

# Un innovativo sistema di imaging ottico per il rivelatore ad Argon Liquido GRAIN

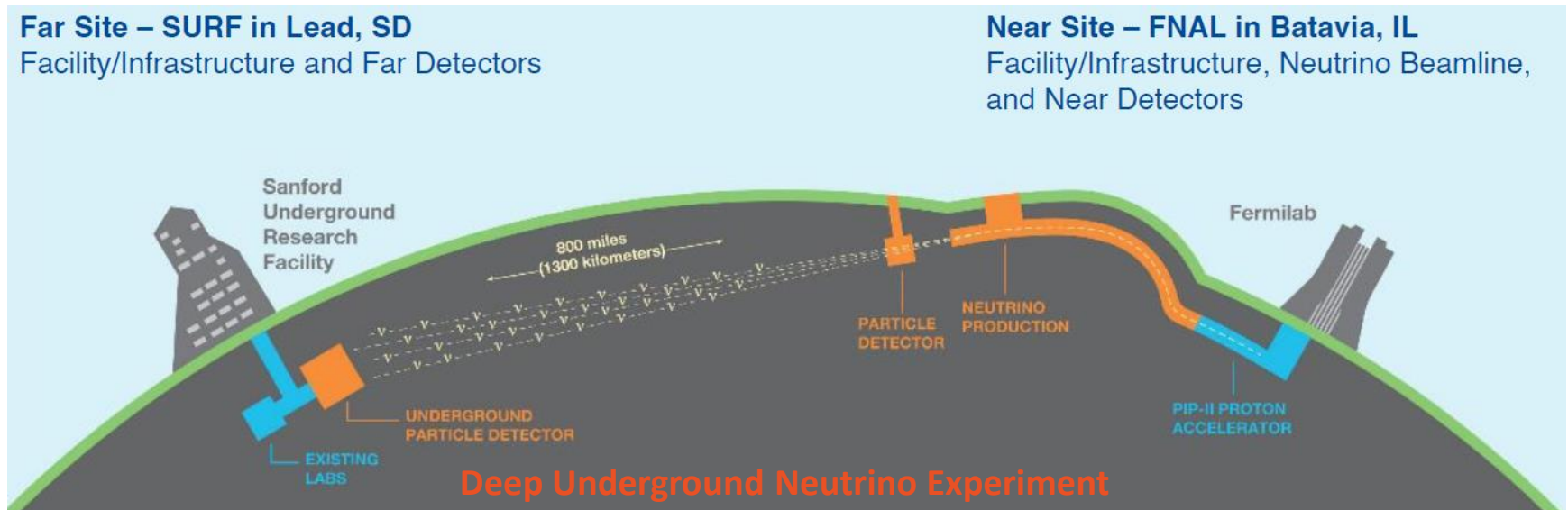
Francesco Chiapponi

*on behalf of the DUNE collaboration*

Incontri di Fisica delle Alte Energie

Firenze, 3 – 5 Aprile 2024

# L'esperimento DUNE



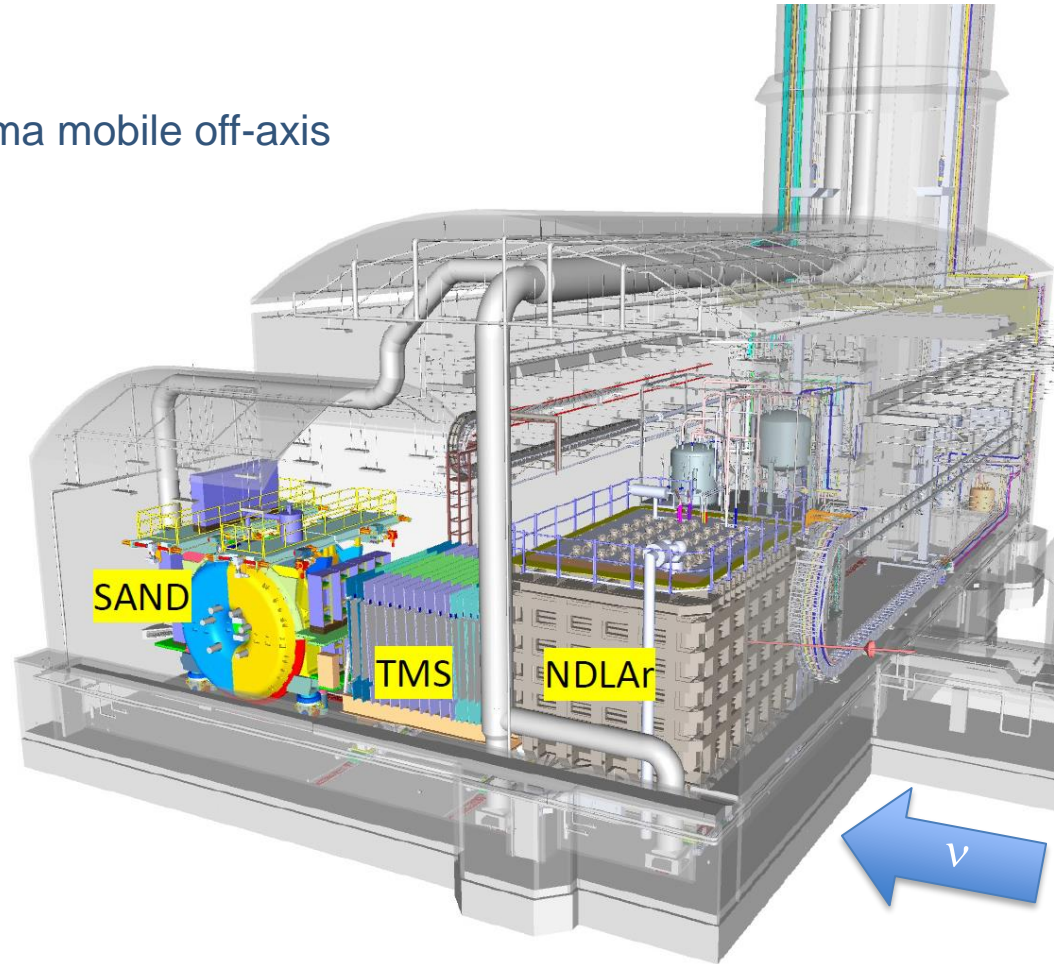
La fisica:

- Determinare la violazione CP per il settore leptonic
- Determinare l'*ordinamento delle masse*
- Misurare con precisione gli *angoli di mixing*
- Rivelare neutrini solari e da supernova
- Indagare la fisica BSM

# Near Detector

- ND-Lar
- Temporary Muon spectrometer
- SAND
  - Solenoide superconduttore (0,6T) e calorimetro elettromagnetico
  - GRAIN (bersaglio attivo, 1t di LAr)
  - Tracciatore leggero a Straw Tube con bersagli distribuiti di  $\text{CH}_2$  e C

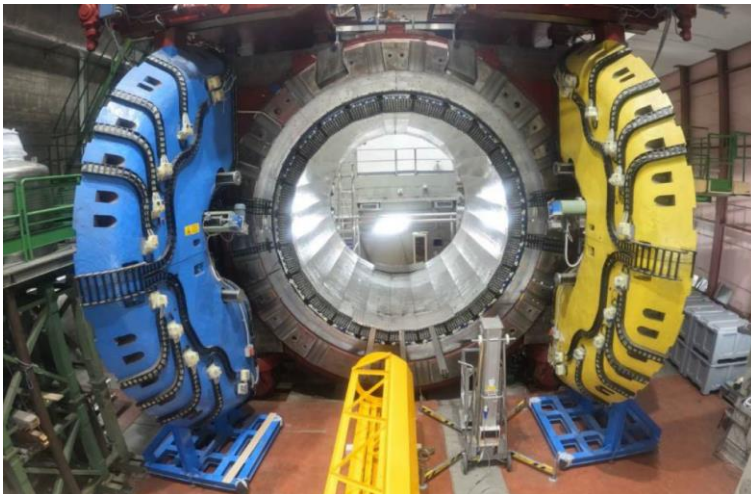
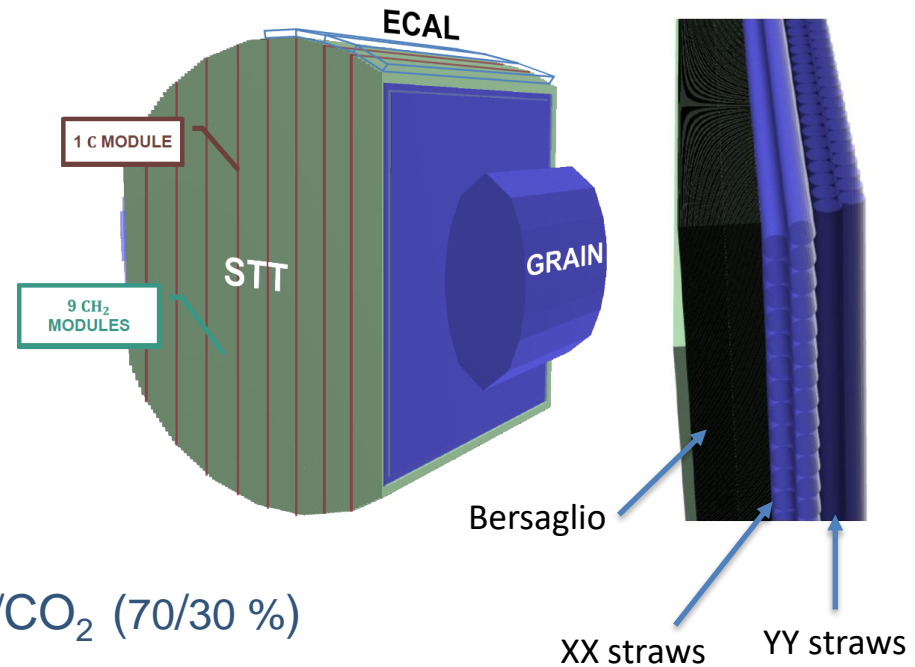
} Sistema mobile off-axis



# SAND

## System for on-Axis Neutrino Detection

- Permanentemente on-axis
- ECAL: Pb + Fibre scintillanti
$$\sigma_E/E \cong 5\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$$
$$\sigma_t \cong 40\text{ps}/\sqrt{E(\text{GeV})}$$
- GRAIN (bersaglio attivo, 1t di LAr)
- STT: 4.7t CH<sub>2</sub>, 557Kg C, straw con Xe/CO<sub>2</sub> (70/30 %)



## La fisica:

- Misura del flusso di  $\nu/\bar{\nu}$  (assoluto e relativo)
- Misure di sezione d'urto di  $\nu$  su Ar, CH<sub>2</sub>, C ( $\rightarrow$ H)
- Calorimetria
- Tracciamento di alta precisione

