

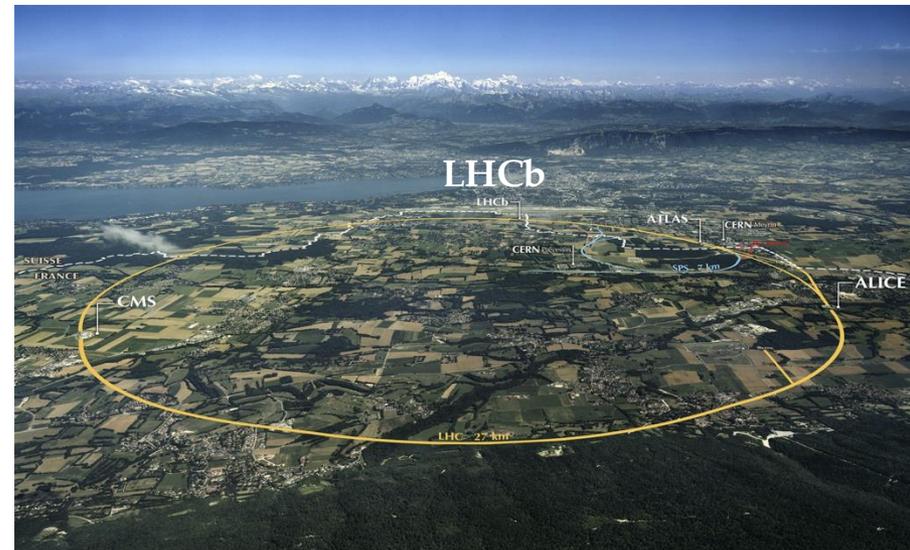


L'esperimento LHCb al CERN

Mauro Piccini

28-03-2025

mauro.piccini@pg.infn.it



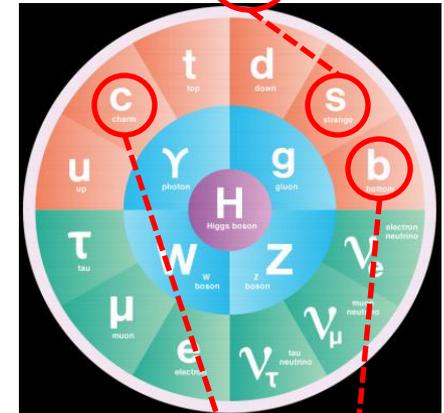
Ambito: Fisica delle Particelle elementari

Il nostro Gruppo ha storicamente lavorato ad esperimenti con fascio incidente su bersaglio fisso al CERN (NA48, NA48/I, NA48/II, **NA62**).

➔ Fisica del sapore (legata allo studio delle proprietà dei quark) con fasci ad alta intensità e quark di massa ‘leggera’, mesoni **K**:

- Misure di precisione
- Misure di processi rari o proibiti

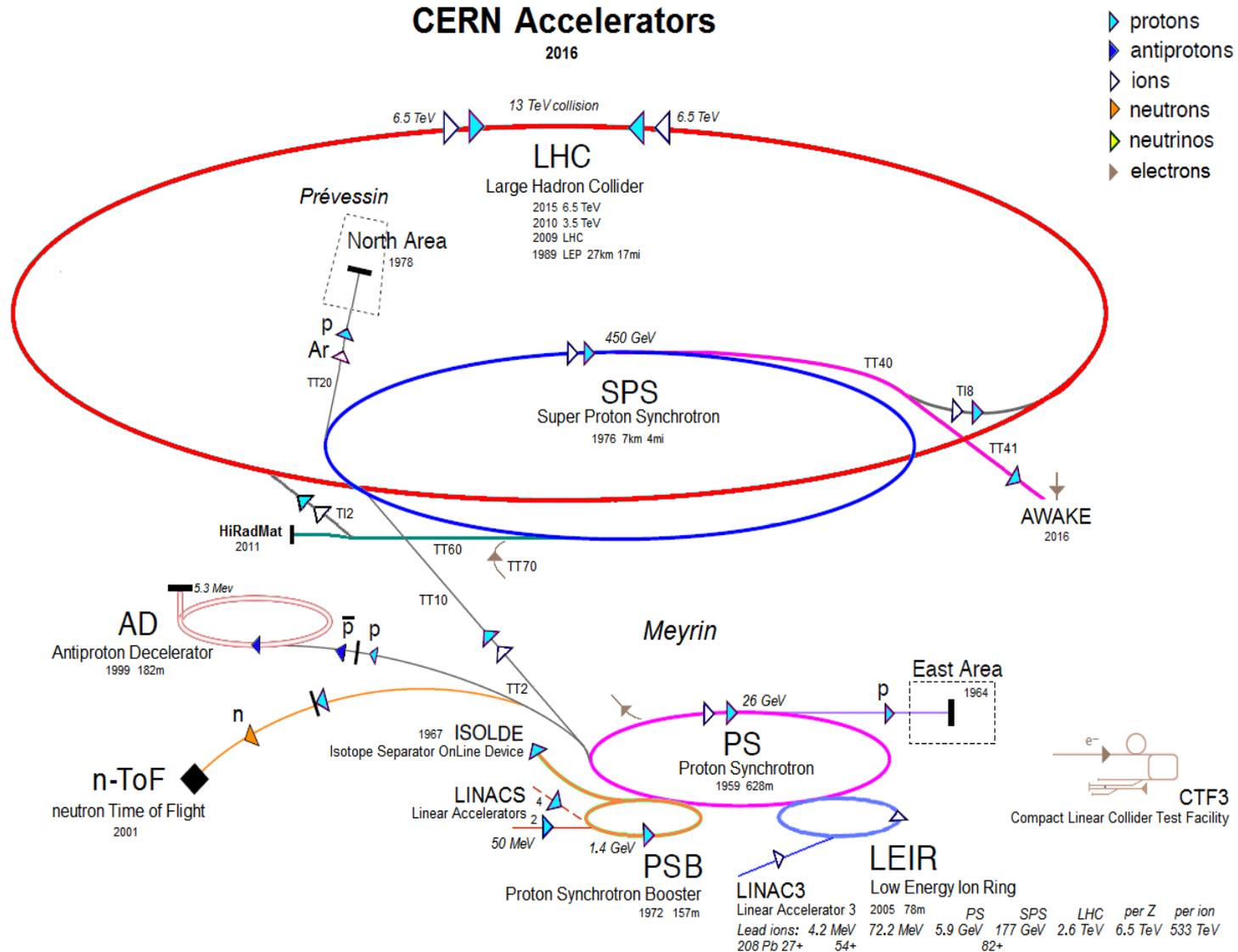
➔
Interesse: verifiche del Modello Standard e ricerca di Nuova Fisica
➔



Dal 2020 il gruppo è entrato nell'esperimento **LHCb**, sia per continuare nello studio della fisica del sapore (in questo caso con mesoni **D** e **B**), sia per sfruttare le competenze acquisite nella costruzione di rivelatori per i futuri aggiornamenti di tale esperimento:

- Sviluppo e costruzione di sensori di radiazione
- Sviluppo di elettronica di acquisizione ad alte prestazioni

