

# Le reti di competenza del Trasferimento Tecnologico dell'INFN

**Speranza Falciano**

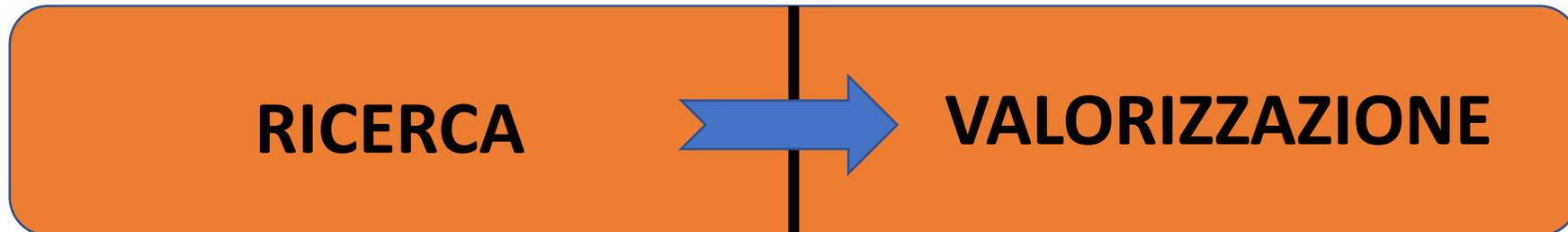
INFN Roma

e

Giunta Esecutiva INFN

# *Introduzione*

Il percorso di valorizzazione della ricerca dell'INFN si basa sulla straordinaria capacità del nostro Ente di sviluppare tecnologie, anche innovative, assolutamente necessarie alla missione primaria dell'Ente, ma che hanno la potenzialità di essere applicate in settori disciplinari molto diversi dalla fisica nucleare e subnucleare.



Otto anni di lavoro in punta di piedi e con un notevole brainstorming iniziale sulla ricerca del **miglior metodo di valorizzazione della ricerca INFN** che non distogliesse i ricercatori dalla missione primaria, ma che allo stesso tempo stabilisse un percorso virtuoso con risultati oggi quantificabili in cifre di tutto rispetto. In particolare:

- Aumento notevole del portafoglio **brevetti** e del **licensing**
- Aumento delle attività di **conto terzi** e realizzazione di **spin-off**
- Numerosi **accordi di ricerca collaborativa** con istituzioni di ricerca e imprese in sintonia con le politiche governative volte sempre più a considerare la ricerca un valore con impatto sociale (call R4I, accordo con ACT, ...)
- Un **Comitato per il Trasferimento Tecnologico (CNTT)** che con la sua Rete di Referenti ha consolidato una capacità di indirizzo in questo settore della valorizzazione che a mio avviso ha raggiunto gli obiettivi iniziali che ci eravamo posti (mappa competenze, studi impatto sociale, ...).
- La creazione di **Reti di Competenza INFN** che costituiscono la valorizzazione migliore del nostro patrimonio scientifico e tecnologico con possibilità applicative nei più disparati settori disciplinari.

Metric	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Invention disclosures	5	7	20	24	21	10	23	14
Confidentiality Agreement	N/A	N/A	N/A	N/A	11	16	9	22
Priority applications filed (in Italy)	1	7	10	11	10	5	5	11
Patents application filed	1	7	15	19	25	14	10	24
Patents (both applications and patents issued) active at 31.12.2018	5	10	20	59	63	71	86	92

Metric	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Licenses/options active at 31.12	3	3	6	6	10	14	17	14
Licenses granted to Italian enterprises	1	1	3	3	6	11	12	10
Licenses granted to EU enterprises	2	2	3	3	3	2	2	1
Licenses generating revenues in the year	0	2	3	3	4	9	5	6
Licenses linked to a patent	3	3	3	3	2	1	2	5

Il TT INFN è un'azienda in attivo, nel senso che non pesa per nulla sui fondi FOE e si autosostiene (Ezio Previtali)

# *Le Reti di Competenza INFN*

- Nell'arco degli ultimi anni l'INFN ha proposto e organizzato, per le attività di TT, alcune **reti tematiche di diverse tipologie** che consentono una maggiore razionalizzazione delle risorse impiegate e una migliore collaborazione tra i centri di ricerca e i ricercatori coinvolti su linee di sviluppo comuni.
- Questo approccio riduce il possibile spreco di risorse causato o da una troppo forte sovrapposizione delle competenze o da una forte complementarità tra le diverse attività che però non riescono ad essere efficaci senza una proficua e strutturata collaborazione.
- La rete è costituita da **nodi**, dove un nodo può essere **sia INFN che esterno**, anche internazionale.

## *Il passato.....*

Il tentativo di enucleare alcuni argomenti speciali o strategici per l'ente appartiene anche al passato, vedasi i progetti speciali come NTA (Nuove Tecniche di Accelerazione), APENext (supercalcolo per la fisica teorica, etc.) o i progetti strategici come INFN-MED (applicazioni della fisica alla medicina a partire dalla sperimentazione clinica).

*..... e il presente.*

Le reti di competenza nascono nel Comitato di Trasferimento Tecnologico come visione più moderna di questa necessità di mettere in evidenza alcune tematiche strategiche, spesso interdisciplinari, accorpendo gruppi di ricerca, laboratori, know-how detenuto anche dai singoli, etc. e mettendo tutto in rete per formare appunto una concentrazione di competenze distribuite su un certo numero di nodi opportunamente configurati. Una sorta di distretti tecnologici o centri di competenza INFN.

