

70<sup>anni</sup> infn  
1951  
2021

---

# Il progetto High Luminosity LHC e l'upgrade dello spettrometro a muoni di ATLAS

---

GIORGIA PROTO (UNIVERSITÀ DI ROMA TOR VERGATA E INFN) ON BEHALF OF THE ROMA TOR VERGATA GROUP

---

# Sommario

- I limiti del Modello Standard
- Il programma di Alta Luminosità del Large Hadron Collider (HL-LHC)
- Upgrade dello spettrometro per muoni di ATLAS
- Upgrade delle Resistive Plate Chambers : Il progetto BIS78 e BI per il Run3 e Run4 di LHC
- Impatto dell'upgrade di LHC su alcune misure di Fisica

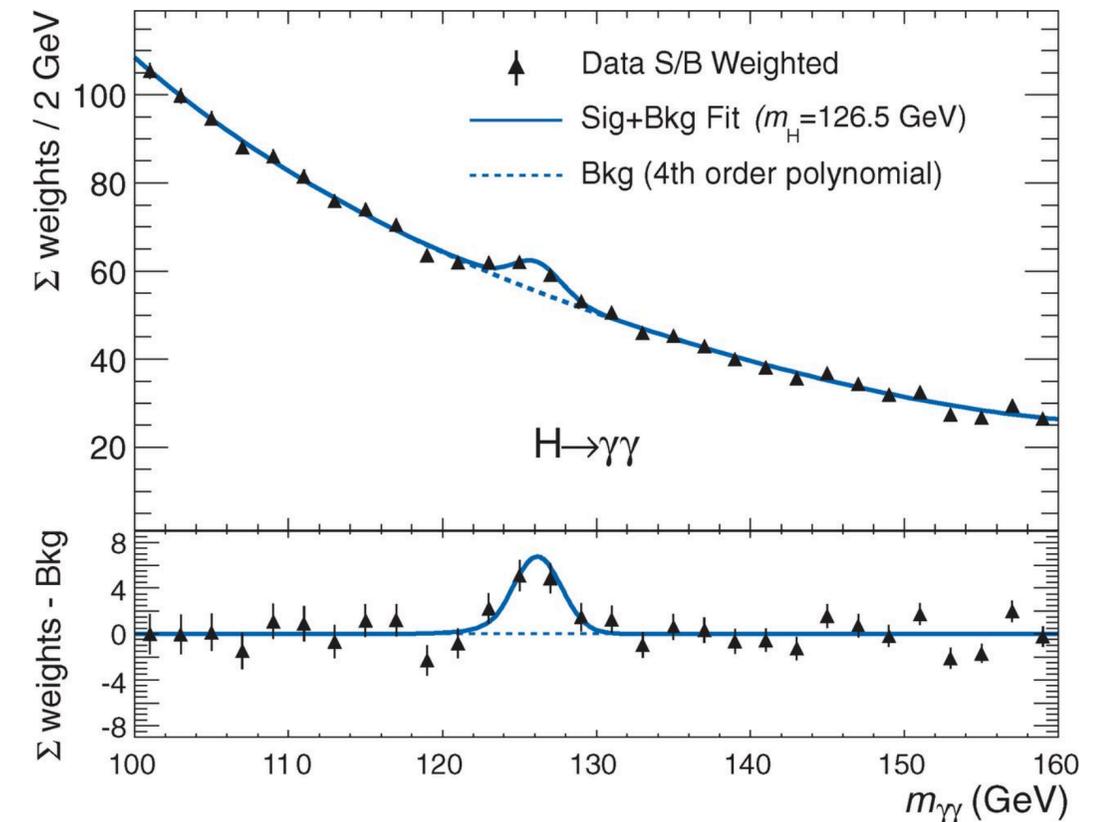
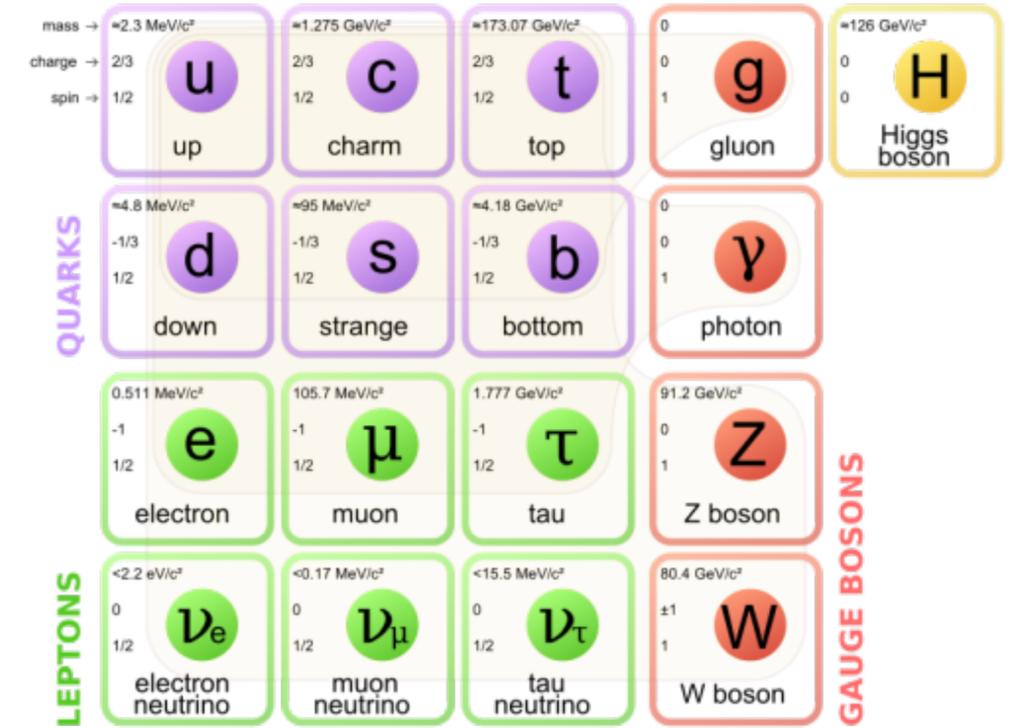
# Il Modello Standard e i suoi limiti

La scoperta del bosone di Higgs nel 2012 ha risolto uno dei grandi problemi del Modello Standard (SM): il meccanismo di rottura della simmetria elettrodebole.

