

# Preventivi 2024 Gruppo 5 - Sezione di Catania

## Francesco Romano

|                 |                  |                             |                    |                     |
|-----------------|------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| ▪ GEANT4INFN    | RL: E. Amato     | <i>nuova proposta</i>       | <i>(2024-2026)</i> |                     |
| ▪ IMAND2        | RL: L. Torrisi   | <i>nuova proposta</i>       | <i>(2024-2025)</i> |                     |
| ▪ MIRO          | RL: M. De Napoli | <i>nuova proposta</i>       | <i>(2024-2026)</i> |                     |
| ▪ HIDRA2 (call) | RL: N. Albergo   |                             | <i>(2022-2024)</i> |                     |
| ▪ FRIDA (call)  | RL: F. Romano    |                             | <i>(2022-2024)</i> |                     |
| ▪ FUSION        | RL: A. Trifirò   |                             | <i>(2023-2025)</i> |                     |
| ▪ ionoTRACK     | RL: M. Marrale   |                             | <i>(2023-2025)</i> |                     |
| ▪ nextAIM       | RL: M. Marrale   |                             | <i>(2022-2024)</i> |                     |
| ▪ MC-INFN       | RL: E. Amato     | <i>in chiusura nel 2023</i> |                    |                     |
|                 |                  |                             |                    | <b>Tot ass.: 34</b> |
|                 |                  |                             |                    | <b>Aff.: 14</b>     |
|                 |                  |                             |                    | <b>Tot. FTE: 16</b> |

# PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO (2024-2026)

## GEANT4INFN

**Responsabile nazionale: Luciano Pandola (LNS)**

**Responsabile Locale: Ernesto Amato (CT)**

La simulazione Monte Carlo (MC) dell'interazione radiazione-materia è di fondamentale importanza per la progettazione e l'analisi dei dati per quasi tutti gli esperimenti di interesse per INFN.

GEANT4INFN rappresenta la naturale evoluzione dell'attività del precedente esperimento MC-INFN di CSN5 con l'obiettivo di rafforzare la presenza dell'Ente nella collaborazione internazionale Geant4.

| WP1  |                      |   |
|------|----------------------|---|
| Task | sezioni partecipanti | Descrizione                                       |
| 1.1  | CT, LNS, FE, RM      | Manutenzione e validazione dell'esistente         |
| 1.2  | FE, RM               | Sviluppi e release di modelli originali di kernel |
| 1.3  | CT, FE, RM           | Sviluppo e release di esempi                      |

| WP3  |                      |  |
|------|----------------------|--|
| Task | sezioni partecipanti | Descrizione  |
| 3.1  | LNS, PV, RM1         | Geant4-DNA   |
| 3.2  | CT, LNS, PV          | Microdosimetria: R&D di rivelatori e R&D di esperimenti di radiobiologia   |
| 3.3  | PV, CT, RM1          | Dosimetria: R&D di sorgenti per terapie non convenzionali, R&D per dosimetria in brachiterapia, R&D di strumenti |

| WP2  |                      |   |
|------|----------------------|---|
| Task | sezioni partecipanti | Descrizione   |
| 2.1  | RM1, ?               | Selezione di una architettura e sviluppo di un algoritmo di <i>Deep Learning</i> generativo                   |
| 2.2  | PG                   | Selezione di una architettura e sviluppo di un algoritmo di <i>Super Resolution</i>                           |
| 2.3  | FE, LNS, PV, RM1     | Codice per emulare una simulazione MC come test dell'algoritmo generativo della M 2.1                         |
| 2.4  | RM1                  | Codice per emulare un modello di interazione nucleare interfacciato con Geant4 usando l'algoritmo della M 2.1 |
| 2.5  | PG                   | Codice per emulare una simulazione ad alta statistica usando l'algoritmo della M 2.2                          |

# Attività previste

- Release di Geant4, contenente le attività di manutenzione, miglioramento e bug fix dei modelli ed esempi di responsabilità dei gruppi INFN.
- Utilizzo del toolkit GEANT4 per simulazioni nel campo della fisica medica (dosimetria, radioterapia, microdosimetria) attraverso lo sviluppo e la manutenzione di alcuni esempi avanzati già inclusi nella distribuzione ufficiale del codice (radioprotezione, eFLASH\_radioterapia, gammaknife), facendo tesoro dell'esperienza maturata nell'uso di codici per simulazioni di sorgenti, dosimetri, linee di trasporto e dosimetria interna per medicina nucleare.
  - Microdosimetria: R&S di rivelatori e R&S di esperimenti di radiobiologia
  - Implementazione accurata dello spettro di emissione di elettroni dall'ElectronFLASH LINAC
  - Validazione della simulazione mediante confronto delle distribuzioni di dose simulate con quelle misurate (per la successiva implementazione di codice convalidato nell'esempio avanzato di eFLASH\_radioterapia)
  - Simulazione di dosimetri di riferimento per misurazioni di fasci FLASH (elettroni e protoni) e validazione con dati acquisiti



# Attività previste

- Estensione dell'esempio Advanced «Internaldosimetry» per dosimetria interna:
  - modello ellissoidale per la dosimetria di un singolo target con radionuclidi.
  - modello a voxel per il calcolo dei voxel S-values.
  - modello a shell per il calcolo dei dose point kernels.
- Verrà definito il modello più idoneo alla descrizione dell'Internal Bremsstrahlung per l' $^{90}\text{Y}$ , con l'obiettivo finale di aggiornare GEANT4 alla luce dello spettro IB acquisito.
  - Definizione del setup sperimentale per la misura spettroscopica di IB per  $^{90}\text{Y}$ , attraverso simulazioni di Montecarlo
  - Sviluppo del setup sperimentale attraverso prove preliminari per la validazione dei parametri di geometria e simulazione.
  - Misura spettroscopica dell'Internal Bremsstrahlung per l' $^{90}\text{Y}$  e inclusione dell'emissione IB nel modulo RadioactiveDecay di GEANT4

# MILESTONES

2024

- Studio simulativo per l'ottimizzazione del setup sperimentale per la misura spettroscopica dell'IB per il radionuclide di interesse clinico  $^{90}\text{Y}$ ;
- definizione del modello teorico che descrive l'IB.

2025

- Realizzazione del setup sperimentale e primi test di misura

2026

- Misura dello spettro IB per  $^{90}\text{Y}$ ;
- Rivisitazione del modello di IB, in particolare per il  $^{90}\text{Y}$ , alla luce dei risultati delle misure sperimentali

|     |    |            |   |   |
|-----|----|------------|---|---|
| 1   | CT | Missioni   | partecipazione al Geant4 Collaboration Meeting per presentare le attività svolte nell'ambito del progetto per la nuova release*   | 4 |
| 3.3 | CT | Consumo    | Alluminio, acciaio inox, livella laser, etc. per la realizzazione del setup sperimentale  | 2 |
|     |    |            | (EBT3, EBT3 XD) per misure di distribuzione di dose per validazione simulazione   | 3 |
|     |    |            | Supporti per irraggiamento dei dosimetri  | 2 |
| 3.3 | CT | Missioni   | Run sperimentale presso ElectronFLASH Pisa e per misure di distribuzioni di dose con protoni  | 7 |
| 3.3 | CT | Consumo    | Alluminio, acciaio inox, assorbitori a basso Z, piombo per schermatura, etc. per il completamento del setup sperimentale<br>Pellicole radiocromiche per monitoraggio radiazione | 5 |
| 3.3 | CT | Inventario | Magnete deflettore, HV power supply 10 kV, Sorgenti di 90Y  | 6 |
|     |    |            |   |   |
| 3.3 | CT | Inventario | Sorgenti di 90Y   | 2 |

TOT: 31 keuro

## ANAGRAFICA

|                    |      |                     |     |
|--------------------|------|---------------------|-----|
| ▪ AMATO Ernesto    | PA   | responsabile locale | 60% |
| ▪ ITALIANO Antonio | Ric. |                     | 50% |
| ▪ ROMANO Francesco | Ric. |                     | 0*  |

TOT: 1.1 FTE

\* + 25% da sinergia con progetto PNRR centro nazionale HPC per parte di simulazioni MC in ambito medico



# **Innovative **MA**aterials for **N**uclear **D**etectors**

**(IMAND2)**

**2024-2025**

**Responsabile Nazionale: Prof. L. Torrisi**

(Associato INFN, Sezione di Catania, Professore ordinario di Fisica Sperimentale (Fis/01) presso il Dipartimento MIFT dell'Università degli Studi di Messina).

**Resp.le Locale Sezione INFN di Catania: Prof. L. Torrisi**

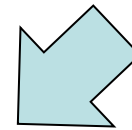
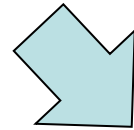
**Scopo:** Lo sviluppo di rivelatori **compatti**, a **basso costo**, leggeri, flessibili, ad **alta velocità di risposta** ed **alta risoluzione in energia**

*Scoperta di materiali innovativi più performanti (materiali a **base di carbonio** ed **eterostrutture ibride**)*

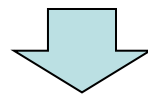
*→ miglioramento le prestazioni dei rivelatori di radiazione in termini di sensibilità e di precisione di misura*

*Sfruttando le proprietà elettroniche del grafene, in particolare la **dipendenza della conducibilità elettrica** da variazioni di **densità di portatori di carica**.*

*→ Progettazione di **transistor ad effetto di campo (GFET)** capaci di rivelare radiazioni ionizzanti grazie alle variazioni indotte nel campo elettrico locale*



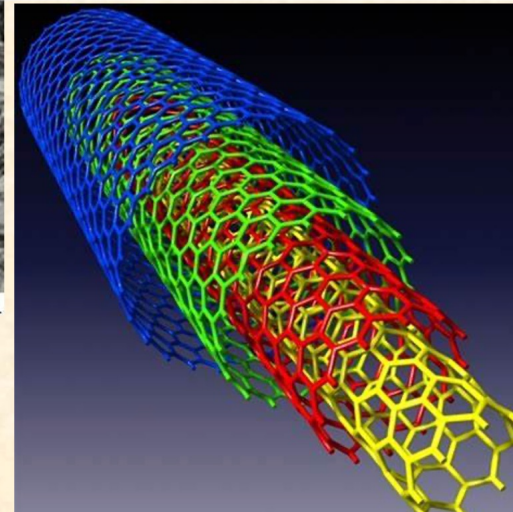
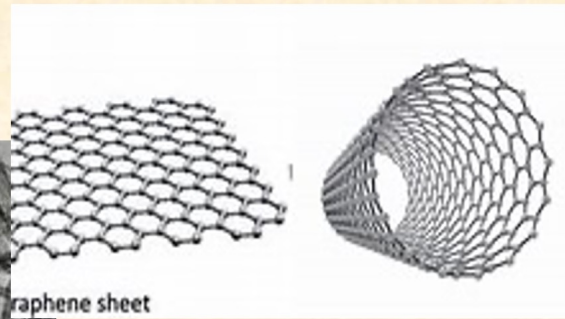
Lo scopo del presente progetto è quello di **ottimizzare le proprietà elettriche e la risoluzione energetica dei GFET** attraverso l'uso di **materiali innovativi**: ossido di grafene (GO) o polidimetilsilossano drogati con nanoparticelle di oro (AuNPs/PDMS), nanotubi o nanoparticelle di carbonio (CNTs or C-dots) o quantum dot di GO (GOQDTs), insieme a semiconduttori a larga gap (ossido di tellurio) e dielettrici (silicio amorfo idrogenato - a-Si:H).



*No raffreddamento (temperatura ambiente) → compatti e portatili*

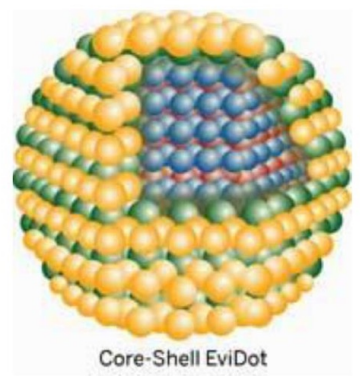
## Carbon Nanotubes (CNT)

$\Phi = 0.4\text{--}40\text{ nm}$   
 $L = 0.1\text{--}100\text{ }\mu\text{m}$

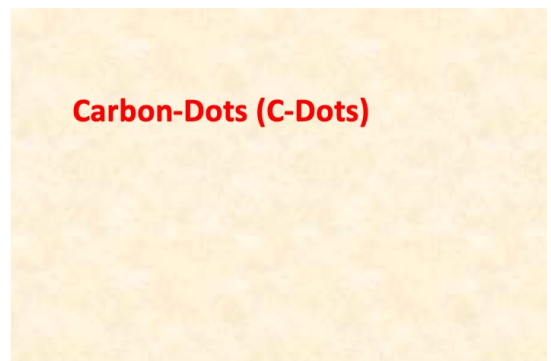


LED  
Photodetectors  
Optical filters

## What is a quantum dot?



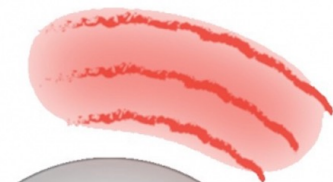
- Nanocrystals
- 2-10 nm diameter
- semiconductors



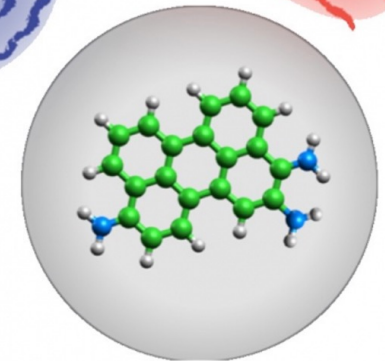
## Carbon-Dots (C-Dots)

Excitation

Emission



CDot





## Sezione Catania:

- Preparazione campioni GO e contatti Ohmici e non Ohmici.
- Analisi di caratterizzazione di materiali (XPS,RBS, ERDA, PIXE, Abs. UV, Vis, NIR, Spettroscopia Raman e FTIR, Misure elettriche I-V, Misure a bassa temperatura in Vuoto, Irraggiamenti laser IR, Vis, UV, Spettrometria di massa)
- Processi di riduzione del GO (Temperatura, fasci di ioni, fasci laser, Raggi X e UV)
- Realizzazione prototipi diodi Schottky e GFET (anche da Graphenea) e misure elettriche relative utilizzando fasci di ioni, elettroni, UV, raggi X e gamma e neutroni).
- Studi su barriere Gp-n e Schottky.
- Test su strutture di rivelazione (Ioni, Raggi gamma?)

| OWNER                | 2024   |    |   |    | 2025  |    |  |    | DELIVERABLES  |
|----------------------|--|----|---|----|---|----|--|----|---|
|                      | Q1   | Q2 | Q3  | Q4 | Q1  | Q2 | Q3   | Q4 |   |
| Sezione CT (Messina) | M1: Realizzazione di strutture Schottky Metallo-GO e loro caratterizzazione elettrica.   |    |   |    | M1: Misure di rivelazione di particelle (UV, X, g; ioni, elettroni e neutroni) con strutture Schottky Presso Messina e CANAM  |    |  |    | D1: Status report (Dicembre 2024)   |
|                      |  |    | M2: Realizzazione di strutture G-FET e loro acquisto dalla Graphenea . Caratterizzazione elettrica delle strutture G-FET. |    |   |    | M2: Misure di rivelazione di particelle e fotoni energetici con strutture G-FET Presso Messina e CANAM |    | D2: Status report, risultati preliminari di studi di rivelazione di radiazioni ionizzanti ad alta energia e pubblicazioni su riviste ISI (Dicembre 2025).         |
| Sezione Lecce        | M1 : Realizzazione e caratterizzazione di film metallici e strati dielettrici a conducibilità differenziata mediante sputtering reattivo a radio-frequenza e loro caratterizzazione per la realizzazione di FET. |    |   |    |   |    |  |    | D1 : Status report ( Dicembre 2024); Realizzazione prime strutture G-FET presso le due sezioni. Pubblicazioni lavori scientifici su riviste ISI ( Dicembre 2024). |
|                      |  |    |   |    | M2 : Misure di rivelazione di UV, X e $\gamma$ con dispositivi a schema FET, con differenti tipi di drogaggio del GO (C-dots, CNTs, ioni impiantati e nanostrutture) e di film dielettrico di gate. |    |  |    | D2 : Status report ( Giugno 2025); Caratterizzazione dispositivi a schema FET, GO-FET ( Giugno 2025).   |



## INFN Sezione CT

**Prof. Lorenzo Torrisi PO(100%) (Resp.le Unità)**

**Prof.ssa Letteria Silipigni PA(70 %)**

**Prof.ssa Lucia Calcagno PO(30 %)**

Tot. FTE: 2,0

(Servizio Tecnologie Avanzate: 1MP)

+Collaboratori:

