

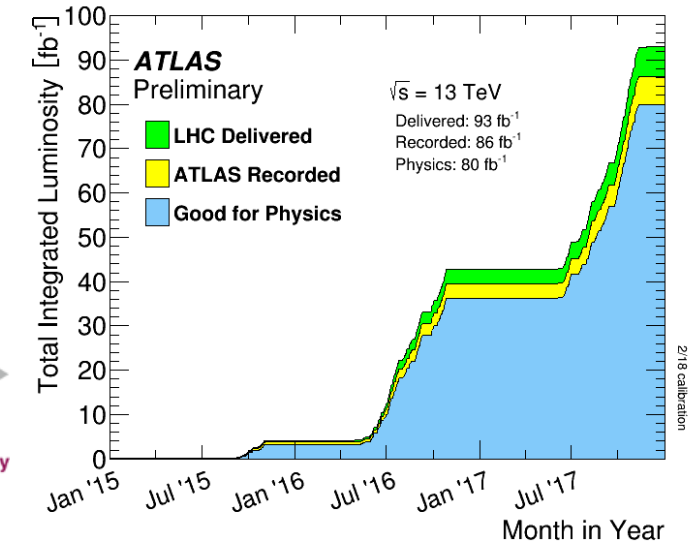
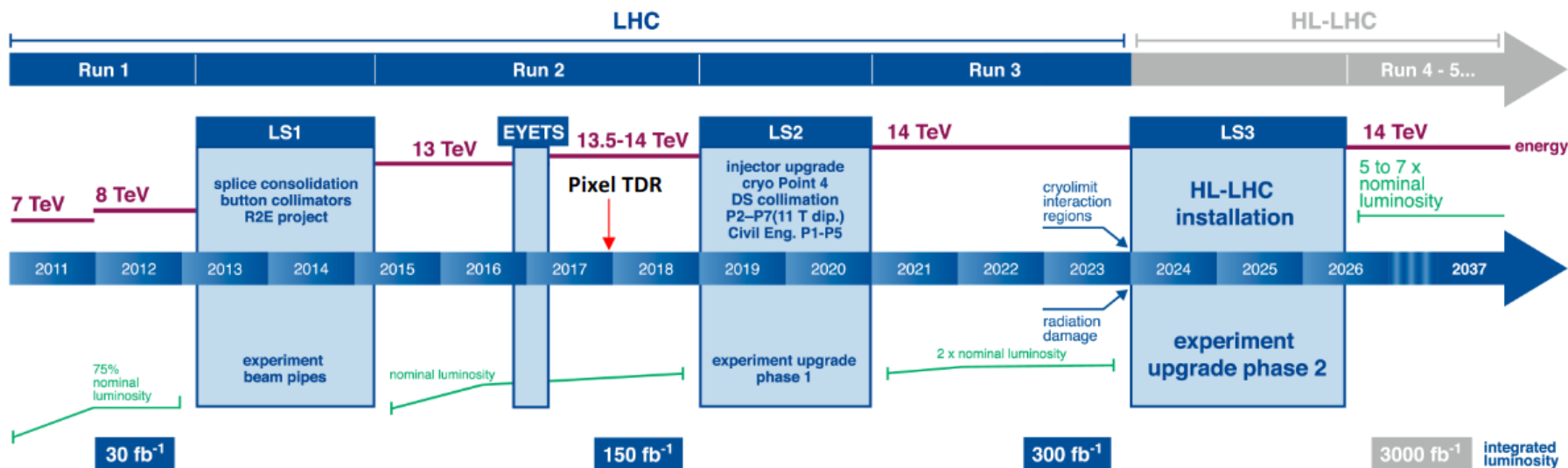


# UPGRADE DEL PIXEL INNER TRACKER DI ATLAS PER HL-LHC

Dr. Federico Lasagni Manghi a nome della collaborazione ATLAS ITK Italia

# HL-LHC

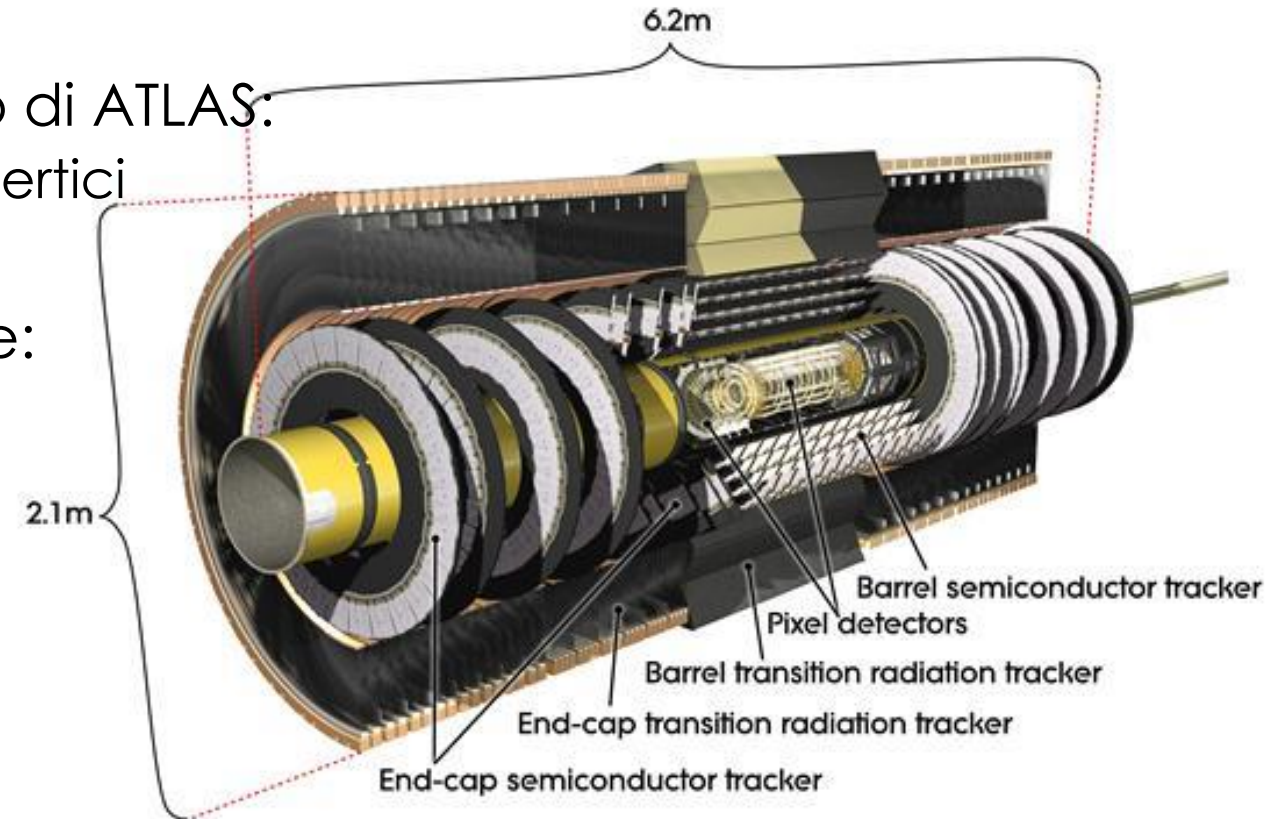
- LHC – 2017  $\langle \mu \rangle = 40$ ,  $L = 80 \text{ fb}^{-1}$  (13 TeV)
- LHC RUN 3  $\langle \mu \rangle = 40$ ,  $L = 300 \text{ fb}^{-1}$
- HL-LHC (atteso)  $\langle \mu \rangle = 200$ ,  $L = 4000 \text{ fb}^{-1}$
- Grande opportunità di scoperta, grande sfida tecnologica



