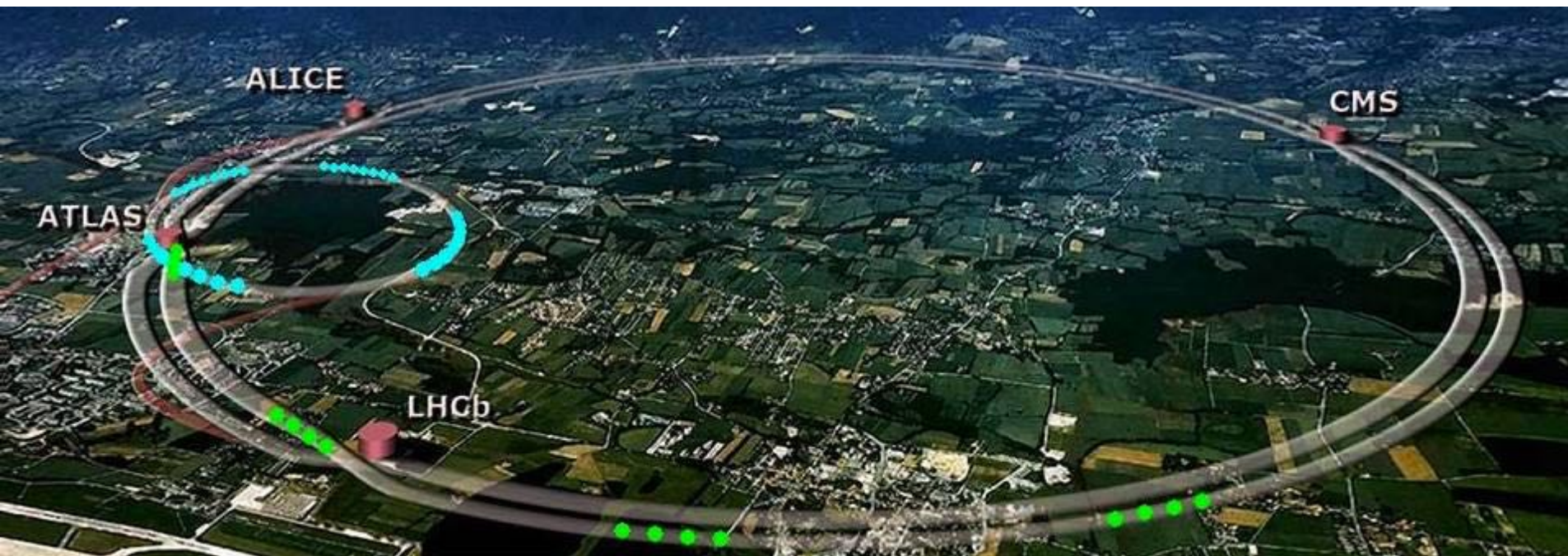




L'esperimento CMS a LHC e HL- LHC

ALESSANDRO ROSSI

ALESSANDRO.ROSSI2@UNIPG.IT



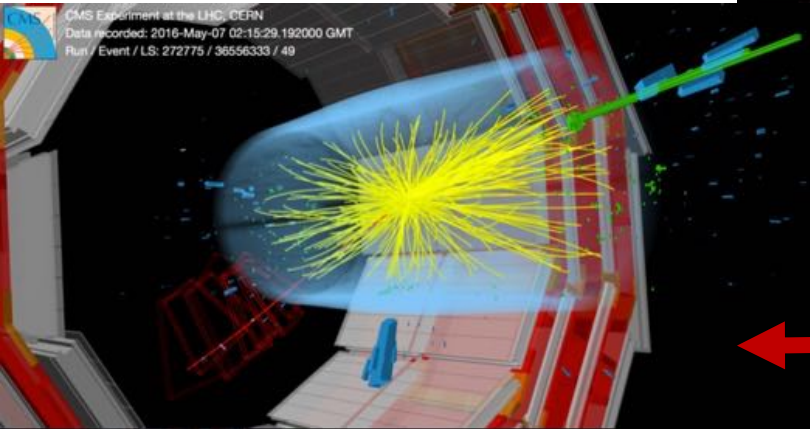
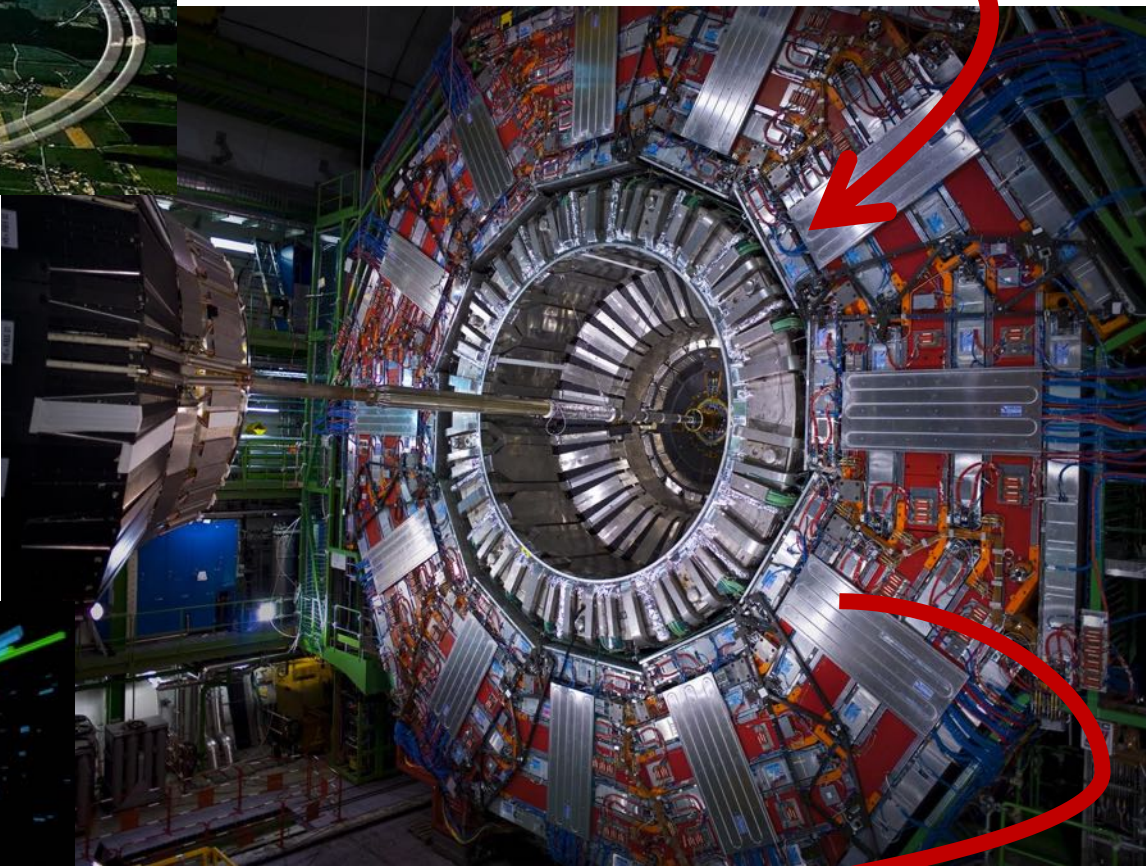
- Collider protoni-protoni @ 13TeV



Compact Muon Solenoid (CMS)



- CMS osserva e misura il risultato di interazioni fondamentali



- Chi siamo?

