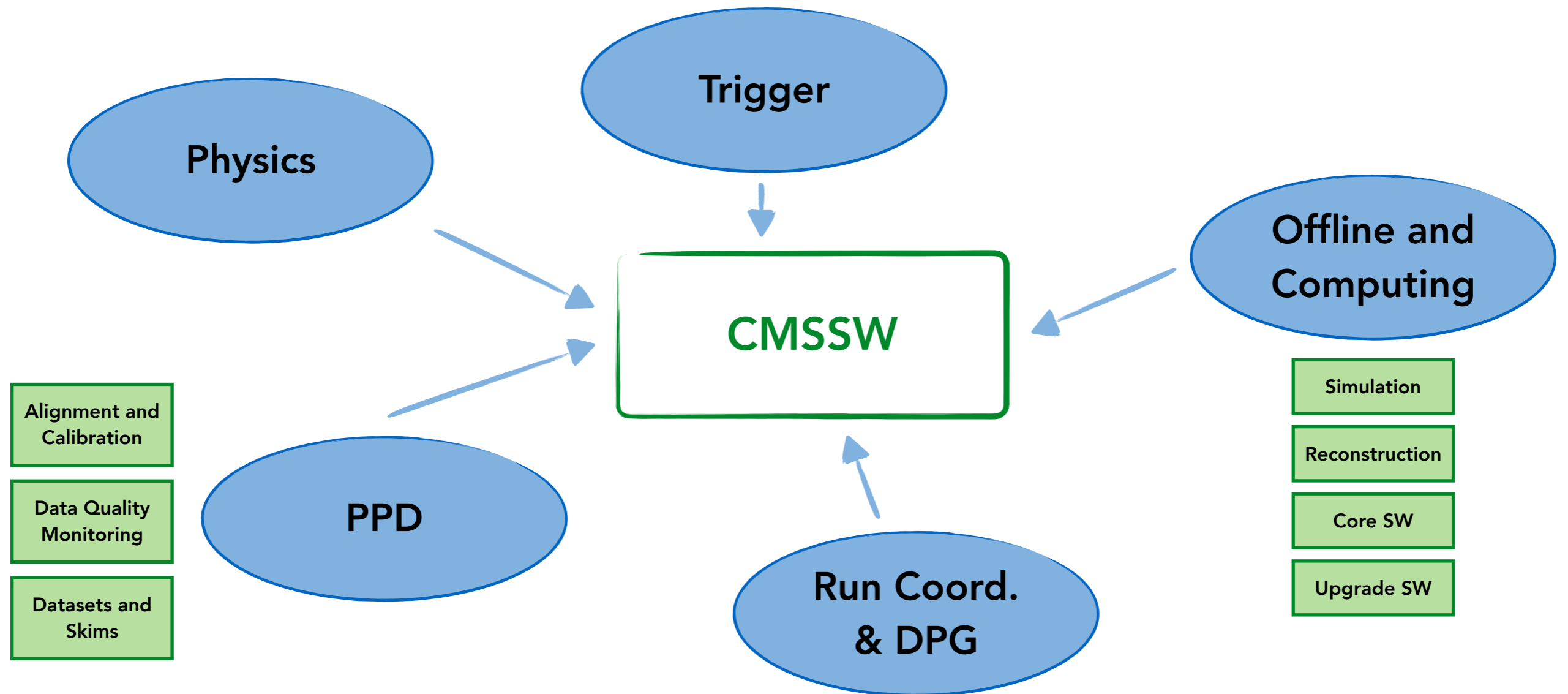
---



- ▶ Da lungo tempo coinvolti nelle attività del **Muon Physics Object Group (POG)**
  - ▶ Es: integrazione e studio di algoritmi per il Muon HLT in Fase-2: [CMS-TDR-22](#) (Sep. 2021) (F. Primavera)
- ▶ Sforzo in corso per unificare, all'interno del **sistema-muoni**, le attività dei diversi sottorivelatori, per **ottimizzare efficienza ed uso delle risorse**
- ▶ **Sviluppo software** ed **detector performance** sono i campi dove l'unificazione è più avanzata:
  - ▶ **Geometria**: sviluppi per Fase-2, migrazione a DD4Hep (S. Lo Meo)
  - ▶ **Monitoraggio**: sviluppo di programmi comuni per il controllo della qualità dei dati (L. Lunerti)
  - ▶ **Strumenti di analisi**: formati di dati comuni ed automatizzazione dei workflow di produzione (C. Battilana)
  - ▶ **Simulazione ed analisi del background** (F.R. Cavallo, S. Lo Meo)



# CMS Software Framework Release Management



## ► CMS Software Framework (CMSSW):

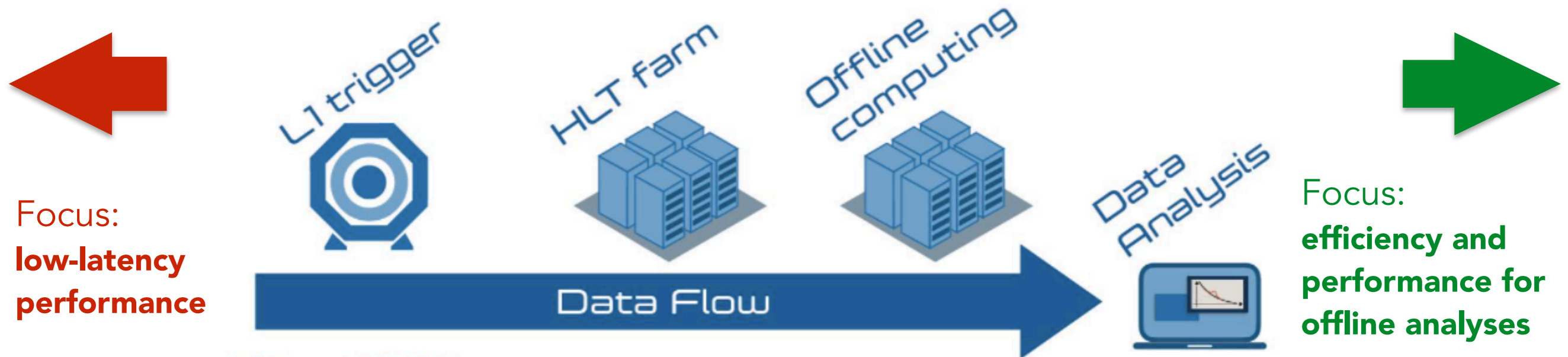
componente chiave (comune) di tutte le attività che coinvolgono *event-data*

## ► Un ciclo di sviluppo e alcuni cicli di produzione attivi nello stesso momento

► 0(80) software releases and pre-releases prodotte ogni anno

A. Perrotta è CMS Offline  
Software Release Manager

# Attività tecniche e R&D sul fronte ML per HEP a guida di giovani(ssimi)



Libreria per **Reinforcement Learning** in HEP ed oltre (L. Anzalone)

**Reti Neurali Parametriche** per HEP e oltre (L. Anzalone, T. Diotallevi)

+ gruppo Higgs **MSSM** (prossima slide)

Inferenza ultra-fast di modelli di **Deep Learning** su risorse **FPGA** (M. Lorusso)

in collaborazione con **R. Travaglini**

Sistemi per training/inferenza di modelli **ML "as a service"** interfacciati con **INFN Cloud** (L. Giommi, M. Paladino)

**sinergie con INFN-CNAF ed analisi dati**

Big Data Analytics per digital twins di componenti del modello di calcolo di CMS (S. Rossi Tisbeni, S. Gasperini)

Green computing e green AI su centri di calcolo di nuova generazione (F. Minarini)

Impulso e prospettive ad alcune di queste attività verrà anche dal coinvolgimento di colleghi CMS-Bologna in bandi di varie Misure nel **PNRR** (bando **Centro Nazionale HPC**, bando **Partenariato AI**, bando **Infrastrutture**, etc)

