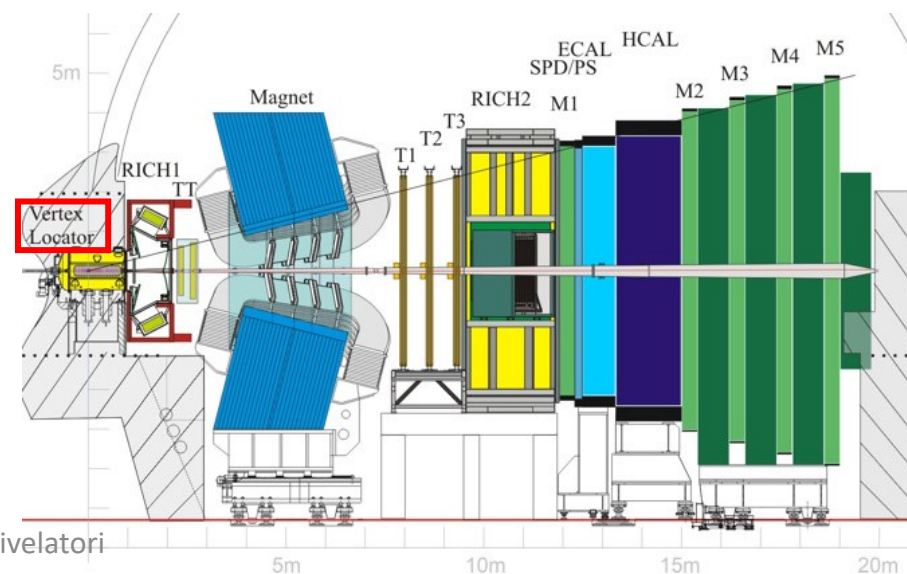
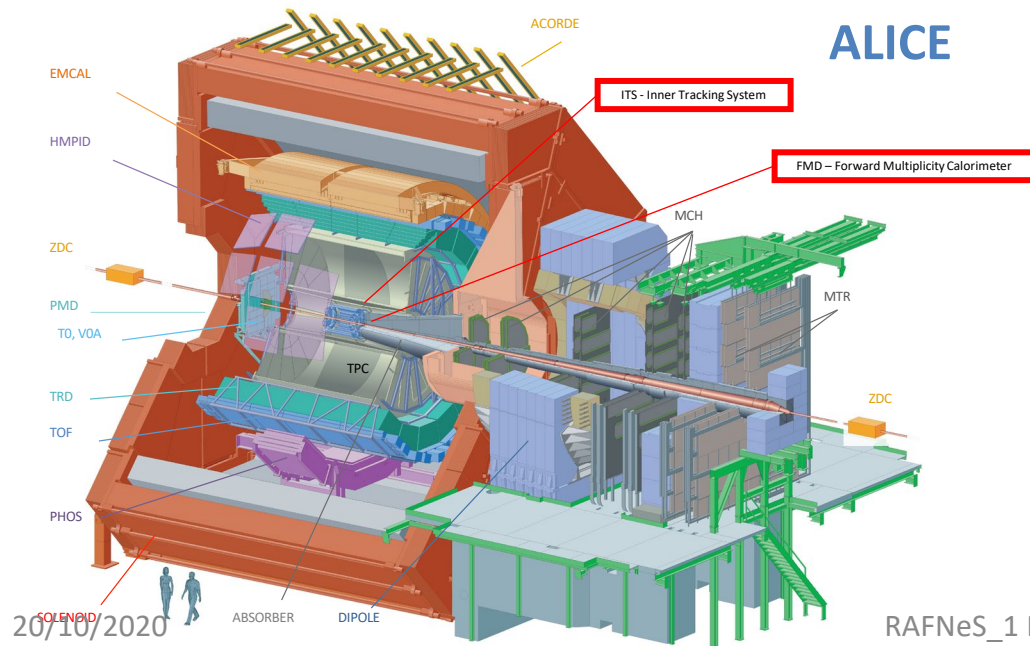
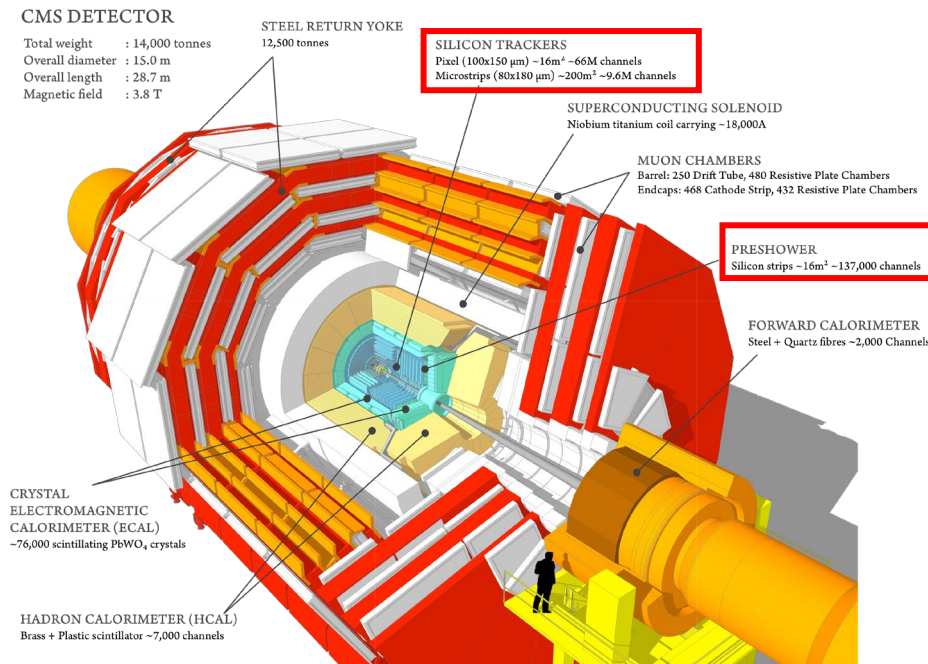
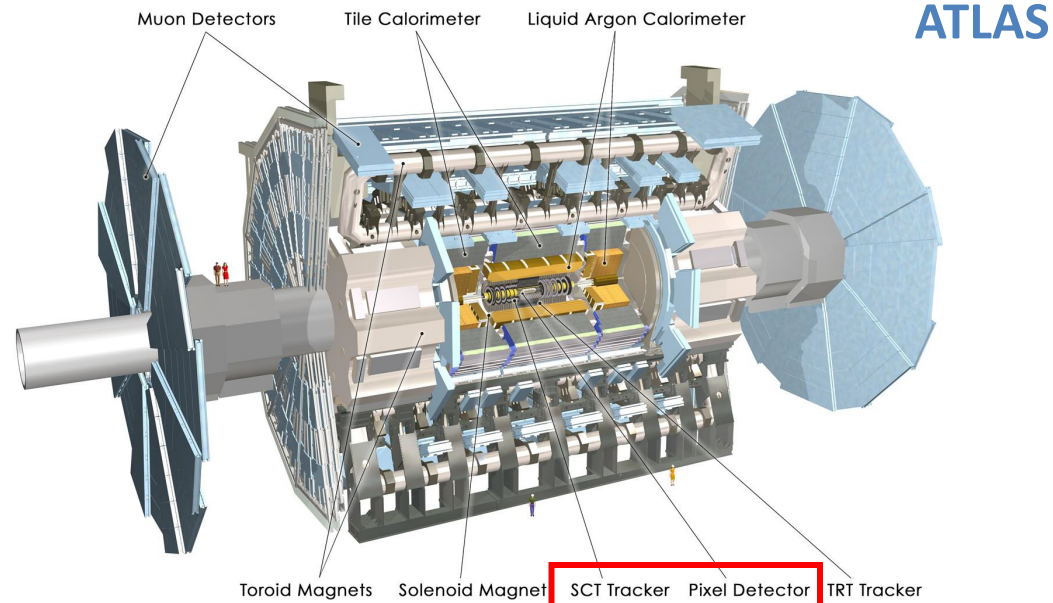


