

CSN5 INFN-LNF

C. VACCAREZZA COORDINATORE LNF

CDL PREVENTIVI JULY 6TH 2023



Outline

CSN5 update

CSN5-LNF
overview

New
Experiment
proposals and
Calls

Ongoing
experiment
report

CSN5 update

NEW Data base preventivi 2023 open until
July 14th Luglio 2023 (23:59)

14 July

Next CSN5 meeting: July 24-25-26 2023 at LNF
• Highlights: New selection rules for experiment proposals

24–26 July

17 July 2021

Data base assegnazioni (richieste
aggiuntive, sblocchi sj) open until
July 17th 2023



Template Esperimenti Standard



https://web.infn.it/csn5/images/PDFDocuments/template_nuovo_esperimento.pdf

Template di NUOVO ESPERIMENTO

Sigla.....

Durata proposta.....

Area di ricerca.....

Responsabile nazionale.....

(Il responsabile nazionale deve dedicare al progetto una congrua percentuale di FTE)

Unità partecipanti.....

(per la costituzione di una unità è necessario almeno 1 FTE. Unità con percentuali inferiori andranno sotto dotazioni)

ABSTRACT (max 3000 caratteri, spazi inclusi)

Abstract strutturato in: Contesto della ricerca; Descrizione degli obiettivi della proposta; Metodologia; Principale risultato atteso

PROPOSTA SCIENTIFICA: stato dell'arte e obiettivi (max 26000 caratteri, spazi inclusi)

Stato dell'arte (max 4000 caratteri, spazi inclusi)

Review critica della letteratura e degli eventuali esperimenti (in particolare se finanziati dalla CSN5 o, in generale, dall'INFN) sullo stesso tema

Obiettivi (max 2000 caratteri, spazi inclusi)

Descrivere gli obiettivi e indicare chiaramente la rilevanza e l'attualità del progetto in relazione alle tematiche di interesse della CSN5

Metodologia della ricerca (max 6000 caratteri, spazi inclusi)

Descrivere le metodologie da adottare nella ricerca, mettendone in luce l'originalità, aspetti innovativi del progetto, la fattibilità e sostenibilità del progetto, le risorse umane e strumentali disponibili, esplicitate per tutta la durata del progetto.

Organizzazione del Progetto (max 6000 caratteri, spazi inclusi)

- Eventuale divisione in workpackage, con indicazione dei responsabili e sedi coinvolte
- Breve descrizione delle attività previste (per sede o WP)

- Cronoprogramma del progetto nel suo insieme
- Milestone per l'intero progetto. Il numero e la distribuzione temporale delle milestone deve essere tale da consentire ai revisori di verificare lo stato di avanzamento del progetto

Descrizione del gruppo di ricerca (max 3000 caratteri, spazi inclusi)

Descrivere ruoli e compiti delle unità partecipanti, le competenze di ogni gruppo, le infrastrutture da utilizzare, le collaborazioni internazionali

Coinvolgimenti esterni alla CSN5 (max 1500 caratteri, spazi inclusi)

Indicare eventuale coinvolgimento di:

- altre Commissioni Scientifiche INFN;
- istituzioni esterne e laboratori di ricerca nazionali e/o internazionali;
- industrie, soggetti pubblici o privati che cofinanziano la ricerca;

Nel caso di ente pubblico o privato esterno coinvolto nella ricerca, indicare la tipologia con breve descrizione della "background experience" di ogni Ente partecipante, e esplicitando il ruolo all'interno del progetto

Indicare progetti in corso o finanziati negli ultimi cinque anni su tematiche analoghe (max 1500 caratteri, spazi inclusi)

Con coinvolgimento diretto dei proponenti. Indicare finanziamenti sia all'interno dell'INFN, sia a livello di progetti europei/nazionali/regionali

Descrizione dell'impatto e delle ricadute dei risultati della ricerca (max 2000 caratteri, spazi inclusi)

Impatto nella comunità INFN, possibili applicazioni dei risultati ad altri ambiti, segnalando eventuali problematiche di protezione della proprietà intellettuale. Menzionare le ricadute di trasferimento tecnologico, se potenzialmente presenti.

BIBLIOGRAFIA

Indicare i riferimenti bibliografici menzionati nelle precedenti sezioni della proposta.

ULTERIORE DOCUMENTAZIONE

- Allegare eventuali dichiarazioni di endorsement da parte di Enti esterni (**non obbligatorio**).
- Per il responsabile scientifico del progetto allegare il CV (massimo 10000 caratteri) e una lista di massimo 10 pubblicazioni scientifiche o brevetti.

RICHIESTA FINANZIARIA

Richiesta finanziaria, dettagliata e per sede, per il primo anno di attività del progetto.

- **Missioni:** le richieste di missione devono essere associate ad una stima dei costi (finalità della missione, numero di persone, durata, stima del costo della singola missione). **Non sono ammesse richieste per partecipazione a conferenze:** tali richieste vanno presentate in corso d'anno a fronte in un invito o di una presentazione accettata (orale o poster).
- **Inventariabile e costruzione apparati:** per facilitare il lavoro dei referee, il budget deve essere diviso in voci di spesa, **la cui necessità per il progetto deve essere ben descritta nella richiesta.** La richiesta economica deve essere supportata da un preventivo (un file pdf diverso per ogni richiesta, da caricare sul modulo EC/EN2a). Nel caso di richieste composte da più acquisti, tali acquisti devono essere riuniti in un unico pdf, in modo che il totale di ogni singola richiesta abbia associato un singolo pdf, per lo stesso ammontare. Le richieste economiche che al momento della presentazione del progetto siano prive di un preventivo vanno inserite come sub judge.
- **Consumo:** Per voci superiori ai 2 k€ la richiesta economica deve essere supportata da un preventivo dettagliato, come per inventariabile e costruzione apparati.
- **Contributi esterni:** esplicitare eventuali cofinanziamenti di parti del progetto, specificando se già disponibili o potenziali.

Stima di richiesta finanziaria per gli anni successivi

Breve cenno alle spese attese, con particolare riguardo a spese importanti per apparati o strumenti.

Analisi dei Proposal a Luglio

- La Commissione è suddivisa in 3 sottocommissioni corrispondenti alle 3 aree tematiche principali e popolate dai coordinatori secondo le loro competenze (3 ospiti esterni nella sottocommissione Acceleratori).
- I proposal devono essere inviati 10gg (14 luglio quest'anno) prima della riunione di luglio (24-26 luglio quest'anno) in modo da poter essere esaminati almeno dai membri della sottocommissione di riferimento.
- Alla riunione i coordinatori della Sezioni corrispondente ai PI presentano con 3 slides le nuove proposte a tutta la Commissione. Con i coordinatori **non** si discutono gli aspetti scientifici delle proposte.
- Va tenuto presente che la sottocommissione non ha il tempo di effettuare un referaggio approfondito, quindi i proposal devono essere completi, convincenti e self-explaining.
- Ulteriori approfondimenti vanno rimandati a settembre dopo un lavoro più capillare dei referee.

Procedura di Ranking dei Proposal di Esperimenti Standard

- È stato stabilito di assegnare, ad ogni nuovo proposal di esperimento standard, un ranking numerico ($n \in \mathbb{N}$) suddiviso in 3 voci.
- Impatto scientifico/tecnico. Chiarezza nella spiegazione della novelty e sull'incremento rispetto allo stato dell'arte. Attinenza con le mission dell'Ente. Attinenza con le tematiche della CSN5. (1-10)
- Chiarezza nella spiegazione delle metodologie. Chiarezza nella spiegazione dei risultati attesi. Metodi di valutazione del progresso dell'esperimento. Analisi e mitigazione dei rischi. (1-10)
- Sostenibilità dell'esperimento. Consistenza e giustificazione delle richieste finanziarie. Consistenza del personale impegnato nell'esperimento con l'attività prevista. Competenza dei proponenti riguardo l'argomento della proposta. (1-10)
- Il voto di ogni voce verrà accompagnato da un giudizio.

Giudizi e Selezione Finale

- I voti vanno accompagnati da giudizi puntuali e dettagliati dai quali si evincono le ragioni del voto.
- I giudizi vanno presi anche come indicazioni utili a migliorare la proposta.
- Ogni sottocommissione stila i giudizi collegialmente preoccupandosi della coerenza fra termini e/o aggettivi con il risultato finale.
- Per passare la prima fase un proposal deve totalizzare almeno 18/30 e (v) deve aver preso un voto maggiore di 4/10 su tutte le voci.
- Gli esperimenti respinti potranno ritentare l'anno successivo tenendo presenti le osservazioni della Commissione.

Dopo la Riunione di Luglio e Prima della Riunione di Settembre

- Ai proposal approvati a luglio verranno assegnati almeno 2 referee, di cui almeno 1 fra i coordinatori. Deve essere presente almeno un esperto del settore eventualmente esterno alla Commissione.
- I referee si studiano la proposta, individuano forze e debolezze e fanno un'analisi dei costi del progetto.
- Prima della riunione di settembre i PI devono organizzare un (unico) incontro fra il gruppo e i referee durante il quale la proposta viene discussa nel dettaglio.
- Durante l'incontro i referee possono già proporre rimodulazioni del piano di lavoro e dei costi.
- I coordinatori devono diffondere le informazioni e le scadenze a tutti gli associati e avvisare i PI della loro sezione di mettersi in contatto con i referee.

Durante la Riunione di Settembre

- I PI presentano la proposta in plenaria.
- Nella presentazione in plenaria i PI possono tenere conto delle osservazioni fatte dai referee e delle loro proposte di rimodulazione.
- I referee e i membri della commissione potranno fare domande e commenti dopo la presentazione della proposta.
- Alla fine i referee propongono dei voti accompagnati da giudizi dettagliati, secondo la struttura del ranking già descritto.
- Le sottocommissioni si riuniscono e verificano l'omogeneità fra voti e giudizi. I giudizi dei referee sono intoccabili, ma i voti possono essere rinormalizzati in base al confronto con gli altri esperimenti.
- Eventuali obiezioni al responso dei referee da parte dei coordinatori vanno motivate in modo esaustivo.
- Alla fine si stila una graduatoria e si può scegliere quanti e quali esperimenti finanziare in relazione ai punteggi e alle disponibilità della Commissione.



Template per le Call



https://web.infn.it/csn5/images/PDFDocuments/call_template_2023.pdf

Template di CALL

Tipo di call—aperta o tematica
Titolo.....
Area di ricerca
Responsabile nazionale.....
Unità partecipanti

1. ABSTRACT (max 2000 caratteri, spazi inclusi)

Descrizione degli obiettivi della proposta, correlati agli ambiti scientifici di riferimento e allo stato dell'arte, definendo come saranno raggiunti.

2. PROPOSTA SCIENTIFICA: stato dell'arte e obiettivi (max 35.000 caratteri, spazi inclusi)

- Stato dell'arte (max 6000 caratteri, spazi inclusi)
- Obiettivi e metodologia della ricerca (max 13000 caratteri, spazi inclusi)

Descrivere gli obiettivi e le metodologie da adottare nella ricerca, mettendone in luce l'originalità, l'innovazione del progetto, la fattibilità e sostenibilità del progetto, le risorse umane e strumentali disponibili, esplicitate per tutta la durata del progetto.

Indicare chiaramente la rilevanza e l'attualità del progetto in relazione alle tematiche di interesse della CSN5.

- Descrizione del gruppo di ricerca (max 3000 caratteri, spazi inclusi)

Identificare e descrivere ruoli, compiti e responsabilità delle unità partecipanti, le competenze di ogni gruppo, le infrastrutture da utilizzare, le collaborazioni internazionali.

- Coinvolgimenti esterni alla CSN5 (max 2000 caratteri, spazi inclusi)

Indicare eventuale coinvolgimento di:

- altre Commissioni Scientifiche INFN;
- istituzioni esterne e laboratori di ricerca nazionali e/o internazionali;
- industrie, soggetti pubblici o privati che cofinanziano la ricerca.

Nel caso di ente pubblico o privato esterno coinvolto nella ricerca, indicarne la tipologia con breve descrizione della "background experience" di ogni Ente partecipante, indicandone la collocazione nel progetto

- Indicare progetti in corso o finanziati negli ultimi cinque anni su tematiche analoghe (max 2000 caratteri, spazi inclusi) sia all'interno dell'INFN, sia a livello di progetti europei/nazionali/regionali;
- Descrizione dell'impatto e delle ricadute dei risultati della ricerca (max 4000 caratteri, spazi inclusi):
 - possibili applicazioni dei risultati ad altri ambiti;
- Descrizione di possibili future commissioni a bandi extra-europei/europei/nazionali/regionali (max 2000 caratteri, spazi inclusi);
- Descrizione della valutazione dei rischi (max 3000 caratteri, spazi inclusi)

la descrizione della valutazione dei rischi va strutturata seguendo, per ciascun rischio, il seguente modello:

- Identificazione delle categorie di rischio (tecnico, gestionale, finanziario, manpower, sicurezze);
- Identificazione degli eventi che possono avere un impatto negativo e del loro livello di probabilità;
- Identificazione delle azioni preventive / correttive;
- Identificazione di eventuali piani di emergenza e/o opzioni alternative laddove non sia possibile introdurre azioni di mitigazione.

