

# Preventivi LHCB

## 2023

18/07/2023 – Consiglio di Sezione



**DIPARTIMENTO DI  
FISICA E GEOLOGIA**  
Università degli Studi di  
Perugia, Italia

M. Piccini

INFN- Sezione di Perugia

# Perugia full member di LHCb



Geneva, June 22, 2023

Dear ~~Professor~~ Mauro Piccini,

It is our pleasure to inform you that the LHCb Collaboration Board decided, in its meeting on June 9, 2023, to accept the application of your group at INFN Sezione di Perugia, Perugia, Italy as a Full Member of the LHCb collaboration.

We recognize the strong commitment and contribution that your team has made to the collaboration since it joined in 2019 as an associated member institute hosted by INFN Ferrara. We are looking forward to the development of your team as an independent entity within the collaboration and to your continued important contributions to the current experiment, in particular regarding the upgraded RICH detector operations and maintenance, as well as your planned contributions to the RICH project for Upgrade II.

These contributions will be formalised in the form of an addendum to the existing Memorandum of Understanding for operating the LHCb experiment, to be signed by your University or Funding Agency.

We are looking forward to a fruitful collaboration.

Yours sincerely,

Prof. Chris Parkes  
Spokesperson of the LHCb Collaboration

Prof. Olivier Schneider  
Chair of the LHCb Collaboration Board

# Anagrafica LHCb per il 2024



Nome	Qualifica	% LHCb	% NA62
Giuseppina Anzivino	Professore Associato	30	70
Patrizia Cenci	Dirigente di Ricerca	30	70
Viacheslav Duk	Ricercatore	70	30
Lisa Fantini	Dottoranda	100	0
Gabriele Martelli	Dottorando	100	0
Matteo Pasqui	Borsista Universitario	100	0
Monica Pepe	Dirigente di Ricerca	30	70
Mauro Piccini	Primo Ricercatore	70	30
<b>TOTALE</b>		<b>530</b>	

- Gruppo in crescita rispetto al 2023: 4.3 → 5.3 FTE
- Altri contributi:

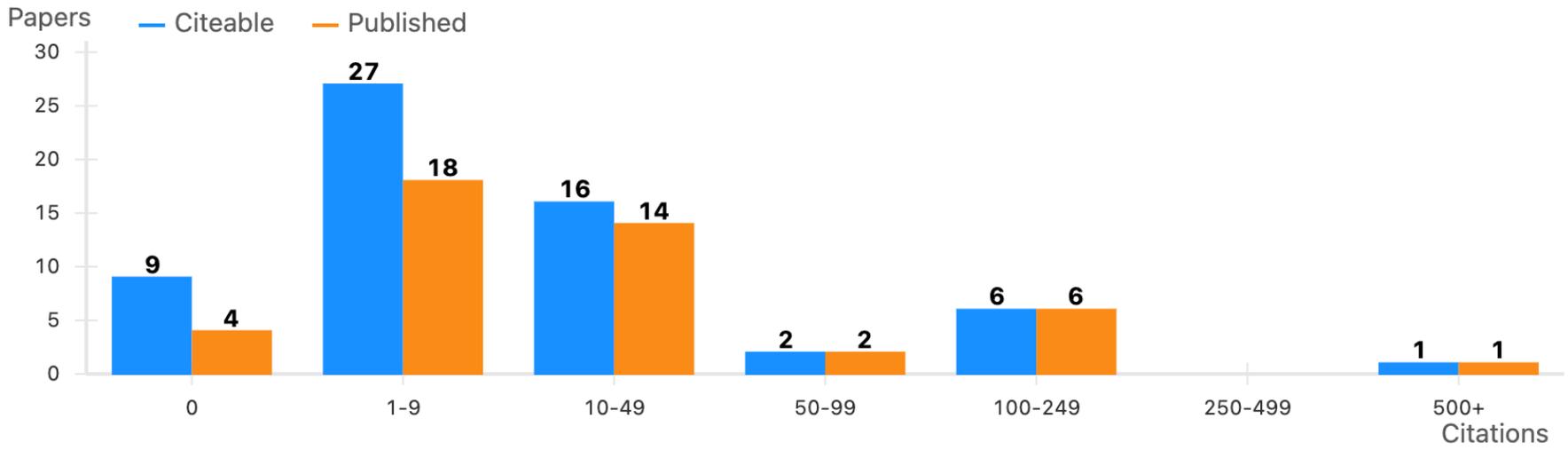
**M. Pasqui**, "Search for Heavy Neutral Leptons in  $B^+ \rightarrow \mu^+ N$ ,  $N \rightarrow e\pi$  and  $B^+ \rightarrow e^+ N$ ,  $N \rightarrow \mu\pi$  decay"