# GRAIN

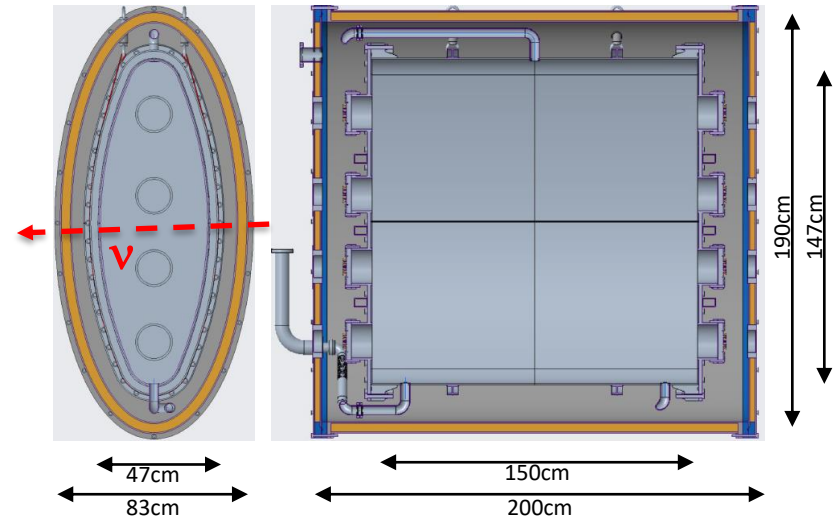
GRanular Argon for Interaction of Neutrinos

## Obiettivo

- Ricostruire tracce di particelle cariche *usando solo la luce di scintillazione*

## Requisiti

- Risoluzione  $< 1\text{cm}$
- Risoluzione temporale  $< 1\text{ ns}$
- Sensori *segmentati*
- Un sensore di luce che operi nel *VUV* ( $\lambda = 127\text{nm}$ )
- Sensori e elettronica di lettura operanti in LAr (87K)



Camera = sistema ottico + sensore + elettronica



# L'innovativo sistema ottico

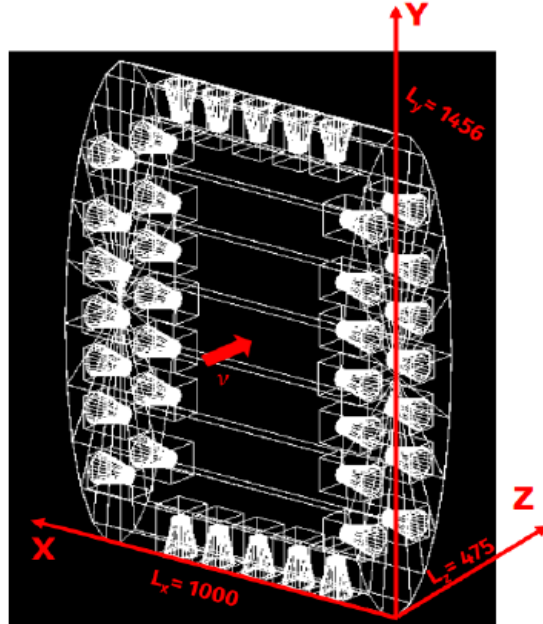


Prototipo di lente ottimizzata per l'UV

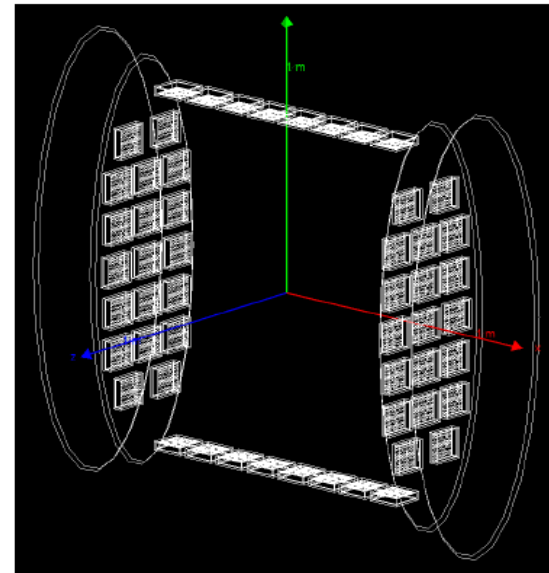
SiPM disposti in matrici 32x32, pixel di 1-3 mm



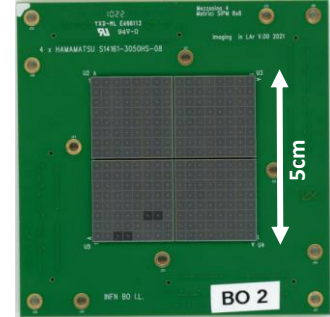
2 opzioni



Lenti UV



Coded Aperture Masks

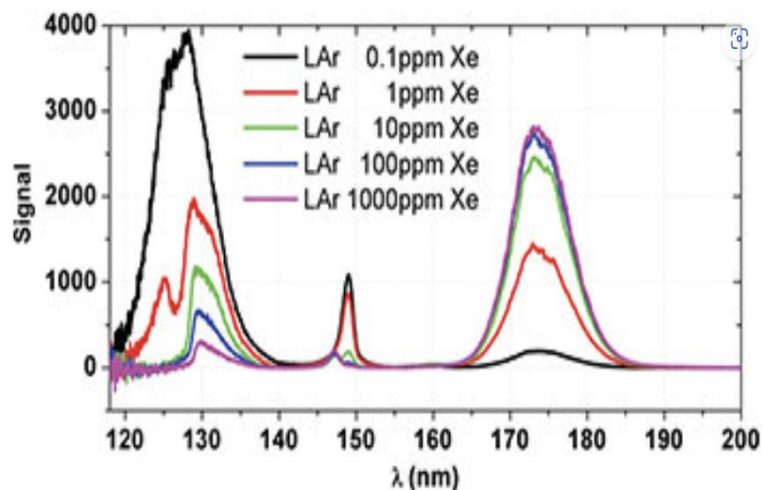


Prototipo di matrice con 16x16 pixel di 3 mm.