Risk category	RPN	RPN = Risk Priority Number
High	3	
Medium	2	
Low	1	

Risk	RPN	Mitigation
Delay in the LaBr ₃ /Ce crystals delivery	3	Reshuffling of the milestones: reconstruction algorithm: advance study; MC simulation for detector optimization
Delay in the SPMs production or PMTs delivery	1	Tests with spare front-end boards and not optimized SPMs (as available at INFN Torino to test timing setup and data format)
Underperforming of the detector with Readout 1	2	Use of Readout 2
Underperforming of the detector with Readout 2	1	Use of Readout 1
Inability to perform beam tests at the CPT facilities due to external reasons	2	Tests at INFN Torino with a monochromatic laser to assess the multi-detector timing performances. If the inability lasts in the second year of the project, review of the achievable goals, mainly M3 and M4.
Underperforming of the reconstruction algorithm on experimental data and consequent inability to map the stopping power	2	Decreasing of the beam current and proof-of-concept with sub-clinical rates; system performance assessment for standard treatment verification with the PCT method
Underperforming of the detector with both Readout 1 and 2 due to the high clinical rate	3	Decreasing of the beam current and proof-of-concept with sub-clinical rates

Esempio: risk assesment per l'attività di realizzazione e test di un rivelatore per studi di adroterapia

3. ORGANIZZAZIONE DEL PROGETTO (max 10.000 caratteri, spazi inclusi)¹

- Oltre un certo grado di minima complessità, il progetto va suddiviso in opportuni sotto-progetti (work-packages, WP)
- Il progetto (e i WPs) vanno redatti secondo lo schema della WBS (Work Breakdown Structure ovvero scomposizione strutturata orientata all'identificazione dei deliverable e delle milestones dell'attività proposta); gli elementi della WBS (task, deliverable e milestone) si declineranno con un codice coerente coi work-packages (WP) del progetto (vedere WBS-template).
 - Deliverable: risultato fisico e misurabile di una o più attività correlate; ad esempio:
 - Disegno esecutivo di oggetti da realizzare;

- Risultati di test o caratterizzazione;
- Risultati di studi/simulazioni;
- Oggetto/prototipo finito;
- Report conclusivo, pubblicazione.
- Milestone: attività di durata nulla, volta a indicare nel planning un determinato evento; ad esempio:
 - conclusione di attività propedeutiche alla finalizzazione sequenziale dell'esperimento proposto;
 - ad esempio: la scelta fra più opzioni di materiali per la realizzazione di un prototipo.

- Criteri per la redazione di una WBS:

- La WBS deve essere redatta secondo il principio "DELIVERABLE ORIENTED" ed è la descrizione in maniera gerarchica e ramificata del lavoro previsto per la realizzazione dei deliverable, partendo da una decomposizione dei deliverable in unità più piccole e delineando successivamente il lavoro necessario per eseguirlo.

- La WBS può essere strutturata in diversi livelli; come linea guida un'appropriata struttura è almeno a 3 livelli: WP → Task → SubTask.

- Ogni livello deve avere necessariamente un Responsabile identificato.

- La WBS deve avere un codice identificativo gerarchico al fine di individuare in maniera univoca WP, attività e subattività: ad es.:

- o WP1.1.1;
- o WP1.1.2.

- Le attività e subattività devono essere corredate di informazioni accessorie come ad esempio:

- o Data di inizio stimata;
- o Durata stimata;
- o Correlazione con altre attività;
- o Eventuali fattori esterni che concorrono alla sua realizzazione (ad es disponibilità di tempo macchina, o necessità logistiche);
- o È opportuno che progetti che prevedano attività sperimentale esplicitino un WP riguardo le sicurezze sia convenzionali che radiologiche con task specifici e deliverable definiti. Anche solo in caso di semplice valutazione.
- o È opportuno declinare la WBS in un formato logico e strutturato (ad.es. excel) per facilità di lettura laddove sia necessario esplicitare i dettagli è possibile corredarlo di un documento descrittivo.

- Esempio di strutturazione in workpackage:

- WP1
 - Responsabile
 - Anagrafica delle persone partecipanti al WP con indicazione dei mesi/persona
 - Descrizione delle attività previste (Tasks-subtasks con identificazione del responsabile)
 - Milestones
 - Deliverable
- WP2
 - Responsabile
 - Anagrafica delle persone partecipanti al WP con indicazione dei mesi/persona
 - Descrizione delle attività previste (Tasks-subtasks con identificazione del responsabile)
 - Milestones
 - Deliverables

4. RICHIESTA FINANZIARIA FORNITA IN FORMATO TABELLARE SUDDIVISA PER I TRE ANNI, PER WP E PER SEDE

- Eventuali richieste di assegni di ricerca finanziari o co-finanziati, dedicati interamente al progetto

5. Per ogni struttura INFN coinvolta indicare in dettaglio l'impegno richiesto per i diversi servizi

6. Cronoprogramma e GANTT chart

- Cronoprogramma di alto livello del progetto:
 - Descrizione sintetica dello svolgimento temporale dei WP.
 - Deliverable e Milestone critiche.

- Cronoprogramma di dettaglio:
 - Trasposizione grafica in formato GANTT Chart della WBS, mantenendo la stessa nomenclatura e le correlazioni esplicitate nella WBS. — (La redazione del cronoprogramma di dettaglio è altamente consigliata per poter eseguire un monitoraggio puntuale dell'attività svolta)

Il cronoprogramma di alto livello può essere elaborato in diversi formati. Il cronoprogramma di dettaglio, coerente col cronoprogramma di alto livello, deve essere elaborato con Microsoft Project o software equivalenti.

7. Indicare

- Eventuali progetti in corso finanziati su tematiche analoghe;
- Eventuali cofinanziamenti da parte di enti esterni pubblici, industrie, soggetti pubblici o privati.
- Eventuali attività finanziate nel PNRR e collegate all'attività proposta.

8. Indicare eventuali "Background Intellectual Property Rights (BIPR)".

9. BIBLIOGRAFIA

- Indicare i riferimenti bibliografici menzionati nelle precedenti sezioni della proposta.

10. ULTERIORE DOCUMENTAZIONE²

- Allegare lettere di supporto tecnico-logistico da parte dei Direttori di tutte le Sezioni coinvolte (obbligatoria per l'approvazione del n. proposta).
- Allegare eventuali dichiarazioni di endorsement da parte di enti esterni.
- Sia per il responsabile scientifico del progetto che per i responsabili dei singoli WP allegare il CV (massimo 10000 caratteri) e una lista di massimo 10 pubblicazioni scientifiche o brevetti.

11. In allegato è fornito un template di Work Breakdown Structure (WBS in formato EXCEL).

² Si intende che il parere positivo dei Direttori delle Strutture INFN per l'eventuale utilizzo di risorse e/o di strumentazione della Strutture coinvolte, sarà inserito secondo le scadenze annualmente stabilite sul database dei preventivi analogamente a quanto avviene per le richieste standard di finanziamento.

¹ È possibile inserire figure e tabelle se necessario. I caratteri delle didascalie devono essere conteggiati e rientrano nel numero totale dei caratteri ammessi.

CSN5 overview 2023

People= 95 (-45%) : Ric. 54 (-44%), Tec. 41 (-46 %) FTE= 35.45 (-19 %)

DETECTORS 7

- DARTWARS
- ENTER_BNCT*
- LLMCP*
- PEROV*
- QUB_IT
- RESILIENCE
- URANIA_V*

INTERDISCIPLINARY 3

- OLAGS DTZ *
- RESOLVE*
- SAMADHA*

ACCELERATORS 9

- ARYA*
- H2BTF
- IMPACT_CSN5*
- MICRON
- PBT
- SAMARA DTZ
- SINGULARITY*
- SL_COMB2FEL*
- TUAREG*

* CLOSING

* EXT. REQUESTED

New proposals for 2024

New proposals con RN @ LNF

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1.CROWN | RN A. Marcelli |
| 2.MICROSPEX | RN D. Hampai |
| 3.PEROV_XRAD | RN M. Testa |
| 4.SL_BETATEST | RN E. Chiadroni |
| 5.SPHINX. | RN M. Iliescu |

New proposal GRANT giovani:

- | | |
|-----------|--------------------|
| 1.ELECSIR | RN S. Bilanishvili |
| 2.FLYDOS | RN A. Calamida |

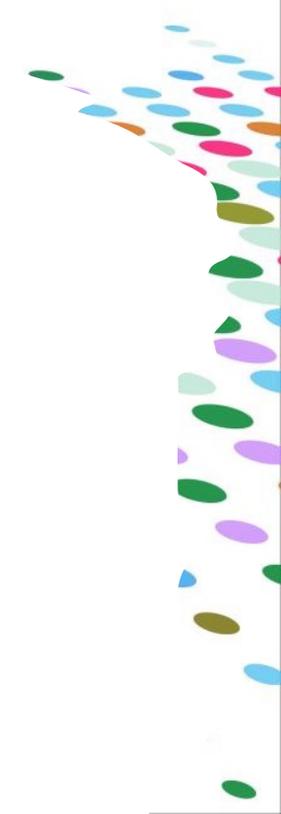
Extensions:

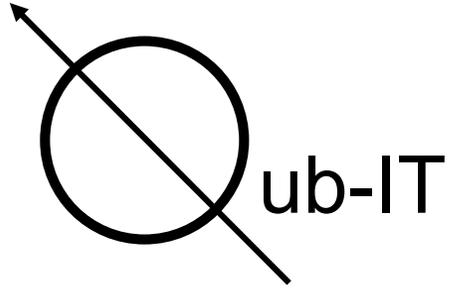
- | | |
|-----------|---------------|
| 1.SAMADHA | RL R. Bedogni |
|-----------|---------------|



2023 *ongoing experiments*

- DARTWARS, QUBIT, RESILIENCE
- SAMADHA,
- H2BTF, MICRON, SAMARA

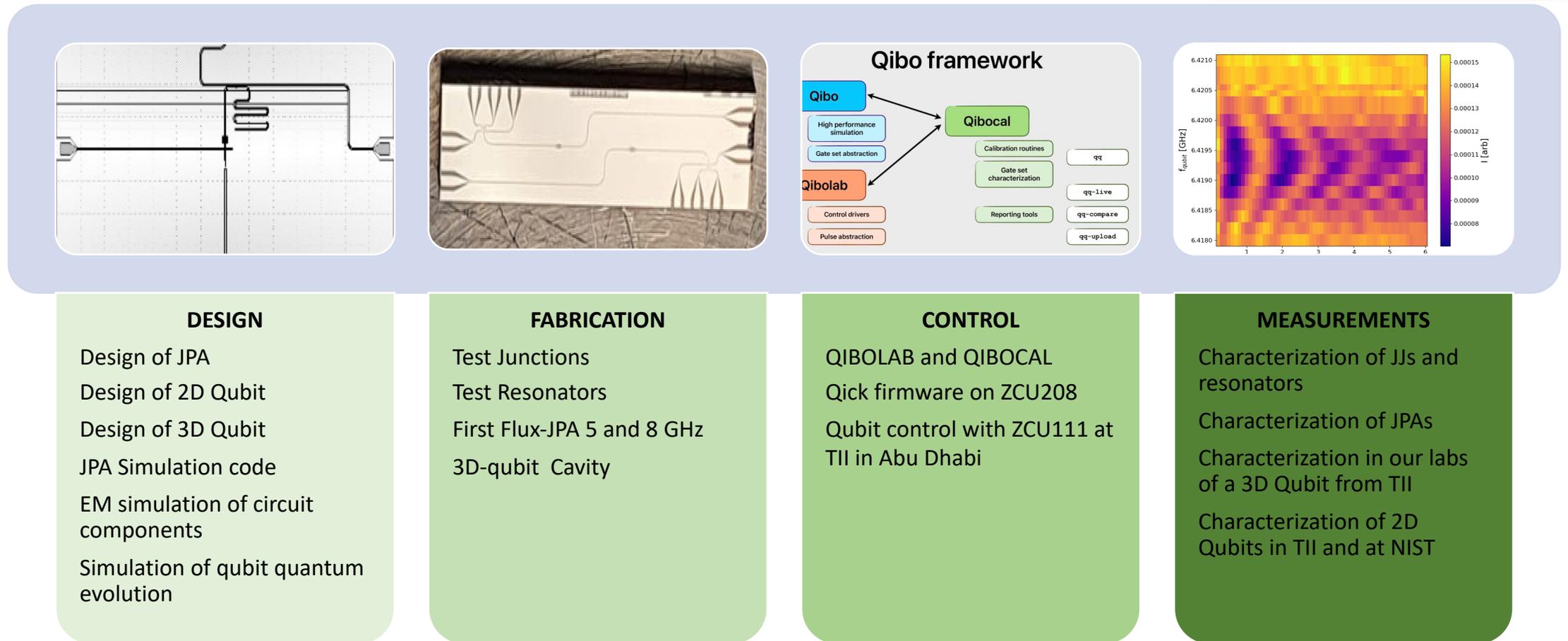




Quantum sensing with superconducting qubits for present and future INFN fundamental-physics experiments

Qub-IT	
Bologna	Pisa
Ferrara	Salerno
Firenze	TIFPA
LNF (RN)	CNR-IFN
Milano	FBK
Milano Bicocca	

Qubit activity up to June 2023



Qub-IT - LNF

Richieste LNF:

- 15k€ fabbricazione dispositivi
- 3 k€ consumi
- 3 k€ missioni

Attività 2023:

- Test flux-JPA.
- Disegno QUBIT 2D.
- Disegno JPA.
- Test QUBIT 3D.
- Configurazione firmware FPGA per lettura QUBIT.

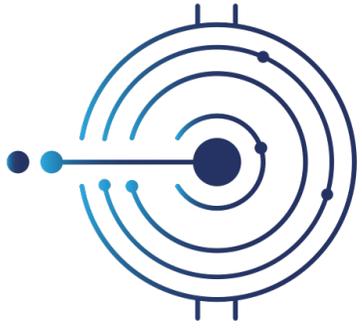
Attività 2024:

- Controllo di QUBIT con FPGA.
- Esperimento con Qubit accoppiato con risonatori.
- Esperimento con dispositivo a 2 Qubits.