# Rivelatori e Apparati

## Lezione 1 – Panoramica rivelatori LHC

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



# Esempi di rivelatori al silicio: canali e superficie

Esperimento	Tecnologia usata	Canali [M]	Superficie [m <sup>2</sup> ]
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

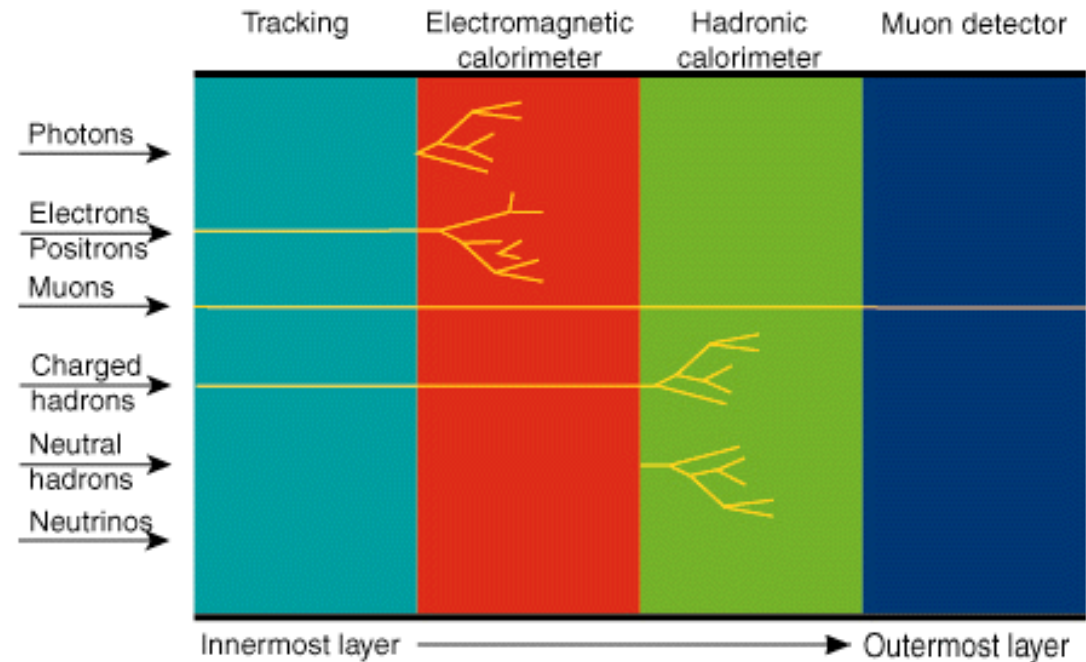
Rivelatori di tracciamento al silicio a LHC per Run1, Run2, Run3

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)

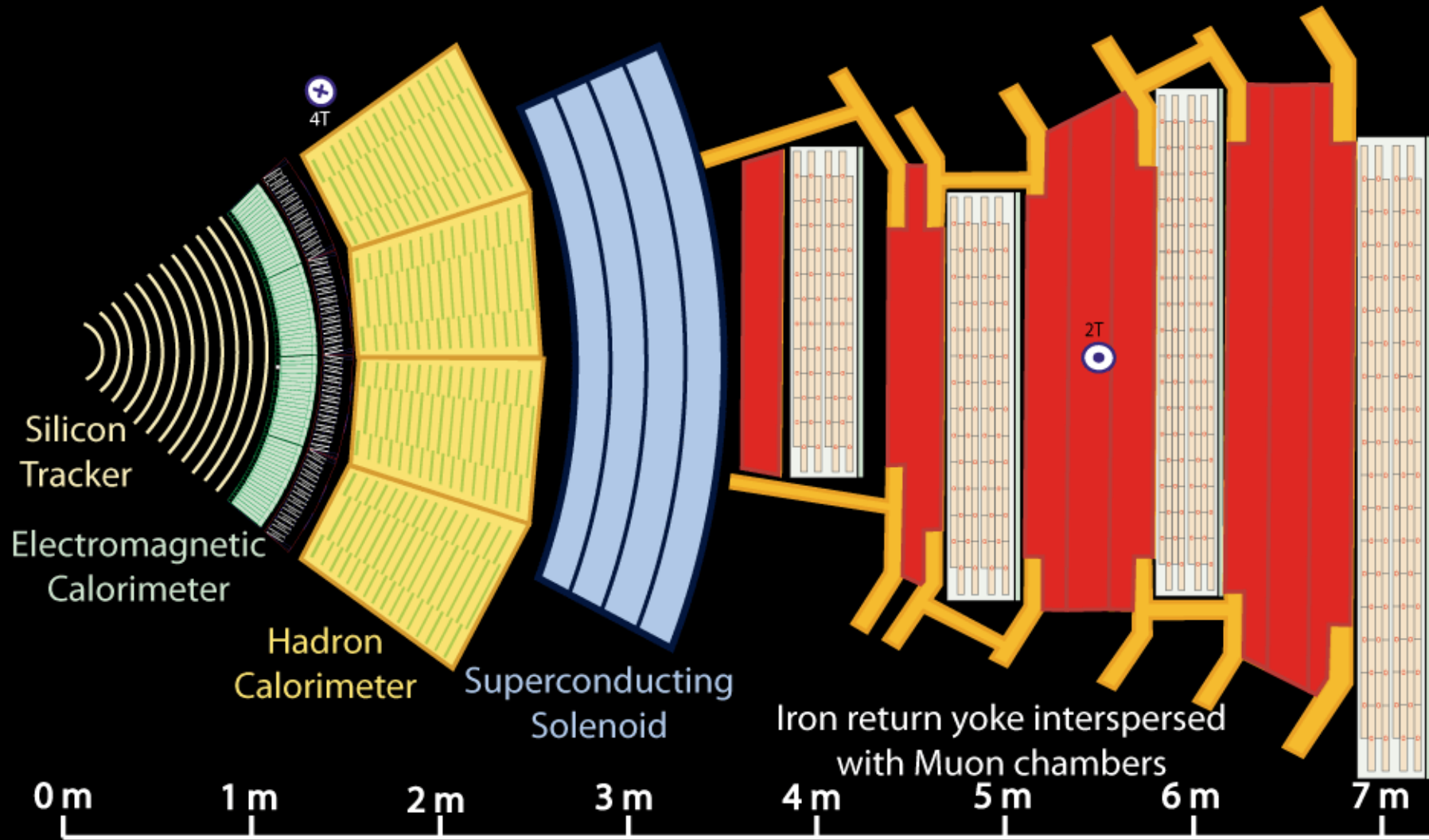
# Interazione di particelle diverse con rivelatori diversi

