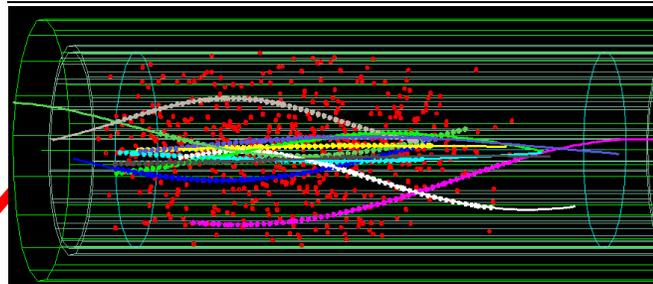
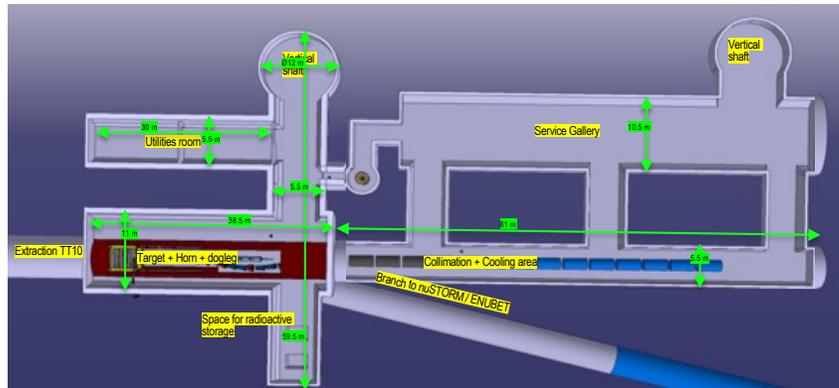


R&D per una TPC di nuova generazione con readout ottico

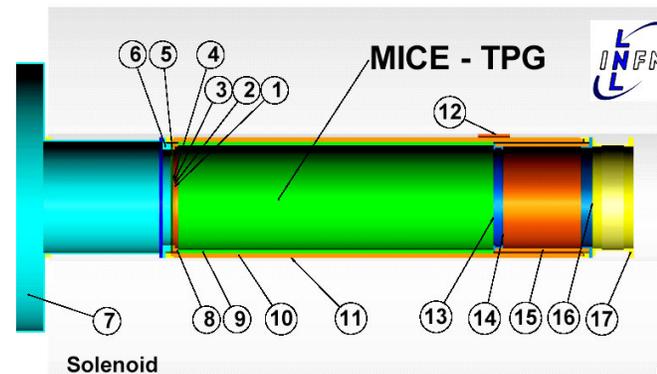
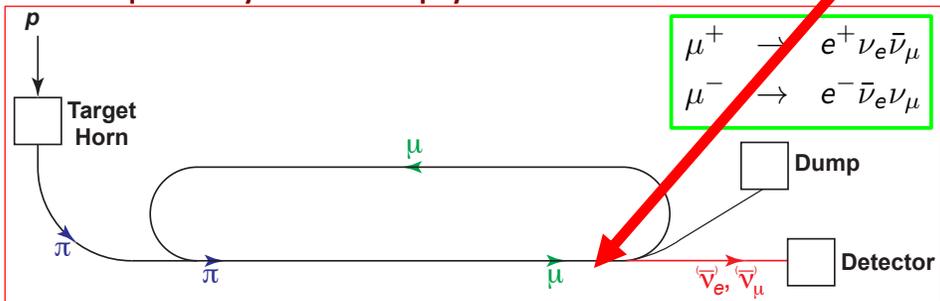
Un passo importante nell'R&D verso la realizzazione del muon collider riguarda il dimostratore del canale di raffreddamento dei muoni che si realizzerà al CERN nei prossimi anni. Il dimostratore (che probabilmente verrà installato in uno dei vecchi tunnel neutrino del CERN) produrrà una grande quantità di muoni e neutrini (circa 200 MeV/c).

La misura di precisione dell'emittanza del fascio dei muoni (x, y, z, P_x, P_y, P_z) ottenuta particella per particella, sarà un elemento fondamentale per la validazione delle performance del canale di raffreddamento dei muoni.