Dr. A. Torrisi, RTDA, INFN, Bari

Sig. Francesco Librizzi, Tc, INFN SezCT

Dr. Gabriele Salvato Ric., CNR-IPCF, ME

Dr. Gaetano Di Marco, CNR-IPCF, ME

Dr.ssa Barbara Fazio, CNR-IPCF, ME

Dr. Vladimir Havranek, NPI-ASCR, Rez(Prague), CzechRepublic

Dr. Marcin Rosinski, IPPLM, Warsaw, Poland

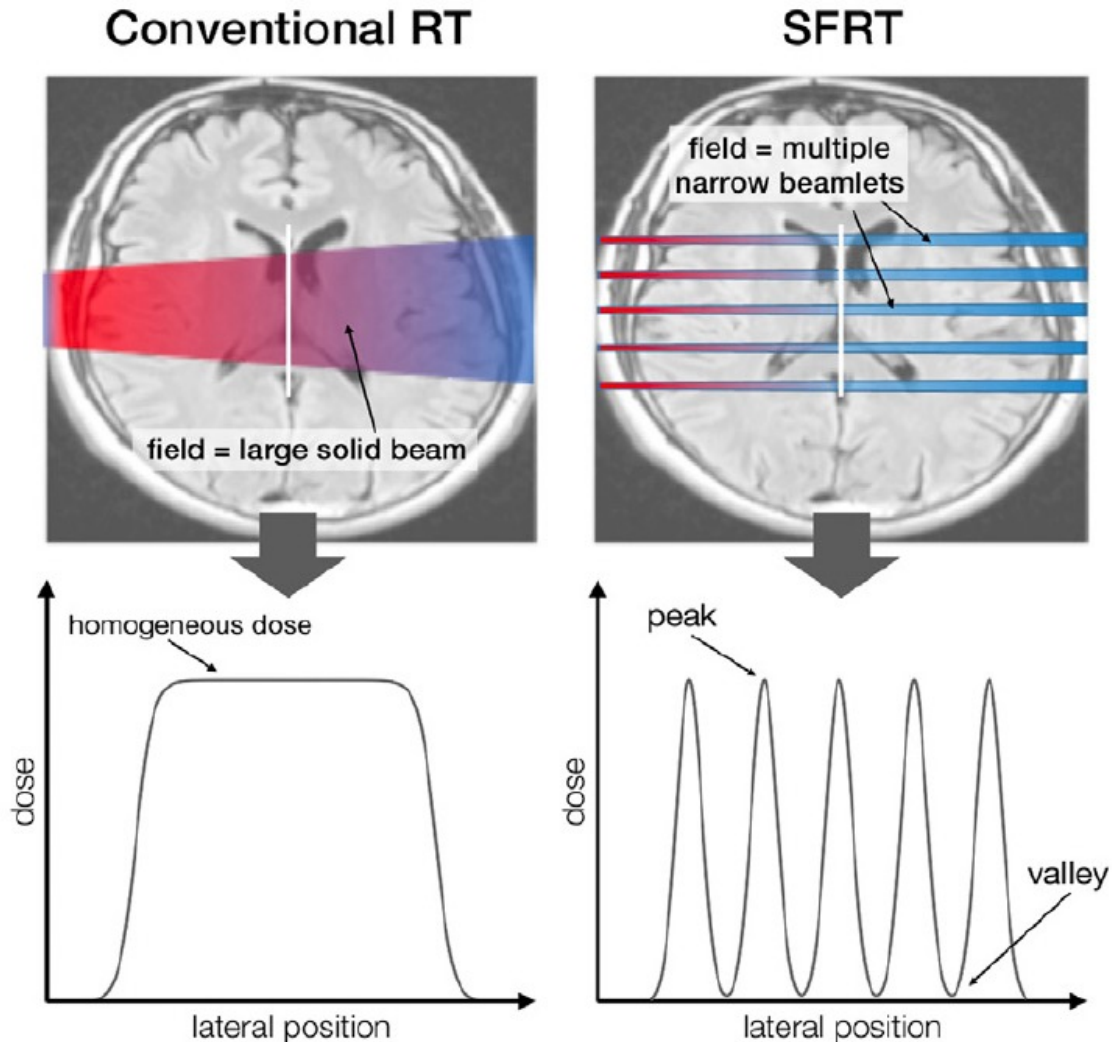
| Missioni Nazionali                    |   | TOTALE       | 2024  | 2025  |
|---------------------------------------|---|--------------|-------|-------|
| Sezione di Catania                    | Viaggi nazionali per collaborazione tra le Università di Messina, Lecce e INFN di Catania e di Lecce  | 3KE          | 1.5KE | 1.5KE |
| <b>TOTALE Missioni Nazionali</b>      |   | <b>3KE</b>   |       |       |
| Missioni Internazionali               |   | TOTALE       | 2024  | 2025  |
| Sezione di Catania                    | Viaggi internazionali per collaborazione con il CANAM (Rep. Ceca).<br>Per turni approvati Aprile 2024 | 4KE          | 2KE   | 2KE   |
| <b>TOTALE Missioni Internazionali</b> |   | <b>4KE</b>   |       |       |
| Inventariabile                        |   | TOTALE       | 2024  | 2025  |
| Sezione di Catania                    | Microscopio ottico Jasco x ATR-FTIR mod 4600 dell'INFN  | 30KE         | 20KE  | 0E    |
| <b>TOTALE Inventariabile</b>          |   | <b>30KE</b>  |       |       |
| Consumabile                           |   | TOTALE       | 2024  | 2025  |
| Sezione di Catania                    | G films   |              | 500   | 0     |
|                                       | GO foils  |              | 1000  | 0     |
|                                       | GO solution   |              | 500   | 0     |
|                                       | CNT   |              | 500   | 0     |
|                                       | Monomero PDMS e curing agent  |              | 500   | 0     |
|                                       | Au  |              | 2000  | 0     |
|                                       | G-FET   |              | 5000  | 5000  |
|                                       | Graphenea   |              |       |       |
| <b>TOTALE Consumabile</b>             |   | <b>15KE</b>  |       |       |
| <b>TOTALE Sezione Catania</b>         |   | <b>52 KE</b> |       |       |



**Responsabili Nazionali:** Fabio Di Martino (PI) & Francesco Romano (CT)  
2024-2026

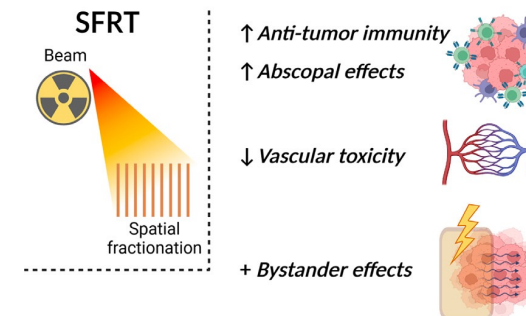
**Responsabile Locale:** Marzio De Napoli

# Spatial Fractionated Radiation Therapy (SFRT)



## Main concepts of SFRT

- Dose is spatially modulated to create alternating regions of high dose, called peaks, and low dose, called valleys, fundamentally contrasting the flat dose profiles used in conventional radiotherapy
- Spatial fractionation of the dose is typically achieved by segmenting the irradiation field into several
- narrow beamlets which are separated by small gaps
- Normal tissue sparing, maintaining same (or superior?) tumor control
- Mainly investigated with pre-clinical studies (mainly protons: first studies by Prezado's group)





**Principal Investigators:** Fabio Di Martino (PI) & Francesco Romano (CT)

Durata: 3 anni

INFN Divisions:

- **CT 2.2**
- **TIFPA 1.95**
- **TO 2.1**
- **RM 2.3**
- **PI 3.35**
- **LNS 1.6**

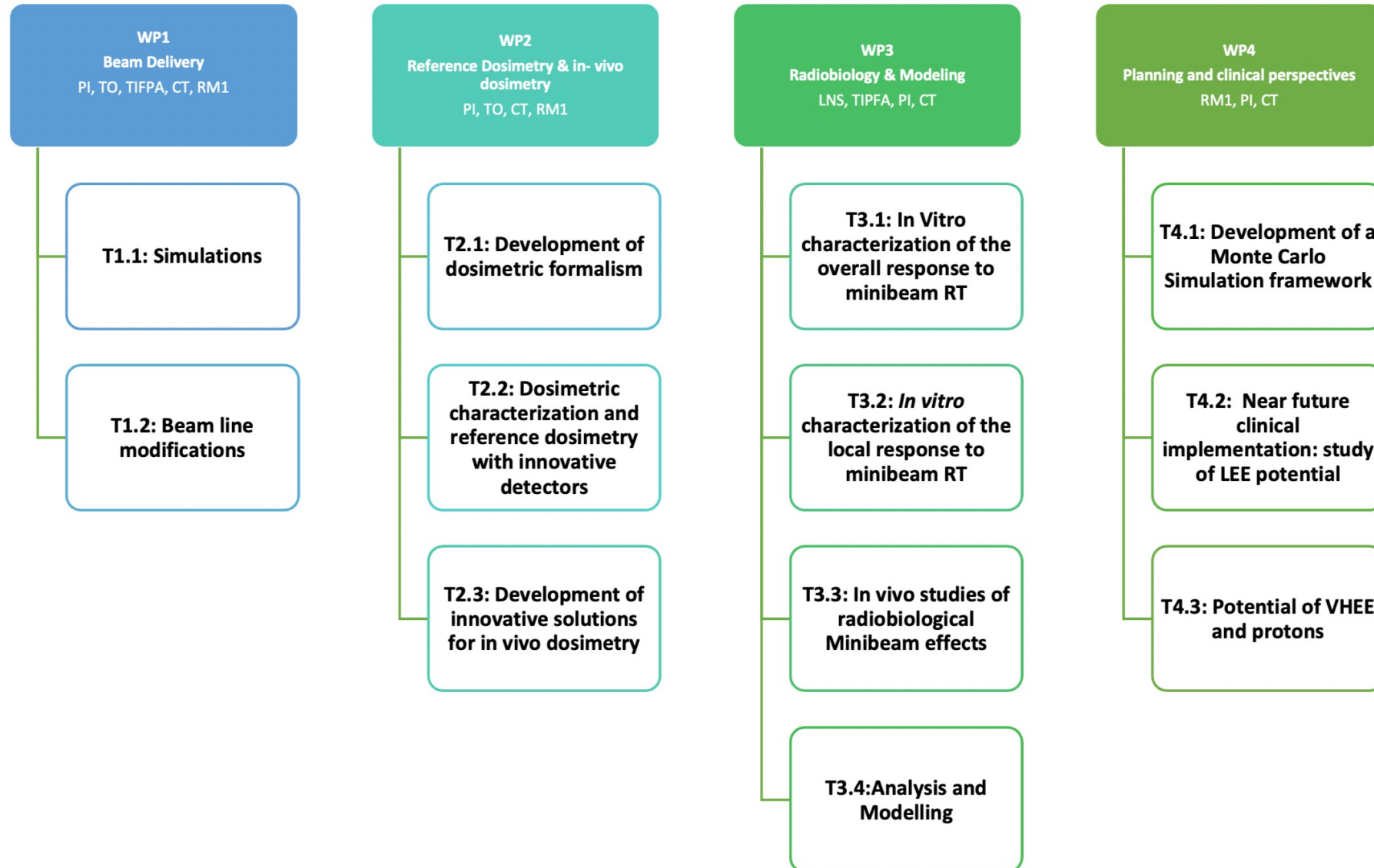
TOTALE= 13.5

## Objectives

- Deliver electron and proton mini-beams
- Investigating the beam parameters to optimize the mini-beam effects with electron and proton beams
- Developing new technologies to real-time and in vivo measuring the fundamental dosimetric parameters at extremely high spatial resolution
- Providing a clear dosimetric protocol for in vitro/ in vivo experiments
- Radiobiological study with different cell lines and end-points and bio-physical investigations
- In vivo experiments with mice/rats
- Modeling of the observed reduced toxicity to normal tissues to investigate the biological/chemical mechanisms
- Investigating new treatment planning approaches for future clinical transition

# MIRO: Minibeam Radiotherapy

(Principal Investigators: Fabio Di Martino – PI, Francesco Romano – CT)



# Activities for Catania unit for 2024

## WP1

Monte Carlo simulations for mini-beam template design and prediction of the dose profiles with electron and proton mini-beams

## WP3

Confocal microscopy on cells exposed to minibeam irradiation with a spatial resolution of about 200- 400 nm, sufficient to distinguish DNA damage foci and other functional sites of the genome

| Task     | Deliverable | Description   | When   | Who                     |
|----------|-------------|---|--------|-------------------------|
| Task 1.1 | D.1.1.1     | Implementation of the basic collimator geometries in the already existing beamlines simulation tools  | 0 - 4  | PI, TO, TIFPA, CT, RO   |
|          | D.1.1.2     | First simulation of different geometries of the collimators. Collimator material, either Tungsten or Brass, septa distance, hole dimension, number of holes and thickness will be studied for all the facilities  | 4 - 8  | PI, TO, TIFPA, CT, RO   |
|          | D.1.1.3     | Systematic analysis of dosimetric impact of the collimator geometries to correlate them with minibeam parameters important for experimental tests. Crosscheck with the preliminary measurements performed by WP2. | 8 - 12 | PI, TO, TIFPA, \ CT, RO |
|          | M1.1        | Simulation campaign completed   | 12     | PI, CT, TO, TIFPA, RO   |
| Task 3.2 | D 3.2.4     | Evaluation of DNA damage in U937 cells as a function of the mini-beam pattern by confocal imaging   | 6-18   | CT                      |

# Activities for Catania unit for 2024

**WP2** Dosimetric experimental characterization of the produced e- minibeam@CPFR and Monte Carlo simulations for microdosimetric spectra evaluations

| Task     | Deliverable    | Description  | When      | Division   |
|----------|----------------|--|-----------|------------|
| Task 2.1 | <b>D 2.1.2</b> | Geant4 Monte Carlo simulations for preliminary microdosimetric spectra evaluation for different beam patterns  | 4-12      | CT         |
|          | <b>D 2.1.3</b> | Study of existing dosimetric protocols in literature   | 0-12      | PI, CT     |
| Task 2.2 | <b>D 2.2.1</b> | Design, assembly and first experimental test of plastic scintillator-based dosimeters (fibers and sheets) for reference dosimetry with low energy e-beams        | 0-12      | PI, CT, RM |
|          | <b>D 2.2.2</b> | Test irradiation with Radiochromic films @ CPFR  | 6-12      | PI,CT      |
|          | <b>D 2.2.3</b> | Average dose measurements with large-area detectors such as ionization chamber and large SiC detectors and comparison with Monte Carlo simulations               | 6-12      | PI, CT     |
|          | <b>D2. 2.5</b> | Feasibility study for 3D dose distribution measurements with 3D gel  | 0-12      | CT, PI     |
|          | <b>D 2.2.6</b> | Feasibility study of ultra thin (0.5 mm) home-made alanine dosimeter sheets for average dose surface measurements for reference dosimetry and, possibly, in vivo | 0-12      | CT         |
|          | <b>M 2.2</b>   | <b>Realization of the first prototypes for reference dosimetry</b>   | <b>12</b> | PI, CT     |
|          | <b>M 2.3</b>   | <b>Dosimetric characterization of e- mini-beams with the first realized dosimeter prototypes @ CPFR</b>  | <b>12</b> | PI, CT     |
|          |                |  |           |            |

# Requests for 2024

|             | Item   | 2024        |
|-------------|--|-------------|
| Consumables | Radiochromic films (EBT3 Unlaminated)  | 1,500.00 €  |
|             | Template for squared alanine dosimeters  | 2,000.00 €  |
|             | Alanine dosimeters   | 500.00 €    |
|             | Gel 3d   | 1,000.00 €  |
|             | Cell culture reagents, plasticware, glassware for confocal microscopy, labeling reagents                     | 2,000.00 €  |
| Equipments  | Linear Stage (PI)  | 3,500.00 €  |
|             | Micro SiC detectors with electronics read-out  | 2,000.00 €  |
|             | Experiment for dosimetric characterization and detector test at TIFPA (Trento) for 2 people for one week     | 500.00 €    |
| Travel      | Experiment for dosimetric characterization for 2 people for one week at CPFR                                 | 1,500.00 €  |
|             | Experiment for dosimetric characterization for 2 people for one week at CPFR to test the developed detectors | 2,000.00 €  |
|             | Experiments @CPFR for radiobiological measurements   | 500.00 €    |
|             | <b>Total</b>   | <b>13K€</b> |



# FTE

|                          |       |            |
|--------------------------|-------|------------|
| Francesco Romano         | Dip   | <b>15%</b> |
| Italiano Antonio Stefano | DIP   | <b>30%</b> |
| Bartolotta Antonio       | ASSOC | <b>40%</b> |
| Mari Cristina D'Oca      | ASSOC | <b>10%</b> |
| De Napoli Marzio         | DIP   | <b>50%</b> |
| Maurizio Marrale         | ASSOC | <b>45%</b> |
| Ernesto Amato            | ASSOC | <b>30%</b> |
| Giuliana Milluzzo        | ASSOC | <b>0%*</b> |
| TOT FTE                  |       | <b>2.2</b> |

