

Richieste INFN-PD per attività in LUXE

Mauro Morandin INFN-PD

LUXE (Laser Und XFEL) a DESY

Nuovo esperimento HEP proposto a DESY e Eu.XFEL

- l'Italia è partner di European XFEL, rappr. INFN e CNR nel Council

Collisioni di fascio di elettroni **XFEL e Laser ad alta potenza**

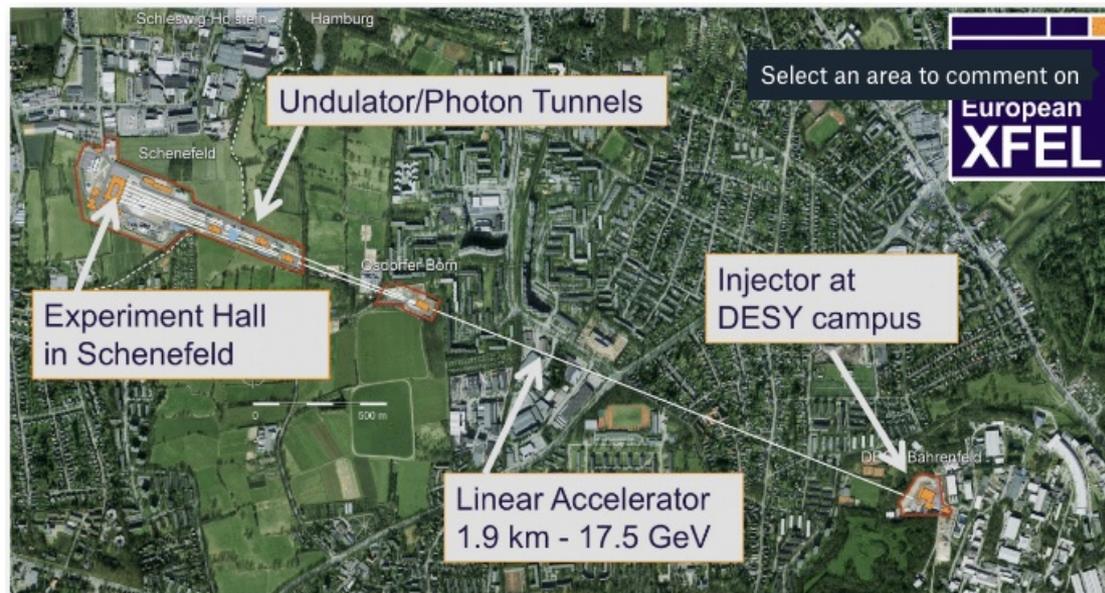
Collaborazione internazionale

- **~90 membri (29 istituzioni nel CDR)**

Gruppi INFN coinvolti: **Bologna, Padova**

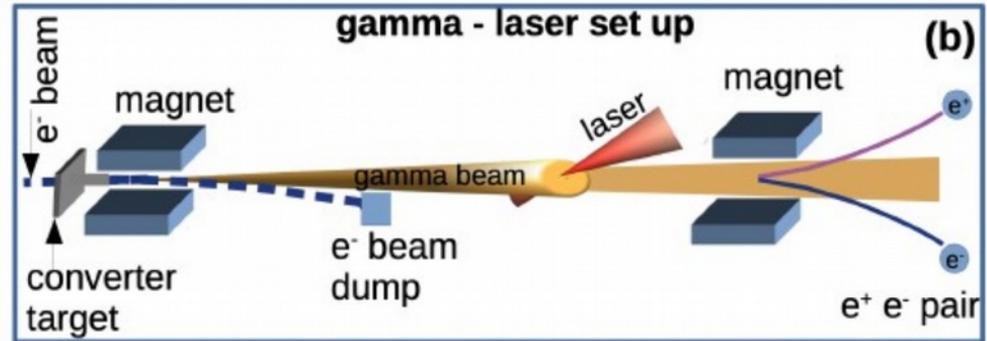
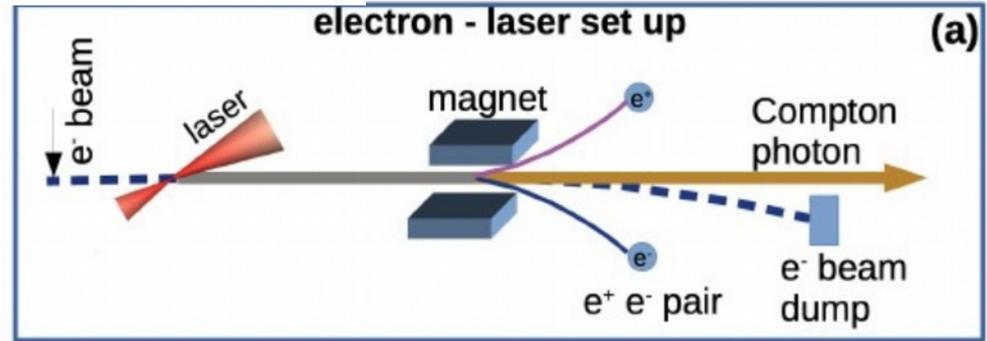
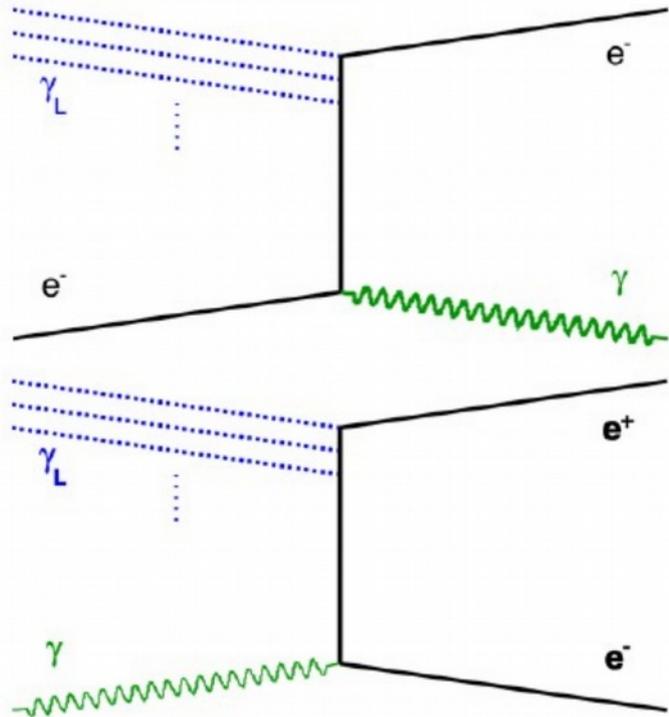
Documentazione