**A. Codovini**, "Studio del decadimento  $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$  con l'esperimento LHCb al CERN"

# Bibliometria LHCb 2022-2023

Exclude self-citations ?

	Citeable ?	Published ?
Papers	61	45
Citations	2,076	2,025
h-index ?	18	18
Citations/paper (avg)	34	45



- Tre articoli in Nature Physics nell'ultimo anno

# Conferenze e scuole, 2022-2023



## Conferenze:

**G. Martelli**, talk: IFAE 2023 – *Decadimenti rari e veramente rari di adroni a LHCb* (Premio "Miglior talk della sezione frontiera dell'alta intensità")

**L. Fantini**, talk: ALPS 2023 - *Lepton number and Lepton Flavour Violation searches in B decays at LHCb*

**G. Martelli**, talk: La Thuile 2023 - *Rare and very rare decays of hyperons and heavy baryons at LHCb* (Grant per la partecipazione di studenti dottorandi)

**L. Fantini**, poster: NePsi (New Physics Signals) International Workshop - *Lepton flavour violation and lepton number violation in B decays at LHCb*

**L. Fantini e G. Martelli**, poster: IFAE 2023 - *Ricerca di decadimenti dei mesoni B con violazione del numero e del sapore leptonico all'esperimento LHCb*

## Scuole:

**G. Martelli**, 59° Course of the International School of Subnuclear Physics, Erice (Grant)

**L. Fantini**, ISOTDAQ 2023, International School of Trigger and Data Acquisition

# Attività 2023



## Presa dati LHCb:

- Turni di presa dati (3 persone, ~7 turni a persona)
- Mantenimento hardware Light Leak Detector
- Piquet RICH (3 persone nel 2023, una settimana ciascuno)

## Analisi dati (RUN2):

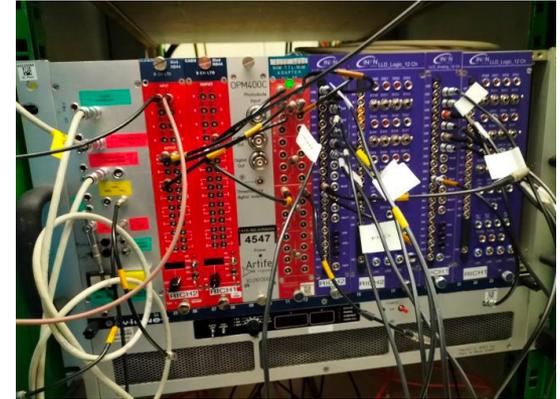
- Studio del decadimento  $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$  (G. Martelli, 3° anno)
- Ricerca di neutrini di Majorana nei decadimenti  $B_{(c)}^+ \rightarrow \pi\mu e$  (L. Fantini, 2° anno)

## Altre attività:

- Test in laboratorio a Perugia su risoluzione temporale di sensori e sistemi di calibrazione e controllo (V. Duk co-responsabile del gruppo: Calibration, alignment and monitoring hardware systems, including DSS)
- Test beam al CERN per nuovi sensori e elettronica di lettura per upgrade 1b e 2 (due persone per 10 giorni)
- Scrittura TDR per upgrade 1b
- M. Pepe membro dello speaker Bureau (Ottobre 2021 –Settembre 2023)