- Docenti UniPG

- Baldinelli, Fanò, Mariani, Passeri, Placidi, Rossi, Santocchia

- Ricercatori INFN

- Bilei, Menichelli, Morozzi, Panella, Spiga

- PostDoc e Dottorandi

- Ciangottini, Turrioni, Ajmal, Ascioti, Carrivale, Tedeschi, Della Penna

- Ricercatori CNR

- Moscatelli

Gruppo interdisciplinare: Fisica,
Ingegneria Meccanica, Ingegneria
Elettronica, Calcolo Scientifico

CONTATTI:

livio.fano@unipg.it

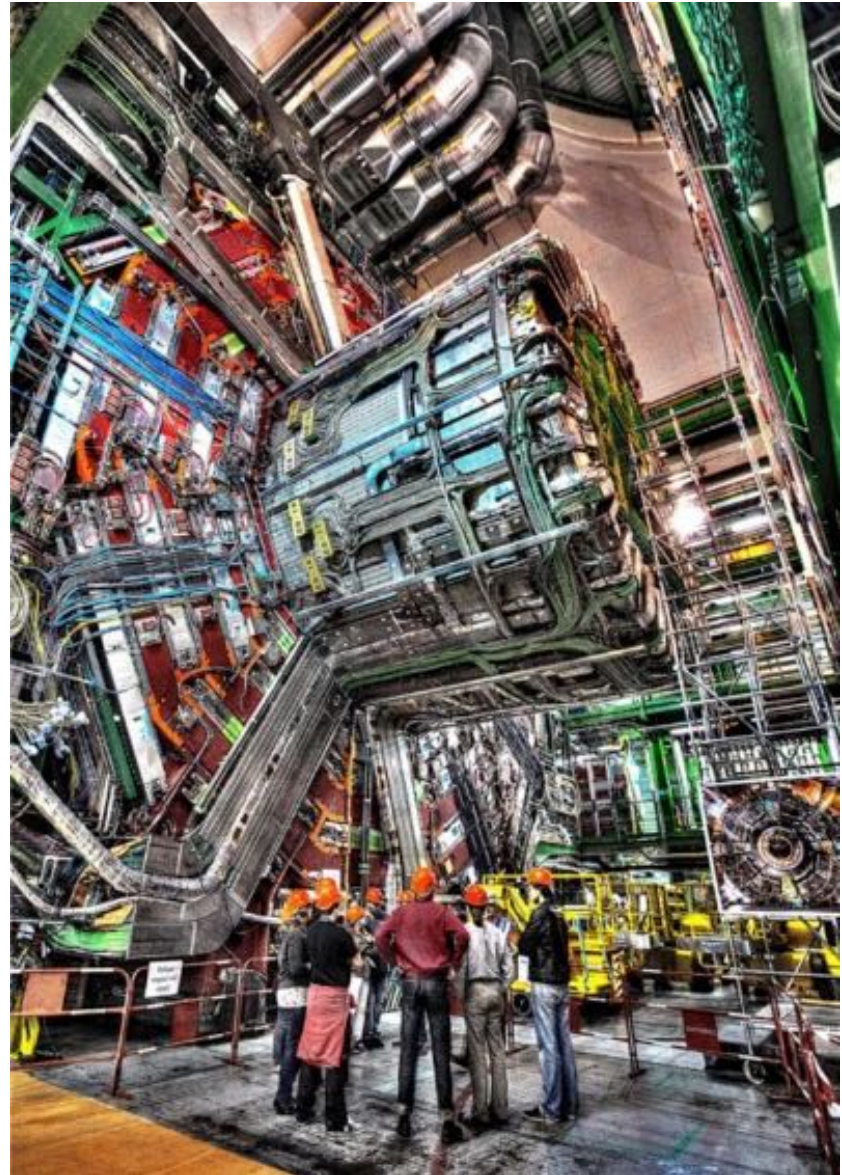
alessandro.rossi2@unipg.it

attilio.santocchia@unipg.it

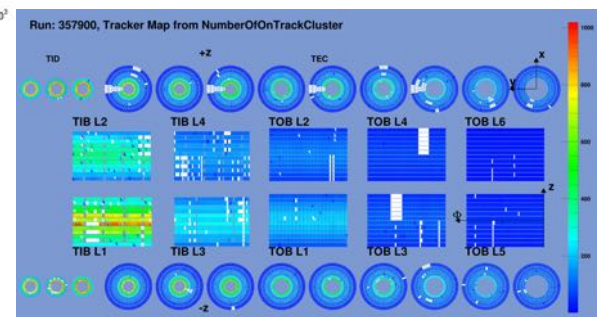
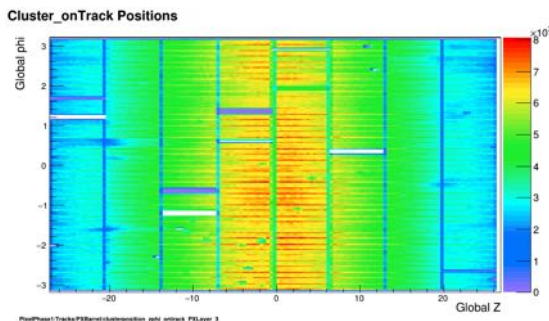
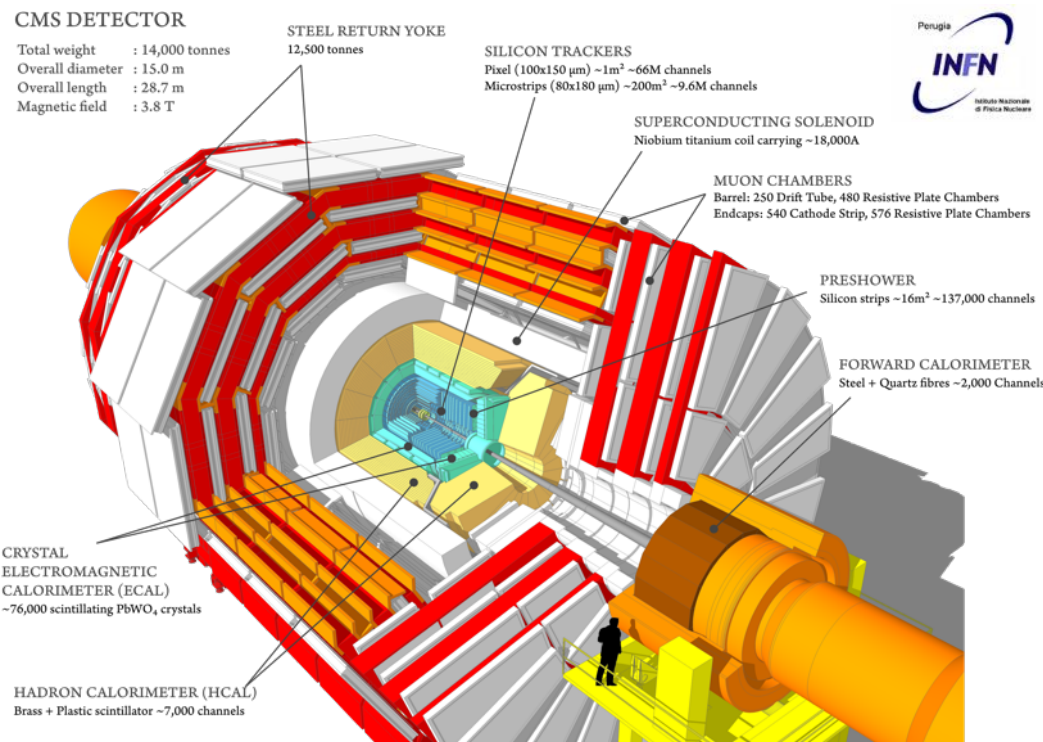
valentina.mariani@unipg.it