# L'INNER DETECTOR DI ATLAS

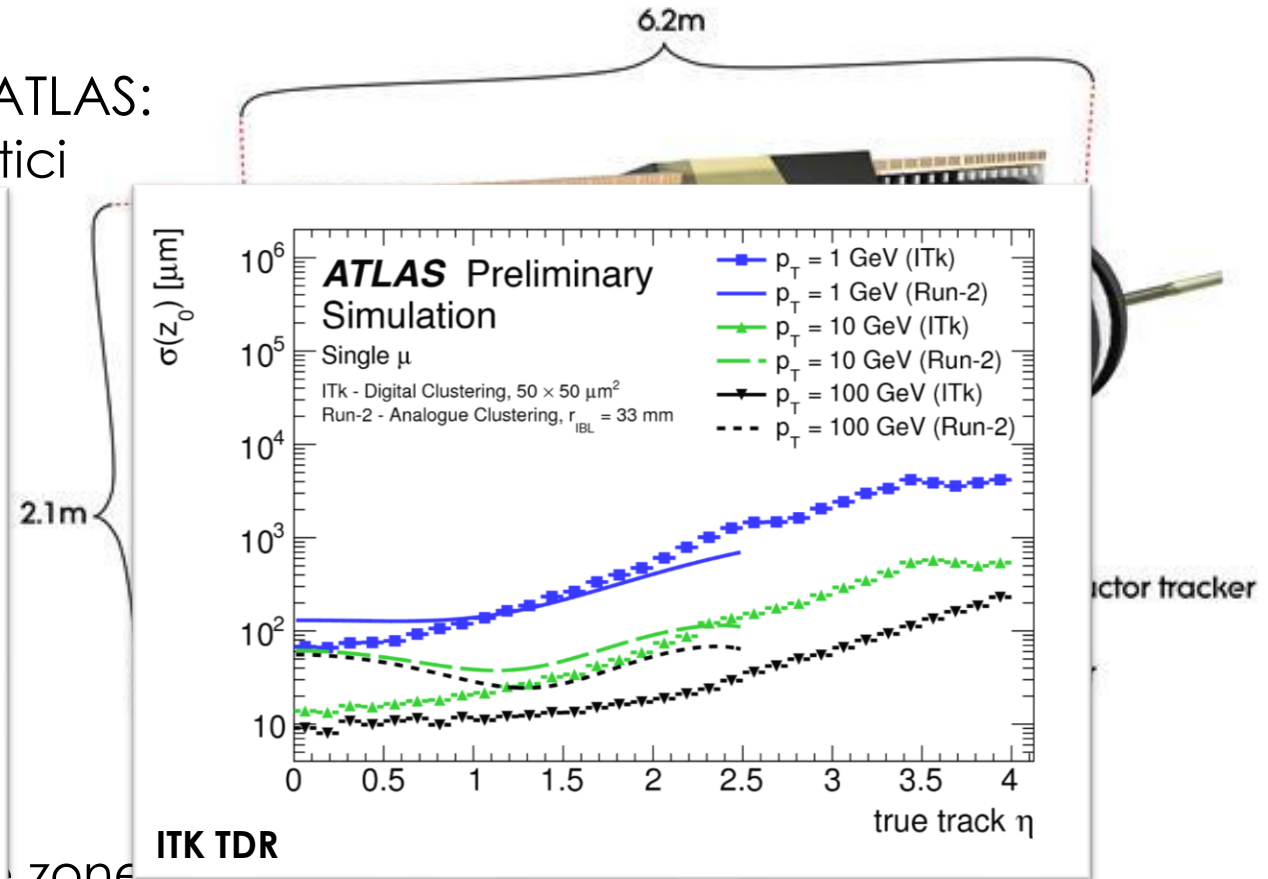
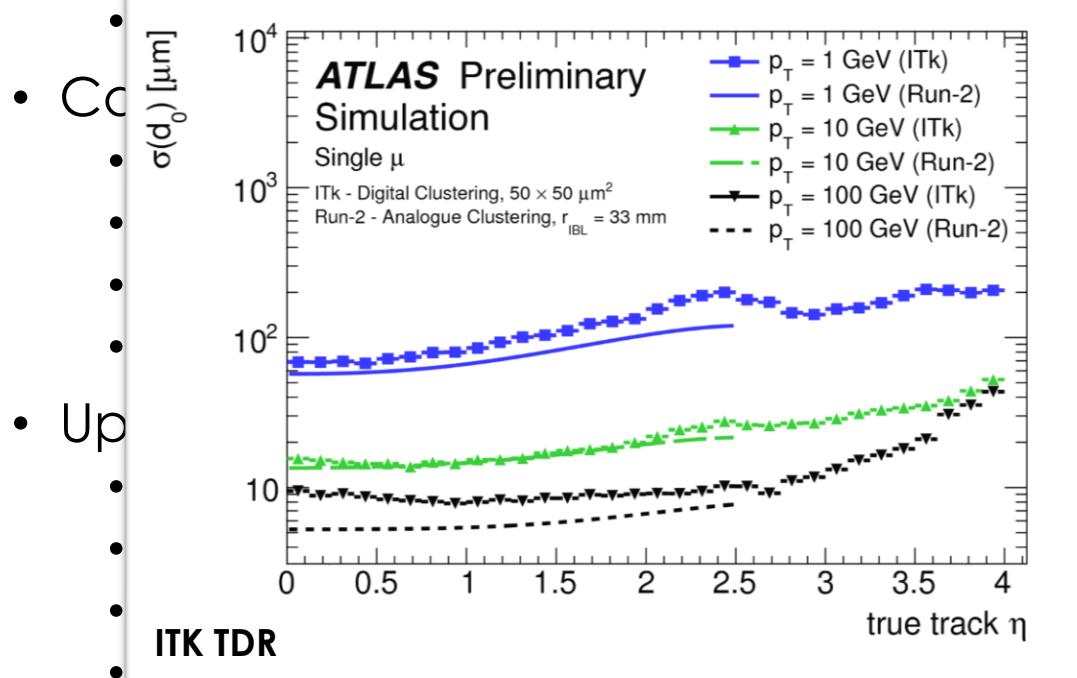
- Il cuore del sistema di tracciamento di ATLAS:
  - Associazione e identificazione dei vertici
  - Ricostruzione delle tracce
- Caratteristiche operative necessarie:
  - Alta frequenza di acquisizione
  - Alta resistenza alle radiazioni
  - Alta granularità
- Upgrade:
  - 4 → 5 strati
  - 2.5 → 4 copertura in  $|\eta|$
  - Granularità fino a 5 volte superiore
  - Resistenza alle radiazioni fino a 20 volte superiore nelle zone più sensibili

SILICIO



# L'INNER DETECTOR DI ATLAS

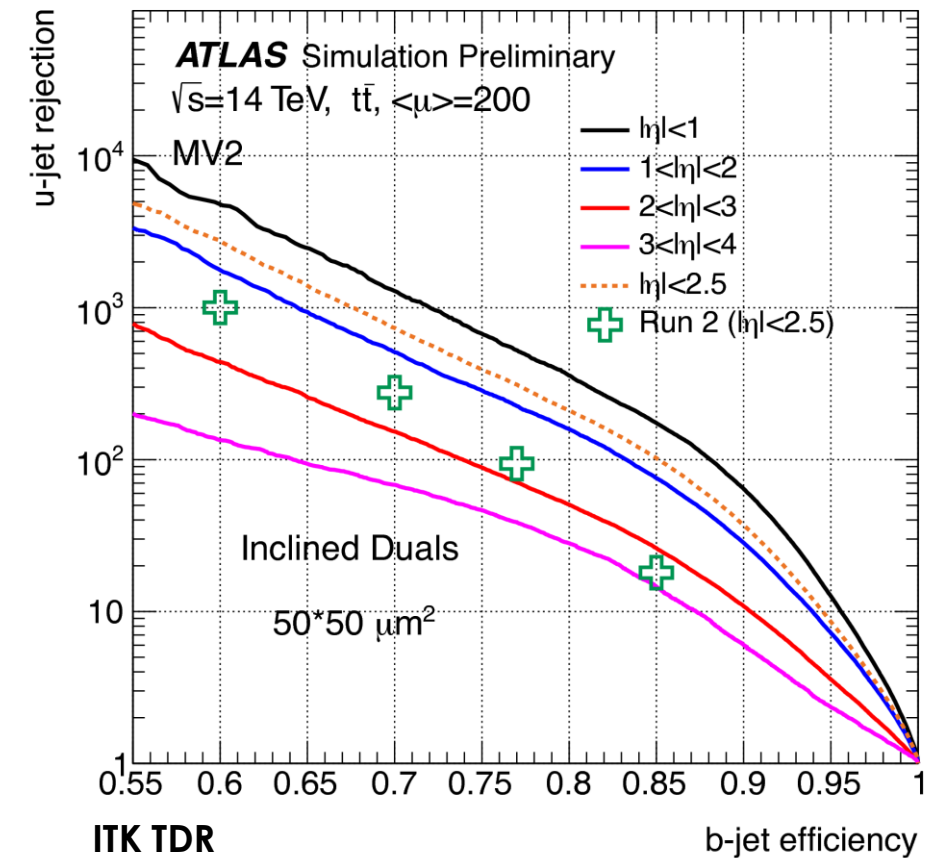
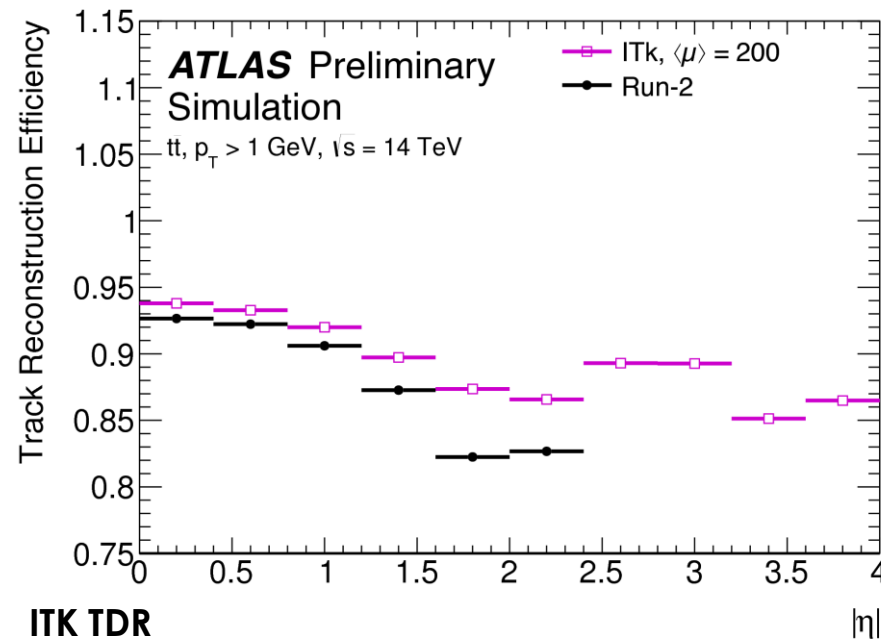
- Il cuore del sistema di tracciamento di ATLAS:
  - Associazione e identificazione dei vertici