# *Rispetto ai progetti speciali e strategici del passato.....*

- **In cosa si somigliano?** Le attività che sono parte di una rete ruotano intorno ad un *sapere comune*.
- **In cosa differiscono?** Hanno una *valenza geografica*, a volte anche molto ampia, e possono *includere realtà anche molto diverse* come consorzi, imprese, altri enti e anche fare trasferimento tecnologico all'interno della rete per aumentare le competenze di alcuni gruppi di ricerca.
- **Vantaggi?** *Sapere aumentato e consapevole*, maggiore capacità di fare ricerca collaborativa, partecipare a bandi come INFN e non come singoli gruppi, fare conto terzi ove le attrezzature lo consentono, ma soprattutto aumentare la *visibilità verso l'esterno* delle nostre ricerche.

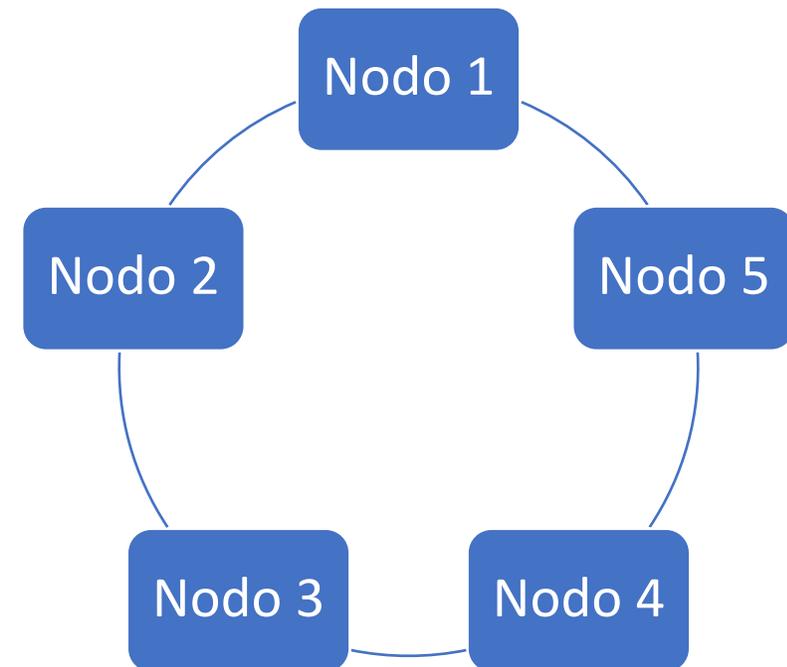
# Le Reti di Competenza INFN

- **Nascono** nel :
  - Trasferimento tecnologico
- **Si alimentano** principalmente in :
  - Commissione Scientifica Nazionale 5 **per i finanziamenti di R&D e per reperire le competenze scientifiche e tecnologiche**
  - Fondi esterni (POR, PON, Bandi competitivi, etc.) **per i finanziamenti e le competenze di realtà esterne**
  - Consorzi, ATS, etc. **per farne parte e/o reperire competenze esterne**
- **Si avvalgono** di :
  - Convenzioni, Accordi, etc. **per includere nuovi nodi**
  - Comitato di Trasferimento Tecnologico (CNTT) **per l'indirizzo e il consolidamento**

# Le tipologie delle Reti di Competenza INFN

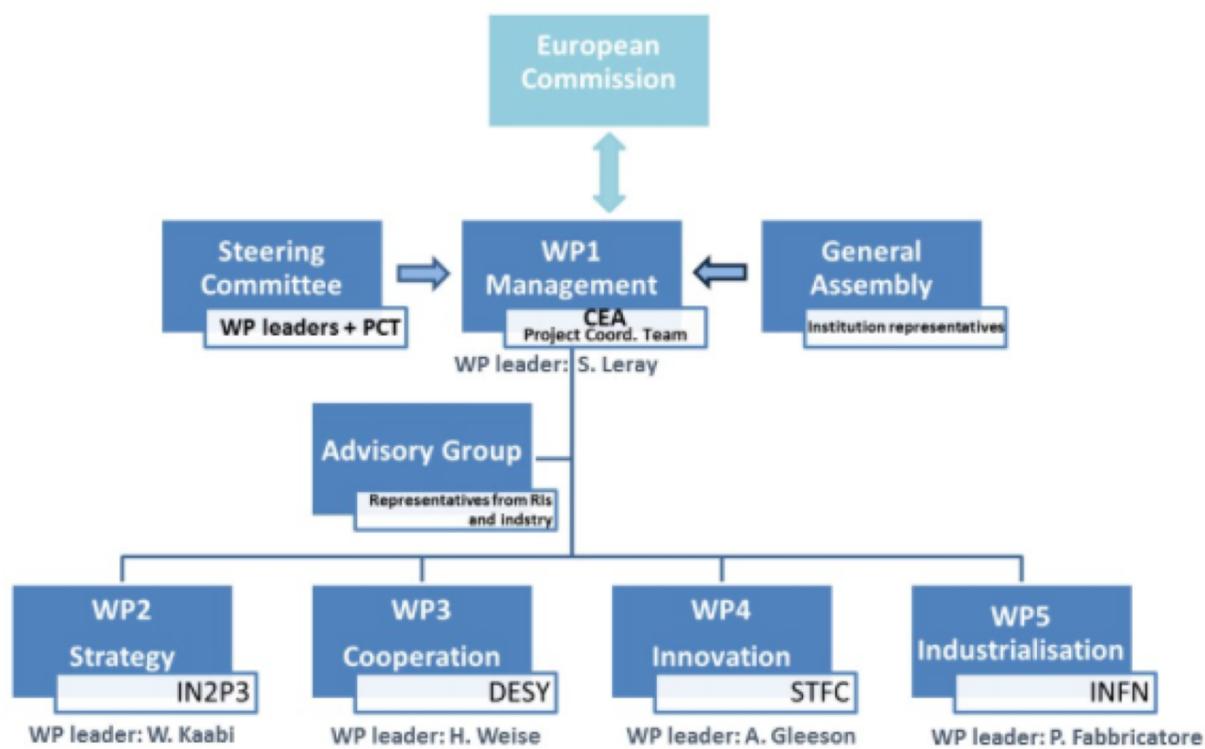
Le tipologie di Reti di Competenza individuate al momento si riassumono in **tre differenti configurazioni**. Nel seguito verrà presentata una descrizione generale degli approcci di ognuna di queste, i nomi dati alle singole reti sono puramente indicativi e non rappresentano completamente l'identità della rete:

- Reti con nodi a **valenza territoriale**
- Reti con nodi a **competenza complementare**
- Reti con nodi a **competenza tematica**

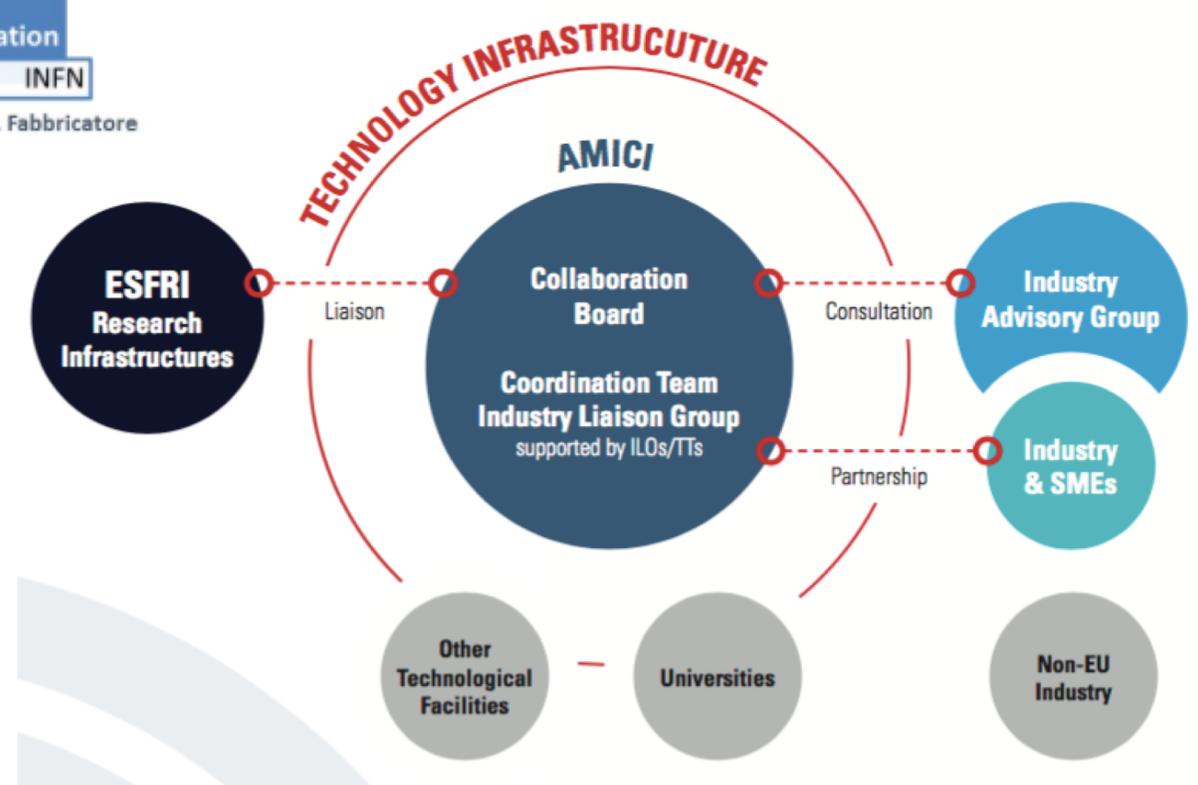


# Reti di competenza attive o individuate ad oggi

- **CH-Net**      Rete dei beni Culturali **ATTIVA**
- **INFN-ASIF**      Rete delle Facility di Irraggiamento **ATTIVA**
- **FISMED**      Rete di Fisica Medica **IN PREPARAZIONE**
- **Ambiente**      Conservazione dell'ambiente e tecnologie legate al clima **IN FASE DI STUDIO**
- .....
  
- Molte altre tematiche (ad esempio la **Superconduttività**) potrebbero usufruire di questo modello che include Ricerca & Sviluppo più valorizzazione.
  
- Ci sono inoltre iniziative che in alcuni aspetti o somigliano alle reti o potrebbero arricchirle, ma hanno al momento un percorso un po' diverso e soprattutto autonomo, vanno a mio avviso seguite con attenzione:
  - **AccTeCo**      (INFN, Accelerator Technology Coordination)
  - **AMICI**      (EU, **A**ccelerator and **M**agnet **I**nfrastructure for **C**ooperation and **I**nnovation)