moscatelli@iom.cnr.it

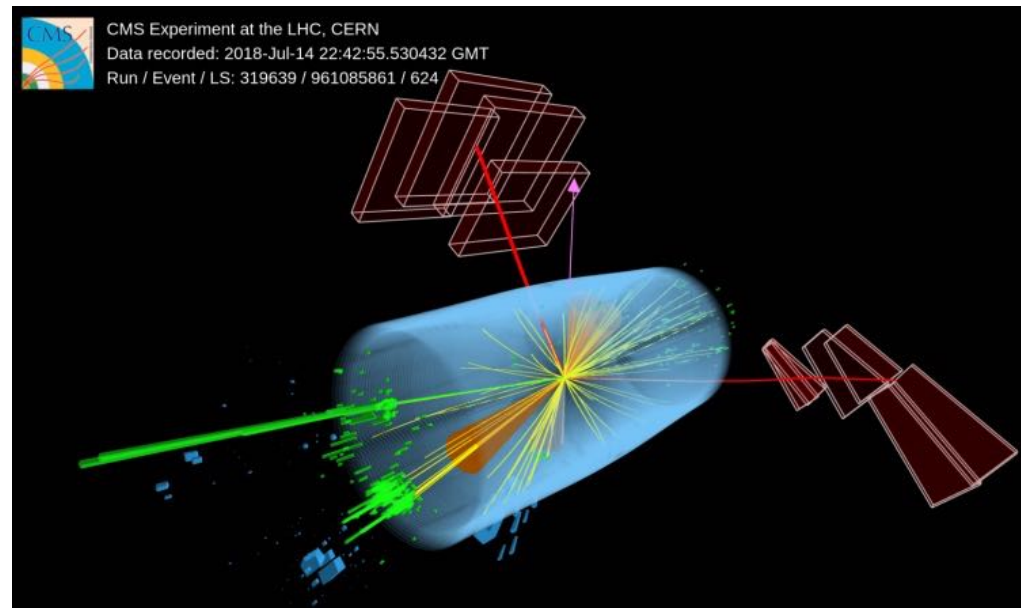
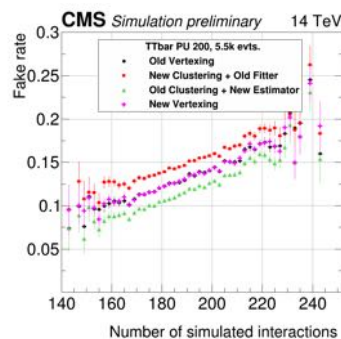
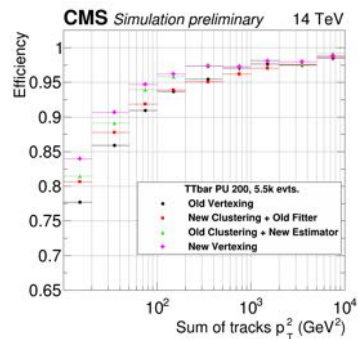
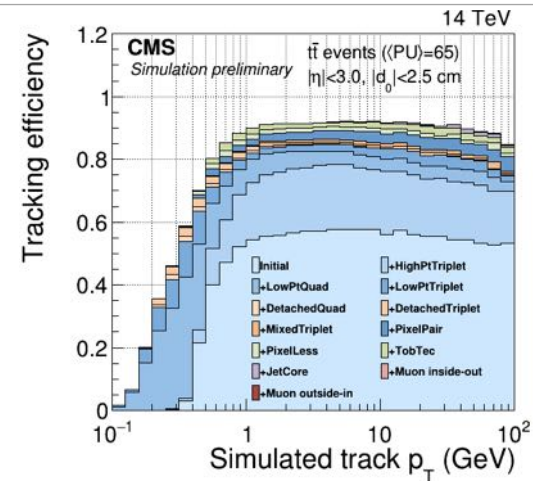
- Vengono seguite tutte le varie fasi legate all'esperimento:
 - Operazioni del detector
 - Ricostruzione eventi
 - Analisi dai dati
 - Costruzione nuovi rivelatori
 - Calcolo scientifico
 - R&D per nuovi rivelatori



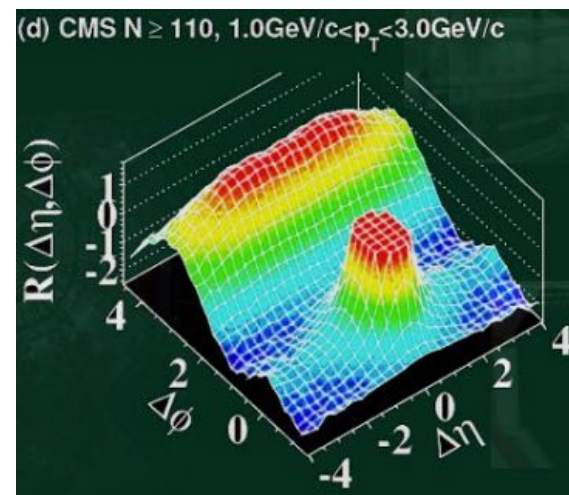
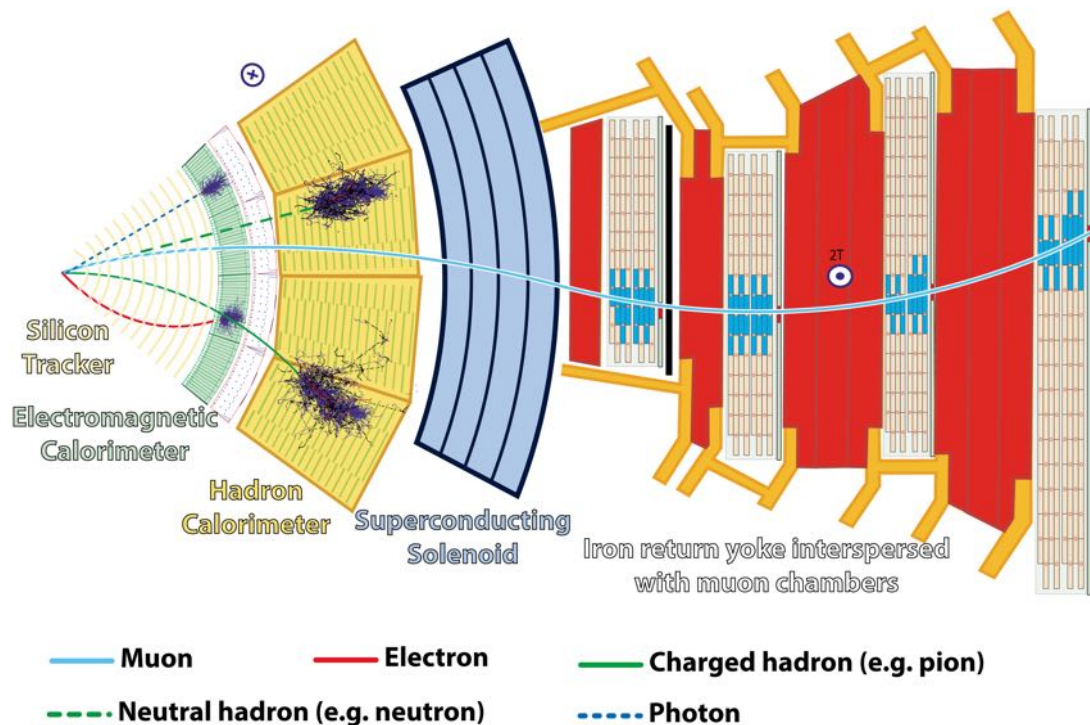
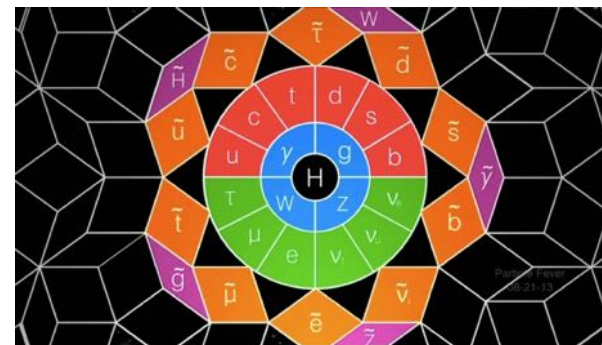
- Il gruppo di Perugia ha partecipato alla costruzione del sistema tracciante dell'esperimento
- Per questo motivo siamo storicamente legati a questo particolare sotto-rivelatore
- Attività legate al detector:
 - Funzionamento durante la presa dati
 - Controllo della qualità dei dati raccolti



