

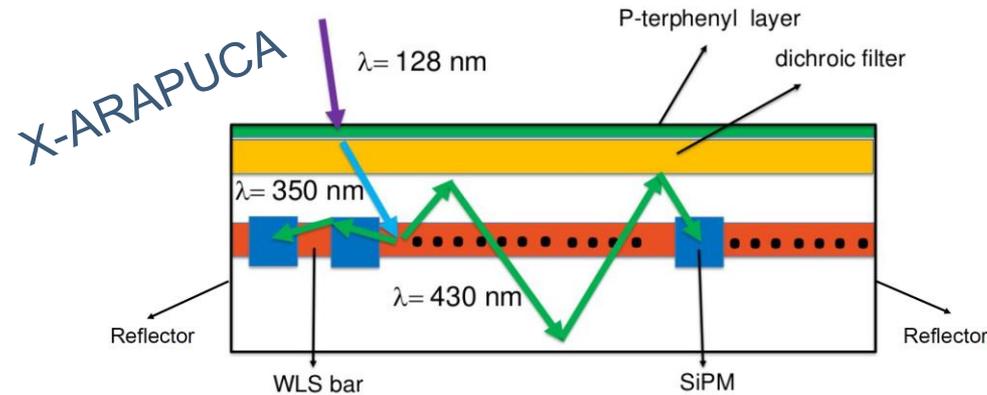
Photon Detection System

Meeting di DUNE Italia

7 novembre 2023

F. Terranova

Il Photon Detection System di DUNE



Usiamo la stessa tecnica (X-ARAPUCA) in due diversi «flavor»



1500 moduli posizionati all'interno dei piani anodici di FD1-HD



752 tiles («megacell») posizionati sul catodo o sulle pareti del criostato di FD2-VD

Uno sguardo di insieme

Il PDS è nel pieno della costruzione per FD1-HD e sta completando gli R&D per partire con la mass production di FD2-VD.

FD1-HD:

- I gruppi italiani stanno gestendo la **produzione di massa dei SiPM** e i loro test. E' uno sforzo notevole, coordinato da Bologna e Ferrara, che ha portato alla realizzazione di tre facility CACTUS a Bologna, Ferrara e Milano Bicocca oggi pienamente operative. V. talk di M. Guarise e M. Pozzato
- Nel 2024 dovremo far partire la mass production per l'**elettronica fredda** e effettuare i test di QA/QC. V. talk di C. Gotti

FD2-VD:

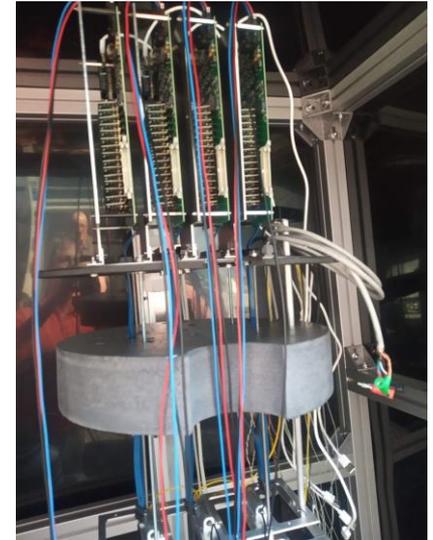
- Sta subendo un'ulteriore accelerazione per via dei ritardi sulle produzioni dell'APA. Tuttavia ci sono ancora alcuni step critici da superare prima della mass production: test di Module-1 (coldbox) e di ProtoDUNE-VD
- L'INFN ha assunto un ruolo di grande rilievo dopo la preparazione dell'MoU. V. talk di C. Cattadori, F. Di Capua, C. Gotti

FD1-HD: test di massa dei SiPM

Tre facilities in Italia, due nel resto d'Europa (Granada, Praga) con una capacità complessiva di test di circa 400 boards al mese (1 ciclo al giorno), estendibile a 800 boards (2 cicli al giorno) per facility

In questo momento stiamo ricevendo circa 1600 boards al mese da Hamamatsu e questo numero crescerà significativamente da Febbraio 2025 arrivando a un picco di 3000 boards al mese in modo da completare la produzione all'inizio del 2025.