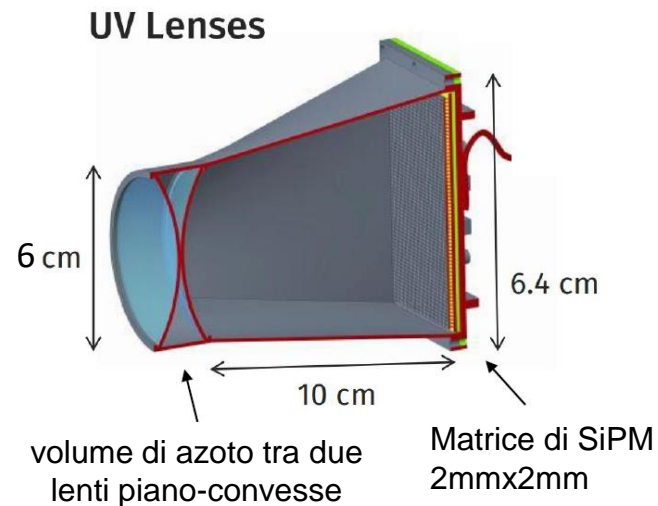
# Lenti UV

La luce viene focalizzata sul sensore da un sistema di lenti ottimizzato per il VUV, 175nm.

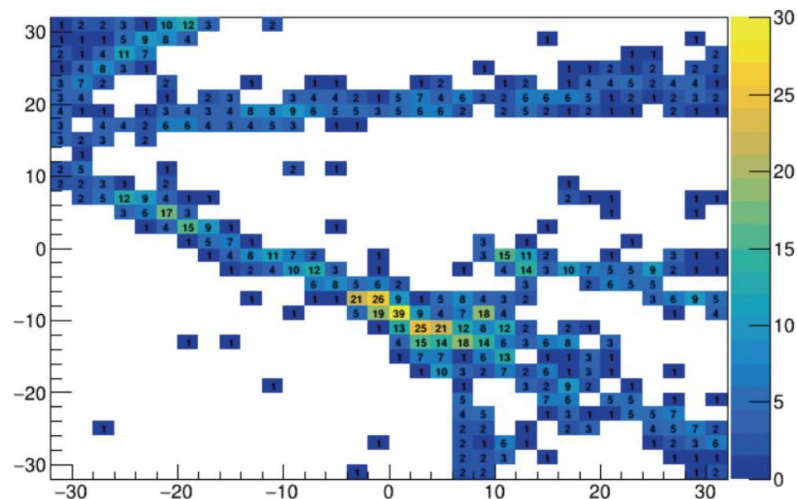
LAr drogato con Xe



A. Neumeier et al.,  
EPL 109 12001, 2015

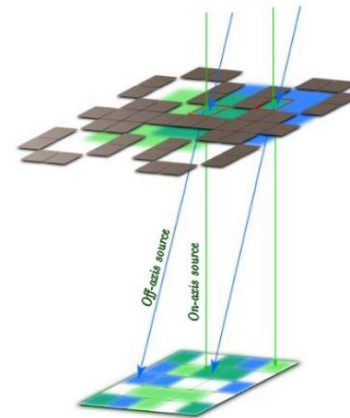
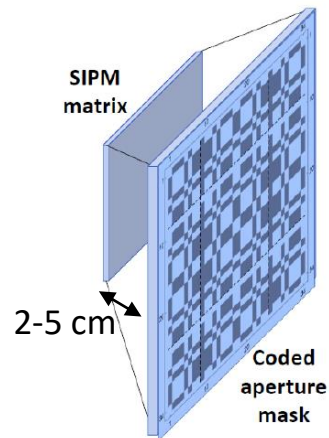


- Ottica ottimizzata per distanze fino a 1,2 m
- Tracce direttamente proiettate sul sensore
- Lunghezza focale fissa per ogni sensore



# Coded Aperture Masks

La luce è filtrata attraverso *maschere ad apertura codificata*



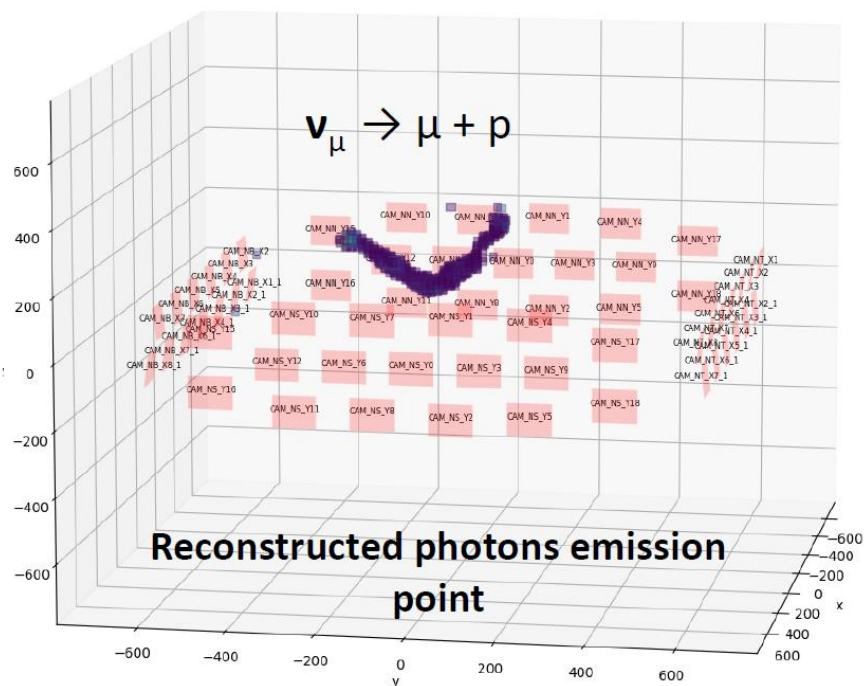
Pattern sul sensore prodotto dalla convoluzione delle immagini di ogni singola apertura

- Visione in campo vicino
- Ricostruzione delle tracce tramite algoritmo iterativo