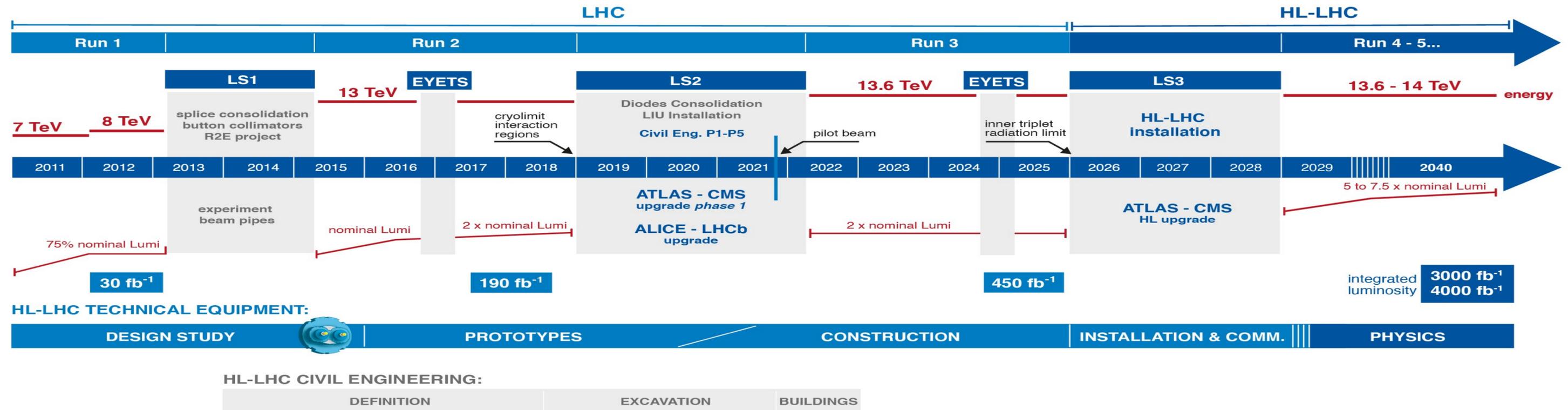
Al momento le misure suggeriscono che lo SM descriva completamente la Fisica agli acceleratori.

Restano però diverse questioni aperte...

- Materia (ed Energia) oscura
- Massa e natura dei neutrini
- Asimmetria materia/antimateria
- Correzioni radiative alla massa dell'Higgs
- ...



# Il programma di Alta Luminosità del Large Hadron Collider (HL-LHC)



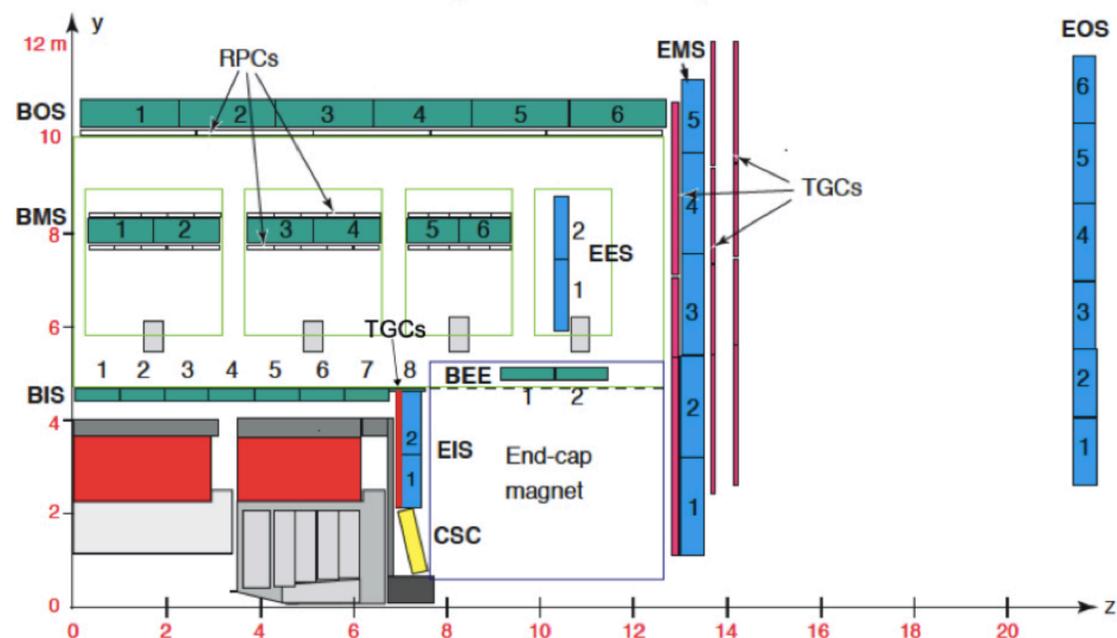
## Obiettivi di Fisica

- Misure di precisione delle proprietà del bosone di Higgs
- Sensibilità all' autoaccoppiamento dell'Higgs
- Misure di precisione sulla massa del W e del t
- Vector Bosons Scattering
- Studio della Fisica Oltre il Modello Standard
- Ricerca della supersimmetria
- Long Lived Particles

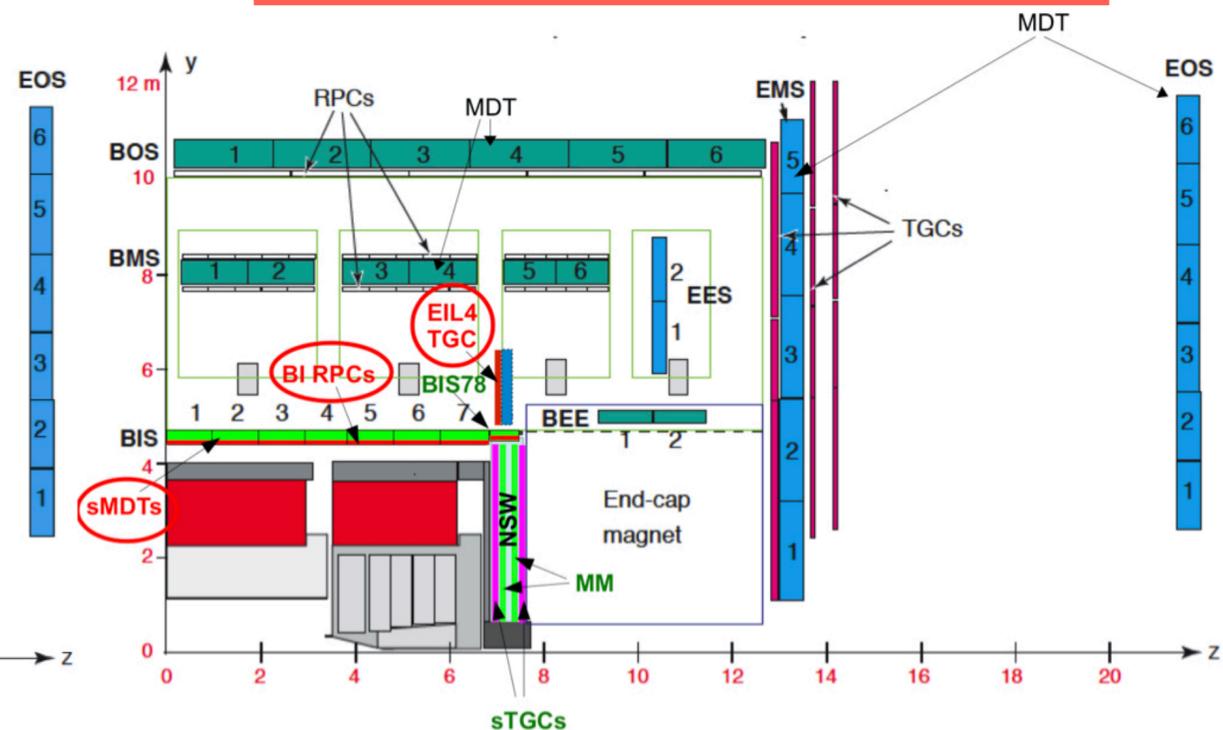
# Upgrade dello spettrometro per muoni (MS) di ATLAS