---

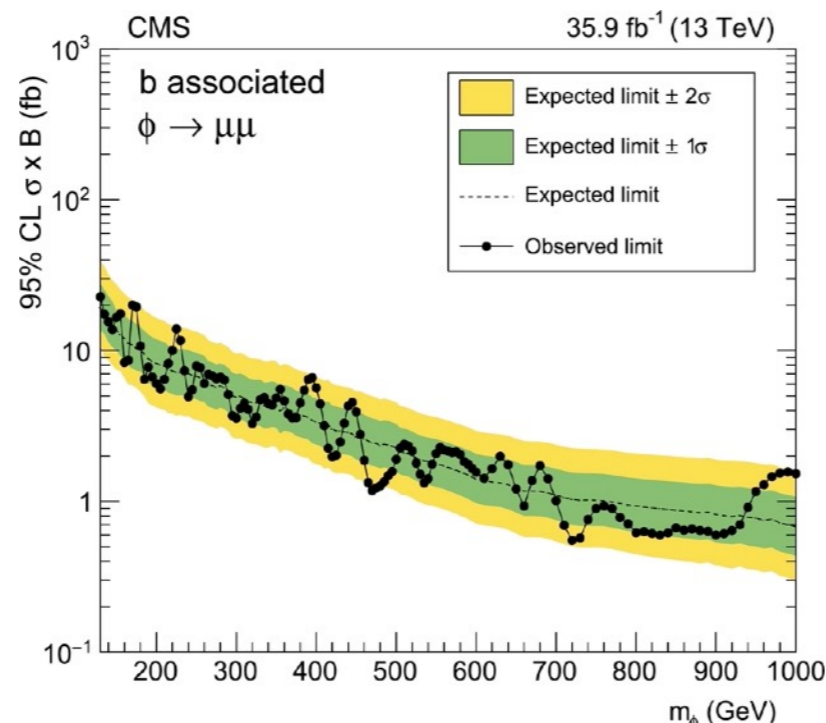
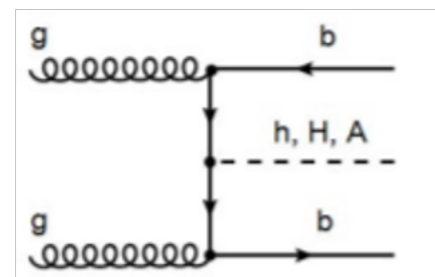
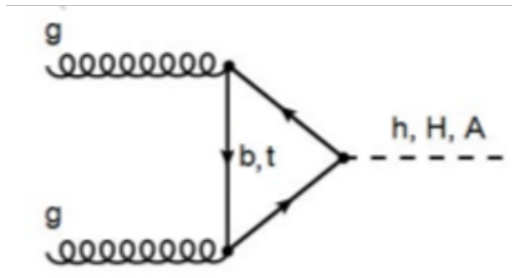
# Analisi

---

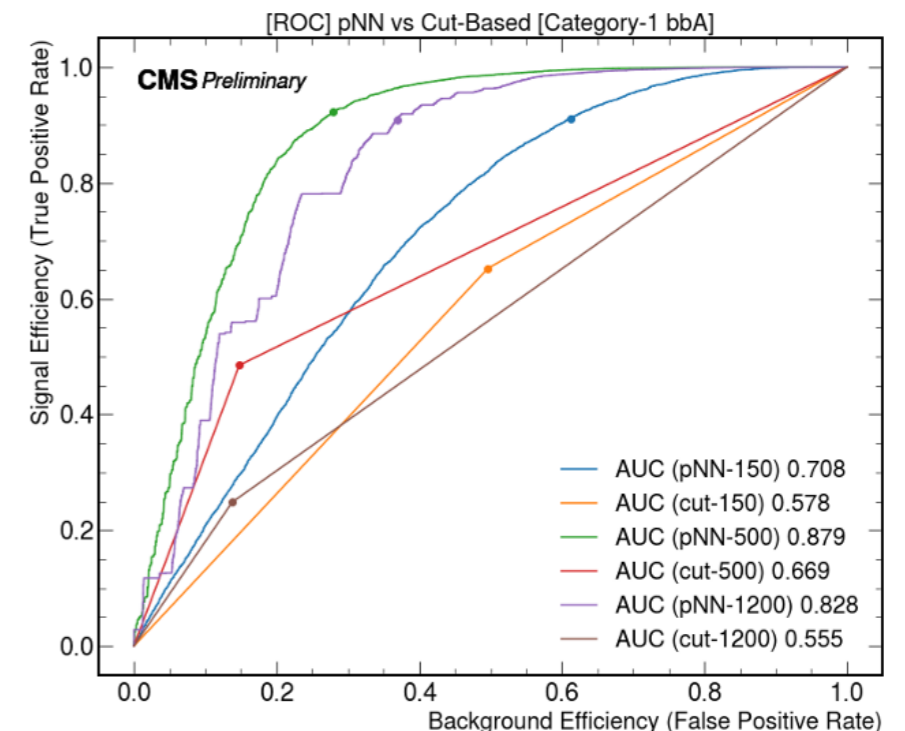
# Beyond Standard Model $H \rightarrow \mu\mu$

T. Diotalevi (tesi PhD), L. Anzalone  
S. Marcellini, F. Primavera, G. Masetti,  
T. Diotalevi è anche Higgs MC Generators contact

- ▶ Storicamente, **analisi svolta quasi esclusivamente a Bologna**
  - ▶ Stato finale sfavorito rispetto a  $\tau\tau$ , ma l'analisi rimane competitiva grazie alla elevata risoluzione in massa
  - ▶ Pubblicati i risultati con [dati del 2016 a 13 TeV](#), e con [dati a 7 e 8 TeV](#)
- ▶ La nuova analisi utilizza tutti i dati raccolti durante il Run2 ( $\sim 137 \text{ fb}^{-1}$ )
  - ▶ **Sensibilità fino a masse di  $\sim 1.5 \text{ TeV}$**
  - ▶ **Target per la pubblicazione:** conferenze estive
- ▶ **Nuova selezione** degli eventi basata sull'uso di una **rete neurale parametrica**:
  - ▶ Unico training per tutte le ipotesi di massa considerate:  $[130, 1500] \text{ GeV}$
  - ▶ **Migliore efficienza di segnale e reiezione del fondo** rispetto all'approccio cut-based



[10.1016/j.physletb.2019.134992](https://arxiv.org/abs/10.1016/j.physletb.2019.134992)



# Ricerca di neutrini di Majorana nel decadimento $D_s^\pm \rightarrow \pi^\mp \mu^\pm \mu^\pm$

Interazione di un neutrino pesante di Majorana con il Modello Standard (Bodarenko et al.):

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = \frac{g}{2\sqrt{2}} W_\mu^+ \bar{N}^c \sum_\alpha U_\alpha^* \gamma^\mu (1 - \gamma_5) \ell_\alpha^- + \frac{g}{4 \cos \theta_W} Z_\mu \bar{N}^c \sum_\alpha U_\alpha^* \gamma^\mu (1 - \gamma_5) \nu_\alpha$$