Qubit Milestones 2024

- 3D transmon fabrication (Jan)
- Qubit control with FPGA (Feb)
- Fabrication of device with qubit coupled to 2 resonators (Jun)
- Experiments with qubit coupled to resonators (Oct)
- Fabrication of 2 qubits device (Oct)
- Experiments with 2 qubits device (Dec)

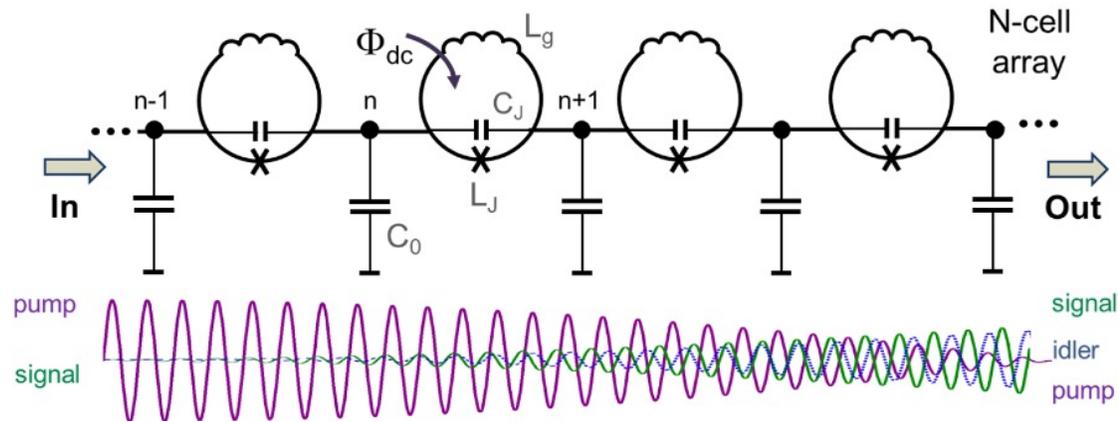
FTE LNF	
C Gatti (RN)	0 (25% PNRR-ICSC 25% PNRR-NQSTI)
C Ligi (RL)	20%
D Babusci	20%
M Beretta	0 (25% PNRR-ICSC)
L Piersanti	0 (25% PNRR-NQSTI)
S Tocci	0 (100% PNRR-NQSTI)
F Chiarello (CNR)	30%
F Mattioli (CNR)	20%
G Torrioli (CNR)	20%
B Buonomo	20%
L Foggetta	20%



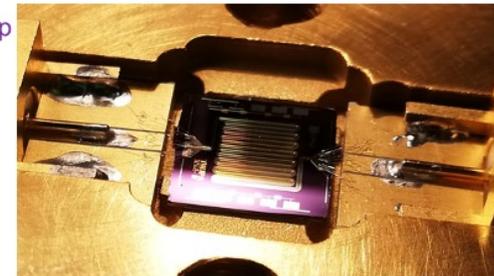
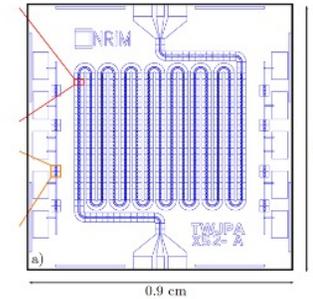
DARTWARS

Detector Array Readout with Traveling Wave Amplifiers

Travelling Wave Josephson Parametric Amplifiers amplify microwave signal over a broad range adding the minimum noise set by quantum mechanics.



INRiM
ISTITUTO NAZIONALE
DI RICERCA METROLOGICA



Dart Wars

Milano Bicocca (RN)

LNF

Lecce

Salerno

TIFPA

INRIM

FBK

Dart Wars LNF

Richieste LNF:

- 3 k€ consumi
- 3 k€ missioni

Attività 2023:

- Test nuovi TWPA INRIM a 10 mK in 3-wave e 4-wave
- Caratterizzazione giunzione Josephson

Attività 2024:

- Test nuove produzioni TWPA fabbricati da INRIM.
- Amplificazione segnali da 2 cavità risonanti a f diverse con TWPA e loro acquisizione con nuovo FPGA.

FTE LNF	
C Ligi (RL)	20%
Di Gioacchino	20%
L Piersanti	0 (25% PNRR-NQSTI)
S Tocci	0 (100% PNRR-NQSTI)
C Gatti	0 (25% PNRR-ICSC 25% PNRR-NQSTI)
1 AdR in firma	100%

- RESILIENCE aims to fabricate *Magnetic field resilient microwave single photon detector based on van der Waals Josephson junctions (JJ)*
- The novel properties of 2D van der Waals materials are inherited by the device => NbSe₂ based JJ inherit its magnetic field resilience

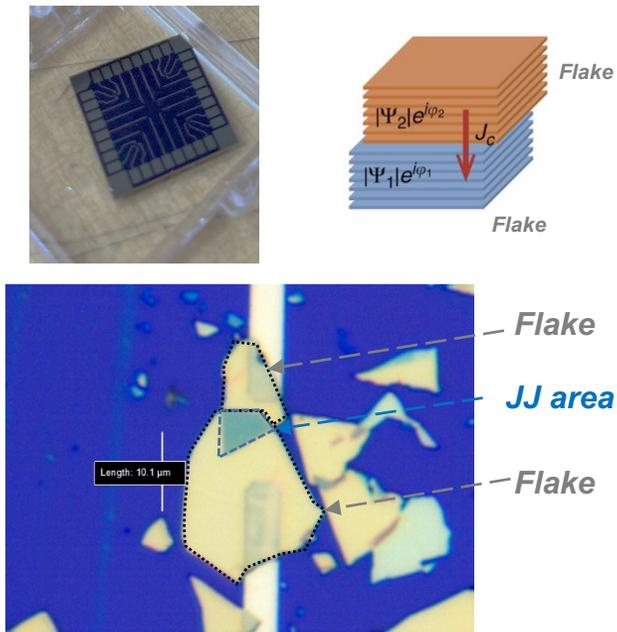
The final goal of RESILIENCE is to assemble a JJ resilient to high magnetic field (~ 10 T) to use as microwave single photon detector for axion search.

Activities Feb-June/2023

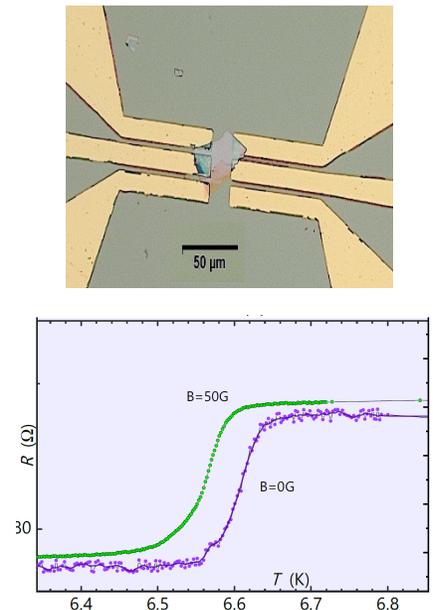
Order and assembly of exfoliation station

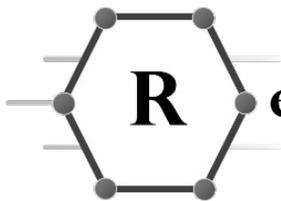


Assembly of first NbSe₂ JJ on pre-patterned substrate



First characterization of NbSe₂ flake@ UniCam





Resilience

Magnetic field resilient microwave single photon detector based on van der Waals Josephson junctions

Activity 2024-2025

- *Fabrication of NbSe₂ JJ with controllable thickness (electrodes and insulating layer)*
 - NbSe₂ JJ electrical characterization at cryogenic temperature and in presence of strong magnetic field
- Test of NbSe₂ JJ as microwave single photon detector (operating in a 9 T Magnetic field)

Participants

Name	Unit	FTE/year
A. D'Elia	LNF-INFN	1
C. Ligi	LNF-INFN	0.1
J. Rezvani	University of Camerino	0.3
F. Chiarello	IFN-CNR	0.15
F. Mattioli	IFN-CNR	0.15
		Total=1.7

Richieste economiche 2024

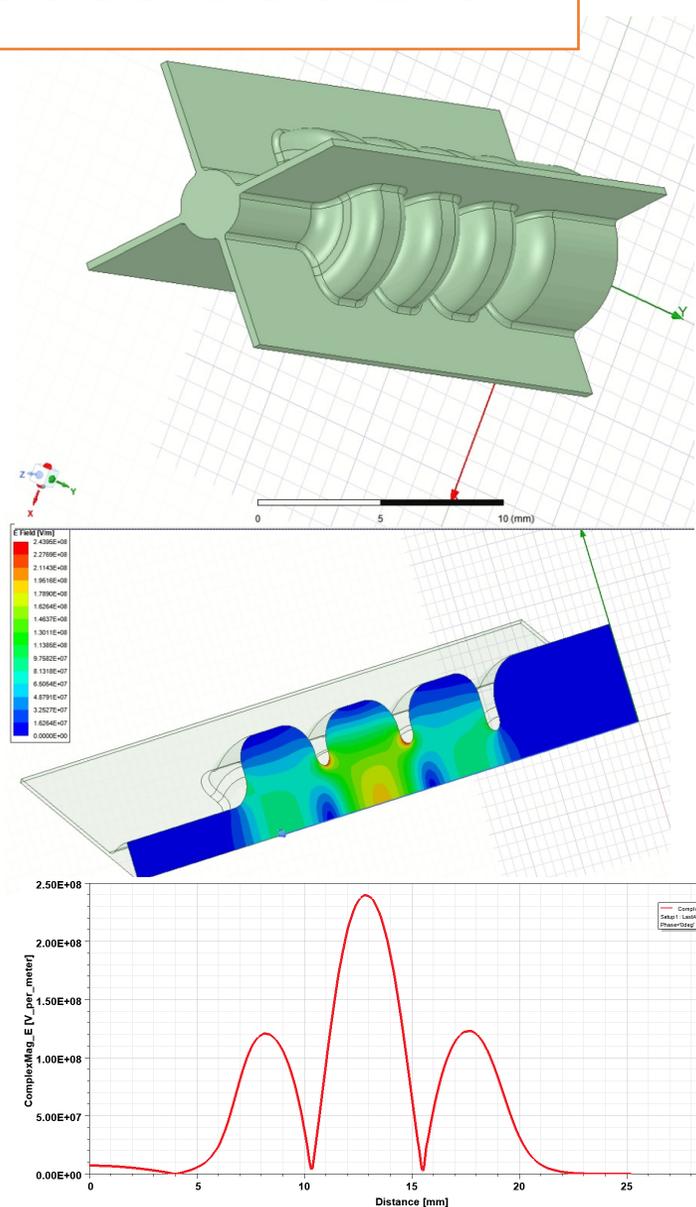
Richieste	[k€]
Consumabili	10
Inventario	20
Missioni	3
Totale+IVA 22%= 40,3 k€	

Richieste SJ	[k€]
Manutenzione	3
Missioni	2
Totale+IVA 22%= 6 k€	

MICRON

Cavity Design, Prototyping and Fabrication – Multiple parts open structures

TIG welding on the outer slots → avoiding high temperature brazing and/or diffusion bonding processes (the typical assembly methods widely used to manufacture ultrahigh vacuum accelerating devices) which - occurring at about 800–1000 °C - significantly change the cavity mechanical properties.



Main RF Parameters

Parameter	Value
Resonant frequency, f [GHz]	35.982
Quality factor Q	6000
Shunt impedance [M Ω /m]	160
Power loss [MW]	0.75
a [mm]	2
a/λ	0.24
t [mm]	0.635
Iris ellipticity	1.38
Accelerating Gradient (MV/m)	150 MV/m



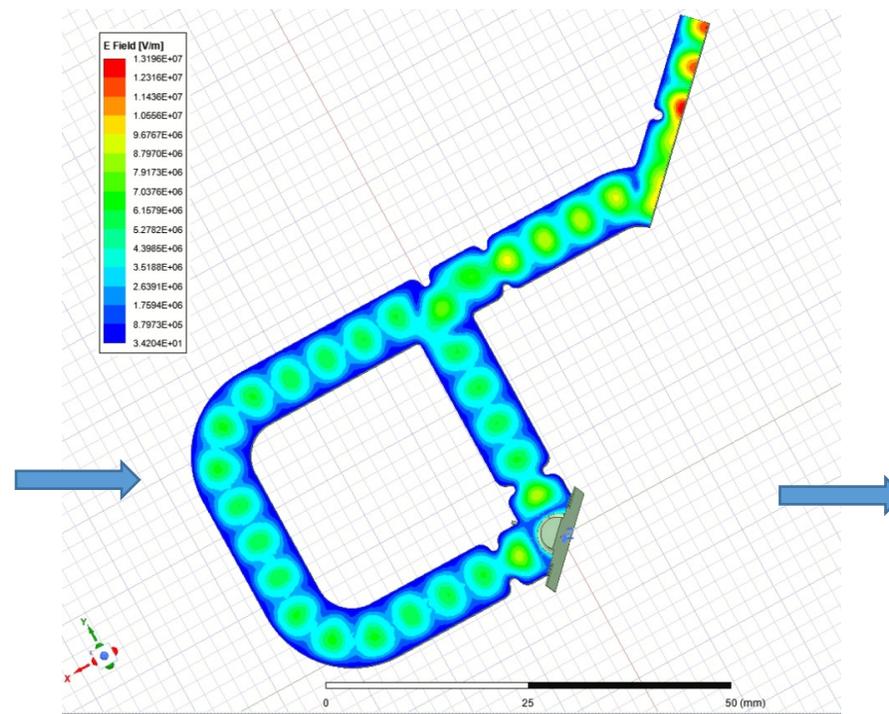
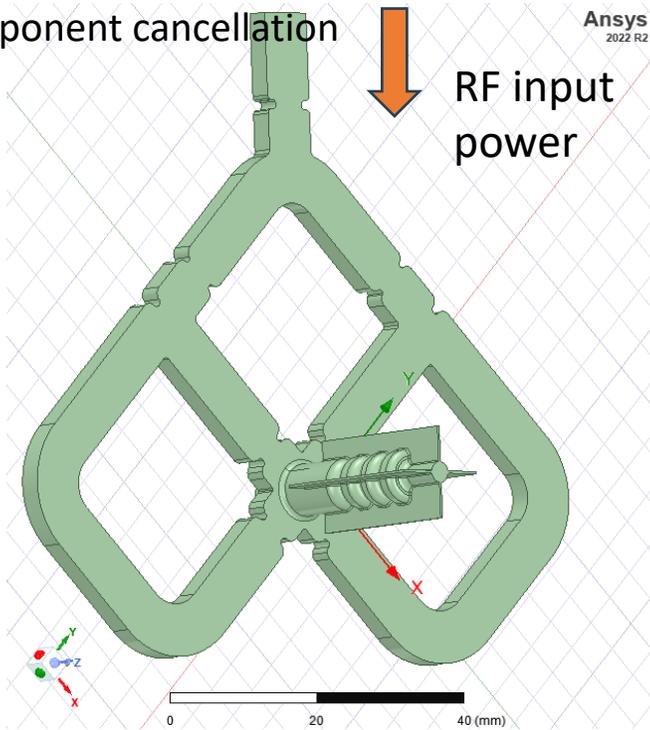
Machined sectors for 2-halves and 4-quadrants Cavities

The electric field in the middle cell is two times higher in the middle cell in order to localize and analyze the RF breakdown events.

