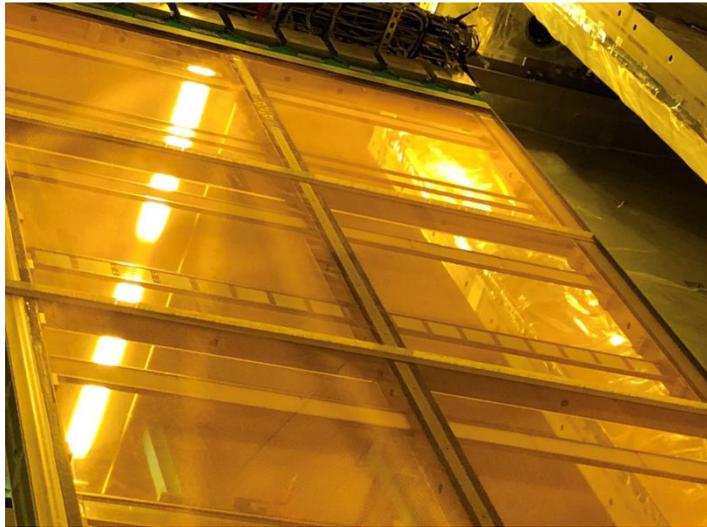


# Fasci di neutrino per lo studio del modello standard e della fisica astro-particellare: gli esperimenti DUNE e ENUBET

## Attività in Bicocca

# I tre pilastri dell'attività di Milano Bicocca

M. Biassoni, A. Branca, C. Brizzolari, G. Brunetti (dal 1 Set), P. Carniti, C. Cattadori, A. Falcone, C. Gotti, L. Meazza, E. Parozzi, G. Pessina, M. Spanu, F. Terranova, M. Torti, H. Viera de Souza

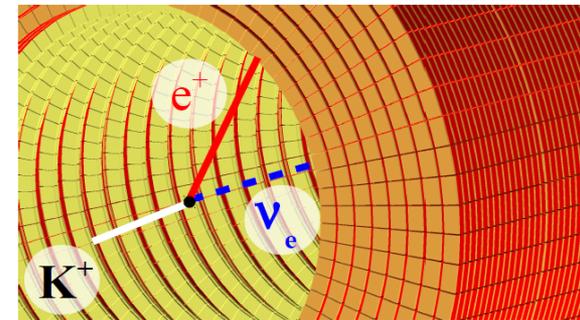


Il Photon detection system di  
DUNE

Il near detector near  
monitoring basato su KLOE

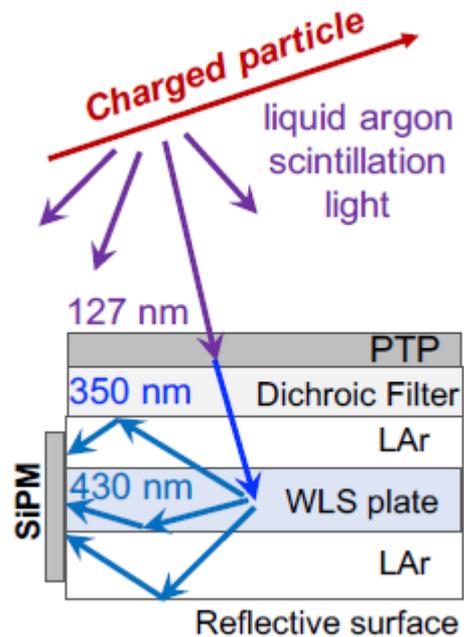


Esperimento CERN  
NP06/ENUBET



# Photon Detection System di DUNE

Il modulo di rivelazione della luce scelto per DUNE è il sistema ARAPUCA, una “trappola” per la luce, che usa wavelength shifter e filtri dicroici.