Lo spettrometro per muoni di ATLAS attuale : tre magneti toroidali, Monitored Drift Tubes (MDT), Cathode Strip Chambers (CSC), Thin Gap Chambers (TGC) e Resistive Plate Chambers (RPC)

ATLAS MS ad **LHC**

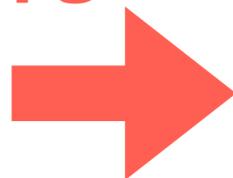


ATLAS MS ad **HL-LHC**



HL-LHC: la sfida è mantenere prestazioni al livello di quelle attuali in uno scenario di altissimo pile-up in termini di trigger, identificazione e risoluzione in momento dei muoni (nuovo tracciatore interno)

**Upgrade**



**Fase I**

- New Small Wheels (MicroMegas + small-strip TGC)
- BIS78

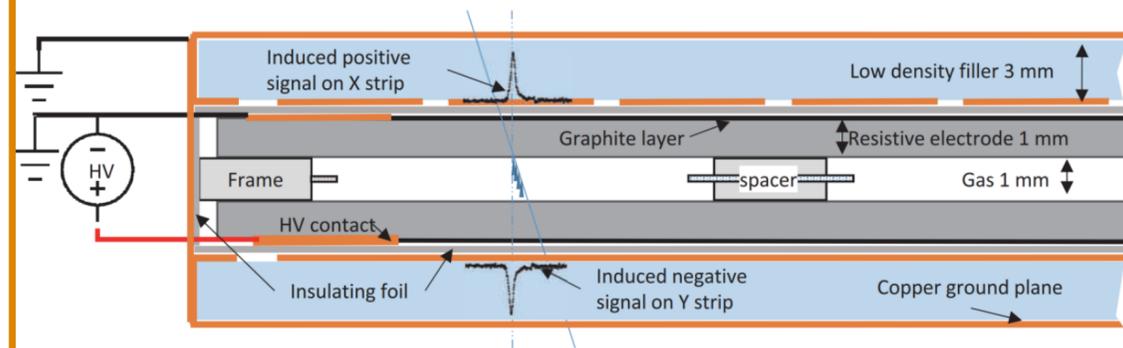
**Fase II**

- Progetto BI (RPC+small-MDT)
- Sostituzione dei doppietti di TGC con tripletti di TGC con maggiore granularità

# Il progetto BIS78/BI

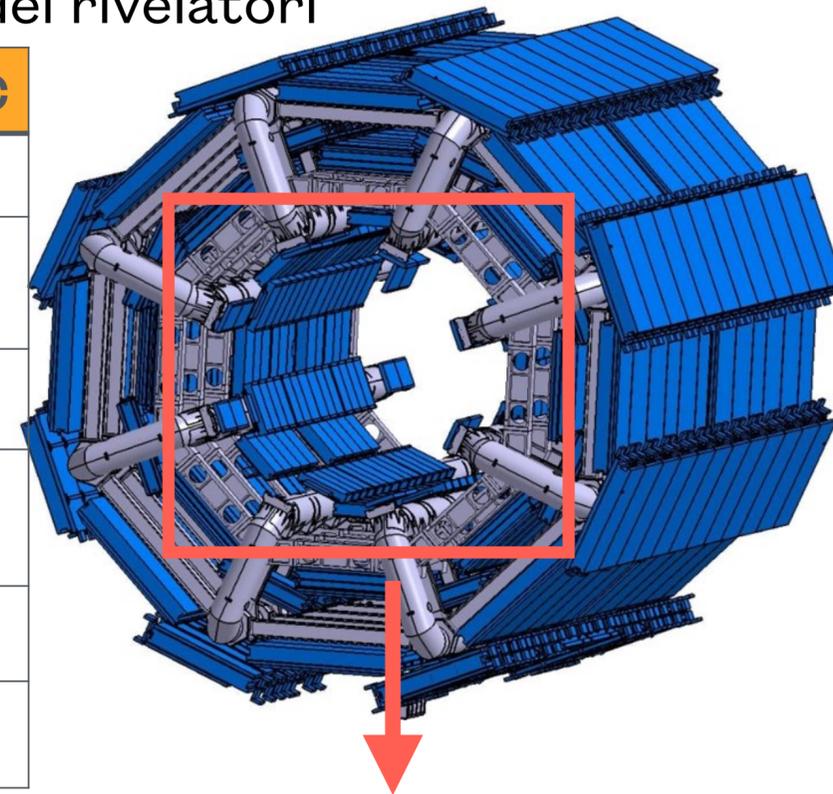
La sezione di Roma Tor Vergata ha ideato e proposto l'intero progetto e ha un ruolo da protagonista nell'R&D, certificazione, sviluppo e commissioning dei rivelatori

## Le Resistive Plate Chambers



- Inventati a Tor Vergata dal prof. Rinaldo Santonico e il prof. Roberto Cardarelli
- Rivelano particelle cariche
- Sovrapposizione regione di moltiplicazione e amplificazione del segnale ➔ rivelatore **veloce** e con ottima **risoluzione temporale**
- In ATLAS utilizzati come trigger di muoni

|                              | ATLAS-LHC | BI HL-LHC     |
|------------------------------|-----------|---------------|
| <b>Spessore gap</b>          | 2 mm      | 1 mm          |
| <b>Spessore elettrodi</b>    | 1.8 mm    | 1.2 mm        |
| <b>Read-out</b>              | 2D        | $\eta - \eta$ |
| <b>Tecnologia Front-End</b>  | GaAs      | Si & SiGe     |
| <b>Risoluzione temporale</b> | 1 ns      | 0.4 ns        |
| <b>Configurazione</b>        | Doppietto | Tripletto     |



## Upgrade delle Resistive Plate Chambers

HL-LHC: pile-up  $\langle \mu \rangle > 200$  ➔ innalzamento soglie di trigger ➔ perdita di efficienza

### Nuova generazione di RPCs+sMDTs:

- riduzione fake muons trigger
- miglioramento ridondanza, accettazione e selettività del trigger