- 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



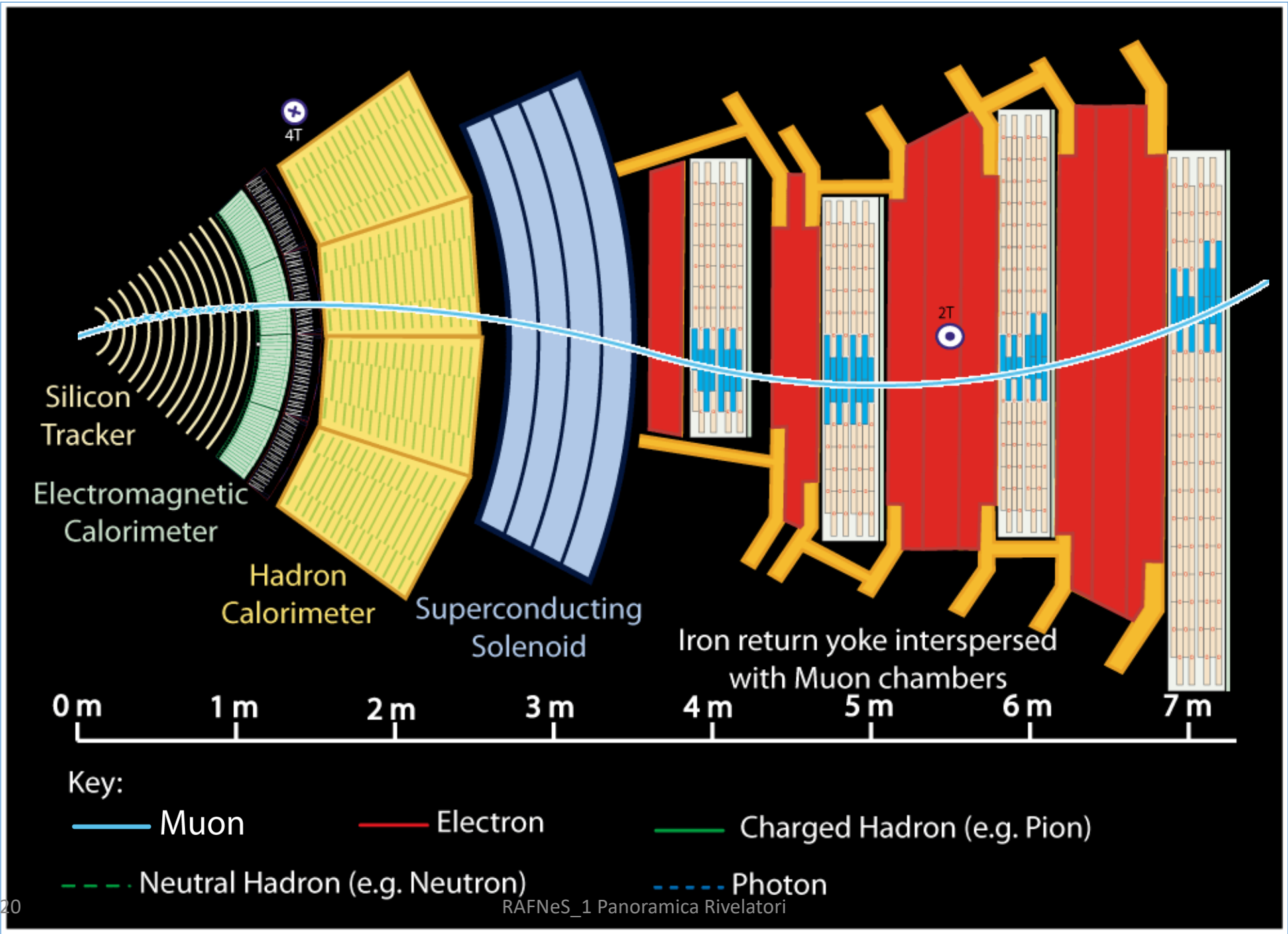
Per queste ragioni viene rispettato questo ordine nella sequenza dei diversi sistemi di rivelazione