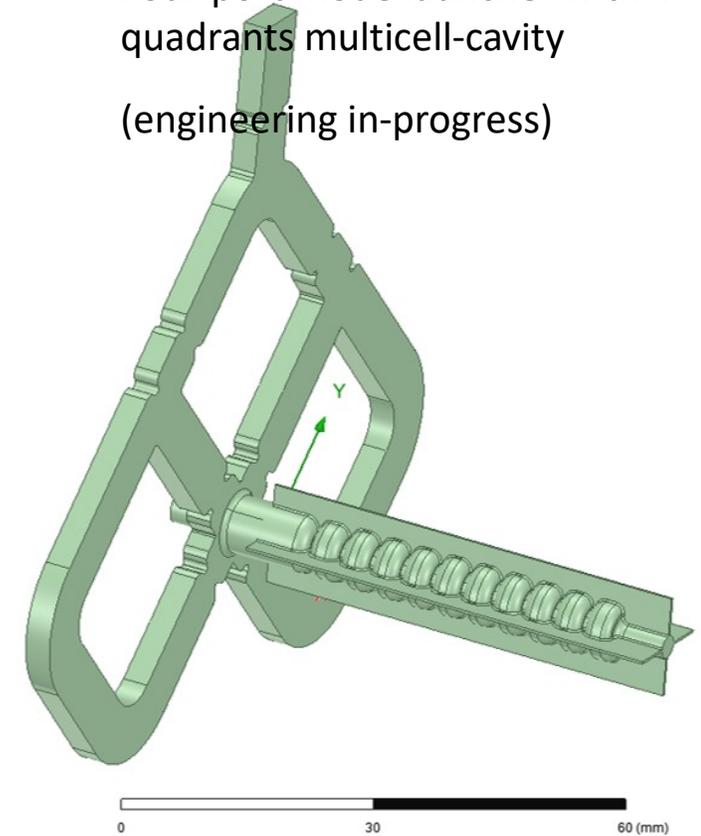
- ❑ All cavity sectors were manufactured by using a CNC 5-axis milling machine.
- ❑ Machining tool is crucial:
 - Tungsten-carbide tool → Tolerance = $\pm 10 \mu\text{m}$; Roughness with $R_a = 1.6 \mu\text{m}$.
 - Diamond tool with spherical radius $< 1 \mu\text{m}$ → Tolerance = $\pm 5 \mu\text{m}$; Roughness with $R_a < 80\text{nm}$.

Ka-Band RF Mode Launcher

Four-port mode launcher for dipole and quadrupole component cancellation



Four-port mode launcher with 4-quadrants multicell-cavity (engineering in-progress)



- Four-port mode launcher is matched with the resonant Ka-band structure made of four quadrants;
- The launcher is optimized with a reflection coefficient at the RF input power port $S_{11} < -40$ dB;
- Mechanical engineering and executive drawings (in-progress) for the Fabrication and Welding of the multi-cell cavity with mode launcher **for low-power RF tests to be conducted during in 2024 @ RF-Lab LATINO, INFN-LNF.**

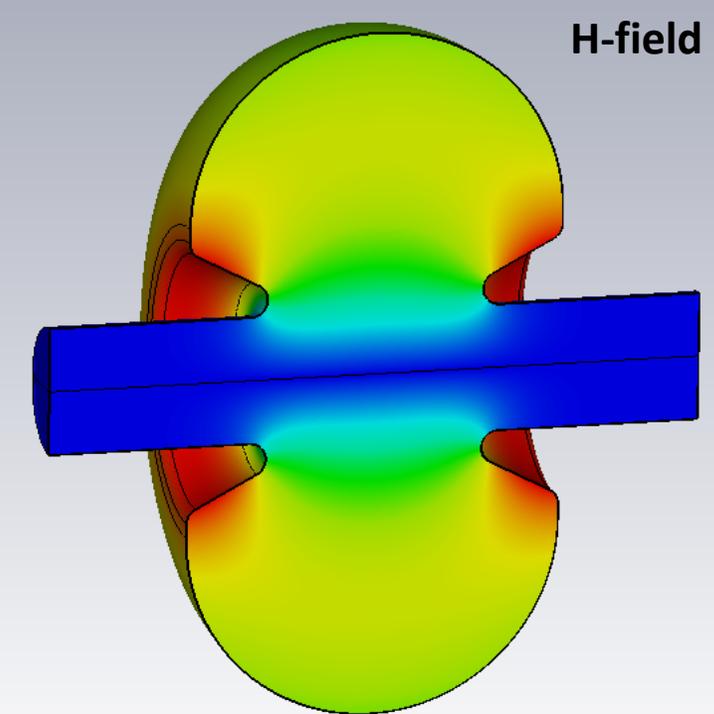
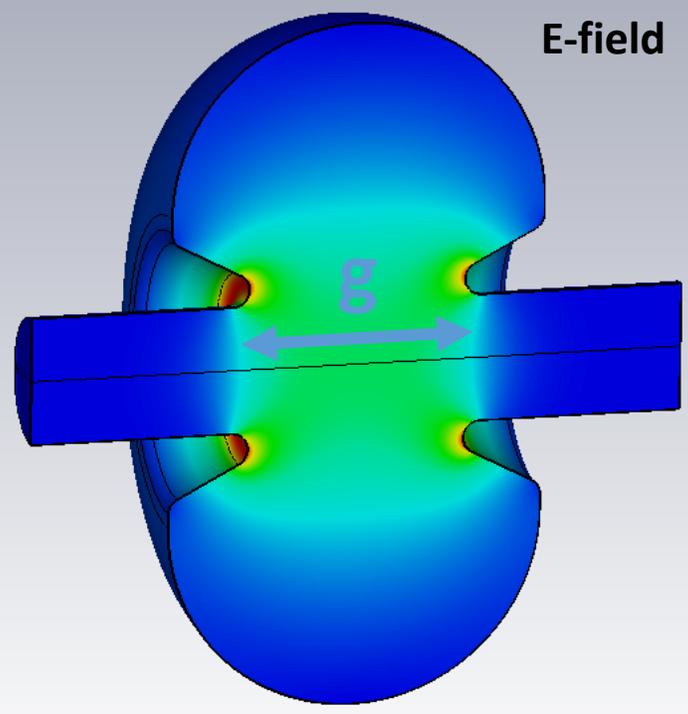
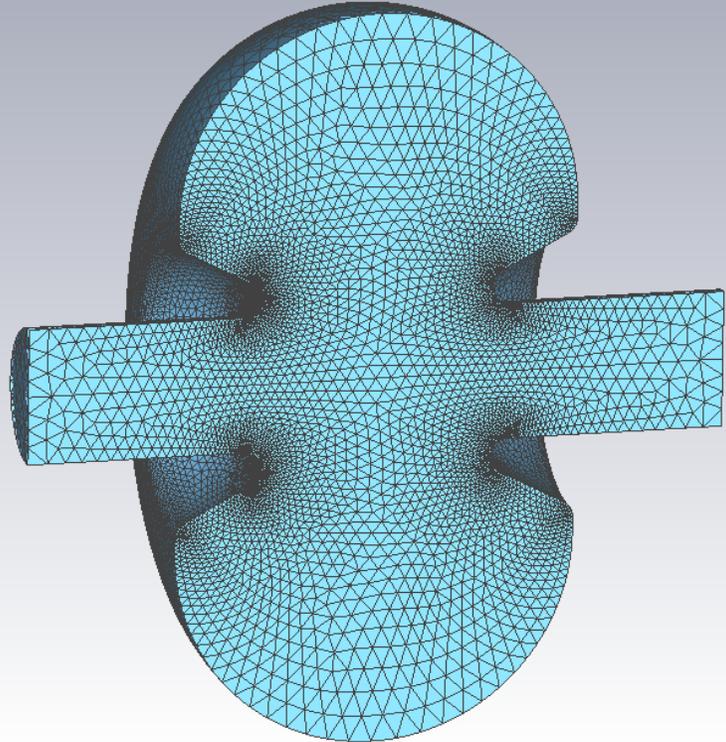
Marco Bellaveglia	10%
Fabio Cardelli	10%
Luigi Faillace (RL)	30%
Alessandro Gallo	10%
Anna Giribono	10%
Claudio Marcelli	10%
Luca Piersanti	10%
Bruno Spataro	0%
Cristina Vaccarezza	15%

HB2TF (call)

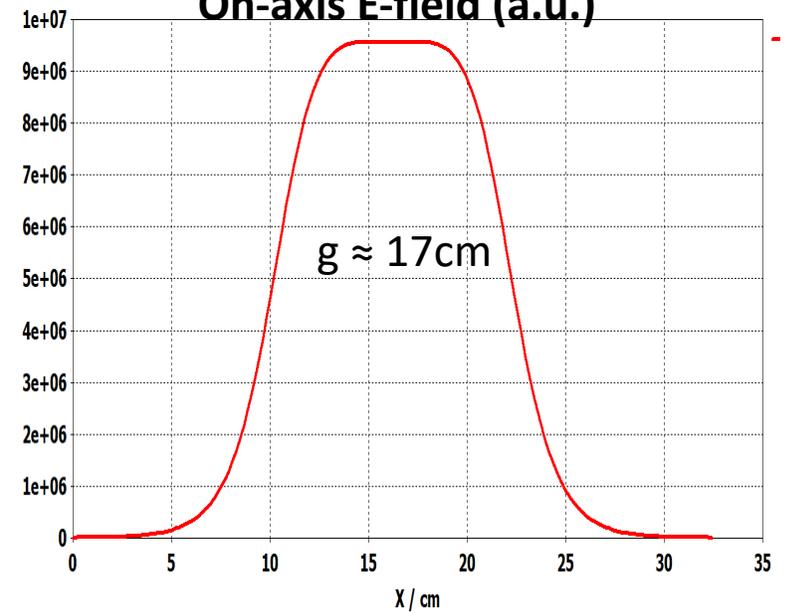
The proposal is related to the development of a High Brightness Beams Test Facility (HB2TF) at the INFN-LASA laboratory. The Test Facility will allow to perform developments in the areas so far illustrated and to carry out experiments with the high current CW electron beam in frontier areas of accelerator physics. The Test Facility setup will comprise a high-performance laser driven DC Gun followed by a normal conducting RF buncher-acceleration section to provide 1 MeV 5 mA CW electron beam

The WP3 of HB2TF is devoted to the design, realization, installation of all the warm radio-frequency systems in the test facility. The core being the two normal-conducting RF, 650 MHz buncher cavities with all the ancillaries required to provide the design bunching and acceleration of the about 1 MeV, 5 mA, CW electron beam and namely: • 80 kW in total, 650 MHz RF power amplifier • Waveguides, circulator, RF load • RF field amplitude and phase control systems

NOME	FTE	Ruolo
Alesini David	10	
Cardelli Fabio	10	
Luigi Faillace	20	RL
Gallo Alessandro	10	
Piersanti Luca	5	
Vaccarezza Cristina	15	



On-axis E-field (a.u.)



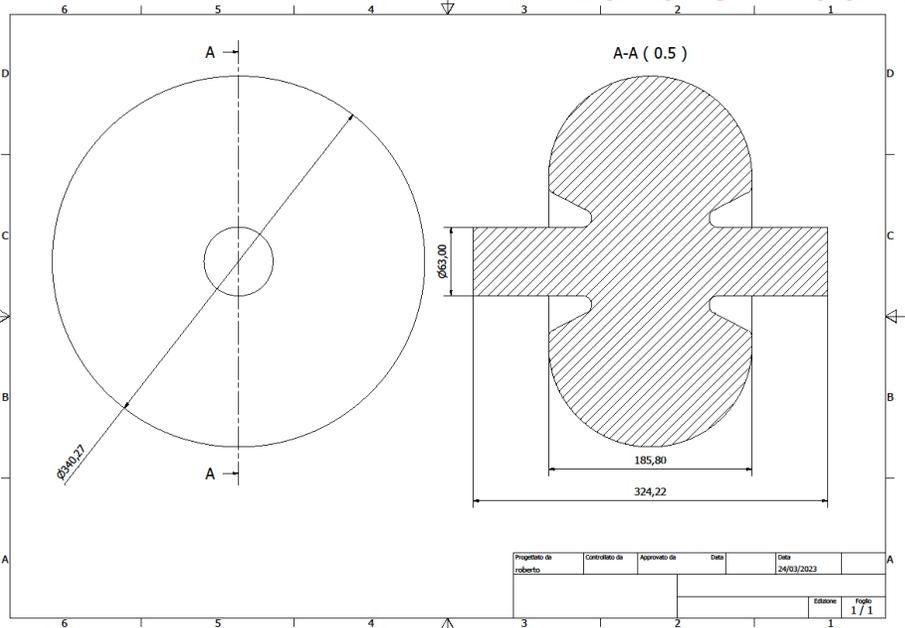
	SF/Luigi	CST
Frequency	650.372 MHz	650.180 MHz
Quality Factor Q_0	31,710	31,699
Eff. Shunt impedance	6.209 MOhm	6.210 MOhm
On-axis E_{peak}	2.7 MV/m	2.7 MV/m
E_{peak}	6.13 MV/m	6.29 MV/m
H_{peak}	4.66 kA/m	4.66 kA/m
P_{RF}	10.28 kW	10.26 kW