- **Seminario GR. I PD**
 - <https://agenda.infn.it/event/25399>
- Lol pubblicata in Sept. 2019:
 - <https://arxiv.org/abs/1909.00860>
- LUXE CDR: arXiv:2102.02032 sottomessa per la pubblicazione
- Sito WEB LUXE : <https://luxe.desy.de>



LUXE in una slide

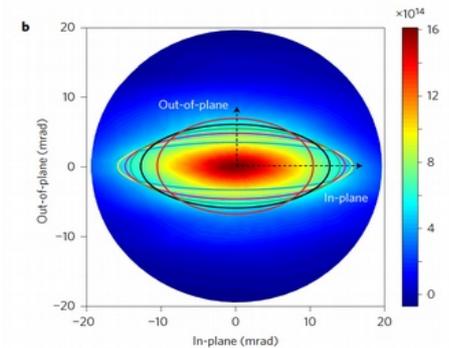
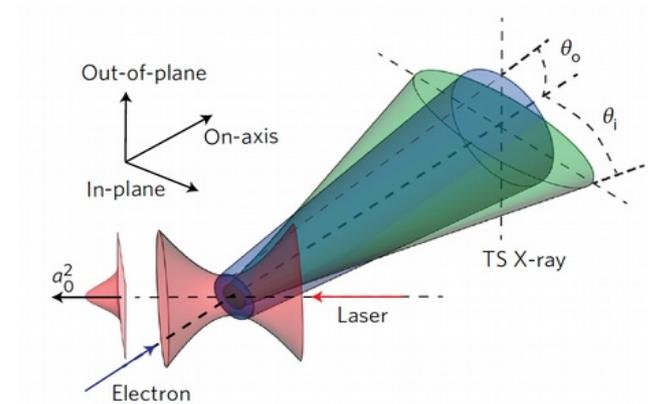
Compton process ($e + n\gamma_L \rightarrow e' + \gamma$)



Breit-Wheeler process ($\gamma + n\gamma_L \rightarrow e^+ e^-$)

Compton-scattered gamma beam

- La distribuzione angolare del gamma, dipende dalla intensità del fascio laser polarizzato
- in particolare il rapporto fra larghezza sul piano della polarizzazione, rispetto a quello ortogonale



Perchè un Gamma Beam Profiler

Le variazioni di intensità di laser sono in relazione con variazioni sul valore di ξ

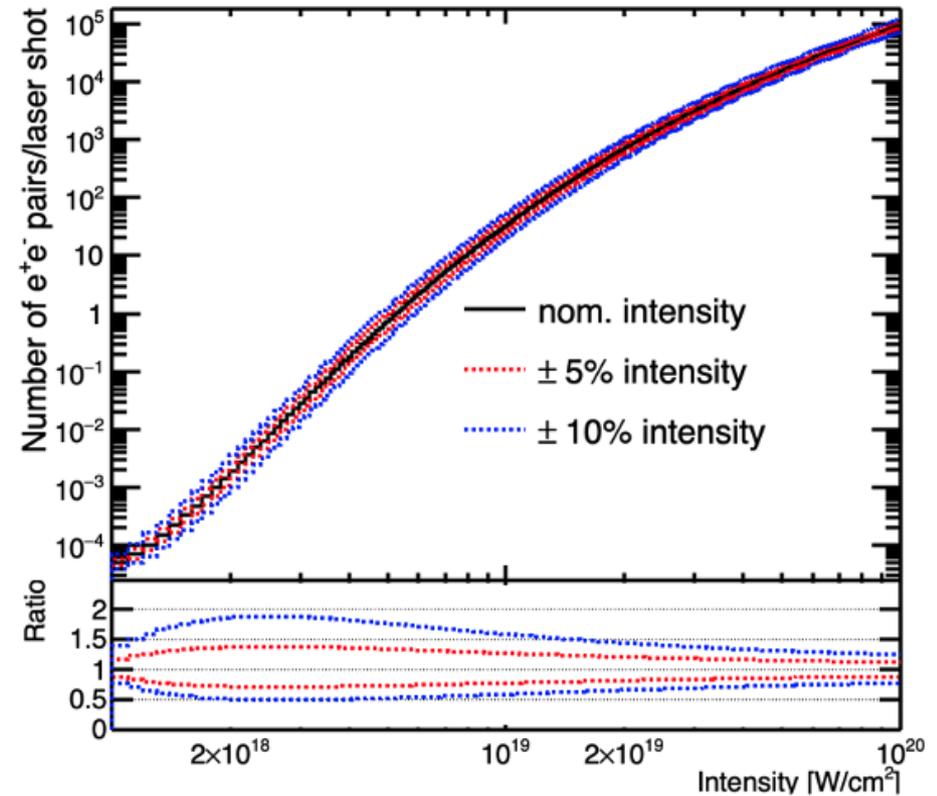
I processi di fisica dipendono fortemente da ξ

$$\xi \propto \sqrt{I_{\text{Laser}}}$$

- Piccole variazioni di ξ comportano grandi variazioni sui rate di produzione
- Una incertezza del 5% sulla intensità assoluta risulta in una variazione oltre un fattore 2 sui rate previsti