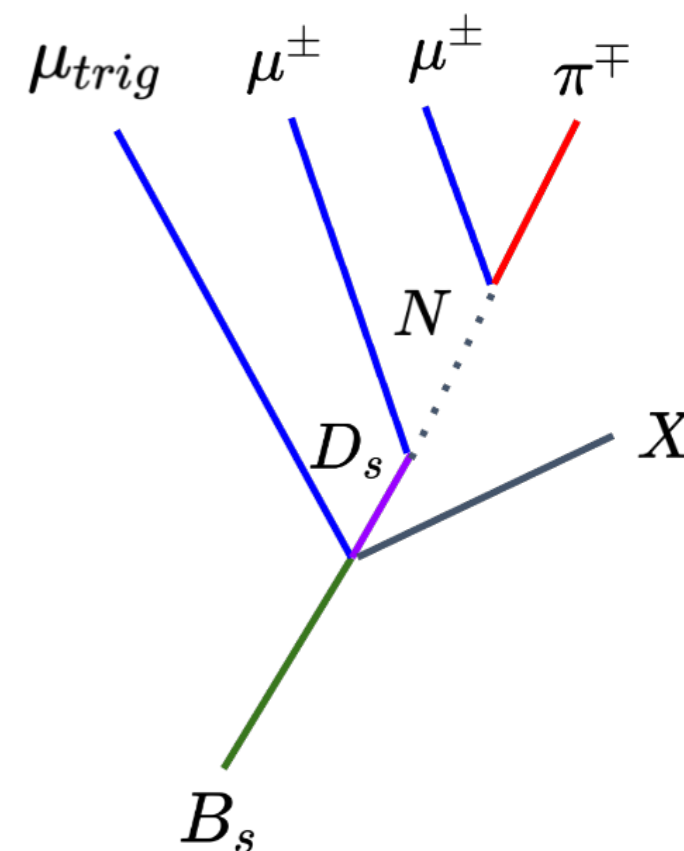
► **B-Parking**: ampio dataset, circa  $10^{10}$  eventi, di adroni con b selezionati in maniera inclusiva

► Studio del canale  $B_s \rightarrow D_s \mu \nu_\mu X$ , il **migliore per rapporto segnale/fondo**

► **Segnatura del segnale**: vertice  $\mu^\pm \pi^\mp$  lontano dal vertice d'interazione (vita media neutrino di Majorana  $\sim 1/m_N^5 |U|^2$ ), due muoni con la stessa carica provenienti dal decadimento del mesone  $D_s$

► Utilizzo dei decadimenti  $D_s \rightarrow \phi (\rightarrow \mu\mu) \pi$  e  $D_s \rightarrow \phi (\rightarrow KK) \pi$  come canali di riferimento e di normalizzazione (entrambi i  $D_s$  provengono dal decadimento  $B_s \rightarrow D_s \mu \nu_\mu X$ )

► **Prima analisi che cerca neutrini di Majorana nel settore del charm in CMS**



L. Lunerti (tesi PhD), L. Guiducci, G. Abbiendi  
L. Lunerti è anche B-physics MC Generators contact

# Sommario

- ▶ Le attività recenti proseguono la linea di ricerca seguita dal gruppo da tempo:
  - ▶ **Rivelazione** e **tracciamento di muoni** (offline e trigger), **Software & Computing**, **Analisi**
- ▶ Drift Tubes
  - ▶ **Contributo dominante** alle **attività del sistema attuale**
  - ▶ **Importanti ruoli** nell'**upgrade di Fase-2**
- ▶ Partecipazione all'**upgrade dello spettrometro per muoni** tramite l'uso di **GEM**
- ▶ Il **Run Coordinator di CMS** è membro del gruppo CMS Bologna
- ▶ Software & Computing
  - ▶ Contributi nel **Software Release Management**, e in **Computer Security**
  - ▶ Attività di R&D tramite l'uso di **Machine-Learning / Deep-Learning**
- ▶ Analisi:
  - ▶ ***Beyond Standard Model  $H \rightarrow \mu\mu$***
  - ▶ ***Neutrini di Majorana nel decadimento  $D_s^\pm \rightarrow \pi^\mp \mu^\pm \mu^\pm$***

**La collaborazione del personale tecnico della sezione è fondamentale per il successo delle nostre attività**

**Grazie per l'attenzione**



---

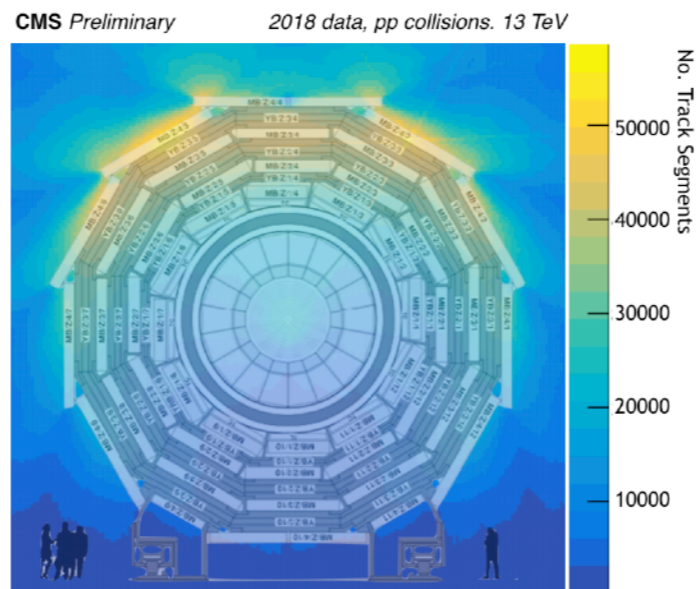
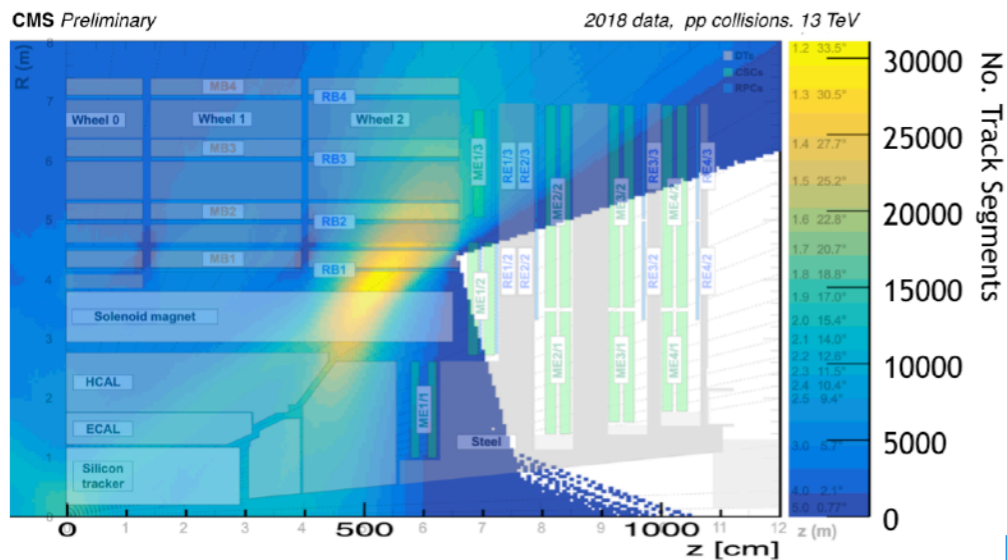
# Backup

