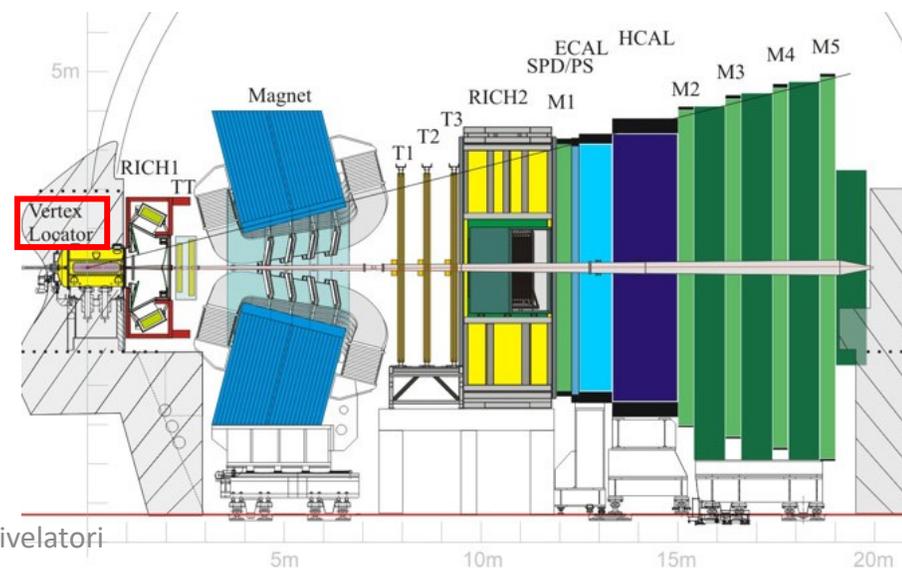
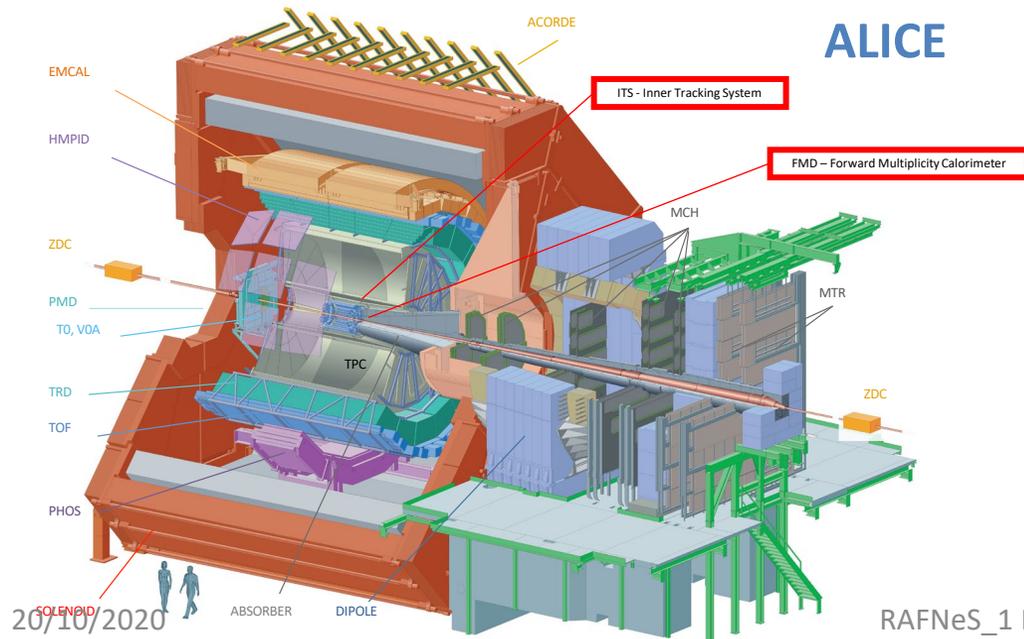
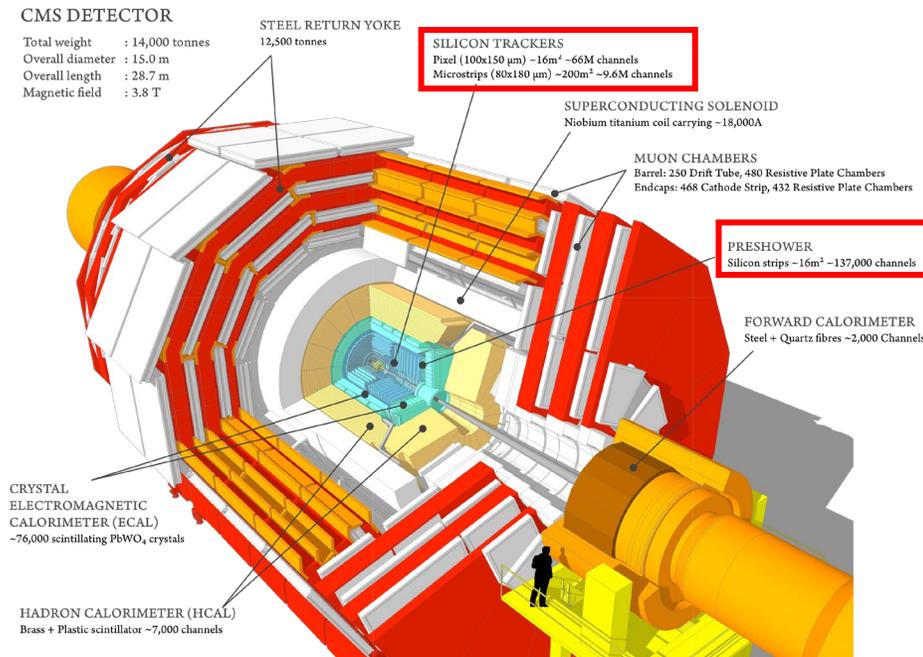
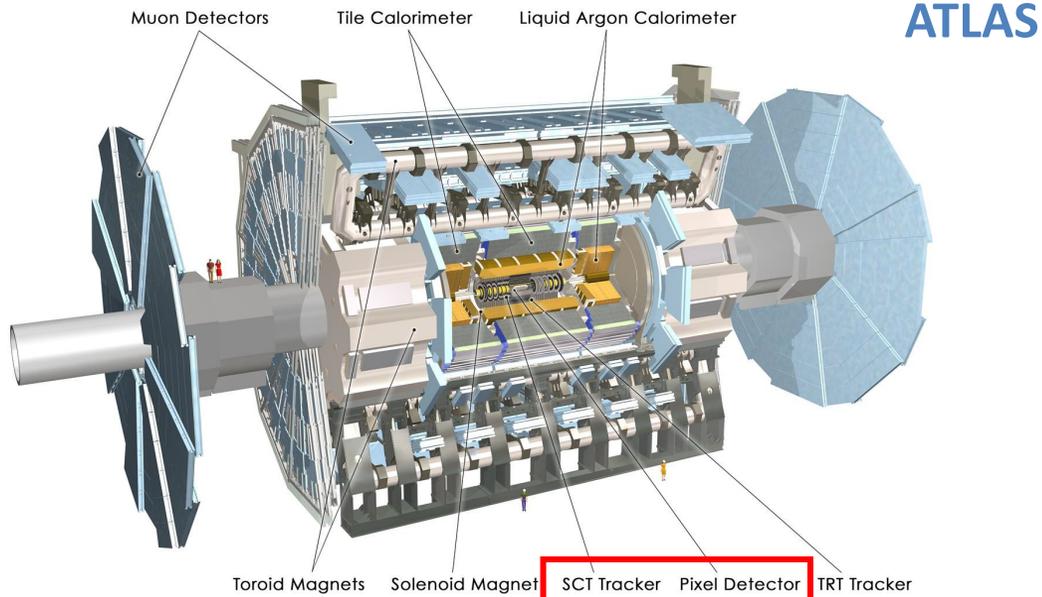