zone più sensibile

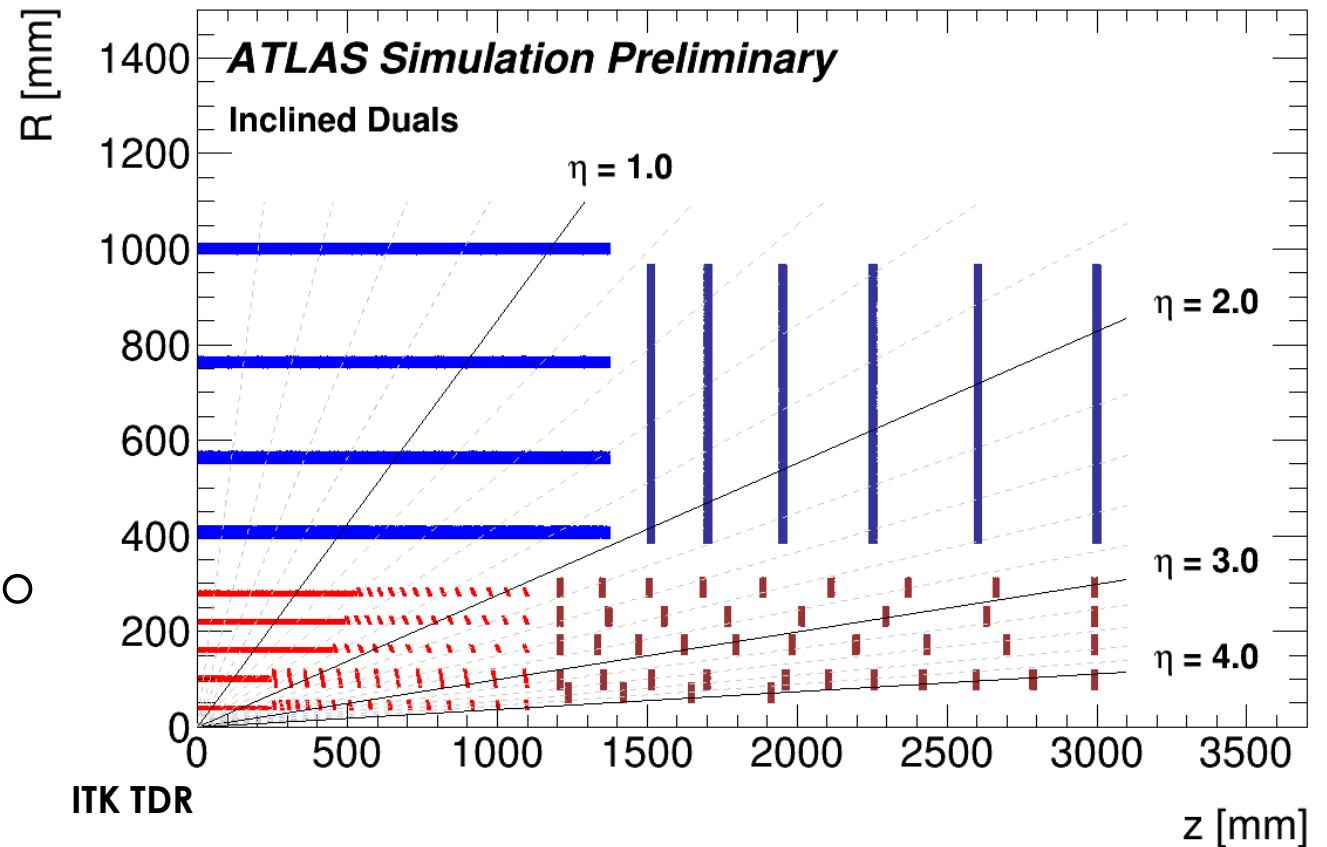
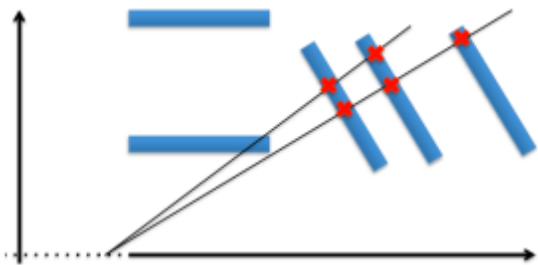
# TRACCIAMENTO E FISICA

- Miglior efficienza del rivelatore attuale anche a  $\langle \mu \rangle = 200$
- Efficienza di ricostruzione tracce oltre l'85% anche a  $3 < |\eta| < 4$

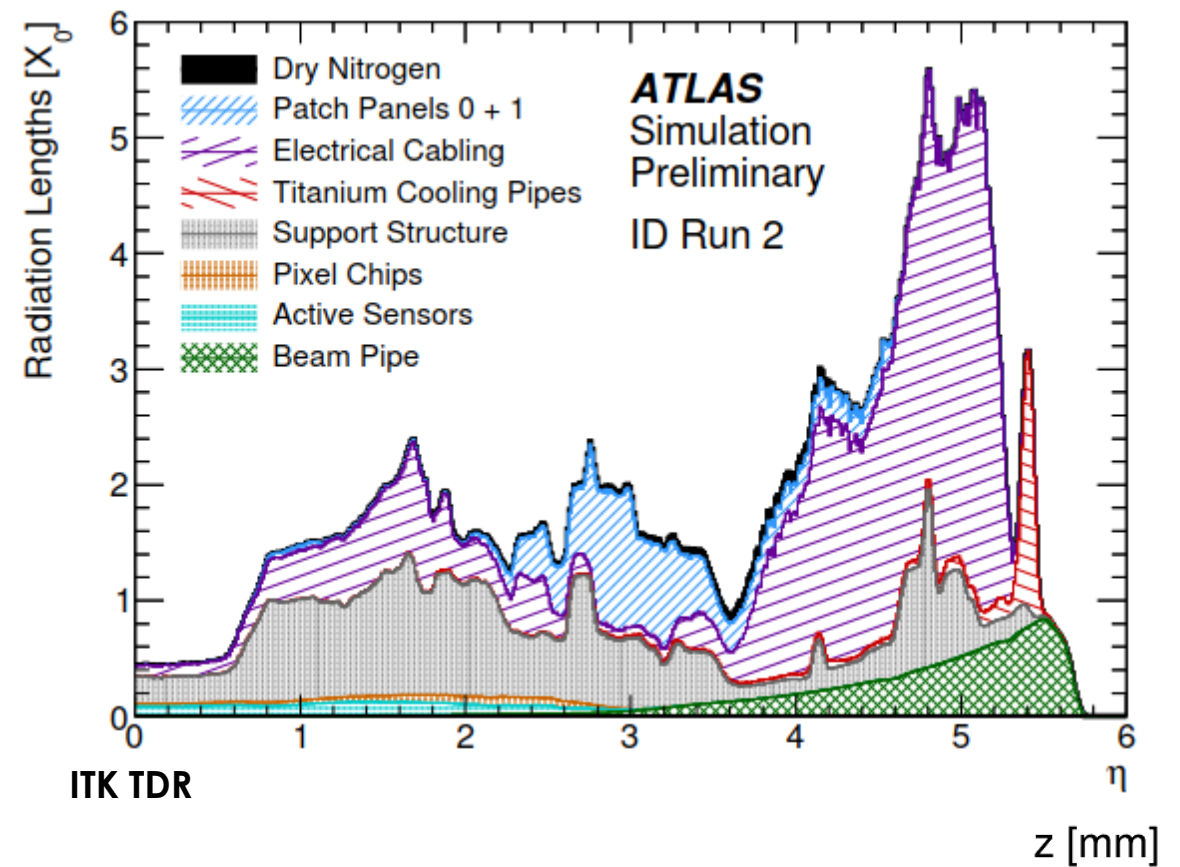
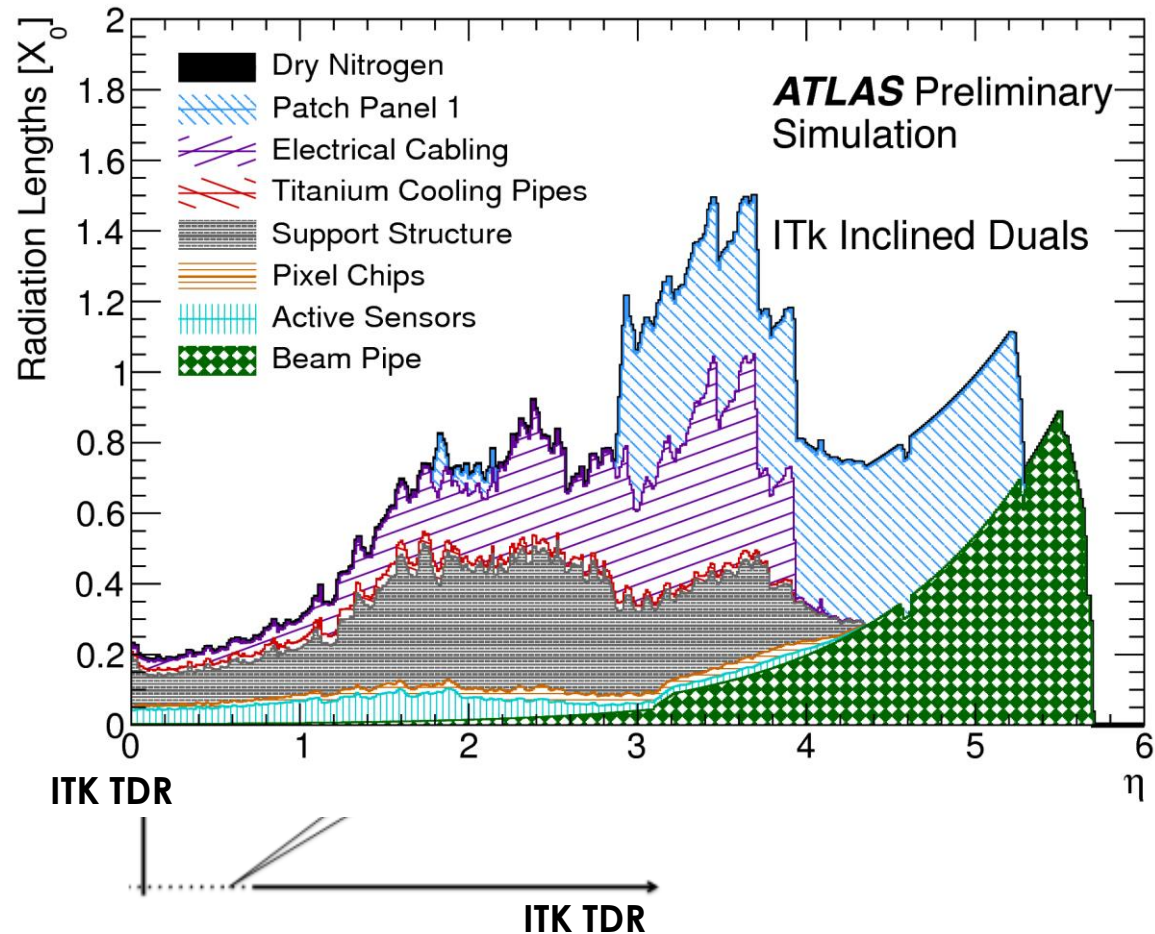