Due metodi di misura diretta di ξ

- Diagnostica laser 3D (energia, durata e larghezza impulso) -> 5 qualche % errore sull'intensità dell'impulso laser all'origine
- Gamma Beam Profiler (GBP) che misura l'intensità nella zona di interazione come rilevata dal fascio di elettroni



La partecipazione INFN a LUXE venne approvata a novembre 2021

- La CSN1 riconosce l'importanza della proposta sperimentale nel frame della CSN1.
- Il caso di Fisica è interessante e ben definito temporalmente.
- La partecipazione italiana a Desy/XFel rappresenta un asset strategico.
- Preoccupa la consistenza in FTE dei due gruppi sperimentali richiedenti sotto la massa critica.

Assegnati 60 k€ + 10 k€ s.j. su dotazioni Gr. 1 Padova per inizio attività e la realizzazione del prototipo della prima stazione da validare con test su fascio

Programma di lavoro a Padova

- A fine anno scorso prevedevamo di effettuare nel 2022 vari test per misurare:
 - Charge Collection Efficiency dei wafer di zaffiro sintetico a disposizione su cui erano stati realizzati degli elettrodi mediante deposizione di film metallico
 - resistenza alla radiazione con un rivelatore a 4 canali
 - prestazioni con rivelatore a 200 canali
- Contemporaneamente si prevedeva di:
 - completare la simulazione MC in Geant4, per stimare correttamente i depositi di energia in condizioni di test e di fascio gamma a LUXE
 - sviluppare la modellizzazione del rivelatore in AllPix2 per simulare il segnale elettrico e la risposta dell'elettronica
 - completare la progettazione meccanica del rivelatore e realizzare la prima stazione
- Infine era in corso la redazione della Technical Note del BPM, parte della documentazione da sottoporre per l'approvazione a livello CDI del progetto LUXE da parte di DESY

CD1 review

- Le TN sono state esaminate dai referees in Aprile
- Raccomandazione finale per il Direttorato molto positiva:
 - *The LUXE experimental setup is now well defined, and performance studies, costing and resource estimates, schedules and planning have reached a **self-consistent and mature level, as one would expect for a TDR.***
 - *The project is compatible with a **primary installation period in 2025**, and there is flexibility to allow a staged installation.*
 - *The **laser is commercially available**, and the diagnostics challenges are carefully studied.*
 - *The interfaces to the European XFEL operation are worked out and **LUXE can operate in parallel with minimal interference, extracting bunches at 10 Hz.***
 - *Reviewing the written and presented information also demonstrates that **the collaboration is functioning well as a whole**, and can provide complimentary information very quickly and have clear and coherent plans for the next phase.*
 - *As documented in the table above the LUXE project status, studies and planning have provided **convincing answers to all the questions in the review charge.***
 - ***We therefore recommend that the project is promoted to CD1 status***, allowing engineering designs and orders of critical items with long lead time to be prepared and proceed, and the collaborating institutes to move forward in securing and providing resources for their deliverables and common tasks within the LUXE collaboration.

The LUXE CD1 review

May 19, 2022

Reviewers:

- Dave Charlton (PRC, Birmingham) - sessions on detector and physics
- Juan Fuster (ex-PRC, IFIC Valencia) - sessions on detector and physics
- Nigel Glover (PRC, Durham) - sessions on detector and physics
- Toma Toncian (HZDR) - session on laser
- Nicholas Matlis (DESY) - session on laser
- Thomas Tschentcher (European XFEL) - session on technical integration
- Austin Ball (Rutherford) - session on technical integration
- Steinar Stapnes (PRC, CERN) - chair, attended all sessions

Table of contents

| | |
|---|---|
| Introduction | 2 |
| Review charge | 2 |
| Overall considerations and main recommendations | 3 |
| Summary and conclusions | 7 |
| Review material | 7 |

Verso l' approvazione CD1

Il Direttorato di DESY ha discusso LUXE nell' incontro del giorno 1/6/22, dopo aver ricevuto l'input dal PRC e dai reviewers

- i gruppi tecnici di DESY stanno ora verificando la stima delle risorse necessarie
- la verifica dovrebbe essere conclusa in luglio
- dovrebbe quindi seguire la decisione del Direttoato entro fine luglio

Impegni PD su GPM

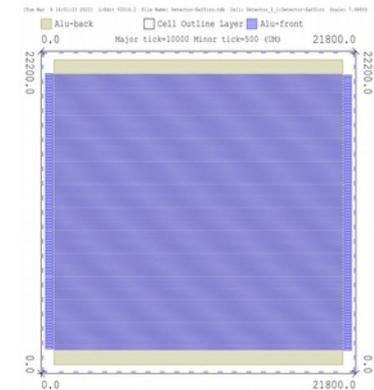
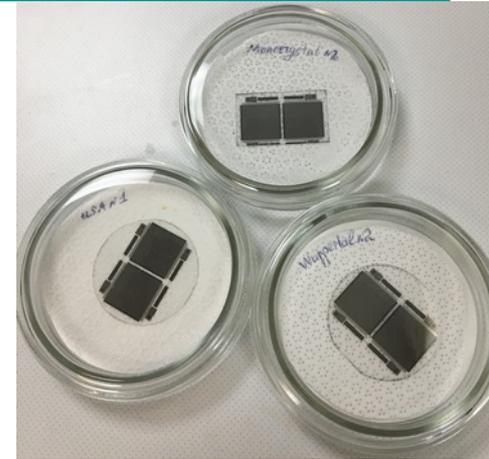
- **test di caratterizzazione di wafer zaffiro** e di prototipi rivelatore a microstrip in laboratorio
 - misure con raggi-X e sorgenti alfa
 - sviluppo elettronica per i test
- **misure su fascio di elettroni** per verificare le performance del rivelatore e la resistenza alla radiazione
- progettazione e realizzazione della **meccanica del rivelatore**
- sviluppo della **simulazione MC**