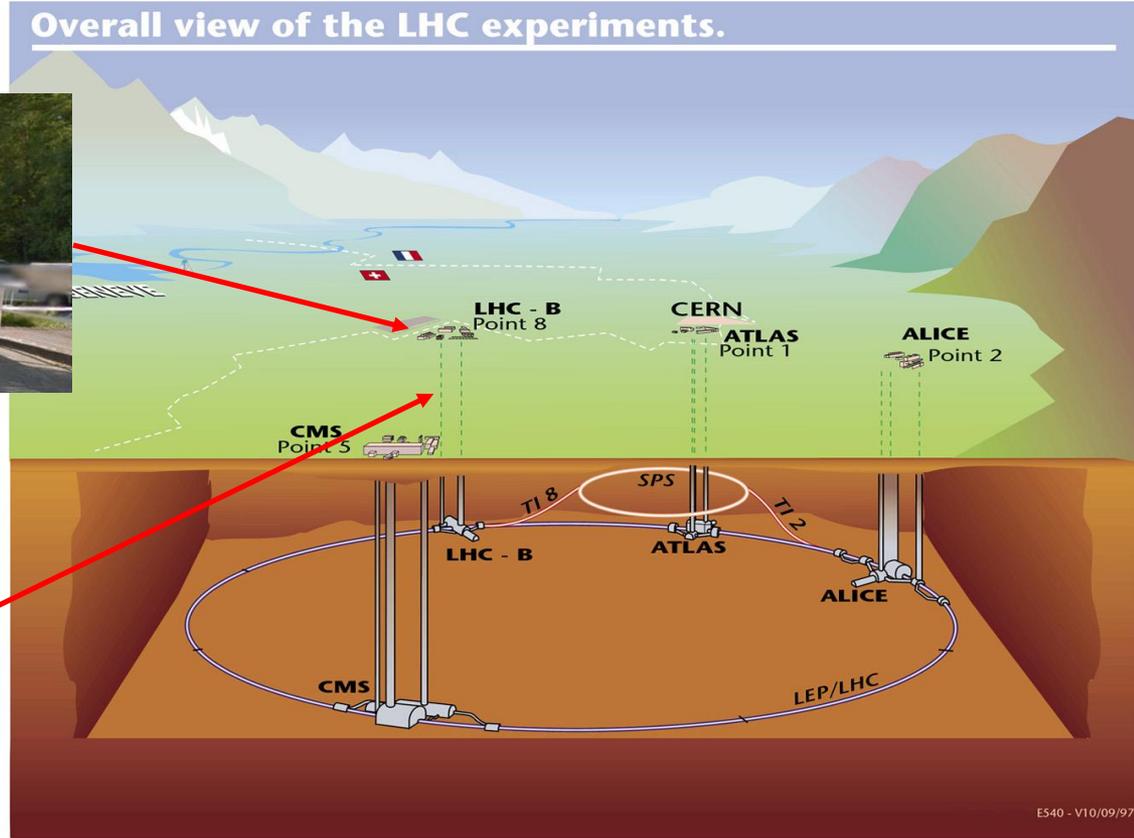
Il complesso degli acceleratori del CERN