Rivelatori e Apparati

Lezione 1 – Panoramica rivelatori LHC

I rivelatori degli esperimenti di LHC – Ruolo dei rivelatori al silicio e' fondamentale



RAFNeS_1 Panoramica Rivelatori

Esempi di rivelatori al silicio: canali e superficie

Esperimento	Tecnologia usata	Canali [M]	Superficie [m ²]
ATLAS	Pixel	80	1.7
	+ Pixel (Insertable B-Layer)	12	2
	Strip	6	60
CMS	Pixel	66	1
	Strip	10	200
ALICE	Pixel	10	0.3
	Drift	0.1	1.3
	Strip	2.6	5.2
	→ Rimpiazzati da Pixel Monolitici (ITS)	1260	10
LHCb	Strip	0.2	0.22
	→ Rimpiazzate da Pixel (VELO Upgrade)	41	0.12

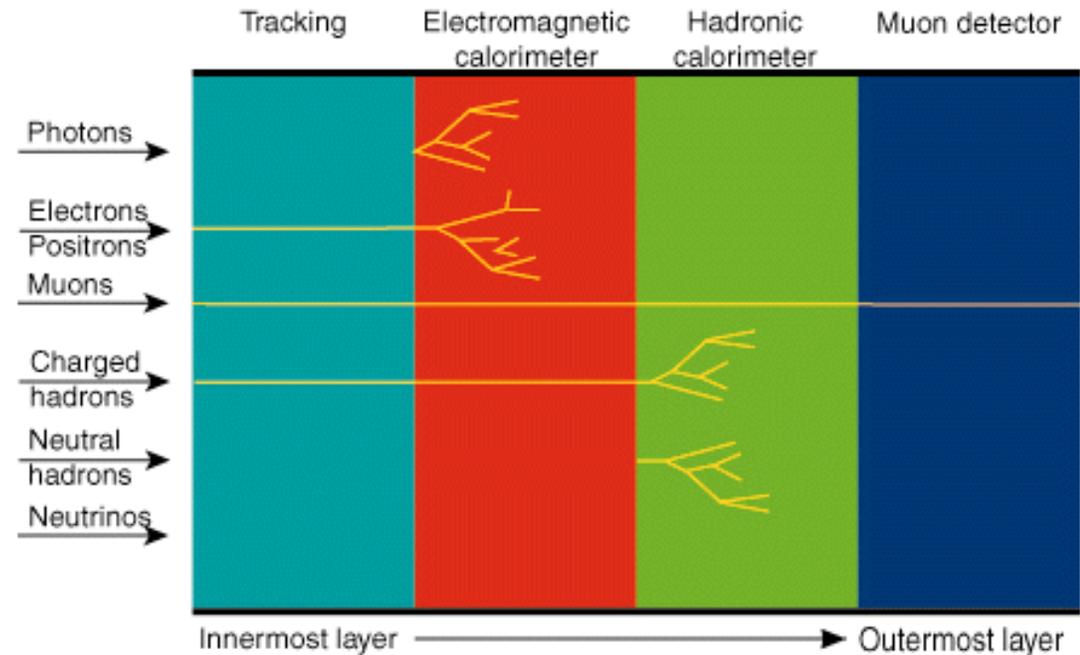
Rivelatori di tracciamento al silicio a LHC per Run1, Run2, Run3

Notare il rapporto canali/superficie per le diverse tecnologie usate

Tutti i pixel elencati sono ibridi, eccetto per il caso dell'ALICE ITS Upgrade (monolitici)

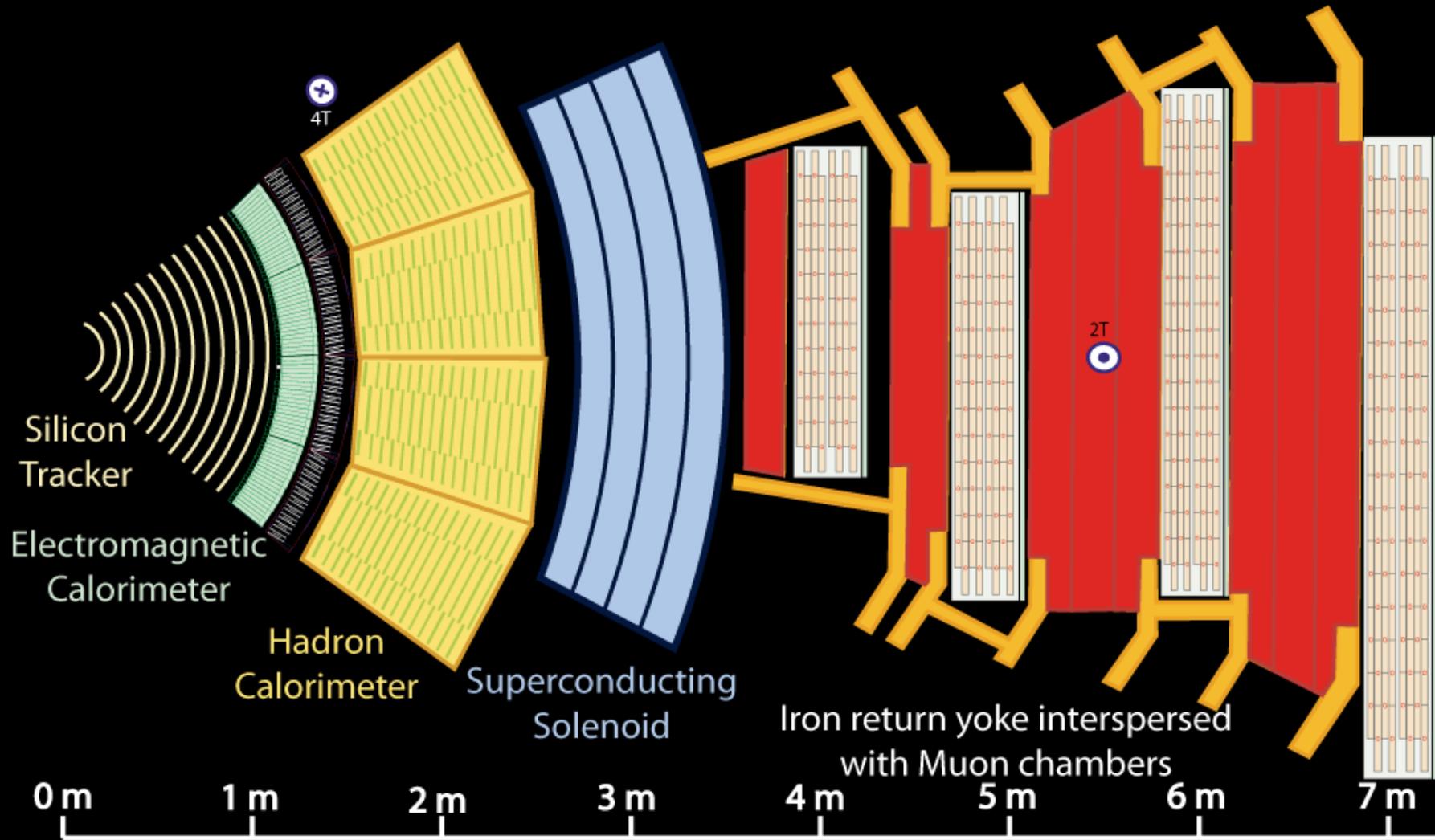
Interazione di particelle diverse con rivelatori diversi