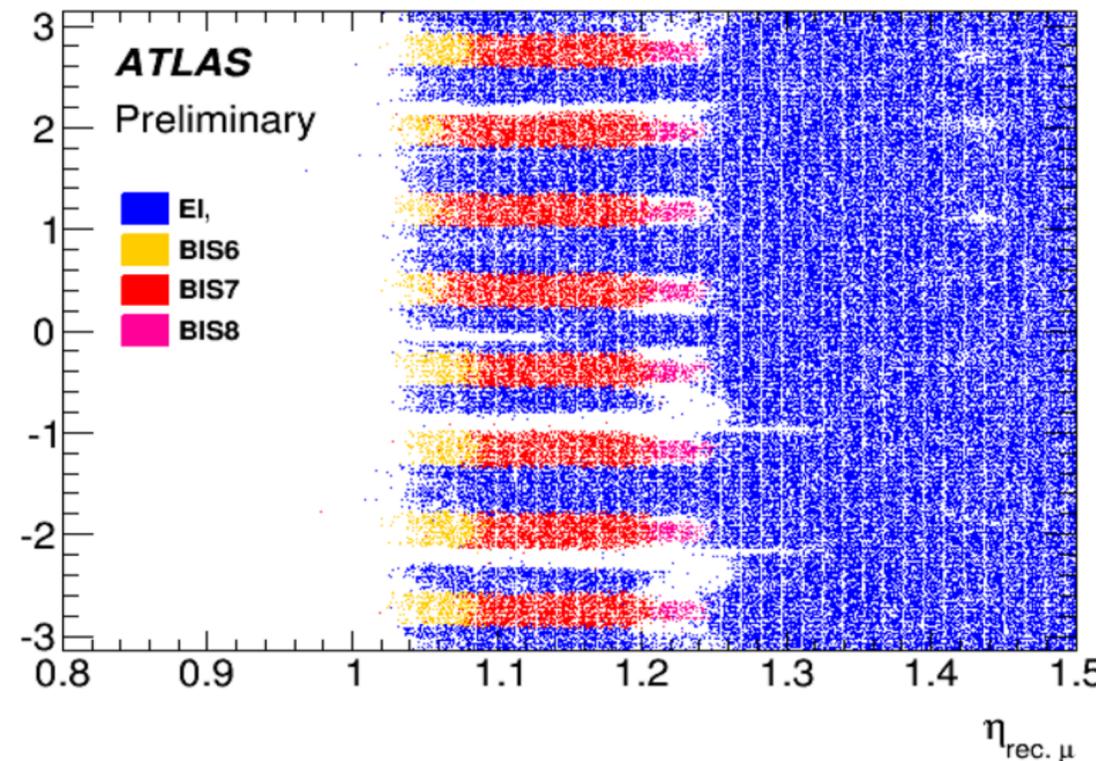
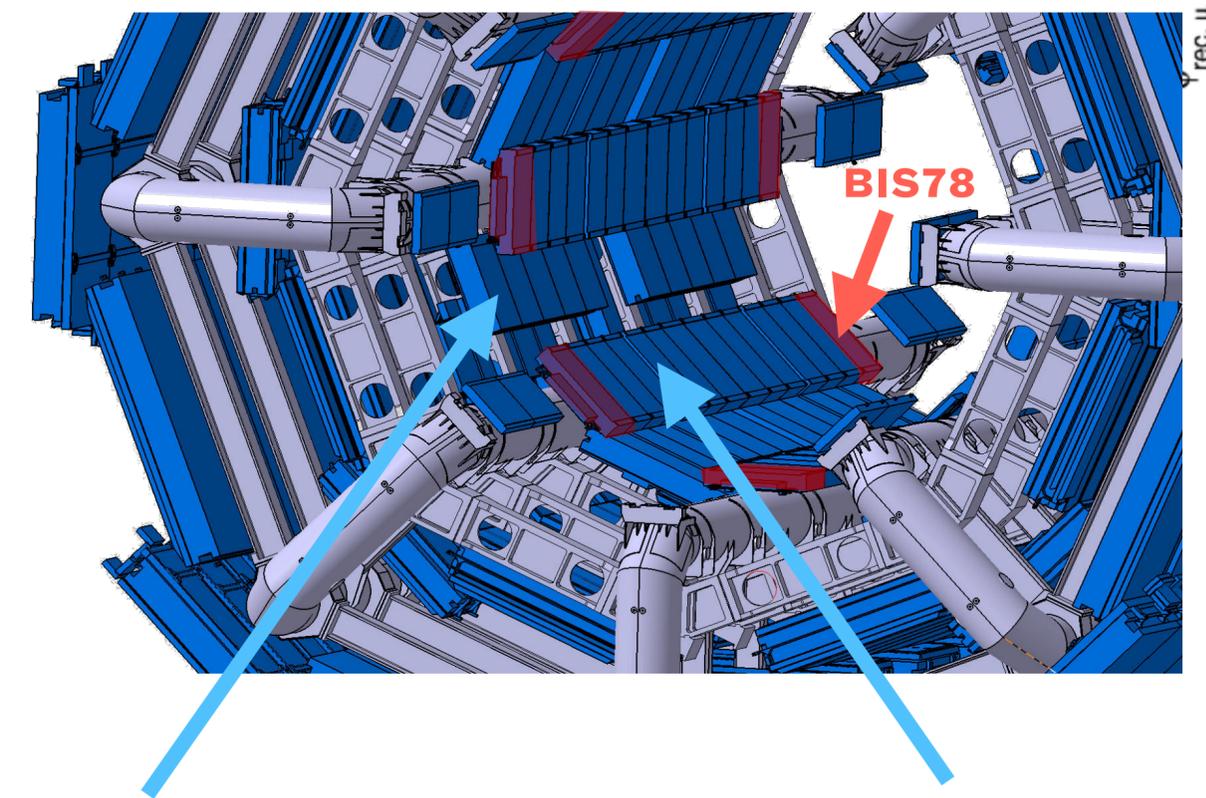
# Il progetto BIS78 per il Run3 di LHC

Installazione di 32 stazioni di RPC (196 gas gap) accoppiati a sMDTs nella regione dove è prevista la più alta rate di trigger fake

Alta rate di trigger fake nella regione  $1.0 < |\eta| < 1.3$  dovuto principalmente a protoni di basso  $p_t$

Grazie alle le **BIS78** si potrà :

- Migliorare l' accettanza dello spettrometro
- Migliorare la reiezione del fondo e ridurre la rate di trigger fake senza perdere in efficienza

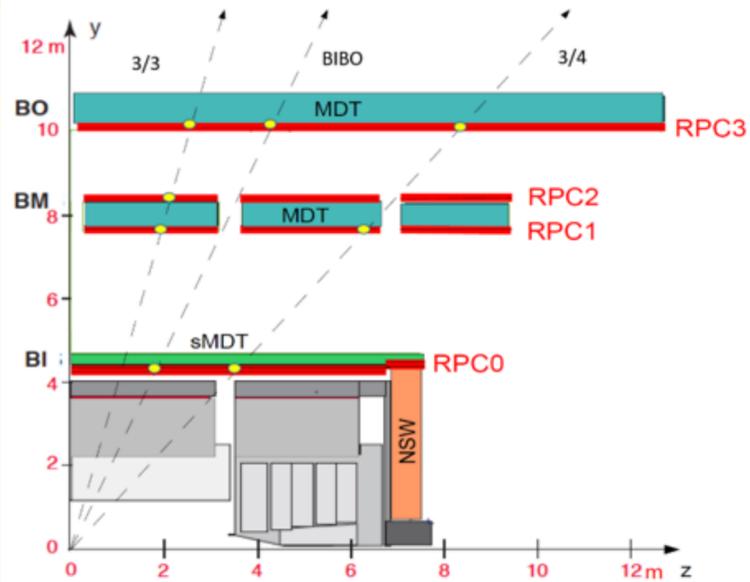


BIL RPC + MDT

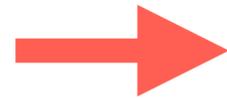
BIS RPC + sMDT

**Tutti i rivelatori BIS78 nel side A sono stati installati con successo all'interno dell'esperimento ATLAS e attualmente è in corso il commissioning**