*Not to scale.*

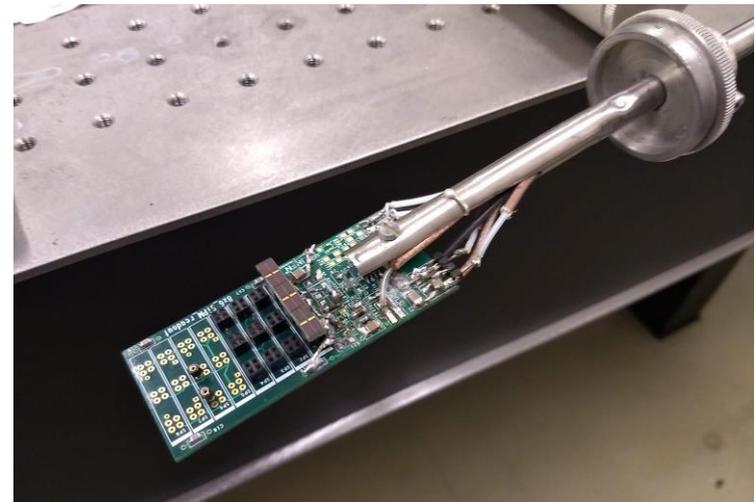
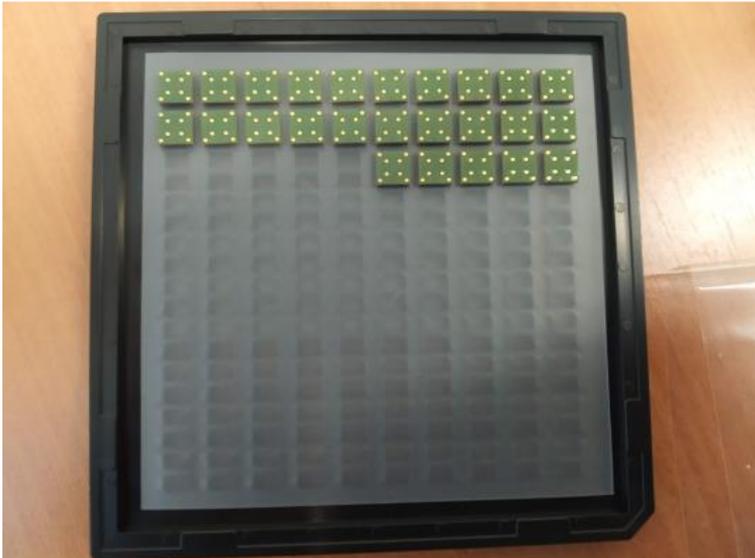


# Photon Detection System di DUNE

## SiPM

MiB è una delle sedi dei test sui SiPM da utilizzare in DUNE (FBK e Hamamatsu). Altre sedi: Bologna, Madrid, Praga, NIU (USA).

In collaborazione coi produttori, si stanno definendo i SiPM più adatti: affidabilità criogenica, riduzione del rumore correlato per ridurre il rate di trigger spuri, basso DCR, efficienza quantica compatibile con i dispositivi di shifting dell'Arapuca.