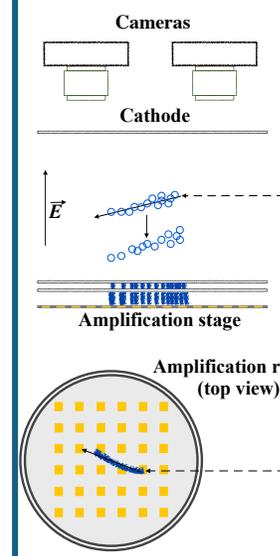
Una TPC di nuova generazione attrezzata con un readout ottico rappresenta un **tracciatore ideale** per questo scopo.



a unique facility for neutrino physics and muon-collider test beam



Why an Optical Readout



Current CCD cameras do not allow to access the longitudinal coordinate due to their slow readout speed

The goal is to combine optical and charge readout

→ Full 3D fast tracking

Supported by AIDAInnova – EU Grant & INFN/DRD1 (INFN R&D for gas detectors)

Why a TPC as a muon monitor in the cooling sector

- Full particle parameters (x, p) reconstructed in 3D
- Very low material budget, excellent track resolution
- It was already in the MICE proposal, but it can now be made much better with an optical readout
- It still requires studies to design and test the readout, and find the optimal gas mixture in optical mode

In 2023 the Bari group proposed to realize a large prototype of a TPC (30 cm diameter, 50 cm drift) with optical readout (TimePix4 or similar) tailored to precise, particle-by-particle muon emittance measurement during beam setup phases

- A field-cage suitable for atmospheric-pressure operation is already available.
- The readout part can be easily replaced with an optical one.
- Once ready, the size allows to insert it in a solenoid (we know of one available at CERN) and test it in a muon beam.
- MPGD TPCs were already studied for beam monitoring, e.g. <https://web2.infn.it/GEMINI/index.php/compact-tpc>

- The optical readout has in this case the advantage to allow lighter structures and higher rate w.r.t. a traditional pad plane
- The development of this device may be synergic with the development of a TPC as an active target and both fit very well the **DRD1,W8/W4 Program**
- This application requires non-pressurized operation.

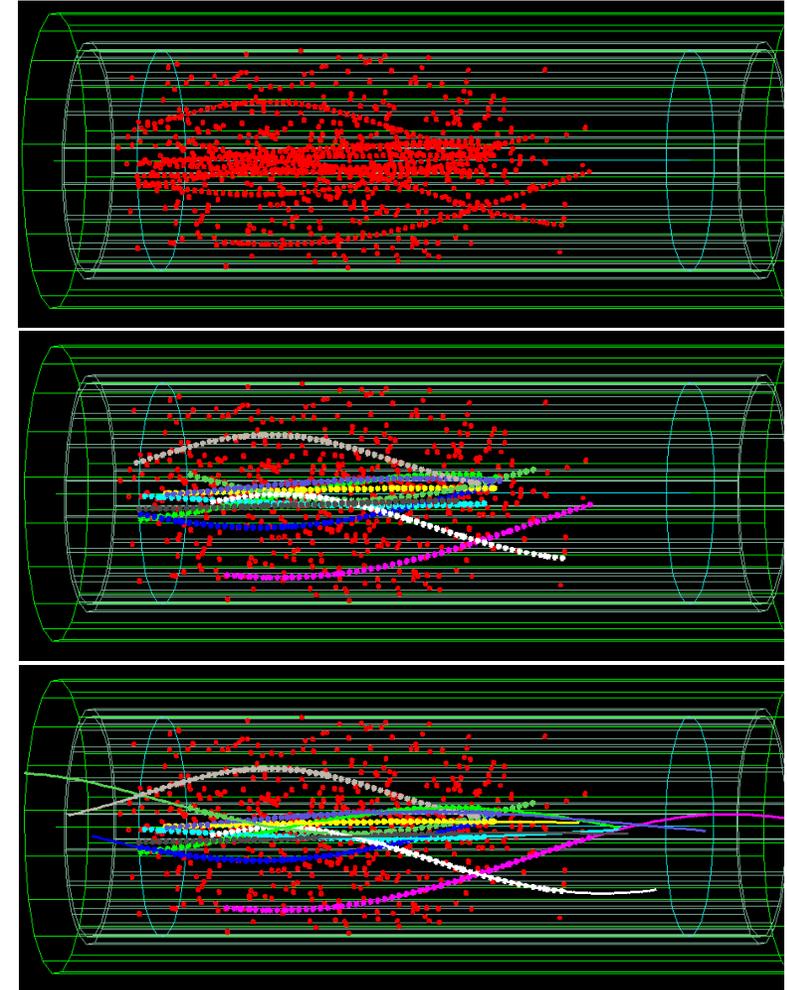


Figure 8.7: top: simulated track and noise hits in the TPG; middle: highlighted hits are those assigned by the pattern recognition to belong to the same track; bottom: track fitted on the selected hits