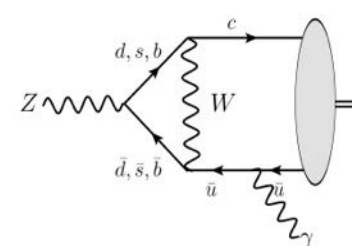
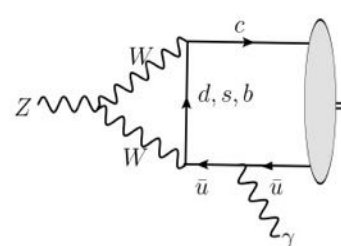
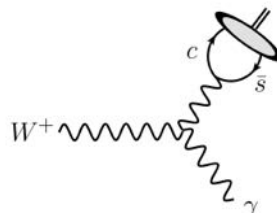
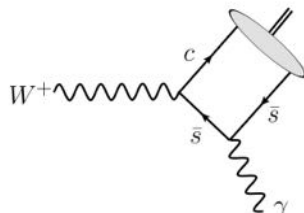
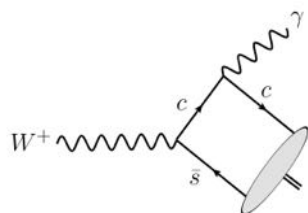
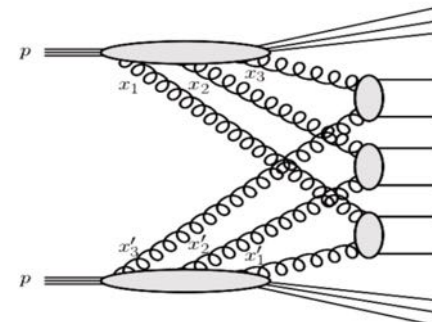
- Molto importante per l'esperimento è la conoscenza di «quanto siamo bravi» a ricostruire quello che le fanno le particelle all'interno del nostro detector
 - «quanto siamo bravi» è solitamente quantificato con una efficienza (ma non solo...)
- Per quanto riguarda il tracciatore le quantità da misurare sono principalmente:
 - Efficienza di ricostruzione delle tracce
 - Efficienza di ricostruzione vertici di interazione/decadimento



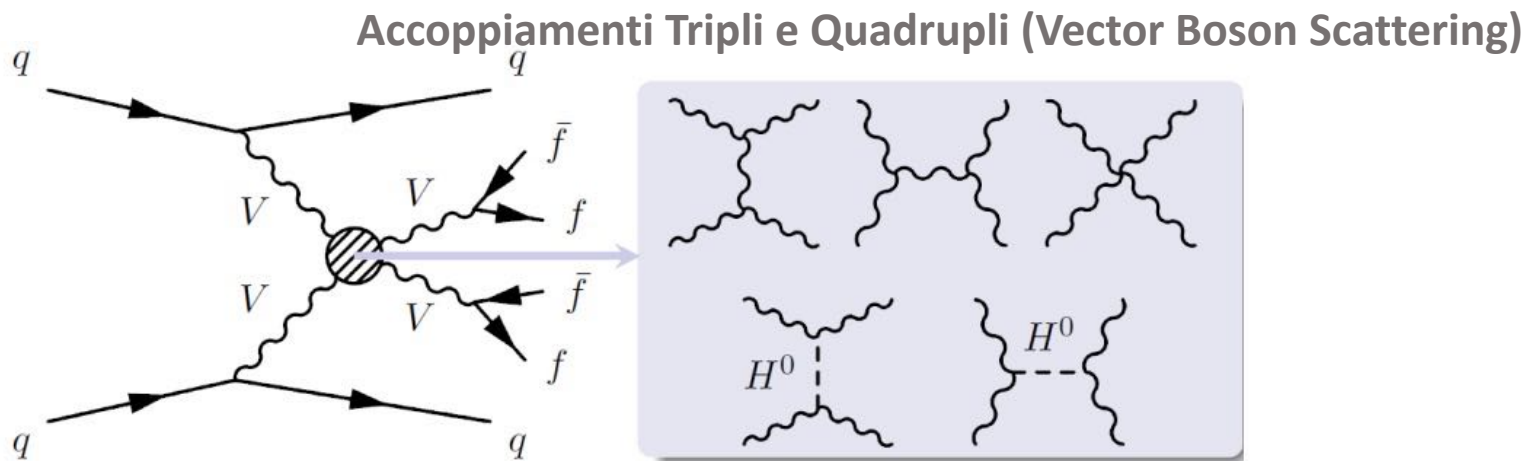
- Diversi argomenti:
 - QCD e interazioni partoniche multiple
 - Ricerca di Nuova Fisica



- LHC è il laboratorio perfetto per lo studio della QCD
 - Triple parton scattering
 - Processo ancora più complesso da studiare rispetto al DPS
 - Può dare informazioni aggiuntive sulla correlazione dei partoni all'interno dei protoni
 - **Prospettive:** implementazione di metodi di Machine Learning per migliorare la separazione tra segnale e fondo
- Misure di Precisione del Modello Standard
 - Caratterizzazione $W^\pm \rightarrow D_s^\pm \gamma$ e/o $Z \rightarrow D_0 \gamma$
 - Grande produzione di Z e W in CMS
 - Possono essere studiati i decadimenti molto rari
 - Si usano i decadimenti rari per testare il Modello Standard e valutare possibili sue estensioni

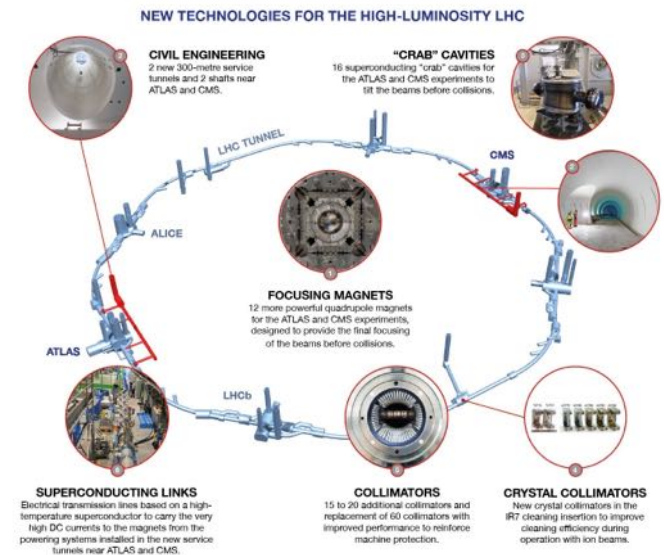


- Ricerca di Nuova Fisica
 - Studio dei processi di Vector Boson Scattering
 - Sonda per i processi elettrodeboli alla scala del TeV
 - Processo direttamente collegato al meccanismo di rottura spontanea di simmetria e quindi al campo di Higgs
 - Sensibile a contributi di Nuova Fisica
 - Approccio Model Independent attraverso teorie effettive
 - **Prospettive:** analisi con i primi dati del Run3



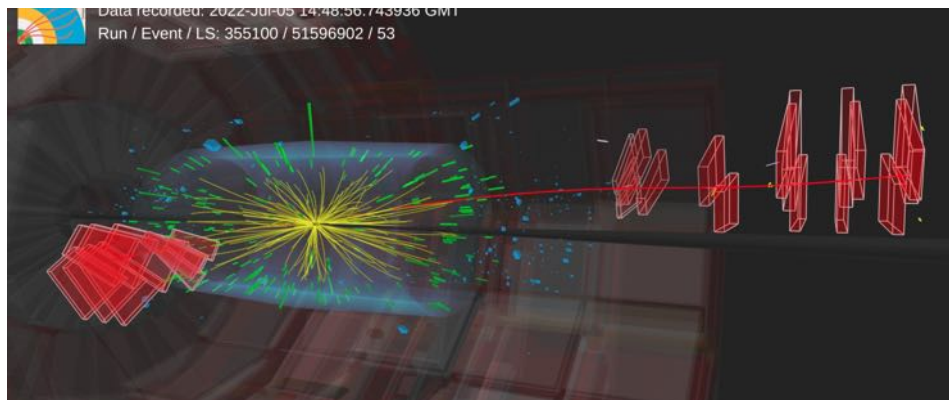
Produzione e scambio di Higgs (Vector Boson Fusion)

- Il futuro prossimo di LHC è praticamente domani
 - High-Luminosity LHC : aumentare la luminosità della macchina, avere un maggior numero di collisioni all'interno degli esperimenti (più dati in meno tempo!)
 - Necessari interventi importanti sull'acceleratore
 - ...ma anche nei rivelatori degli esperimenti