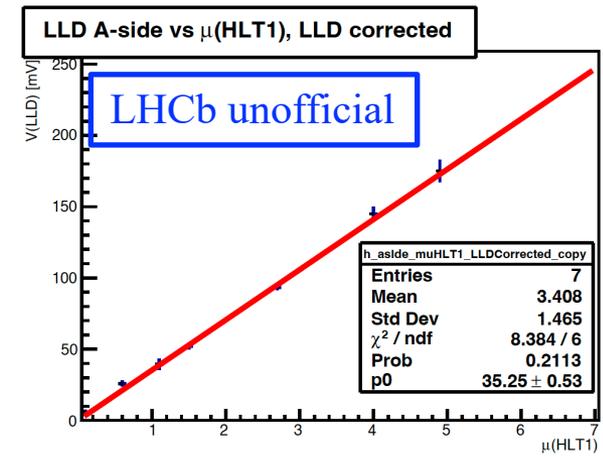
# II LLD

- Competenza esclusiva di Perugia, 12 Light Leak Detector installati all'interno di RICH1 e RICH2



- Elettronica installata ad inizio 2022, commissioning e integrazione nel DSS dei RICH completato durante i primi mesi di run.

- Gradita conferma, segnale dei LLD proporzionale alla luminosità di LHC  
 → **Luminosity monitor**



# Impegni e obiettivi per il 2024



## Presenza dati LHCb (stesso schema del 2023):

- Turni di presa dati
- Manutenzione hardware Light Leak Detector (piccolo intervento previsto)
- Piquet RICH

## Analisi dati (RUN2):

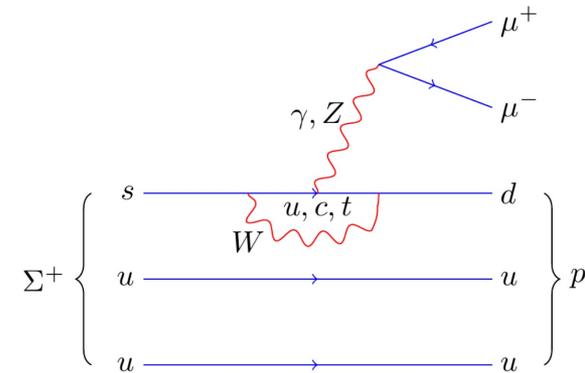
- Studio del decadimento  $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$   
(G. Martelli + assegnista, pubblicazione articolo su BR, analisi asimmetria di carica)
- Ricerca di neutrini di Majorana nei decadimenti  $B_{(c)}^+ \rightarrow \pi\mu e$   
(L. Fantini, 3° anno)

## Altre attività:

- Test in laboratorio a Perugia su risoluzione temporale di sensori e sistemi di calibrazione e controllo (V. Duk co-responsabile del gruppo: Calibration, alignment and monitoring hardware systems, including DSS)
- Test beam al CERN per nuovi sensori e elettronica di lettura per upgrade 1b e 2

# The $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$ decay

- ▶ Use 2016-2018 pp collision data recorded
  - $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ ,  $\mathcal{L} = 5.6 \text{ fb}^{-1}$
  - Increase in statistics of a factor  $\sim 4$  from luminosity and cross-section
- ▶ Dedicated triggers implemented in Run 2 since 2016
  - Good gain expected (near a factor  $\sim 10$ ) in efficiency
- ▶ **Observables in Run2:**
  - Observation of the channel
  - Repeat search for dimuon resonances in the decay spectrum
  - More precise measurement of its branching fraction
  - “Direct” CP violation measurement:



$$\mathcal{A}_{CP} = \frac{\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) - \mathcal{B}(\bar{\Sigma}^+ \rightarrow \bar{p}\mu^+\mu^-)}{\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) + \mathcal{B}(\bar{\Sigma}^+ \rightarrow \bar{p}\mu^+\mu^-)}$$