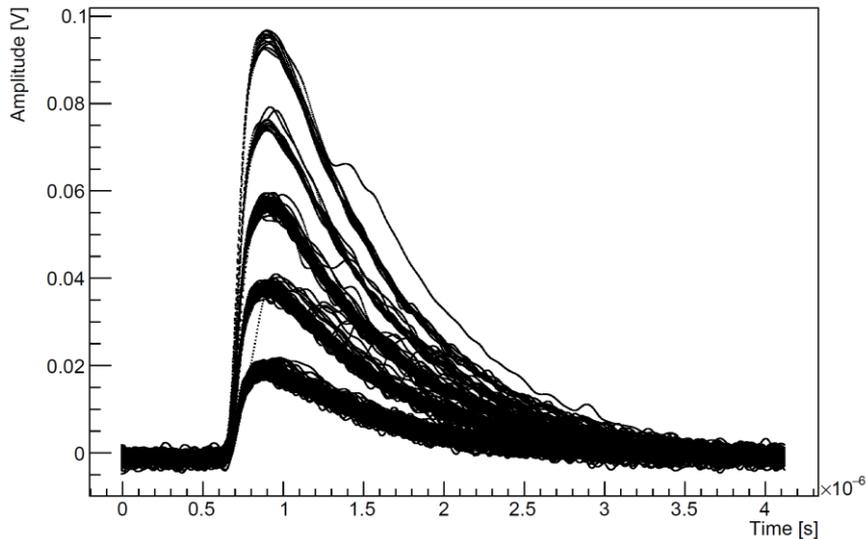


# Photon Detection System di DUNE

## SiPM

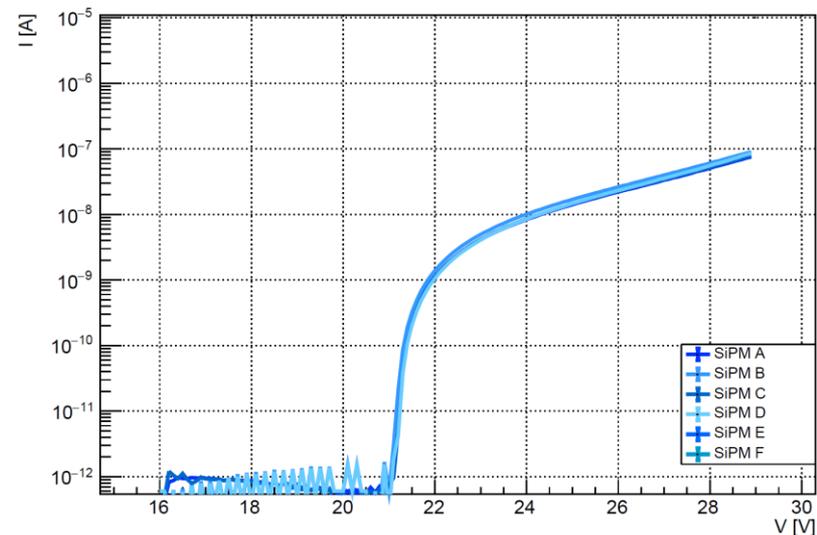
Studio delle caratteristiche a freddo (87 K):

Caratteristiche di funzionamento



Forme d'onda 1-5 fotoelettroni (pe):  
Rise time  
Fall time  
Full Width Half Maximum

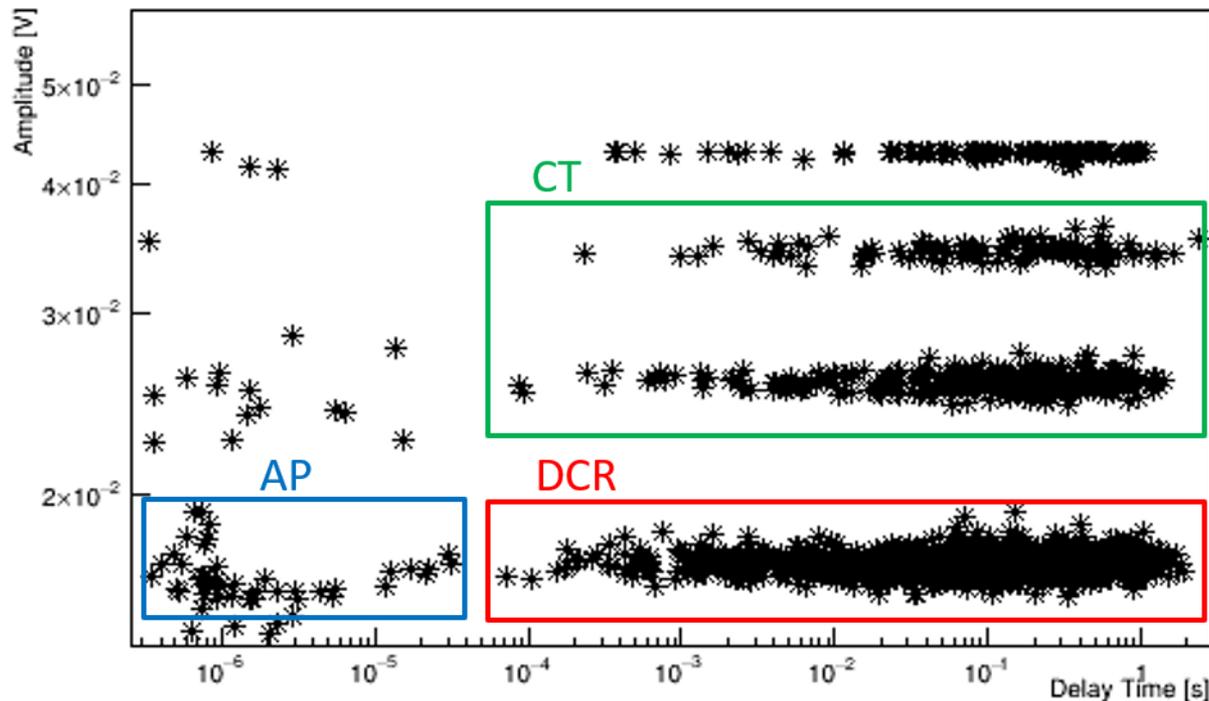
Tensione di breakdown: tensione in cui inizia la moltiplicazione a valanga nel SiPM



# Photon Detection System di DUNE

## SiPM

Dark noise: deve essere sotto 0.1 Hz/mm<sup>2</sup>, per non aumentare quello fisico, dato dai decadimenti radioattivi.