L'esperimento LHCb

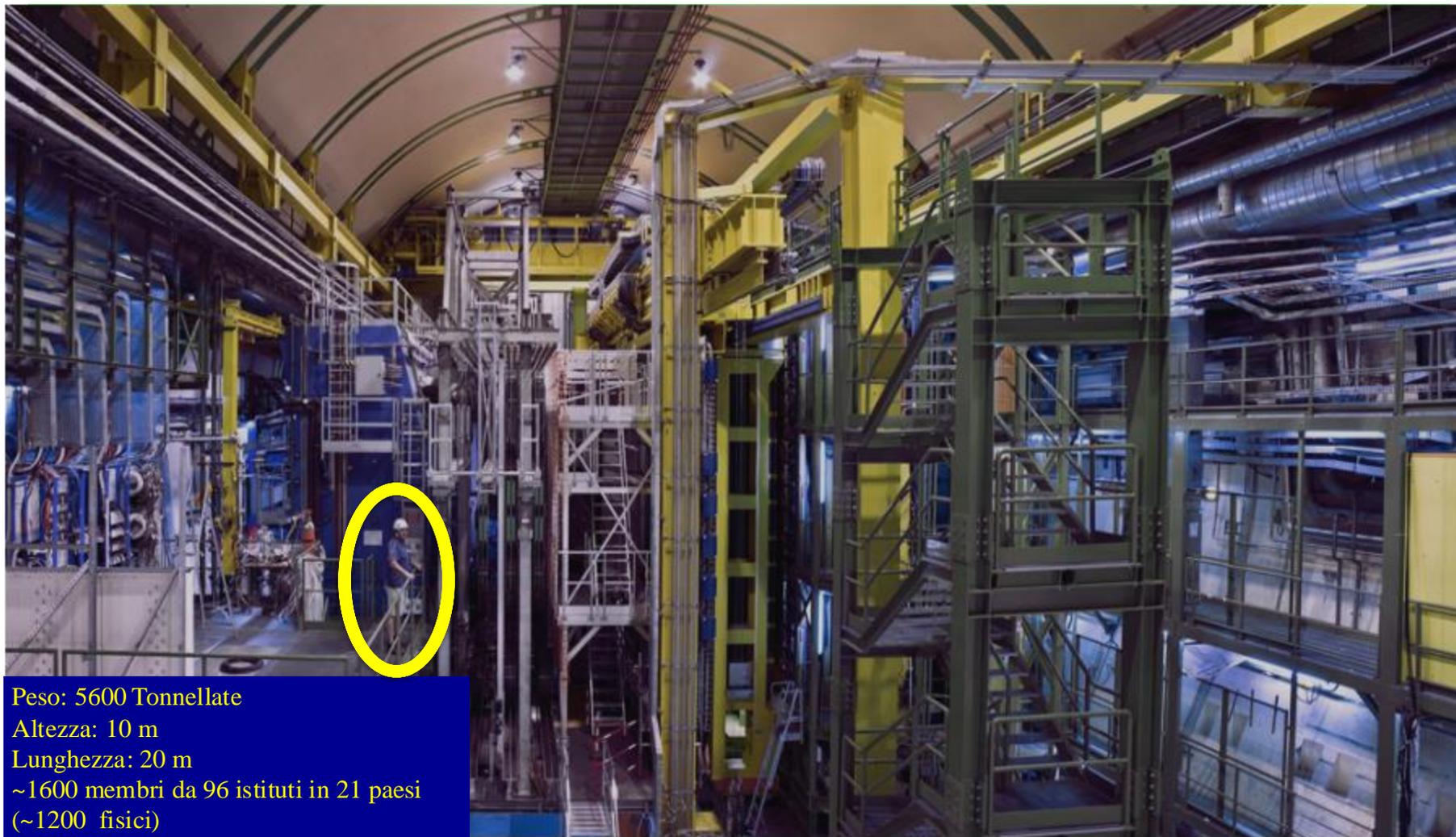


Overall view of the LHC experiments.