- Particelle cariche sono visibili nei tracciatori
- Fotoni, elettroni, positroni vengono fermati nel calorimetro elettromagnetico, permettendone la misura di energia
- Gli adroni carichi vengono solo visti dal calorimetro elettromagnetico
- Gli adroni (carichi e neutri) vengono fermati nel calorimetro adronico, permettendone la misura di energia
- Solo i muoni sono visibili in tutti i 4 tipi di rivelatori

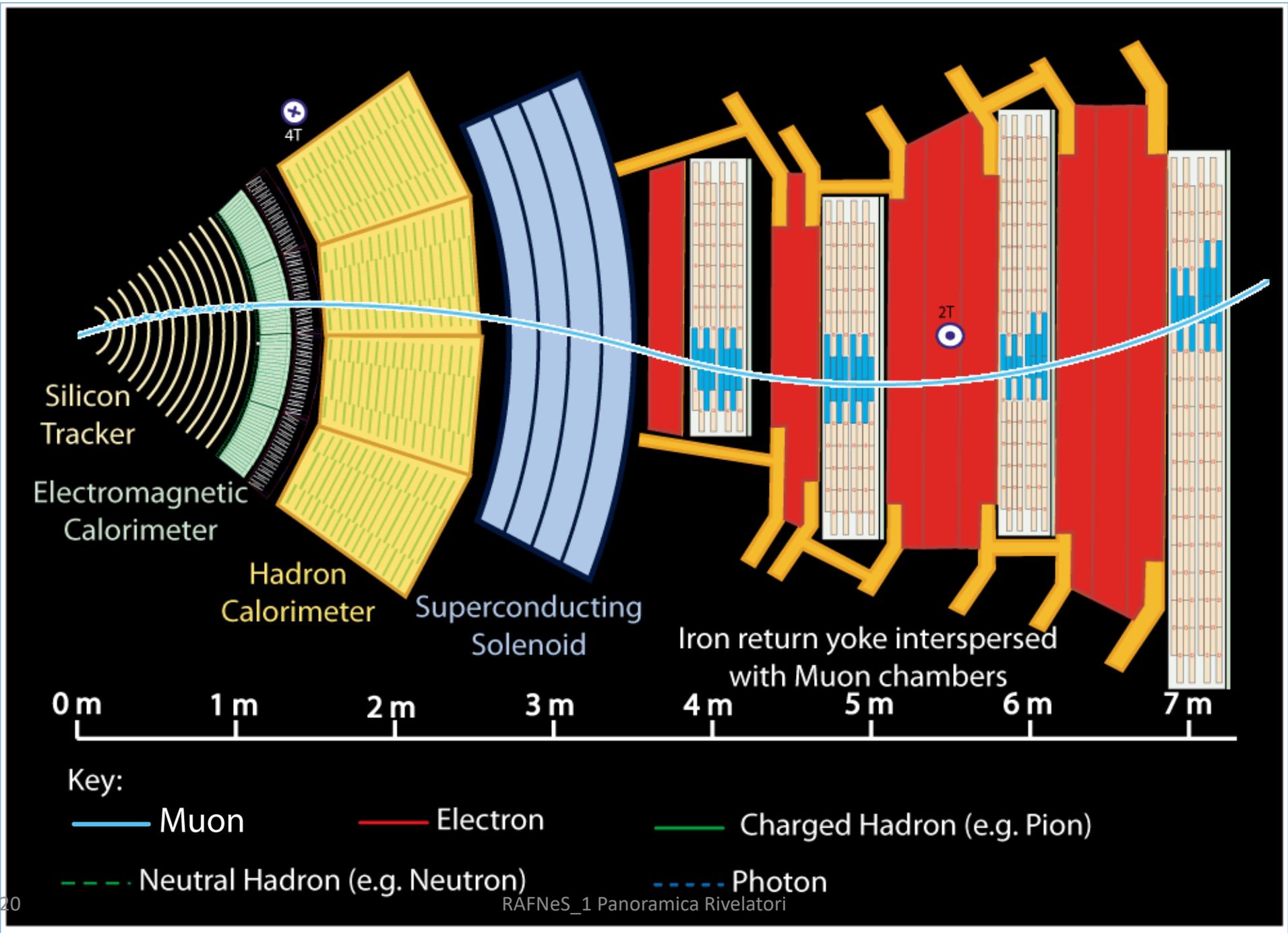


Per queste ragioni viene rispettato questo ordine nella sequenza dei diversi sistemi di rivelazione