**Dark Count Rate:** rumore dovuto a creazione di coppie non dovute ai fotoni

**Cross Talk:** quanto una valanga eccita una cella vicina, dando vita a un segnale doppio.

**After Pulses:** la coppia è bloccata in una impurità, con valanga ritardata

# Photon Detection System di DUNE

## SiPM

Per aumentare la superficie di raccolta bisogna collegare più SiPM tra loro.



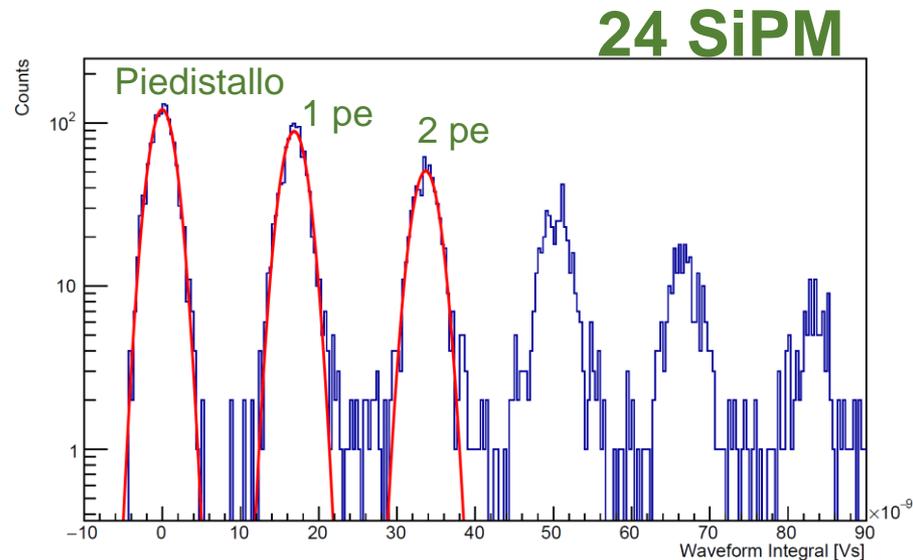
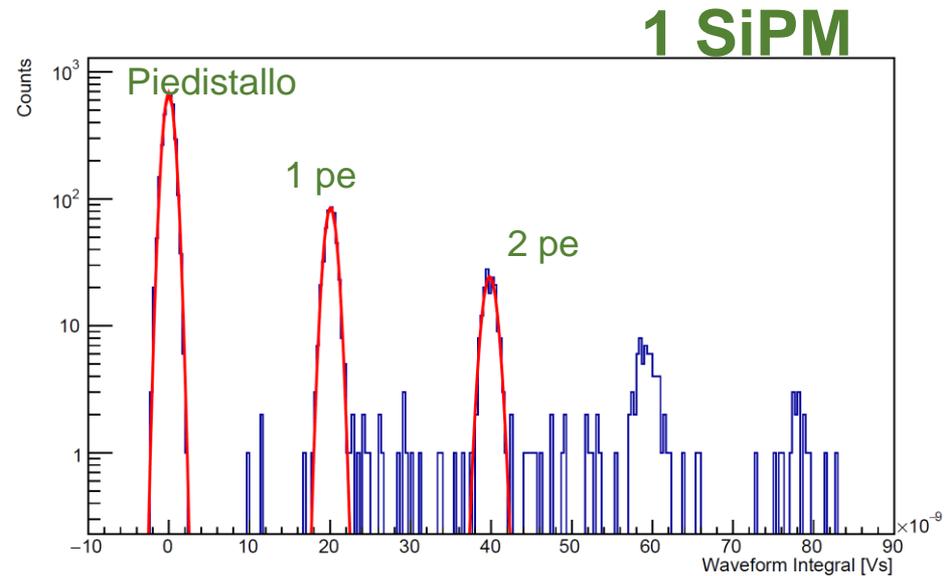
Ganging

Però: più aumenta la superficie più aumenta il rumore.