E540 - V10/09/97

LHCb

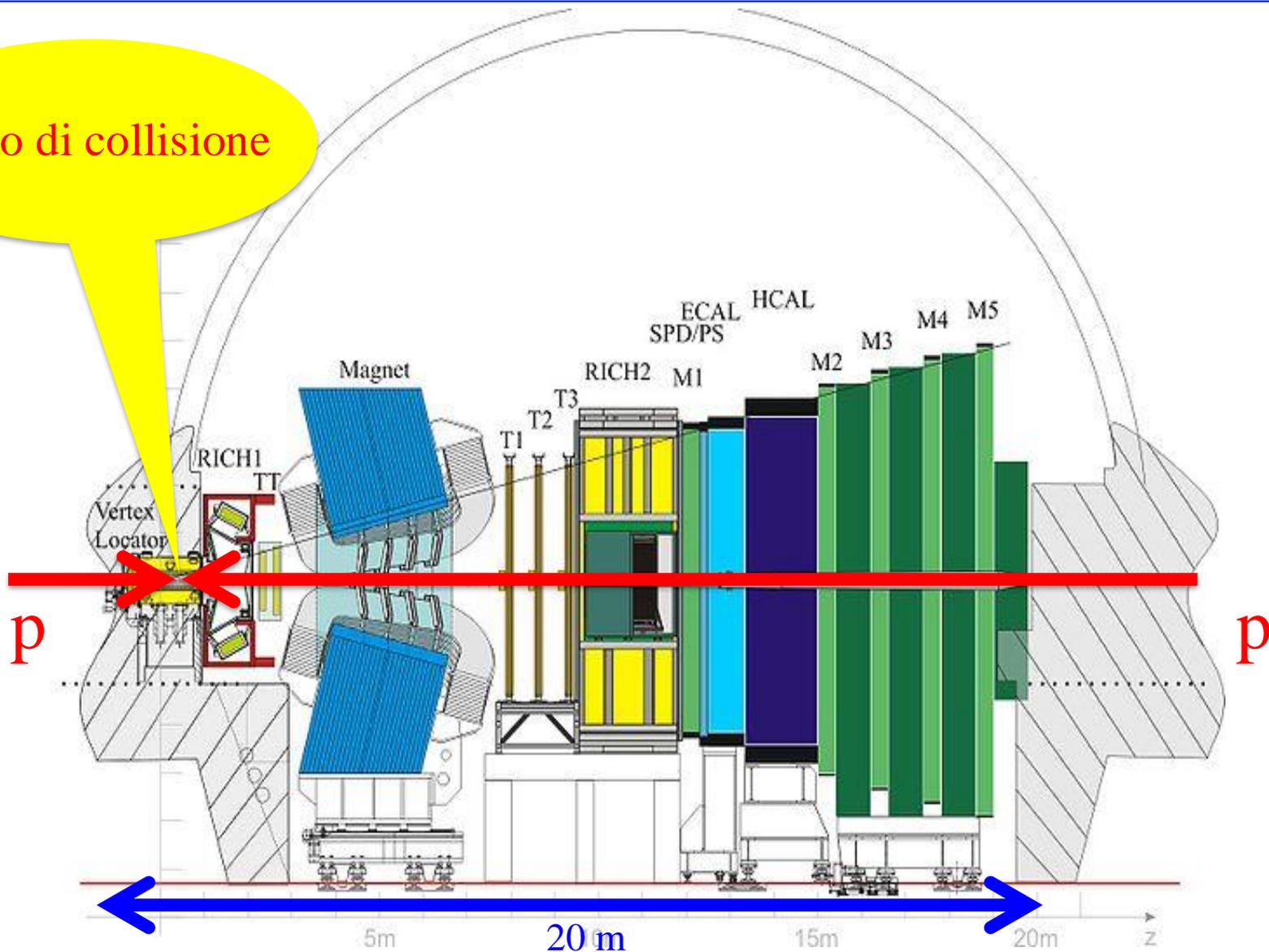


Peso: 5600 Tonnellate
Altezza: 10 m
Lunghezza: 20 m
~1600 membri da 96 istituti in 21 paesi
(~1200 fisici)

b come **Beauty** ma l'esperimento è ideale anche per rivelare particelle con quark **Charm**

LHCb: il rivelatore

Punto di collisione



LHCb: le attività di Perugia riguardo i rivelatori

LHCb ha iniziato la nuova fase di presa dati (con quasi tutti i rivelatori rinnovati) nel 2022, dopo quasi 4 anni di stop.

Con solo due anni a disposizione, Perugia è comunque riuscita a ritagliarsi uno spazio
→ **Light Leak Detector (LLD) dei RICH**

Rivelatori RICH: “vedono” la luce Cherenkov prodotta da particelle cariche che viaggiano più veloci della luce in un mezzo prescelto.

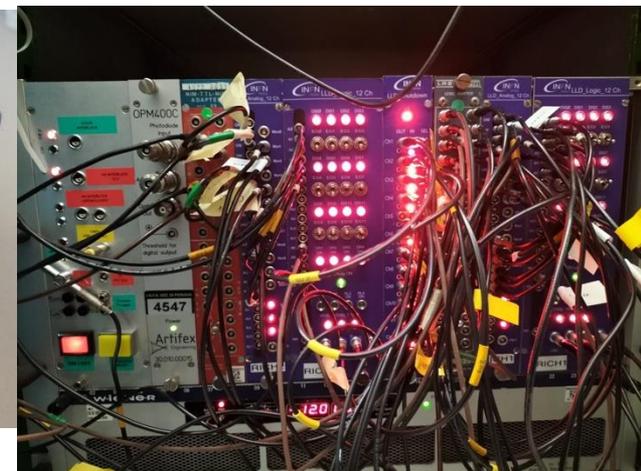
I sensori dei RICH sono molto sensibili alla luce; il sistema LLD controlla l'intensità luminosa e in caso di picchi anomali arresta l'alimentazione dei sensori principali prima che vengano danneggiati

Test di R&D a fine 2020 a Perugia



Un LLD (12 in totale)