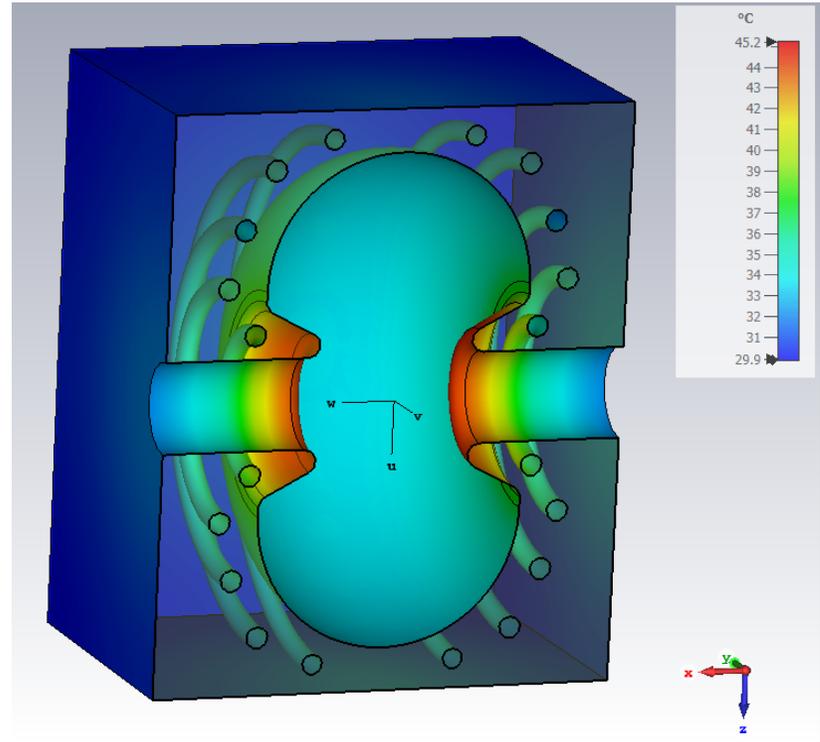
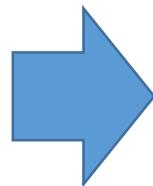
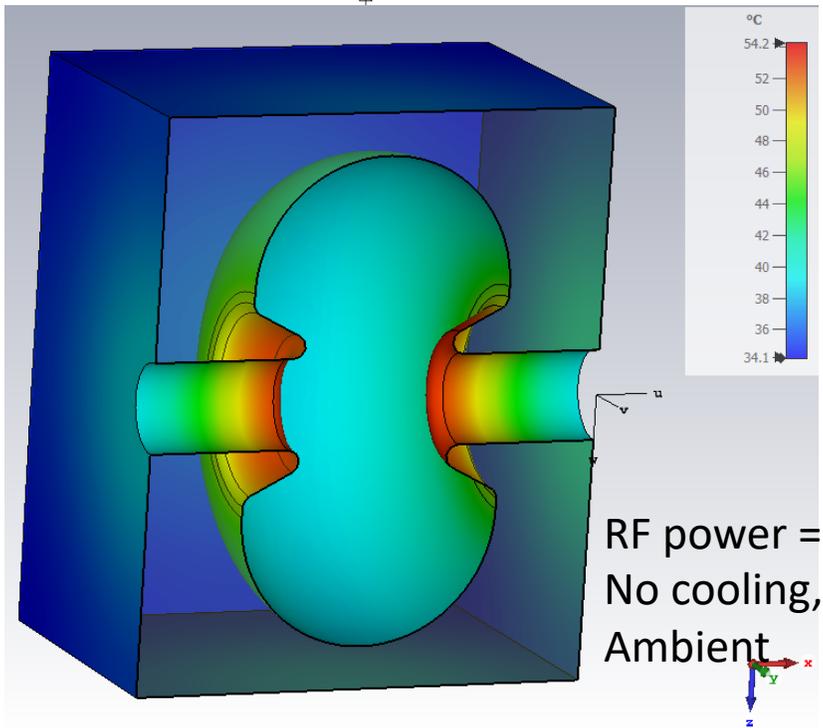
CST STUDIO SUITE

 ELECTROMAGNETIC FIELD SIMULATION SOFTWARE

Buncher Machining Options and Preliminary Thermal Analysis



- Cavity made of of bulk copper
- Possible fabrication in two halves with lathe machine
- Two parts are brazed
- Cooling channels inserted on outer shell





Superconducting Alternative Materials for Accelerating cavities and haloscope Resonators for Axions

- ❑ SAMARA aims at developing and studying superconducting materials alternative to bulk Nb with low radiofrequency surface impedance at extreme conditions: high radiofrequency -rf- fields and high dc fields.
- ❑ new applications for SRF are emerging: the FCC beam screen and **haloscope resonators for axions detection** requires superconductors capable of working in unexplored RF high DC field regimes in which Nb is not suitable

The final goal of SAMARA is twofold

- ❖ the realization of high performing elliptical accelerating cavities
- ❖ the test in high DC field of a Nb₃Sn haloscope

- The proposal is focused mainly on Nb₃Sn with double T_c (18K) and double H_{sn} (400 Gauss) compared to Nb
- large critical magnetic field H_{c2} makes Nb₃Sn as a natural choice in High DC field applications

Activity in LNF (COLD-LAB) 2022-2024

➤ RF Cavities: Nb₃Sn film coatings

Planar samples characterization: Pinning defects analysis

- ❖ multi-harmonic susceptibility measurements
- ❖ Resistivity measurements

➤ SRF in extreme conditions : Haloscope resonators

RF superconducting cavities: Q factor

- ❖ design and production and test at 4.2K
- ❖ Haloscope measurements at mK

✓ synergies with:

- ❑ QUAX project (Gr.II)
- ❑ SQMS project (FNAL/INFN) (*Superconducting Quantum Materials e Systems*) (external funds)
- ❑ IRON MOON PRIN (*IRON-based superconducting electropolished films at Microwaves for the detection of axions*) (Univ.ROMA3/INFN/ENEA) (external funds)

Durata proposta:	3 anni (2022-2024)
Area di ricerca:	Acceleratori di particelle
Resp. nazionale:	Pira Cristian (LNL)
Unità partecipanti:	LNL, LNF, LASA, Roma Tre, Politecnico di Torino

LNF (Lab COLD) 2024

Personale 2024

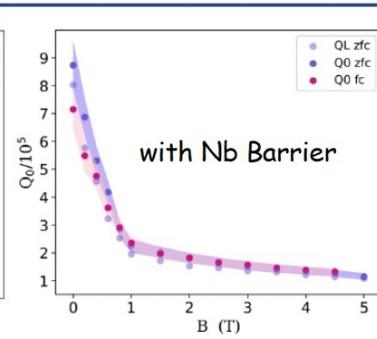
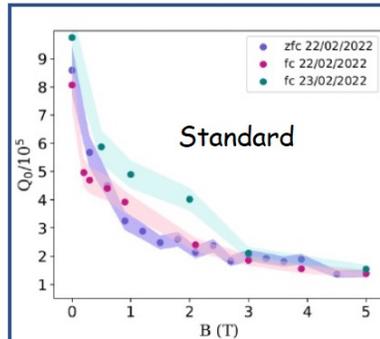
Daniele Di Gioacchino	(1 Ric dip LNF)	0.3
Giovanni Maccarrone	(1 Ric dip LNF)	0.2
Javid Rezvani	(Univ. Camerino ass. LNF)	0.3
➔	in dotazione Gr. V	

Richieste 2024

Consumi:	
a) Elio liquido per misure nel criostato con magneti ad 8 Tesla:	6 KEu
1) Test cavità Nb ₃ Sn, Cu/ReBCO Tape	
2) misure suscettività multiarmonica x caratterizzazione film Nb ₃ Sn/tape ReBCO	

Missioni interne	1KEu
------------------	-------------

Activity carried out in 2023



Test stability superconducting properties: RF Cavity Cu/NbTi and Cu/Nb/NbTi at 9 GHz

- Cu cavity design realization in LNF
- Thin film deposition in LNL
- **Cu/Nb/NbTi cavity has higher property stability**



RF Cavity Cu/NbTi at 3.9GHz:

- Cu cavity realization at LNF
- thin film deposition at LNL
- Design and test at FNAL.

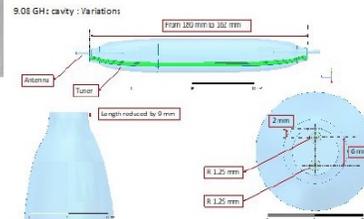


➤ **In FNAL to test**

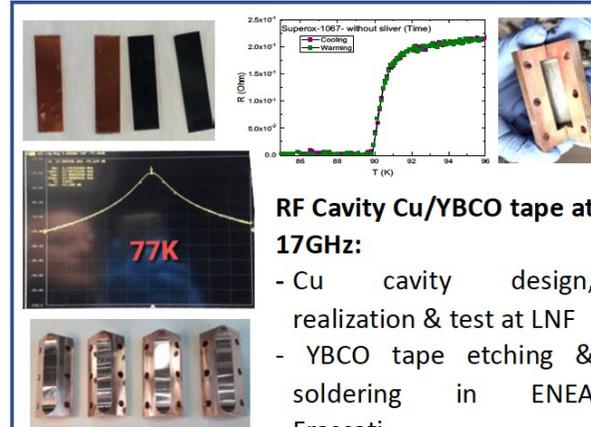


RF Cavity Nb₃Sn bulk at 9GHz:

- Design & realization in FNAL
- RF test at 9T in COLD-LAB



➤ **Test with 9T H_{dc} July 2023**



RF Cavity Cu/YBCO tape at 17GHz:

- Cu cavity design, realization & test at LNF
- YBCO tape etching & soldering in ENEA Frascati

➤ **Rounded cavity test in progress**

Activity scheduled for 2024

- ❖ multi-harmonic susceptibility tests
 - Cu/Nb₃Sn samples
 - YBCO Tape samples
- ❖ Haloscope measurements at mK
 - Nb₃Sn Bulk and Cu/Nb₃Sn thin film
 - Cu/YBCO Tapes
 - Cu/NbTi thin film

SAMADHA

2021-2023 + *prolungamento 2024*

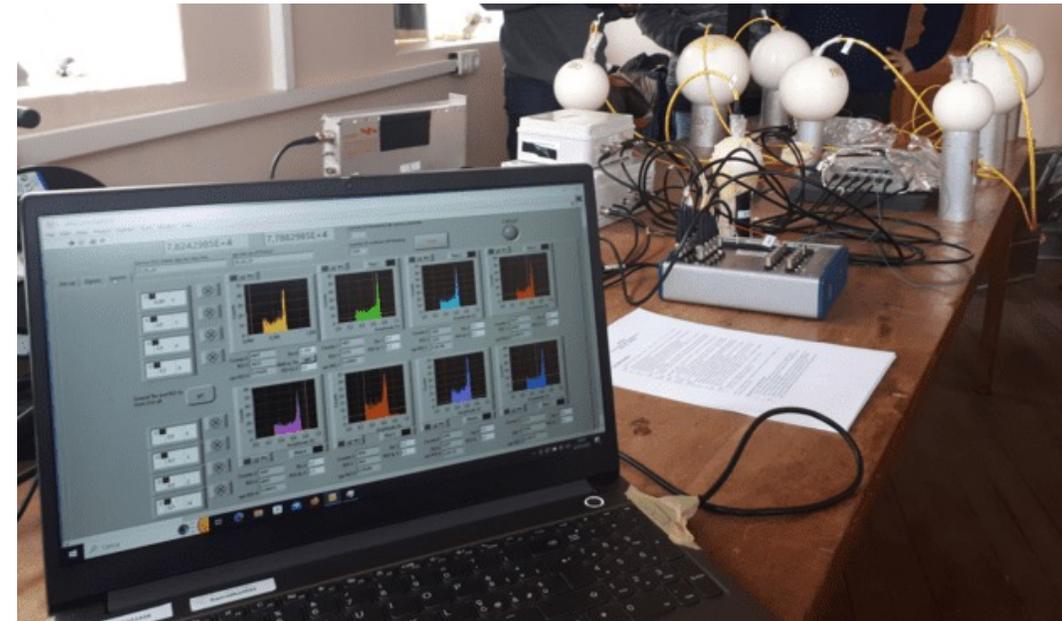
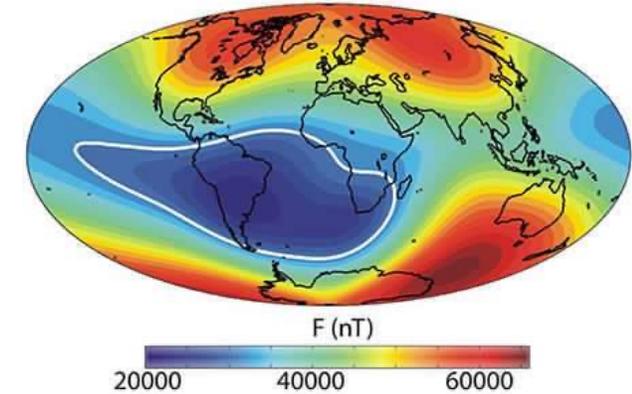
South Atlantic Magnetic Anomaly Dosimetry at High Altitude

26 participants in 5 Labs/sections
Torino, Trieste, Frascati, Firenze, Napoli

Si richiede prolungamento al 2024

Anagrafica LNF 2024 (1.0 FTE)

- Roberto Bedogni (0.1 FTE, resp. loc.)
- Claudio Cantone (0.2 FTE)
- Antonino Pietropaolo (0.2 FTE)
- José Maria Gomez Ros (0.2 FTE, ass.)
- Carlos Domingo Miralles (0.3 FTE, ass.)



Scientific case

- Secondary neutrons produced by the interaction of cosmic particles in atmosphere **account for about one half of the effective dose** received by humans at high-altitudes (ex. commercial flights 5-7 km).
- Van Allen belts are regions where the geomagnetic field traps cosmic electrons and protons (GeV) in “bouncing” periodical trajectories.
- Magnetic storms cause trapped protons to precipitate, increasing ground level neutron doses
- In SAA the elevation of the belts is minimum: only 200 km. Here, higher astronauts doses and damage to the instrumentation were observed during space missions.
- Increased neutron doses were also observed during thunderstorms, but very few data are available, especially at high elevation (no data above 4 km).

SAMADHA Objectives

- Study the dependence of neutron dose from space weather and thunderstorms in “privileged” condition: SAA + high elevation
- Compare neutron doses in SAA + high elevation with similar condition outside the SAA.