- Siamo andati a regime a Ottobre con una capacità massima di 1600 boards al mese (2000 boards quando Praga sarà in full-swing)
- E' un'attività che diventerà molto impegnativa nel 2024 e rischiamo di avere problemi di manpower. Sia per CACTUS sia per Napoli (pTP deposition) stiamo investigando la possibilità di assumere personale tecnico a tempo determinato (art.2222 o ordine a ditta esterna) per coadiuvare i colleghi che lavorano su CACTUS e Napoli

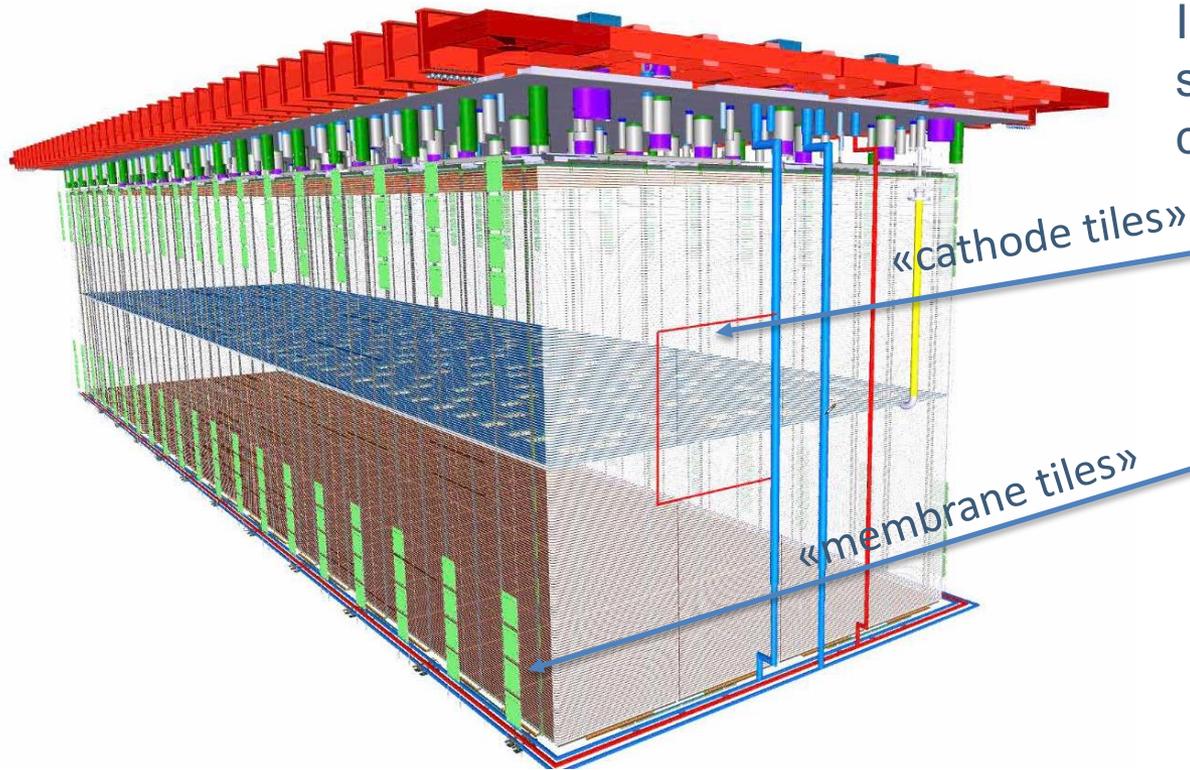


Ne approfitto per ringraziare i **colleghi di Bologna e Ferrara** per il supporto che hanno saputo dare ai gruppi europei in fase di startup.

FD1-HD: altri item

- Nel 2024 abbiamo previsto la mass production delle signal lead boards (v. talk di D. Santoro) e della cold electronics (v. talk di C. Gotti)
- Il QA/QC della cold electronics (4 amplificatori per motherboards, 1500 motherboards) è meno impegnativo dei SiPM ma non trascurabile. Vorremmo fare questi test ai LNS nel 2024-25 e stiamo modificando la facility LNS per gestire queste quantità
- DAPHNE per FD1-HD è ormai ben definita. Milano Bicocca è coinvolta nel test della versione 3 che sostituisce il microcontroller+FPGA con un system-on-chip. Noi abbiamo la responsabilità di testare la parte analogica (identica a v2) e coadiuvare il Fermilab e la Columbia per i test di integrazione con DAQ.
- Dopodomani faremo una PRR per l'acquisizione delle componenti critiche di DAPHNE (ADC, system-on-chip) a carico degli USA. La mass production (150 schede, 1 per APA) avverrà alla fine del 2024, sempre a carico degli USA.
- In attesa del run di ProtoDUNE-HD (v. dopo), le attività al CERN saranno prevalentemente i cold box test di gennaio/febbraio con le «nuove» APA e la versione definitiva dei moduli PDS