# INNER TRACKER: DISPOSIZIONE

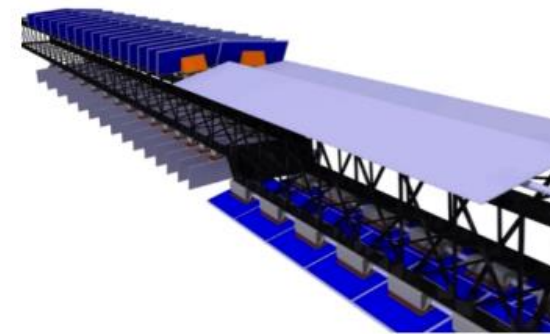
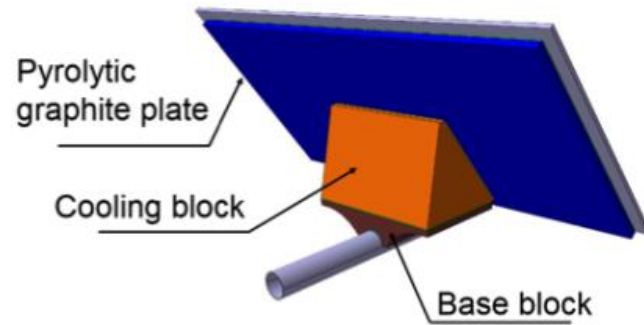
- Diverse disposizioni studiate:
  - *Extended* – lunga regione *barrel*
  - *Inclined* – moduli inclinati in una parte della regione *barrel*
- *Inclined* preferita:
  - Evolutasi in *inclined duals*
  - Minor materiale attraversato
  - Più punti di ricostruzione
  - Cluster più piccoli
  - Migliore efficienza di tracciamento



# INNER TRACKER: DISPOSIZIONE



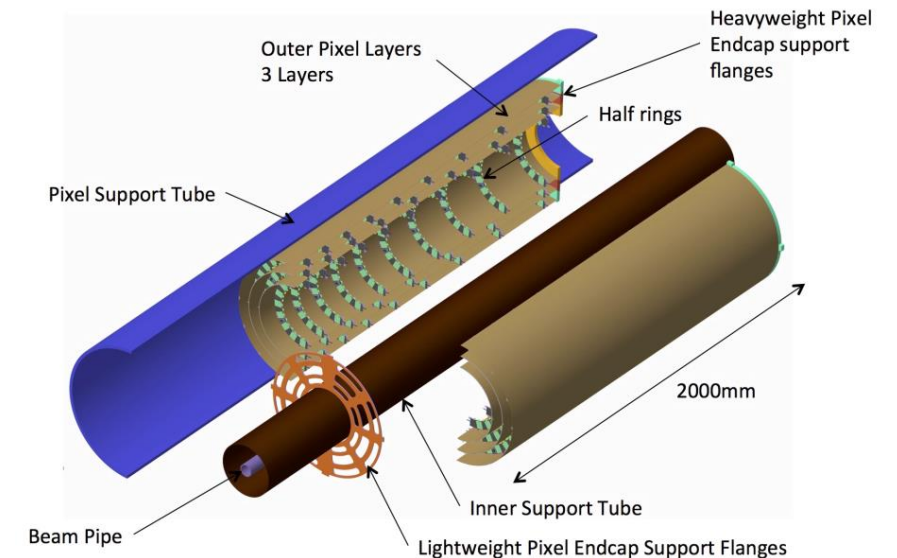
# MECCANICA & SERVIZI



Barrel

- Barrel – struttura a *longheroni*
  - Supporto composito leggero
  - Tubi di raffreddamento a CO<sub>2</sub>
  - Piastre inclinate (56°) conduttrici
- Endcap – supporti concentrici
  - Slegati dalla struttura a disco
  - Anelli indipendenti → copertura migliore
- Potenza 0.5 W/cm<sup>2</sup> – dissipazione 0.7 W/cm<sup>2</sup>