LNF task

- Developing a Bonner sphere neutron spectrometer for atmospheric neutron measurements
- Deploying the spectrometer in SAA + high elevation (Chacaltaya lab, 5.4 km, Bolivia)

SAMADHA

2021-2023 + prolungamento 2024

LNF activity

First Semester 2023

- March 2023: Spectrometer installed at Chacaltaya lab (5300 m)
- Since then, uninterrupted data taking

Second semester 2023

- Data analysis

Why extending to 2024?

- Solar activity expected to reach a max from late 2024 to 2025
- Samadha is the **highest** neutron monitoring and spectrometry station
- Synergy with FLYDOS (grant A. Calamida)
- Limited fund request:
 - 4 k€ sj missioni for maintenance (if needed)
 - 2 k€ extend the temporary export to Bolivia



2023 closing experiments

- ENTER_BNCT, LLMCP, PEROV, URANIA_V
- OLAGS, RESOLVE
- ARYA, IMPACT CSN5, SINGULARITY, SL_COMB2FEL, TUAREG

ENTER_BNCT

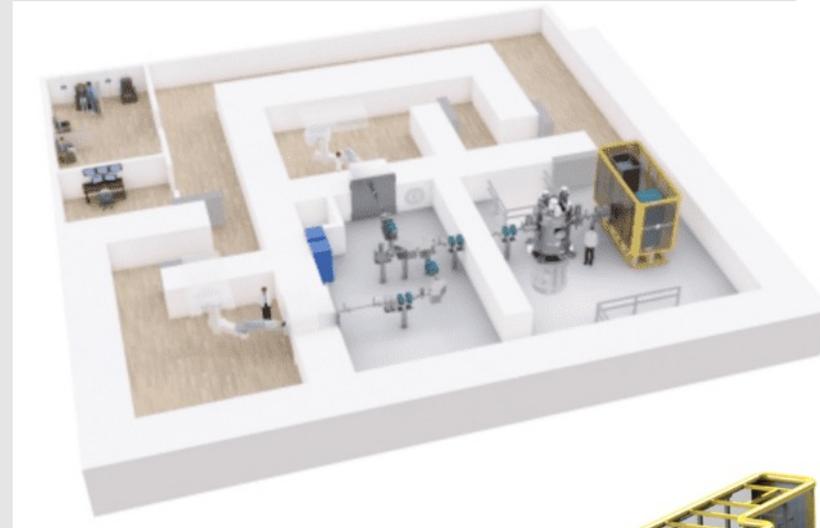
2020-2022 + *prolungamento 2023*

Filling the technology gap between research and clinical application of Boron Neutron Capture oncologic Therapy (BNCT)

Pavia, Torino, LNL, LNF
R.N. Nicoletta Protti (PV)

[Anagrafica LNF 2023 1.7 FTE](#)

Esperimento in chiusura



alpha α beam™



Alphabeam neutron system from TAE Life Sciences for CNAO: Tandem, 10 mA, 2.5 MeV p+ on Lithium

ENTER_BNCT

2020-2022 + *prolungamento 2023*

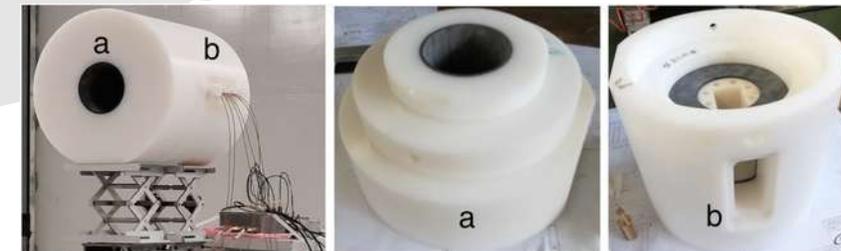
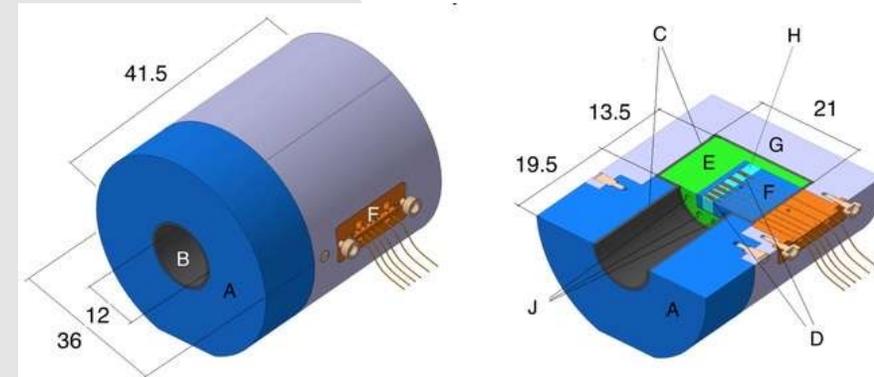
BNCT

- Stable ^{10}B in drug is injected to reach cancerous cells
 - a neutron beam induces $^{10}\text{B} (n, \alpha) ^7\text{Li}$ reactions preferentially in tumor cells "labeled" with Boron
 - The α and ^7Li secondary charged particles are densely ionizing (range 5-9 μm) and damage the tumour selectively and locally.
- Finland is commissioning the first European BNCT hospital (exp. Autumn 2023)
- CNAO will build an accelerator-based BNCT

ENTER_BNCT

- LNL: Studying proton beams and neutron targets
- PV: Neutron Beam shaping, in-vivo boron measurements
- LNF: developing
NCT-WES = eV - MeV single-moderator neutron spectrometer

NCT-WES



ENTER_BNCT

2020-2022 + *prolungamento* 2023

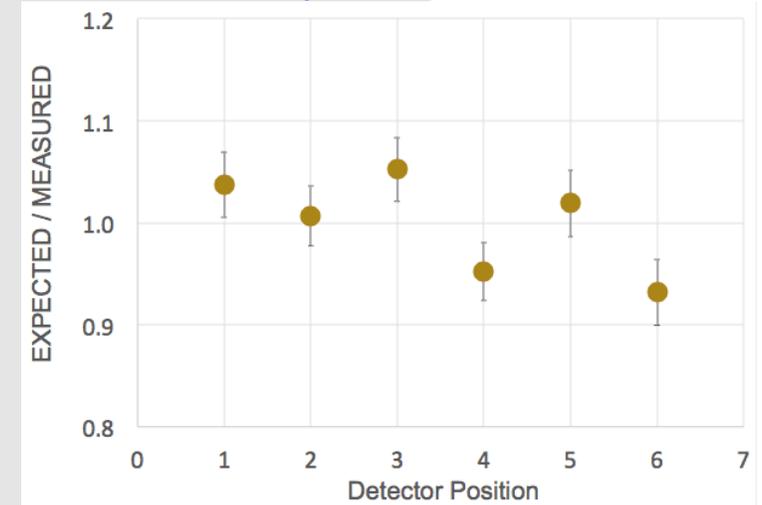
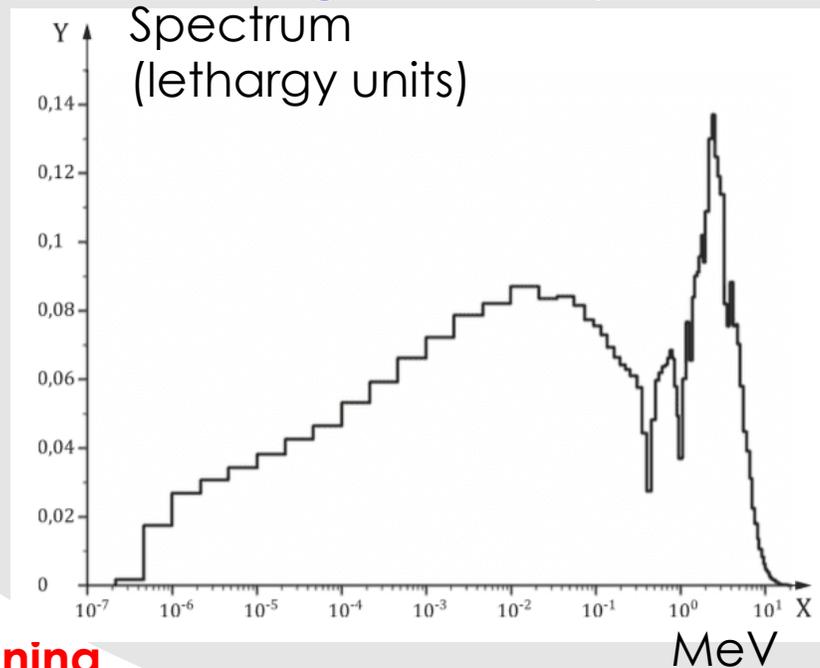
LNF activity - First semester 2023

Establishing the NCT-Wes spectrometer in:

- ❑ Reference mono-energetic fields (published: Eur. Phys. J. Plus (2023) 138:270)
- ❑ Reference continuous spectrum epithermal fields: the D₂O-moderated-²⁵²Cf ISO at ENEA Bologna (Jan - May 2023 – measured data agree with expected ones within few %)



D₂O-moderated-²⁵²Cf source



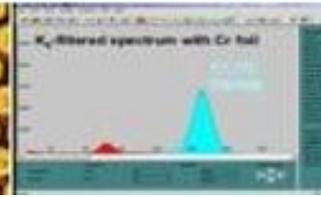
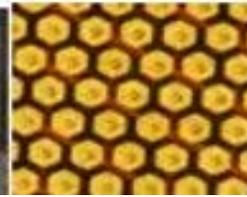
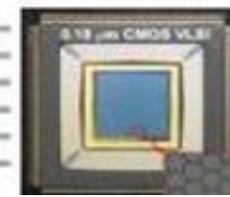
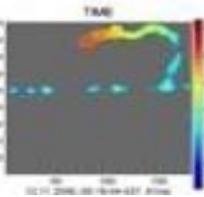
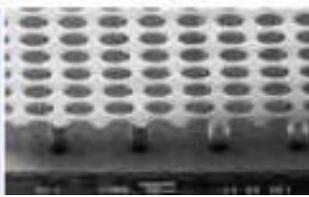
Expected/measured counts Vs. detector depth in the NCT-WES capsule

Second semester 2023 - planning

- 10-14 July 2023 – Measurements at continuous spectrum epithermal sources at STUK (Finland) for preparing the tests in clinical beam
- Autumn 2023 (expected) - Tests in clinical beam at Helsinki BNCT hospital