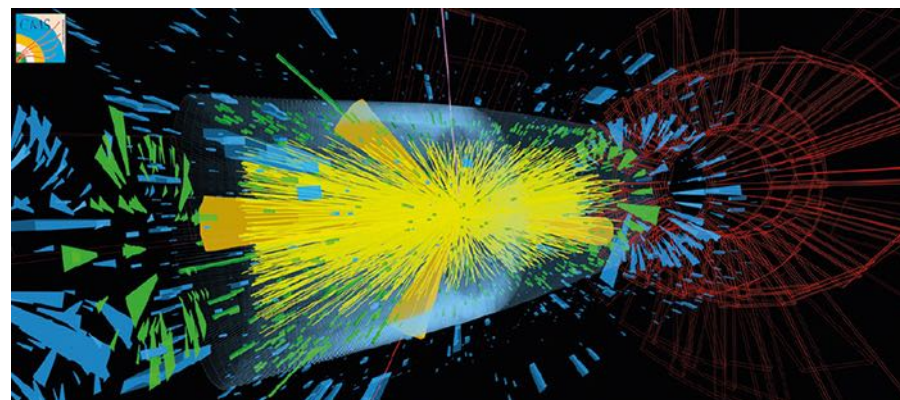


- Aumentare la luminosità significa aumentare il numero di protoni che interagiscono ogni volta che i fasci vengono fatti collidere
 - Oggi: ~ 44 interazioni ogni 25ns
 - HL-LHC: ~ 200 interazioni ogni 25ns

LHC Run3

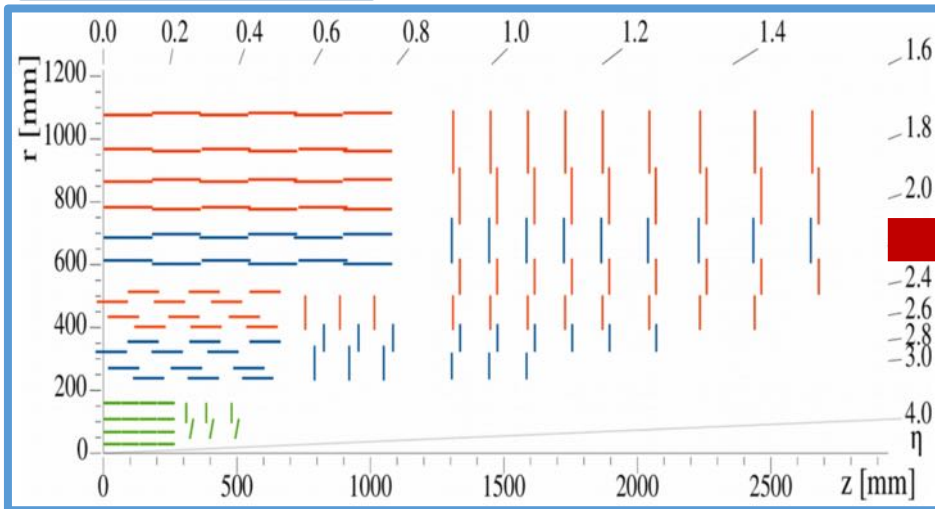


HL-LHC

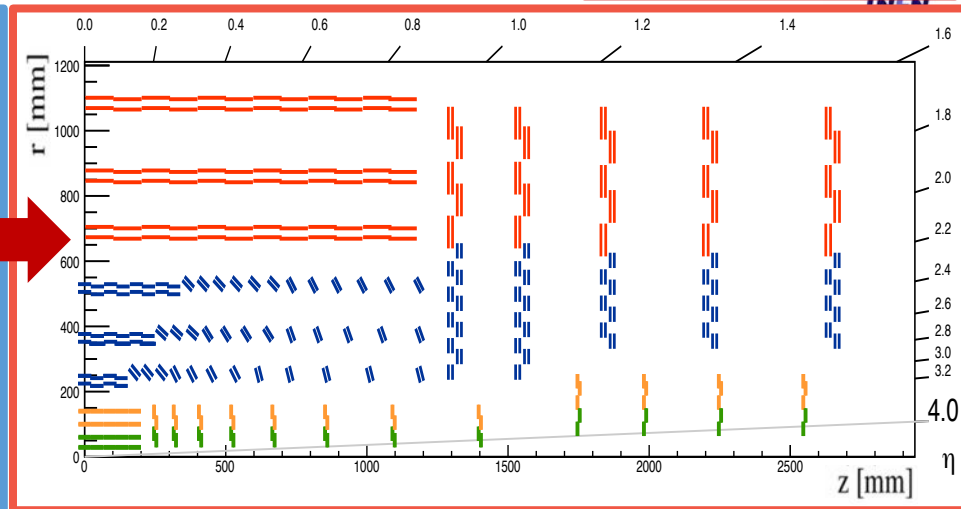


- I rivelatori che compongono CMS vanno aggiornati e in alcuni casi totalmente sostituiti
 - Il tracciatore va completamente rifatto!

CMS Phase-1 Tracker



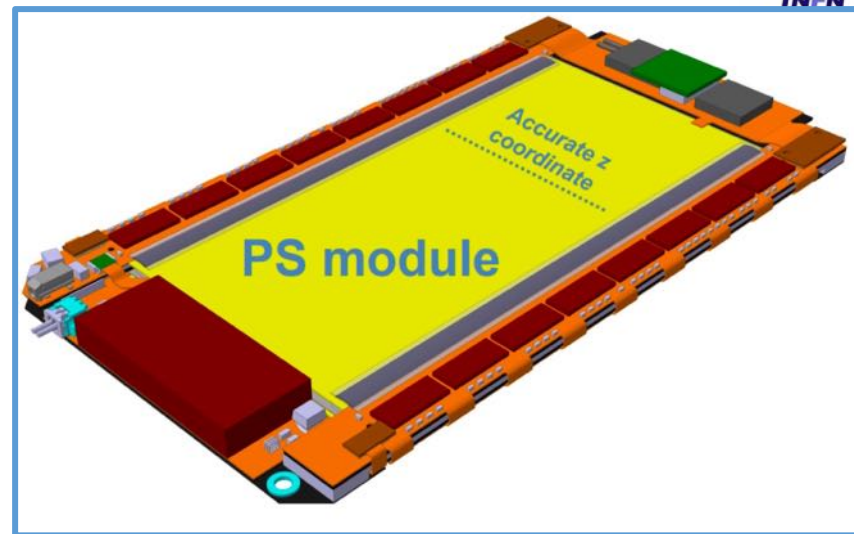
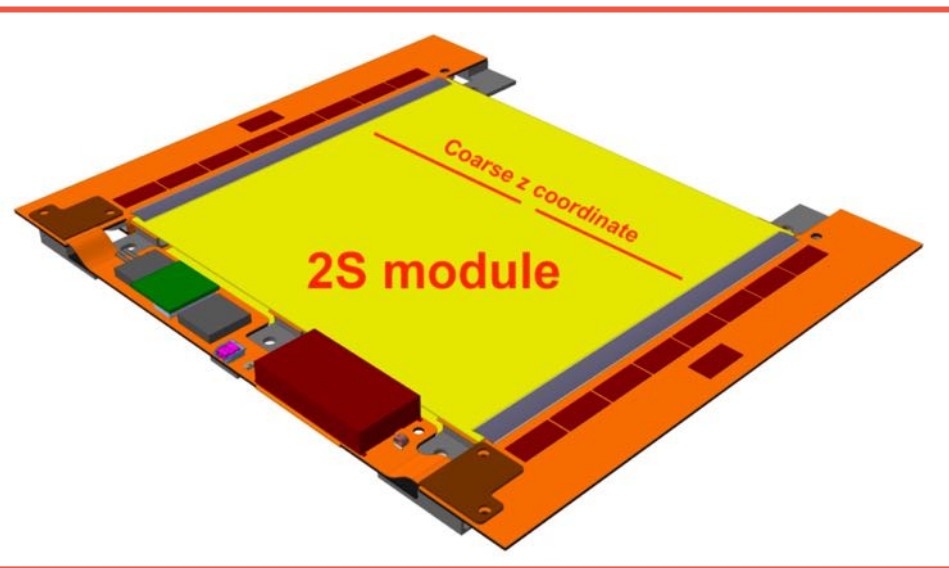
CMS Phase-2 Tracker