arXiv: 2001.09051

**Cryogenic SiPM arrays for the DUNE photon detection system**

A. Falcone et al., sottomesso a NIM-A

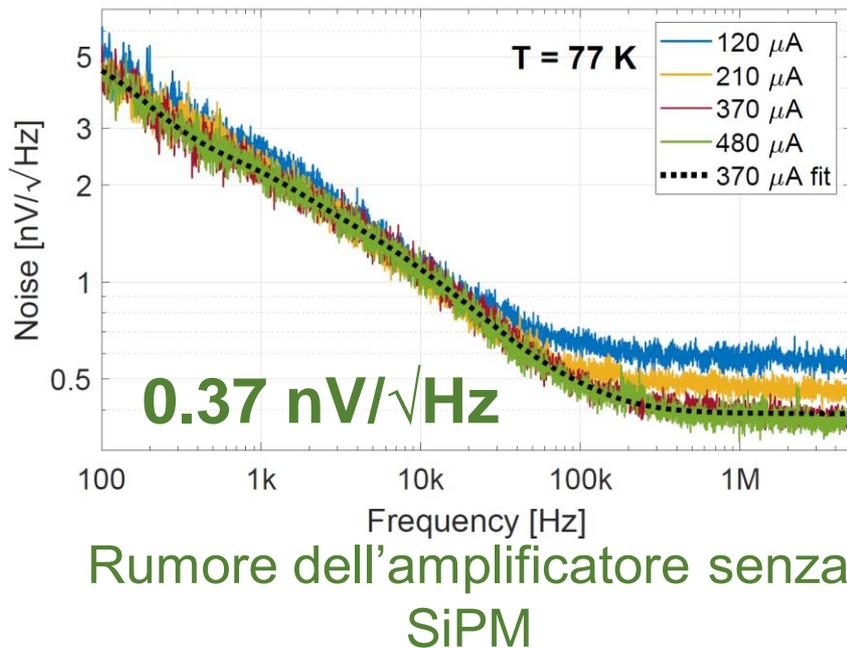




# Photon Detection System di DUNE

## Elettronica

Deve permettere di leggere 48 SiPM 6x6 mm<sup>2</sup>, garantendo un segnale veloce e il minimo del rumore.

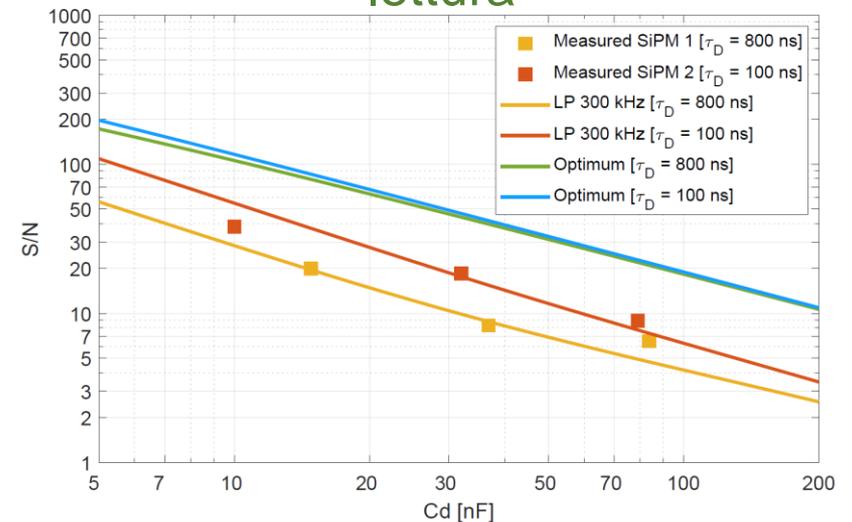


arXiv: 1911.06562

**A low noise and low power cryogenic amplifier for single photoelectron sensitivity with large arrays of SiPMs**

P. Carniti, et al., JINST 15 (2020) P01008

Rumore dell'amplificatore con SiPM e simulazione di due tipi di filtri di lettura





# Photon Detection System di DUNE

## ARAPUCA

MiB è una delle sedi dei test sul sistema Arapuca. Altre sedi: Campinas (Brasile), CERN, Madrid.

In MiB è stata attrezzata una cameretta per lo studio e i test dell'Arapuca in argon liquido.

Verranno svolti test:

- termici
- rumore dell'apparato
- con raggi cosmici
- con sorgenti gamma e alpha