- Differential branching fraction vs dimuon mass
- Forward-backward asymmetry in the decay
- ▶ For the moment focus on the first three observables
  - Building the analysis ready to perform the “direct” CP violation measurement

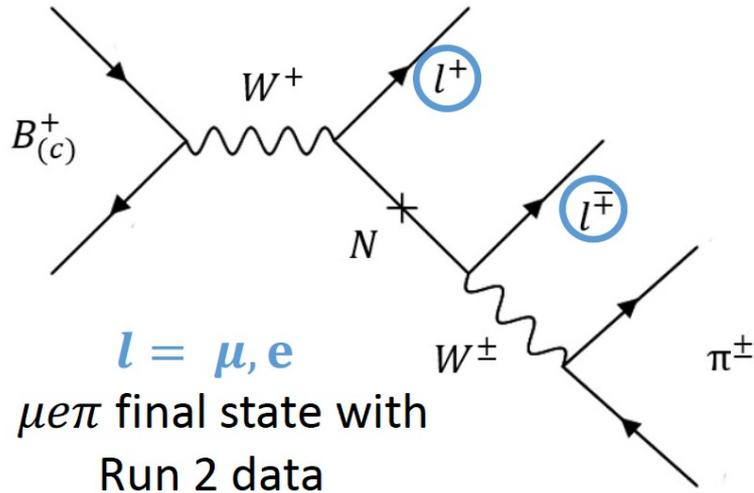
# The $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$ decay

- ▶ Analysis strategy:
  - Loose preselection based on geometric and kinematic variables
  - Hard selection based on BDT and PID variables
  - Search for the observation of the channel minimizing the background
  - Develop analysis without introducing bias in  $m_{p\mu^+\mu^-}$  or  $m_{\mu^+\mu^-}$
  - Conversion of the signal yield into a branching fraction:

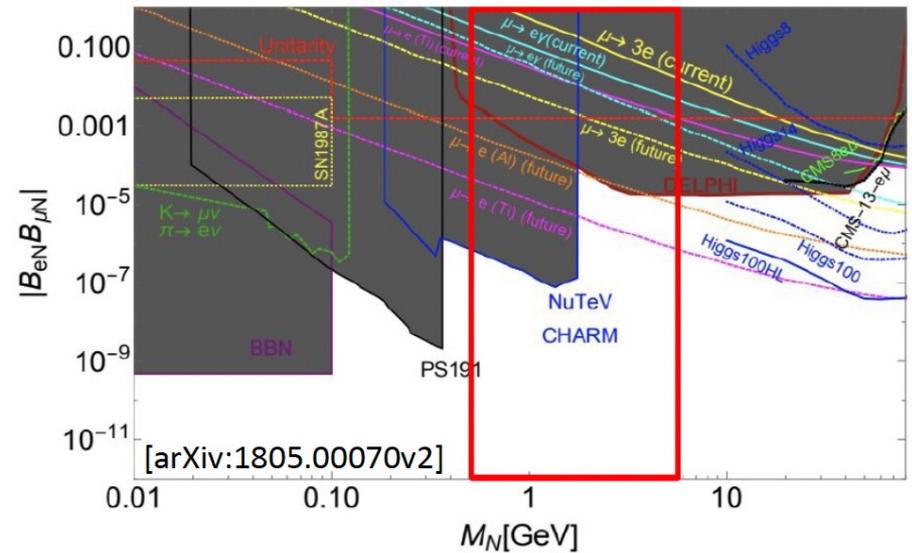
$$\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) = \frac{\epsilon_{\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0}}{\epsilon_{\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-}} \frac{\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0)}{N_{\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0}} N_{\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-}$$