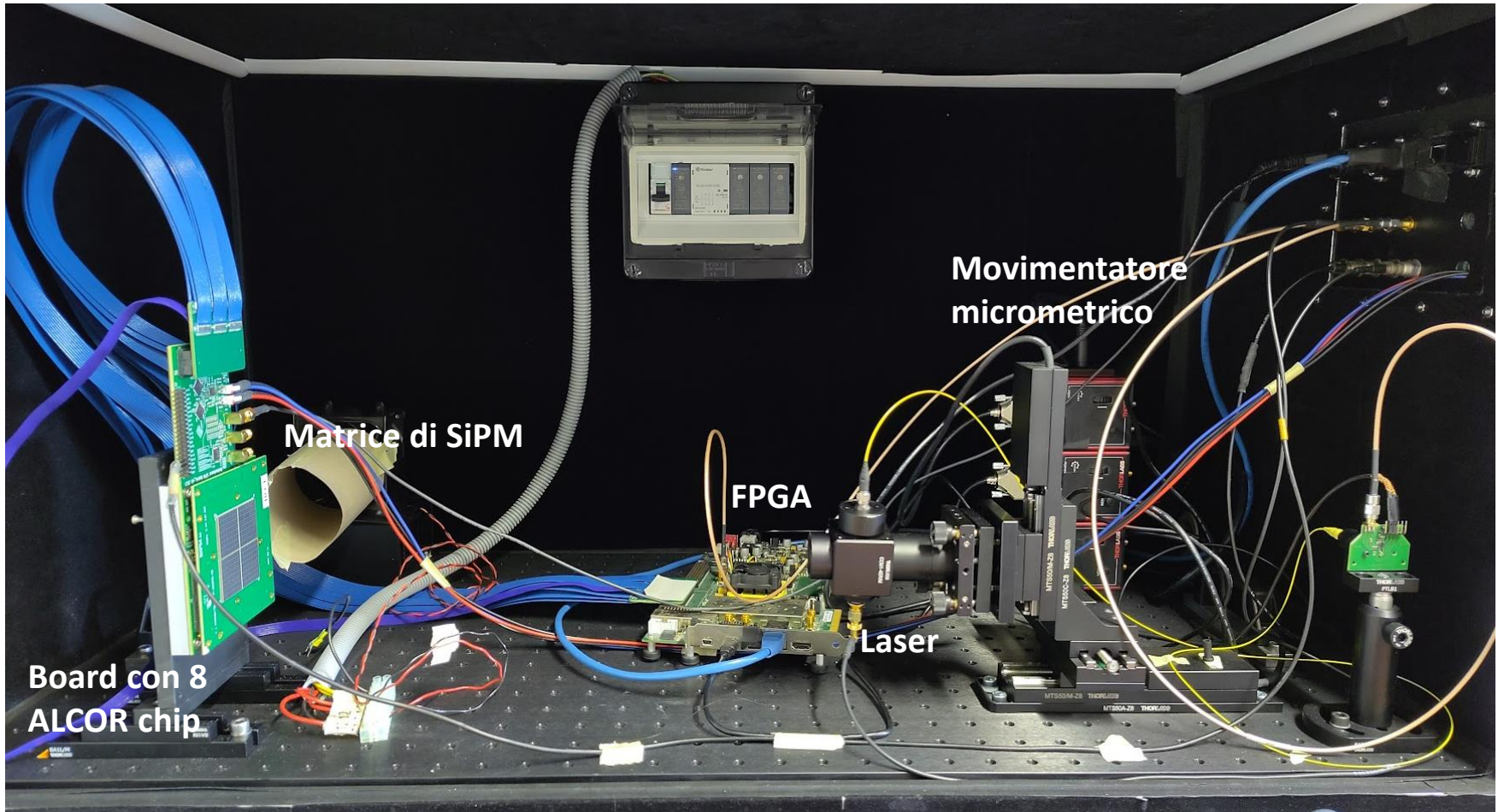


# Ricostruzione di tracce (maschere)

- Algoritmo iterativo basato su *Maximum Likelihood - Expectation Maximization*
- Volume di osservazione suddiviso in *voxel*
- A ciascun voxel è assegnato un numero di fotoni che massimizza la likelihood di osservare i dati misurati
- Richiede significative risorse di calcolo su GPU



# Dimostratore



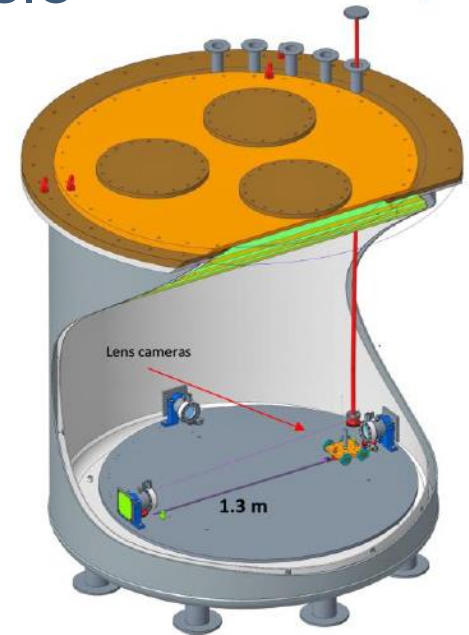
# Conclusioni

## Sono in corso:

- Ottimizzazione dell' algoritmo di ricostruzione 3D per le maschere
- Test del dimostratore con laser
- Simulazioni per finalizzare i requisiti sul nuovo ASIC

## Prossimi passi:

- Studio delle performance del dimostratore in Argon liquido presso la facility Artic, Genova
- Test del prototipo del criostato di GRAIN (LNL)
- Progettazione di un nuovo ASIC a 1024 canali