- Rivelatori a stato solido
 - Microstrip (rosso)
 - Microstrip+MacroPixel (blu)
 - Pixel (verde/giallo)
- Perugia è uno dei centri di assemblaggio dei singoli moduli dell'Outer Tracker

Outer Tracker

Inner Tracker



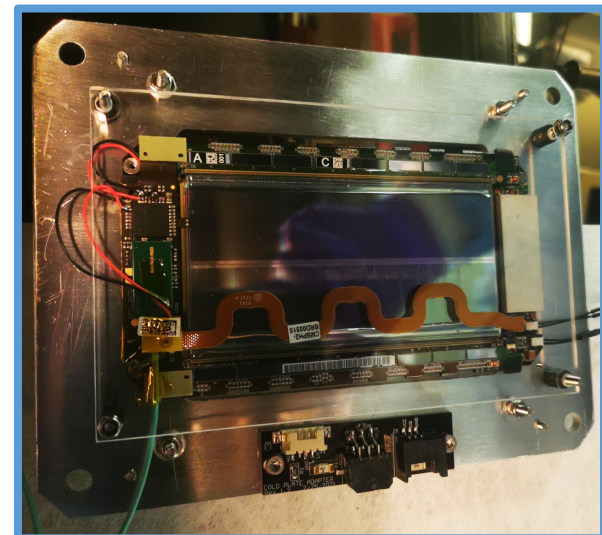
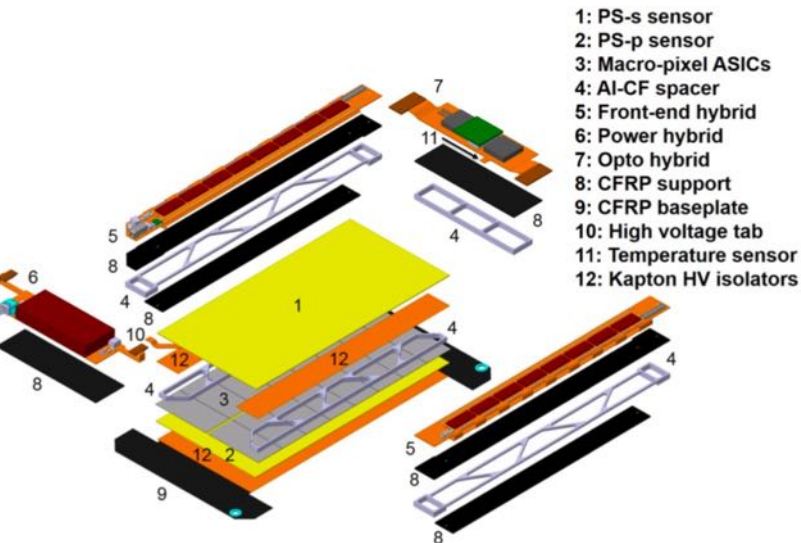
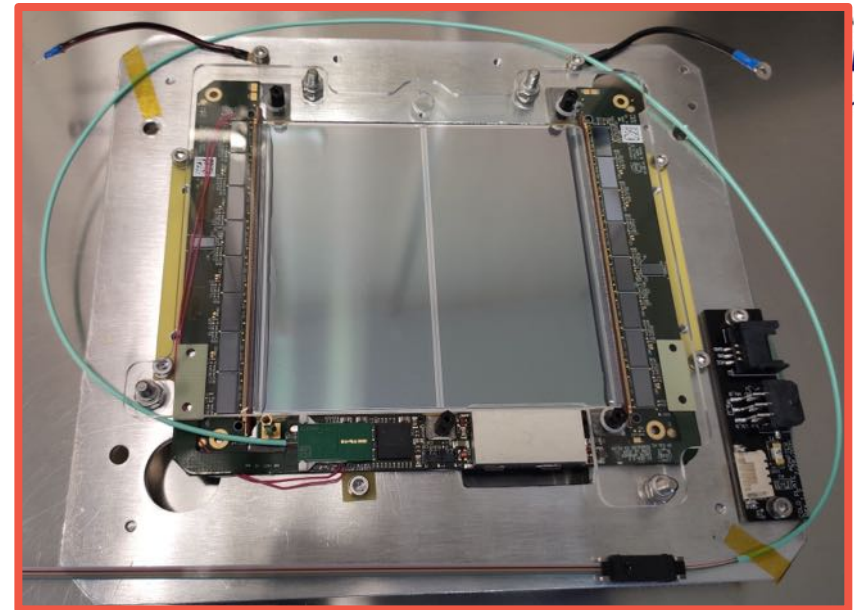
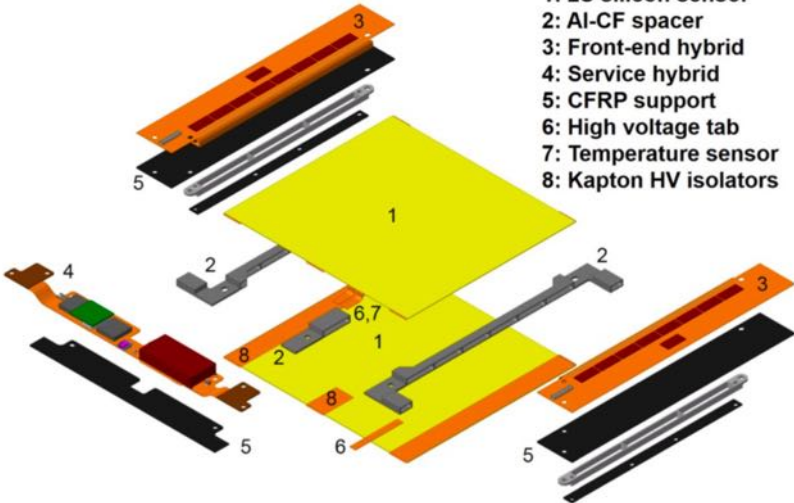
- Two types of modules:

- 2S Modules (Strip-Strip)

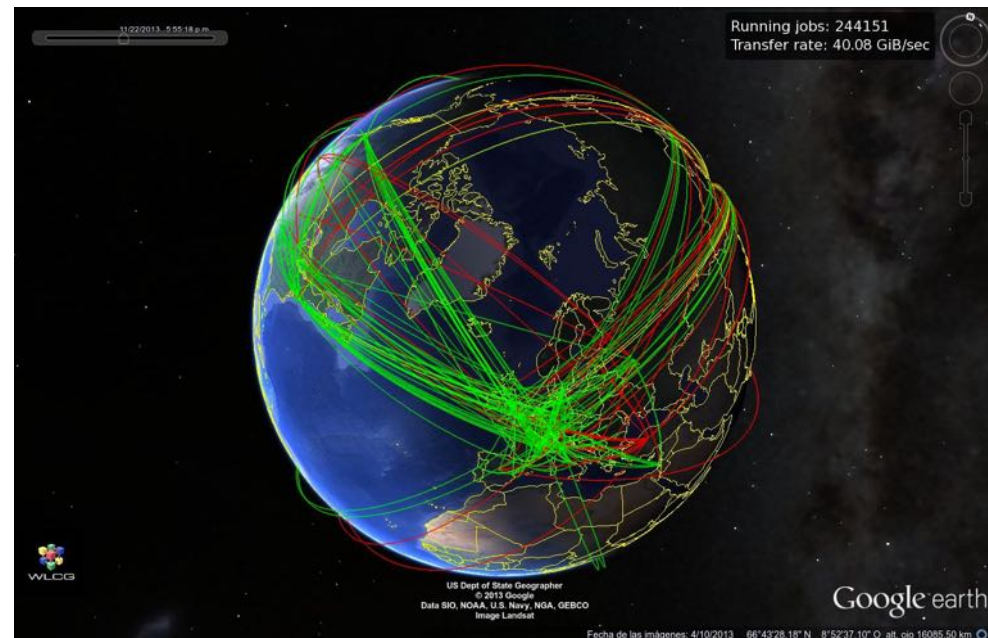
- 2 different spacings : 1.8mm & 4mm
 - 2 micro strip sensors with 5cm x 90 μ m strips
 - Sensor dimensions are 10cm x 10cm
 - two columns of 1016 strips