- ▶ No fully charged final state available in the  $\Sigma^+$  to **normalize**:
  - Use high branching fraction  $\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0$
  - $\mathcal{B}(\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0) = (51.77 \pm 0.30)\%$
  - $\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0(\rightarrow \gamma\gamma)$  reconstructed as a charged track plus two well separated photon clusters in the calorimeter
- ▶ Analysis in final stage
  - Final results expected by the end of the year

# Search for Majorana neutrinos in $B_{(c)}^{\pm}$ decays (I)



Current limits on light heavy mixing angles



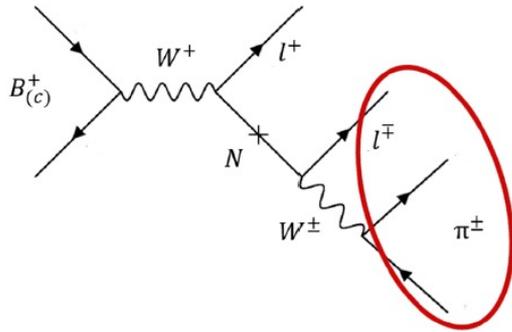
Range of mass that  $B$  decays can explore:

**[0.5 GeV -  $m_B$ ]**

**First analysis with electrons in the final state**

$\rightarrow$  previous LHCb analysis in  $\mu\mu\pi$  final state (Run 1 data) [arXiv:1401.5361v2]

# Search for Majorana neutrinos in $B_{(c)}^{\pm}$ decays (II)



## Current status of the analysis:

- Signal cut-based preselection optimized for  $m_N = 3 \text{ GeV}$ ,  $\tau_N = 0, 20 \text{ ps}$  (2017) samples
- Ongoing:
  - Optimization of Busted Decision Tree for combinatorial background reduction
  - Studies on particle identification variables
  - Background estimation from data
  - Study of normalization channels

## Analysis strategy:

Search for a bump on the  $m_{\pi l}$  invariant mass spectrum, by testing different hypothesis of neutrino mass ( $m_N$ ) and lifetime ( $\tau_N$ )

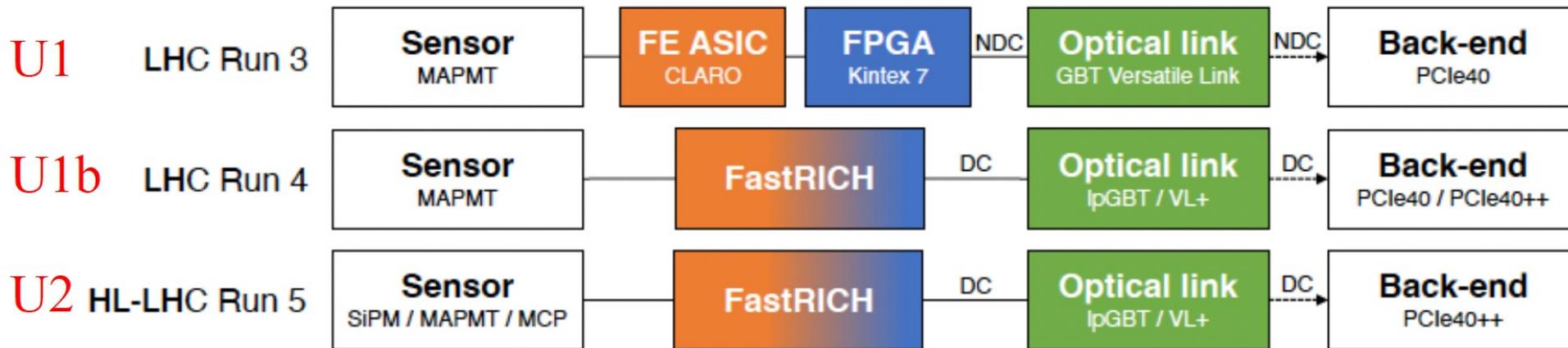
## Two possible lepton signatures:

- Opposite Sign leptons  $\rightarrow$  Majorana and Dirac neutrino
- Same Sign leptons  $\rightarrow$  only Majorana neutrino (lepton number violation)