- + 1 MP Servizio Tecnologie Avanzate
- + 0.1 Luca Lanzaò da associare nel 2024 se progetto approvato
- + 0.1 Giuliana Milluzzo in sinergia con progetto PNNR ANTHEM

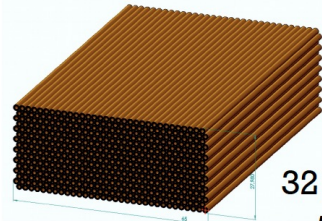
# **HIDRA2**

High Resolution Highly Granular Dual Readout  
Demonstrator

**Responsabile Locale: N. Albergo**

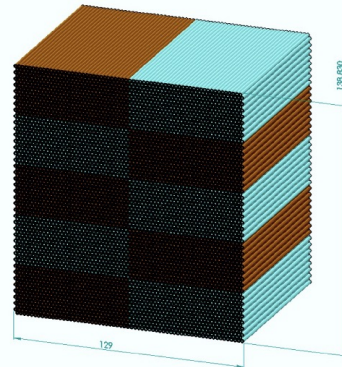
# THE HIDRA PROPOSAL

The Mini-Module

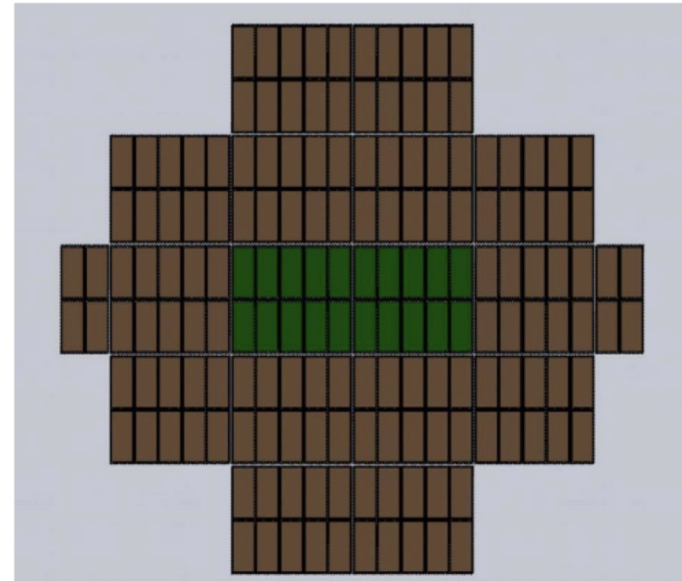


32 x 16 capillaries  
512 fibre

The Module



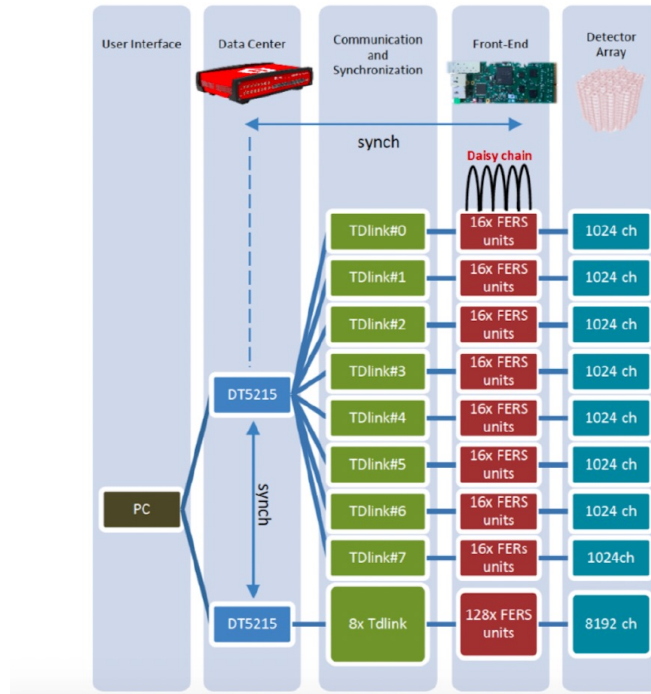
10 Mini-modules  
~ 13 x 13 x 200 cm<sup>3</sup>  
5120 fibre



REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO COSTITUITO DA 16 MODULI 13X13X200 CM<sup>3</sup>  
OGNI FIBRA DEI DUE MODULI CENTRALI LETTA SINGOLARMENTE DA UN SIPM

## Opzione principale (non unica) per il sistema di readout

- The readout of the highly granular module (320 SiPMs) will be based on the Caen FERS system (5200) using 5 readout boards (A5202)



### FERS-system

- FERS unit can be used in standalone or connected to the system
- Up to 16 FERS unit can be connected in daisy chain (FERSnet)
- The FERSnet communicates to the concentrator board DT5215 via TDlink (6.25 Gbit/s) optical link
- A DT5215 houses 8 high-speed optical links (TDLink) to read out up to 8192 channels (SiPMs)
- The DT5215 has an embedded ARM processor (Quad Core) running Linux for data processing / data compression
- The connection to the host PC is performed over a 10 Gbit ethernet
- Further scalability can be reached synchronizing more concentrator boards

Seconda opzione: HDSOC della NALU SCIENTIFIC

Realizzato, installato in laboratorio e operativo

# Richieste

**Work Package 3: Front-end and DAQ development**

WP3 Responsible: Romualdo Santoro

WP3 Contributors: MI, TIFPA, BO, PV, CT

- Attività per EuDAQ

**Work Package 2: Light Sensors**

WP2 Responsible: Massimo Caccia

WP2 Contributors: BO, CT, MI, PV, TIFPA

- Stazione di test per SiPM

| Catania |                      | S. Albergo            | WP<br>2, 3 | Tests of ASICs performances in SiPM readout, SiPM qualification tests |             |          |           |
|---------|----------------------|-----------------------|------------|---|-------------|----------|-----------|
|         |                      |                       |            | 2022  | 2023        | 2024     |           |
| CT      | 2                    | SiPM: Test station    |            | 10  |             |          | inv       |
|         | 2                    | Human resources (AdR) |            |   | 12.5        |          | AdR       |
|         | 2,3                  | meetings              |            | 0.9   | 0.9         | 2        | travel    |
|         | 2,3                  | test beam             |            |   |             | 3        | travel    |
|         | <b>Total Catania</b> |                       |            | <b>10.9</b>   | <b>13.4</b> | <b>5</b> | <b>26</b> |

Test beam prototipo al CERN con e- 100 GeV (--> alcuni SiPM utilizzati)

## Anagrafica

| Nome<        | FTE  |
|--------------|------|
| S. Albergo   | 10%  |
| S Puglia     | 20%  |
| S. Millesoli | 100% |
| F. Tortorici | 10%  |
| R. Persiani* | 0%   |

TOT. FTE: 1.4

\* + 10% da sinergia con progetto PNNR Samothrace  
+ 1 MP per Servizi Elettronica, TA e Officina meccanica  
+ 1 MP Servizio Tecnologie Avanzate e Officina Meccanica (da confermare)

# Open call “FRIDA”

## Flash Radiotherapy with high Dose-rate particle beams

**National Coordinator: Alessio Sarti (INFN-Roma1)**

**Local Coordinator: Francesco Romano (INFN-CT)**

*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Sezione di Catania, Italy*

Consiglio di Sezione, 13 Luglio 2023



# Deliverables



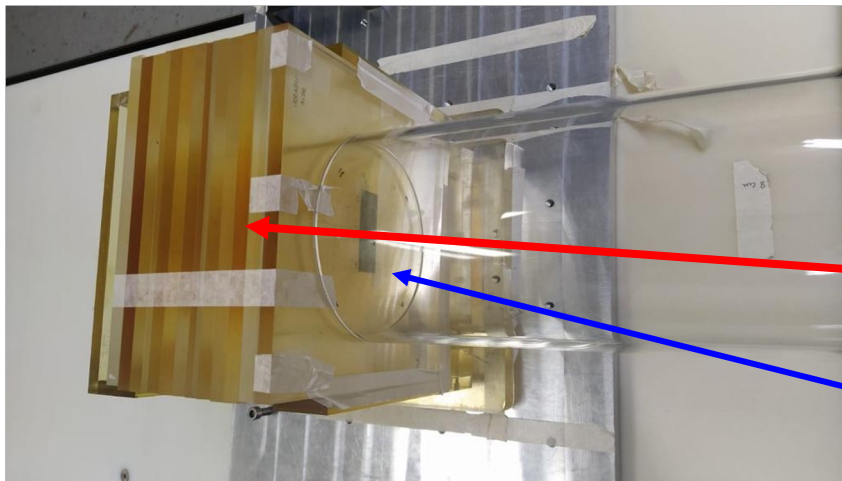
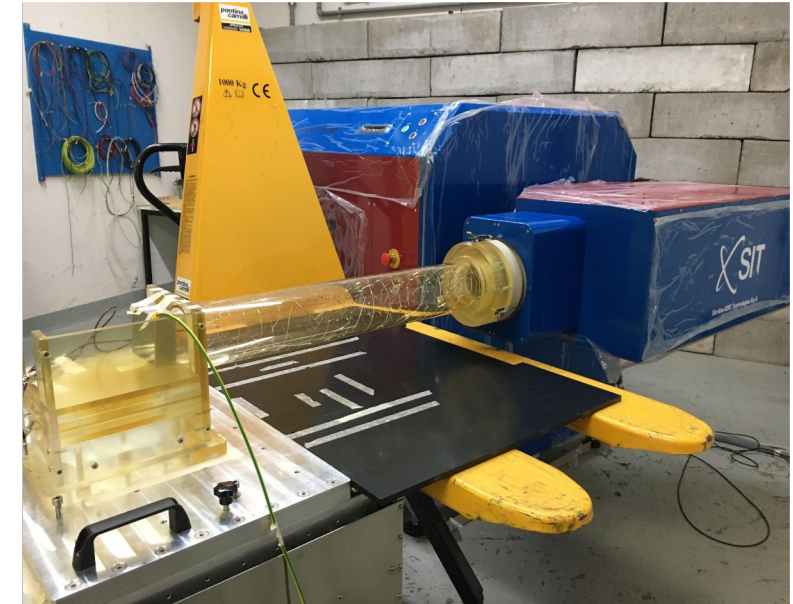
| Deliver | Short name               | Description   | When (M) |
|---------|--------------------------|---|----------|
| D3.1.1  | air fluorescence         | Design, realization and test of air monitoring based detector for electrons   | 16       |
| D3.1.2  | ICB                      | Design, realization and test of an ICT specifically tailored for intense and short proton/ion beams   | 16       |
| D.3.1.3 | Silicon and Diamond      | Tests of silicon/diamond prototypes with proton and electron beams  | 16       |
| D.3.1.4 | SiC                      | "Free standing Membrane" SiC detectors tests with electrons/protons for beam monitoring   | 16       |
| M3.1    | BM R&D end               | Production and test of the first BM prototypes  | 16       |
| D.3.2.1 | Calorimeter              | Portable calorimeter prototype development and characterization with electrons/protons  | 16       |
| D.3.2.2 | Scintillators            | Development and test of scintillator-based dosimeters with RO electronics   | 16       |
| D.3.2.3 | SiC Dosimeters           | SiC detectors optimization and test for relative dosimetry with proton/electron beams   | 16       |
| M3.2    | Dosimeters R&D end       | Production and test of the first dosimeter prototypes   | 16       |
| D3.3.1  | Beam characterization    | Dosimetric characterization of the beams with available BM systems (dual gap chamber, SEM, FC) and reference dosimeters (Faraday cup, alanine, RCF, IC) | 24       |
| D.3.3.2 | Intercomparisons         | Intercomparisons and calibrations of the developed BMs and dosimeters   | 32       |
| D3.3.3  | Guidelines               | Guidelines and recommendations for the monitoring and dosimetry of FLASH beams (what we learnt so far...)   | 36       |
| M3.3    | Prototypes commissioning | BM and Dosimetric systems prototypes commissioning  | 36       |

Thanks to Servizio Tecnologie Avanzate



This work aims at investigating the response of alanine pellets exposed to UHDR electron beams and, in particular, a possible dependence of alanine response on the dose rate for these UHDR beams (dose-rate up to  $10^3$  kGy/s).

- **Electron FLASH at 7 and 9 MeV**
- **Pulse duration: 2-4 us**
- **Dose per pulse: from 0.01-12 Gy**
- **Dose rate during pulse: up to  $\cong 2.6 \cdot 10^3$  kGy/s**

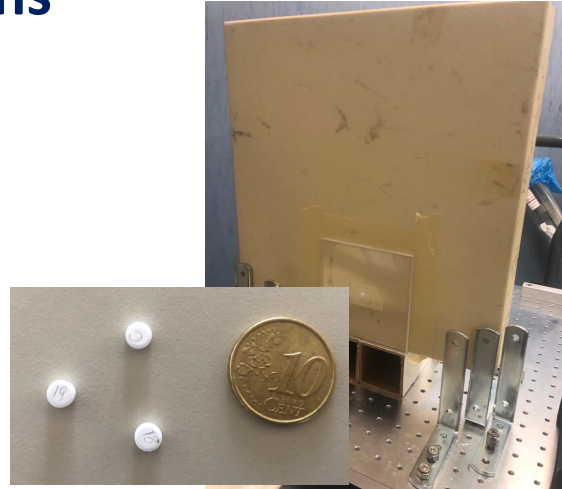


Alanine pellets stacked inside PMMA phantom

Gafchromic film to measure entrance dose

## Experimental conditions

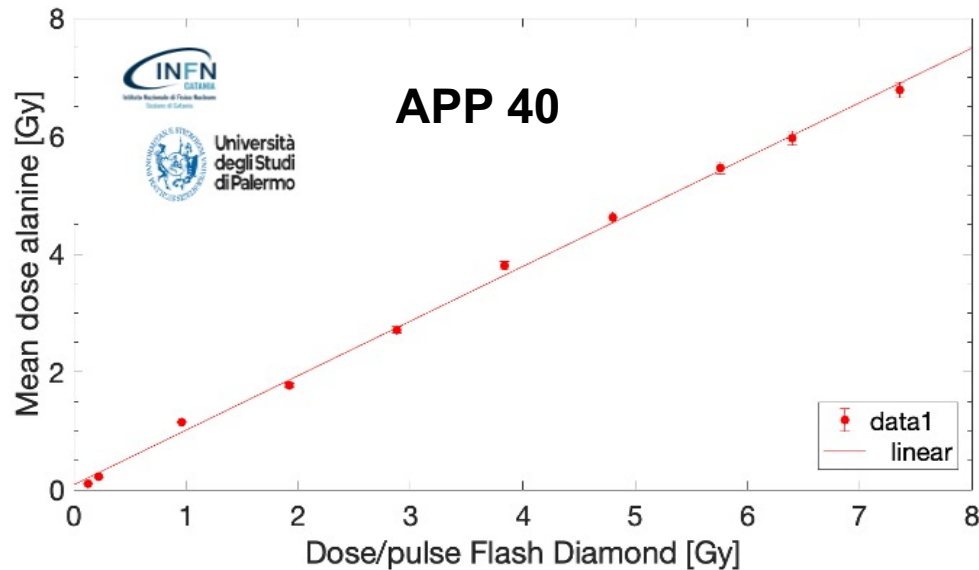
- $E = 9 \text{ MeV}$
- Pulse duration: 0.5-4  $\mu\text{s}$
- Dose per pulse: from 0.1-15 Gy
- Instantaneous dose rates up to MGy/s
- Single alanine detector placed in a phantom at the build-up
- 40-100 mm Applicator



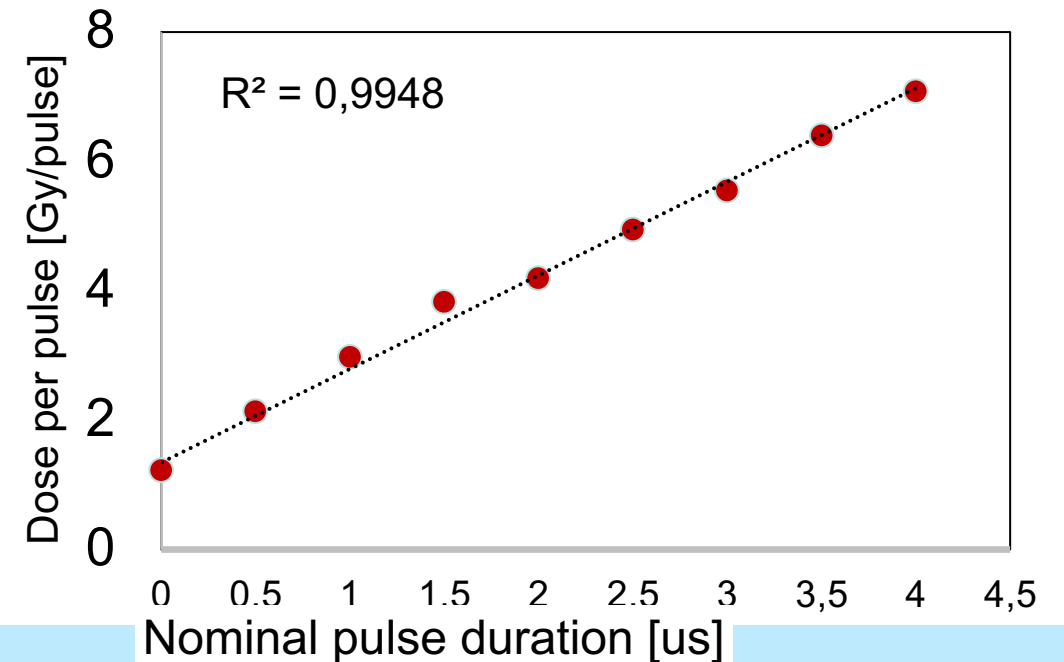
## Measurements

- Comparison of alanine dose response with the reference dosimeter (Flash diamond) varying the DPP (working points) and pulse duration
- Intercomparison of alanine response with the metrology service of NPL