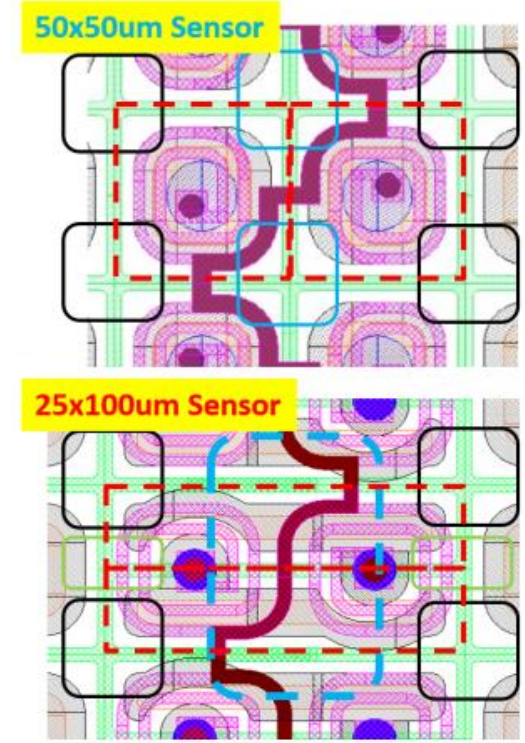
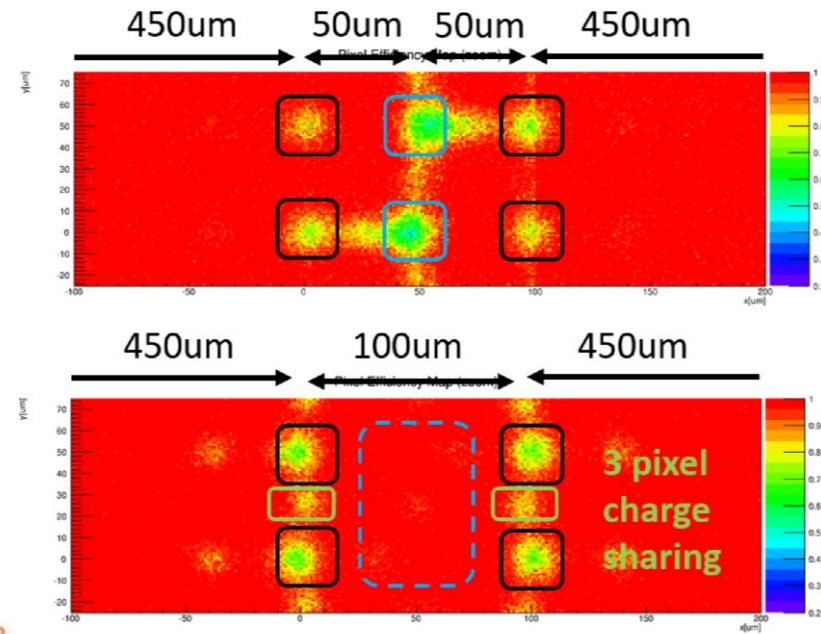
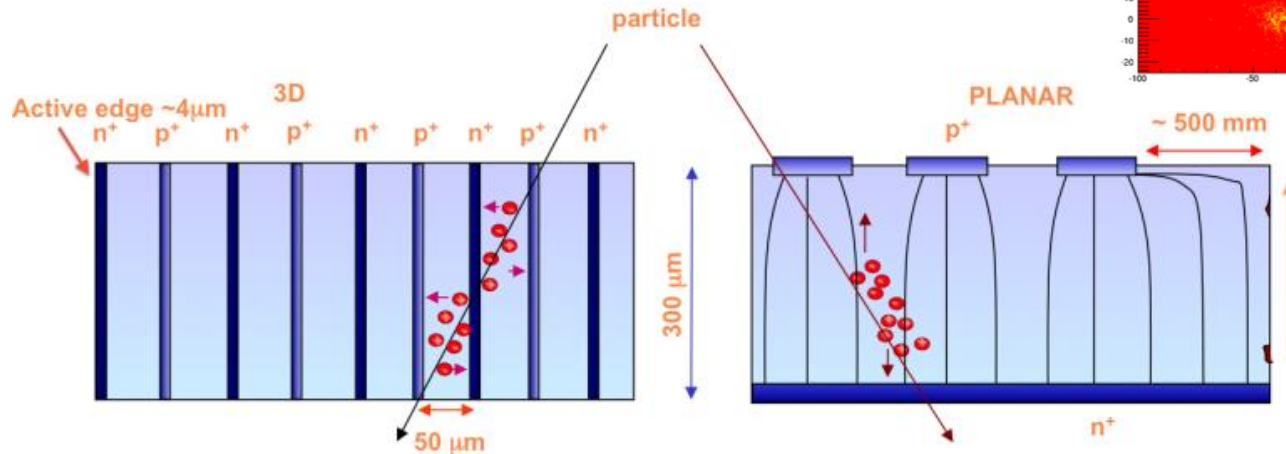
Endcap





# SENSORI: PLANARI

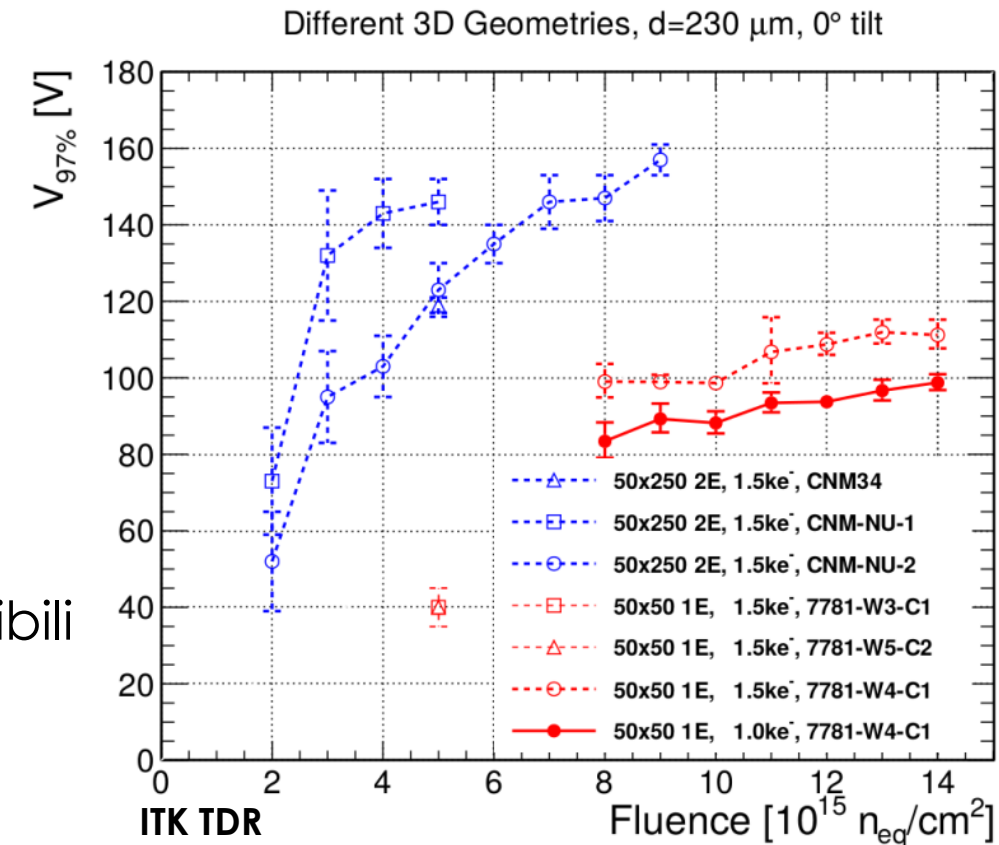
- Tecnologia meglio conosciuta
  - Deriva dal design attuale di ATLAS
  - Richiede *bump-bonding*
  - Maggior *charge sharing* per le minori dimensioni e distanze



Confronto planare – 3D

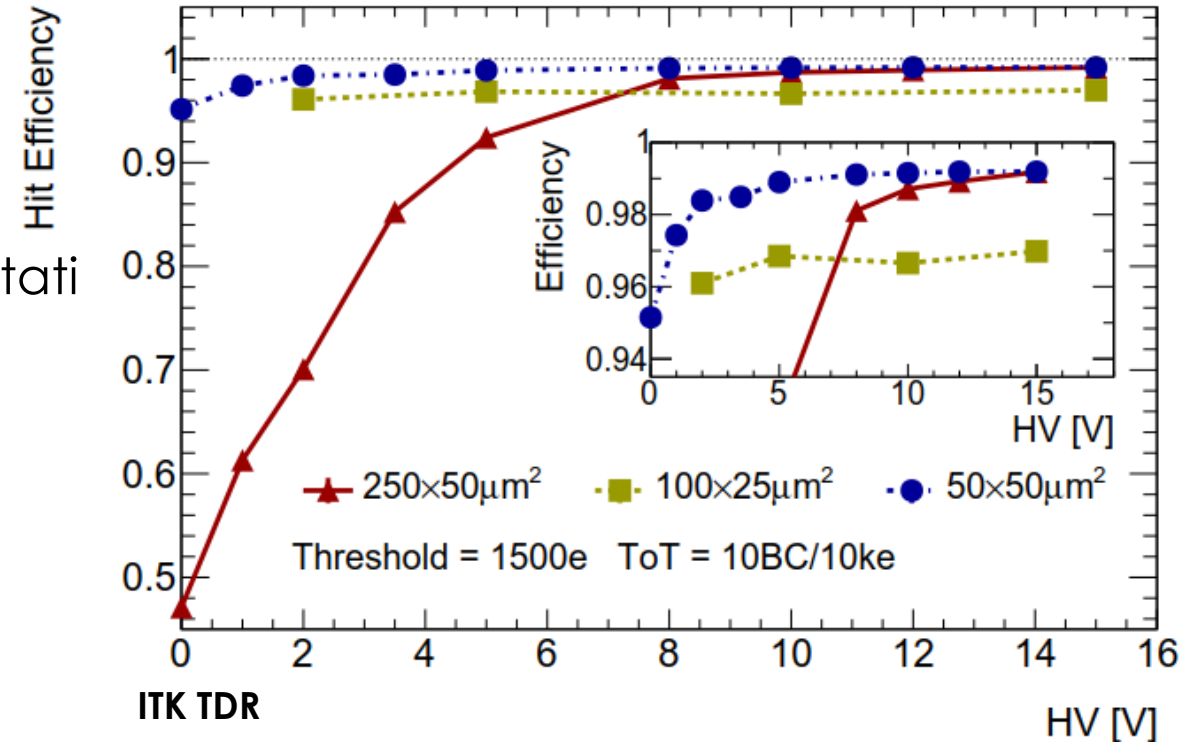
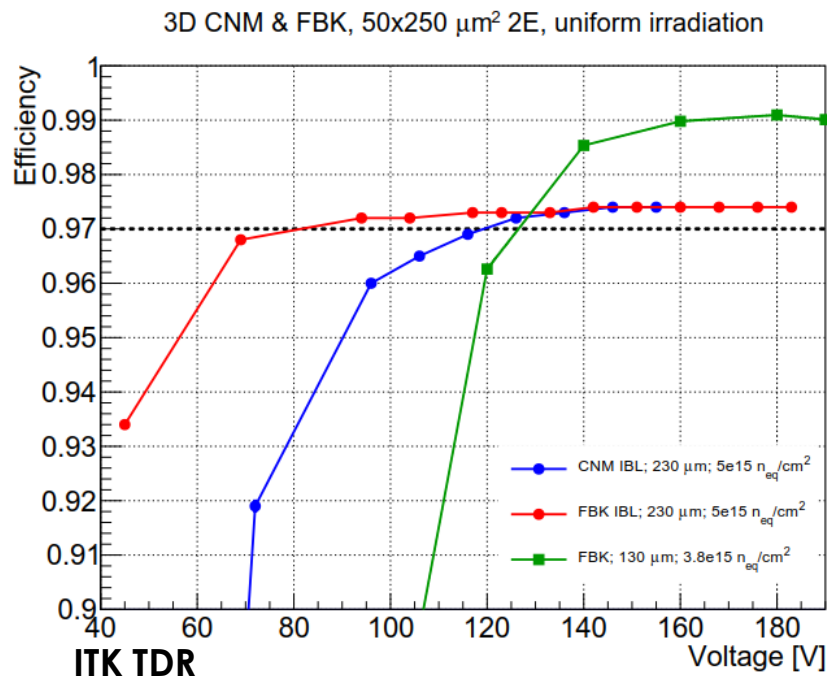
# SENSORI: 3D