# R&D per upgrade di LHCb



Catena di acquisizione dei RICH di LHCb:



R&D sia per Upgrade 1b (front-end) che per Upgrade 2 (sensori) in corso

Attività congiunte dei gruppi italiani (Ferrara, Genova, Perugia, Milano, Padova)

In attesa della produzione (convezione FBK) di backside illuminated SiPM

**R&D sui sensori è sinergica con R&D HIKE di NA62**

# R&D per upgrade di LHCb



## R&D per upgrade 1b (dopo LS3) dei RICH di LHCb:

- Sviluppo di un nuovo sistema per la calibrazione dei MAPMT dei RICH di LHCb (V. Duk co-responsabile del gruppo di lavoro interno a LHCb sul tema)
  - **2 m. u.** servizio di elettronica per sviluppo/produzione interfacce per il sistema di test sviluppato in laboratorio
  - **2 m. u.** servizio di meccanica per sviluppo/produzione di supporti meccanici e di splitter per il laser

## R&D per upgrade 2 (dopo LS4) dei RICH di LHCb:

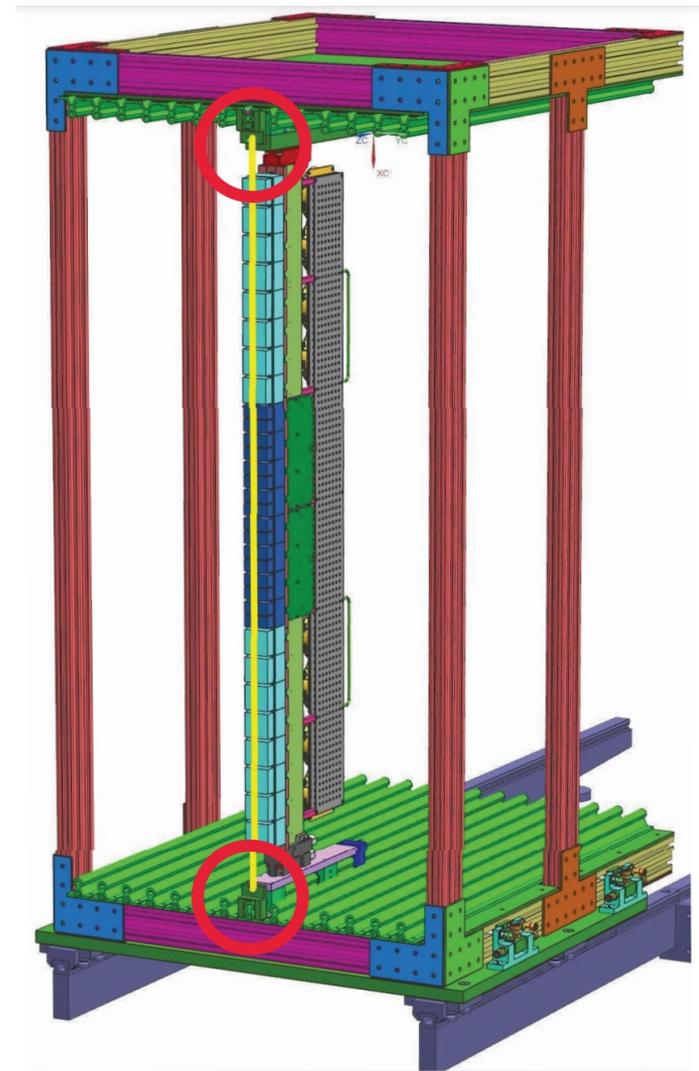
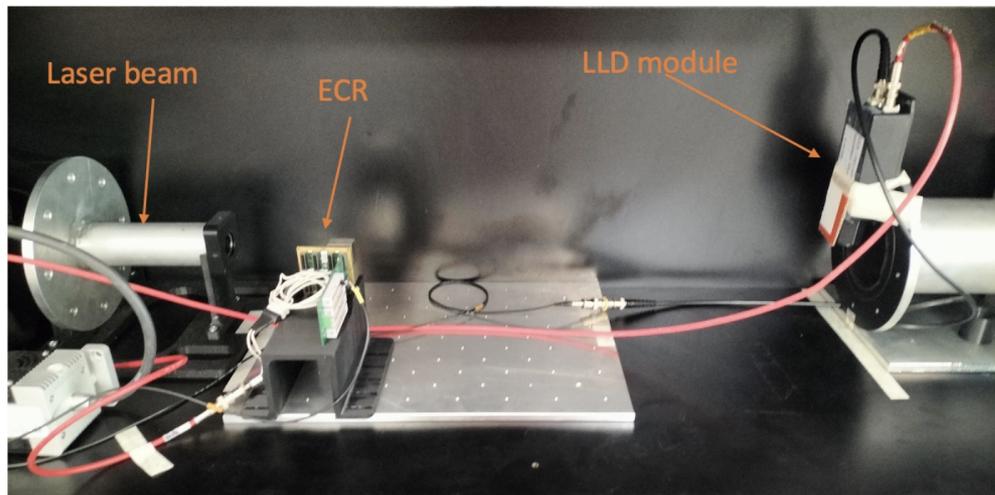
- Misure di risoluzioni temporale e dark-count su SiPM e altri sensori, sviluppo dell'elettronica di front-end e del relativo firmware
  - **3 m. u.** servizio di elettronica per sviluppo/produzione interfacce SiPM e per lo sviluppo firmware