**ACCELERATOR AND MAGNET INFRASTRUCTURE FOR COOPERATION AND INNOVATION**



# Reti con nodi a valenza territoriale

- La rete è composta da vari **nodi distribuiti sul territorio nazionale** le cui competenze sono parzialmente sovrapponibili. In pratica in ogni nodo di rete esiste una competenza generale sulla tematica trattata dalla rete, ma non in tutti i nodi sono presenti tutte le competenze specifiche necessarie a rappresentare la capacità di intervento globale della rete e la sua potenzialità.
- I vantaggi di questa rete risiedono nel fatto che, da un lato si crea una forte sinergia tra nodi che possiedono competenze su uno specifico argomento promuovendo così un fruttuoso scambio di informazioni e garantendo una globale crescita delle competenze e della capacità di intervento della rete. Dall'altro una rete configurata in questo modo **permette di rispondere a esigenze sia locali che nazionali** in maniera estesa e maggiormente efficace, oltre che efficiente.
- Oltre a questo in caso di attività che prevedono la **partecipazione a bandi competitivi** la rete è in grado di organizzare una risposta più completa, organica e strutturata unendo gli aspetti di capillarità territoriale a quelli di una maggiore disponibilità di persone qualificate e di tecnologie utilizzabili.

# CHNet (Cultural Heritage Network)

- Un tipico esempio di una rete a valenza territoriale è rappresentata da **CHNet (Cultural Heritage Network)**. La struttura di governance garantisce una gestione della rete a livello centrale assicurando in ogni caso la sufficiente autonomia ai nodi locali nella loro azione sul territorio al quale fanno riferimento.

Supervisionare il corretto funzionamento della rete e suggerisce al Coordinatore le linee generali di indirizzo delle attività. Ogni anno riceve dal Coordinatore il Programma di Lavoro, il Consuntivo di Bilancio e la Relazione delle Attività svolte.



**COMITATO DI CONTROLLO  
E DI INDIRIZZO**

1 componente di Giunta Esecutiva  
1 componente del CNTT

Sovrintende al funzionamento operativo della rete



**COMITATO DI GESTIONE INTERNO**

Coordinatore + 5 componenti di rete  
Rappresentativi delle attività  
Osservatore CNTT  
Osservatore CSN5



**Assemblea di  
Rete (AdR)**

L'Assemblea di Rete (AdR) è costituita da tutti i Referenti di nodo e si riunisce almeno una volta l'anno convocata dal Coordinatore che la presiede. All'Assemblea di Rete sono invitati anche i componenti del Comitato di Indirizzo e di gestione interno..

# *Perché una rete per i beni culturali ?*

- Le discipline scientifiche hanno un ruolo cruciale per la :
  - ✓ conoscenza delle opere e del loro “stato di salute”
  - ✓ conservazione e restauro.
- La Fisica riveste oggi un ruolo dominante nel primo campo, quello della diagnostica, principalmente grazie al carattere non invasivo della grande maggioranza delle tecniche fisiche.
- L’uso degli acceleratori di particelle per analisi di opere d’arte e datazione di reperti archeologici è molto diffuso.

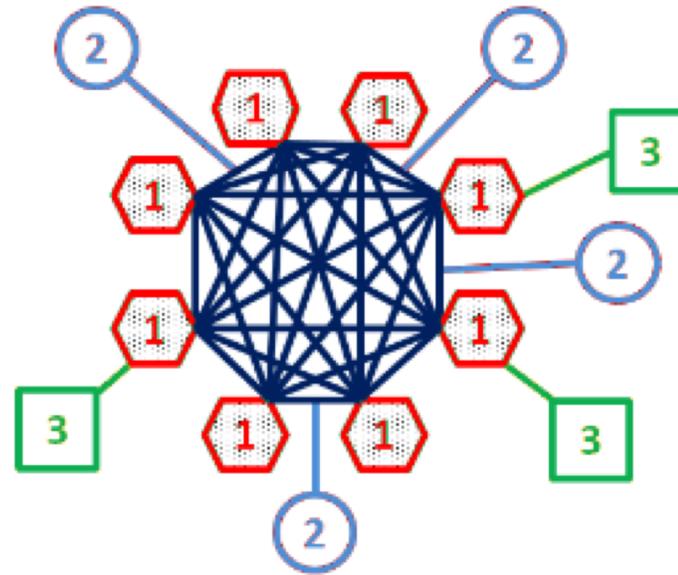
# La struttura di CHNet

CHNet formalizzata nel Luglio del 2017

**1<sup>st</sup> level nodes:**  
Strutture INFN



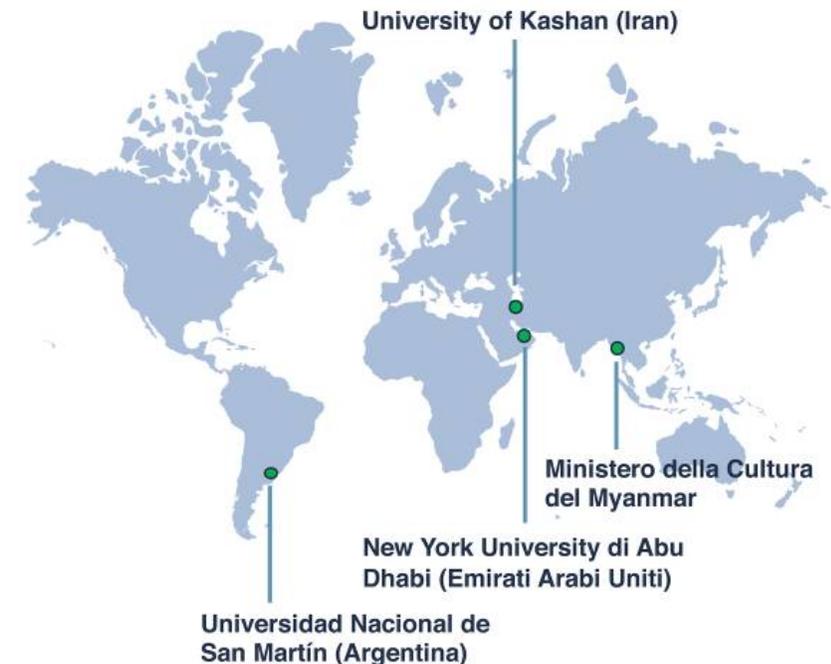
-  Nodi di livello 1
-  Nodi di livello 2
-  Nodi di livello 3