## DPP comparison with FLASH diamond

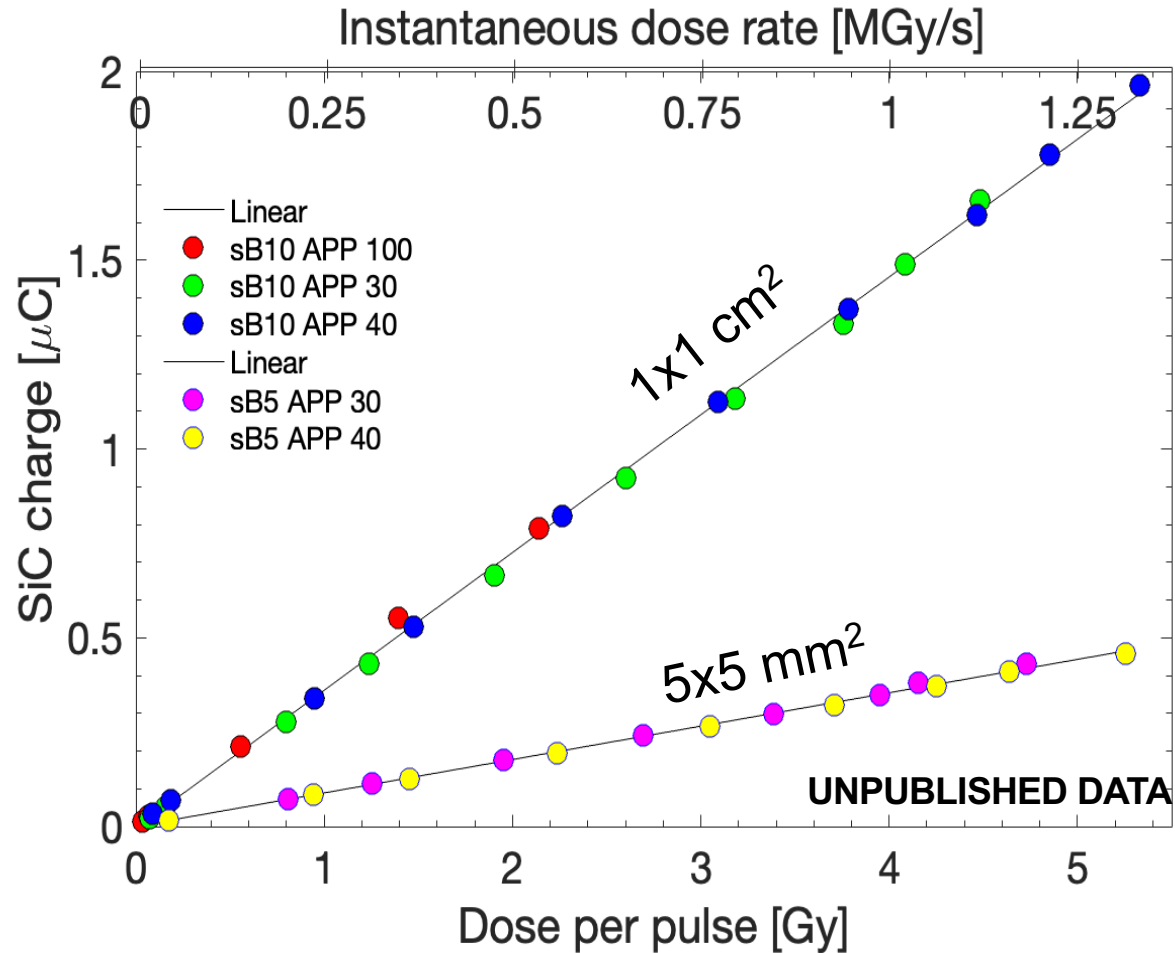


## DPP VS pulse length

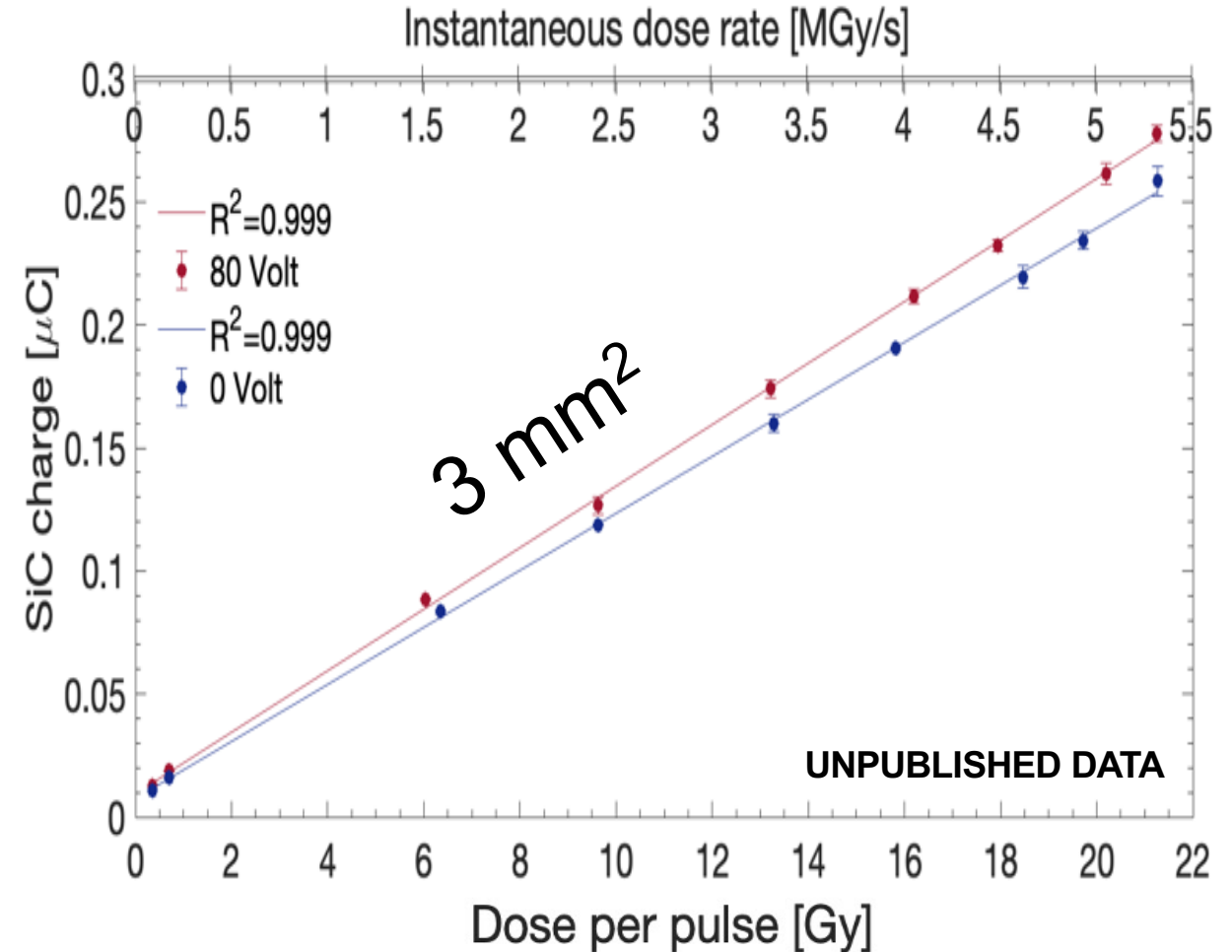


# Independence with the instantaneous dose rate and dose per pulse

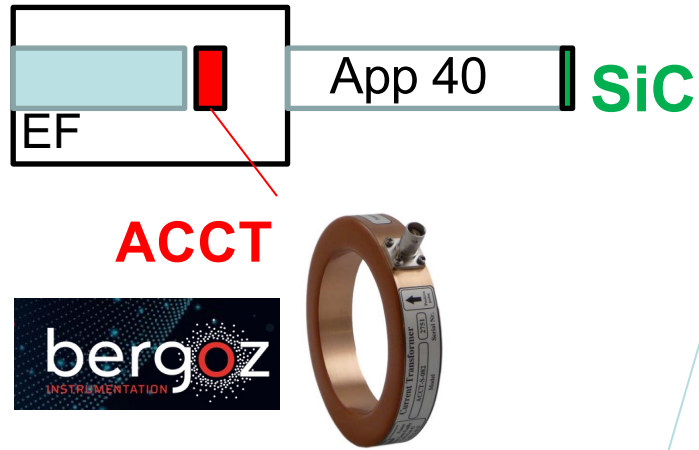
1x1 cm<sup>2</sup>- 5x5 mm<sup>2</sup> Bias Voltage: 200 V



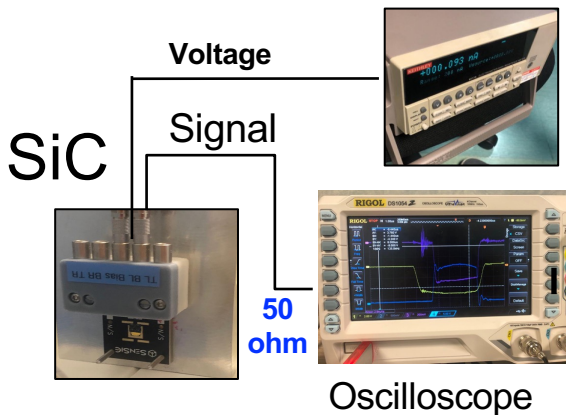
3 mm<sup>2</sup> Bias Voltage: 0-80 V



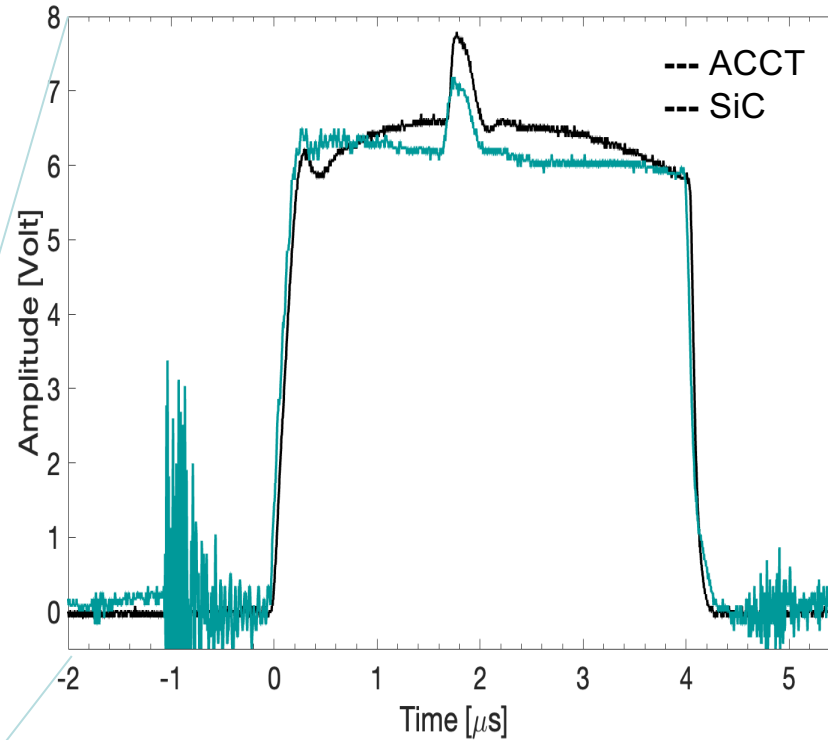
# Real time monitoring of the intra-pulse instantaneous dose rate



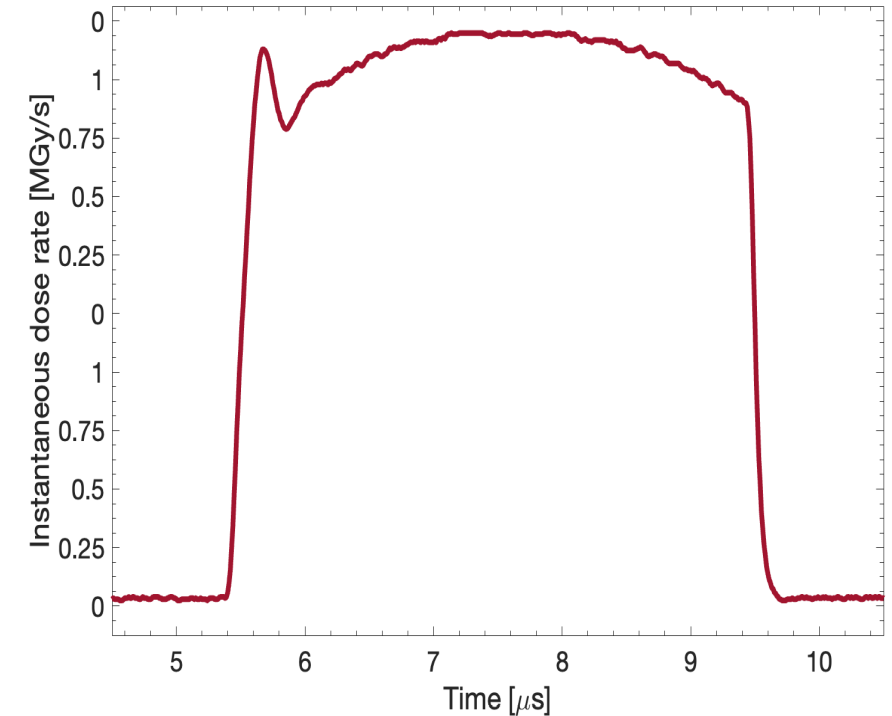
Keithley 6517A



## Single pulse real time current waveform



## Instantaneous dose rate variation at irradiation point

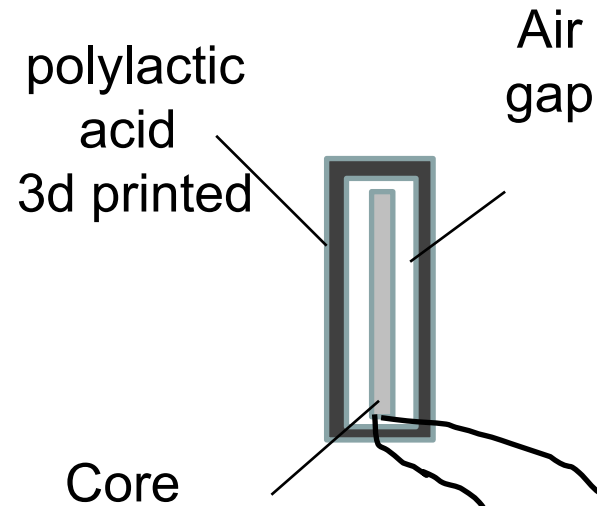
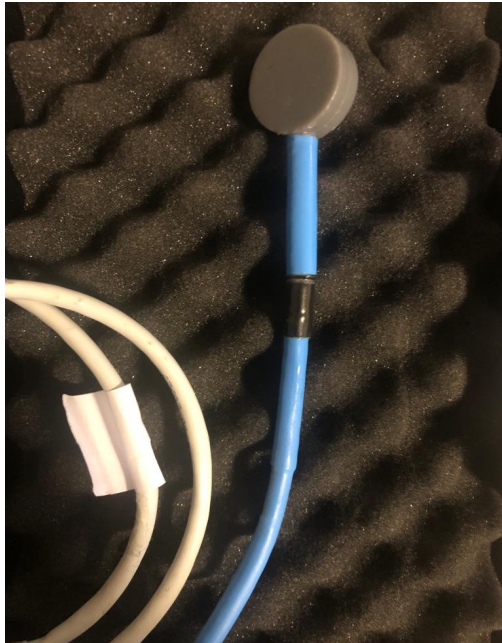


- **Sensitivity** to fast variation in the beam current and energy spectrum during the pulse at the irradiation point
- Provided with the **dose calibration** the SiC detectors measure real-time the intra-pulse instantaneous dose-rate opening the possibility to monitor the single pulse delivery of the dose