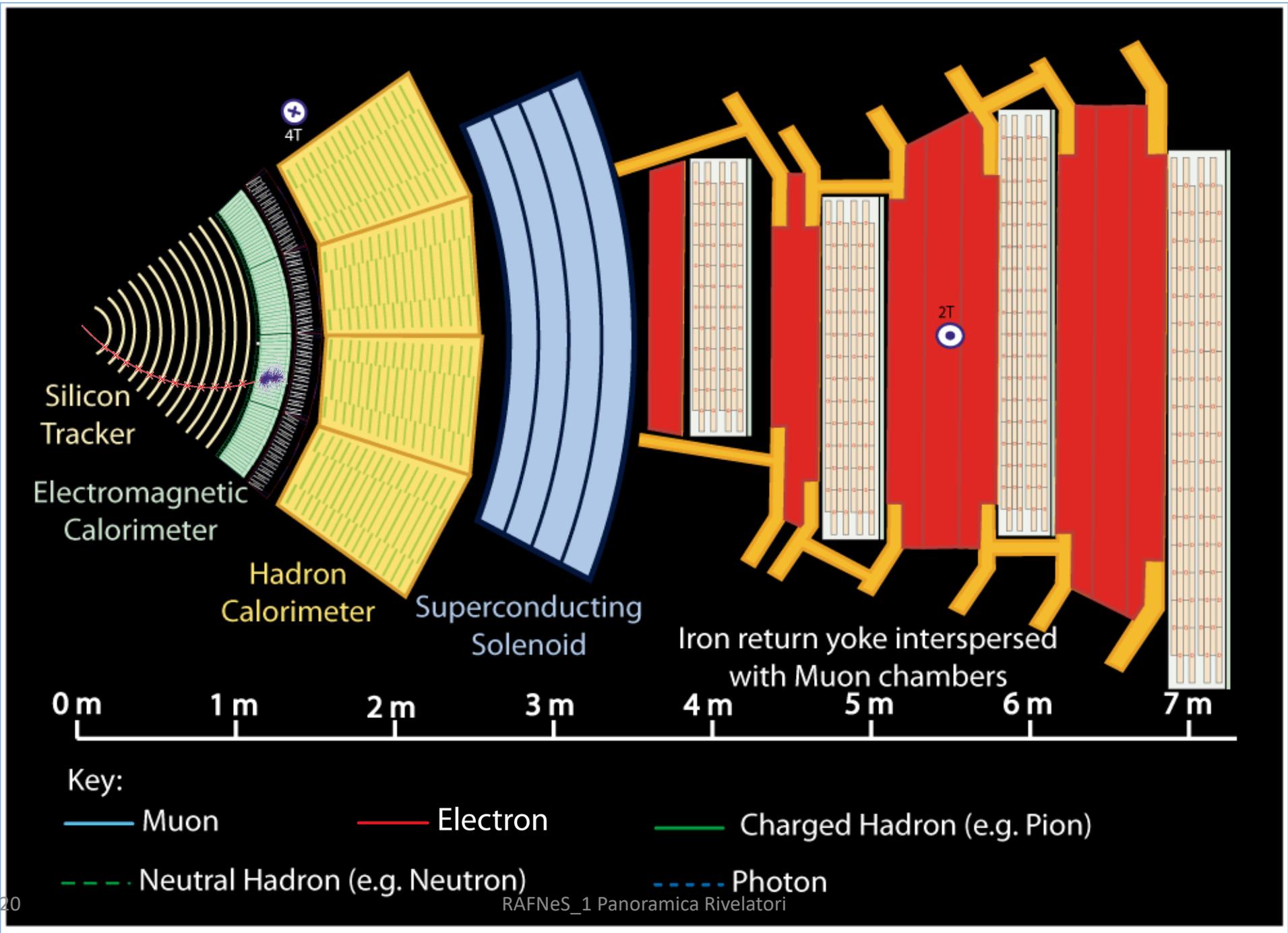
CMS slice



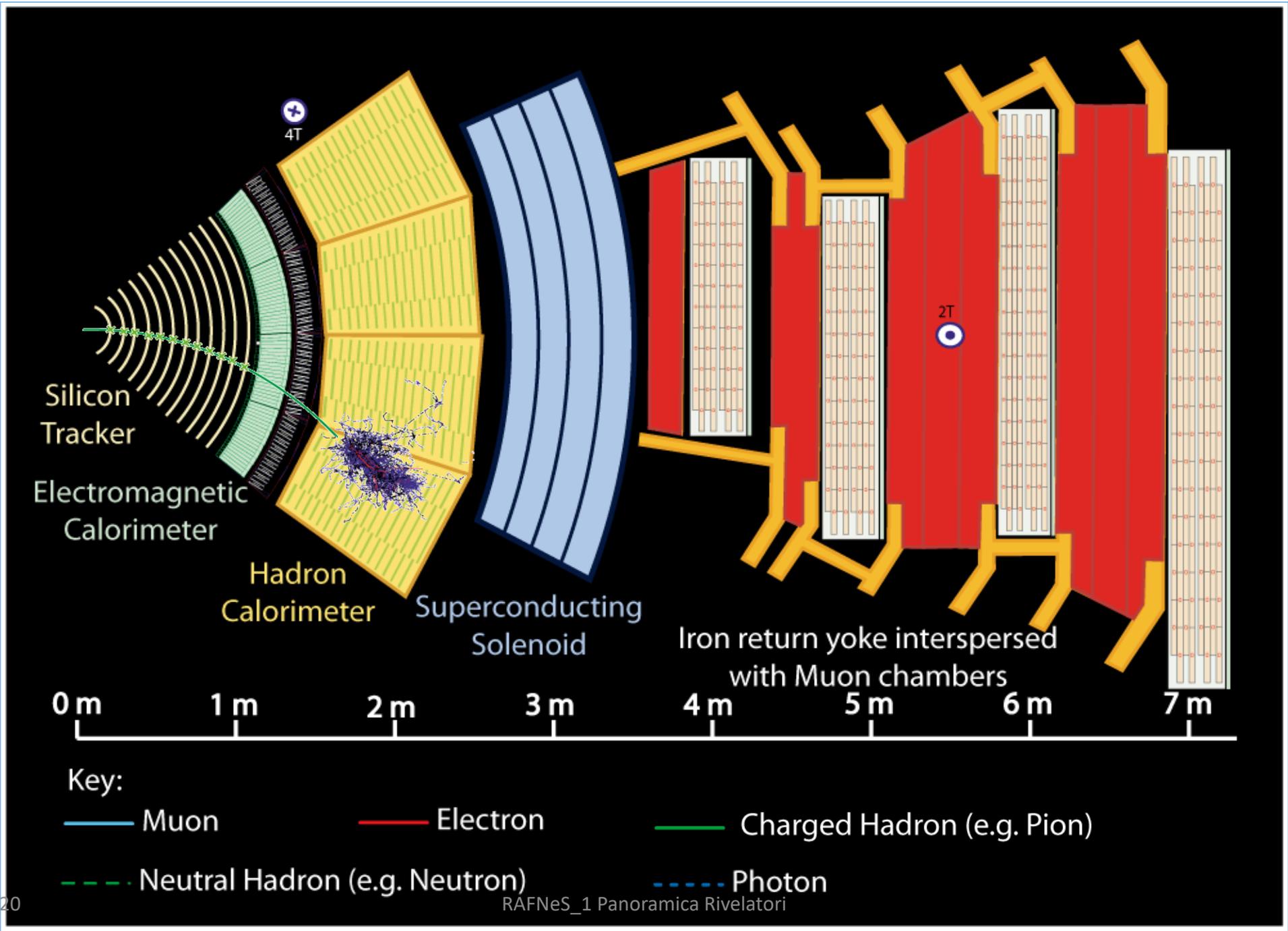
CMS
slice



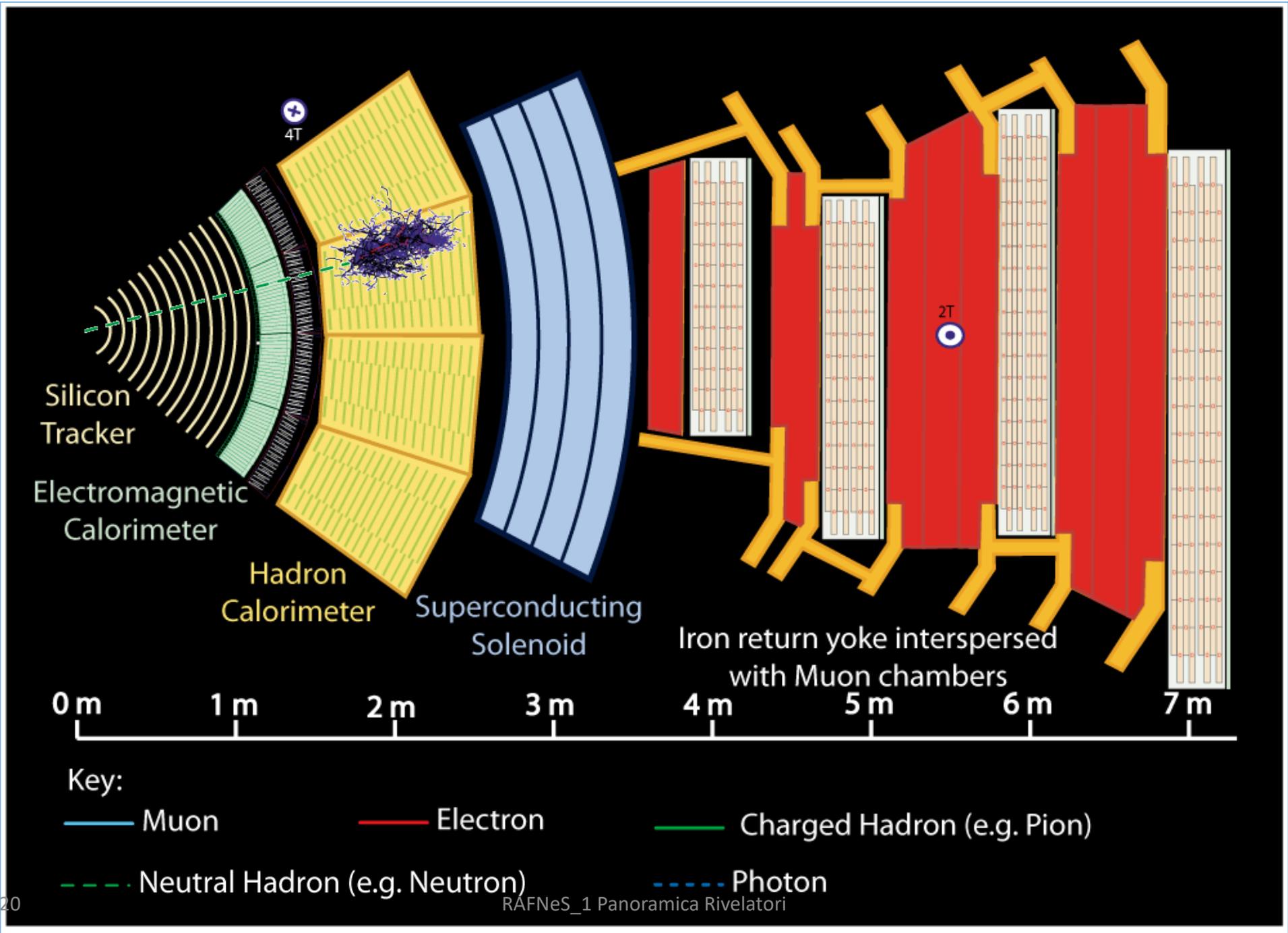
CMS
slice



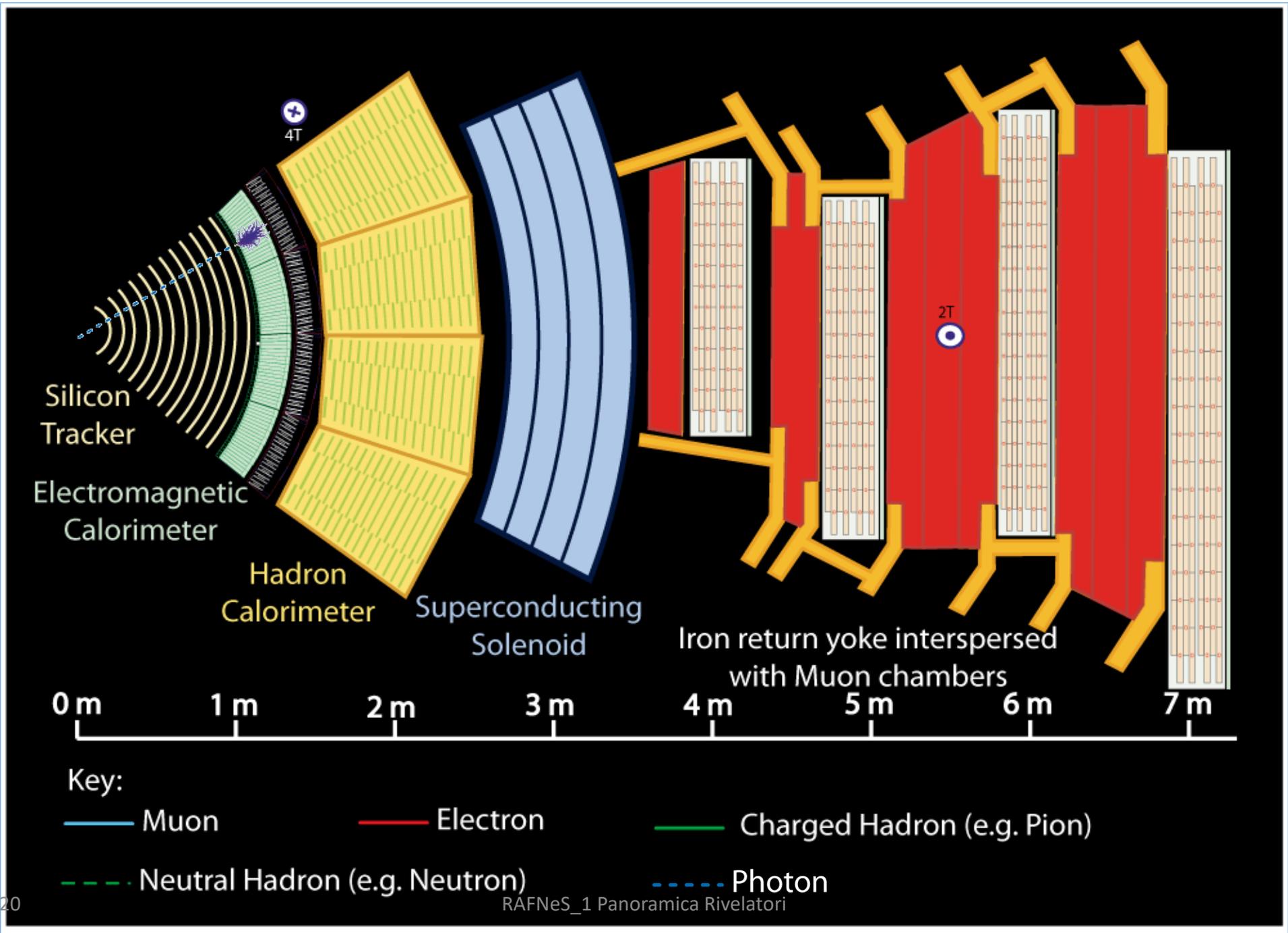
CMS
slice



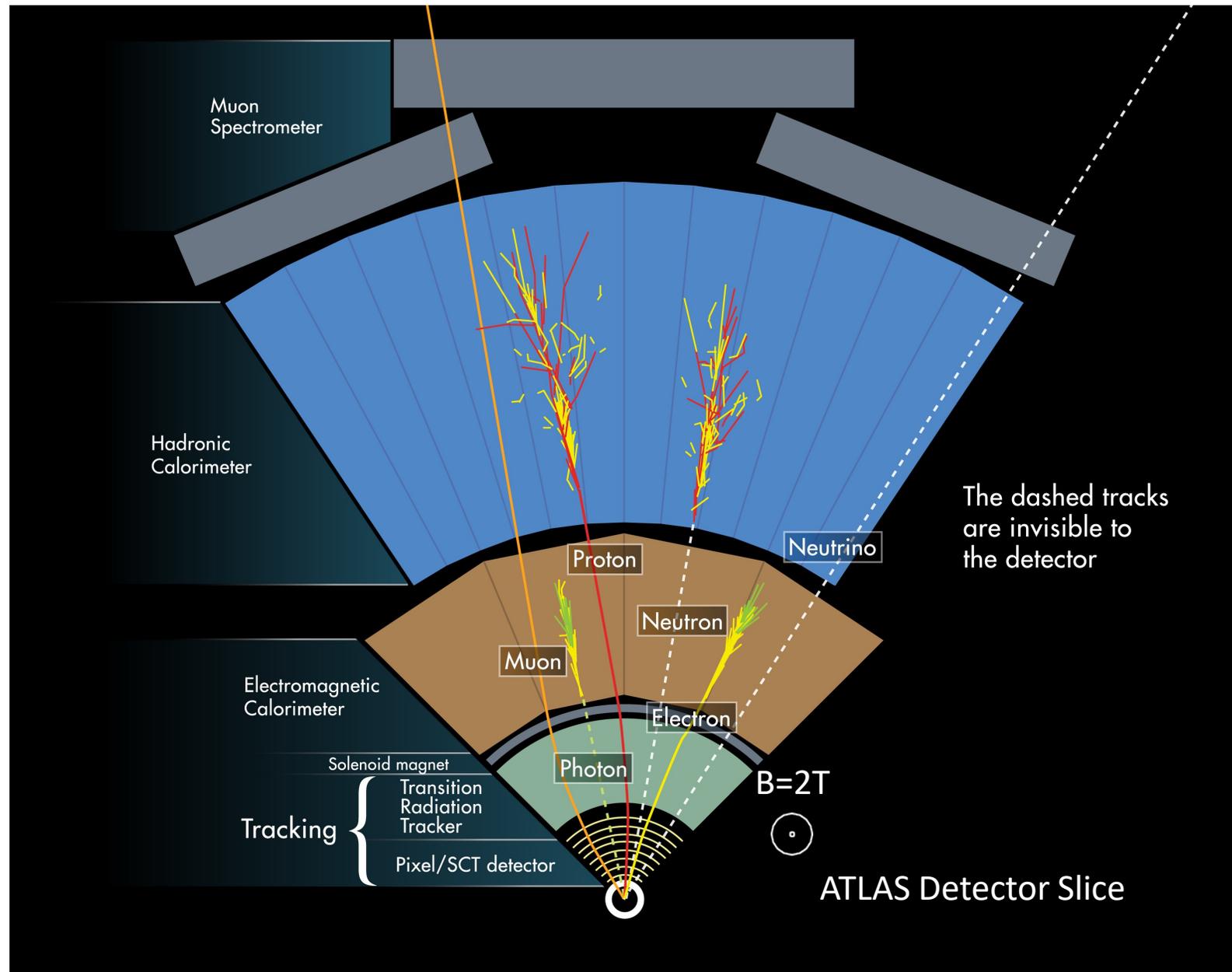
CMS
slice



CMS
slice

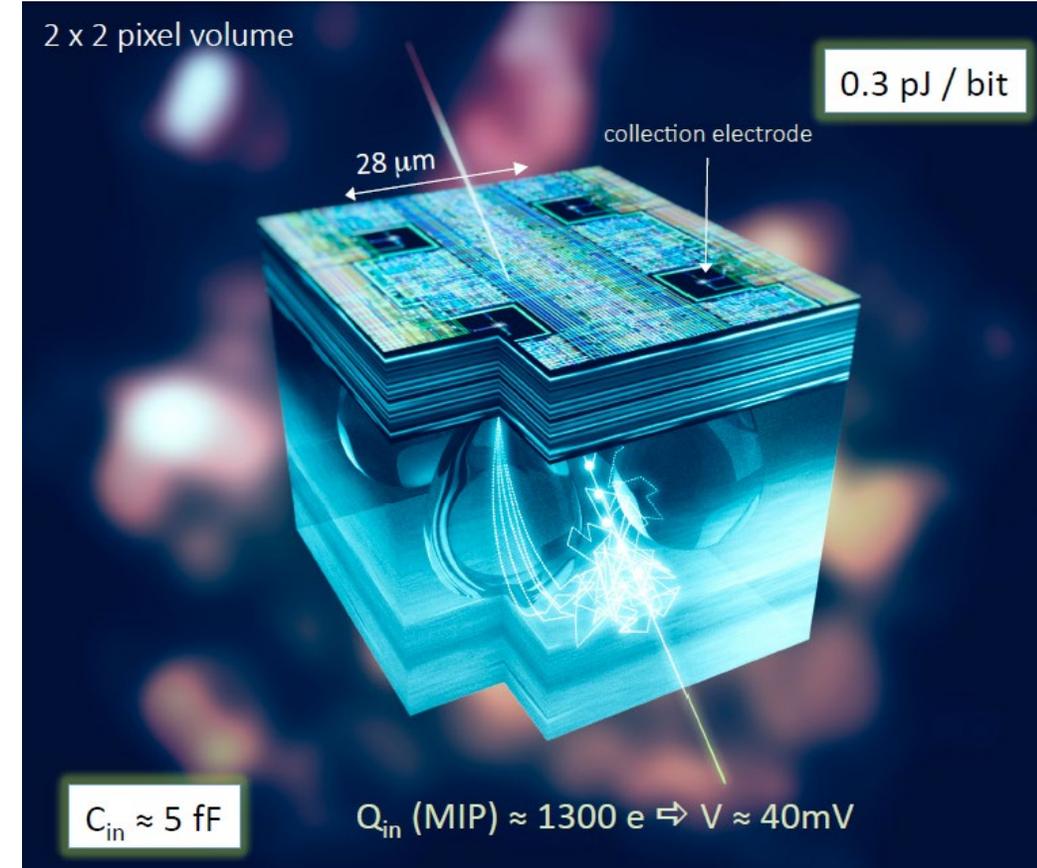


ATLAS slice



Caso esemplare: Sensore a Pixel Monolitici di Silicio

- Nello stesso blocco di silicio:
 - Volume sensibile per la raccolta del segnale
 - +
 - Logica di trattamento del segnale
- Rivela il passaggio di particelle cariche
- Può essere realizzato in uno spessore minimo, dell'ordine di $50 \mu\text{m}$
- Sviluppato per soddisfare la necessità di ridurre la quantità di materiale attraversata dalla particella:
 - Non perturbare la traiettoria della particella
 - Misurare la traiettoria delle particelle con bassa quantità di moto
 - Mantenere una quantità di segnale necessaria per misurare il passaggio
- Inizialmente sviluppato per applicazioni alle alte energie, ora in fase di test per applicazioni in campo medico e spaziale