Il 2023 è stato l'anno del Vertical Drift: FD2-VD



Il «modulo» del FD1-HD è sostituito dalla «tile» (due canali, 160 SiPMs)



352 membrane tiles: $60 \times 60 \text{ cm}^2$, due canali di elettronica che leggono 80 SiPM in configurazione di ganging «ibrido»
320 cathode tiles: $60 \times 60 \text{ cm}^2$, installate nel catodo (300 kV!!) e dunque alimentate da laser che convertono la luce in tensione per evitare cavi vicino all'HV («Power over Fiber»)

FD2-VD chi fa cosa

Gruppo leader

Contributi finanziari e intellettuali

Contributi intellettuali ma non finanziari

X-ARAPUCA

Mechanics:
Spain, NIU

dichroic filter + pTp
deposition:
Spain, **Italy**, **Brazil**

WLS: **Italy**

SiPMs

SiPMs e
boards

Italy
Spain
Czech Rep.

PoF and SoF

Power-over-
Fiber: **US**, **Italy**
Signal-over-
Fiber: **France**,
Italy

Electronics

Cold:
Fermilab, **Italy**
Warm: **Italy**,
Spain,
Fermilab,
Colombia

I fondi richiesti all'INFN sono sostanzialmente coerenti con quanto presentato in Giunta, con alcune criticità:

- Costo dei SiPM potrebbe essere un po' più alto per la realizzazione delle flexi boards
- Potremmo avere necessità di incrementare il rate di deposizione del pTP e, al momento, Napoli è l'unica facility interamente dedicate al Vertical Drift

Highlight del 2022-23: «Vertical drift»

Nel 2023 si sono dimostrate le soluzioni tecnologiche più critiche e il progetto ha passato la Final Design Review del US-project a Giugno 2023. L'INFN ha consolidato il suo ruolo, formalizzato con gli MoU nell'aprile 2023

- E' stata completata la costruzione di ProtoDUNE-VD e l'esperimento è pronto per il run previsto nel 2024.
- Il gruppo di Napoli ha effettuato la prima misura di PDE assoluta di una tile (megacell) [v. presentazione di F. Di Capua]
- Abbiamo effettuato con successo diversi test nel criostato di prova del CERN («cold box») validando l'elettronica per le tile di membrana (DMEM, INFN)
- Stiamo procedendo con la realizzazione della facility di deposizione del pTp
- Abbiamo realizzato i primi prototipi di Signal-Over-Fiber integrato nella scheda DAPHNE (elettronica calda)



FD2-VD: SiPM

Il VD ha necessità di acquisire 2560 (catodo) + 2816 (anodo) flexi boards, per un totale di 5376 flexi boards, ovvero $5376 \times 20 = 107520$ SiPM + spares. L'intera produzione è a carico dell'INFN perché la Spagna ha acquistato per noi parte dei SiPM di FD1-HD con i soldi del Recovery Fund spagnolo.

Abbiamo avuto dei meeting con i vendor (FBK e HPK) a Ottobre e l'outcome è il seguente:

- Hamamatsu (HPK): non ci sono problemi a far partire la produzione nel 2025. Tuttavia HPK non ha ancora confermato di poter realizzare i flexi nè qual'è il costo di tale lavorazione.
- Fondazione Bruno Kessler (FBK): non ci sono problemi a far partire la produzione nel 2025. FBK è già in grado di realizzare i flexi anche se stanno valutando la saldatura invece che il die attach.

A tal fine, stiamo pianificando la gara con partenza Marzo-Aprile 2024 e chiusura a Settembre-Ottobre 2024. Prima consegna a Gennaio-Febbraio 2025.