- PS Modules (Pixel-Strip)

- 3 different spacings : 1.6mm & 2.6mm & 4mm
 - One strip sensor: 2.5cm x 100 μ m strips
 - One macro Pixel sensor : 1.5mm x 100 μ m pixels
 - Sensor dimensions 5cm x 10 cm
 - two columns of 960 strips
 - 32x960 pixels



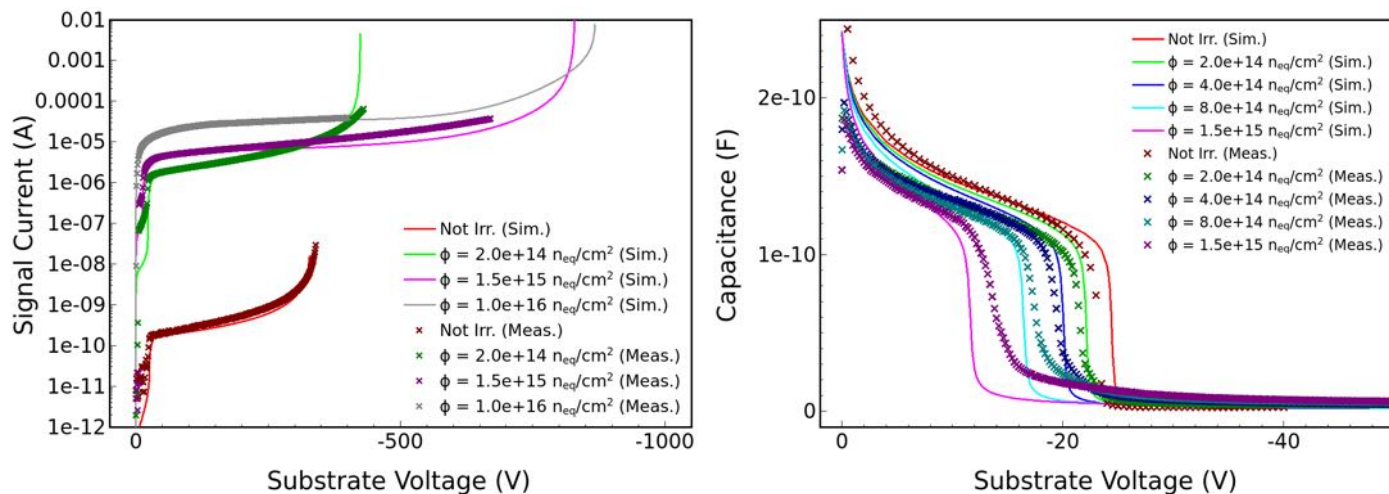
- Attività di ricerca e sviluppo nel settore Data e Computing Science
 - Big Data
 - Cloud
 - Machine Learning and AI per l'analisi dei dati



- In parallelo alle attività di costruzione vengono studiate ed analizzate nuove tecnologie e soluzioni per rivelatori al silicio

○ Simulazione del danno da radiazione: Low Gain Avalanche Diode

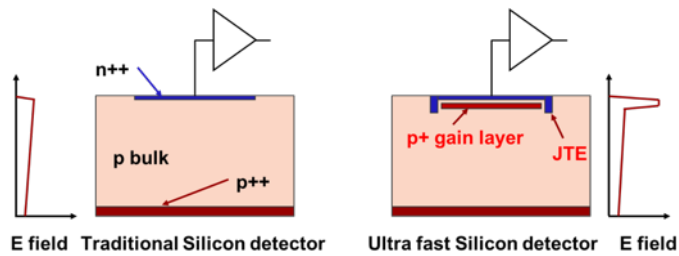
Comparison with experimental data, before and after irradiation



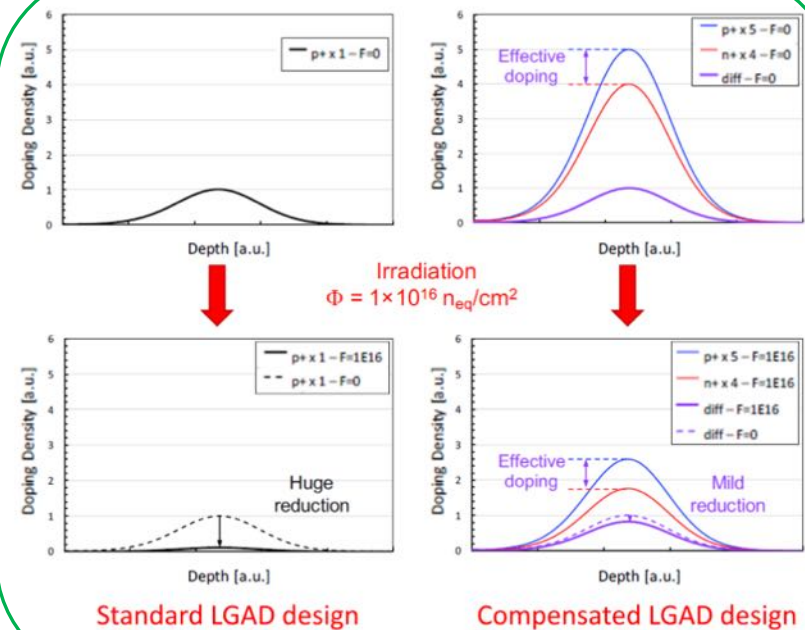
Massey model. Temperature 300 K. Electrical contact area 1mm^2