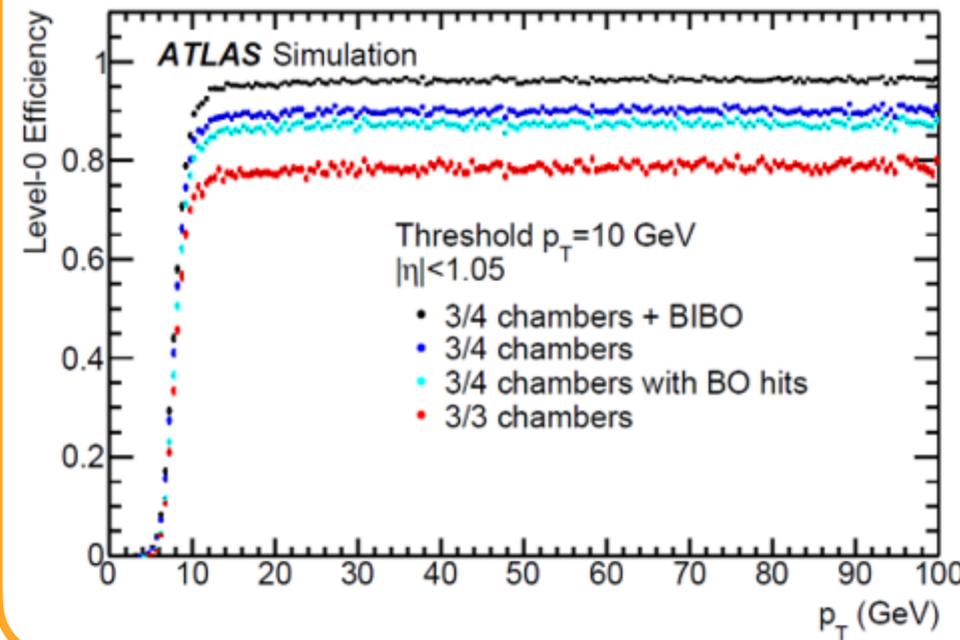
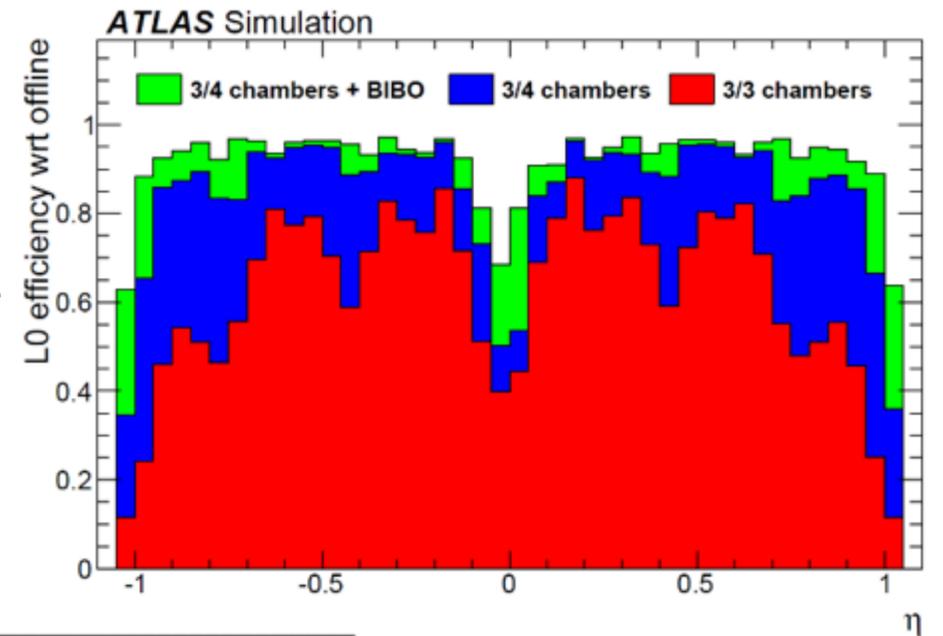
# L'impatto sulle performance dello spettrometro per muoni del progetto BI



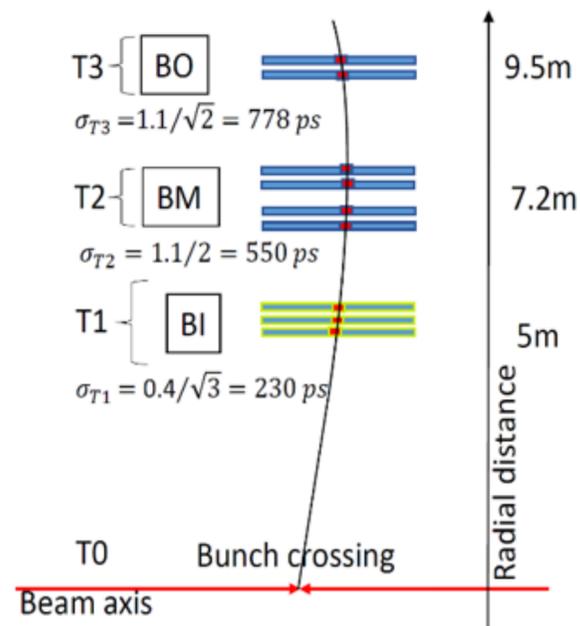
- 9 vs 6 layers :  
Miglioramento della ridondanza del trigger e sviluppo di nuovi algoritmi di coincidenza che includono le BI



- Miglioramento dell'accettanza (80% → 96%)