# CMS slice

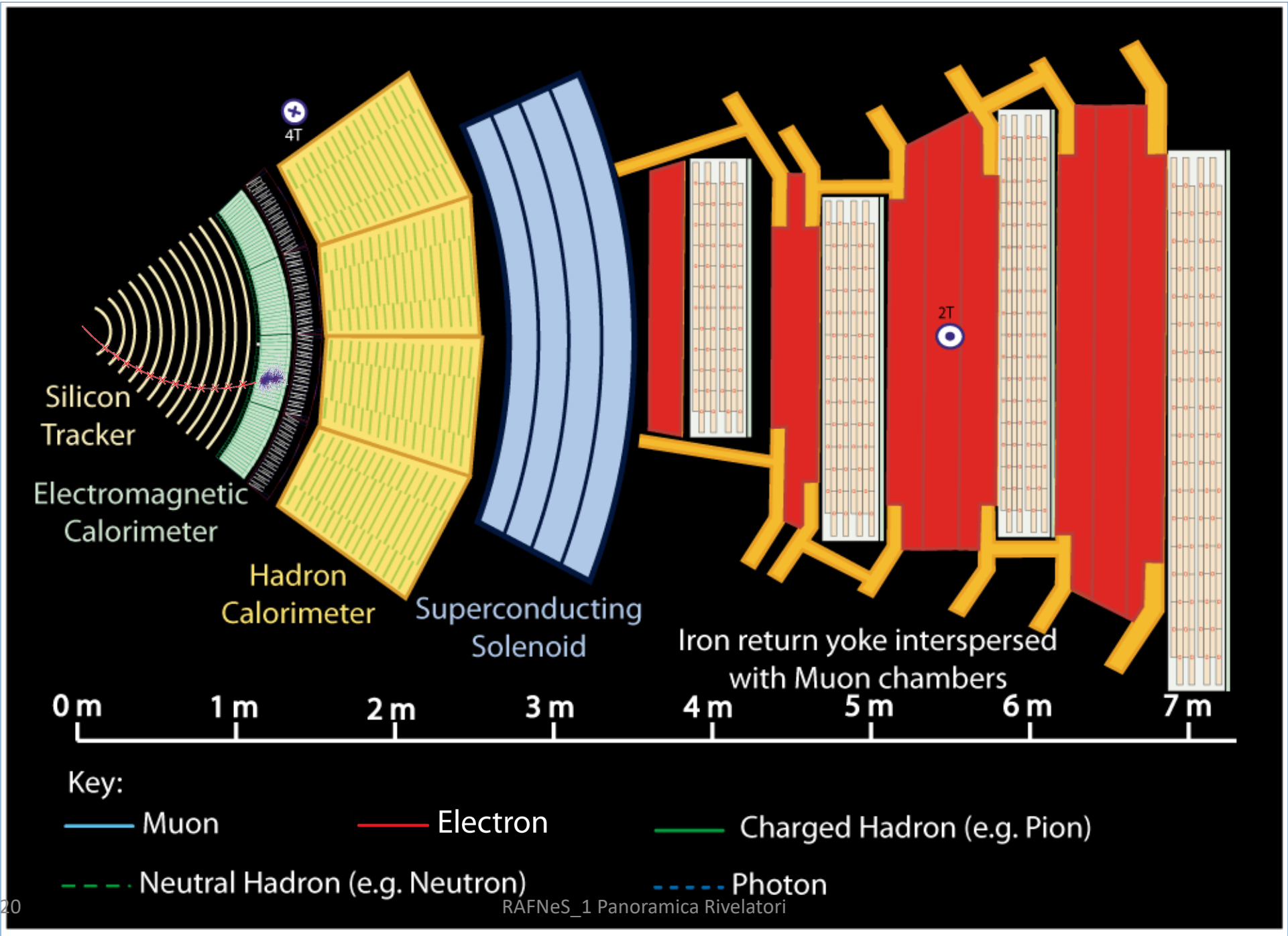


- Key:
- Muon
  - Electron
  - Charged Hadron (e.g. Pion)
  - - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)
  - - - Photon