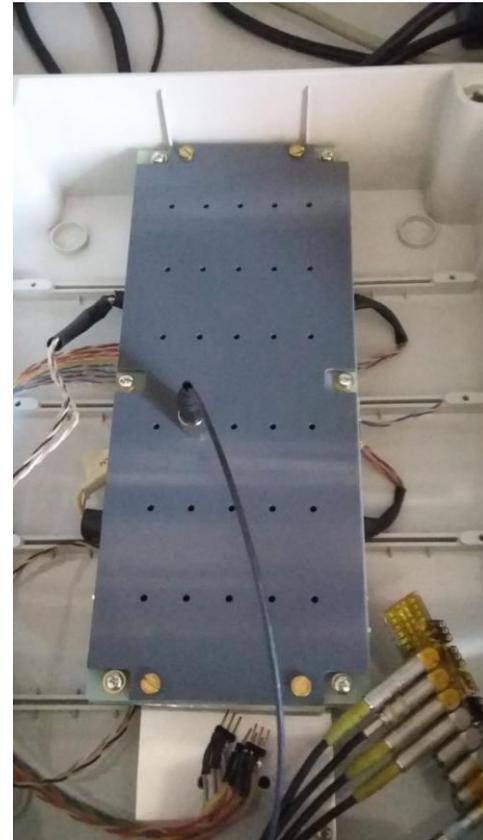


# Photon Detection System di DUNE

## ARAPUCA

Prima di effettuare i test nella cameretta, è necessario svolgere test ottici:

- uniformità di raccolta della luce su tutta la superficie
- diversi tipi di lastra guida di luce
- con sorgenti



# Photon Detection System di DUNE

## ProtoDUNE

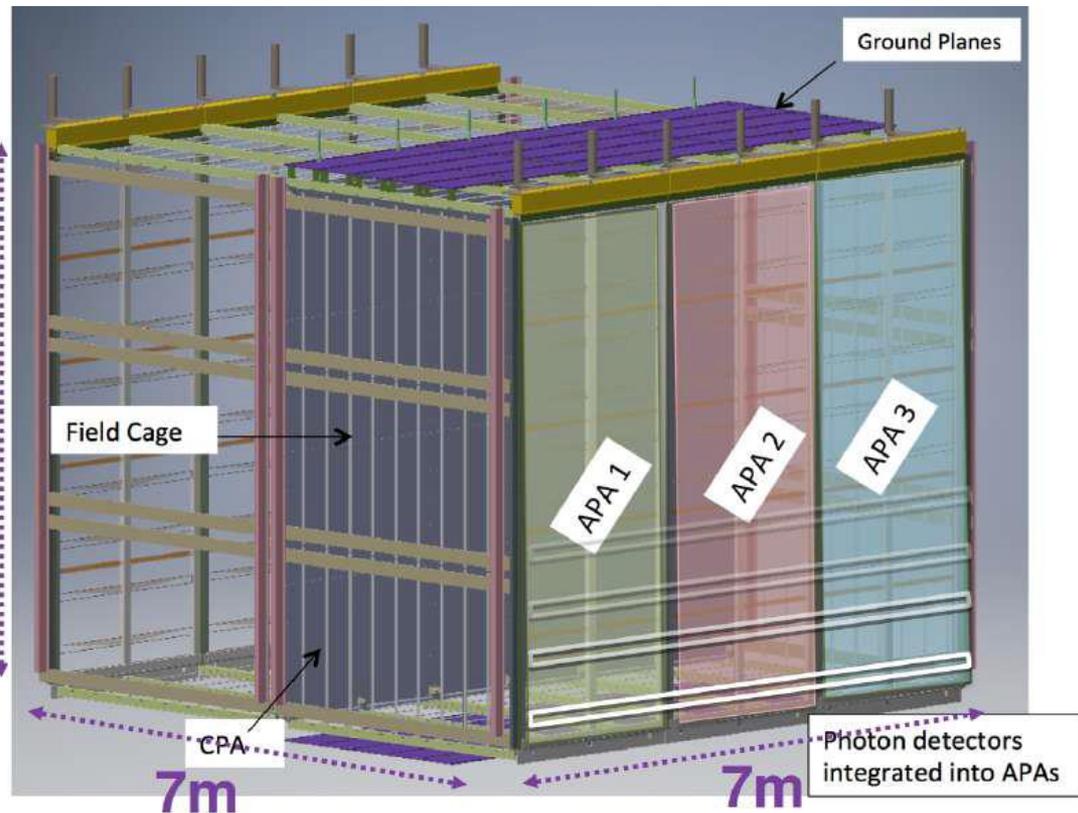
ProtoDUNE è costituito da un modulo di DUNE, con le stesse dimensioni in drift e beam direction, e alto la metà.

Serve per testare tutti i vari sottosistemi di DUNE.