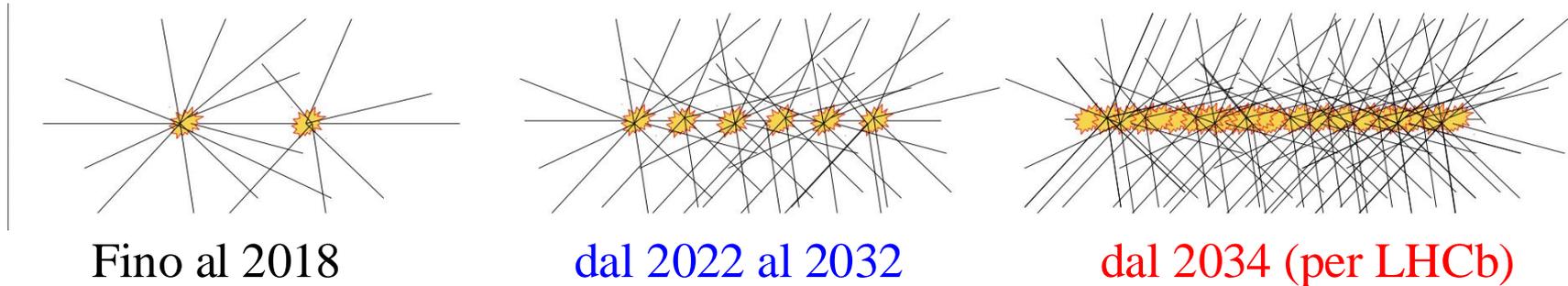
Elettronica installata a LHCb



LHCb: le attività di Perugia per il futuro

Perugia partecipa attivamente al programma di ricerca e sviluppo per i futuri aggiornamenti dei RICH di LHCb (prima fase 2029, seconda fase 2033)

Numero di collisioni p-p per ciascun incrocio di pacchetti in LHC:



Essenziale avere dei sensori resistenti alla radiazione e con ottima risoluzione temporale, per capire a quale interazione associare ciascuna particella carica rivelata nei RICH

Perugia impegnata in 3 fronti:

- Ricerca e sviluppo per la scelta dei nuovi sensori e la loro caratterizzazione
- Sviluppo di un nuovo sistema di calibrazione dei sensori e di monitoraggio (misure di efficienza, allineamento temporale, misura di luminosità)
- Contributo all'elettronica di front-end e di acquisizione per upgrade 2029

Upgrade: la catena di acquisizione dei RICH

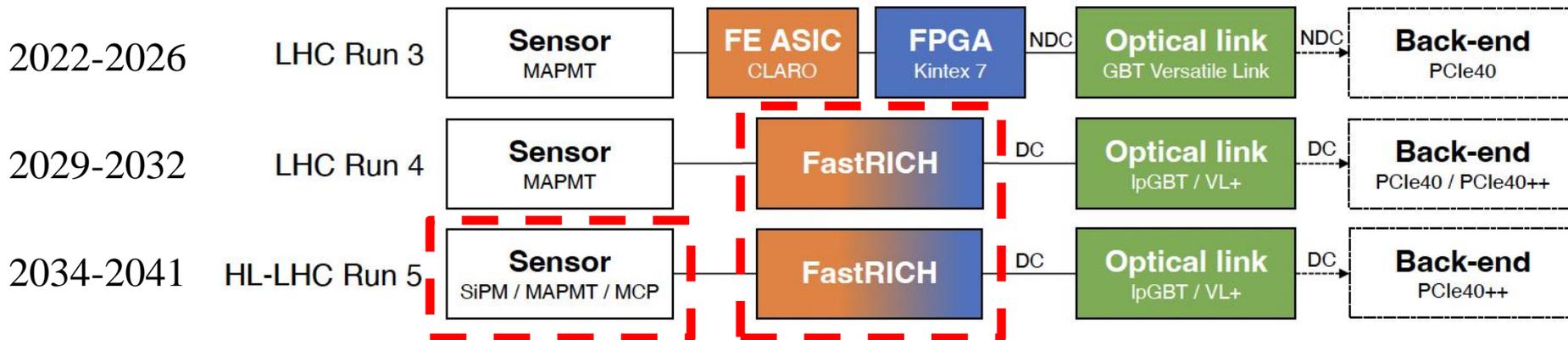
- I due RICH di LHCb sfruttano la luce Cherenkov prodotta dalle particelle cariche che attraversano un mezzo (con una velocità superiore a quella della luce nello stesso mezzo) per misurarne la velocità
- Se un altro rivelatore (spettrometro) misura la quantità di moto di tali particelle si può risalire alla loro massa e quindi **identificarle**
- I due RICH possono essere utilizzati anche per misurare il tempo di transito delle particelle