---

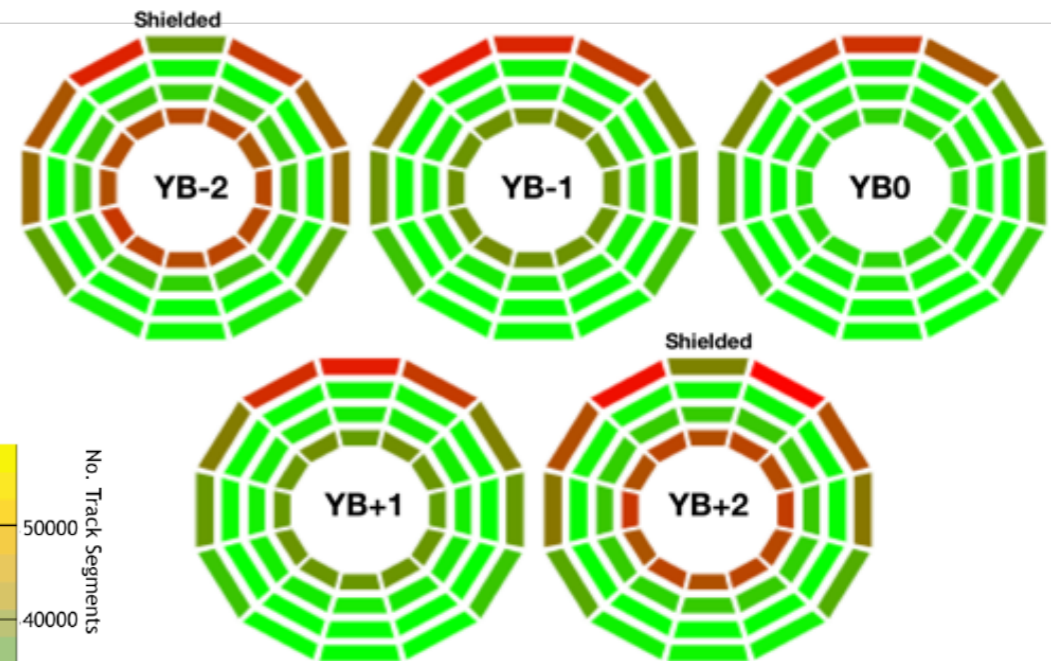
# Background nelle camere DT (1)

Il background causato nei DT dalle collisioni di LHC è potenzialmente pericoloso in termini di invecchiamento del detector (e, in parte, in termini di performance di ricostruzione e trigger). È stato osservato e studiato in dettaglio con i dati di Run-2.

Le regioni più affette sono le **stazioni interne delle ruote esterne (alto  $\eta$ )** e **i settori superiori della stazione esterna**



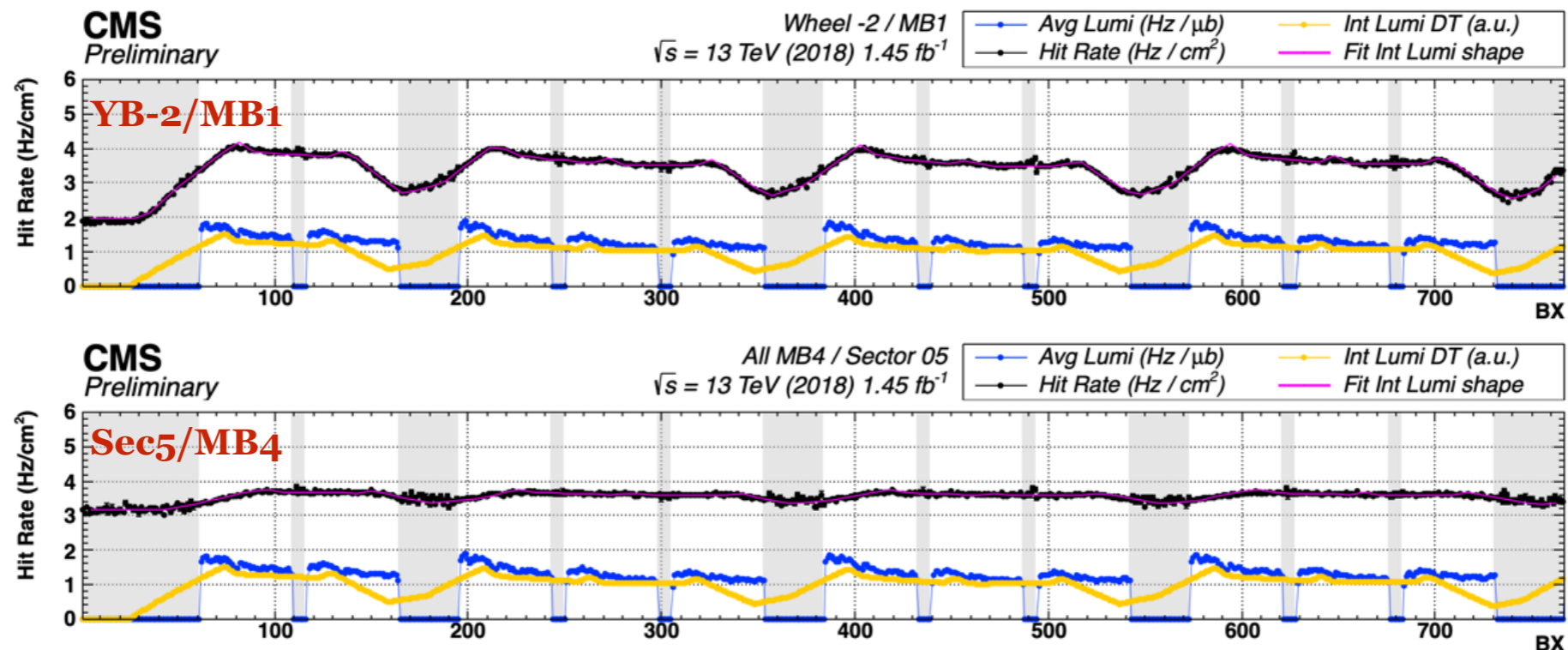
Correnti nelle camere DT Run-2



# Background nelle camere DT (2)

Recentemente è stato sviluppato un metodo per quantificare separatamente le due **componenti principali del background**:

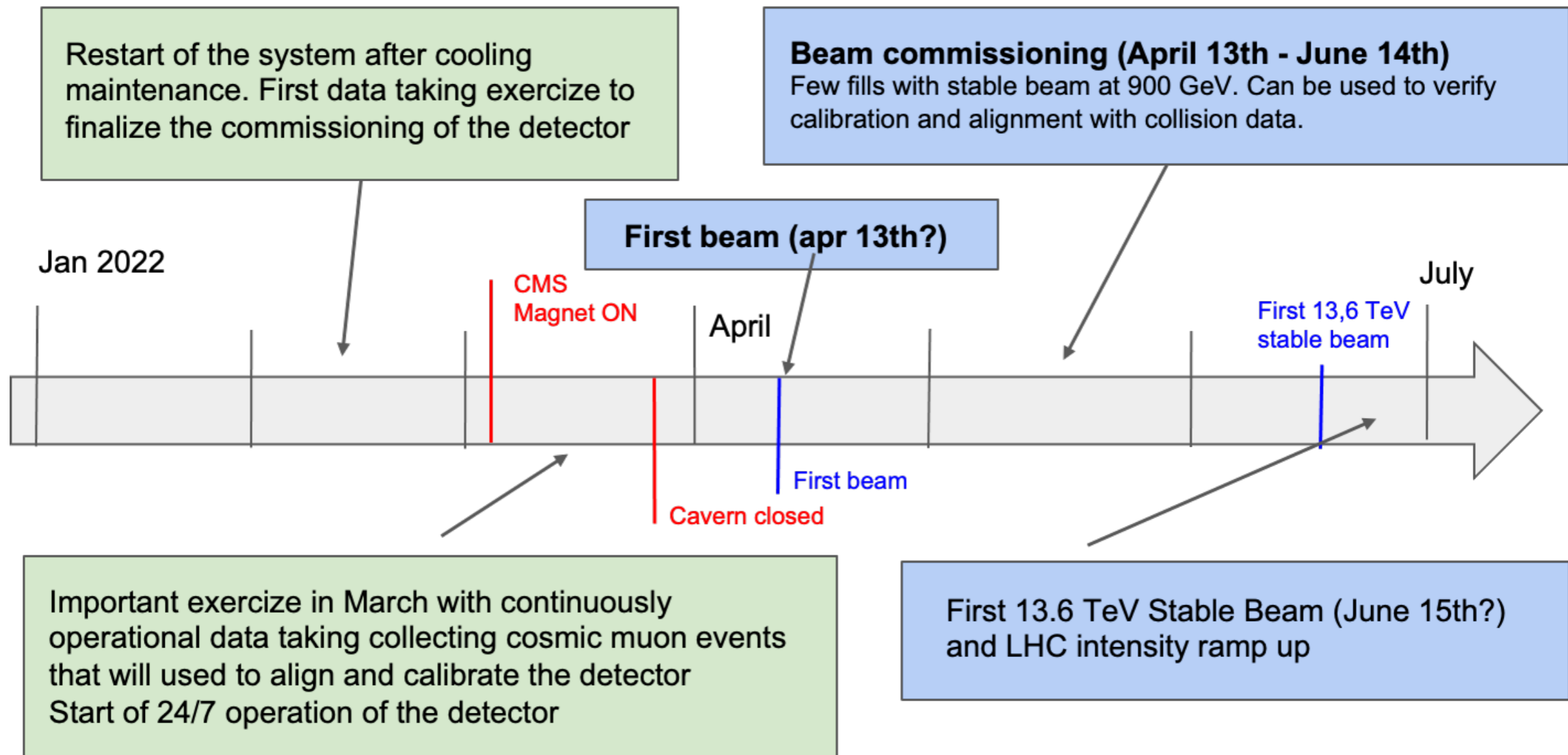
- quella **prompt**, proveniente dall'interno come *leak* dei calorimetri (specialmente attraverso il gap tra barrel e forward)
- quella **delayed**, asincrona rispetto alle collisioni, che "ristagna" nel detector e nella caverna.