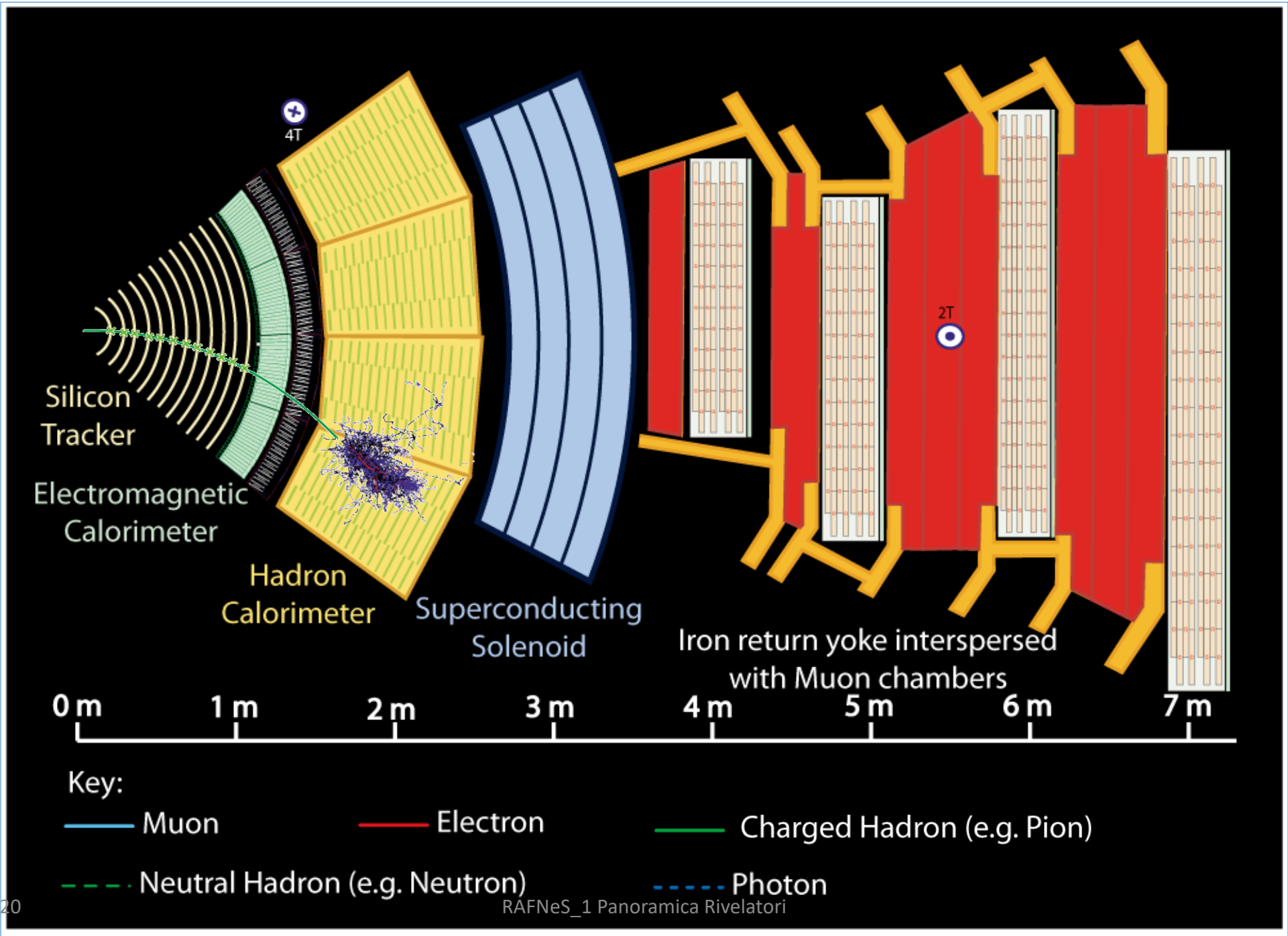
# CMS slice



# CMS slice

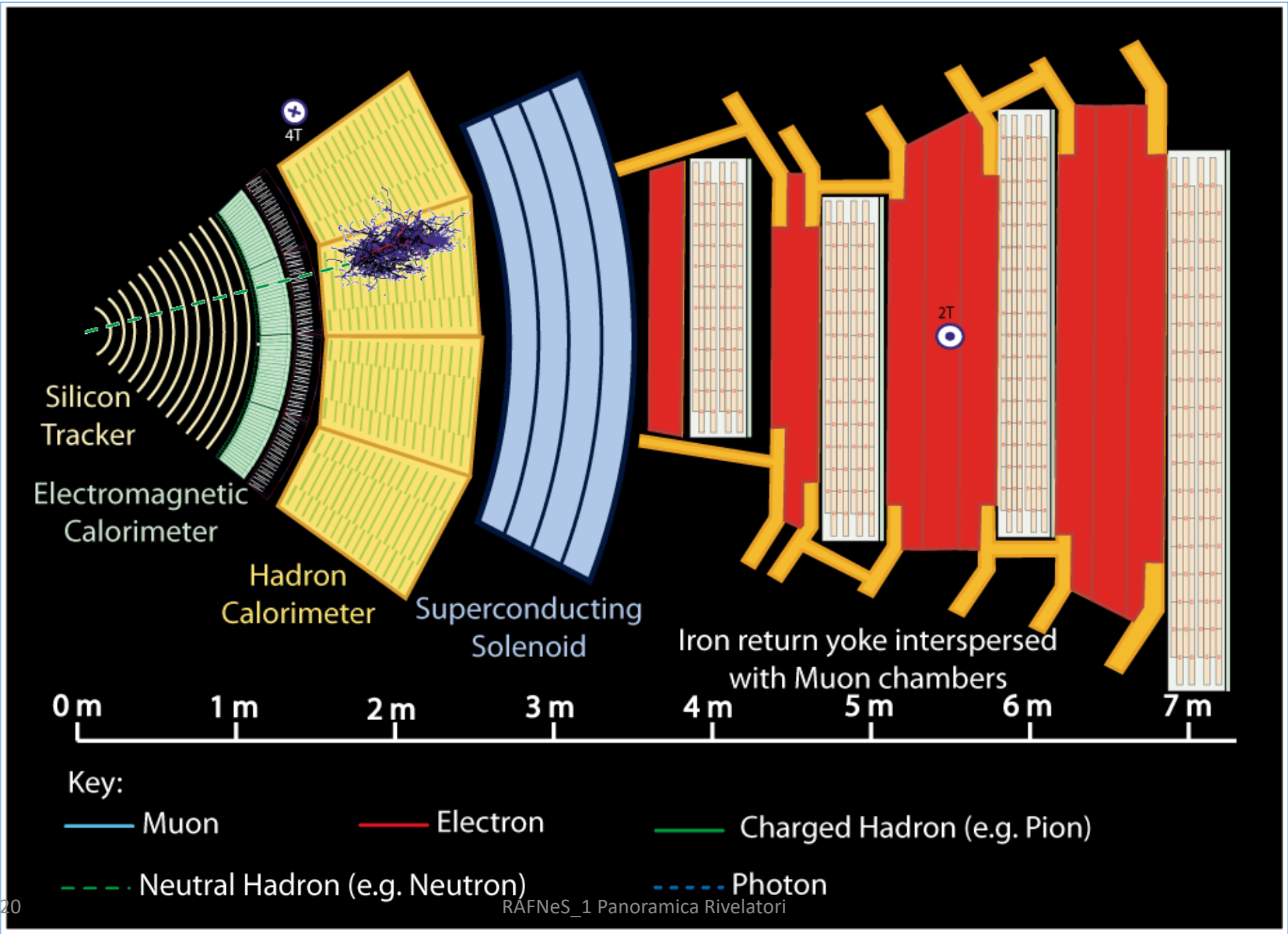


# CMS slice

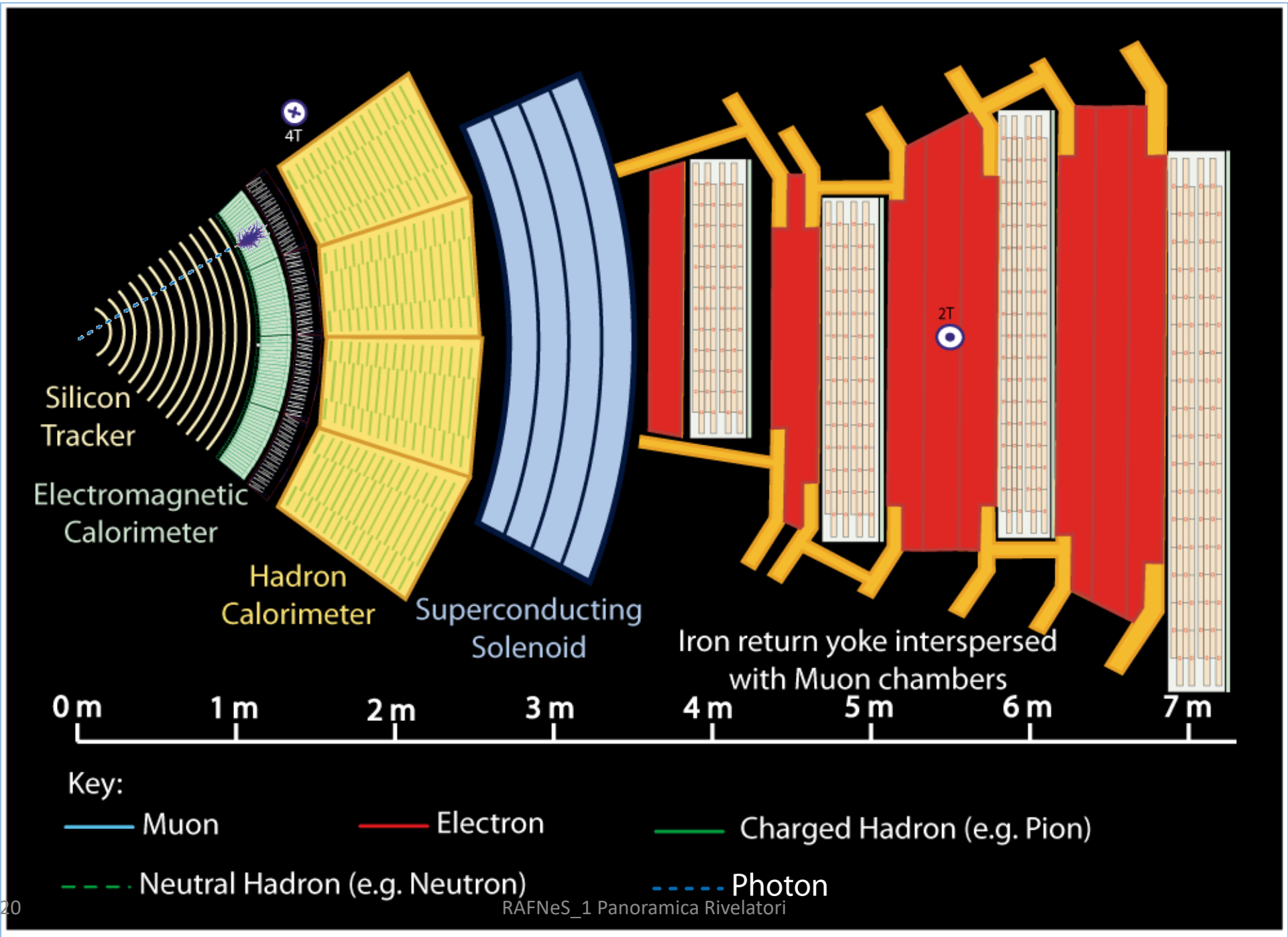




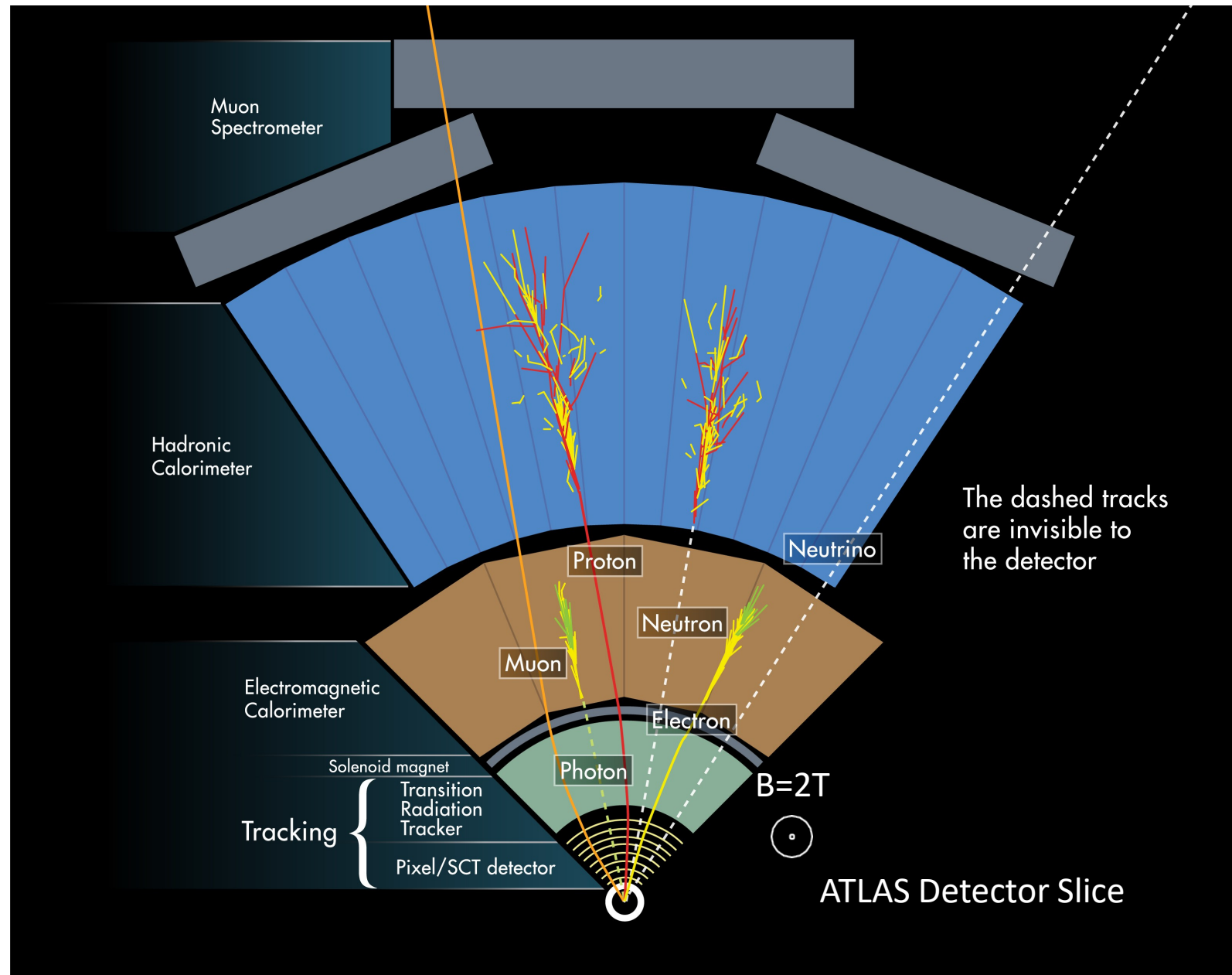
CMS  
slice



CMS  
slice



# ATLAS slice

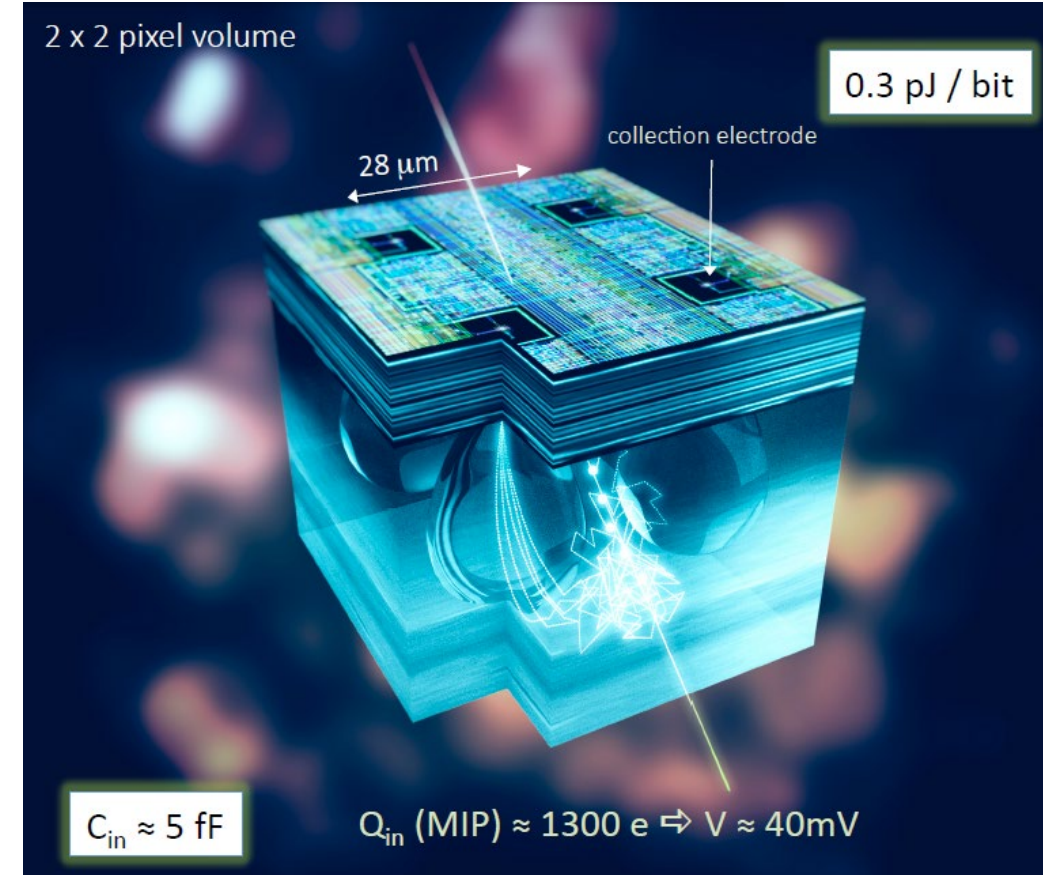