Clock di LHCb a 160 MHz $\rightarrow T = 6.25$ ns

Con FastRICH $T/256 \rightarrow T_{\text{FastRICH}} \approx 24.4$ ps

Anni:



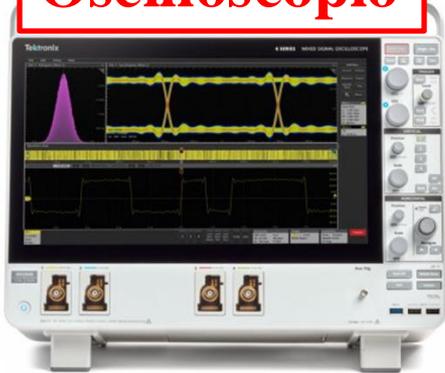
Attività seguite a Perugia

Upgrade: nuovi sensori e sistema di calibrazione

Il laboratorio di LHCb è stato recentemente attrezzato con strumentazione all'avanguardia che permetterà di:

- caratterizzare i sensori candidati ad essere installati nel RICH di LHCb dal 2034
- Sviluppare un nuovo sistema di calibrazione che permette di “allineare” temporalmente i nuovi sensori all'interno dell'esperimento.

Oscilloscopio



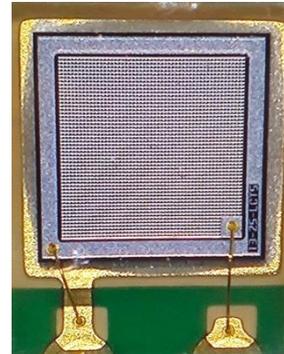
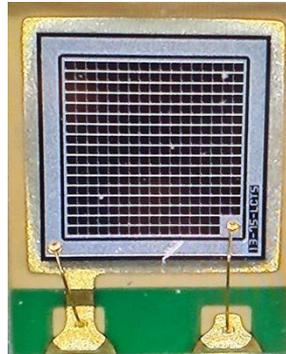
Laser

Il Lab



Alcuni sensori
Già disponibili
ed in fase di test:

SiPM



MCP



LHCb: le attività di Perugia riguardo l'analisi dei dati

1) Studio dei decadimenti del barione Σ^+ (quark uus), uno dei barioni più leggeri con un quark s

Misura del branching ratio del processo $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$ e ricerca di risonanze nella coppia $\mu^+ \mu^-$

(a seguito di un'anomalia in una misura effettuata nel 2006 da un altro esperimento in USA, HyperCP)

Lavoro in corso di pubblicazione, oggetto della tesi di dottorato di G. Martelli

2) Studio dei decadimenti dei mesoni B^+ (quark $u\bar{b}$) e B_c^+ (quark $c\bar{b}$)

Ricerca di una nuova particella N nei decadimenti $B_{(c)} \rightarrow e N$, $N \rightarrow \mu \pi$ e $B_{(c)} \rightarrow \mu N$, $N \rightarrow e \pi$

Ricerca di neutrini di Majorana e della violazione del numero e/o del sapore leptonic

Lavoro in stato avanzato, oggetto della tesi di dottorato di L. Fantini

$\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$, prima presentazione pubblica