- Strati più interni → radiazione più intensa ( $1.3 \times 10^{16} n_{eq}/cm^2$  nel livello più interno)
- Sensori 3D, vantaggi:
  - Distanza di deriva molto minore che nei planari
  - Minor numero di cariche intrappolate (dipende dal quadrato della distanza di deriva)
  - Minore capacità
  - Alta tolleranza alle radiazioni ( $1.4 \times 10^{16} n_{eq}/cm^2$ )
  - Prima generazione utilizzata in IBL in regioni sensibili (distanza tra elettrodi  $67 \mu m$ , spessore  $230 \mu m$ )
    - Nuovi prototipi spessore  $< 130 \mu m$
  - **Processo costoso e dal volume limitato**



# 3D II

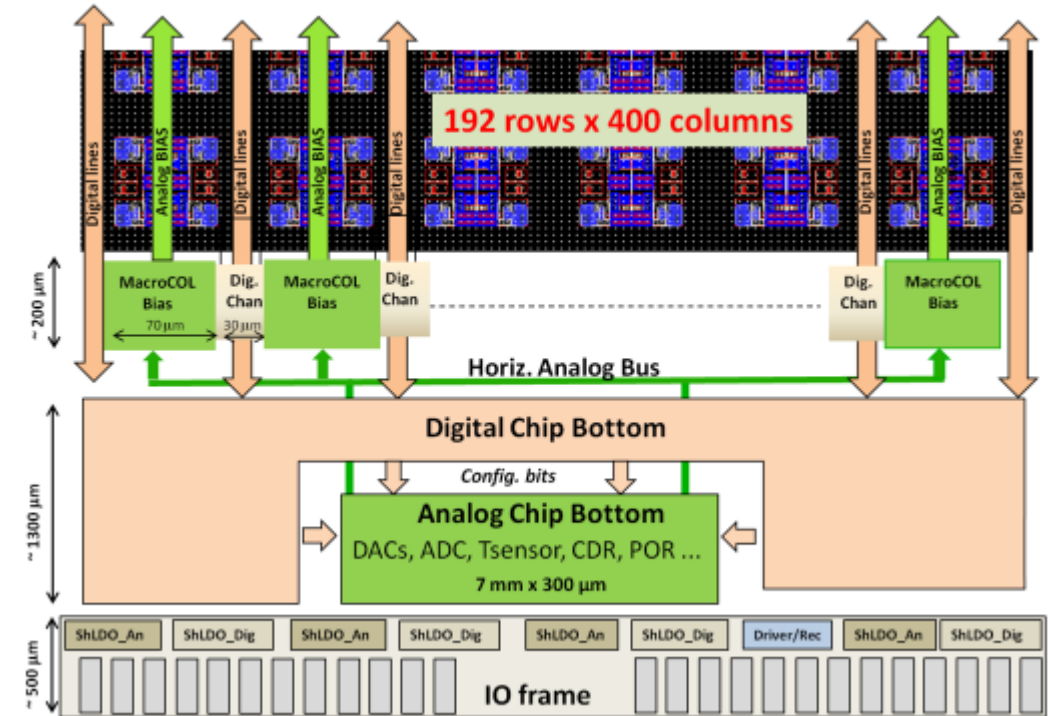
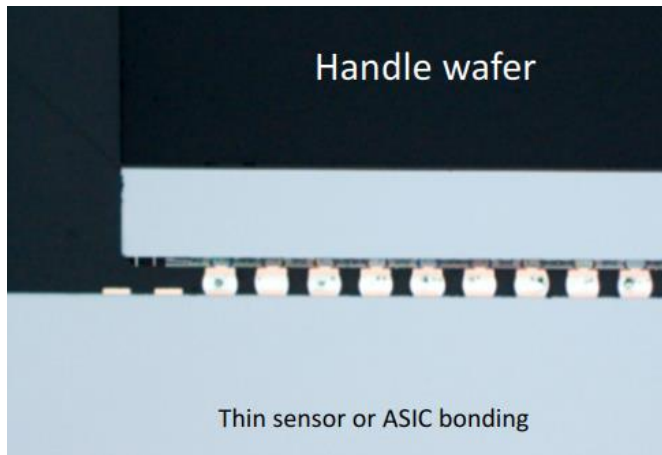
- R&D su moduli 3D:
  - Miglioramento significativo rispetto a IBL
  - Diverse opzioni i geometria in analisi
  - I test di irraggiamento mostrano buoni risultati



Dimensione degli elettrodi e spessore inferiore  $\rightarrow$  plateau più alto ma tensione di lavoro più alta