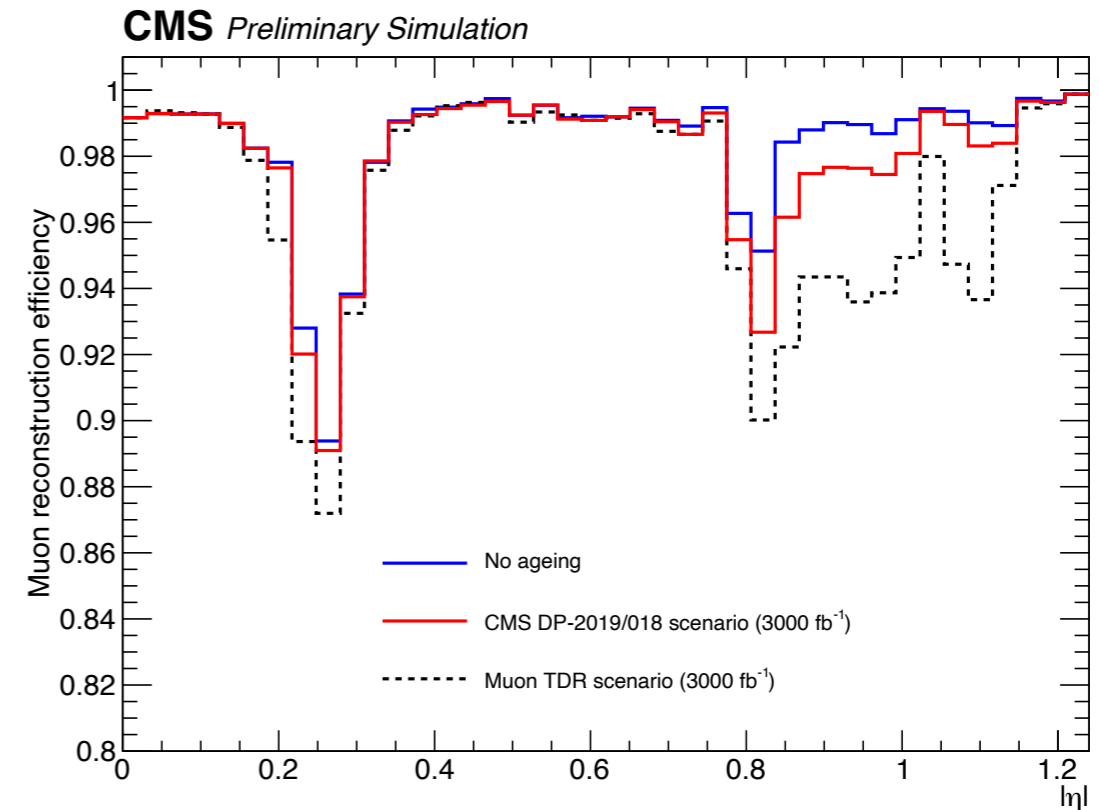
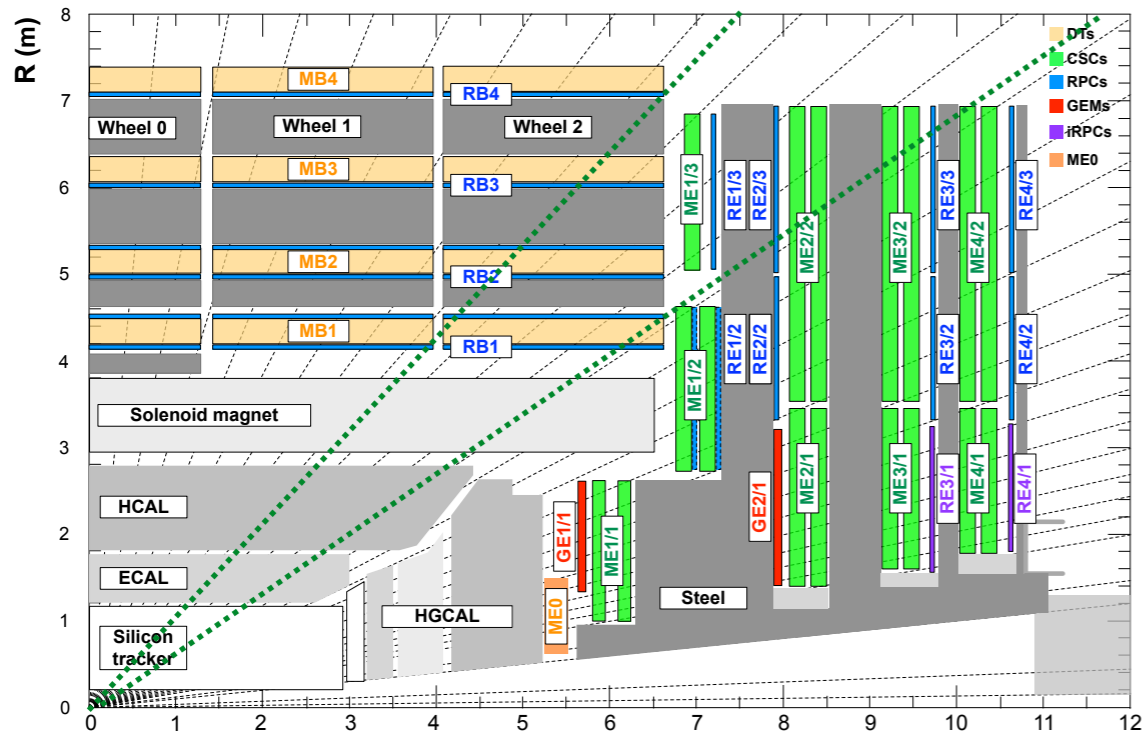
Il rate misurato in funzione del Bunch Crossing viene fittato con un termine **P1** proporzionale alla luminosità corrispondente in media a ciascun BX + un termine costante **P0**.