$\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$ - Final fit

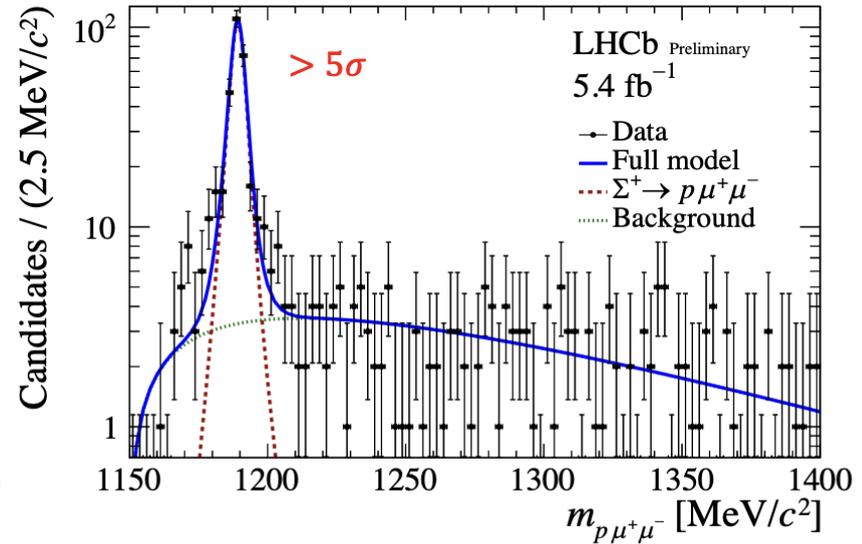
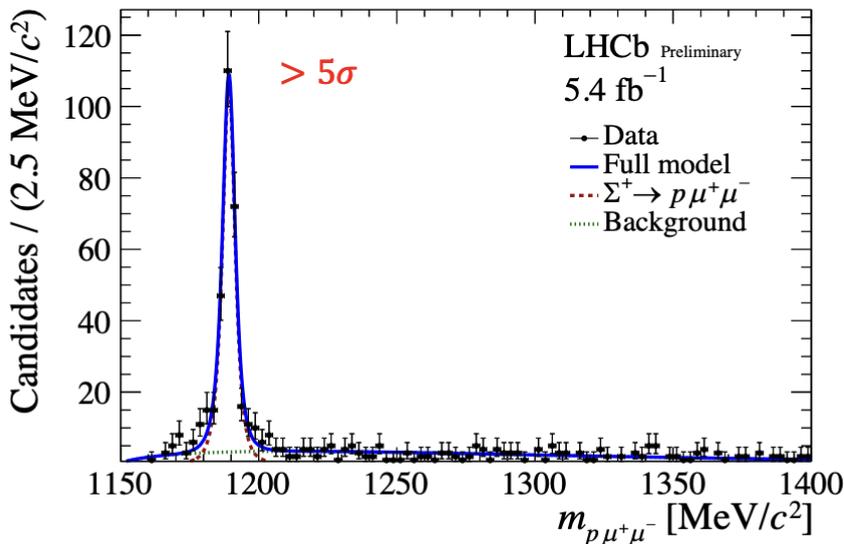
G. Martelli - 6 giugno 2024

BEACH 2024 conference - Charleston, SC, USA

Extended maximum likelihood fit

- $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$ parametrized by an **Hypatia** function
 $N_{\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-} = 279 \pm 19$
- Background** by a modified **Argus** function

First observation with
overwhelming significance



Argomenti di tesi in LHCb

Analisi dati (anche utilizzando i nuovi dati acquisiti dal 2022) :

- Studio dei processi $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$ e $\bar{\Sigma}^+ \rightarrow \bar{p} \mu^+ \mu^-$ per la misura di parametri legati alla violazione di CP e alle distribuzioni angolari e di massa
- Studio dei decadimenti $\Sigma^+ \rightarrow p \gamma$ e $\Sigma^+ \rightarrow p e^+ e^-$
- Ricerca di una nuova particella N nei decadimenti $B \rightarrow e N$, con $N \rightarrow \mu \pi$ e $B \rightarrow \mu N$, con $N \rightarrow e \pi$
- Sviluppo della simulazione veloce per i decadimenti $B \rightarrow e N$, con $N \rightarrow \mu \pi$ e $B \rightarrow \mu N$, con $N \rightarrow e \pi$

R&D relativi ai rivelatori:

- Studio della risoluzione temporale (e di altri parametri) di fotosensori di ultima generazione per i futuri aggiornamenti dei RICH di LHCb
- Studio di scattering Rayleigh per la calibrazione di sensori di luce dei RICH
- Sviluppo di una sistema di test per la nuova elettronica dell'upgrade 2029

Componenti del Gruppo LHCb + NA62

- Giuseppina Anzivino – Università
- Mattia Barbanera – INFN
- Francesco Brizioli – INFN
- Patrizia Cenci – INFN
- Viacheslav Duk – INFN
- Lisa Fantini – dottoranda
- Pasquale Lubrano – INFN
- Gabriele Martelli – PosDoc
- Monica Pepe – INFN
- Mauro Piccini – INFN
- Due laurende magistrali