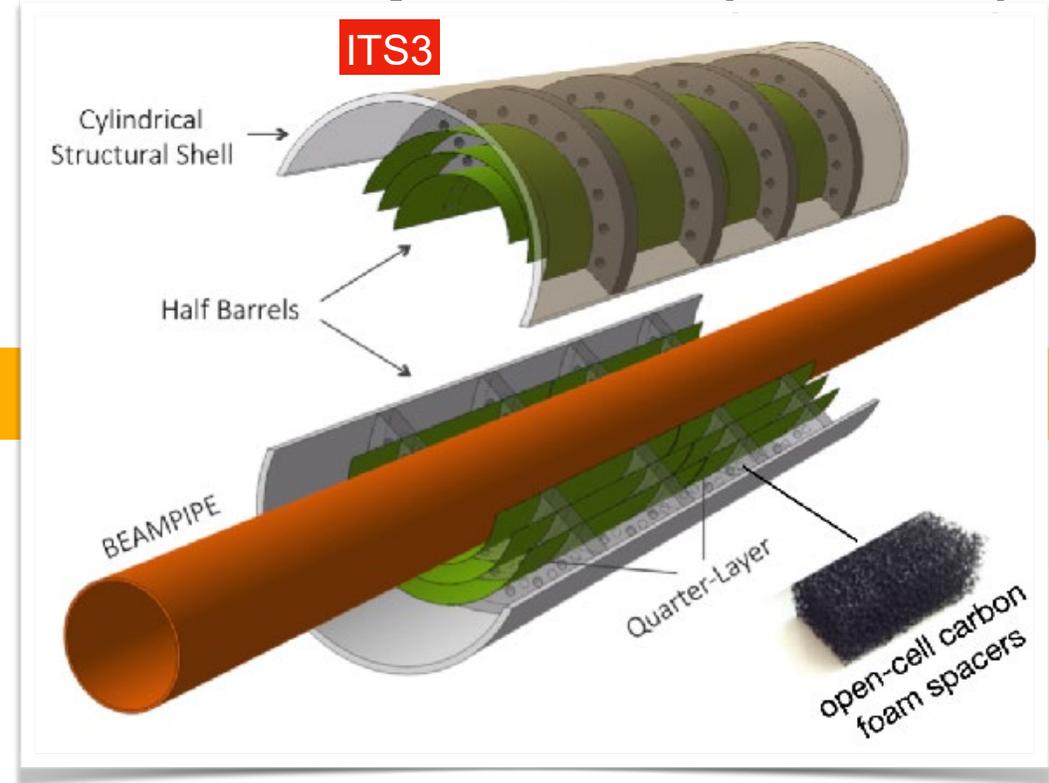


Apparati del futuro: ALICE-ITS3 @ LHC (2027)

replace



by



in LS3

key improvements:

- ▶ closer to beam pipe: 23 → 18 mm
- ▶ less material: 0.3 → ~0.03 % X_0

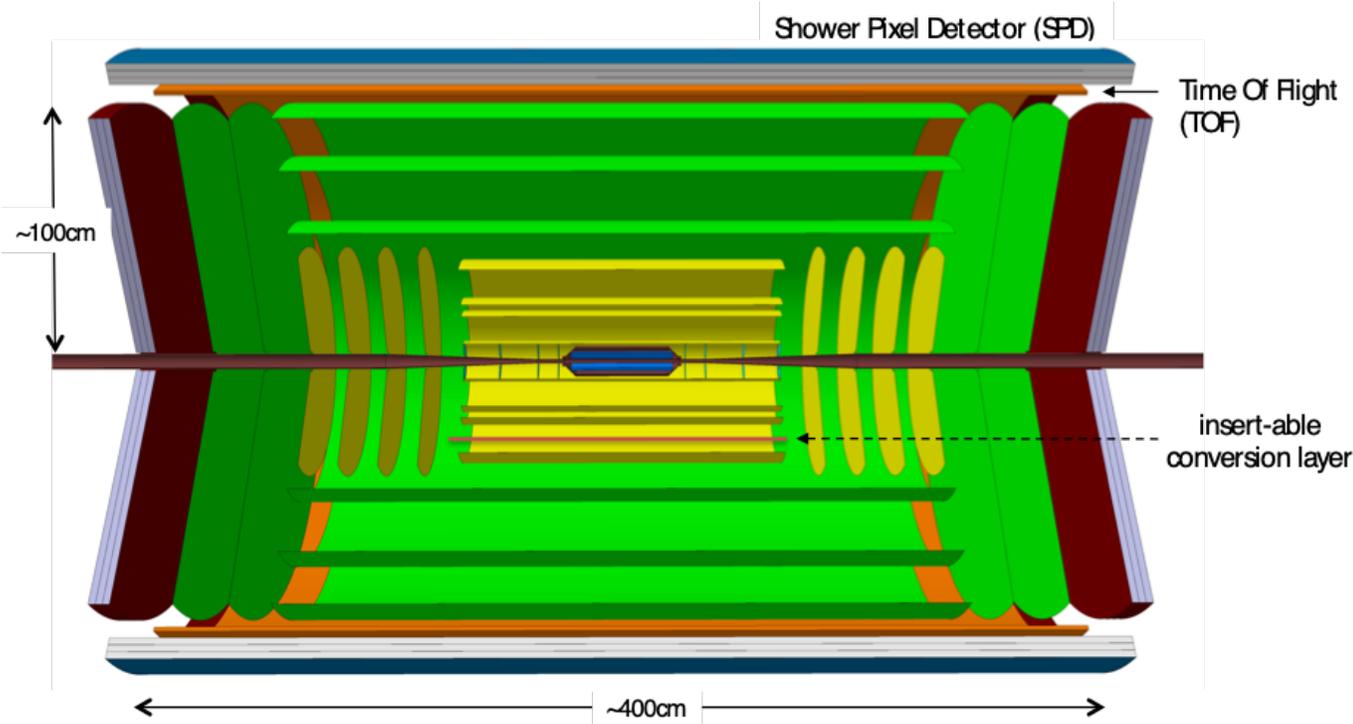
main benefit:

- ▶ better tracking performance
- ▶ especially at low p_T

based on:

- ▶ wafer-scale (up to ~28x10 cm),
 - ▶ ultra-thin (20-40 μm),
 - ▶ bent ($R=18, 24, 30$ mm)
- Si sensors (MAPS)**

Apparati del futuro: ALICE 3 @ LHC (2032)