- Simulazione del danno da radiazione: LGAD innovativi

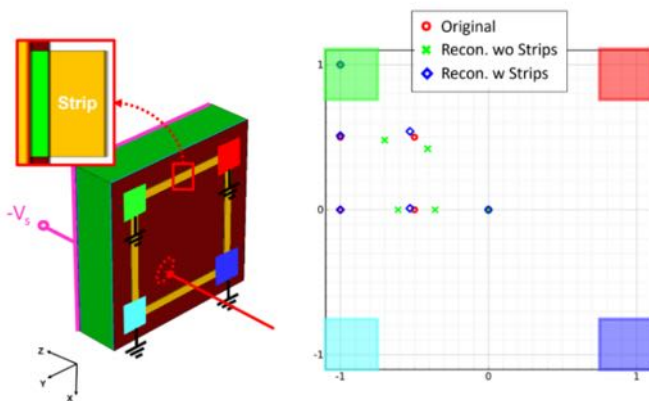
Standard vs Low Gain Avalanche Diodes



Compensati

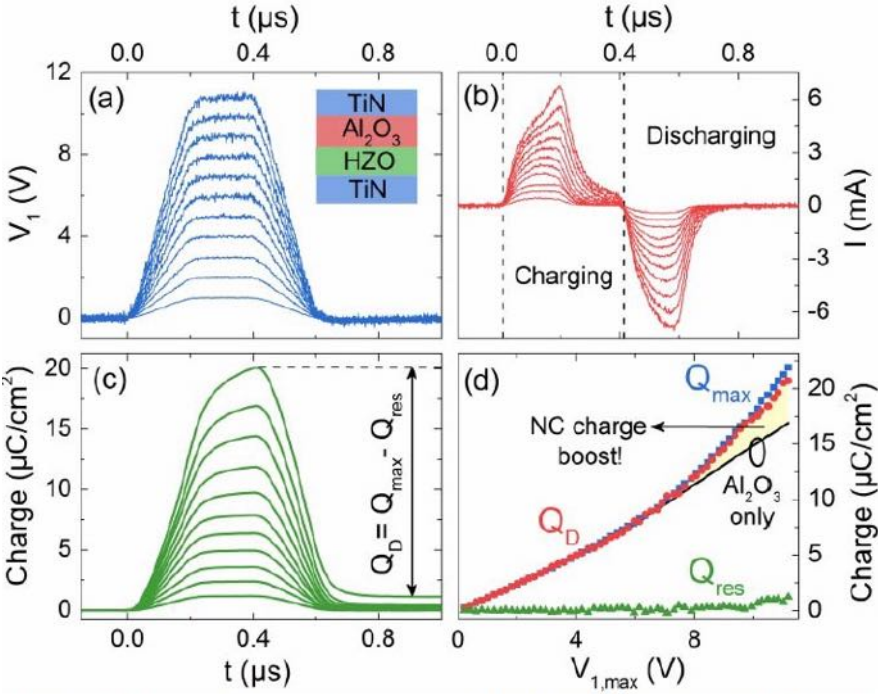
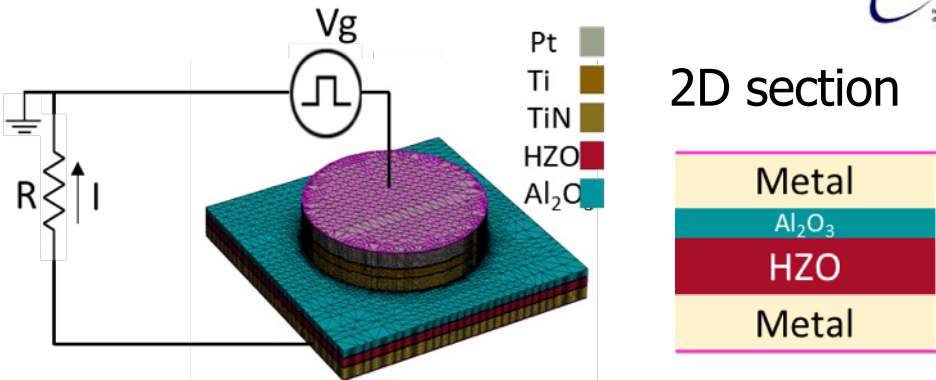
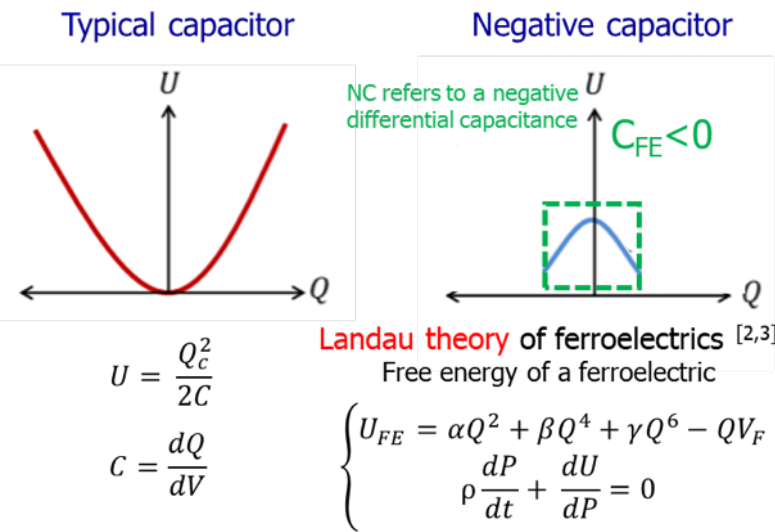


DC-RSD



Negative Capacitance

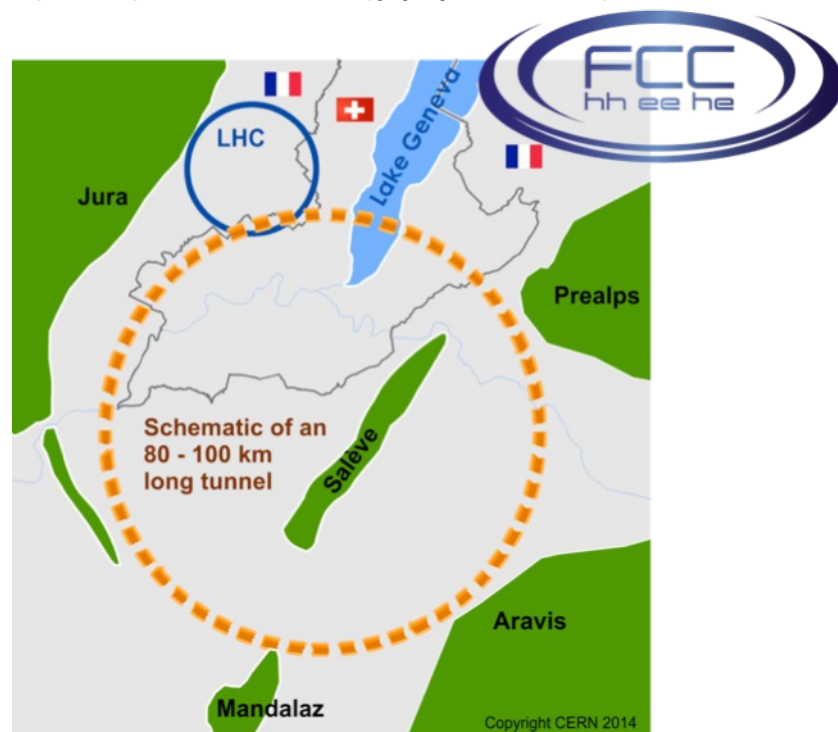
Metal-Ferroelectric-Insulator-Metal (**MFIM**) structures.



Cosa proponiamo?

- Tante attività diversificate in questi quattro filoni di diverso livello: tesi triennali, magistrali e di dottorato
- Qualche esempio:
 - Analisi Dati – Contatti: Valentina Mariani
 - Tracking efficiency for slow pion with the D* method (collaboration with Desy group) using Run3 data
 - Triple Parton Scattering: machine learning application for the signal vs background separation
 - VBS in WZ with Z→tau tau
 - Ricerca decadimento $W^\pm \rightarrow D_s^\pm \gamma$
 - Ricerca decadimento $Z \rightarrow D_0 \gamma$
 - Costruzione – Contatti: Alessandro Rossi
 - Realizzazione sistema di test con raggi cosmici per rivelatori del Tracciatore di Fase2 di CMS
 - Costruzione e qualifica dei moduli al silicio per l'upgrade di fase2 del tracciatore al silicio
 - Analisi e simulazioni termiche per il sistema di raffreddamento del nuovo tracciatore
 - R&D Rivelatori – Contatti: Francesco Moscatelli
 - Sviluppo di modelli TCAD per l'analisi del danneggiamento indotto da radiazione ad elevatissime fluenze
 - Campagne di misura e irraggiamento su strutture di test e sensori
 - R&D Computing – Contatti: Daniele Spiga
 - Applicazione di tecniche ML/DL all'analisi dei dati dell'infrastruttura di computing distribuita su scala mondiale a CMS
 - Sviluppo e test di strutture High Performance Computing (HPC)
 - Negative-capacitance devices

- La comunità di fisica delle alte energie sta già lavorando per progettare e definire quello che verrà dopo HL-LHC
 - Cosa serve: più sensibilità, più precisione, più energia
 - Una combinazione di collisionatori leptonici (e^+e^-) e adronici ($pp, p\bar{p}, H\bar{H}$) consente di ottenere tutto ciò
- Nuovo tunnel di circa $\sim 91\text{Km}$
 - Un unico tunnel per la fase leptonica ed adronica (come successo per LEP e LHC)
- Target finale: Collisioni pp a 100TeV
 - Tecnologia attualmente non disponibile
- Primo passo: collisionatore e^+e^-
 - Energia variabile tra 90 e 360GeV
 - Consente misure ad altissima precisione



- Fenomenologica – Contatti: Livio Fanò
 - Angular analysis for FCC-ee future collider with $e+e \rightarrow WW$. Search for Effective Field Theory in angular distributions.
 - State of the art:
<https://indico.cern.ch/event/1076058/contributions/4525652/attachments/2312556/3935839/Angular%20analysis%20ee%20-%20WW%20final%20states.pdf> (the group has left the work, code and everything to start from here available)
- Studi su ottimizzazione tracciamento a FCC
 - Contatti: Valentina Mariani
- Attività FCC in collaborazione con Patrizia Azzi, INFN Padova