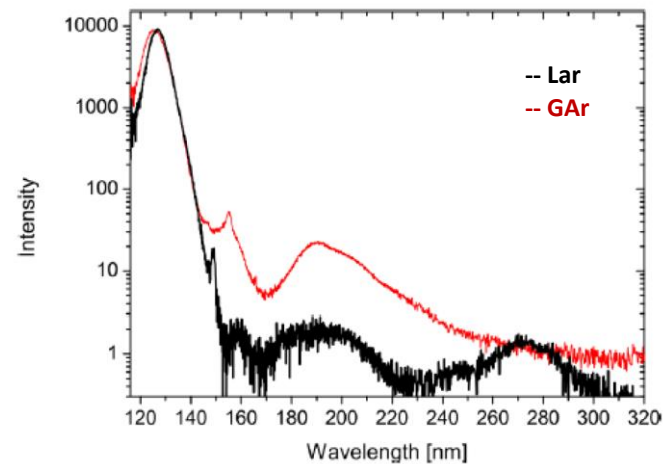
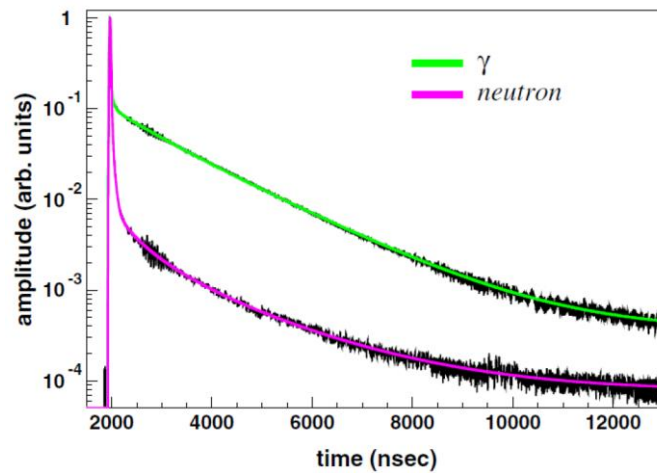
**Grazie per l'attenzione**

# Backup



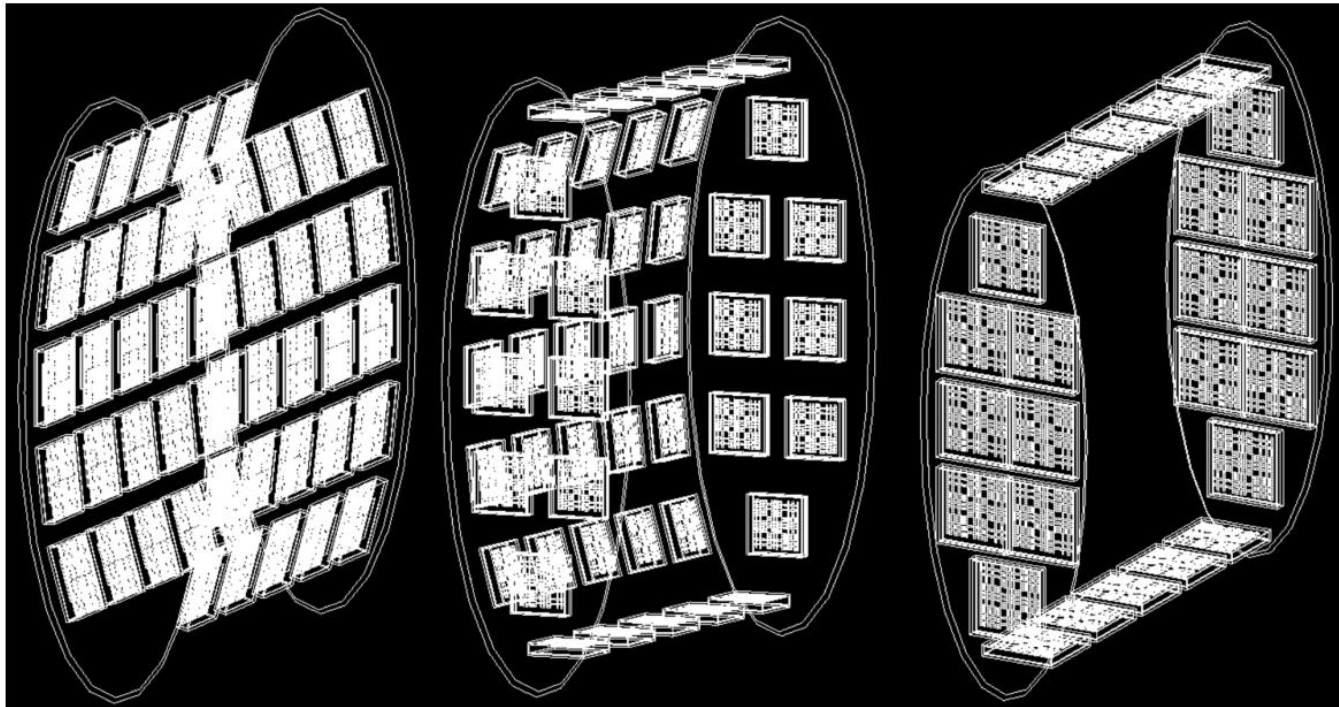
# Scintillazione del LAr

- Emissione nel Vacuum Ultra Violet ( $\sim 127$  nm)
- 2 componenti:
  - fast ( $\tau = 7$  ns)
  - slow ( $\tau = 1,6$   $\mu$ s)
- Lunghezza di scattering  $\lambda_{RS} = 99,1 \pm 2,3$  cm , ma può essere aumentata inserendo un wavelenght shifter (Xe)