**2<sup>nd</sup> level nodes:**  
Università, Centri di Restauro,  
Associazioni con competenze  
complementari a quelle INFN

**3<sup>rd</sup> level nodes:**  
Università extra\_EU

I nodi di livello 3 sono incoraggiati  
a costruire sottoreti nel loro Paese

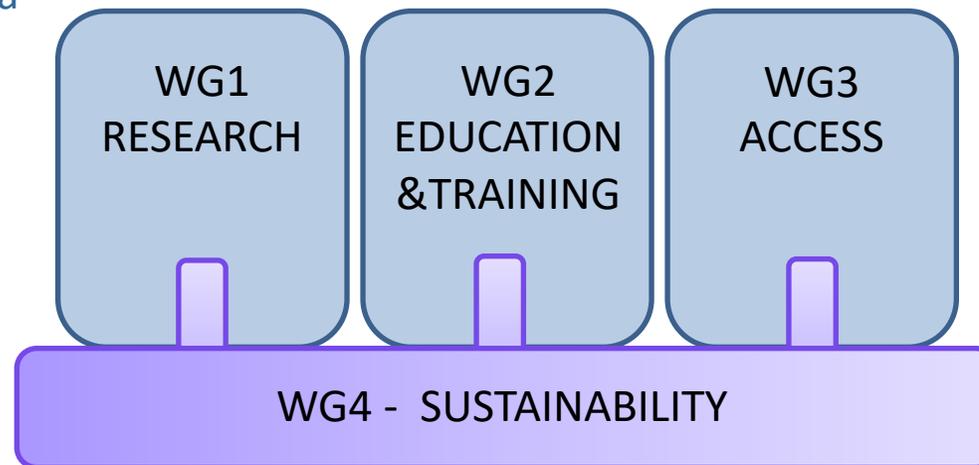


# Attività



3 gruppi di lavoro che coordinano le attività della rete

## CHNet working groups

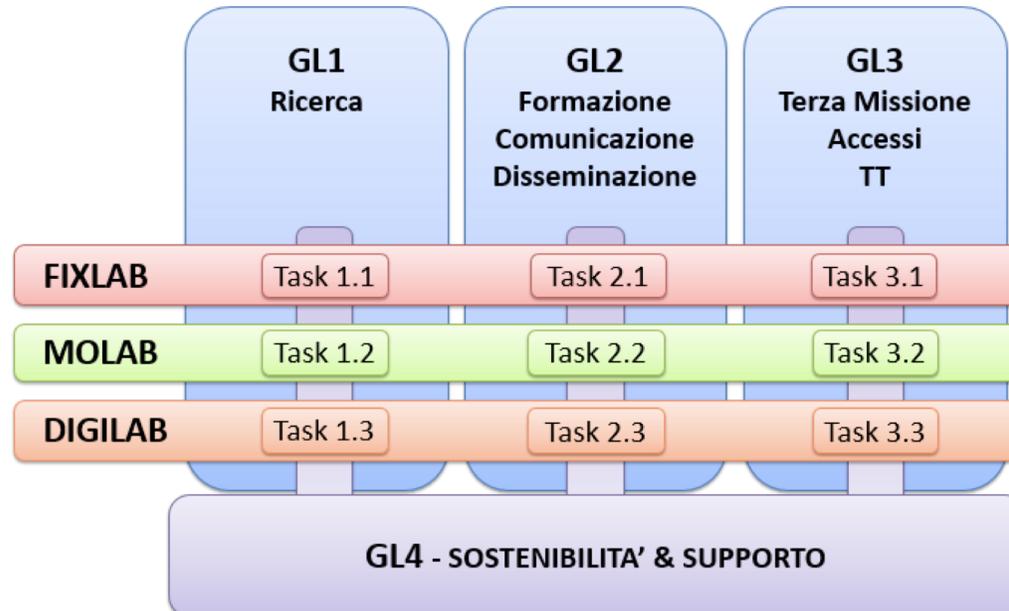


Research Infrastructure  
→ Fixed, mobile and digital laboratories

INFN-CHNet opera in sinergia col TT

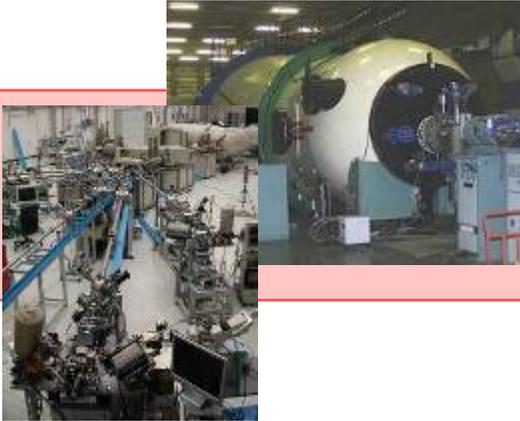
# Infrastruttura di ricerca

- Seguendo lo schema standard utilizzato dalle infrastrutture europee che forniscono accessi, la rete è organizzata in tre piattaforme:
  - **FIXLAB:** piattaforma dotata di strumentazione per le analisi in laboratorio;
  - **MOLAB:** piattaforma dotata di strumentazione per le analisi in situ;
  - **DIGILAB:** piattaforma dotata dei servizi di storage per i dati acquisiti dalle piattaforme FIXLAB e MOLAB e dei servizi per la fruizione di tali dati.