RD51 Collaboration

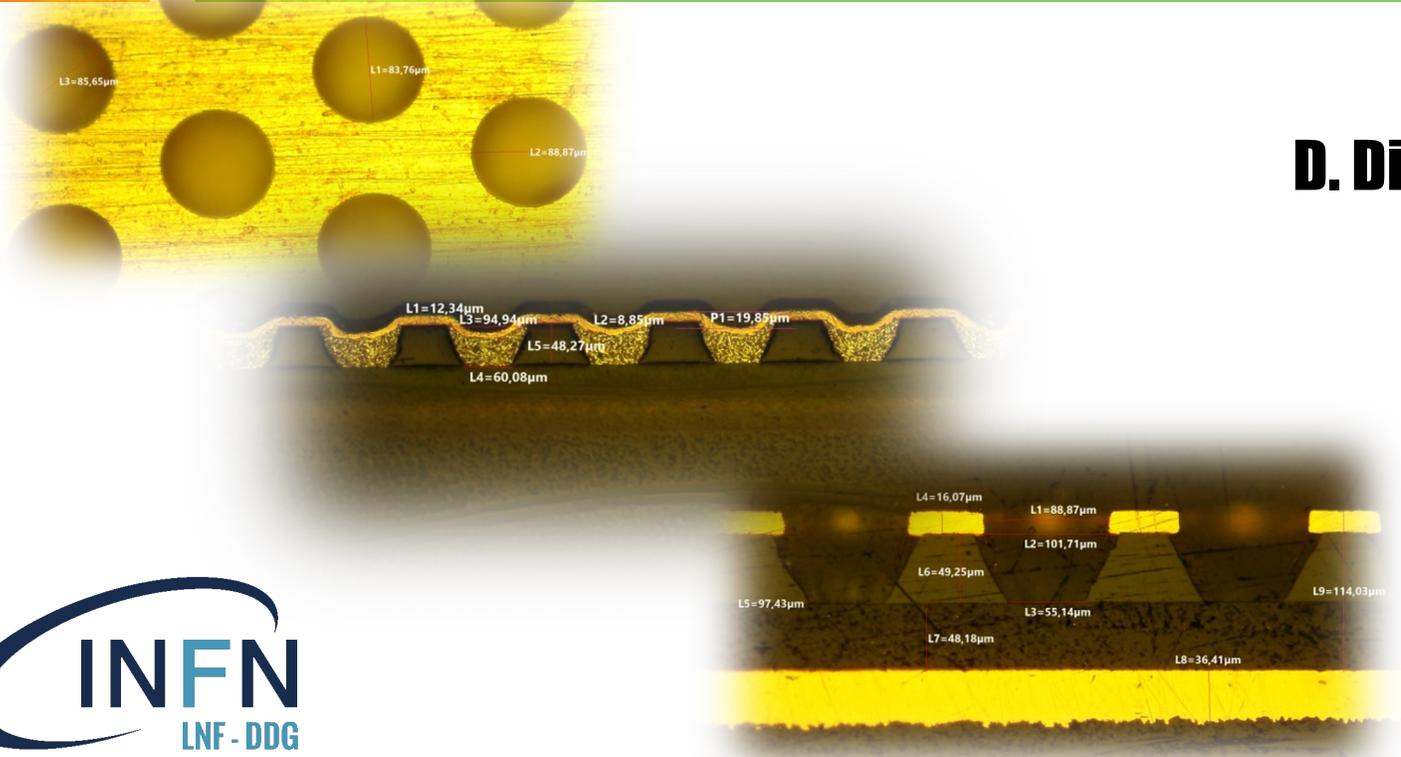


uRANIA-V: development of Resistive Gaseous Devices for thermal neutron detection

**G. Bencivenni,
D. Di Bari, G. Felici, M. Gatta, M. Giovannetti,
G. Morello, G. Papalino, M. Poli Lener**

DDG – LNF - INFN

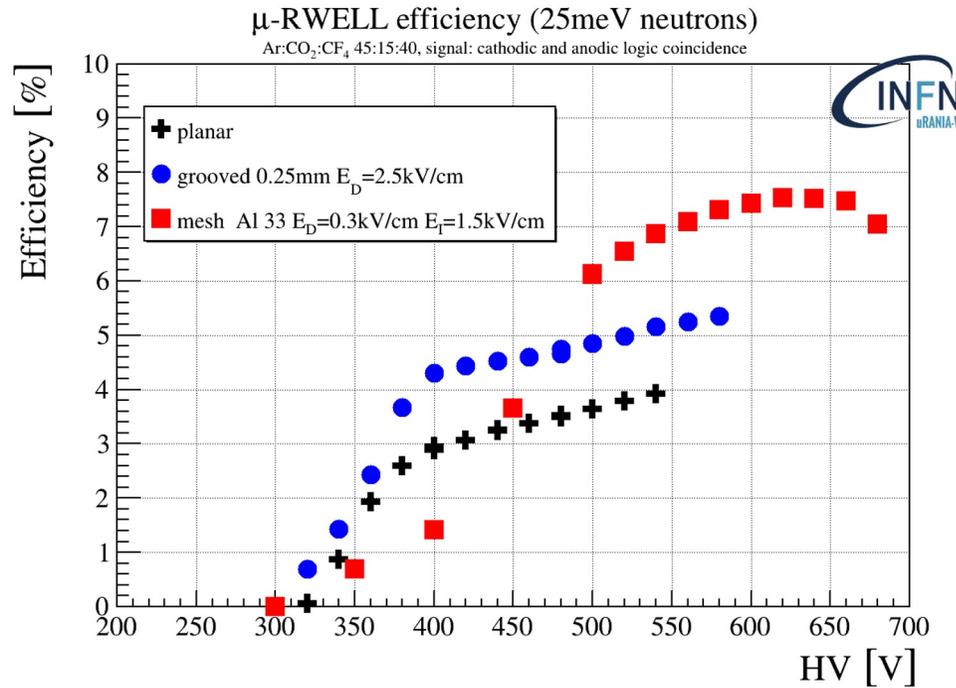
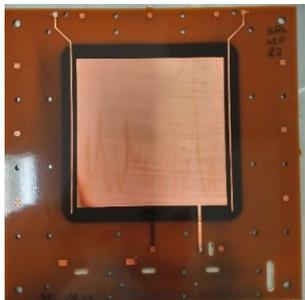
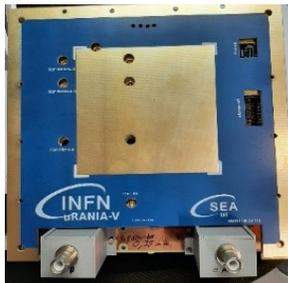
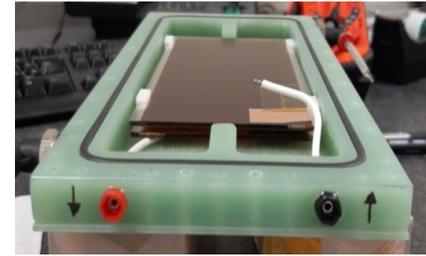
LNF (1.15 FTE) - Ferrara (1.05 - FTE)



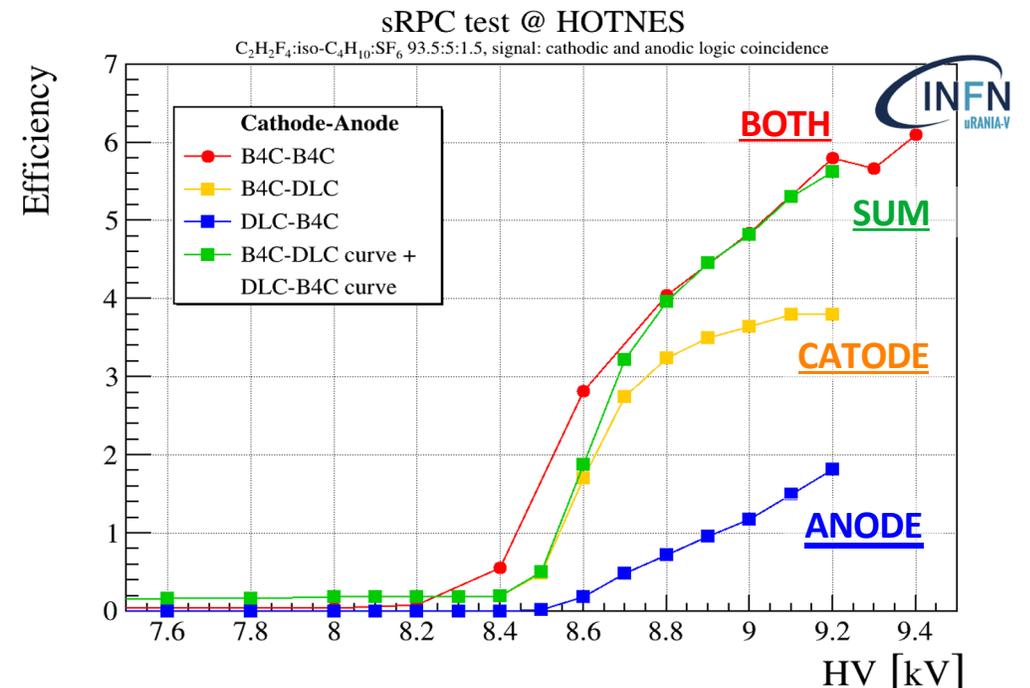
uRANIA-V

GOAL: development of thermal neutron detectors based on Resistive-Gaseous Devices (uRWELL & sRPC) for applications in homeland security

Project duration: 2021 - 2023



The μ -RWELL with suitable ¹⁰B4C converters allows to achieve a neutron detection efficiency in the range 4 ÷ 8%

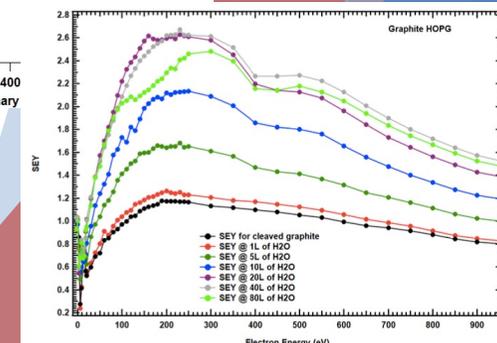
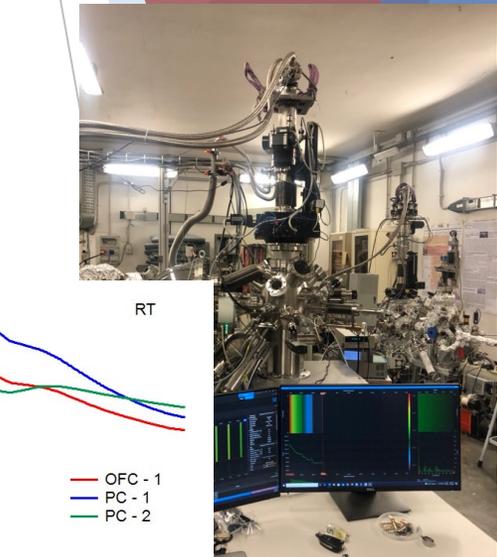
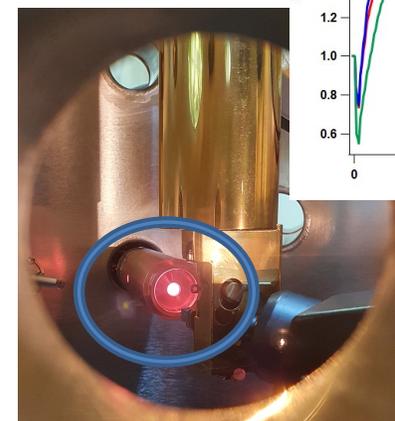
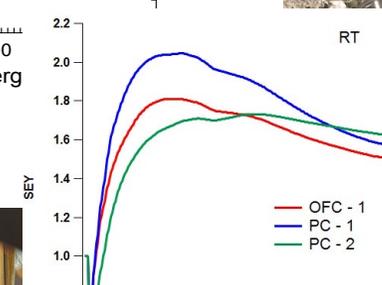
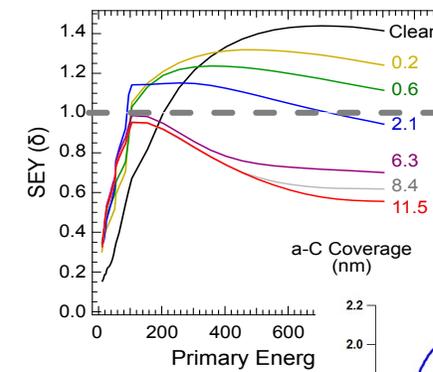
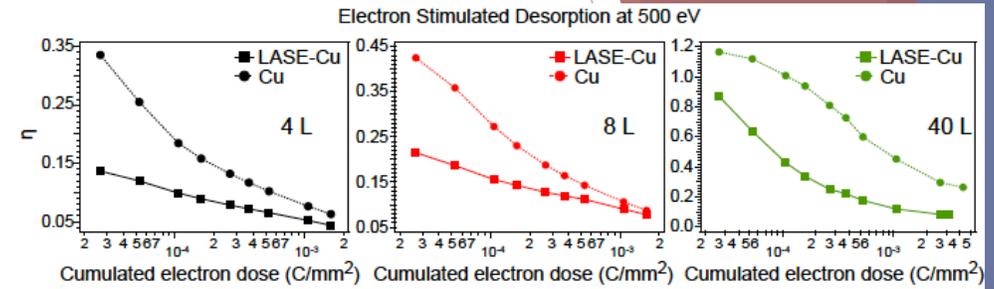


The sRPC with different ¹⁰B4C layouts allows to achieve a neutron detection efficiency in the range 4 ÷ 6%



WP	TITLE	UNITS INVOLVED	RESPONSIBLE
WP1	Comparative study and characterization of stimulated desorption induced by electrons and photons.	LNF-INFN CERN	M. Angelucci & L. Spallino
WP4	LHCspin: Validation of the surface properties of the accumulation cell with atomic Hydrogen.	CERN LNF-INFN	P. Di Nezza & M. Angelucci

LNF-INFN
Na-INFN
Roma1-INFN
CERN



Attività e Risultati @LNF

- Upgrade strumentazione:
 - Acquisizione sistema multifunzione con diverse tecniche complementari a disposizione per studi combinati di XPS, SEY, ESD, su materiali di interesse
 - Acquisizione sorgente di idrogeno atomico per studi di interazione con superfici e coatings
- Risultati:
 - Studio di a-C coating
 - Caratterizzazione di campioni porosi (LIPSS) tramite misure SEY a RT e LT in collaborazione con gruppo Na-INFN
 - Caratterizzazione di Elettrodesorbimento a LT
 - Misure SEY su H₂O criosorbita su differenti superfici



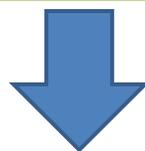
- Organizzazione conferenza Ecloud'22



- Conferenze:
 - Disseminazione dei risultati attraverso più di 15 talk/poster a diverse conferenze (IPAC21, FCCWEEK21, ecloud'22, AIV, SIF22 ...)

FTE (3.1 tot): R. Cimino (50%, Resp. Loc.), M. Angelucci (50%), L. Spallino (50%), P. di Nezza (10%), R. Larciprete (100%), A. Balerna (20%), A. Liedl (20%), S. Bini (10%), F. Cioeta (10%), M. Zobov (10%)

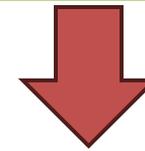
Studio di materiali e coating per la mitigazione di 'Electron Cloud'



INFN / DOE MoU - SoW

Caratterizzazione di superfici con differenti coatings ai LNF

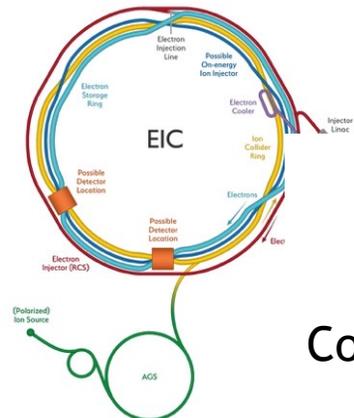
Costruzione e rilascio di un sistema per misure di Secondary electron Yield



Et-Italia @ LNF (Gr2)

Studi di superficie legati al vuoto criogenico nelle torri di ET

Mitigazione di carica elettrostatica di materiali isolanti per gli specchi di ET



Improve Materials Performances with Advanced Coatings Technologies

Proposal 2022-2023 [LNF +RM1]

- The goal of this project is to enhance the properties of strategic materials like copper or niobium using advanced coatings technology for the new accelerator. The proposal is based on the experience gained within **NUCLEAAR and TERA projects** [5th National Committee].

Thin film of transition metals oxides are used to:

- *Enhance properties of high power RF-cavities made by oxygen free copper*
- *Improve the emission properties of photo-anode in state of the art seeded FELs.*
- *Coat high entropy alloys: a new class of materials for the space applications.*

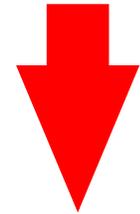
Milestones 2022:

Ott. 2022 Characterization of different disordered, ordered and crystalline films deposited on Cu and insulating substrates. **100%**

Dic. 2022 UV-THz spectroscopic characterization at RT (and vs. temperature) of disordered and ordered films deposited on Cu.

Tests of breakdown at high electric field. **100%**

The surface breakdown phenomenon limits the performance of high electric field gradient accelerators.



***Minimize
breakdown
phenomena
using coating
technologies***

Caratterizzazioni dei film di MoO_3 sia quelli cresciuti ai LNF che quelli ottenuti nell'ambito delle collaborazioni nazionali e internazionali.

Evaporazioni dei film su superfici metalliche curve e realizzazione di una seconda struttura completamente chiusa.

Nell'ambito della collaborazione con l'India verranno analizzati i provini di rame impiantati con ioni Ag nei primi 500 nm della superficie, a diverse concentrazioni e si studieranno gli effetti successivi dei trattamenti termici per cercare di capire le proprietà del Cu/Ag prima che si formi la lega e il processo di annealing delle leghe di rame.