I test di massa saranno meno impegnativi rispetto a FD1-HD perché non possiamo testare i SiPM singolarmente ma dobbiamo avere una strategia per minimizzare i rischi e modificare CACTUS per poterli automatizzare: **da definire entro l'estate dle 2024** anche per le potenziali interferenze con FD1-HD

FD2-VD: altri item

Saranno coperti dai prossimi talk:

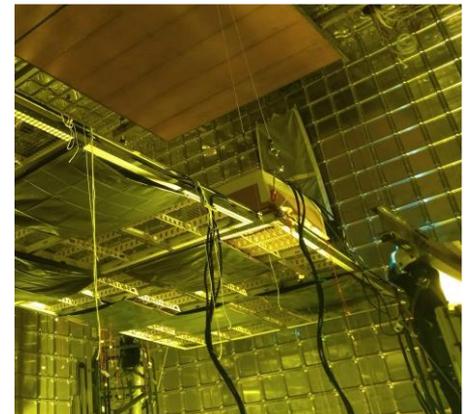
- WLS: unico vendor (italiano!), glass to power. Si sta finalizzando l'R&D per l'ottimizzazione dei cromofori. Faremo una pre-produzione nel 2024 e la mass production nel 2025. **V. talk di C. Cattadori**
- Filtri dicroici: l'R&D è ancora in corso ma, secondo la schedule attuale, dovremmo cominciare la mass production nel 2024. Due vendor disponibili: ZAOT in Italia e PhotonExport in Spagna. **V. talk di C. Cattadori**
- Cold electronics: l'Italia ha sviluppato una scheda per la lettura delle tiles di membrana (DMEM) che è al momento la baseline solution. L'elettronica per le tiles di catodo, inclusa il PoF e SoF sono a carico degli USA. **V. talk di C. Gotti**
- Warm electronics: contiamo di usare DAPHNE v3 modificata per ospitare il receiver del Signal-over-Fiber (SoF): joint venture APC Parigi, Milano Bicocca
- Power-over-fiber: l'INFN è entrato con successo in questa attività anche se con ritardo rispetto ai gruppi USA. Milano Statale + CryoPof stanno realizzando un sistema tunabile che però non verrà usato in ProtoDUNE-VD. Verosimile il suo utilizzo per la Fase II (v. dopo)

Il run di ProtoDUNE al CERN

Il run di ProtoDUNE-HD era originariamente previsto nel 2023 ma è stato posposto a causa dell'incremento dei prezzi dell'argon dopo la guerra in Ucraina

- Il costo dell'argon si è normalizzato e possiamo acquistare argon per uno dei due protoDUNE (700 l). La gara è in corso e sarà completata nei prossimi mesi
- A Novembre si chiuderà ProtoDUNE-HD (TCO welding) e si inietterà argon gassoso per i test. Tutti i moduli PDS sono OK eccetto un modulo dell'APA2 (M8) e un canale su quattro di M7 a causa di un problema nei cavi interni dell'APA
- La gara per la chiusura di ProtoDUNE-VD è in corso ma i gruppi francesi vorrebbero sostituire la CRP bottom di ProtoDUNE-VD con la versione 6 (attualmente in test nella coldbox). Potrebbe essere un'opportunità per sostituire alcune tile di catodo del PDS che non erano ancora ottimizzate alla data dell'installazione

Non è perciò ancora chiaro chi partirà per primo. Se parte ProtoDUNE-VD il run sarà verosimilmente a Marzo. **E' perciò tempo di definire il team onsite** e quello di analisi. Interesse da parte di Bologna, Ferrara, Milano Bicocca, Napoli. Faremo un meeting dedicato non appena la situazione si chiarisce.



Analisi dati e DUNE Fase II

Stiamo crescendo nell'analisi e i risultati non si sono fatti attendere:

- Simulazione dei SiPM, digitizer e ricostruzione delle waveform. Responsabilità italiana per entrambi i moduli (resp. M. Delgado)
- Calorimetria combinata luce-carica coordinata dall'italia (resp. G. Brunetti)
- Realizzazione delle light maps per entrambi i moduli (resp. D. Guffanti)

Criticità: al momento questa attività è troppo concentrata su Milano Bicocca e vorremmo **estendere questo settore ad altri gruppi INFN.**

Siamo coinvolti nella fase II perchè siamo tra i principali proponenti di SoLAR e i test prototipali hanno dato risultati eccellenti. Inoltre, il power-over-fiber sviluppato in italia si presta particolarmente bene alle tile della field cage in discussione per il terzo e quarto modulo.

E' un attività con un grande impatto a livello di sviluppo di rivelatori («il GRAIN del PDS» 😊) che ci ha già portato finanziamenti extra (Dip. di Eccellenza Unimib, PRIN 2022) e che vorremmo potenziare con fondi di Comm.1 nel 2025.