L'imprevisto

- l'invasione dell'Ucraina ha provocato ritardi notevoli in alcune parti del programma
 - non è stato possibile ricevere da Tomsk i rivelatori a 4 canali e quelli a 200 canali realizzati dai colleghi russi
 - sembra che in questi giorni siano riusciti a spedirli in qualche modo, vedremo se arrivano.
 - il laboratorio di Desda dove dovevamo effettuare le misure di resistenza alla radiazione, usando la macchine Elbe, hanno escluso di lascarci provare rivelatori che fossero prodotti nell'ambito di collaborazioni con Istituti russi
 - inoltre, in LUXE la collaborazione con gli Istituti russi è stata sospesa e i collaboratori russi rimossi dalle liste dell'esperimento
 - questo ha introdotto almeno un anno di ritardo nella tabella di marcia globale
 - principalmente per mancata possibilità di ottenere dalla Russia la fornitura dei magneti per la linea di fascio
- e perdita di competenze significative, anche se non cruciali.

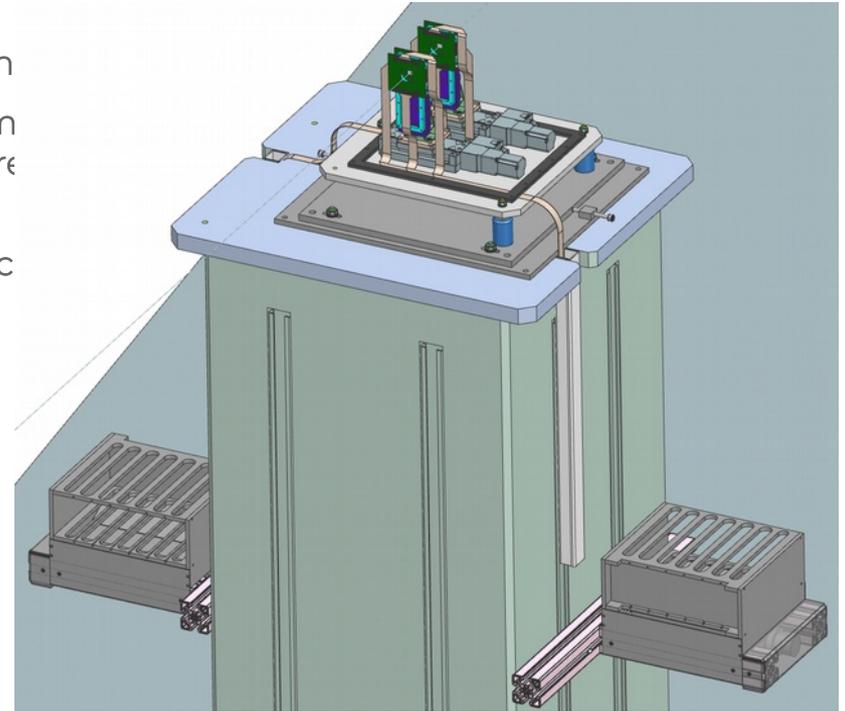
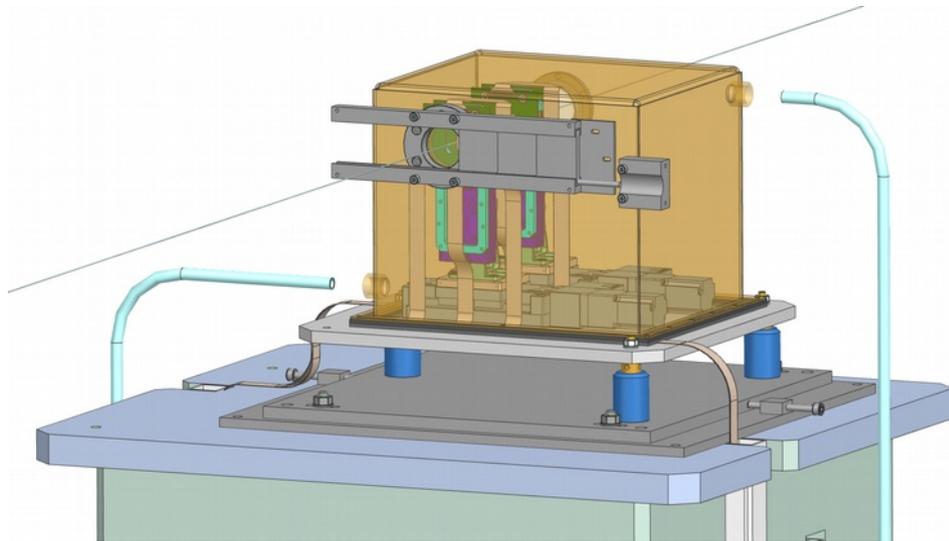
Stato sensori

- test con sensori a 4 canali preparato nei tempi previsti (PCB prodotto a PD, sensori prodotti e bondati a Tomsk) ma poi saltato per impossibilità dei colleghi russi di ottenere l'autorizzazione all'invio dei rivelatori
- sensori con 200 strip prodotti in anticipo a Tomsk, ma poi visti soli in foto per il momento
- iniziata quindi collaborazione con FBK per produzione di sensori con 200 strip da 100 um di passo
 - implementata nell'ambito dell'accordo quadro INFN-FBK
 - realizzato adattatore 2"-> 6" a Padova per utilizzare le attrezzature di FBK
 - sensori ora in produzione, prevista consegna prima delle ferie estive