The dashed tracks are invisible to the detector

ATLAS Detector 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

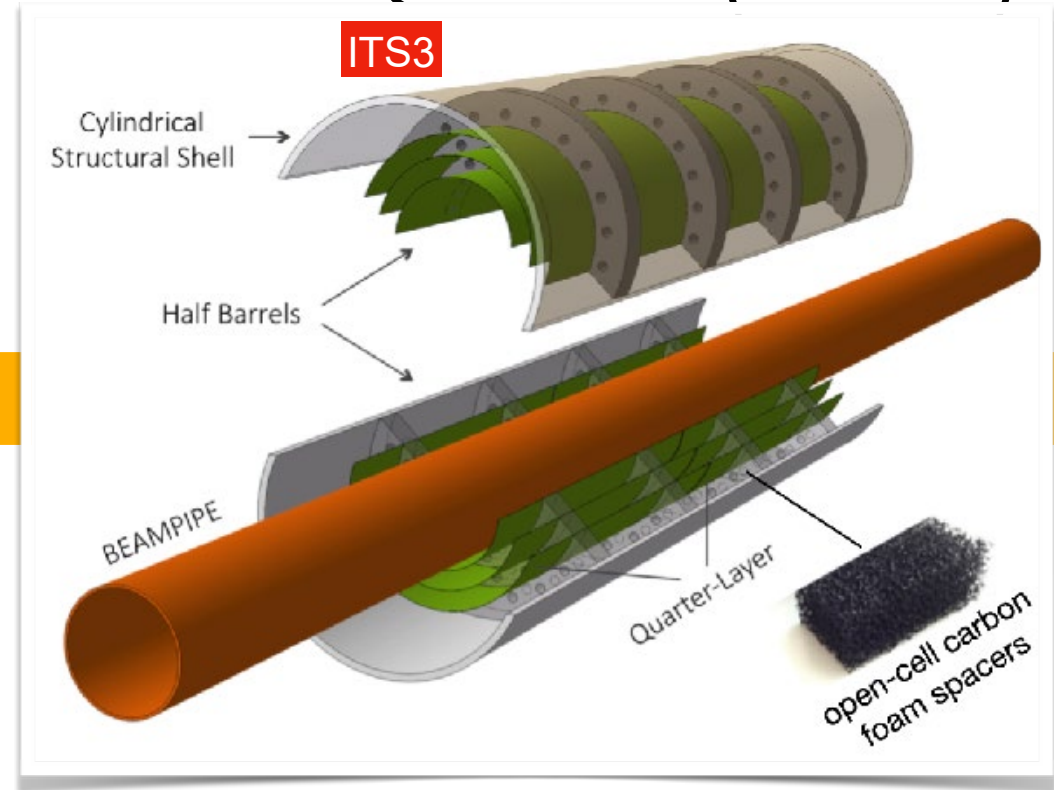


# Apparati del futuro: ALICE-ITS3 @ LHC (2027)

replace



by



in LS3

## key improvements:

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