Analisi dei dati della luce  
raccolti in ProtoDUNE  
Single Phase

Test con argon dopato  
con xenon

6m

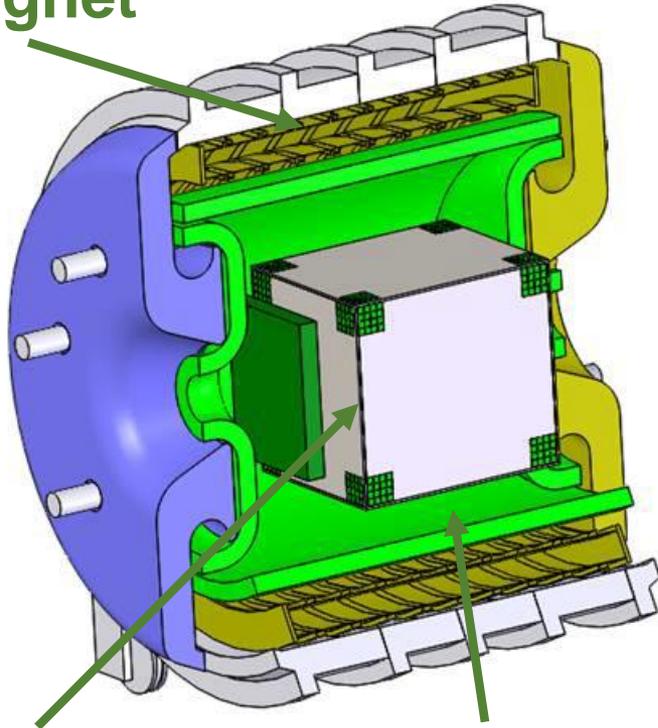


# DUNE Near Detector

## SAND: System for on-Axis Neutrino Detection

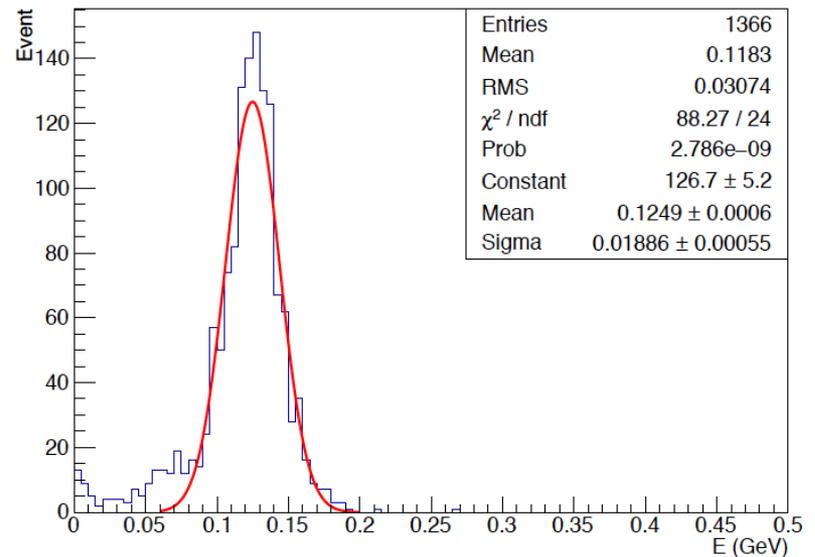
Sistema basato su magnete e calorimetro e.m. di KLOE. Sarà l'unico tra i Near Detector di DUNE a rimanere sempre on axis rispetto al fascio.