# Disposizione delle maschere

- Diverse configurazioni sono state simulate



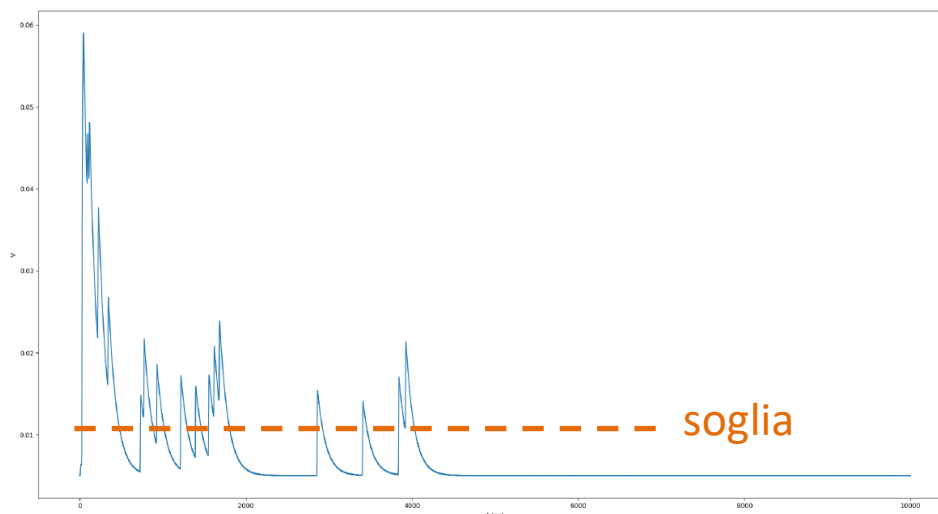
# Un ASIC criogenico per GRAIN

- 1024 canali
- Funzionante sia a temperatura ambiente che in LAr
- Misura del numero di fotoni → TOT o integratore
- Tempo di arrivo del primo fotone

ASIC criogenico ALCOR  
Board con 8 chip da 32 canali

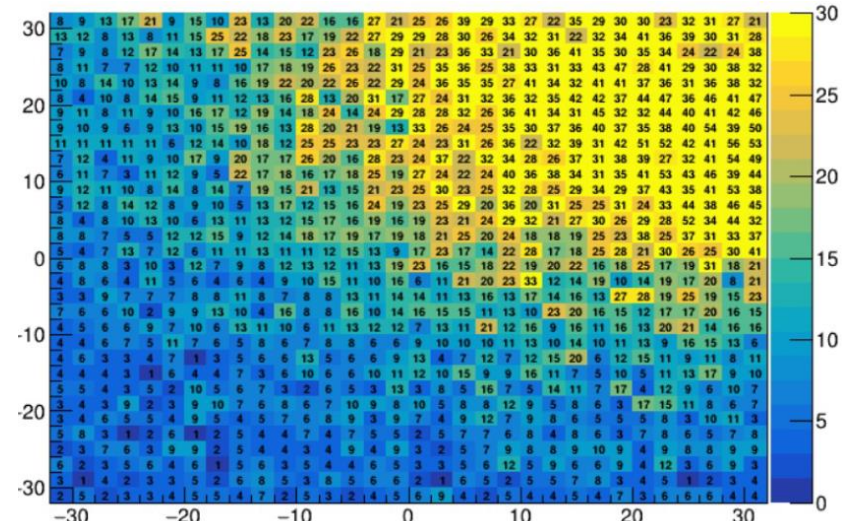
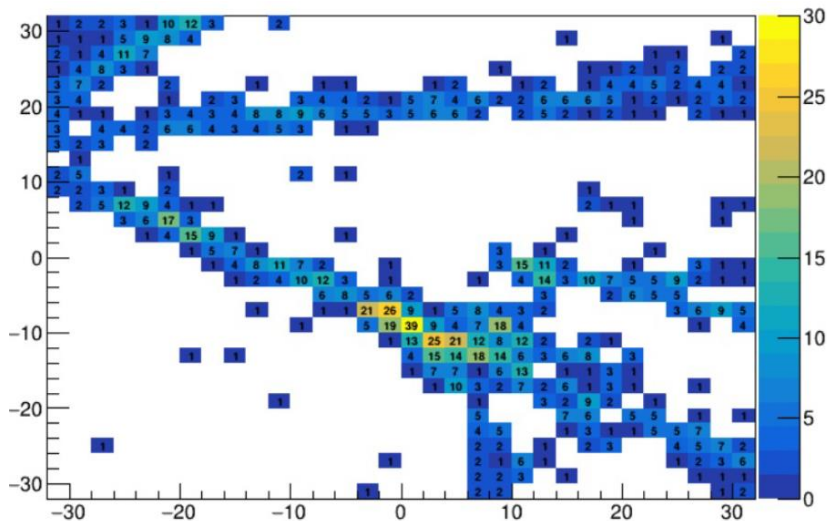


INFN Torino

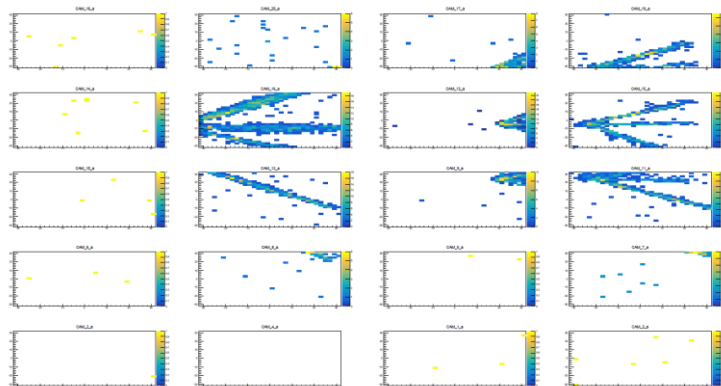


# Ricostruzione di tracce (lenti)

- Tracce troppo vicine generano un'immagine non focalizzata
- Occupancy dei pixel  $>60\%$