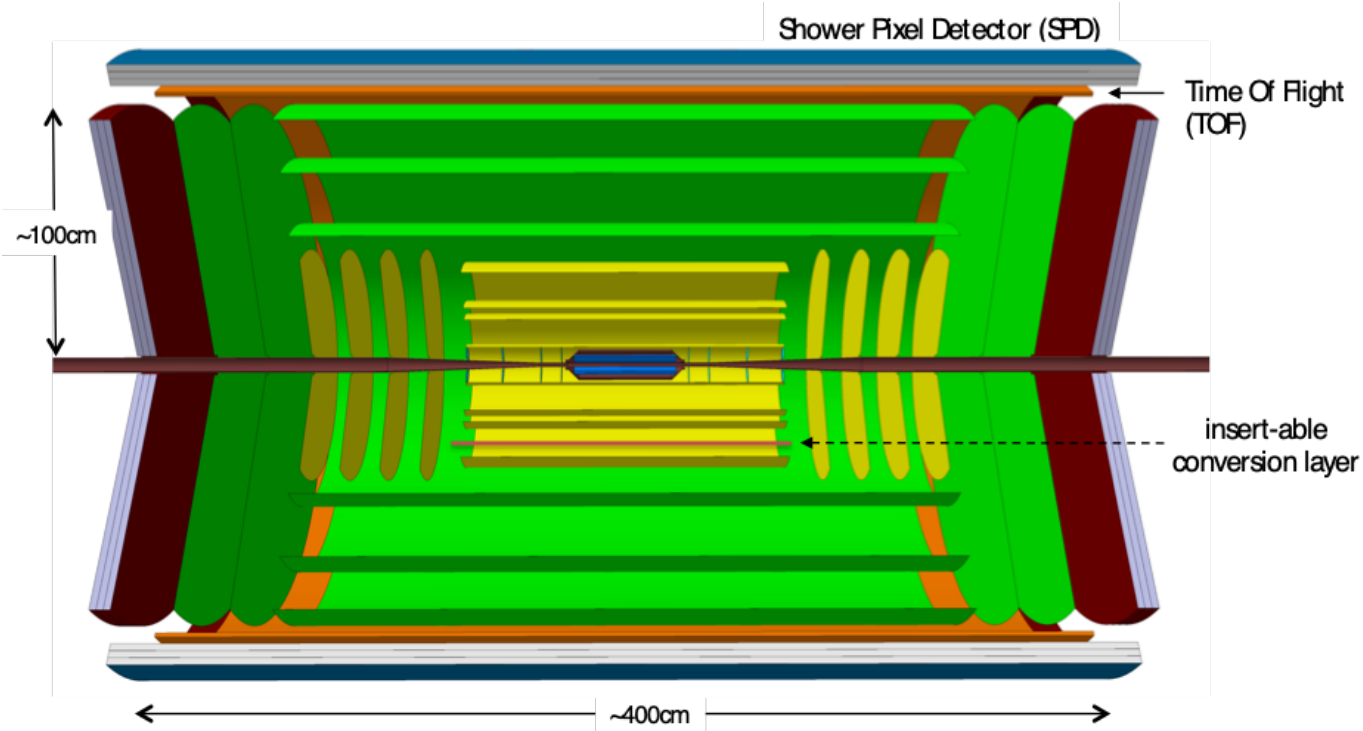
## main benefit:

- ▶ better tracking performance
- ▶ especially at low  $p_T$

## based on:

- ▶ wafer-scale (up to ~28x10 cm),
  - ▶ ultra-thin (20-40  $\mu\text{m}$ ),
  - ▶ 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
  - $\sigma \sim 20 \text{ ps}$