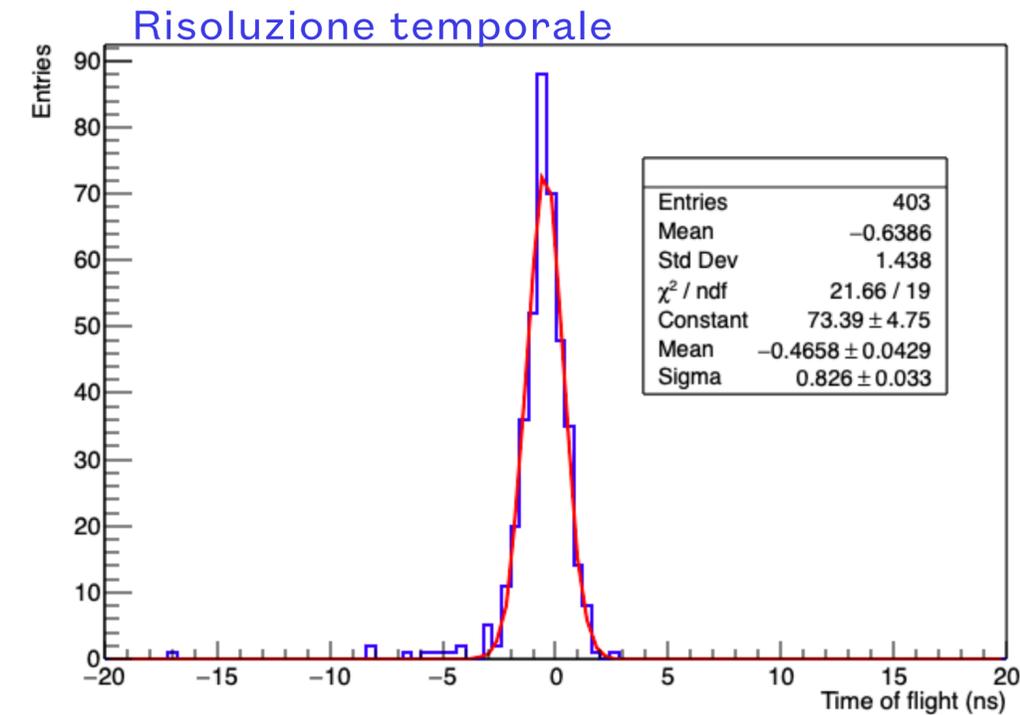
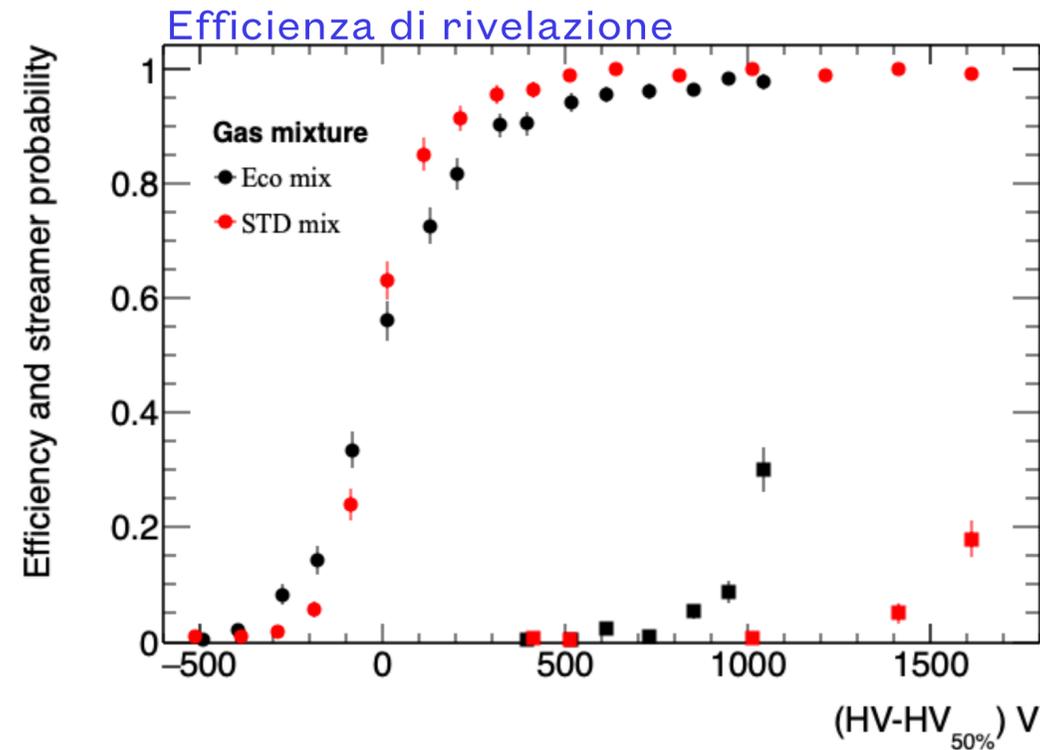
- Miglioramento dell'efficienza di trigger



- Sagitta a tre punti per la misura del momento trasverso
- Misura della coordinata di precisione
- Misura più accurata del  $\beta$  delle particelle tramite il tempo di volo ( e.g. LLP)

# Ricerca di miscele eco-compatibili per gli RPC

## Miscele di gas totalmente eco-compatibili



I gas serra presenti nella miscela attualmente utilizzata,  $C_2H_2F_4$  e  $SF_6$ , sono stati sostituiti con  $C_3H_2F_4/CO_2$  e  $C_3H_2ClF_3$ .

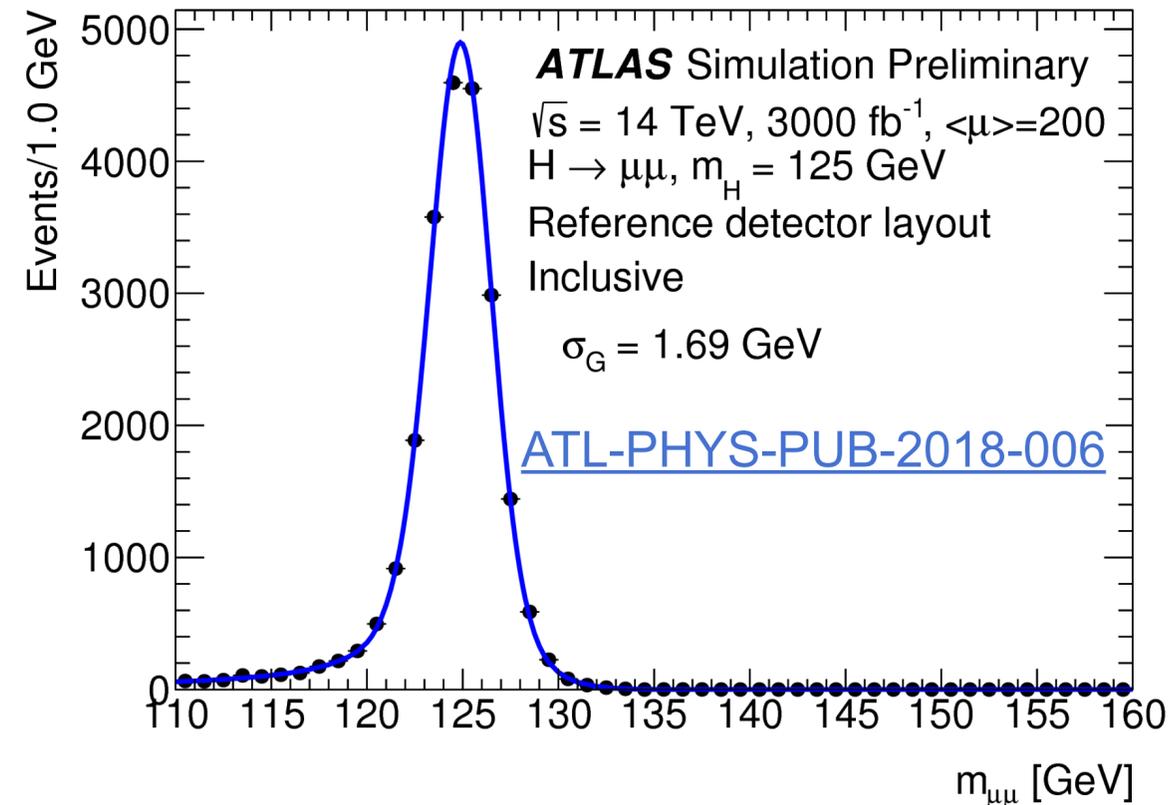
I risultati sulle performance sono molto promettenti in attesa di iniziare le misure sull'invecchiamento del rivelatore