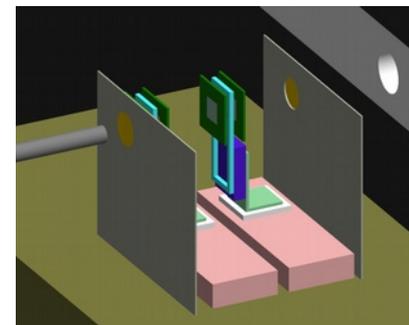
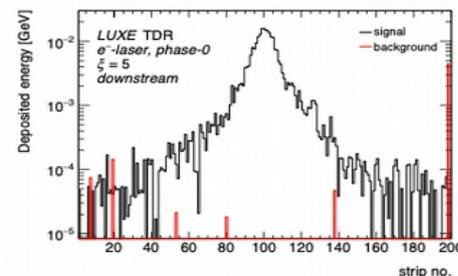
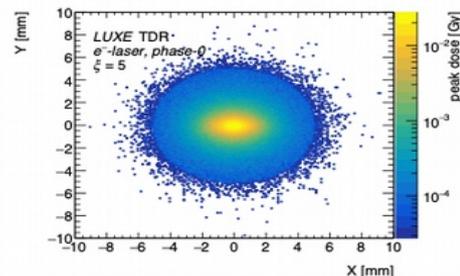
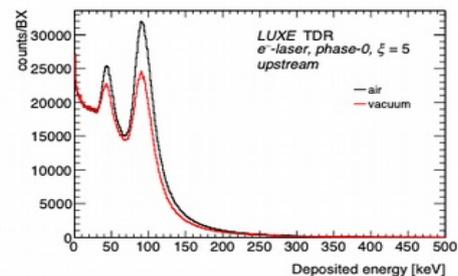
Meccanica GBP

- Progetto meccanica detector **completato**
- Integrata nel disegno complessivo di LUXE (primo rivelatore dell'esperimento) con progettazione estesa al supporto dell'elettron
- realizzazione della prima stazione ritardata causa dilatazione enormi tempi di consegna controller (22 settimane) e decisione di attendere definizione di tutti i dettagli dell'elettronica di FE
- previsto ordine delle parti prima di fine anno e assemblaggio mecc prima stazione nel 2023



Decisivo contributo sulla simulazione del BPM

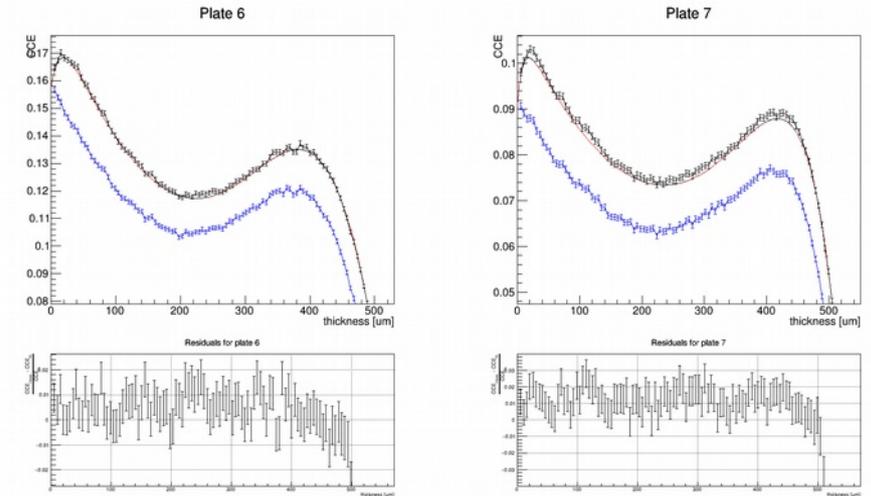
- GEANT4: BPM stand-alone:
 - essenziale per produrre la TN
 - implementati tutti i processi fisici e.m. e adronici
 - implementata la simulazione ad alta statistica del fascio gamma con le caratteristiche ricavate dalla simulazione LUXE
 - ottenuti le stime accurate dei depositi di energia e della generazione di cariche nei rivelatori, della stima del background
 - valutazione della risoluzione intrinseca del rivelatore
- GEANT4: simulazione generale esperimento
 - portata la simulazione completa di LUXE su Cloud Veneto
 - implementato il progetto meccanico completo del rivelatore con le due stazioni indipendenti
- GEANT4 simulazioni di tutti i setup di test (sorgente alfa, fascio a LNF)
 - valutazione delle incertezze sistematiche dovute al fascio (posizione, forma, ecc.)



Decisivo contributo sulla simulazione

- Allpix2

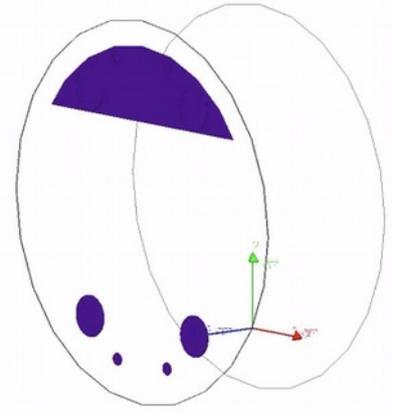
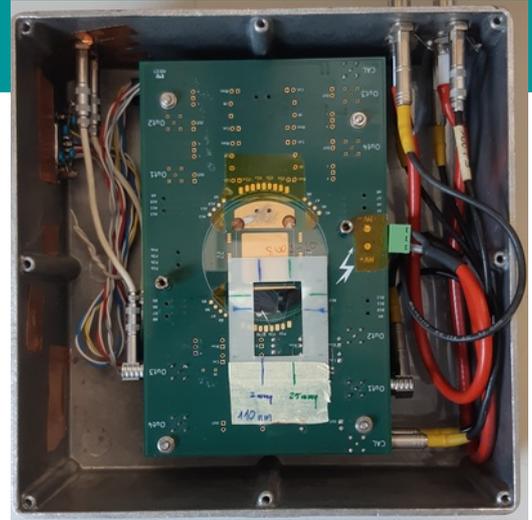
- simulazione trasporto cariche, generazione del segnale indotto, risposta dell'elettronica
- validazione di Allpix2 riproducendo risultati di test beam effettuati a DESY
 - ottimo accordo con i dati sperimentali
- modifica e debug del codice sorgente per descrivere detector con microstrip di zaffiro
 - strumento originalmente sviluppato per i rivelatori a pixel
 - trovati bug nel codice allpix2 e corretti
- implementazione dell'elettronica di front-end in corso per completare la simulazione