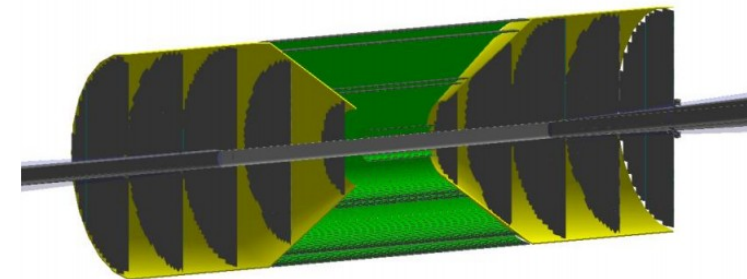
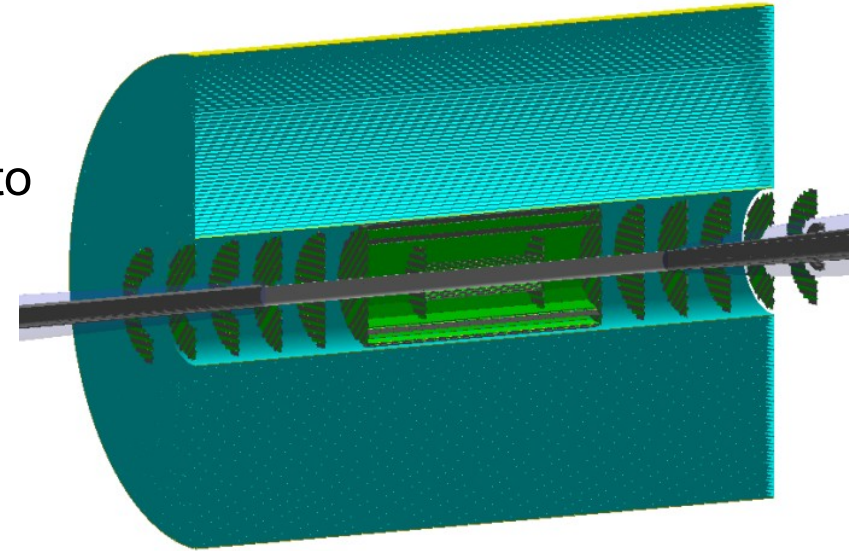
outperforming ALICE in Run 3+4

# 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 $\Omega$  cm  $\rightarrow$  9 k $\Omega$  cm

THICKNESS (QE): 300  $\mu$ m  $\rightarrow$  450  $\mu$ m

## DESIGN OPTIMIZATION FOR X-RAY DETECTION AND SPACE APP.

VOTLAGE DIVIDER: reduced power

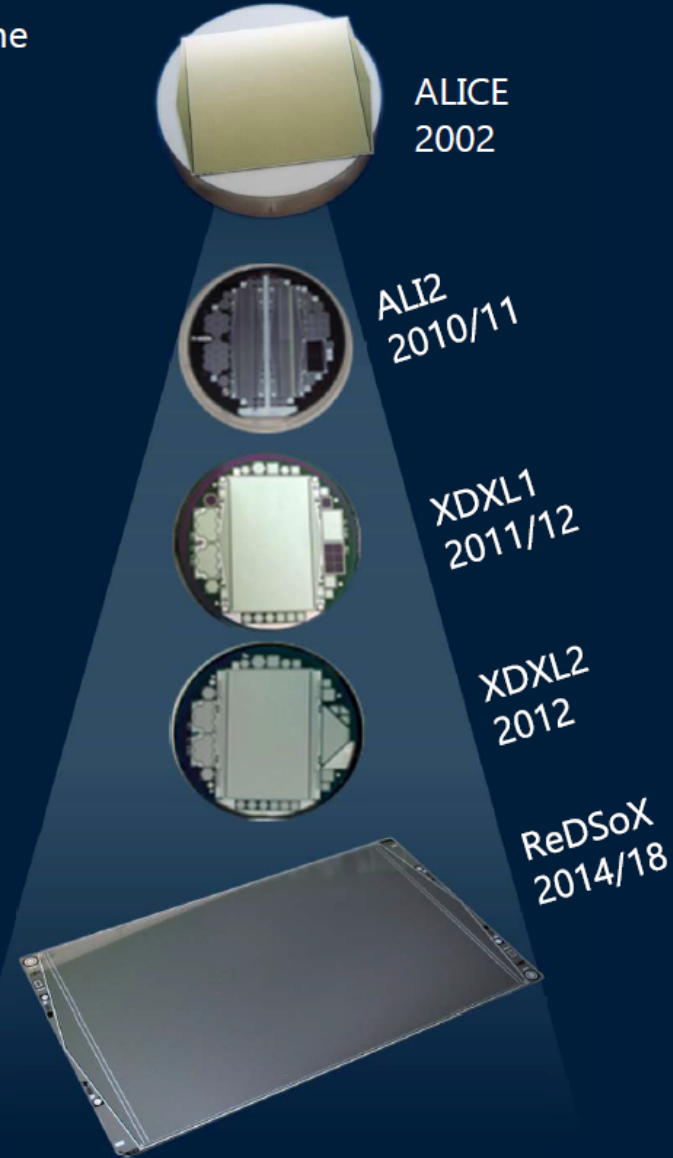
SURFACE CURRENT: minimization

Si-SiO<sub>2</sub> INTERFACE GAP: minimization

FIELD PLATE: optimization for minimal surface current

QUANTUM EFFICIENCY: optimization for low  $E_{ph}$

ANODE PITCH: opt. for spectral-timing & imaging

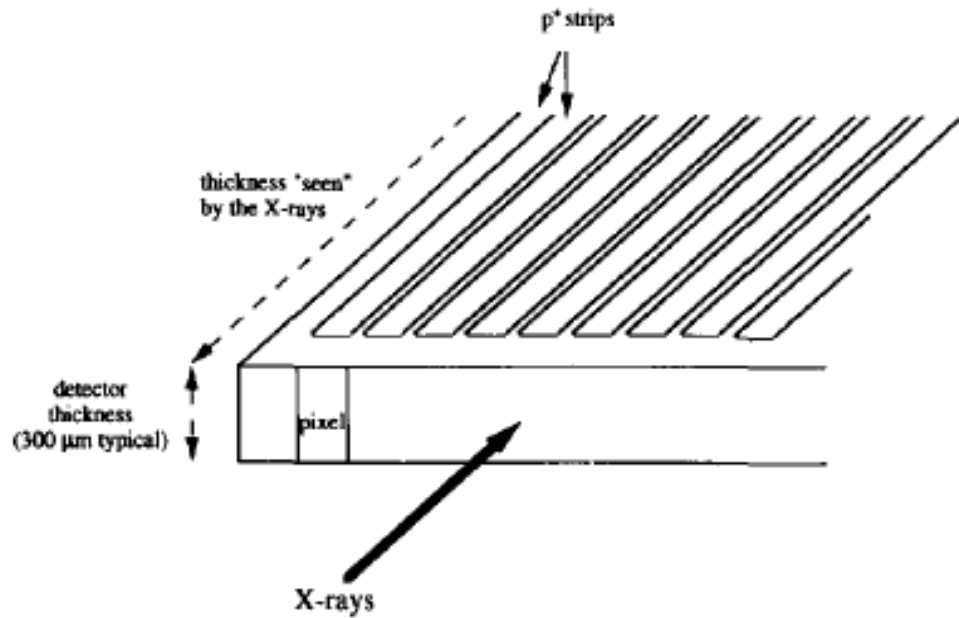




# Altre applicazioni delle Silicon Drift Detector

- Spettroscopia + ricostruzione posizione 2D
    - Risoluzione all'anodo di decine di  $\mu\text{m}$  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