- **P1** rappresenta la componente **prompt**
- **P0** rappresenta la componente **delayed**

# Operazioni nel 2022: timeline fino all'*intensity ramp-up*

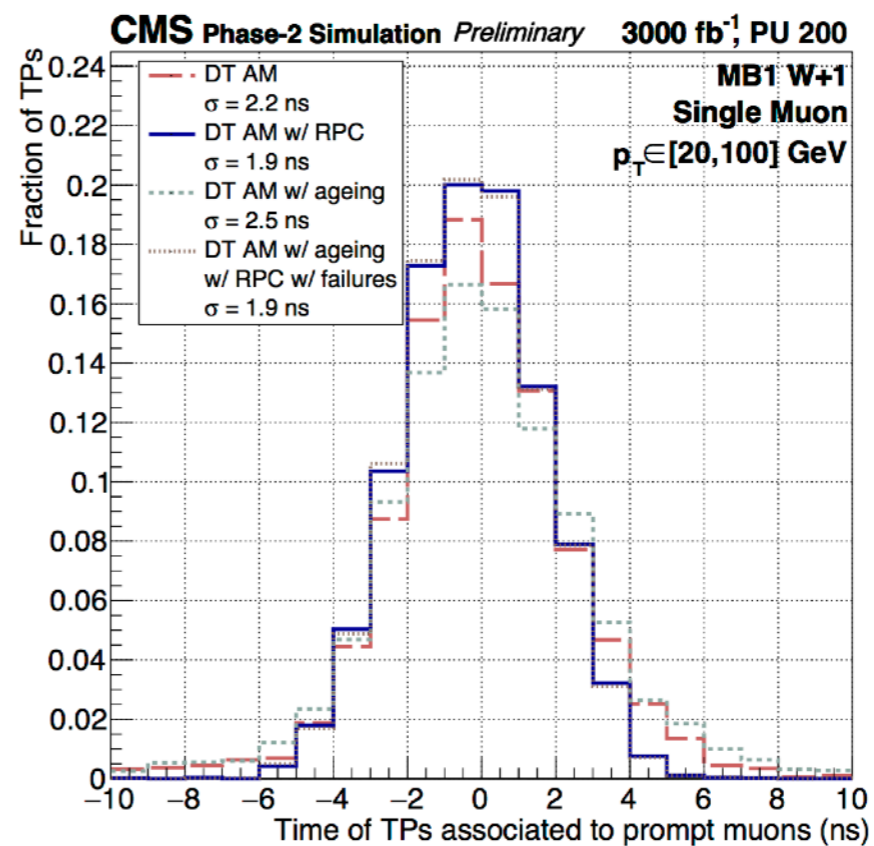
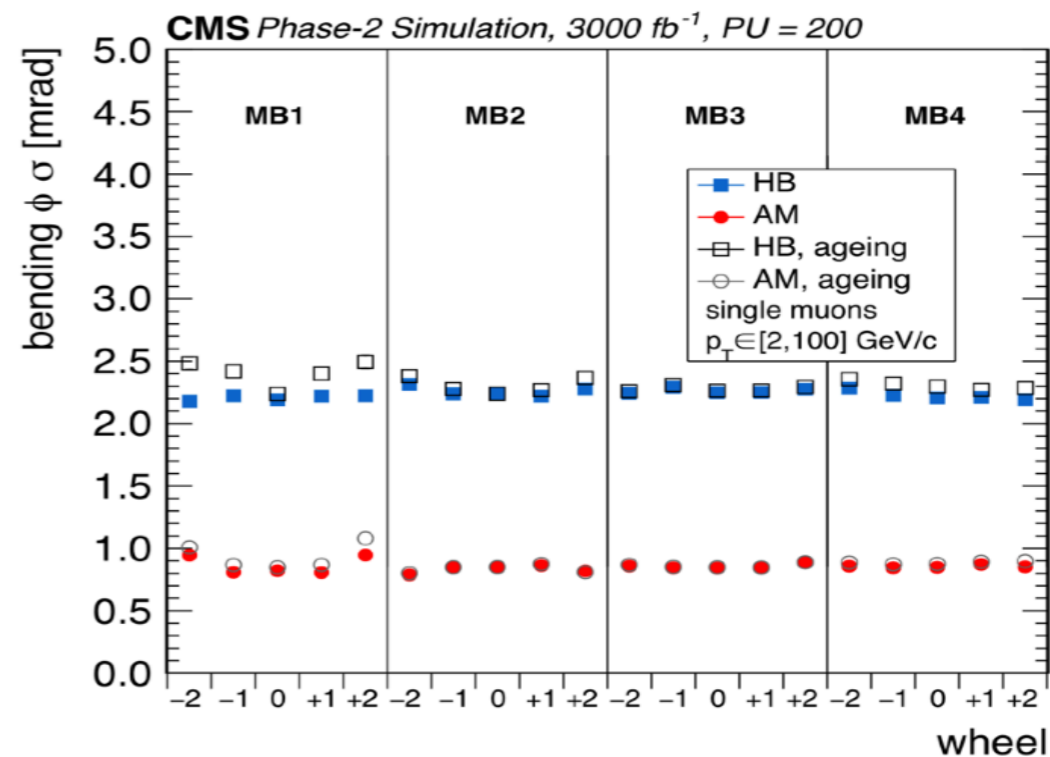
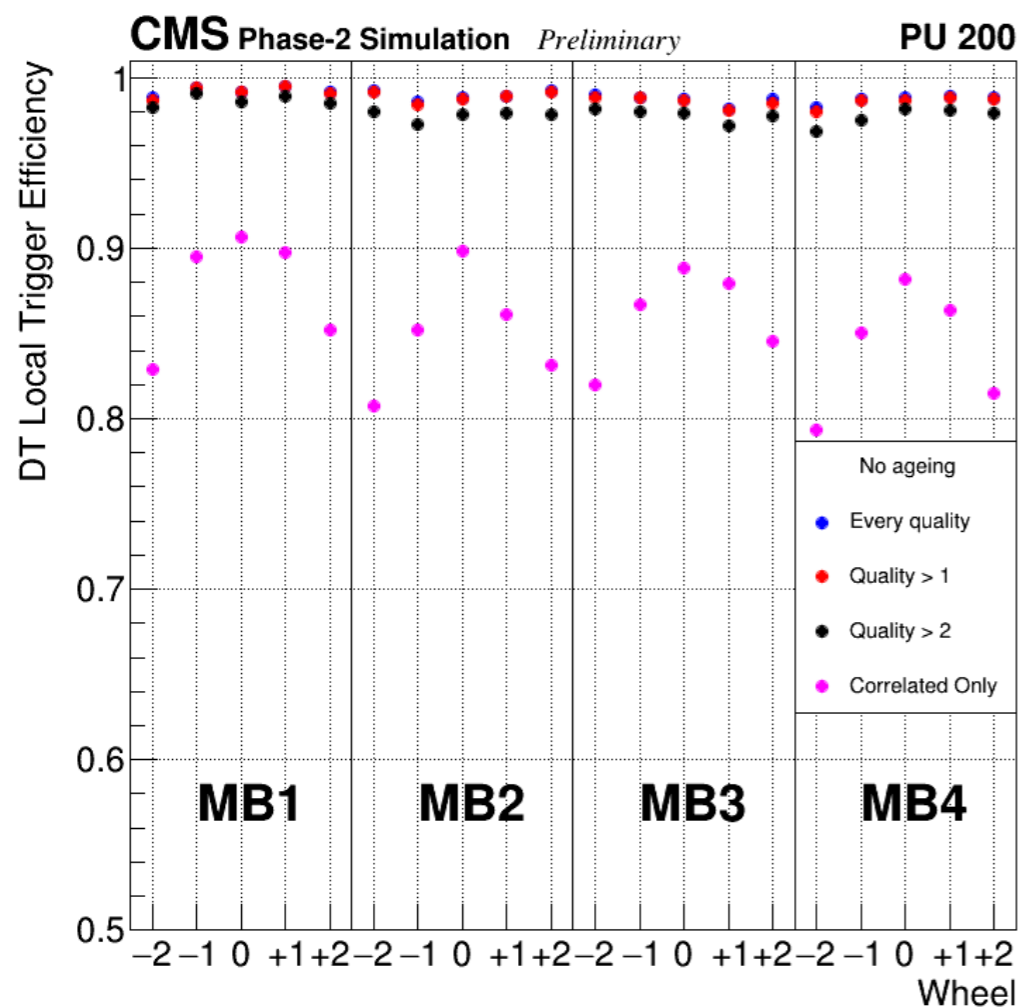