# Secondary standard graphite calorimeter for reference dosimetry with UHDR beams

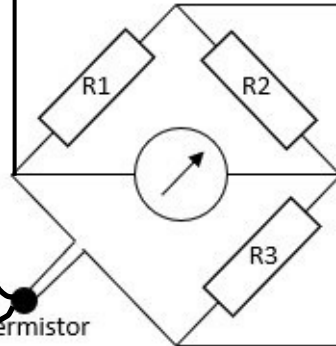
## The "FRIDA-CALO"



### Wheatstone bridge

Keithley/DMM

Voltmeter

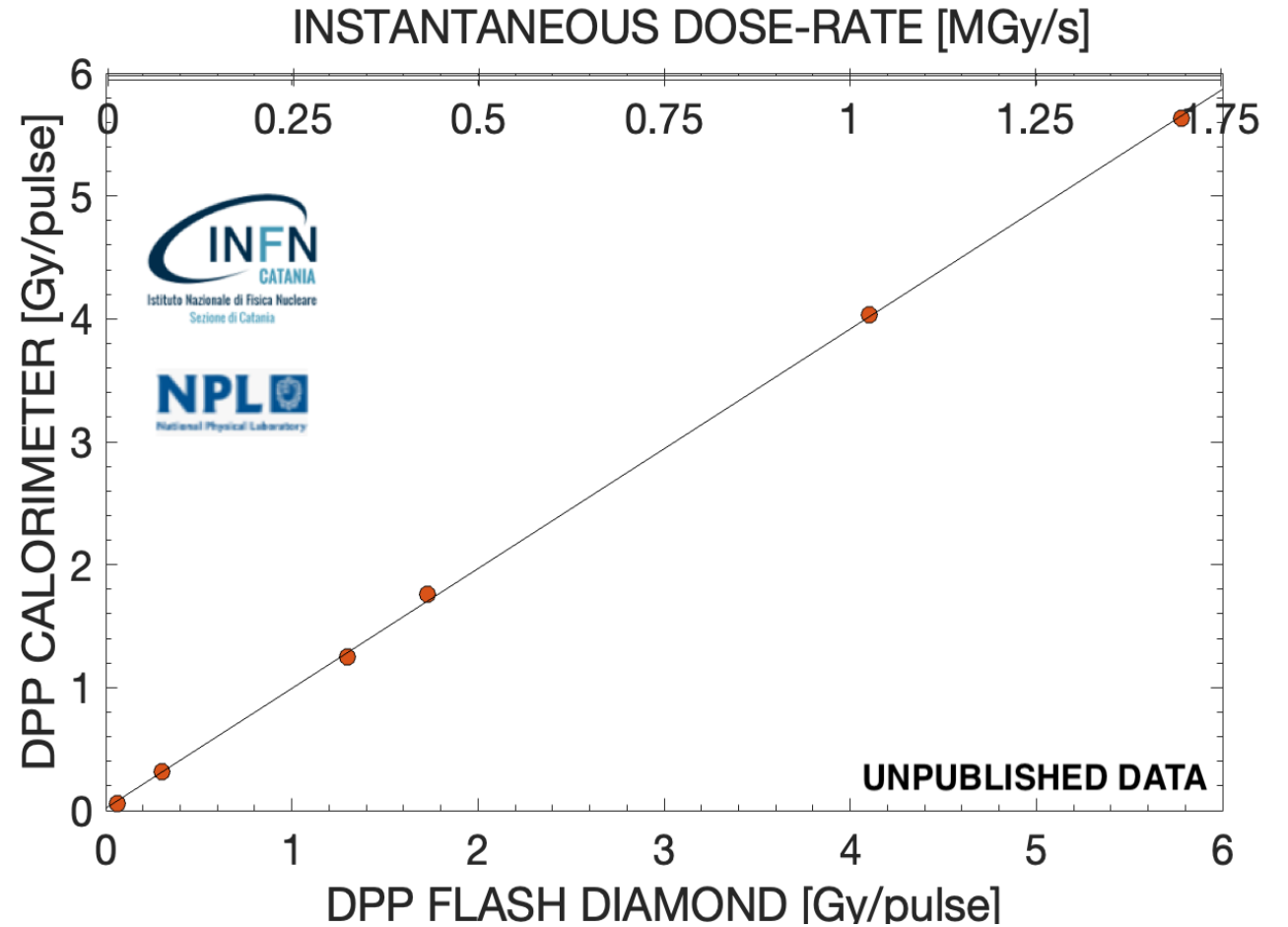
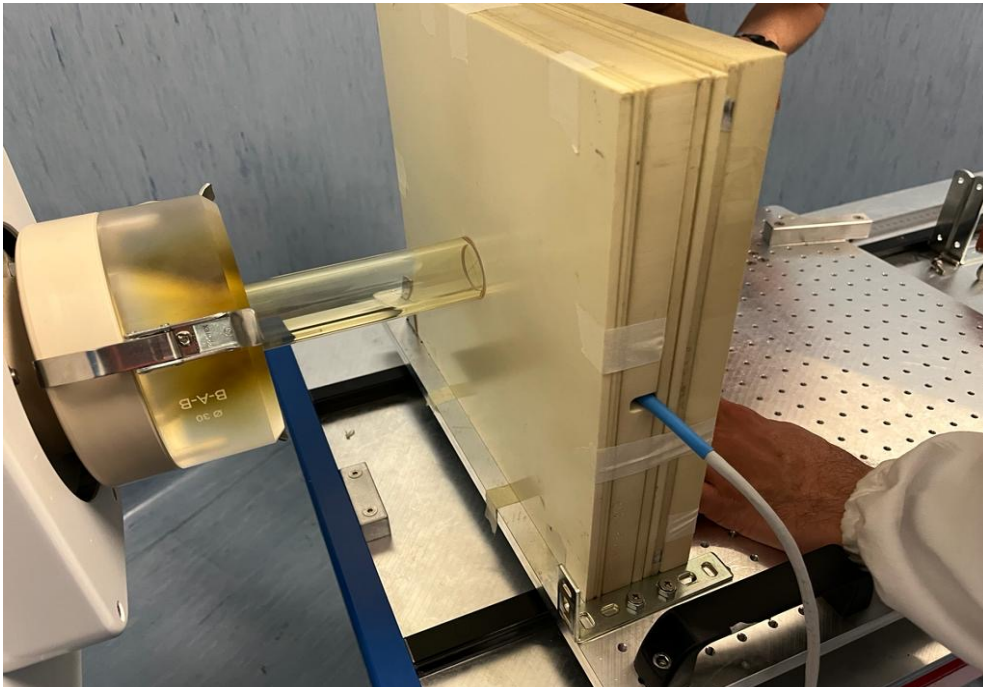


- High accuracy **reference dosimetry** (*active dosimeter*)
- Simple usage and low cost
- 2 mm graphite core
- 1 single thermistor connected to the Wheatstone bridge to measure the temperature increase during the irradiation
- IBA PPC05 ion chamber geometry (same holders)

# First test with UHDR electron beams@CPFR



- $E = 9 \text{ MeV}$
- **Single pulse duration: 4 us**
- **Dose per pulse: from 0.1-6 Gy**
- Average instantaneous dose rates in the single pulse up to **2 MGy/s**



**App 100-40, pulse length= 4 us**

## Publications 2022-2023

1. Romano, F.; Milluzzo, G.; Di Martino, F.; D'Oca, M.C.; Felici, G.; Galante, F.; Gasparini, A.; Mariani, G.; Marrale, M.; Medina, E.; et al. First Characterization of Novel Silicon Carbide Detectors with Ultra-High Dose Rate Electron Beams for FLASH Radiotherapy. *Appl. Sci.* 2023, 13, 2986.
2. Medina E.; Sangregorio E.; Crnjac A.; Romano F.; Milluzzo G.; Vignati A.; Jakšić M.; Calcagno L.; Camarda M. Radiation hardness study of Silicon Carbide sensors under high temperature proton beam irradiations. *Micromachines* 2022, 1, 0.
3. Romano, F.; Bailat, C.; Jorge, P.G.; Lerch, M.L.F.; Darafsheh, A. Ultra-high dose rate dosimetry: Challenges and opportunities for FLASH radiation therapy. *Med. Phys.* 2022, 49, 4912–4932.
4. A. Subiel and F. Romano, Recent developments in absolute dosimetry for FLASH radiotherapy. *Br J Radiol.* 2023 Jun 11:20220560
5. G. Milluzzo et al., Dosimetric characterization of Silicon carbide detectors with UHDR electron beams for FLASH radiotherapy, in preparation

## Thesis

Elettra Castronovo, “Dosimetria tramite Risonanza Paramagnetica Elettronica per fasci di Radioterapia FLASH”, Relatori: Prof. Maurizio Marrale, Dr. Francesco Romano, Dott.ssa Giuliana Milluzzo, A.A. 2021/2022 Università degli Studi di Palermo

C. Okpuwe, CHARACTERIZATION OF NOVEL DETECTORS FOR DOSIMETRY AND MONITORING OF ULTRA-HIGH DOSE RATE BEAMS FOR FLASH RADIOTHERAPY, Relatori: Prof. Luca Lanzaò, Dr Francesco Romano, Dr. Giuliana Milluzzo, AA 2022/2023 Università degli Studi di Catania

# Presentations in international conferences

1. F. Romano, "Instrumentation for FLASH Radiotherapy", Invited talk, 24th International Workshops on Radiation Imaging Detectors (IWORLD), Oslo 25-29 Giugno 2023
2. F. Romano, "Detectors for beam monitoring and dosimetry at ultra-high dose rates for FLASH Radiotherapy", High Precision X-ray Measurements 2023, Laboratori Nazionali di Frascati, 19-23 Giugno 2023,
3. F. Romano, G. Milluzzo "Novel silicon carbide detectors for relative dosimetry in proton FLASH radiotherapy", Particle Therapy Cooperative Group (PTCOG), Madrid 11-16 Giugno 2023 (Poster presentation)
4. G. Milluzzo "Dosimetry and monitoring of UHDR beams with silicon carbide detectors for FLASH radiotherapy", Congresso Nazionale AIFM, 8-11 Giugno 2023
5. G. Milluzzo "A small portable prototype secondary standard calorimeter for FLASH Radiotherapy reference dosimetry with UHDR beams ", Congresso Nazionale AIFM, 8-11 Giugno 2023
6. M. Marrale "Alanine/EPR Dosimetry for Ultra High Dose rate beams used for FLASH Radiotherapy", Congresso Nazionale AIFM, 8-11 Giugno 2023
7. F. Romano "Flash therapy: stato dell'arte e prospettive future", Corso di aggiornamento, Congresso Nazionale AIFM, 8-11 Giugno 2023
8. G. Milluzzo, "Silicon carbide detectors for dosimetry and monitoring of UHDR beams for FLASH radiotherapy " The European *Society* for Radiotherapy and Oncology (ESTRO), Vienna 12-16 Maggio 2023
9. F. Romano, " " Invited talk The European *Society* for Radiotherapy and Oncology (ESTRO), Vienna 12-16 Maggio 2023
10. G. Milluzzo "Characterization of novel ultra-thin Silicon Carbide detectors with ultra-high dose rate electron beams for FLASH radiotherapy", Flash Radiotherapy and Particle Therapy (FPRT), Barcellona, 30 Novembre-2 Dicembre 2022 (Poster presentation)
11. F. Romano : " Flash and mini beams effects: towards a combined approach?", Flash Radiotherapy and Particle Therapy (FPRT), Barcellona, 30 Novembre-2 Dicembre 2022 (Poster presentation)
12. M. Marrale: "Dosimetric characterization of an ultra-high dose rate beam for flash radiotherapy through alanine epr dosimetry " , Flash Radiotherapy and Particle Therapy (FPRT), Barcellona, 30 Novembre-2 Dicembre 2022 (Poster presentation)
13. G. Milluzzo : "Challenges and opportunities of ultra-high dose rate dosimetry for FLASH radiotherapy", 47th Annual meeting of the European Radiation Research Society (ERRS), 21-24 Settembre 2022 (Poster presentation)
14. F. Romano "Dosimetry for FLASH radiotherapy: challenges and recent developments " invited talk ERSS
15. M. Marrale et al., "Could alanine/EPR dosimetry be useful for ultra-high dose rate beams used for FLASH radiotherapy? ", EPRBioDose conference, 2022.
16. F. Romano " " , Scuola Caldirola Pisa Settembre 2022
17. M. D'OCA Alanine/EPR dosimetry for ultra-high dose rate beams used for FLASH radiotherapy , CVIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, September 12th-16th 2022, Milano (Italy) (2022).
18. M. Marrale,, Dosimetric characterization of an ultra-high dose rate beam for flash radiotherapy through alanine epr dosimetry, EPRBiodose2022 Virtual event 28th-30th March 2022 (2022b).



# Milestones and planned activity in 2024

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| 31 dic 2023 | WP3: Production and test on FLASH beams of Beam Monitors and Dosimeters prototypes. | 100 % |
|-------------|---|-------|

|         |                          |   |    |
|---------|--------------------------|---|----|
| D.3.3.2 | Intercomparisons         | Intercomparisons and calibrations of the developed BMs and dosimeters                                     | 32 |
| D3.3.3  | Guidelines               | Guidelines and recommendations for the monitoring and dosimetry of FLASH beams (what we learnt so far...) | 36 |
| M3.3    | Prototypes commissioning | BM and Dosimetric systems prototypes commissioning  | 36 |

- Intercomparison with detectors developed in WP3 with electron UHDR beams @ CPFR
- First experimental characterization of the calorimeter with proton FLASH beam

# Budget requests 2024

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Missioni | Experiment@ CPFR per 2 people                             | 1.5 |
|          | Experiment with FLASH proton beams @ TIFPA for 2 people   | 2.0 |
|          | Experiment with FLASH proton beams @ PARTREC for 2 people | 2.0 |
|          | TOT   | 5.5 |

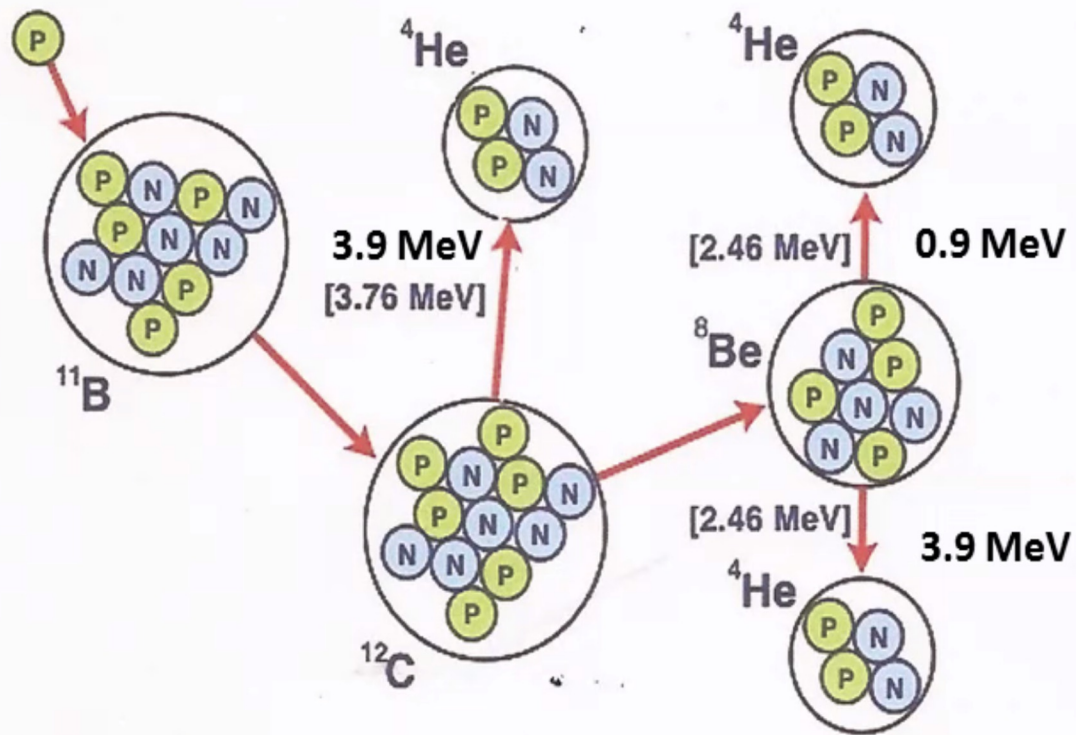
|                         |       |  |                          | <b>FTE<br/>(reali<br/>oggi)</b> |
|-------------------------|-------|--|--------------------------|---------------------------------|
| Amato Ernesto           | ASSOC | Scientifica<br>Ricercatori/Prof..<br>. | Prof.<br>Associato       | <b>10</b>                       |
| D'Oca Maria<br>Cristina | ASSOC | Scientifica<br>Ricercatori/Prof..<br>. | Ricercatore<br>Univer... | <b>80</b>                       |
| Bartolotta              | ASSOC | Scientifica<br>Ricercatori/Prof..<br>. | Ricercatore              | <b>10</b>                       |
| Romano<br>Francesco     | DIP   | Ricercatore                            | Ricercatore              | <b>0*</b>                       |
| <b>TOTALE FTE</b>       |       |  |                          | <b>1</b>                        |