## Fixed Labs

Medium-large scale facilities (IBA,  $^{14}\text{C}$ , ...)



TL dating



X-ray imaging



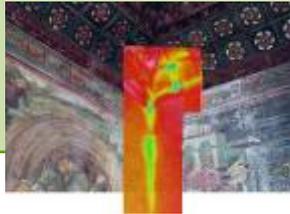
X-ray imaging



Mass Spectrometry

## Mobile Labs

Thermography



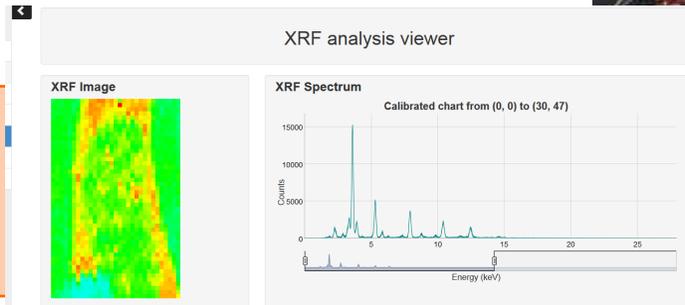
XRD

XRF

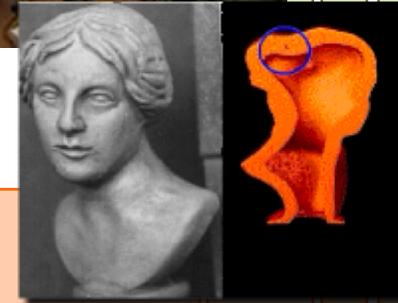


## Digital Labs

Web tools for data fruition



Data Storage and fruition





## Tecnologie per i Beni Culturali



### **Analisi elementali e/o composizionali sia in laboratorio che in situ**

- ✓  $(\mu)$ XRF/ $(\mu)$ XRD
- ✓  $(\mu)$ Raman
- ✓ Spettrofotometria

### **Datazioni**

- ✓ Radiocarbonio (AMS)
- ✓ Termoluminescenza (TL/OSL)