CCE misurate e simulate con Allpix2

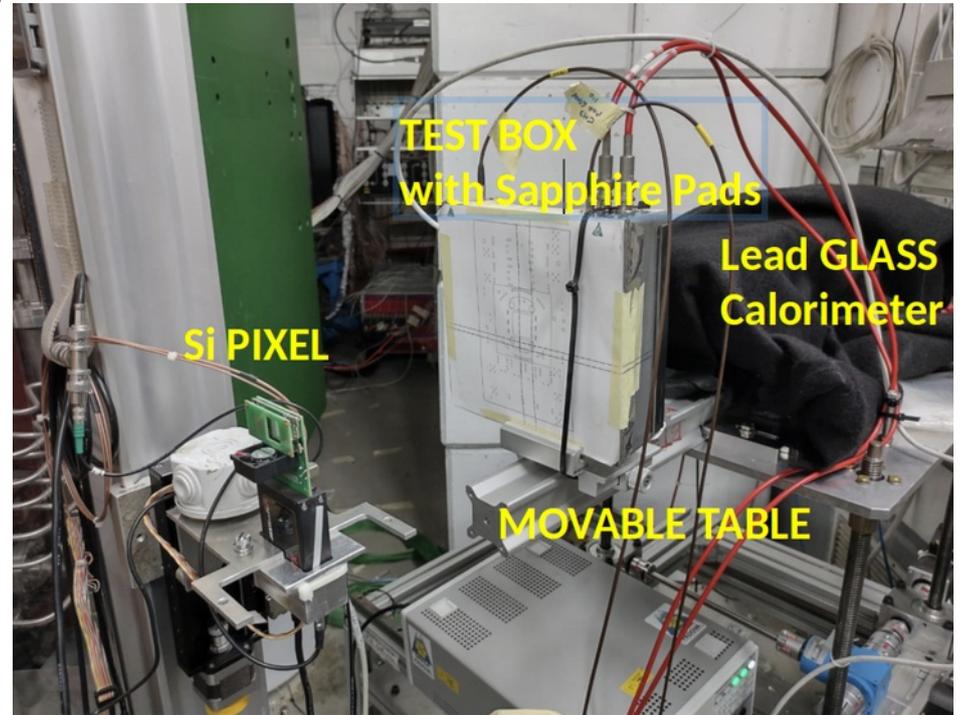
Test alla BTF

- 2 x 2" Sapphire wafers
 - SITUS Technicals gmbh, Wuppertal (D), Thickness $d_1=0.11$ mm
 - UNIVERSITY wafers (US), Thickness $d_2=0.15$ mm
- 2 circular pads for each wafer
 - $R_1=0.8$ mm («SMALL»)
 - $R_2=2.75$ mm («LARGE»)
 - SMALL pads have an area equal to one strip of the final detector
- Distance between the two wafers : ~ 20 mm
- Low-noise charge preamplifier provided by Flavio d. C.
 - Conversion Gain: ~ 250 mV/fC
 - RMS noise: 12 mV (780 el) [~ 35 mV at the TB]
- DAQ via Oscilloscope



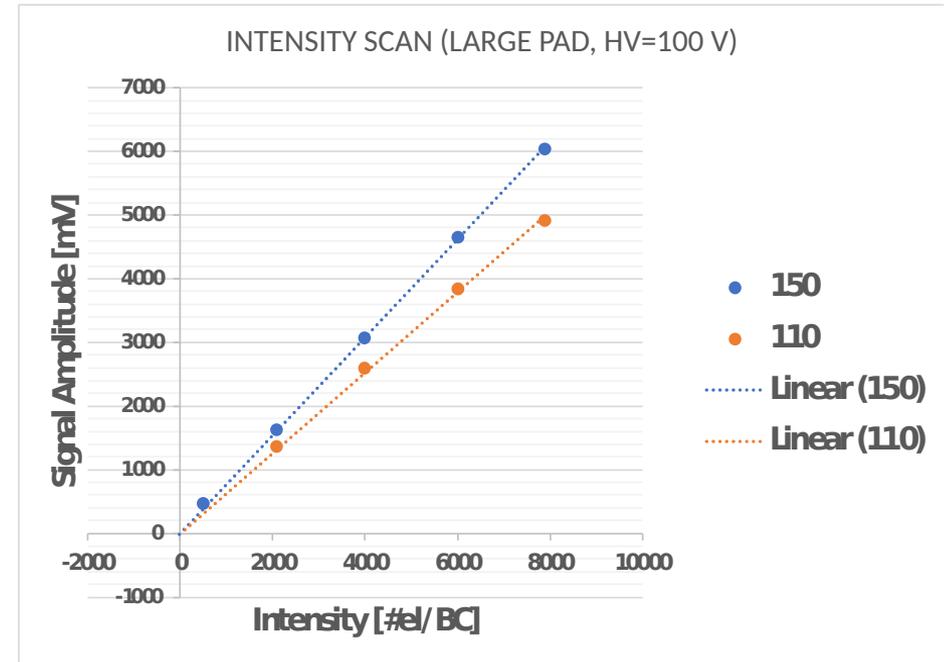
Beam tests alla BTF di LNF: 9-11 May

- First beam tests at the BTF: 9-11 May
 - Beam available mainly as main user
 - Electron Energy: 300 MeV
 - Multiplicity per BC: $< \sim 50000$ el
 - Scan in HV : 500, 1000 el/BC
 - BC Frequency: 24 Hz
 - $\sigma_x \sim 2$ mm, $\sigma_y \sim 1.5$ mm
- Main purpose: to measure CCE (charge collection efficiency)