Svolte le prime misure con ecogas sui rivelatori BIS78 → Analisi in corso

# Impatto dell'upgrade su alcune misure di Fisica

$$H \rightarrow \mu\mu$$

Misura dell'accoppiamento Higgs alla seconda generazione di fermioni

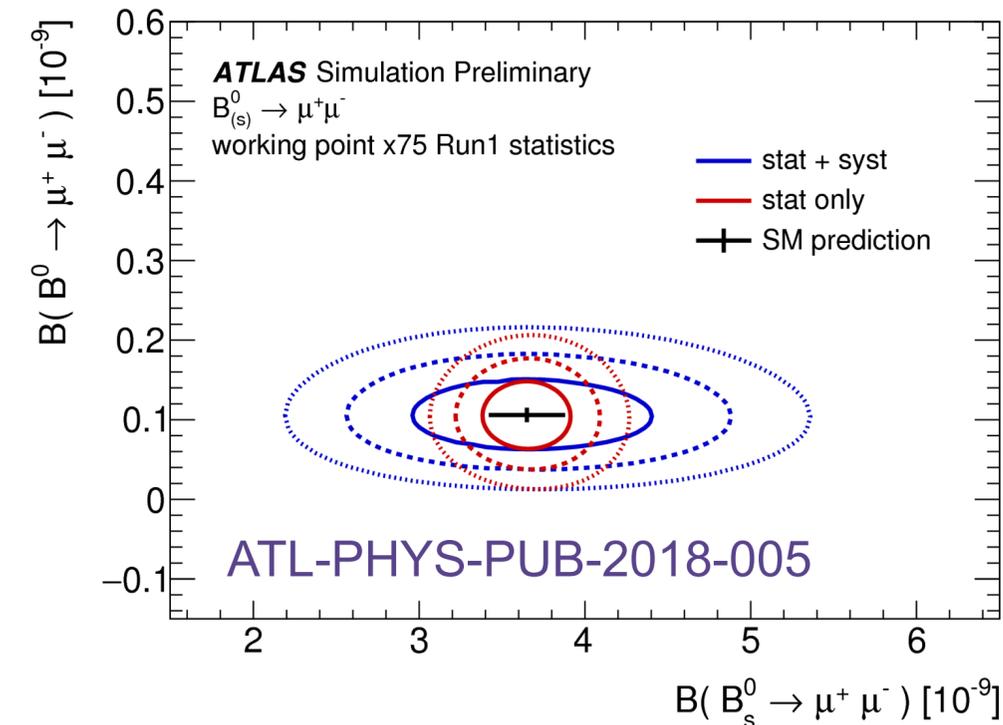


$3000 \text{ fb}^{-1}$  : attesa evidenza a  $9\sigma$  (attualmente  $3\sigma$ )

Precisione su  $\sigma \times BR \sim 13\%$

$$BR(B_{(s)}^0 \rightarrow \mu\mu)$$

Processo raro nello SM  $\rightarrow$  Sensibile a Nuova Fisica attraverso i loop



Performance fortemente dipendente dalle soglie del trigger di muoni a basso  $p_T$  (4-6 GeV)

Precisione sperimentale sui BR comparabile a quella teorica (5-7%)

---

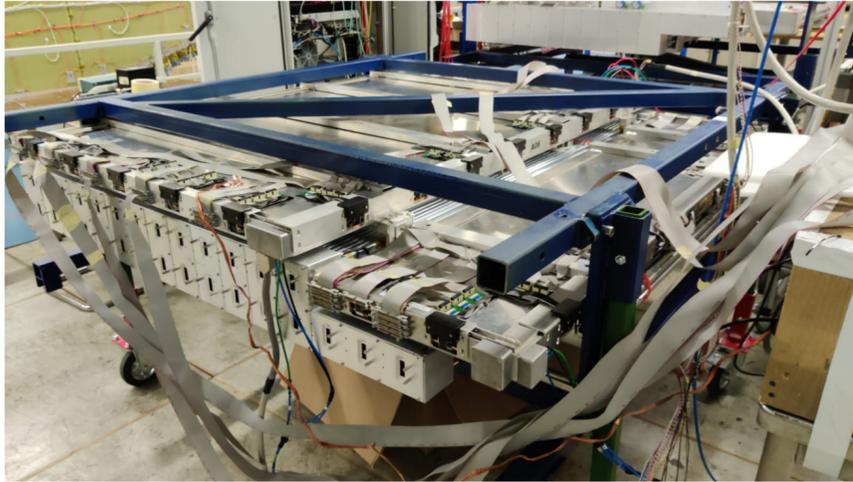
# Conclusioni

- Il programma di Alta Luminosità del Large Hadron Collider permetterà di accumulare una statistica sufficiente per poter studiare più precisamente il Modello Standard ed essere sensibili alla Fisica Oltre Il Modello Standard.
  - Misure di precisione delle proprietà del bosone di Higgs
  - Sensibilità all' autoaccoppiamento dell'Higgs
  - Misure di precisione sulla massa del W e del t
  - Vector Bosons Scattering
  - Fisica Oltre il Modello Standard
- L'upgrade dello spettrometro per muoni consentirà di mantenere basse le soglie di trigger favorendo innumerevoli canali di Fisica
- La sezione INFN di Roma Tor Vergata ha un ruolo da protagonista in queste attività di upgrade
- Il project leader del progetto BI è Giulio Aielli, della sezione di Roma Tor Vergata