TPC as a muon monitor (domande ricorrenti)

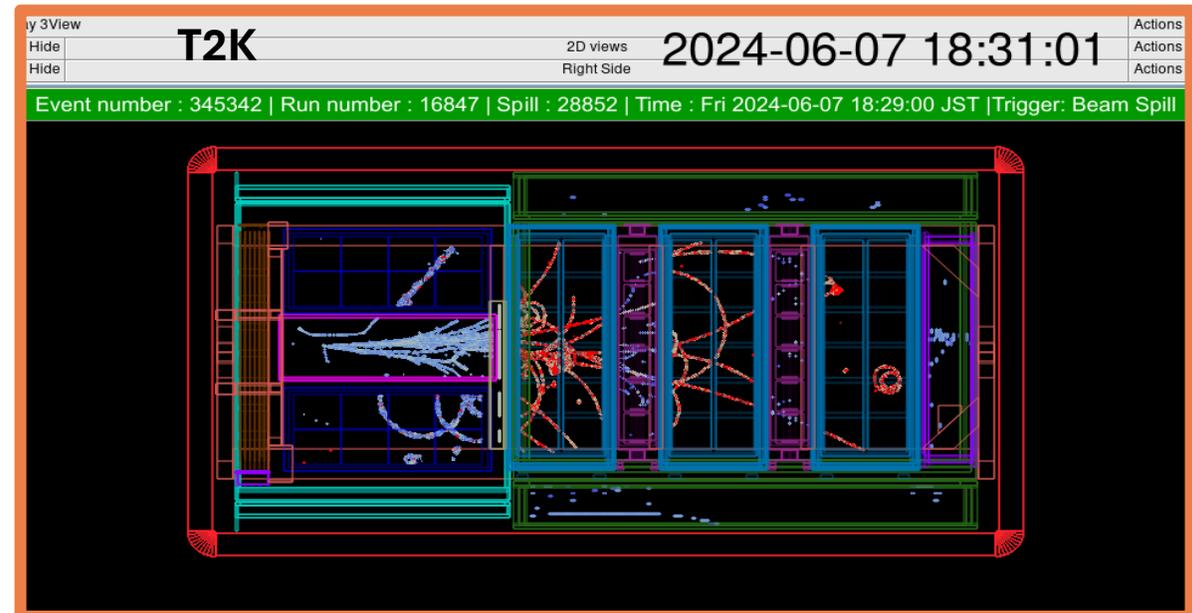
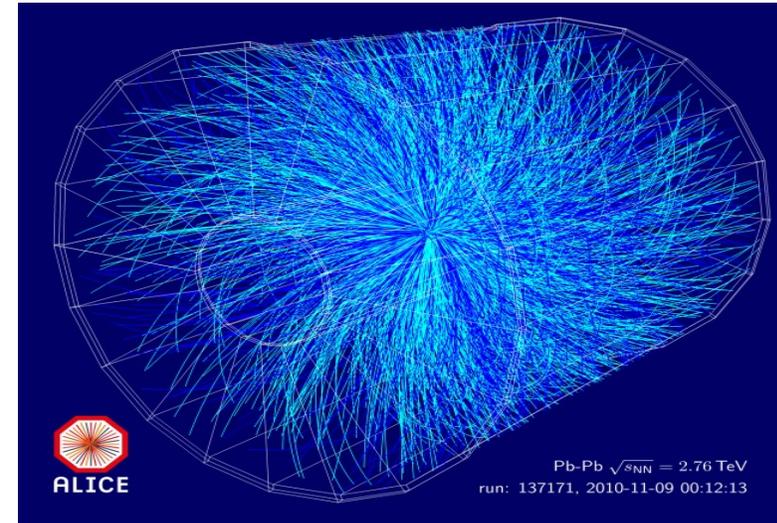
Quante tracce contemporaneamente puo' ricostruire una TPC ?