+ 10% da progetto PNNR Samothrace

# FUSION

## p-B11 fusion reaction in plasma for applications

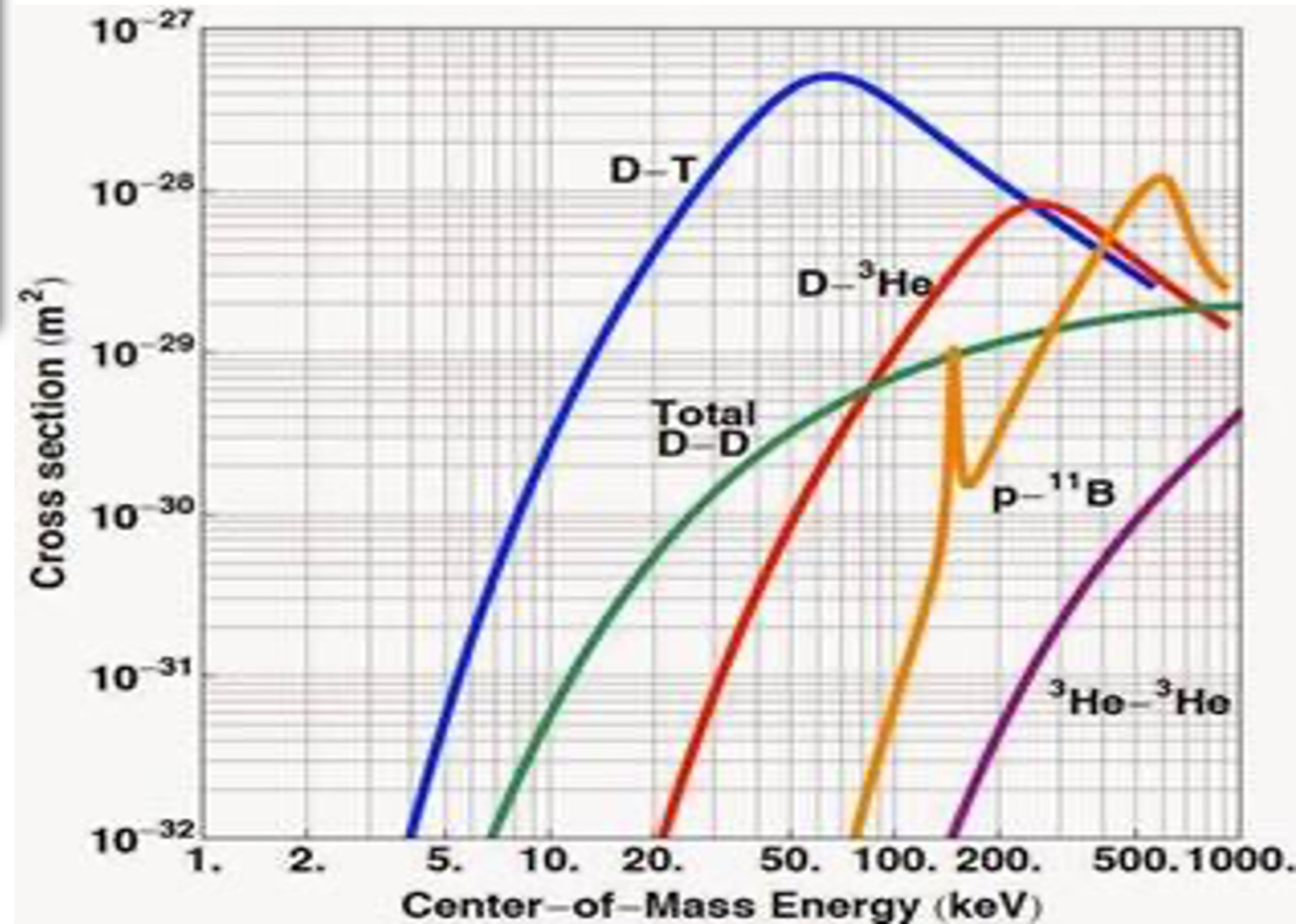
RN.: GA Pablo Cirrone (INFN-LNS) and Fabrizio Consoli (ENEA, Frascati)  
RL: A. Trifirò (INFN-CT)



## Interest in the $p-^{11}\text{B}$ fusion reaction



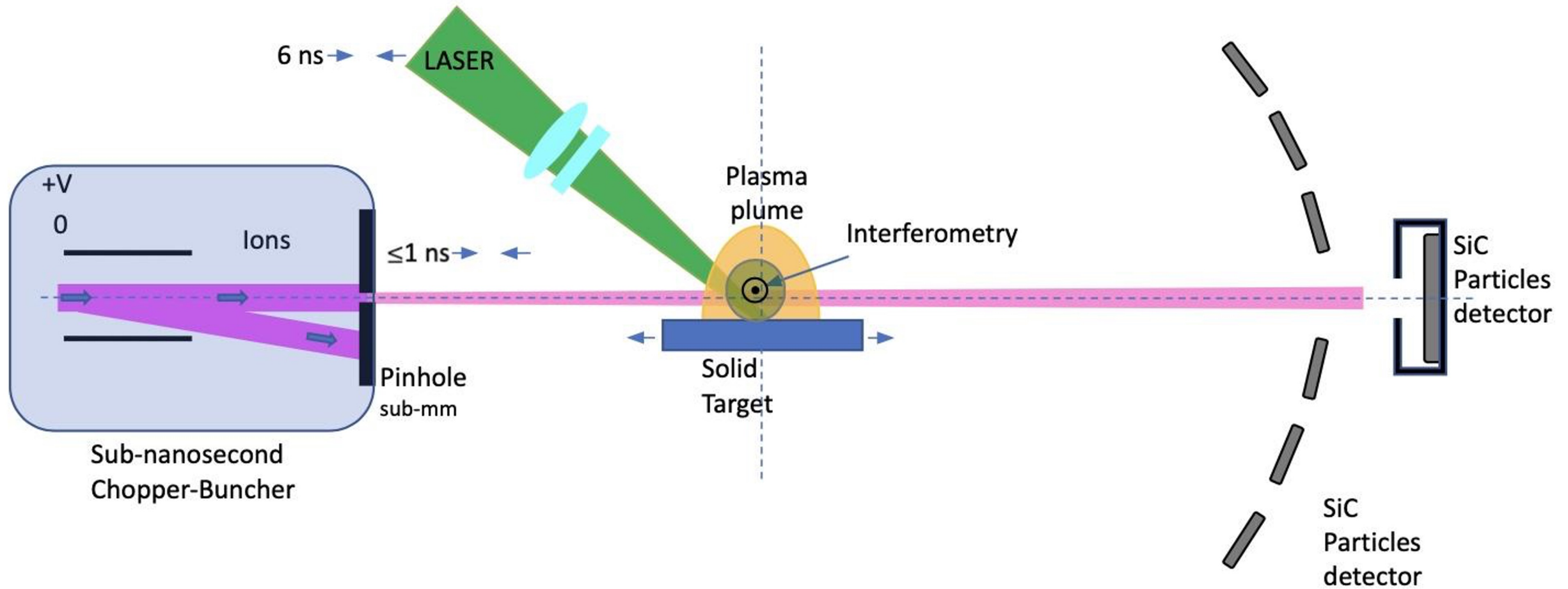
M. Oliphant, L. Rutherford,  
 Proc. R. Soc. London  
 A 141 259 (1933)



# Working Packages and involved institutions

| Working Packages   | WP Leaders   | Involved INFN sections    |
|--|--|---------------------------|
| WP1 Laser-triggered $p^{11}B$ reactions and coordination | Pablo Cirrone (INFN-LNS),<br>Fabrizio Consoli (ENEA & INFN-LNF)                | LNS, LNF, RM2             |
| WP2 Study of the reaction with conventional beams        | Salvo Tudisco (INFN-LNS)<br>Gabriele Pasquali (INFN-FI)                        | LNS, LNF,<br>INFN-CT, FI  |
| WP3 Targets development                                  | Antonino Picciotto (FBK & TIFPA)<br>Salvo Mirabella (UNICT & INFN-CT)          | TIFPA, CT, LNF,<br>LE, MI |
| WP4 Reaction modelling and simulations                   | Giada Petringa (INFN-LNS)<br>Mattia Cipriani (ENEA & INFN-LNF)                 | LNS, LNF,<br>MI, TO       |
| WP5 Plasma $\alpha$ and radiation diagnostic             | Claudio Verona (UNITV and INFN-RM2)<br>Massimiliano Sciscio' (ENEA & INFN-LNF) | RM2, LNF,<br>LNS, MI      |

## WP2: Conventional protons interaction with a Boron plasma



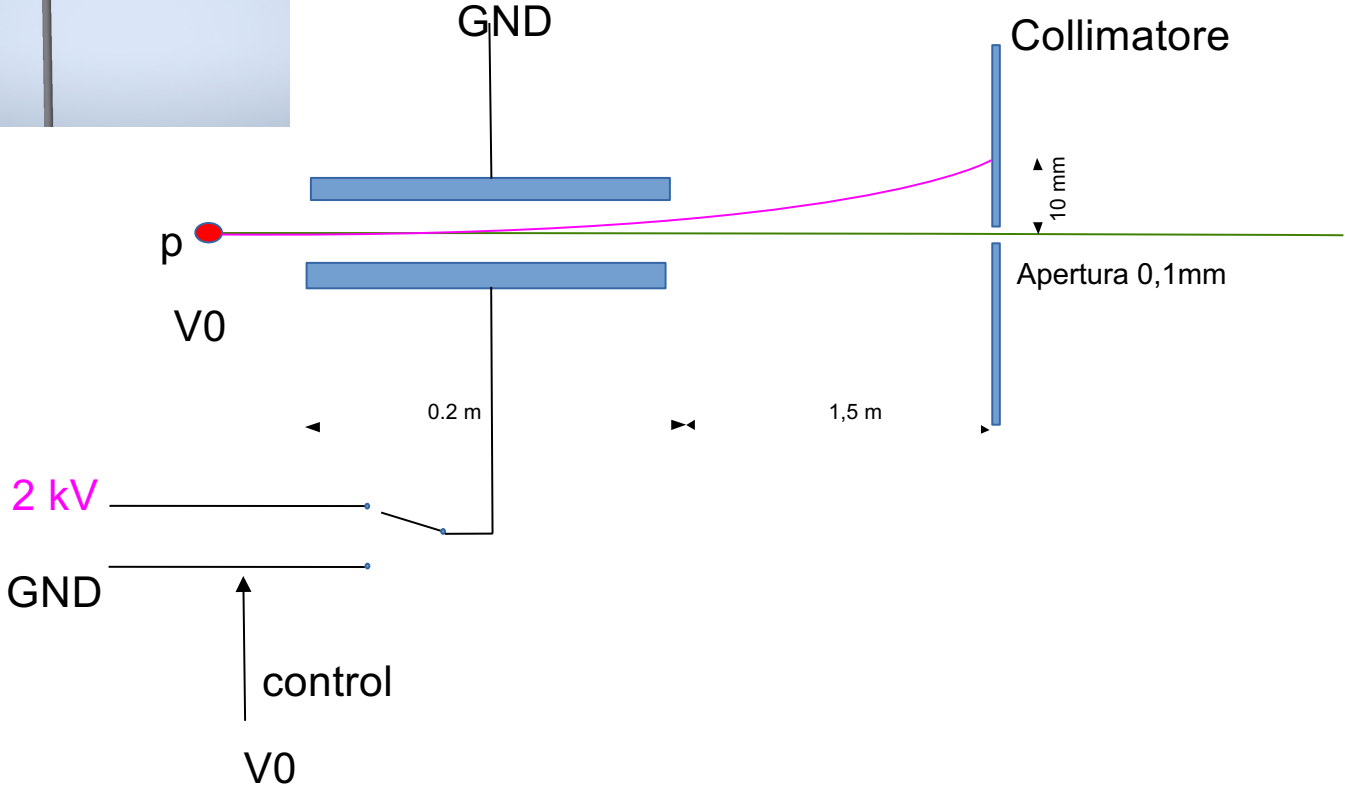
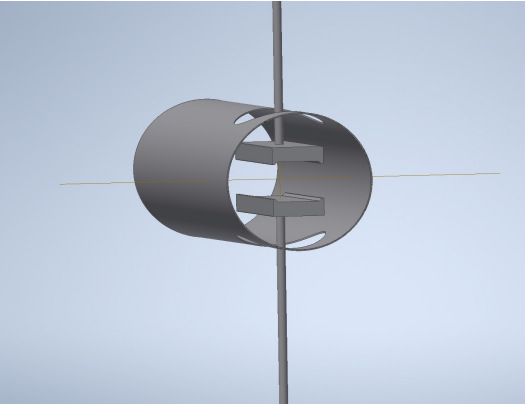


# Obiettivo

Ottenere un bunch di protoni da 1 MeV di lunghezza pari a 1 ns e repetition rate di 10 Hz  
Rigidità elettrica ER=2MV

# Schema di principio

Lunghezza elettrodi 200 mm  
Distanza tra gli elettrodi 20 mm  
Campo elettrico applicato 100kV/m





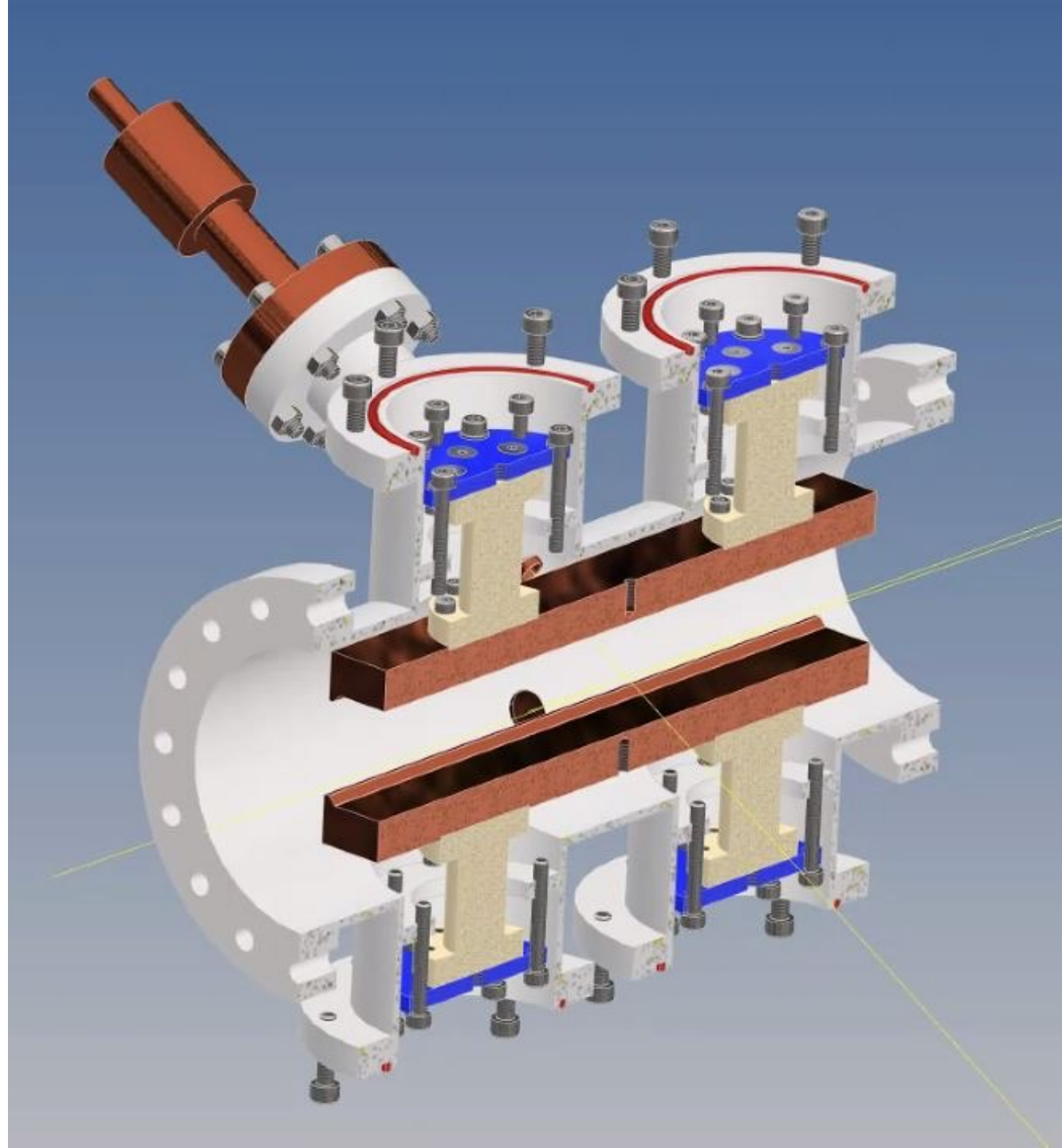
| First year |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | Second year |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Third year |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13          | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25         | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |

**WP2: Ions energy loss and Stopping Power in Plasmas**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|
| D2.1: technical report on ion bunching system                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | D2.1 |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
| D2.2: Procurement of the ion bunching system                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  | D2.2 |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
| D2.3: activity report and bunching installation and first target irradiation |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  | D2.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
| D2.4: activity report on the experimental campaigns and results              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | D2.4 |

| Deliverable | Name   | Description   | When [M] |
|-------------|--|---|----------|
| D2.1        | technical report on ion bunching system                                | Design of the Ions Bunching system and tender for its acquisition                         | 11       |
| D2.2        | Procurement of the ion bunching system                                 | The ions bunching system will be realised by an external company                          | 18       |
| D2.3        | Activity report and bunching installation and first target irradiation | The ion bunching will be installed and the first target irradiation with lasers performed | 24       |
| D2.4        | activity report on the experimental campaigns and results              | Final report on the performed measurements  | 36       |

# Chopper-Buncher



# Development of Targets

Ball milling/kneading and pill tableting of polymer/B and polymer/ $H_3BO_3$  at the Department of Physics and Astronomy of Catania University

Ball milling of polymer/B mixtures



Pulverisette 7 Fritsch



Pill tableting Specac



## Preventivo di spesa Fusion-CT per l'anno 2024

|                      |  | Keuro | Keuro |
|----------------------|--|-------|-------|
| Missioni             | Viaggi ME-CT per sviluppo, montaggio e test Chopper                                | 1.5   | 3.0   |
|                      | Viaggi CT-bologna per sviluppo & test rivelatori particelle cariche e trigger      | 1.5   |       |
| consumo              | Passanti da vuoto chopper  | 1.5   | 12.5  |
|                      | Switch HV e componentistica elettrica per Chopper                                  | 4.5   |       |
|                      | Raccordi e componentistica da vuoto  | 0.5   |       |
|                      | Prodotti chimici per realizzazione target  | 1.0   |       |
|                      | Realizzazione supporto target  | 1.0   |       |
|                      | Cablaggi High Speed per diagnostica  | 1.0   |       |
|                      | Puntatori Laser per allineamento   | 1.0   |       |
|                      | Set di target [fogli 100x100mm <sup>2</sup> di Al (5pz), Ni (2pz) e BN(2pz) + Ag ] | 2.0   |       |
| Costruzione apparati | Costruzione camera ed elettrodi chopper  | 13.0  | 13.0  |
| Totale               |  |       | 28.5  |

# INFN-CT 2024

| Esperimento           | Gruppo               | Rapp. Naz.              |
|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| Fusion                | v                    | Cirrone P. - Consoli F. |
| Struttura             |                      | Resp. Locale            |
| Sez. di Catania       |                      | Trifirò A.              |
| Ricercatori           | Qualifica            | %                       |
| Mirabella S.*         | Prof. Associato      | 50                      |
| <del>Pistone D.</del> | <del>RTDA PNRR</del> | <del>20</del>           |
| Trifirò A.            | Prof. Associato      | 30                      |
| Trimarchi M.          | Prof. Associato      | 30                      |
| <b>RFTE</b>           |                      | <b>1.1 (1.3)</b>        |

\* Previa dichiarazione dall'ente di appartenenza di svolgimento attività < 50%

# IonoTRACK

**Ionoacoustic Tracking and Imaging of Particle Beams**

PI: Elia Arturo Vallicelli, RTDA@Milano-Bicocca

Vice-PI: Marcello De Matteis, Associate Professor@Milano-Bicocca

Responsabile locale Unità di Catania: Maurizio Marrale, Associate Professor@Università di Palermo

Unità coinvolte :

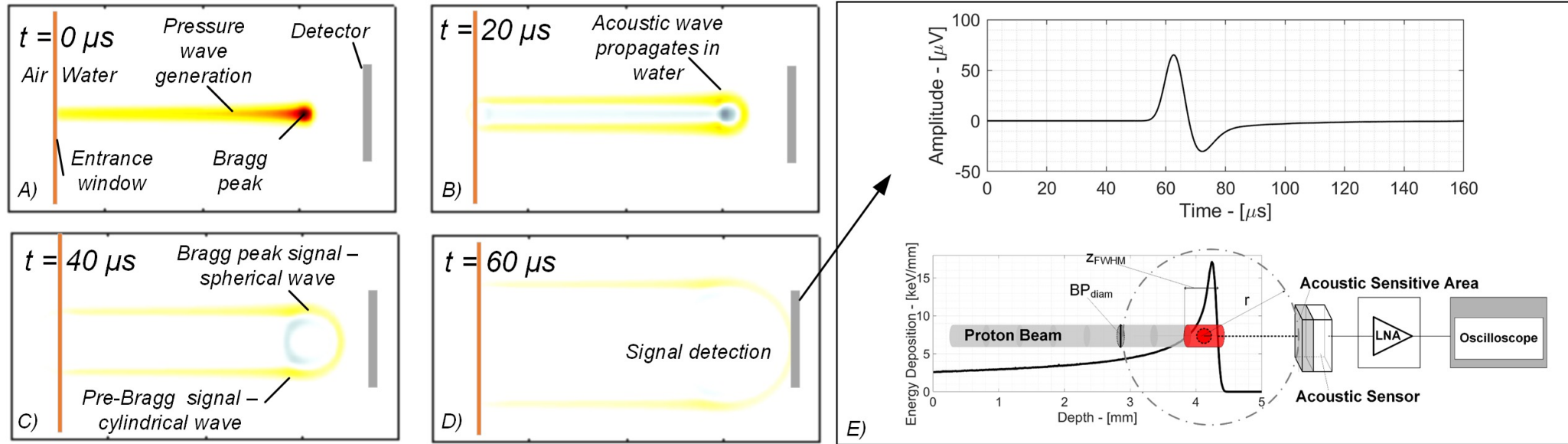
Università e Sezione INFN di Milano - Bicocca

Università e Sezione INFN di Pavia

Sezione INFN di Catania

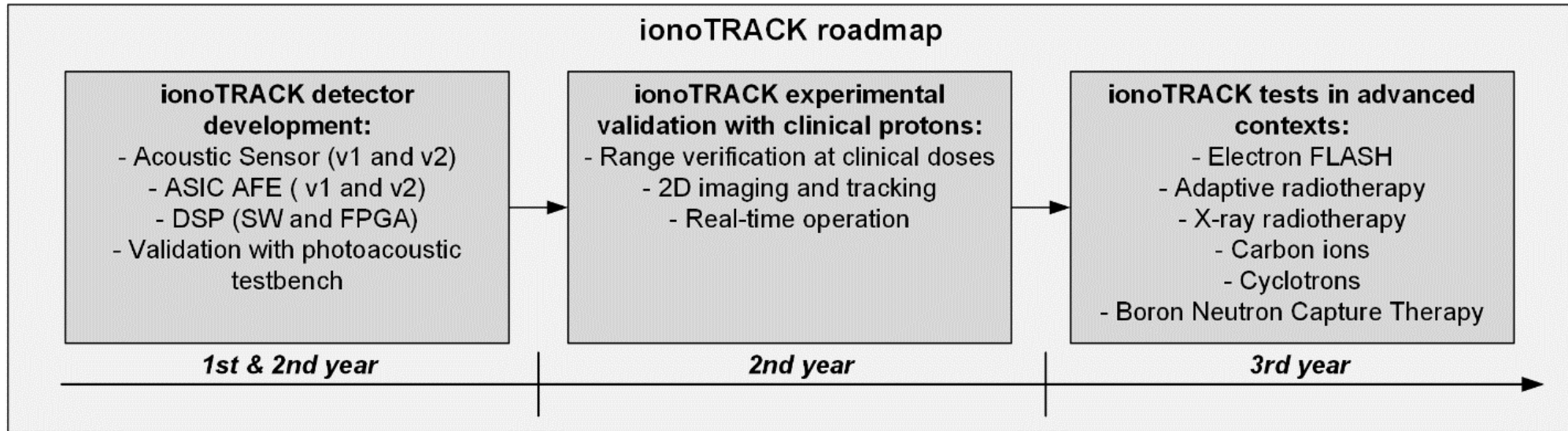


# Introduzione



- La rapida deposizione di dose lungo il range di un fascio pulsato in un assorbitore (es. acqua) genera un segnale acustico (effetto ionoacustico) rilevabile da sensori dedicati
- La traccia acustica permette di caratterizzare un fascio con precisione competitiva rispetto a tecniche convenzionali
- Possibili applicazioni nel monitoraggio di trattamenti di adroterapia
- Le prestazioni dei detector dello stato dell'arte non sono compatibili con i requisiti clinici
  - **E' necessario un balzo nella tecnologia del detector:**
    - Sensore singolo canale → Sensore multicanale
    - Elettronica commerciale → Circuito integrato dedicato
    - Oscilloscopio e averaging → Correlazione spaziale, imaging acustico e wavelet denoising

# Obiettivi



- Mission: Sviluppo di un detector ionoacustico programmabile e validarlo in scenari sperimentali avanzati
- Obiettivi:
  - **Sviluppo tecnologico:** sensore multicanale, elettronica integrata in tech CMOS 28nm, algoritmi di DSP su FPGA
  - **Caratterizzazione e imaging** di fasci di protoni clinici e confronto con stato dell'arte
  - Applicazione a **scenari avanzati:**
    - FLASH a elettroni
    - Radioterapia adattiva
    - Radioterapia a raggi X
    - Fasci non impulsati (es. sincrotrone)
    - Boron Neutron Capture Therapy
    - Phantom biologici

# Unità di Catania - Attività

## ➤ **Simulazioni**

- Simulazioni Geant4 per deposizione dose
- Simulazioni acustiche in k-Wave (MATLAB /C++) per la caratterizzazione del segnale acustico prodotto per effetto ionoacustico e l'ottimizzazione delle dimensioni e della disposizione geometrica dei sensori
- Sviluppo algoritmi di imaging acustico

## ➤ **Assemblaggio dei sensori acustici** (in collaborazione con Milano-Bicocca)

- Produzione array di elettrodi su PCB
- Incollaggio materiale piezoelettrico PVDF (polyvinylidene fluoride) su elettrodi esposti utilizzando resina epossidica

## ➤ **Caratterizzazione dei fasci e dosimetria**

- Misura dose
- Misura range (Gafchromic films)

## Anagrafica e Costi – 2°anno

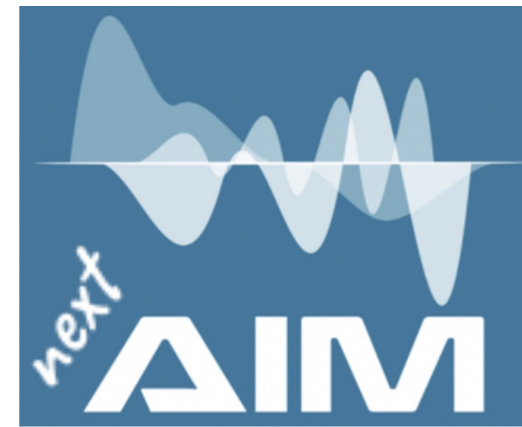
| Name                                       | Title                      | FTE        | Total FTE |
|--|----------------------------|------------|-----------|
| <b>MARRALE Maurizio (Unit Coordinator)</b> | <b>Associate professor</b> | <b>0.3</b> | <b>1</b>  |
| BARTALOTTA Antonio                         | Full professor             | 0.5        |           |
| VIOLA Salvatore                            | Researcher                 | 0.2 (LNS)  |           |

| Type of Cost       | Item (INFN-CT)  | YEAR1           |
|--------------------|---|-----------------|
| <b>TRAVELS</b>     | Travels and workshops within ionoTRACK research units | € 4.000         |
| <b>CONSUMABLES</b> | Beam Tests consumables (Gafchrom films)               | € 2.000         |
|                    | Acoustic sensors assembly consumables                 | € 2.000         |
|                    | PVDF for Acoustic sensors                             | € 3.000         |
|                    | <b>TOTAL</b>  | <b>€ 11.000</b> |

# NEXT\_AIM

[INFN-CSN5, 2022-2024]

Artificial Intelligence in Medicine (AIM): **next** steps  
focus on **n**o-so-big data and **ex**plainable **t**echniques



<https://www.pi.infn.it/aim/>

Resp. Nazionale: A. Retico

Resp. Locali (dal 2022):

Bari (S. Tangaro)

Bologna (D. Remondini)

Cagliari (P. Oliva)

Catania (M. Marrale)

Ferrara (G. Paternò)

Firenze (C. Talamonti)

Genova (A. Chincarini)

Lab. Naz. Sud (G. Russo)

Milano (C. Lenardi)

Napoli (G. Mettivier)

Pavia (A. Lascialfari)

Pisa (M.E. Fantacci)

+ Padova (A. Zucchetta) dal 2023

**next AIM** goal: *to take steps towards developing robust and explainable AI algorithms and validating them on realistic use cases in the medical field*

A large variety of AI-based algorithms have already been developed to analyse medical images and data.

Their potential to improve clinical workflows has not yet been fully exploited due to:

- the lack of model robustness and generalizability
- the lack of transparency of most AI models

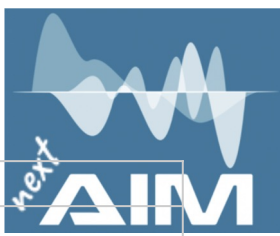
The **next AIM** experiment aims to address the following specific challenges related to methodological aspects of the application of AI in Medicine (AIM):

challenge 1) how to manage limited datasets with AI techniques (**no-so-big dataset**);

challenge 2) how to make solutions provided by AI models understandable by humans (**explainable techniques for AIM**).

**nextAIM (Artificial Intelligence in Medicine)**

# List of tasks of WP3 (real-world study cases)



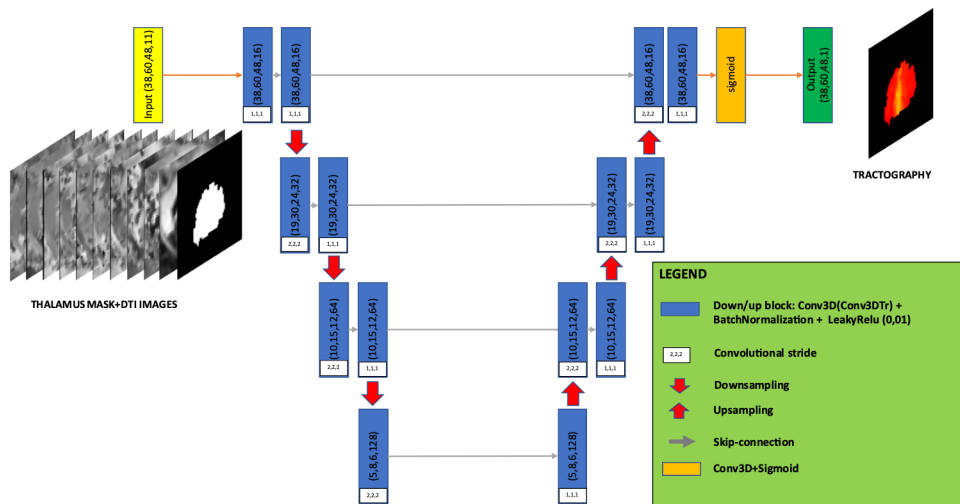
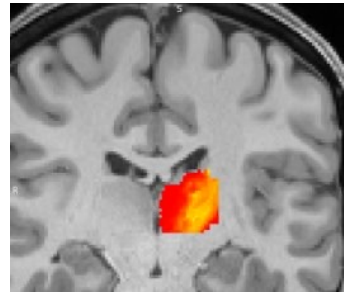
| Sedi partecipanti |     |  |    |    |    |        |    |    |    | Task | Topic   |  |   |
|-------------------|-----|--|----|----|----|--------|----|----|----|------|---|--|---|
|                   |     |  | FE |    |    | LNS    | NA |    | PI | T1   | Radiomics in Digital Breast Tomosynthesis (DBT) |  |   |
|                   | BO  |  | FE |    |    |        | NA |    |    | T2   | Super-Resolution in DBT                         |  |   |
|                   | BO  |  | CT |    |    |        |    |    |    | T3   | Radiomics in prostate cancer                    |  |   |
|                   | BO  |  | CT |    |    |        |    |    |    | T4   | Radiomics and DL in tcMRgFUS                    |  |   |
|                   | BO  |  |    |    |    | GE LNS |    |    |    | T5   | Nuclear Imaging Quantification and Radiomics    |  |   |
|                   | BA  |  | CA | CT |    |        |    | PD | PI | T6   | Connectivity in functional MRI and EEG          |  |   |
|                   |     |  | CA | CT | FE | FI     | GE |    | MI | PI   | PV  | T7   | Radiomics and Deep Learning analysis of CT and patients' data in COVID-19       |
|                   |     |  |    |    |    |        |    |    |    | PI   | PV  | T8   | Radiomics and ML-segmentation on Facio-Scapulo-Humeral dystrophy and lung tumor |
|                   | BA? |  |    |    |    |        |    |    |    | PV   | T9  | ML on Imaging data of 10B uptake tracks and dose monitoring by Compton cameras                     |   |
|                   |     |  |    |    |    | FI     |    |    |    | PI   | T10   | Artificial intelligence for monitoring RT response in soft-tissue sarcomas                         |   |
|                   |     |  |    |    |    | FE     |    |    |    | PD   | T11   | Machine Learning techniques for cardiological applications   |   |
|                   |     |  |    |    |    | FI     |    |    |    | PI   | T12   | Application of NLP techniques to clinical notes towards the automated reading of instrumental data |   |