---

**Grazie per l'attenzione**

# Il progetto BIS78 : la nuova generazione di Resistive Plate Chambers



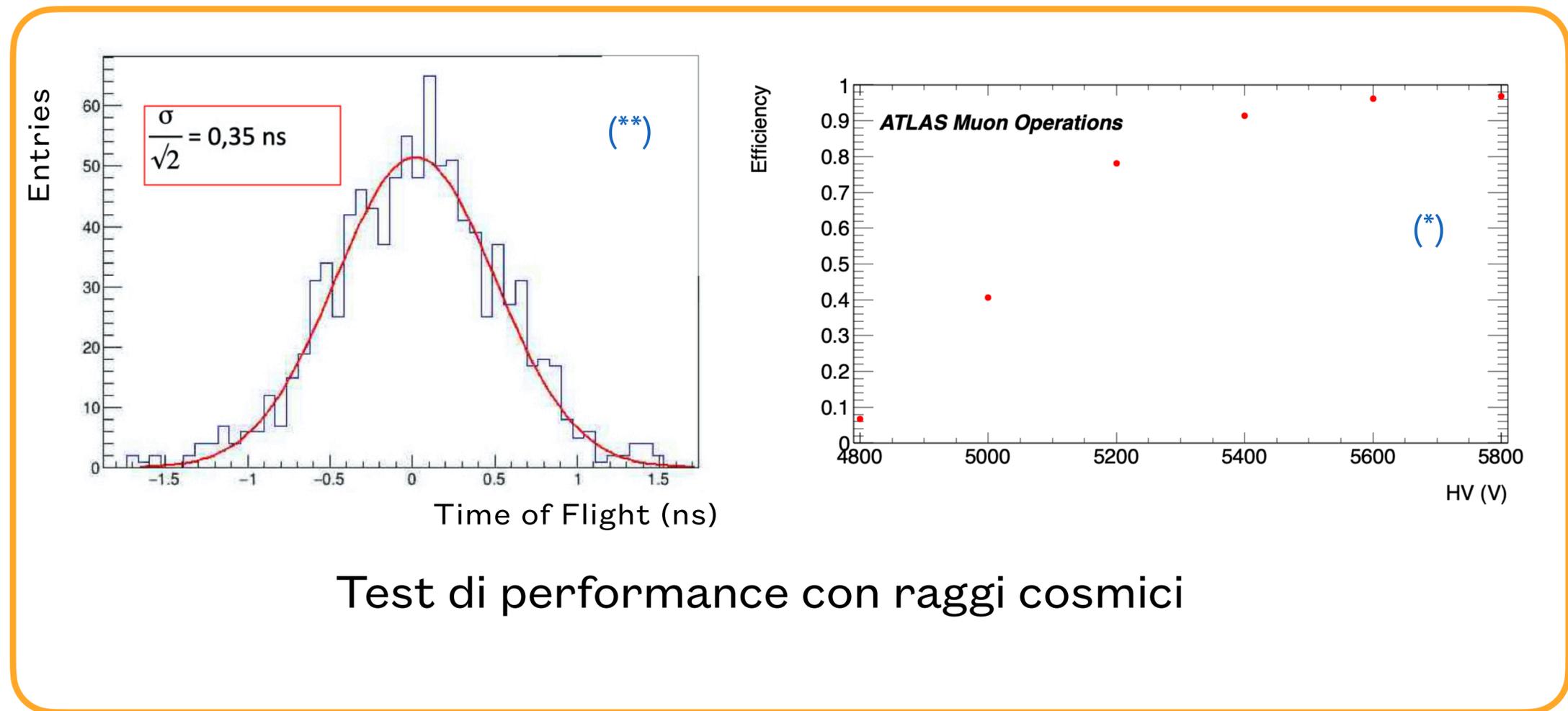
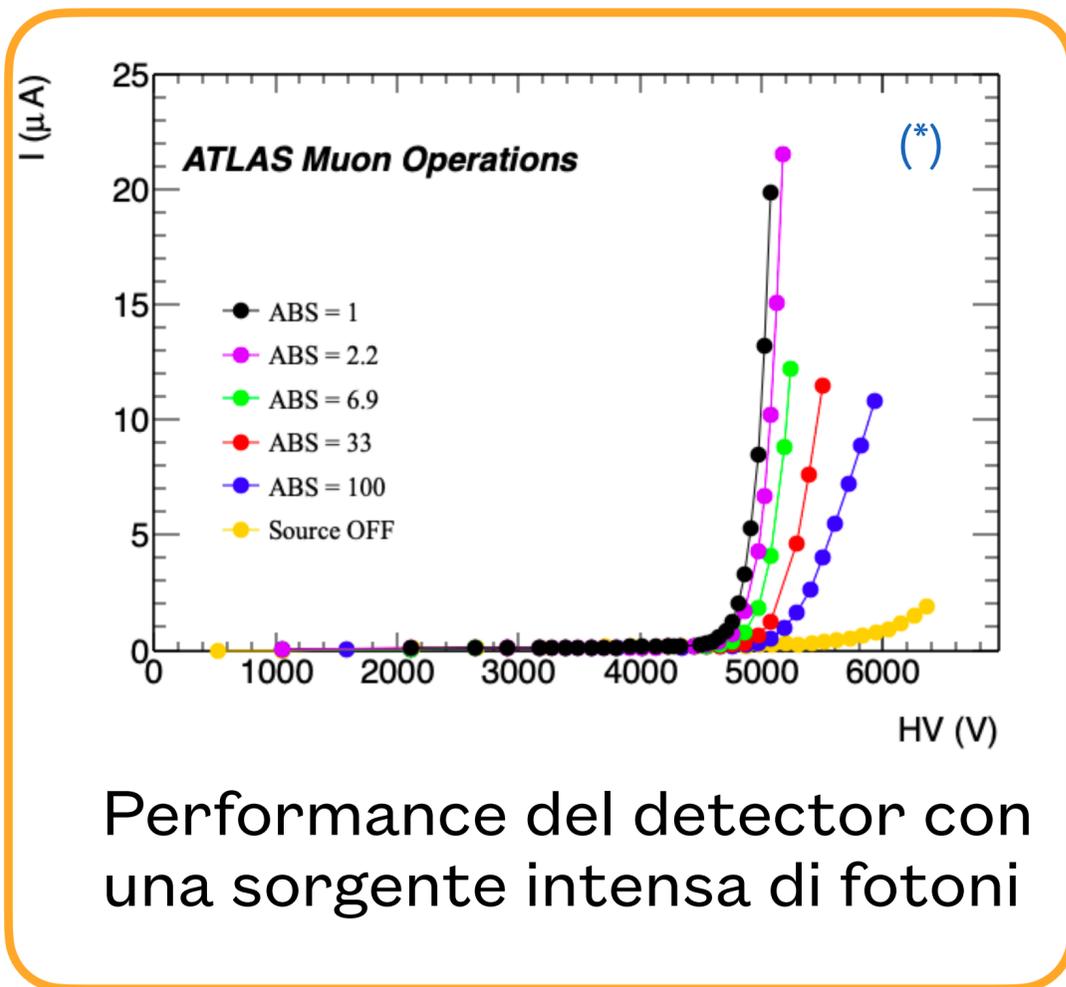
- Spessore della gap ridotto (da 2 mm a 1 mm) : possibilità di lavorare a bassa corrente e carica per conteggio, migliorando la rate capability
- Miglioramento della risoluzione temporale (da 1 ns a 400 ps)
- Spessore degli elettrodi ridotto

- Possibilità di avere un trigger standalone
- Sistema di lettura a due dimensioni ( $\eta$ - $\phi$ )
- Nuova elettronica di Front-End sviluppata con una tecnologia innovativa che permette di ottenere un'alta rate capability a corrente fissata, dunque senza impatto sull'invecchiamento del detector



- Discriminatore sviluppato con tecnologia SiGe
- Gabbia di Faraday costruita in modo da rinforzare lo shielding elettromagnetico e lavorare con un sistema a basso rumore

# Progetto BIS78 : RPC performance



**Tutti i rivelatori BIS78 sono stati installati con successo all'interno dell'esperimento ATLAS e attualmente è in corso il commissioning**