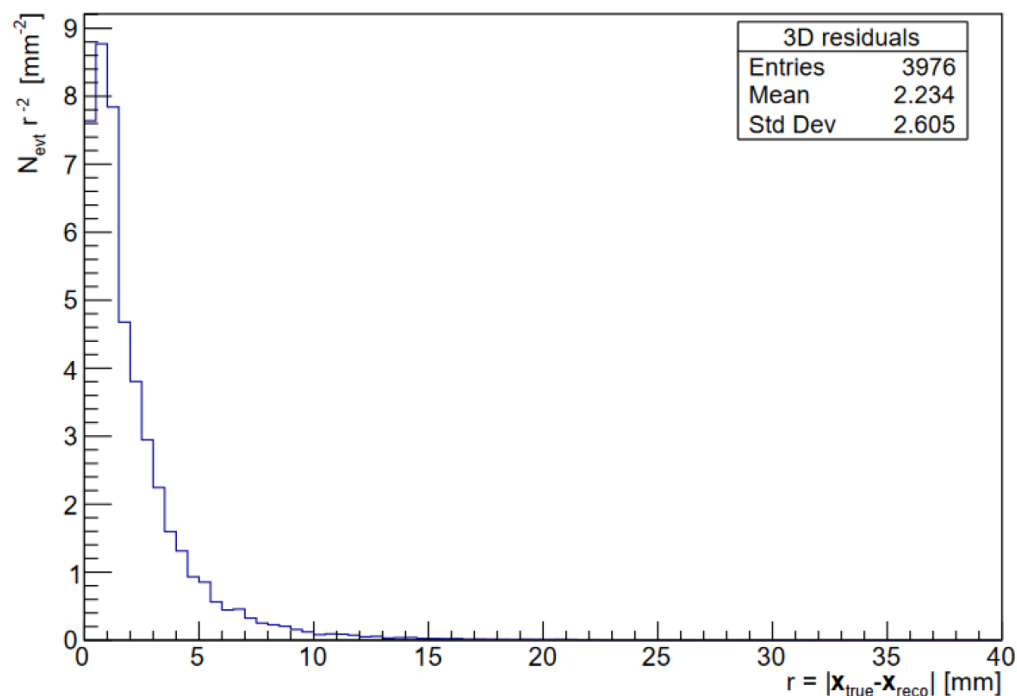
# Ricostruzione di tracce (lenti)



(a) Left cameras

(b) Right cameras

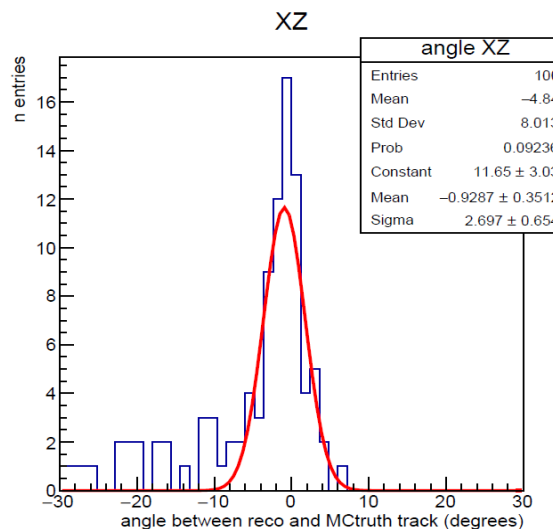
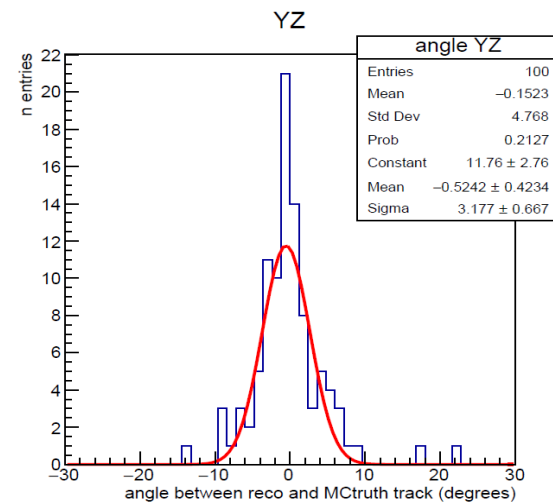
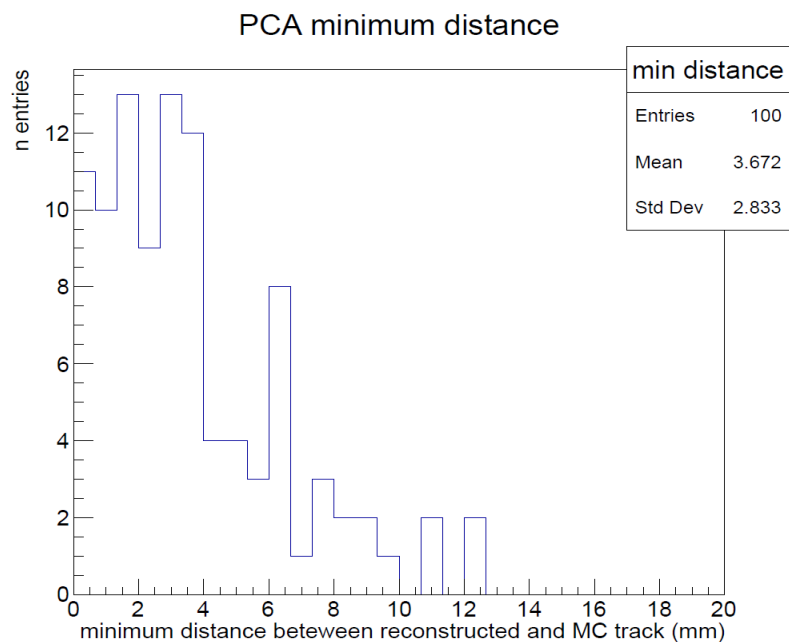
Vertex 3D residuals



[See M.Vicenzi PhD Thesis](#)



# Ricostruzione di tracce (maschere)



[See V. Cicero PhD Thesis](#)