Completamento dell'analisi dei dati disponibili sui test di breakdown su rame e su rame ricoperto con diversi film (anche in funzione dell'angolo di incidenza) degli esperimenti di ottica non lineare presso il FEL THz di Osaka e dei test di breakdown a RM1 mediante il laser THz ad alta intensità. Esperimenti di spettroscopia THz non lineare su i film depositati su rame e altri materiali disponibili dalle collaborazioni quali Wo_3/Cu , Wo_3/W , c-BN and CNT, in particolare gli ultimi due per applicazioni di fotocatodi per LINAC, tema di particolare interesse per il gruppo di Cambridge.

A RM1 verranno effettuati anche esperimenti di spettroscopia pump-probe THz ad alta intensità con risoluzione nel dominio dei fs per capire la dinamica temporale delle eccitazioni di plasmoni/polaritoni osservate in questi film sottili (in collaborazione con Ludovic Douillard mediante Low Electron Energy Microscopy per misure di field/photo-emission and plasmon response. Sui materiali disponibili verranno anche effettuati esperimenti criogenici e misure di resistenza superficiale, oltre a misure Raman, XRD, XAS, etc.

Milestones 2023

Mar. 2023 Synthesis of films and exfoliation of single crystals down to monolayer. Structural and electrical characterization using

micro-Raman and transport characterizations of films and flakes. **50%**

Set. 2023 Deposition of films on cylindrically and elliptically shaped substrates and non-linear THz spectroscopy of the deposited films. **50%**

Dic. 2023 Assembly of small RF cavities and design of antennas and couplers for tests. **30%**

IMPACT – 2.9 FTE

Participants LNF 2.3 FTE

- Augusto Marcelli	30%
- Salvatore Macis	30%
- Paola De Padova	30%
- Giancarlo Della Ventura	50%
- Javid S. Rezvani	30%
- Zeinab Ebrahimpour	30%
- Marcello Coreno	20%
- Luigi Faillace	10%
- Bruno Spataro	0%

Participants RM1 0.6 FTE

- Stefano Lupi	30%
- Massimo Petrarca	30%

Collaborazioni

- Cambridge, Nottingham and Cranfield University (signed an agreement with Camerino Univ. for 2 PhD)
- Osaka University
- Seoul National University
- University of Science and Technology of China
- Tor Vergata University (Prof. Ivan Davoli)
- Camerino university
- University of Petroleum and Energy Studies (UPES) Dehradun



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



OSAKA UNIVERSITY



The University of
Nottingham

UNITED KINGDOM · CHINA · MALAYSIA



UNIVERSITY OF
CAMBRIDGE

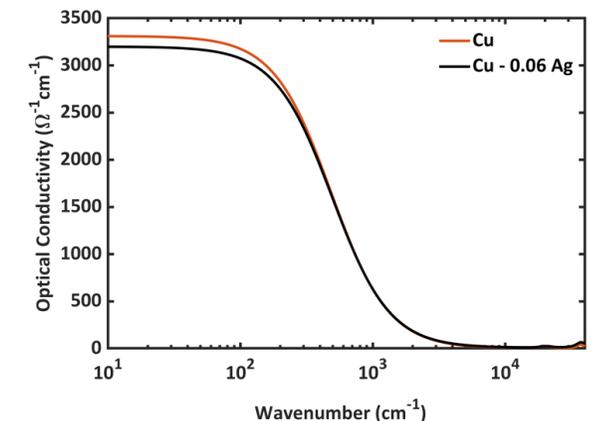


Assembled
cylinder with
internal
MoO₃
coating



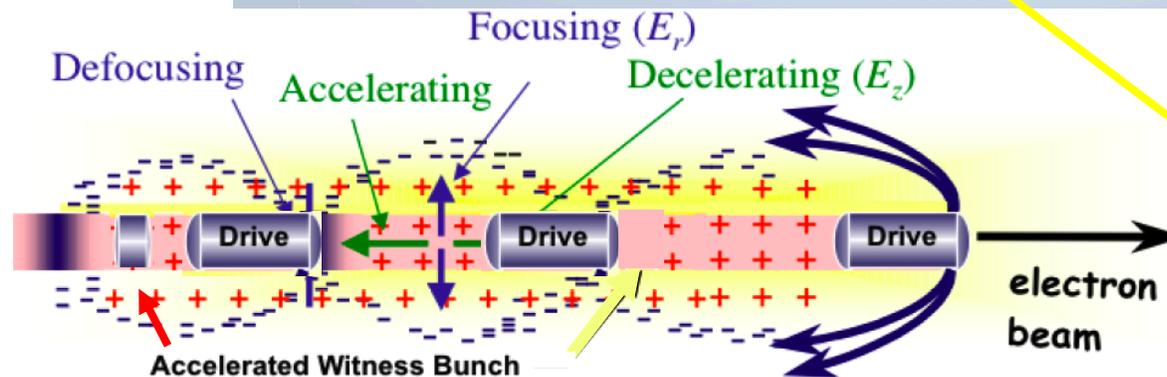
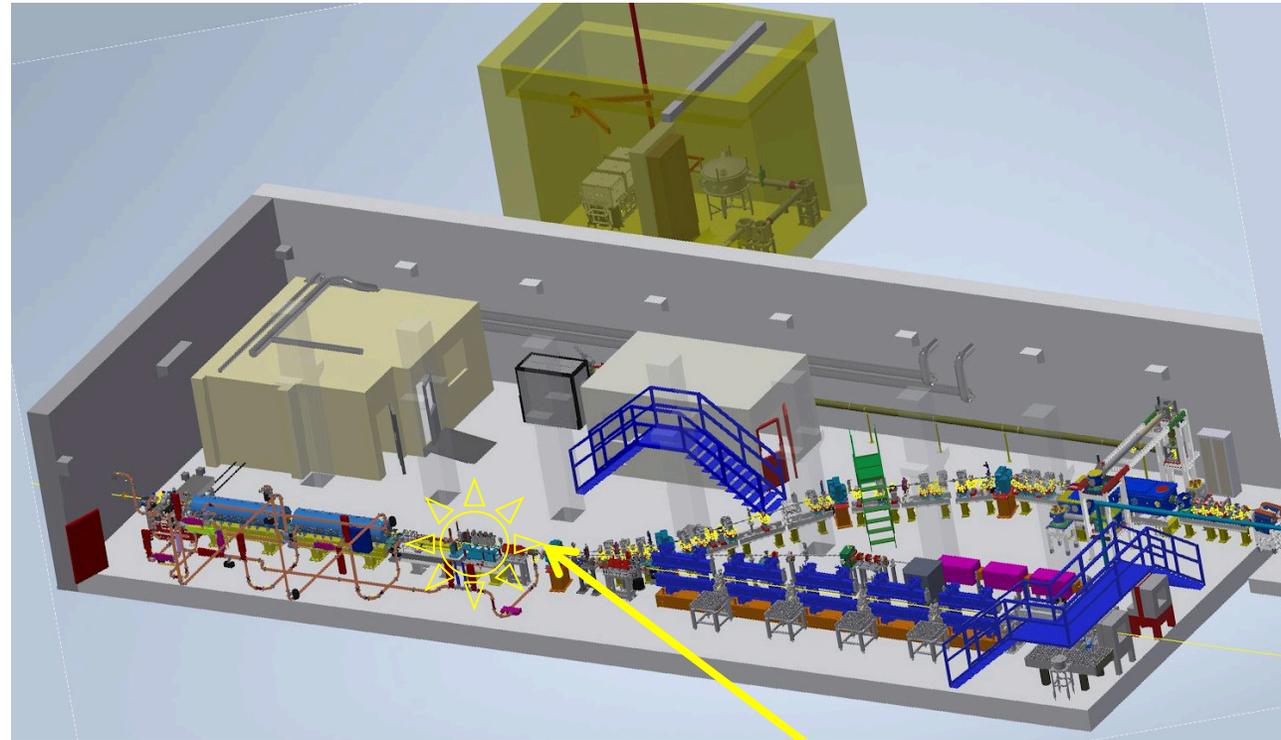
ISIR@Osaka
Facility for THz
irradiation tests

Conductivity tests of
Cu and Cu-Ag alloys
from sub-THz to UV



SPARC_LAB

Sources for Plasma Accelerators and Radiation Compton with Lasers And Beam



**Plasma Wakefield
Acceleration (COMB
beams)**

SL_COMB2FEL

2019 - 2023 Summary of the Activity

Main Activities

Advanced Beam dynamics experiments @ SPARC to show the feasibility of the needed e-beam (High Brightness bunch trains).

Commissioning of the beam-plasma interaction area, Particle wakefield acceleration (PWFA) experiment, plasma lens, study of wakefield from plasma accelerated beams in capillaries.

40cm long capillary – bench and beam measurement @ LNF

GOAL OF THE PROJECT

First experimental observation of the gain growth of a plasma-driven Free Electron Laser both in Self Amplified Spontaneous Emission and (SASE-FEL) and in Seeded configuration

Synergies

EU projects: EuroNNAc, EuPRAXIA

Publications (whole period)

10 papers on peer rev. journals
7 contributions to international IPAC conference

Free-electron lasing with compact beam-driven plasma wakefield accelerator

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04589-1>

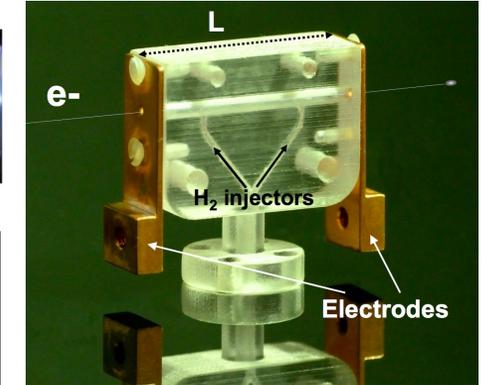
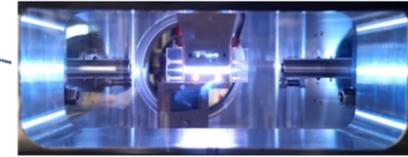
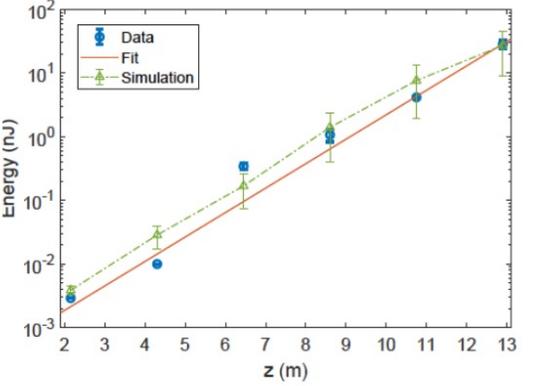
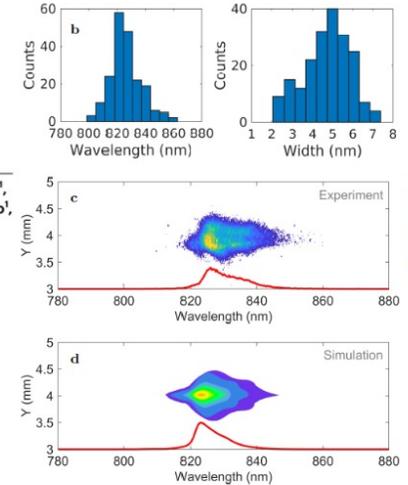
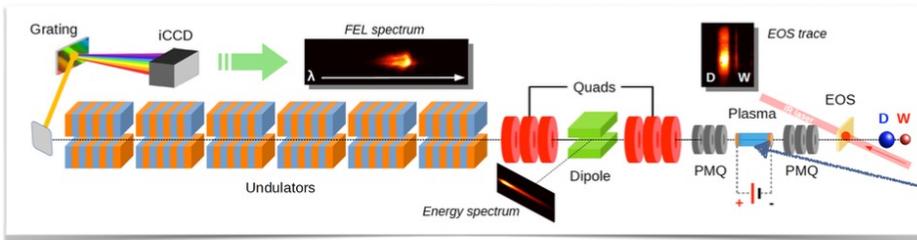
Received: 11 June 2021

Accepted: 25 February 2022

Published online: 25 May 2022

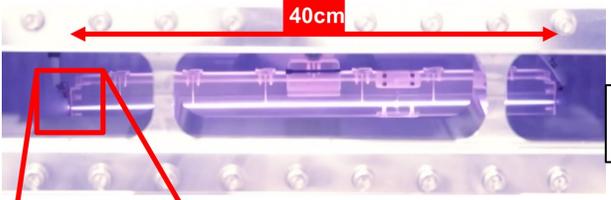
Check for updates

R. Pompil^{1,2,5}, D. Alesini¹, M. P. Anania¹, S. Arjmand¹, M. Behtouei¹, M. Bellaveglia¹, A. Biagioni¹, B. Buonomo¹, F. Cardelli¹, M. Carpanese², E. Chiadroni¹, A. Cianchi^{3,4,5}, G. Costa¹, A. Del Dotto¹, M. Del Giorgio¹, F. Dipace¹, A. Doria², F. Filippi², M. Galletti^{3,4,5}, L. Giannessi¹, A. Giribono¹, P. Iovine⁶, V. Lollo¹, A. Mostacci¹, F. Nguyen⁷, M. Opromolla⁸, E. Di Palma², L. Pellegrino¹, A. Petralia², V. Petrillo⁹, L. Piersanti¹, G. Di Pirro¹, S. Romeo¹, A. R. Rossi⁹, J. Scifo¹, A. Selce², V. Shpakov¹, A. Stella¹, C. Vaccarezza¹, F. Villa¹, A. Zigler^{1,9} & M. Ferrario¹



3cm long capillary as accelerating and focusing device **separately**

40cm long capillary



Comunicati stampa

01 LUGLIO 2021
ET ED EUPRAXIA CON L'ITALIA CAPOFILIA ENTRANO NELLA ROADMAP DI ESFRI



INFN Newsletter

Rassegna Stampa

*THANKS FOR
YOUR
ATTENTION*