Molte. Ad esempio, la TPC di ALICE puo' lavorare a occupancy 50%. Il numero esatto dipende da molti parametri quali:

- 1) Granularità combinata di read-out plane, diffusione trasversa, velocità di deriva, ion feedback, geometria della camera, pressione di esercizio ... tutti parametri ottimizzabili in funzione della misura.
- 2) Rapporto segnale/fondo (i.e. quante sorgenti di fondo sono presenti)
- 3) Struttura temporale dello spill
- 4) Sistema di read-out utilizzato

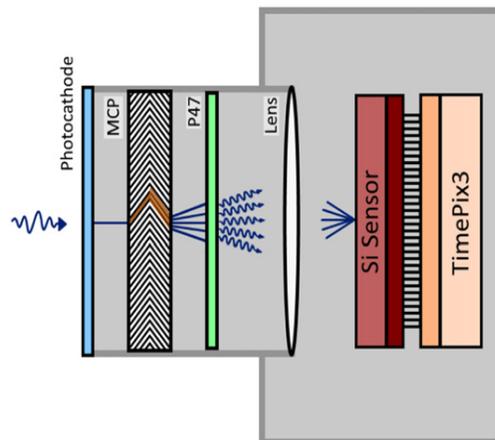
Una TPC come quella ipotizzata per il muon cooling puo' misurare emittanza 6D con intensità 10^{11} (cioè in condizioni ordinarie di lavoro di un Muon Collider)?

No, ma non ha nemmeno senso. In un run ordinario è logico non inserire materiali passivi che aumenterebbero l'emittanza. Ha senso durante fasi di studio e setup a intensità più bassa; l'informazione di emittanza 6D particle-by-particle è la più precisa possibile.



Status & Prospect

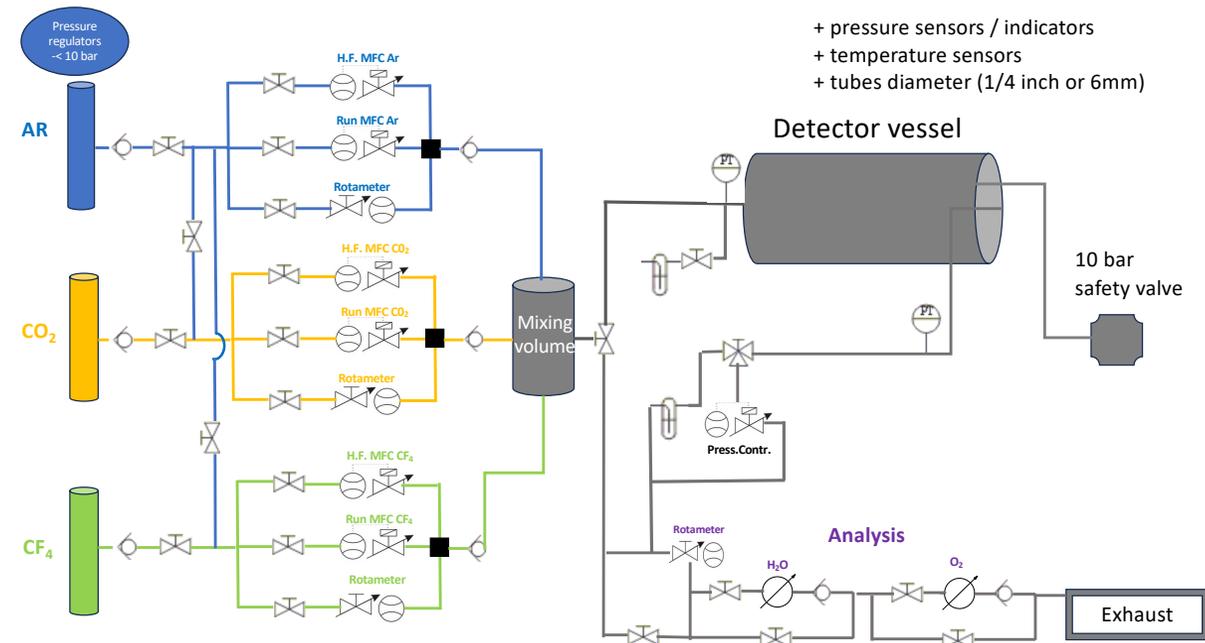
- A **Settembre 2023**, l'R&D riguardante lo sviluppo di una TPC con read-out ottico nell'ambito di RD_MUCOL e' stato approvato dalla CSN1.
- Sono stati finanziati (o sono in fase di finanziamento) solo items riguardanti la versione non-pressurizzata del detector.
- Le restanti richieste (benche' approvate scientificamente) sono stato rimandate alla discussione riguardante i finanziamenti specifici dei DRD .
- Nel **2024** e' stato finanziato il sistema della alte tensioni da 100KV per **21Keuro**.
- Le richieste del **2025** riguardano il sistema di intensificatore di immagine che oltre *all'Image Intensifier* medesimo include 2 piani di thick gem (30 cm di diametro) e un obiettivo fotografico.
- Siamo stati finanziati per **22 Keuro** sui 31Keuro richiesti dato che (vadi tabella) due items sono stati rimandati al finanziamento dei DRD.
- Il finanziamento del TimePIX4 e' previsto nel **2026** (nel 2025 ne avremo uno in prestito per cominciare a testare il sistema completo