# Test in laboratorio



- Setup per studiare la risoluzione temporale di sensori di luce in vista dell'upgrade 2 (U2) di LHCb
- Siamo recentemente entrati (con Genova) in un progetto per costruire un sistema di calibrazione con luce laser da installare entro il 2029 (U1b) direttamente nella zona dei sensori dei RICH

# Nuovo Sistema di calibrazione



- L'idea è quella di usare lo scattering Rayleigh sfruttando l'azoto presente nella box che contiene i fotosensori (MAPMT).
- [V. Duk](#) co-responsabile del gruppo: Calibration, alignment and monitoring of hardware systems, including DSS)
- TDR in corso di scrittura, sarà pubblicato entro la fine del 2023

# Risorse umane



Nessuna richiesta per il 2022 e il 2023.

Dottorando in scadenza a inizio 2024; un assegno di ricerca è stato richiesto per il 2024 (discusso nel CdS del [24/03/2023](#)) per completare l'analisi  $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$

Infatti l'analisi  $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$  prevede vari passi:

- 1) Misura del BR
- 2) Studio massa invariante  $\mu^+\mu^-$  (blind analysis)
- 3) Misura asimmetria di carica

che non saranno tutti inclusi nella tesi di dottorato in corso

# Richieste finanziarie 2024



Capitolo	Motivazione	Richiesta (K€)
<b>Missioni</b>		
	Missioni interne [5.3FTE*1K€]	5.5 K€
	Missioni estere: Metabolismo riunioni estere [5.3 FTE*1m.u.*3.95K€/m.u.] Presenza dati [5.3 FTE*1m.u.*3.95K€/m.u.]	21.0 K€ 21.0 K€
Totale		<b>47.5 K€</b>
<b>Consumo</b>		
	Metabolismo (1.5K€*5.3 FTE) R&D upgrade 2: Sensore Planacon per timing, (DRD 4.3.2 - Next RICH and other imaging detectors)	8.0 K€ 6.0 K€
Totale		<b>14.0 K€</b>

## Riporto di nuovo le richieste ai servizi:

- 2 m. u. servizio di elettronica per sviluppo sistema di test sviluppato in laboratorio
- 2 m. u. servizio di meccanica per sviluppo/produzione di supporti meccanici e splitter laser
- 3 m. u. servizio di elettronica per R&D su front-end per SiPM e scrittura firmware