# Offline muon reconstruction with ageing scenarios



- ▶ **A DT chamber has multiple layers:** out of 8  $r$ - $\phi$  layers,  $\geq 3$  are needed to build an offline segment
- ▶ **The muon system is redundant:** in the region of the DTs most affected by ageing, there is a coverage of 3 DT/CSC stations + 4-5 RPC layers along the trajectory of a prompt muon
- ▶ The single hit inefficiency of the YB $\pm$ 2 MB1s has hence “just” a marginal impact on overall standalone muon reconstruction efficiency

# DT: performance del trigger locale di Fase-2 (simulazioni)



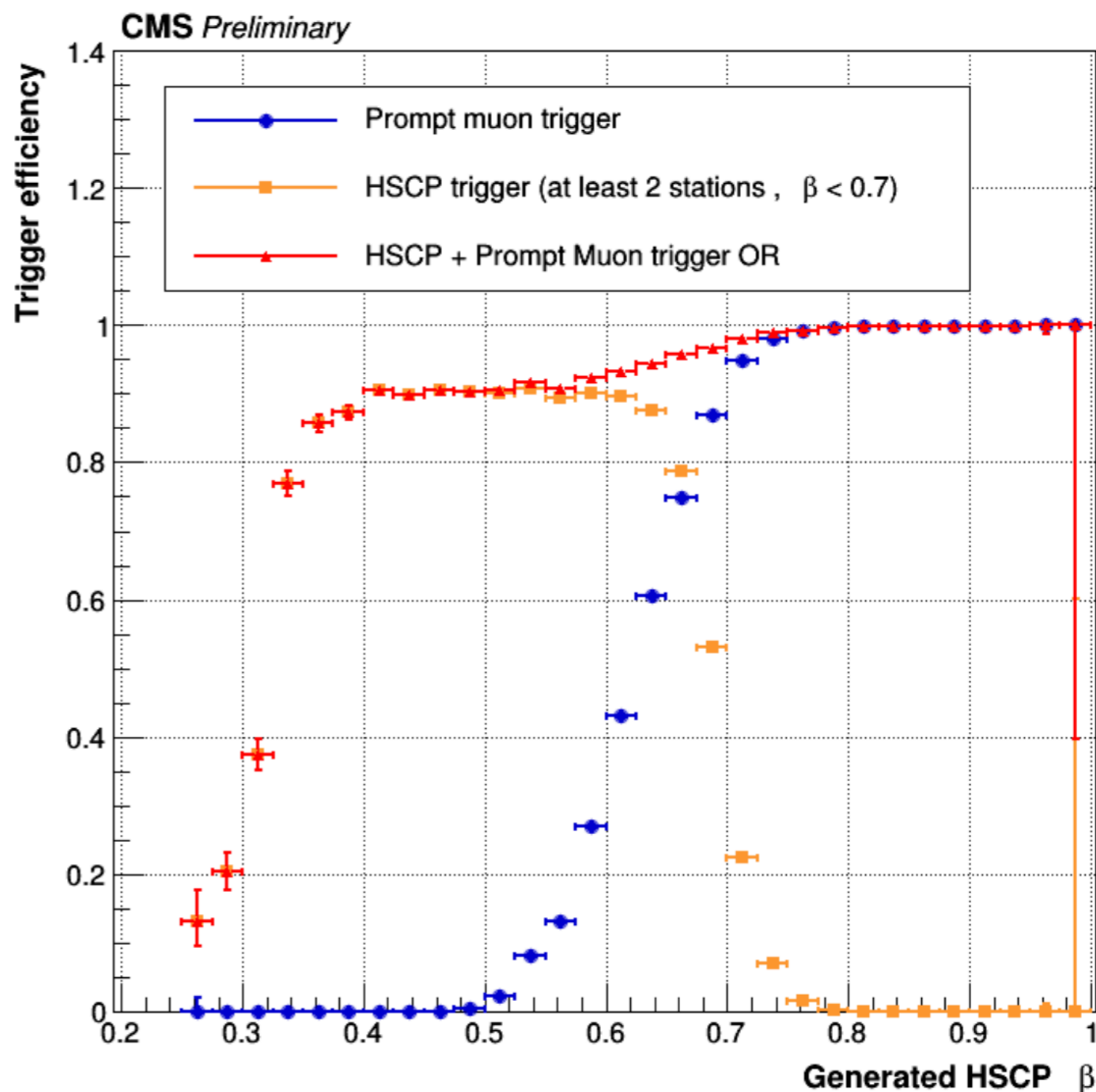
# Esempio d'uso del trigger DT in Fase-2

Here we show a possible solution for configuring an actual HSCP trigger during data taking.

A cut  $\beta < 0.7$  is applied to the HSCP trigger logic (**orange**). This is needed to avoid triggering on prompt muons.

In **red** we show the logical OR between the HSCP trigger and the Prompt Muon trigger.

Acceptance is extended down to  $\beta \simeq 0.35$ , e.g. 40% increase in selection efficiency on this  $\tilde{\tau}$  sample



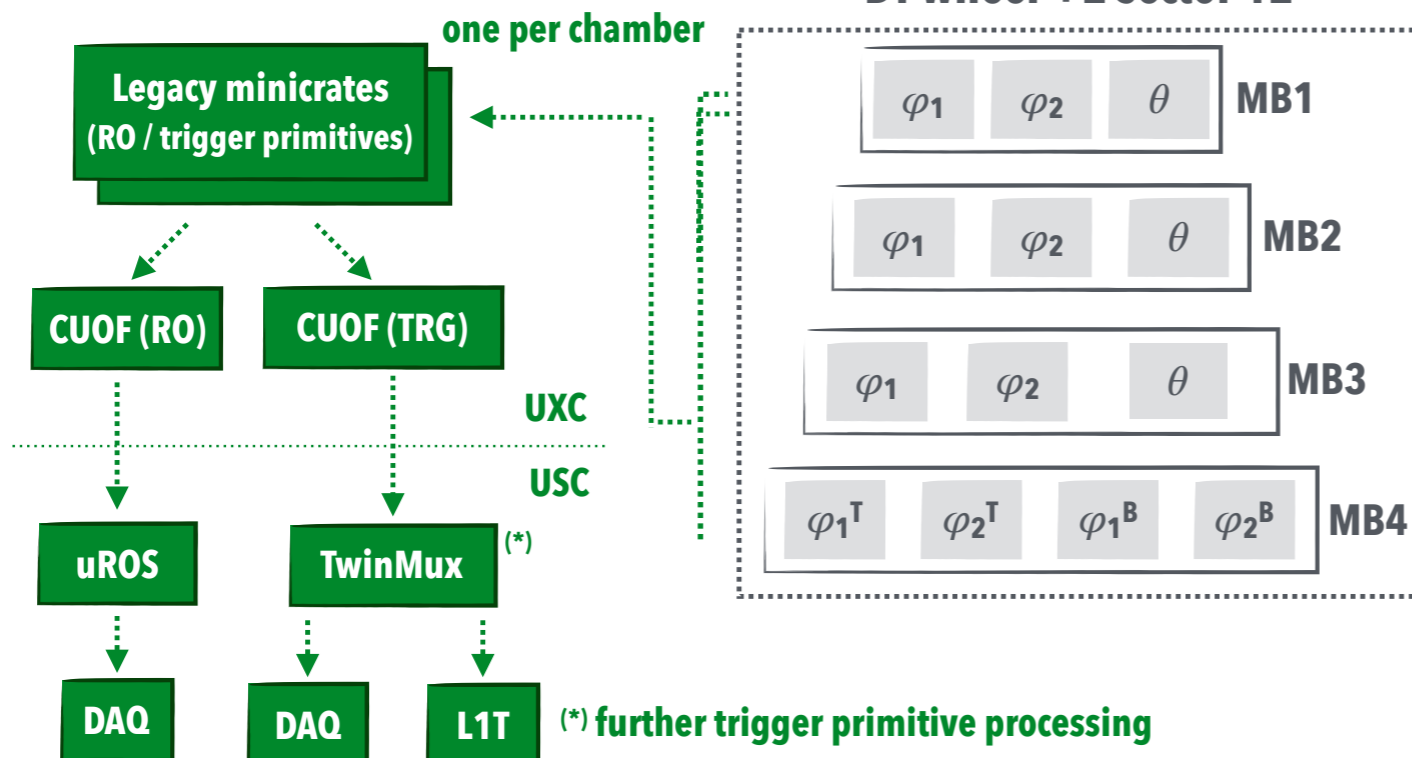
# DT slice-test present setup overview

- ▶ The slice test backend is based on Phase-1 boards (TM7), used for:
  - ▶ Slow control (MOCO)
  - ▶ Trigger primitive generation and event-building (AB7)
    - ▶ A single AB7 processes data from up to 3 OBDTs
    - ▶ Trigger primitive generation performed with the [Analytical Method algorithm](#)