# SVILUPPO FRONT END: RD53

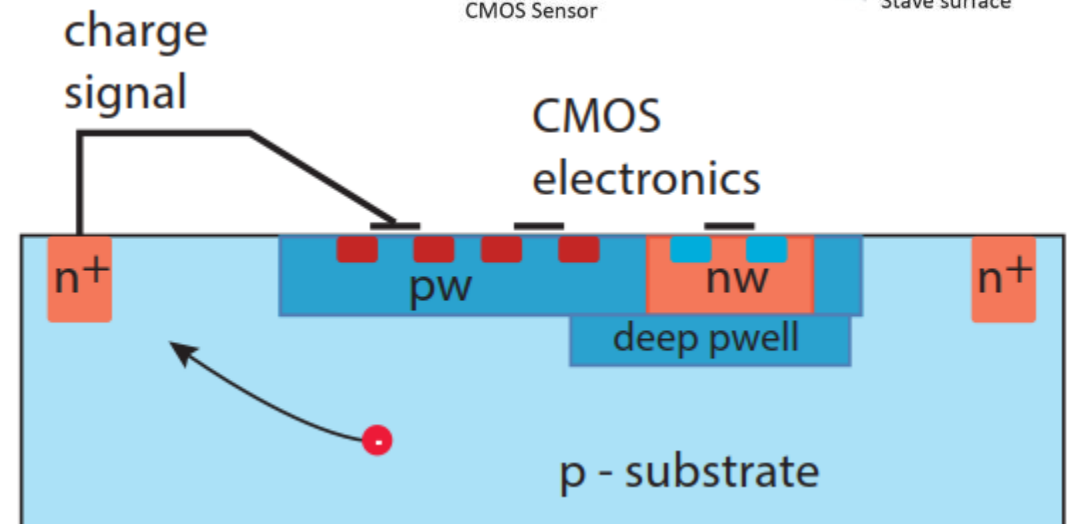
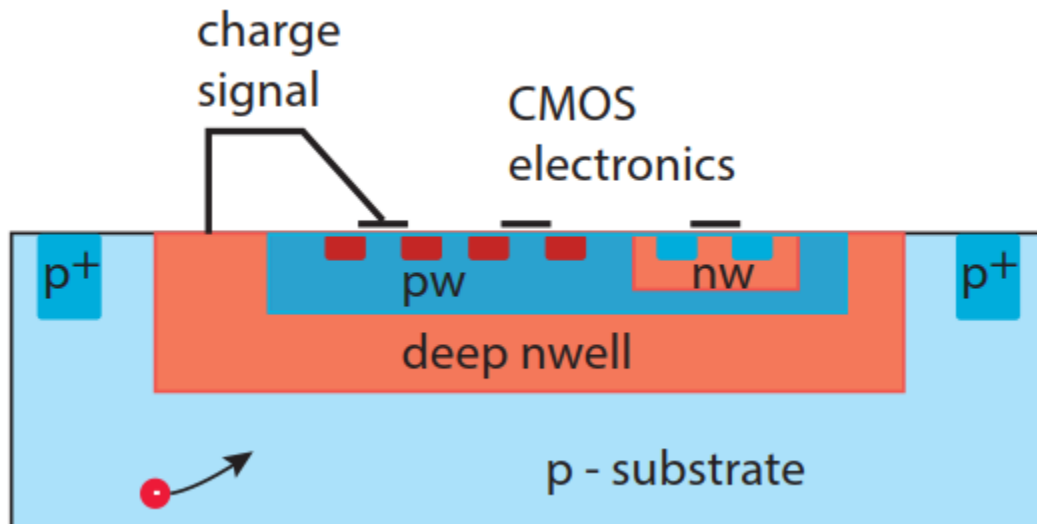
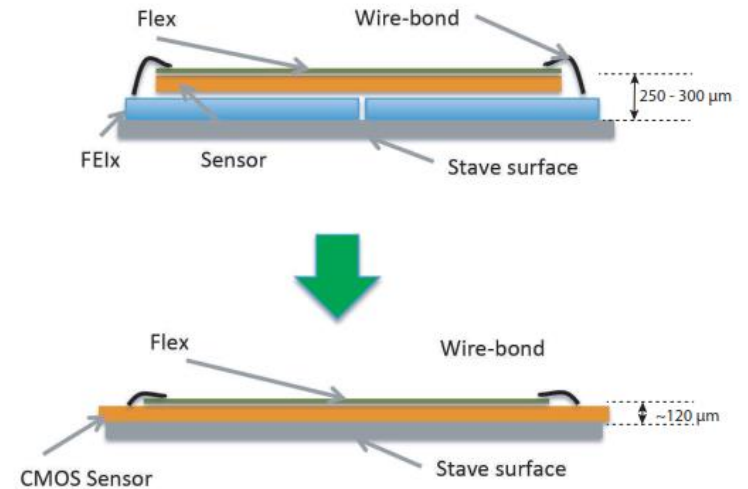
- RD53, chip di Front-End:
  - Collaborazione di ATLAS e CMS
  - Tecnologia a 65nm CMOS
  - 50x50 $\mu\text{m}$  pitch (alternative 25x100 $\mu\text{m}$ )
- Il processo di chip *bump-bonding* ai sensori 3D e planari è critico



I prototipi sono in arrivo (RD53A), test avranno inizio in estate

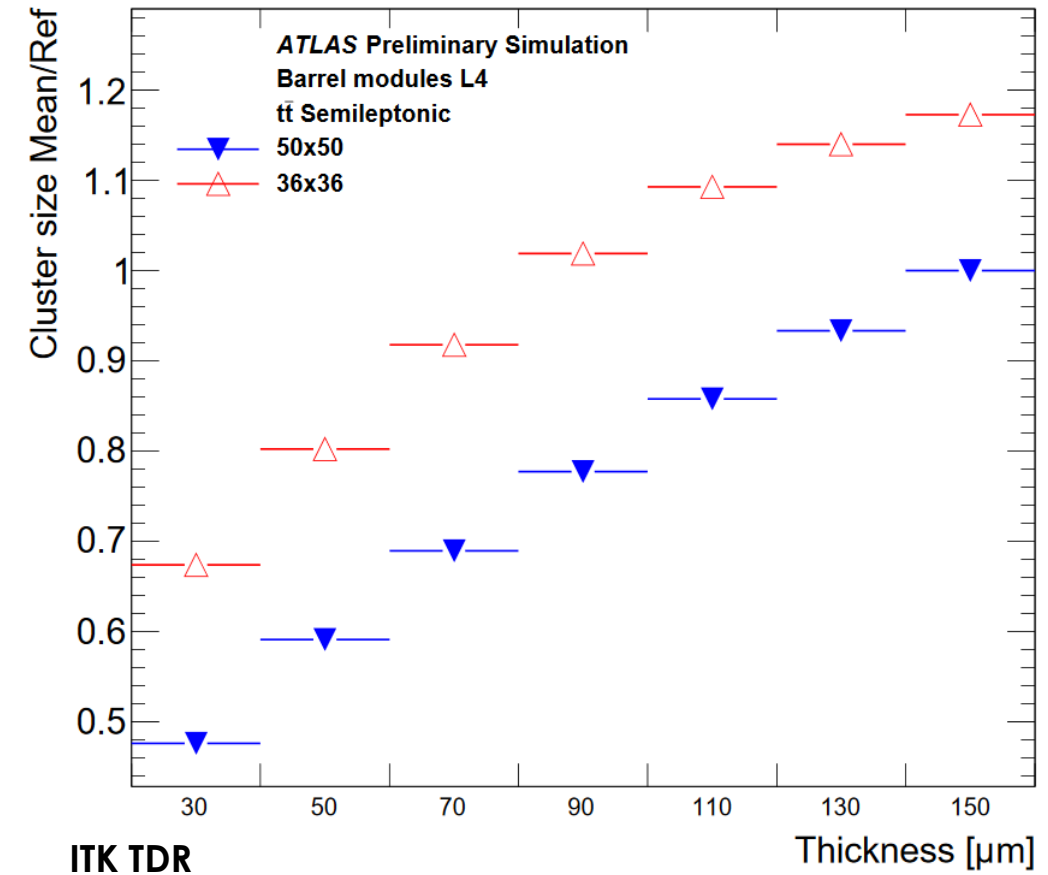
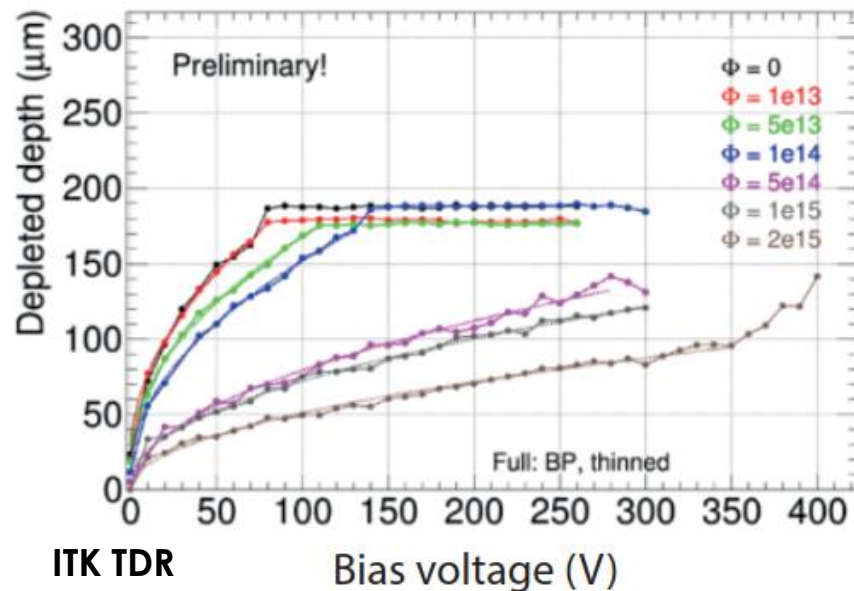
# SENSORI: CMOS

- Processo industriale standard → costo ridotto
  - Approccio monolitico → no *bump-bonding*, geometrie libere, costo e rischi inferiori (Talk Simone)
  - Ibridi → accoppiamento capacitivo al FE
- Nuova tecnologia → studi per barrel I4 e per opzioni future nei livelli più interni (I0/I1)