Risultati test Frascati

- analisi preliminare eseguita tenendo conto (e compensando ove possibile) vari effetti
 - risoluzione limitata oscilloscopio
 - algoritmo di misura ampiezza segnale
 - incertezze nella posizione e larghezza del fascio
- da completare la valutazione degli effetti di bordo dei pad con AlloPix² che potrebbe essere significativi
- risultati preliminari CCE:
 - large pad of 110 [150] μm :
 - 17 [12] % at 1000 V
 - small pad:
 - 19 [13] \pm 2.5 (syst) % at 1000 V



Prossimi test

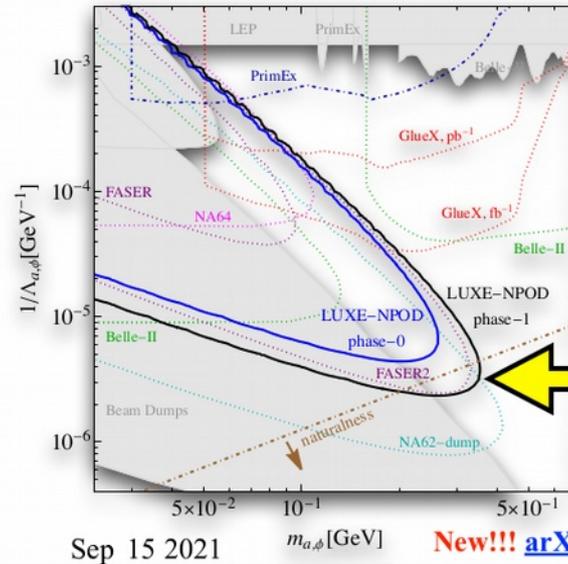
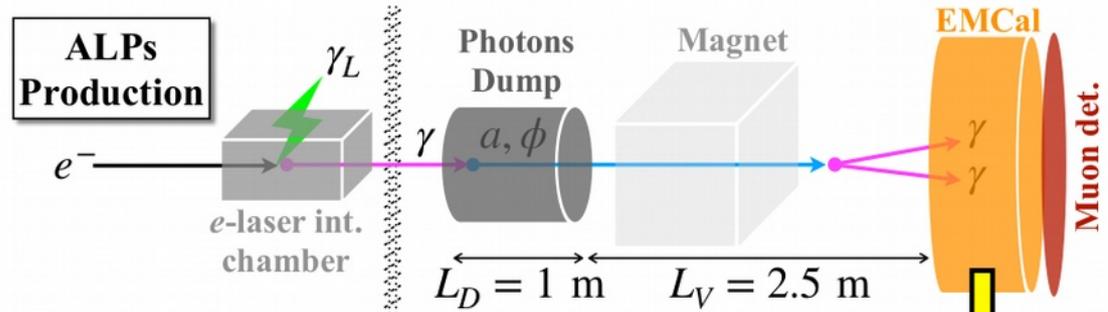
- misura resistenza radiazione a Clear con alcuni canali di elettronica
 - settembre '22
 - 4-ch strip sensor se disponibile
 - altrimenti: wafer con pads
 - possibilità di accumulare 10 MGy in un giorno
- slice test in laboratorio con rivelatore 200 strips equipaggiato con 64 canali di elettronica
 - ottobre '22
 - sistema readout, LV + HV finale
 - test con segnali di calibrazione
- misura di risoluzione su fascio sempre a Clear
 - novembre '22
 - stesso setup
 - determinazione della risoluzione della misura del profilo del fascio
- misura con una stazione completa a Clear e a DESY
 - 2023

Meccanica: possibile coinvolgimento nel progetto dei beam dumps di LUXE

- LUXE sta cercando possibili contributi che possano mitigare l'impatto dell' uscita degli istituti russi che erano coinvolti soprattutto nella realizzazione della linea di fascio
- hanno chiesto ai gruppi INFN un supporto tecnico per la progettazione e realizzazione dei 3 beam dumps (2 per elettroni, uno per gamma) raffreddati ad acqua (200 W di dissipazione nominale)
 - lo sviluppo richiede anche un notevole lavoro di simulazione per:
 - valutazione fondi residui, in particolare neutroni
 - ottimizzazione del terzo dump per permettere l'installazione di rivelatori per la ricerca di ALP
- da un primo esame con Benettoni sembra che la cosa potrebbe essere fattibile a Padova
- richiederebbe nel 2023 circa 2 mesi di tecnologo e 2 mesi di disegnatore
 - possibile anche un impegno di O.M. se si rendesse necessario realizzare dei prototipi per test (max 2 mesi-uomo)

Ulteriore motivo di interesse

- impegno su beam dumps potrebbe essere sinergico con un eventuale impegno nel rivelatore per fisica BSM