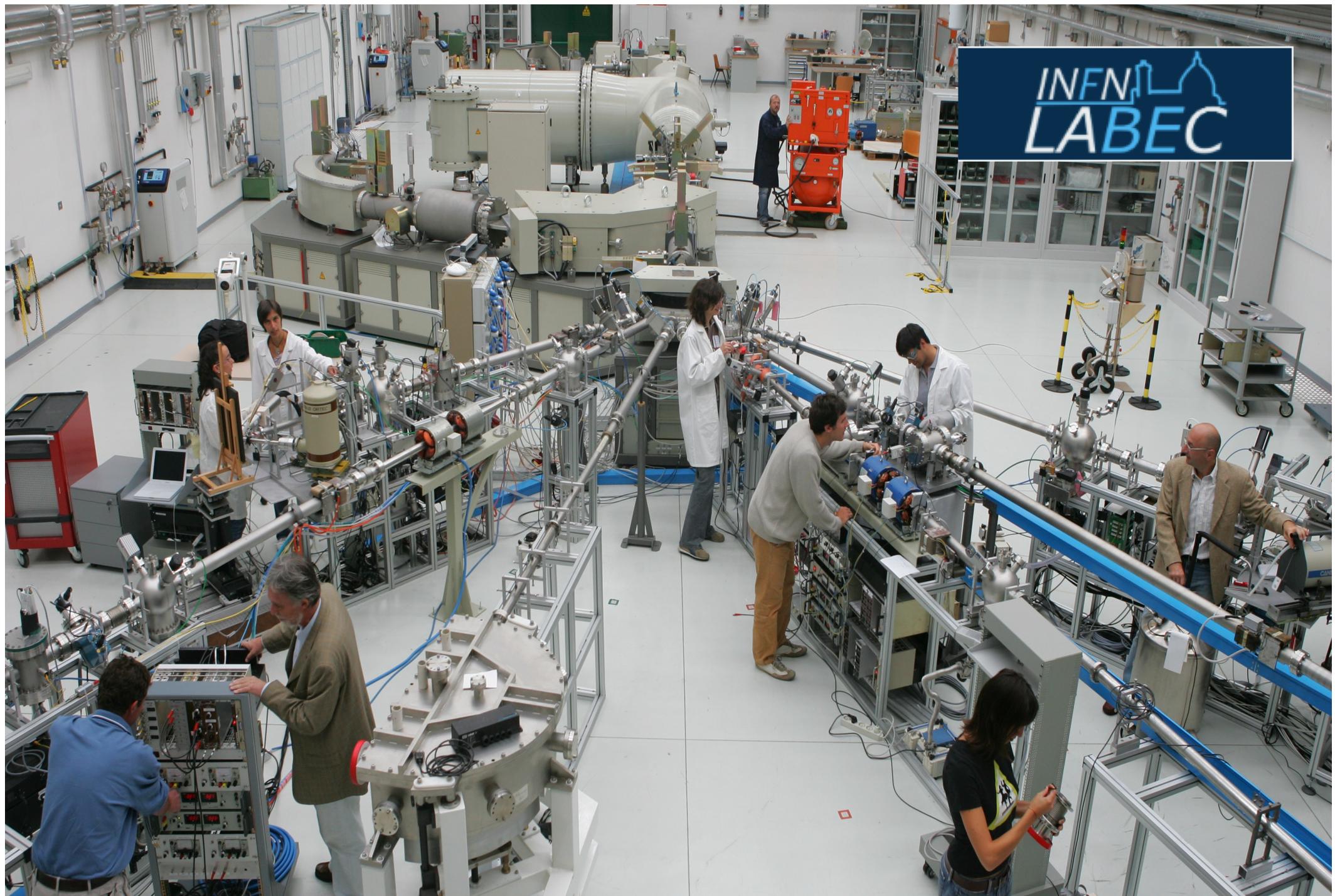
### **Analisi con acceleratore**

- ✓ Pixe/Pige/BS/RBS
- ✓ Ionoluminescenza

### **Imaging Tomografico**

- ✓ Indagini microtomografiche in laboratorio con risoluzione spaziale massima dell'ordine di 10  $\mu\text{m}$  e indagini tomografiche, sia in laboratorio che in situ, con raggi X di energia massima 200 keV

**Laboratorio di  
Tecniche  
Nucleari  
Applicate ai  
Beni Culturali**



# Ion Beam Analysis per i Beni Culturali

## Tecniche di Ion Beam Analysis (IBA)

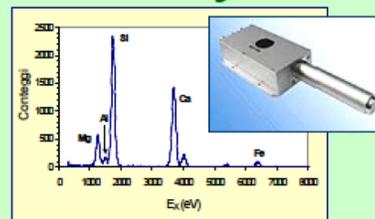
Le tecniche IBA consentono di analizzare la composizione di un materiale, utilizzandolo come bersaglio per un fascio di particelle cariche prodotte da un acceleratore (tipicamente protoni). In seguito all'interazione con le particelle del fascio, gli atomi e i nuclei del materiale emettono radiazione di energia caratteristica della specie atomica o isotopica. Rivelando quindi tale radiazione, è possibile riconoscere e quantificare gli elementi presenti nel materiale, cioè determinarne la composizione.



Fascio di particelle



Rivelazione della radiazione e analisi in energia



Radiazione di energia caratteristica (raggi X, raggi gamma, particelle...)

## Perchè è utile l'analisi dei materiali in campo archeometrico?

Conoscere la composizione dei materiali di un'opera d'arte o di interesse storico è fondamentale, per diversi scopi:

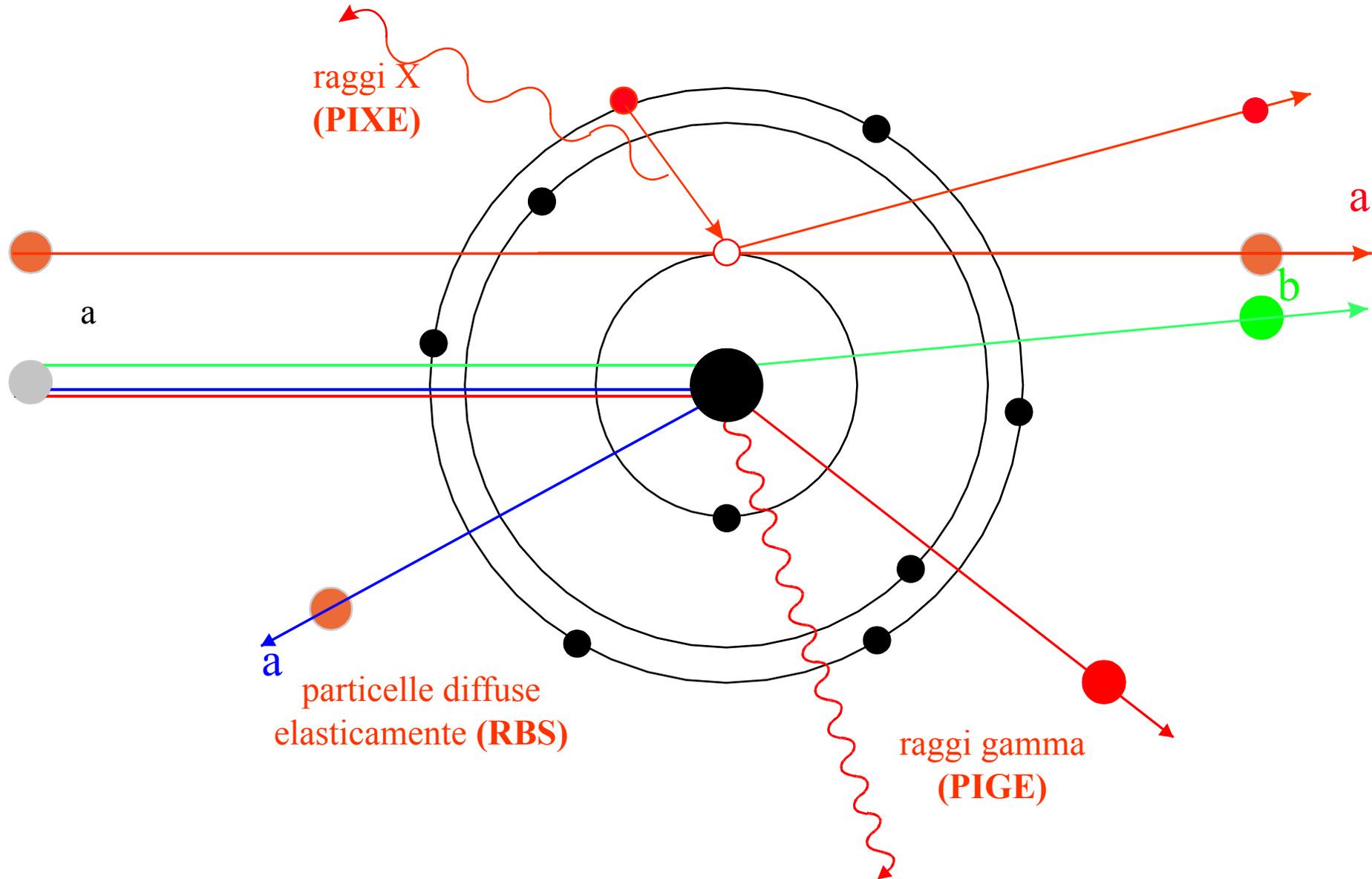
### "conoscere per sapere":