YEAR	Item	Cost (Keuro)	Total/Year (investment)	Possible connection & synergy with DRD1
2024	HV (100KV)	21	21	WP4 ,WP8
2025	Image Intensifier	22	5+4 in DRD1	WP4, WP8
	Obiettivo fotografico	5		
	2 piani di Thick GEM (30 cm)	4		
2026	TimePiX4	50	50	WP8, WP4

Stato attuale dell'attività'

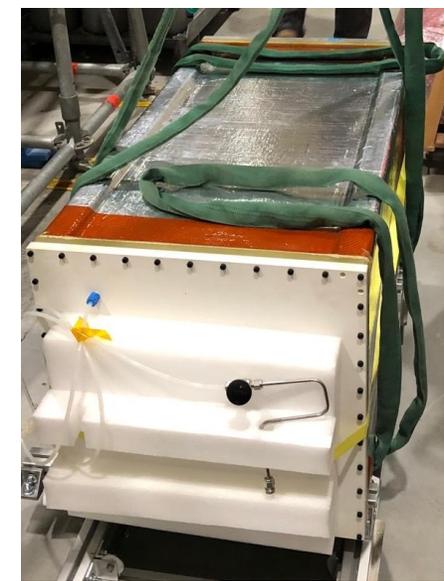
- Il prototipo di TPC con readout ottico verra' assemblato e caratterizzato presso il laboratorio TPC dell'INFN di Bari che ospita anche I test per la TPC ad alta pressione (AIDA+DRD1)
- Il Sistema delle HV finanziato quest'anno e' operativo .
- Il disegno del gas system che permettera' di testare vari gas e miscele e' completato.
- I vari elementi inclusi analizzatori e flowmeters sono già stati testati in Labview.
- il *procurements* degli elementi mancanti (essenzialmente valvole e rotametri) e' in corso
- *Procederemo a breve alla messa in funzione.*



Schematico del gas system

Stato attuale dell'attività (cont.)

- Il vessel per la TPC ad alta pressione e i tavoli di supporto) sono stati disegnati e realizzati
- Come Field-Cage della versione non pressurizzata verra' utilizzato uno dei 2 prototipi realizzati per le TPC di T2K (vedi foto) di dimensioni 50x50x100 cm³
- Abbiamo ottenuto dalla photonis l'offerta necessaria per lo sblocco del sub-judice 2025 (il prezzo e' risultato piu' alto del previsto)
- Si procedera' all'assemblaggio del systema di readout non appena il *procurements* dei vari elementi sara' terminato.



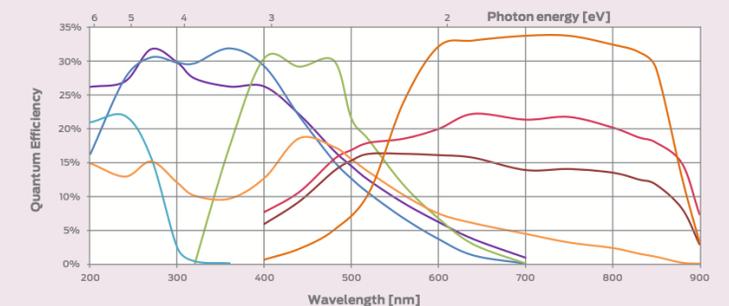
PHOTONIS
Scientific Detectors

Quantum Efficiency of Photocathodes

HI-QE Photocathode

Based on conventional S-20 processes, a series of high quantum efficiency (QE) photocathodes has been developed that can be specifically tuned for use in the ultraviolet, blue, green or red regions of the spectrum. The QE values exceed 30% at maximum response, and the dark count rate is found to be as low as 50 Hz/cm² at room temperature. This combination of properties along with a fast temporal response makes these photocathodes ideal for application in photon counting detectors and image intensifiers.

— HI-QE UV (50 Hz/cm²) — HI-QE Blue (50 Hz/cm²) — HI-QE Green (50 Hz/cm²) — HI-QE Red (100 kHz/cm²)
— SolarBlind (5 Hz/cm²) — Broadband (50 kHz/cm²) — S25 (100 kHz/cm²) — GaAs (300 kHz/cm²)



Typical performance at 20°C. Cooling the photocathode reduces the dark count rate by about a factor of 2, every 5°C.