Magnet



Tracker

EM calo



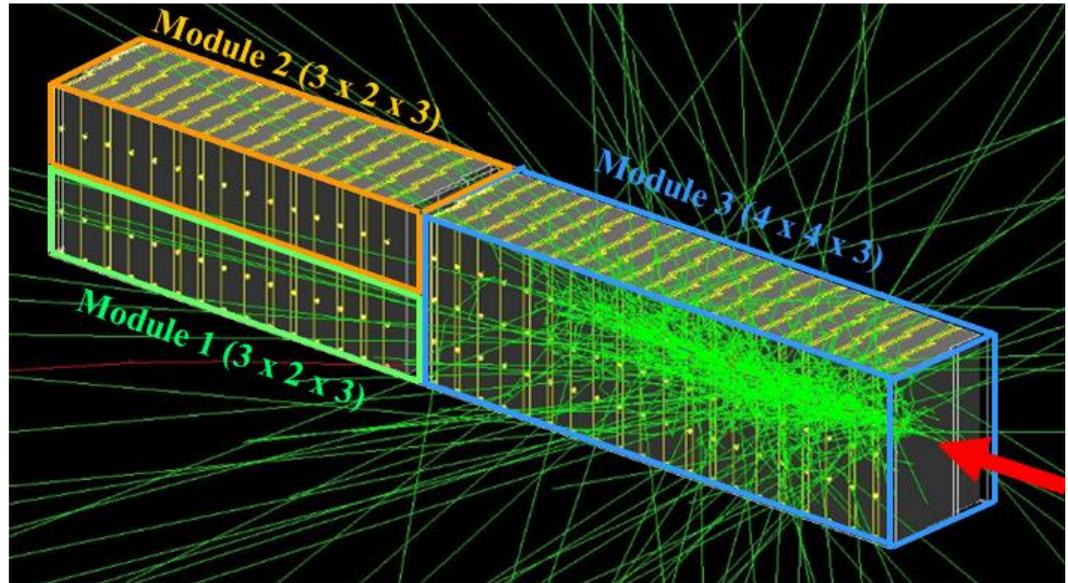
$\pi_0$  invariant  
mass

# Nel prossimo futuro per DUNE

- Test sui nuovi SiPM (tipologie tunate per DUNE) (3 tesi triennali già assegnate, possibilità di tesi triennali e magistrali)
- Analisi di fisica con ProtoDUNE run II (calorimetria luce + carica, particle identification) (possibilità di tesi magistrali)
- Sviluppo dell'elettronica di lettura dei SiPM (possibilità di tesi triennali, magistrali e di una borsa di dottorato a tema)
- Test degli Arapuca in argon liquido (possibilità di tesi triennali e magistrali)
- Studio delle proprietà di scintillazione dell'argon dopato con xenon (possibilità di tesi triennali e magistrali)
- Realizzazione del sistema di lettura della luce per il Run II di ProtoDUNE (2021-2022) (possibilità di tesi triennali e magistrali)
- Studio di eventi da supernova con DUNE (possibilità di tesi magistrale e dottorato)

# ENUBET

Simulazioni del prototipo per validare la simulazione e la particle identification in ENUBET.



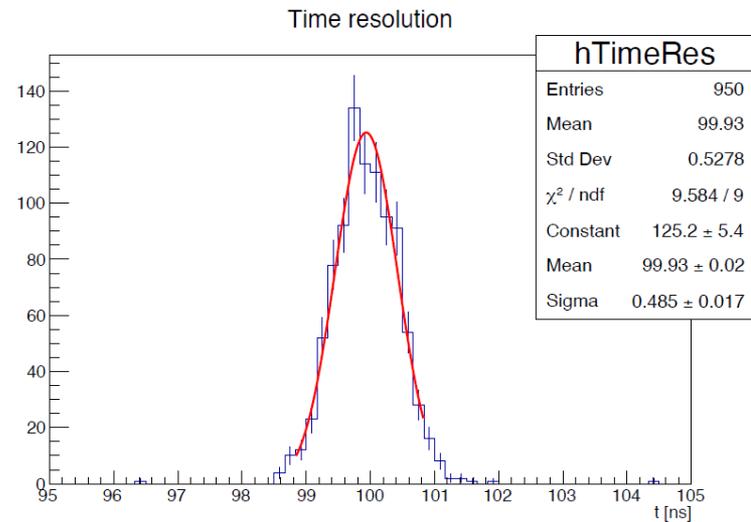
**The ENUBET positron tagger prototype:  
construction and testbeam  
performance**

F. Acerbi et al., in pubblicazione su  
JINST

# ENUBET

Sviluppo del  $t_0$  layer con l'uso di cristalli di LYSO, per raggiungere 100 ps di risoluzione spaziale (per passare dai fasci monitorati ai fasci taggati).

I cristalli producono più luce rispetto agli scintillatori plastici, quindi il S/N è più alto. Si può triggerare a un numero di fotoni più basso, riducendo l'incertezza statistica.



# Nel prossimo futuro per ENUBET

- simulazione della beamline (tesi di dottorato già assegnata, possibilità di tesi magistrali e di dottorato nella divisione Acceleratori del CERN)
- identificazione dei  $\mu$  dai  $\pi$  e dai  $K \rightarrow \mu \nu_\mu$  (tesi di laurea magistrale già assegnata, possibilità di tesi triennali)
- calcolo della sistematica utilizzando sia gli input dalla simulazione della beamline sia le nuove osservabili di ENUBET (positroni, muoni, distribuzioni cinematiche etc.) (possibilità di tesi di laurea magistrale)
- sviluppo del sistema  $t_0$  coi cristalli (possibilità di tesi triennali e magistrali)
- costruzione e test del dimostratore (tesi triennali, magistrali, dottorato e un post-doc al CERN nel 2021-2022)