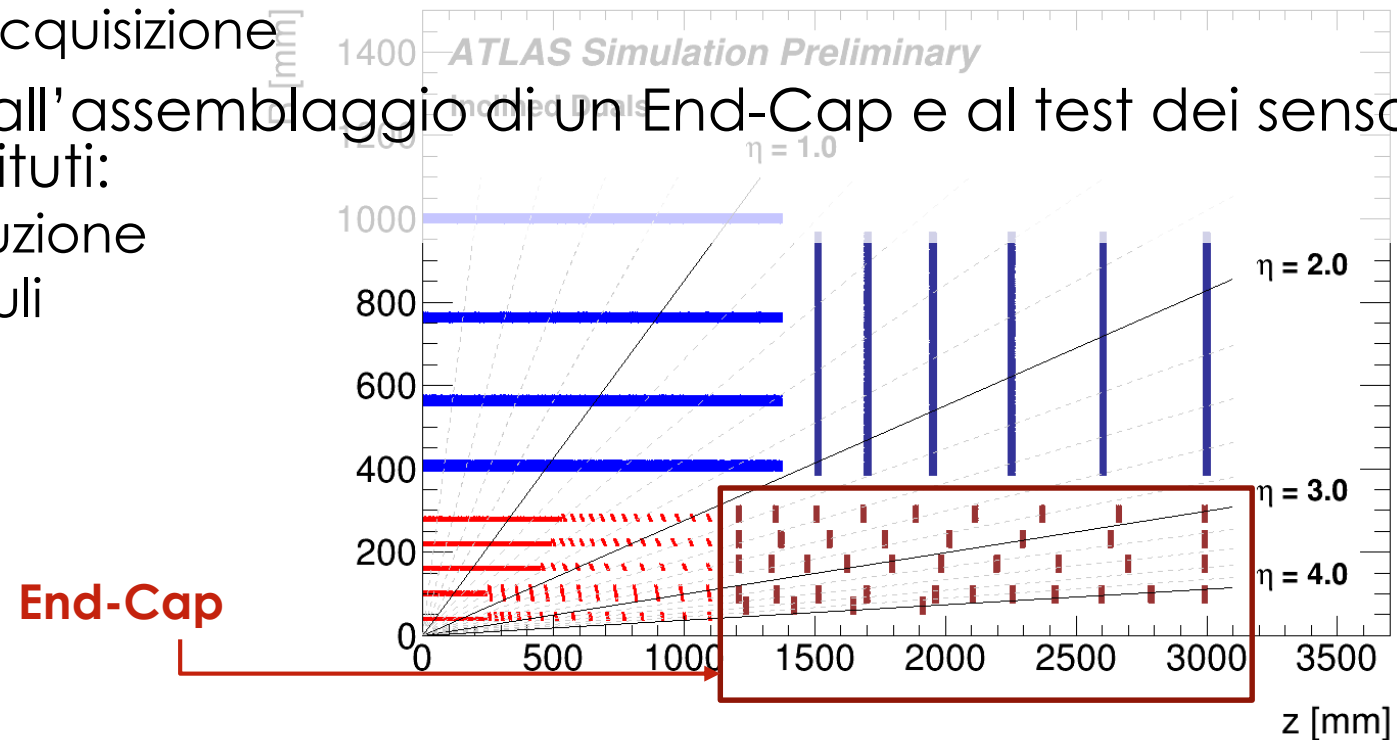
# CMOS II

- Non limitato da RD53 → altre geometrie
  - Sensori più piccoli (se monolitici)
- Meno materiale → meno scattering multiplo
- Effetti delle radiazioni sotto studio



# ITK ITALIA


- Ampio ruolo della collaborazione Italiana nella ricerca e sviluppo:
  - Sviluppo di sensori 3D
  - Sviluppo sensori CMOS
  - Sviluppo sistemi di acquisizione
- ITK Italia provvederà all'assemblaggio di un End-Cap e al test dei sensori, saranno coinvolti 7 istituti:
  - Meccanica e costruzione
  - Assemblaggio Moduli
  - Loading dei moduli
  - QC/QA dei moduli
  - Integrazione
  - Sviluppo TDAQ



# CONCLUSIONI

- L'upgrade del tracciatore interno di ATLAS sarà essenziale per le condizioni di HL-LHC:
  - 5 x numero di interazioni per *bunch-crossing*
  - 10 x luminosità integrata
  - 20 x resistenza alle radiazioni richiesta
- Uno strato addizionale, maggiore granularità, resistenza alle radiazioni e copertura in  $\eta$  :
  - Nuova struttura e sistemi di supporto
  - Nuove e migliori tecnologie dei sensori (planar, 3D, CMOS)
  - Nuovo chip di Front-End (RD53) in collaborazione con CMS
- Lavoro essenziale della comunità italiana dall' R&D all'assemblaggio
- Pixel TDR in pubblicazione



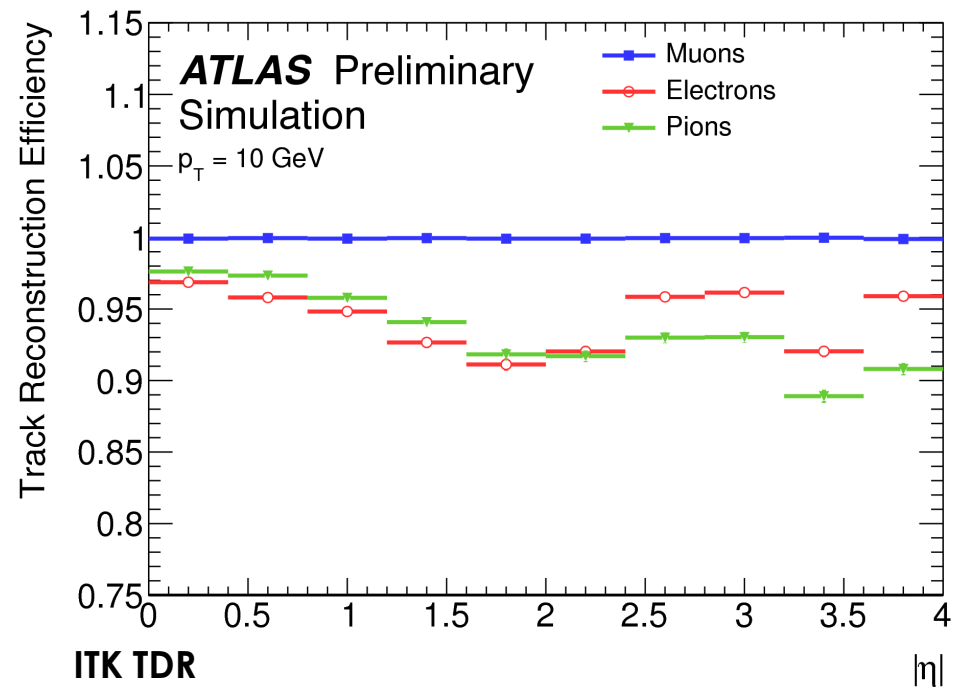
The background features several overlapping, flowing, wavy bands of color. The top band is a vibrant red that transitions into a bright yellow towards the right. Below this, there are more layers of similar waves in shades of red, orange, and yellow, creating a sense of movement and depth. The overall effect is a dynamic and colorful abstract design.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!

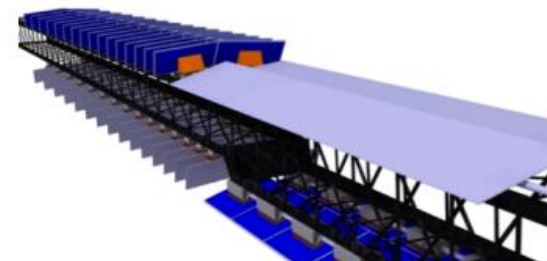
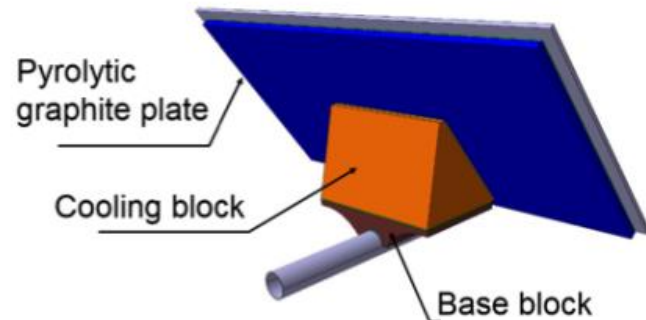
# BACKUP

# ITK ITALIA

- Ampio ruolo della collaborazione Italiana nella ricerca e sviluppo:
  - Sviluppo di sensori 3D – TIFPA, Genova
  - Sviluppo sensori CMOS – Milano, Bologna
  - Sviluppo sistemi di acquisizione – Genova, Bologna
- ITK Italia provvederà all'assemblaggio di un End-Cap e al test dei sensori:
  - Meccanica: Frascati, Genova
  - Assemblaggio Moduli: Milano, Genova
  - Loading dei moduli: Lecce
  - QC/QA dei moduli: Bologna, Genova, Udine, TIFPA
  - Integrazione: Frascati, Milano
  - Sviluppo TDAQ: Bologna, Genova, Udine



# MECCANICA & SERVIZI



Barrel

on-module	Nominal LV current per module	5.6 A
	LV nominal	1.4 V
	Nominal Power per module	7.85 W
	Chip power per area	0.5 W/cm <sup>2</sup>
	Sensor power per area	< 0.1 W/cm <sup>2</sup>
	DCS power	0.15-0.28 W per 4-chip module
	Cooling system capability	0.7 W/cm <sup>2</sup>

- Barrel – struttura a
  - Supporto compo
  - Tubi di raffredda
  - Piastre inclinate (
- Endcap – supporti concentrici
  - Slegati dalla struttura a disco
  - Anelli indipendenti → copertura migliore

Endcap