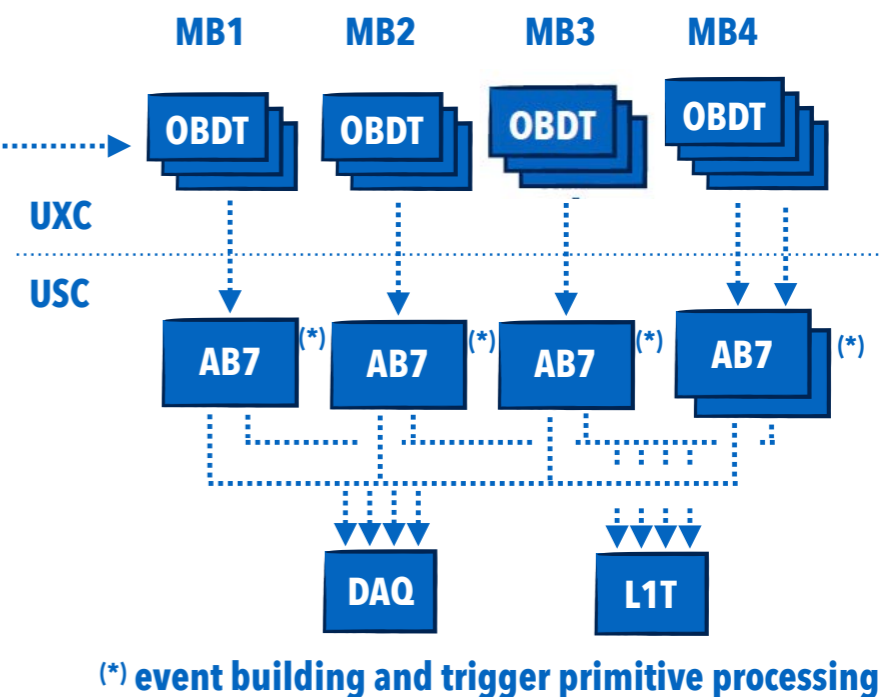


(Virtex 7 XLXC7VX330T-3FFG1761E)

## Phase-1 DT RO/trigger chain

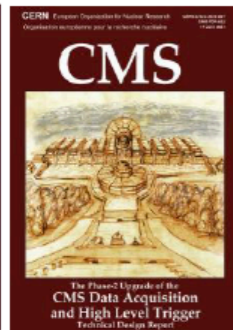
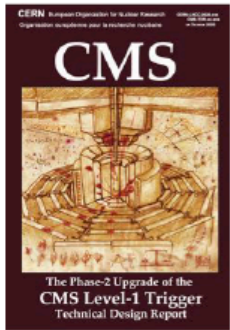


## Slice Test RO/trigger chain





# Panoramica dell'upgrade di Fase-2 di CMS

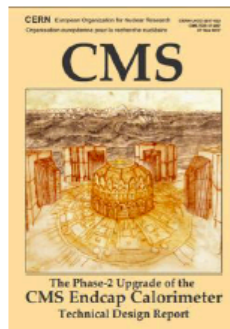


## L1-Trigger HLT/DAQ

<https://cds.cern.ch/record/2714892>

<https://cds.cern.ch/record/2759072>

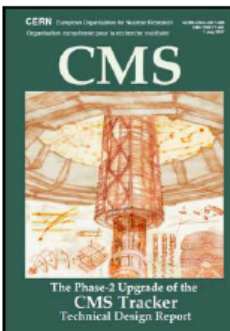
- Tracks in L1-Trigger at 40 MHz
- PFlow selection 750 kHz L1 output
- HLT output 7.5 kHz
- 40 MHz data scouting



## Calorimeter Endcap

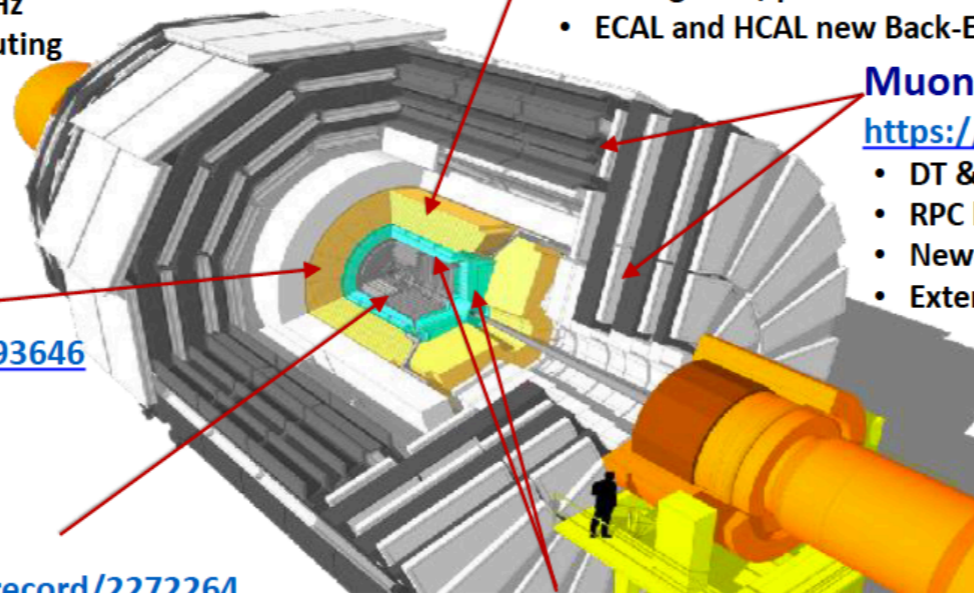
<https://cds.cern.ch/record/2293646>

- 3D showers and precise timing
- Si, Scint+SiPM in Pb/W-SS



## Tracker <https://cds.cern.ch/record/2272264>

- Si-Strip and Pixels increased granularity
- Design for tracking in L1-Trigger
- Extended coverage to  $\eta \approx 3.8$



## Barrel Calorimeters

<https://cds.cern.ch/record/2283187>

- ECAL crystal granularity readout at 40 MHz with precise timing for  $e/\gamma$  at 30 GeV
- ECAL and HCAL new Back-End boards

## Muon systems

<https://cds.cern.ch/record/2283189>

- DT & CSC new FE/BE readout
- RPC back-end electronics
- New GEM/RPC  $1.6 < \eta < 2.4$
- Extended coverage to  $\eta \approx 3$

## Beam Radiation Instr. and Luminosity

<http://cds.cern.ch/record/2759074>

- Bunch-by-bunch luminosity measurement: 1% offline, 2% online

## MIP Timing Detector

<https://cds.cern.ch/record/2667167>

Precision timing with:

- Barrel layer: Crystals + SiPMs
- Endcap layer: Low Gain Avalanche Diodes