- **tracking**
 - ~10 layers (blue, yellow, green) based on MAPS
- **particle identification**
 - time-of-flight layers (orange) in central barrel based on silicon timing sensors
 - Pre-Shower Detector (outermost blue) based on dense material and MAPS

key requirements

- **ultra-low material budget** for low p_T tracking
 - $X/X_0 \sim 0.05\%$ / layer
- **fast** to sample large luminosity
 - 50 - 100x Run 3/4
- **large acceptance**
 - $|\eta| < 4 \Rightarrow \Delta\eta = 8$ (total)
 - $|\eta| < \sim 1.4$ (central barrel)
- **excellent spatial resolution** for tracking and vertexing
 - innermost layers: $\sigma < 3 \mu\text{m}$
 - outer layers: $\sigma \sim 5 \mu\text{m}$
- **precise time measurement** for particle identification
 - $\sigma \sim 20 \text{ ps}$

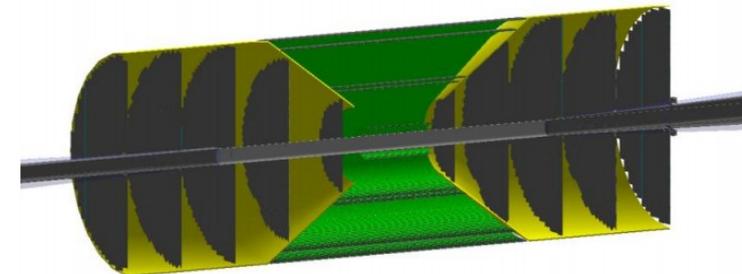
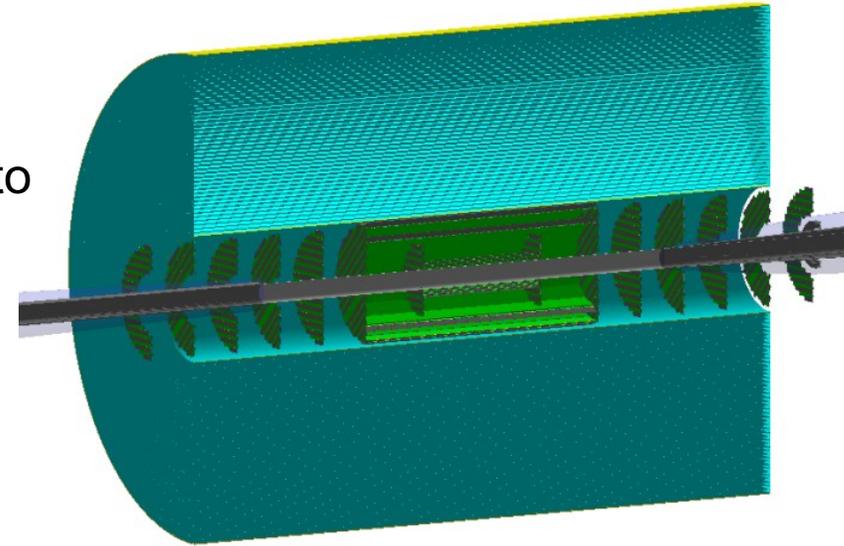
outperforming ALICE in Run 3+4

Apparati del futuro: Electron Ion Collider (2030 - 2035)

Requirements for an EIC tracker according to the [EIC detector handbook](#):

- Hermetic
 - * ($11 < 4, 0 : s \phi < 2n$ coverage)
- Compact
- Low-material-budget tracker
 - * (3-5% of X_0)
- Excellent momentum, angular, and vertex resolutions
 - * ($dp/p \sim \text{few } \%$)
- Aid in particle identification (PID).

Hybrid tracker



All-Si tracker

SDD DESIGN OPTIMIZATION FOR X-RAY SPECTROSCOPY AND IMAGING

Detector development activity performed in the framework of the XDXL and ReDSOX R&D INFN programs

Prototypes designed, manufactured and tested in collaboration between INFN, INAF and FBK.

(Rachevski et al., JINST, 2015)

SUBSTRATE OPTIMIZATION FOR X-RAY DETECTION

MATERIAL: NTD \rightarrow FZ

GEOMETRIC AREA (filling factor): 5" \rightarrow 6" wafer <100>

RESISTIVITY: 4 k Ω cm \rightarrow 9 k Ω cm

THICKNESS (QE): 300 μ m \rightarrow 450 μ m

DESIGN OPTIMIZATION FOR X-RAY DETECTION AND SPACE APP.

VOTLAGE DIVIDER: reduced power

SURFACE CURRENT: minimization

Si-SiO₂ INTERFACE GAP: minimization

FIELD PLATE: optimization for minimal surface current

QUANTUM EFFICIENCY: optimization for low E_{ph}

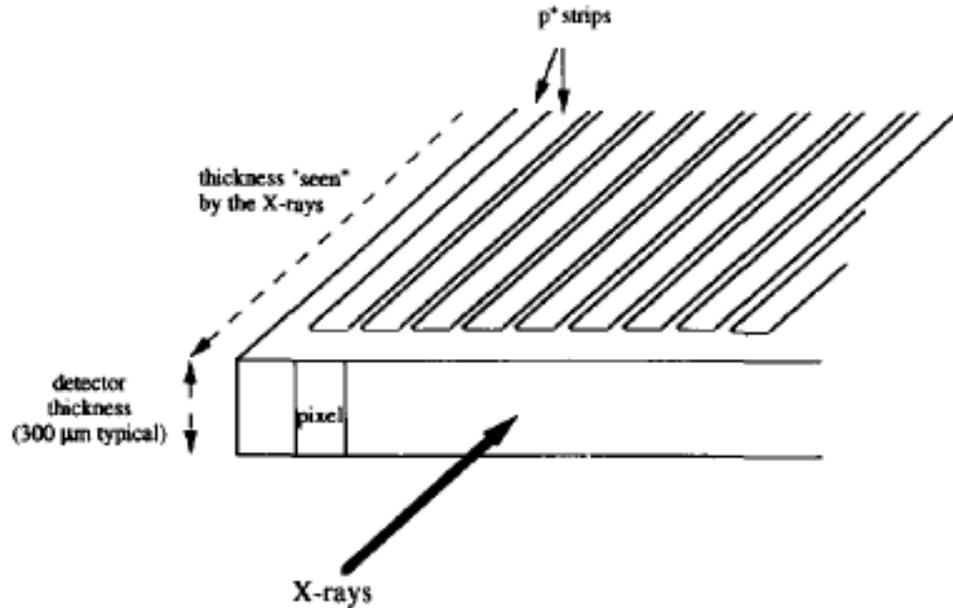
ANODE PITCH: opt. for spectral-timing & imaging



Altre applicazioni delle Silicon Drift Detector

- Spettroscopia + ricostruzione posizione 2D
 - Risoluzione all'anodo di decine di μm per X-rays con 2 keV
 - Lunghezza di deriva piu' grossolana: non c'e' rivelazione di tempo zero (6 mm per $E > 3.5$ keV)
- ⇒ Medical field: Compton camera
- ⇒ Nuclear physics precision spectroscopy
- ⇒ X-ray astronomy/astrophysics
- ⇒ X-ray imaging for Advanced Light Sources (SR and FEL)

Applicazione medica delle Silicon Strip Detector: SYRMEP @ ELETTRA: mammografia digitale



- Orientazione edge-on

- Struttura che ammetta connessione di tutti i canali in 3D, ma anche eviti una spaccatura al centro del volume sensibile