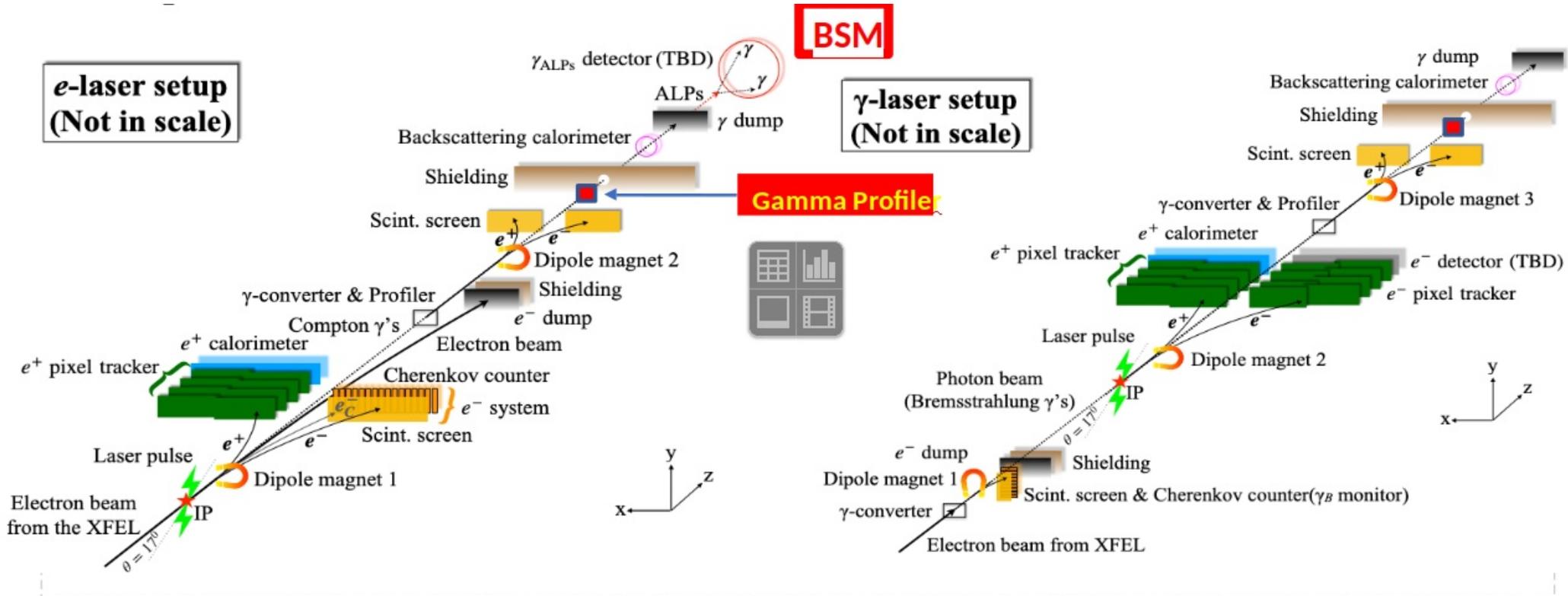


EMCal requirements:

- $\sigma_t \sim \mathcal{O}(100 \text{ ps})$
- $\sigma_{x,y} \sim \mathcal{O}(100 \mu\text{m})$
- $\sigma_\theta \sim \mathcal{O}(10 \text{ mrad})$

The LUXE-NPOD can be bkg-free and better than other players in the field

Posizione beam dumps



Richieste per Meccanica rivelatore

Servizi in sezione

- **Servizio Progettazione Meccanica (tecn. + diseg.):**
 - 1+1 m.u.
 - 2 + 2 m.u. per beam dump
- **Officina meccanica**
 - realizzazioni parti per meccanica rivelatori: 1 m.u.
 - possibili prototipi per meccanica beam dump: ~ 1 - 2 m.u.

Richieste per attività in lab. PD e test-beam

Richieste alla Sezione

- **Supporto fornito da tecnici di laboratorio DipFA**
 - **Giorato, Pantano: 2-3 m.u.**

Personale coinvolto a Padova nel 2023

Personale a tempo indet. (tot.: x.x FTE)

- M. Morandin - 0.5 FTE
- G. Simi - 0.15 o più FTE (TBC)
- M. Benettoni - 0.1 FTE
- A. Paccagnella (DEI) - 0.15 FTE
- D. Pantano - 0.1 FTE (TBC)
- F. Dal Corso - 0.1 FTE (TBC)

Personale a tempo det. (tot. x.x FTE)

- S. Mattiazzo (RTD-B) - 0.1 FTE (TBC)
- S. Vasyukov (AdR INFN) 1 FTE
- P. Grutta (Dottorando) - 1 FTE
- S. Bonaldo (post-doc DEI) - 0.15 FTE

Altri collaboratori

- Umberto Dosselli

TOTALE: ~ 3 FTE

Richieste CSN1

per completare le attività ci servirà

- lo sblocco del s.j. di Missioni (almeno parziale)
- un rabbocco per gli extra-costi incontrati
 - 5 k€ per contratto FBK
 - 5 k€ per spese PCB usati nei test

per il 2022 non prevediamo attività di costruzione a Padova

Richieste CSN1 (preliminare)

| <i>Capitolo</i> | <i>dettagli</i> | <i>richiesta</i> [k€] | <i>s.j.</i> [k€] |
|-----------------------------|--|--------------------------|---------------------|
| Missioni | | | |
| | Missioni interne ed estere per test beam | 1 m.u. totali | 4.0 |
| | Missioni interne ed estere metabolismo | 1 m.u. per FTE | 12.0 |
| | TOTALE | 16.0 | 0.0 |
| Consumo | | | |
| | Metabolismo consumo | | 5.0 |
| | Materiali e componenti il sistema di movimentazione, possibili lavorazioni esterne | | 5.0 |
| | TOTALE | 10.0 | |
| Trasporti | | | |
| | Spedizioni rivelatori | | 1.0 |
| | TOTALE | 1.0 | 0.0 |
| Inventario | | | |
| | TOTALE | 0.0 | 0.0 |
| Costruzione apparati | | | |
| | TOTALE | 0.0 | 0.0 |
| | 29/GRAN TOTALE | 27.0 | 0.0 |