# NEXT\_AIM: Activities CT 2023

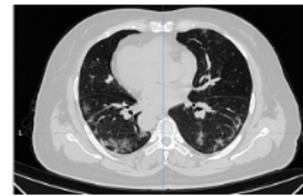
## Task WP3.T3 Radiomics and DL in tcMRgFUS

Development of deep learning models for identification of the target for thermal ablation by means of transcranial-MR guided Focused Ultrasound Surgery for patients with essential tremor



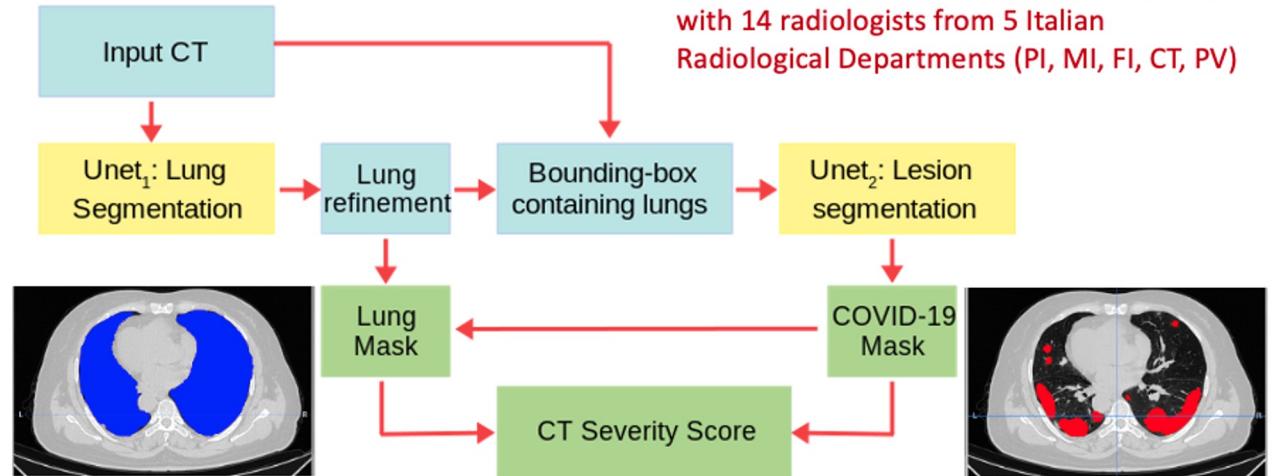
Manuscript in preparation and software will be shared on Github in the next future

## Task WP3.T7 Radiomics and Deep Learning analysis of CT and patients' data in COVID-19



### The LungQuant system

A multicenter study on 120 CT scan is in progress to validate the LungQuant quantification performance in collaboration with 14 radiologists from 5 Italian Radiological Departments (PI, MI, FI, CT, PV)



Lizzi, F., Brero, F., Cabini, R. F., Fantacci, M. E., Piffer, S., Postuma, I., ... Retico, A. (2022). Making data big for a deep-learning analysis: Aggregation of public COVID-19 datasets of lung computed tomography scans. *Proceedings of the 10th International Conference on Data Science, Technology and Applications, DATA 2021, (Data)*, 316–321. <https://doi.org/10.5220/0010584403160321>

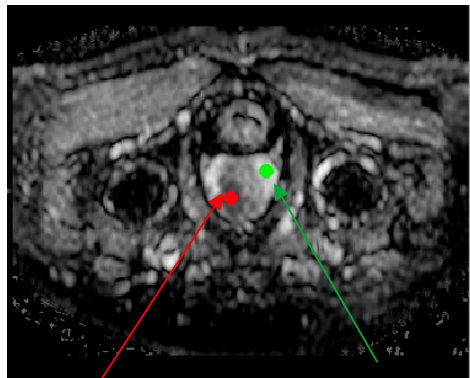
Lizzi, F., Agosti, A., Brero, F., Cabini, R. F., Fantacci, M. E., Figini, S., ... Retico, A. (2022). Quantification of pulmonary involvement in COVID-19 pneumonia by means of a cascade of two U-nets: training and assessment on multiple datasets using different annotation criteria. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 17(2), 229–237. <https://doi.org/10.1007/s11548-021-02501-2>

# NEXT\_AIM: Activities CT 2024

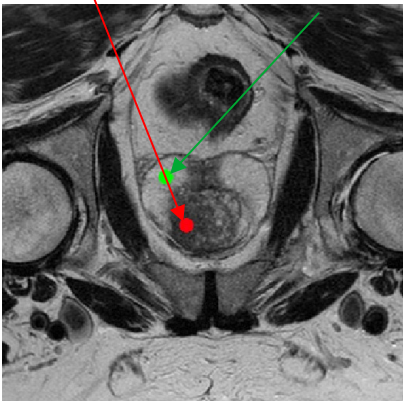
## Task WP3.T3 Radiomics in prostate cancer

Tumor classification on MR images of prostate by machine learning algorithms

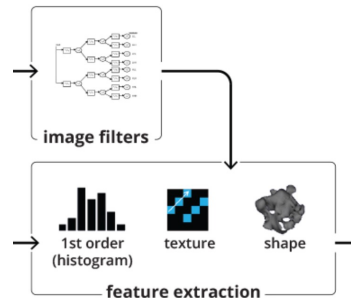
Prostate cancer diagnosis is performed by using T2w- and ADC MR images



Lesion Health tissue

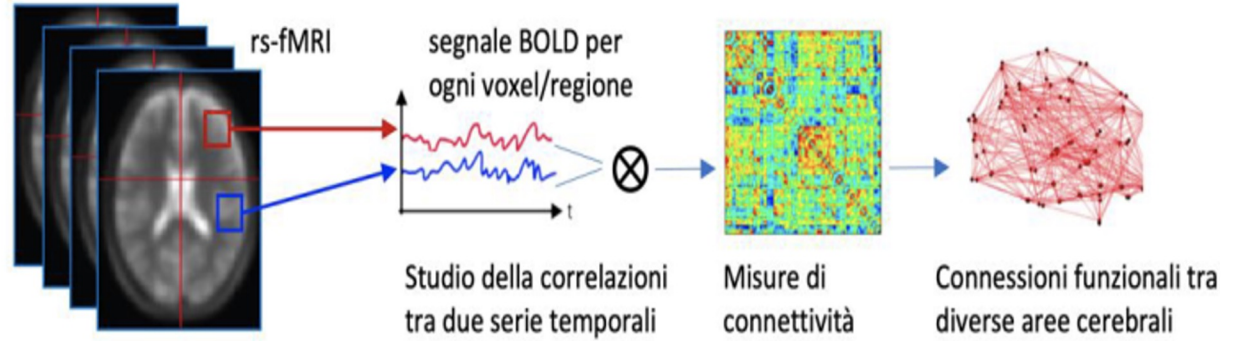


Features extraction and radiomics analysis



Classification of lesion severity

## Task WP3.T3 Connectivity in functional MRI and EEG



Determination of the changes of cerebral networks induced by tcMRgFUS treatments for patients with essential tremor.

A dataset of fMRI acquisitions for 50 patients before and 48 h after treatments is available (for some patients also acquisitions at 6 or 12 months for treatments are available)

Results will be compared with the results of independent component analysis

# next-AIM Milestone

|        |      |  |     |
|--------|------|--|-----|
| 2023   |      |  |     |
| 31 Dec | M1.2 | Definition of robust pipelines for efficient model training on small datasets                          | 50% |
| 31 Dec | M2.2 | Customization of explainability pipelines to AI models for medical imaging                             | 50% |
| 31 Dec | M3.2 | Implementation of robust pipelines and explainability algorithms in at least three different use cases | 50% |
| 31 Dec | M4.2 | Integration of at least 1 application per site in nextAIM SW package repository                        | 50% |
| 31 Dec | M5.2 | Workshop organization: "The right to explanation"  | 50% |

|        |      |   |  |
|--------|------|---|--|
| 2024   |      |   |  |
| 30 Jun | M2.3 | Definition of optimal explainability methodology for medical problems                                       |  |
| 31 Dec | M3.3 | Result evaluation for the practical use case and reporting  |  |
| 31 Dec | M4.3 | Integration of all analysis pipelines trained for the use cases of WP3 in the nextAIM SW package repository |  |
| 31 Dec | M5.3 | Submission of at least 1 scientific publication per use case  |  |

# next-AIM

## Preventivi CT 2024

### Anagrafica CT 2024:

| Nome e Cognome       | FTE        |
|----------------------|------------|
| Maurizio Marrale     | 0.2        |
| Maria Cristina D'Oca | 0.1        |
| Mattia Romeo         | 1.0        |
|                      |            |
| <b>Totale</b>        | <b>1.3</b> |

### Richieste CT 2024:

| Oggetto   | k€       |
|---|----------|
| Materiale da consumo informatico  | 2        |
| Missioni (meeting di Progetto per 3 persone, incontri con altri membri presso varie sedi del WP per 3 persone durante l'anno) | 3        |
|   |          |
| <b>Totale</b>   | <b>5</b> |

# MC-INFN

# Sezione di Catania

(in chiusura nel 2023)

# Attività in corso nel 2023 (MC-INFN)

- Sono state eseguite simulazioni Monte Carlo (MC) per ottenere una dosimetria interna 3D per la diagnosi del carcinoma della prostata (PC) con il radiofarmaco  $^{18}\text{F}$ -PSMA-1007 (nella prospettiva di un trattamento terapeutico con ligandi del PSMA), concentrandosi sulla dosimetria delle ghiandole salivari.

D. Pistone, S. Gnesin, L. Auditore, A. Italiano, G. L. Cascini, E. Amato and F. Cicone,

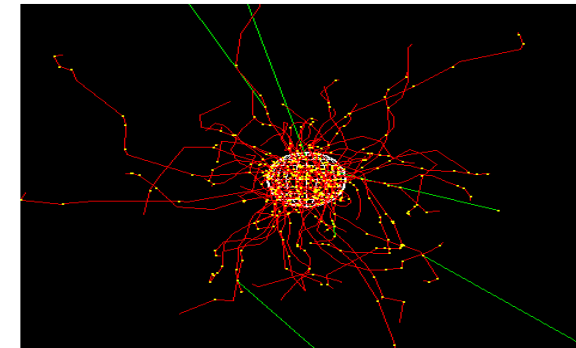
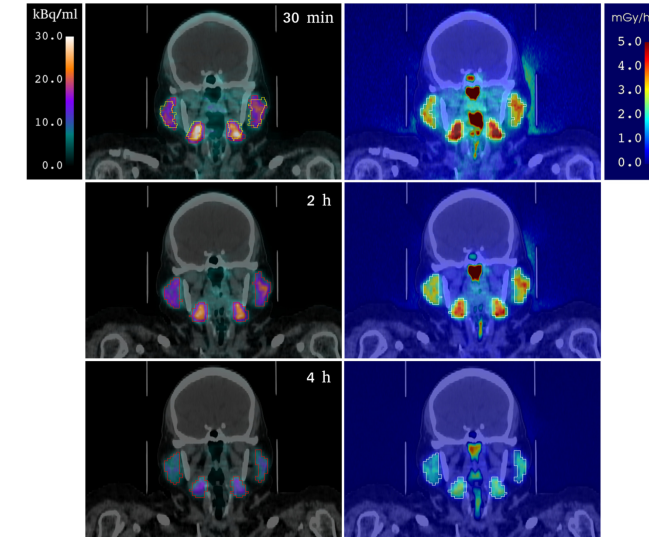
**' $^{18}\text{F}$ -PSMA-1007 salivary gland dosimetry: comparison between different methods for dose calculation and assessment of inter- and intra-patient variability'**,

2023 *Phys. Med. Biol.* **68** 085015

- E' in corso l'estensione a diversi materiali e radionuclidi dell'esempio avanzato "internaldosimetry" da implementare nell'ultima versione GEANT4, seguendo le regole e i protocolli della collaborazione GEANT4, in vista della futura inclusione tra gli esempi ufficiali del codice.
- E' stato quantificato il contributo dell'Internal Bremsstrahlung ai Dose Point Kernel (DPK) di  $^{32}\text{P}$  e  $^{90}\text{Y}$ , aggiornandone i valori alla luce di tale studio.

**'Internal Bremsstrahlung, the missing process in beta decay Monte Carlo simulation: The relevance in  $^{32}\text{P}$  Dose-Point-Kernel estimation'**,

[Physica Medica](#) ,Volume 110, June 2023, 102585



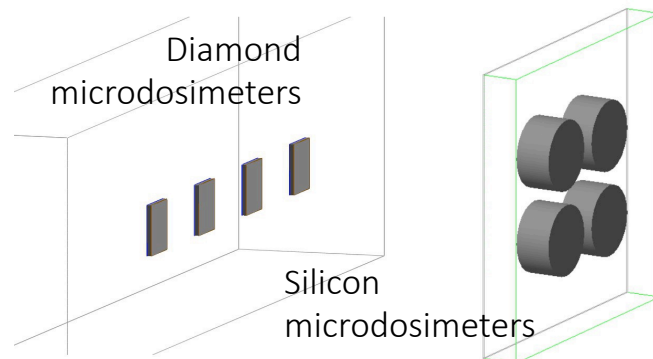


# ATTIVITÀ IN CORSO 2023

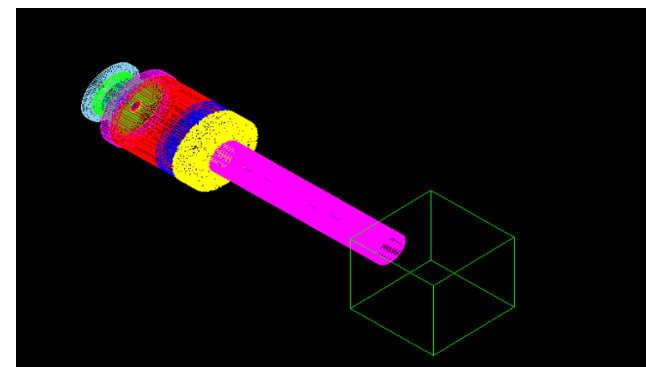
- Coordination of the Advanced Example working group in the framework of the Geant4 International Collaboration (Coordinator: S. Guatelli, deputy Coordinator: F. Romano)
- The Geant4 advanced example Radioprotection was considerably improved, and new geometry was added to the code. The application allows to directly recover the microdosimetric quantities and the energy loss distribution within the sensitive volume. From the last release, the application also includes two Python scripts.
- Beside the maintenance of the advanced example "iort\_therapy", a completely new application was developed and included among the advanced example of the Geant4 distribution in the last release of the code. The new advanced example named "eFLASH\_radiotherapy" models the electron linac accelerator (ElectronFLASH) able to accelerate 7 and 9 MeV electron beams at the FLASH regime, realized by the SIT Sordina company and currently installed at the Centro Pisano per la Flash Radiotherapy (CPFR) in Pisa.

## Radioprotection

**Current authors: D. Bolst and S. Guatelli (UOW, Australia), J. Magini and G. Parisi (Surrey University, UK), G. Milluzzo and F. Romano (INFN Catania, Italy)**



## eFLASH\_radiotherapy



**Current authors: J. Pensavalle (University of Pisa, Italy) G. Milluzzo (INFN Catania, Italy), F. Romano (INFN Catania, Italy)**

# MILESTONES 2023

---

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| 31 dic 2023 | Production of a report for the internal Bremsstrahlung process development, to be submitted to the Geant4 International Collaboration for subsequent implementation (Geant4 - Sezione di Catania) |       |
| 31 dic 2023 | Work in the framework to the Geant4 International Collaboration - bug fixes and Advanced Examples Coordination (Geant4 - Sezione di Catania)  | 100 % |
| 31 dic 2023 | New developments and comparisons with experimental data for IORT_example and Radioprotection advanced examples (Geant4 - Sezione di Catania)  | 80 %  |

---