- ricavare informazioni su una singola opera, conoscere le tecniche specifiche impiegate da un artista
- effettuare datazioni indirette, attribuzioni, autenticazioni (o scoperta di falsi)
- ricavare informazioni storiche per ricostruire le tecnologie disponibili nei tempi passati, le fonti di approvvigionamento delle materie prime, gli scambi economici e culturali fra diverse popolazioni...

### "conoscere per intervenire":

- controllare i processi di degrado
- aiutare gli esperti nella scelta di tecniche e materiali di restauro compatibili e reversibili, e di appropriate condizioni di conservazione

# *Ion Beam Analysis*

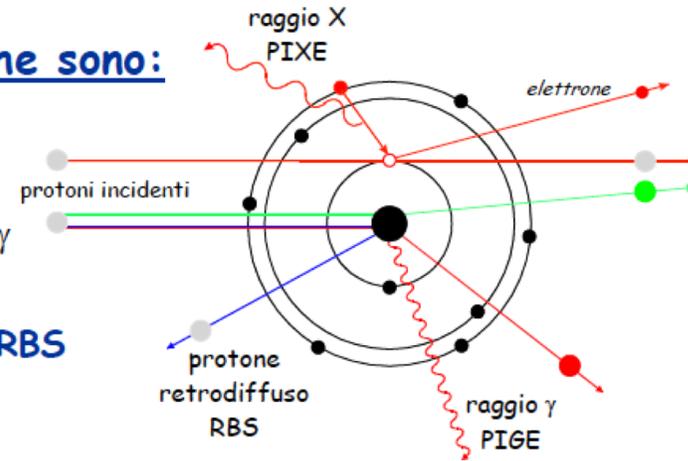


All'interno delle IBA si distinguono varie tecniche, che sfruttano per l'analisi diversi tipi di radiazione indotta da diversi processi fisici.

### Le tecniche IBA più utilizzate per analisi archeometriche sono:

- ✓ **PIXE** (Particle Induced X-ray Emission) → si rivelano i raggi X emessi dagli atomi
- ✓ **PIGE** (Particle Induced Gamma-ray Emission) → si rivelano i raggi  $\gamma$  emessi dai nuclei

In alcuni casi possono aggiungere informazioni utili anche le tecniche **RBS** (Rutherford Backscattering Spectrometry → si rivelano le particelle incidenti "retrodiffuse" dai nuclei) e **IBIL** (Ion Beam Induced Luminescence → si rivela radiazione emessa nel visibile).



- ▶ L'analisi è tipicamente "in esterno": può essere realizzata estraendo il fascio dalle linee di vuoto in aria, permettendo di mantenere quindi il campione da analizzare in atmosfera.
- ▶ Il fascio esterno e la possibilità di usare correnti di fascio estremamente basse, le rende tecniche totalmente non invasive e non distruttive → consentono l'analisi di un'opera d'arte senza effettuare prelievi e senza arrecare alcun danno.

## Per quali materiali e manufatti sono utili le IBA?

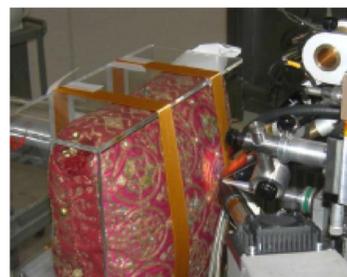
Dipinti su tavola e tela

Ecco qualche esempio di opere analizzate al LABEC...



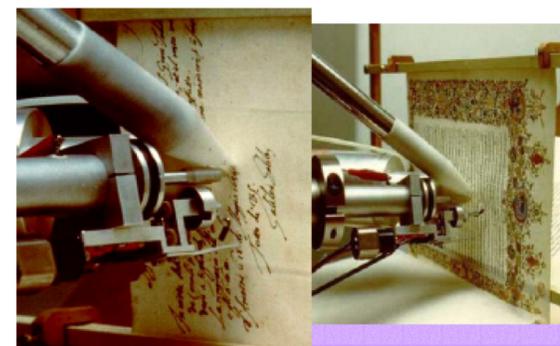
Disegni su carta preparata

Filati "metallici"

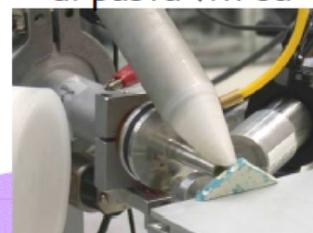


Tessere musive di pasta vitrea

Inchiostri e miniature in antichi manoscritti e documenti storici



Manufatti in pietre dure



INFN - Sezione di Firenze  
Via Bruno Rossi 1  
50019 Sesto Fiorentino (Fi)



# INFN-CHNet- progetti regionali e nazionali

## RESEARCH ACTIVITIES

<b>REGIONAL PROJECTS:</b>	ADAMO	Regione Lazio	
	MUSA		
	ECODIGIT		
	ANAGRAFE		Totale fondi: 945 k
	SAX	Regione Piemonte	
	NEXTO		
	AFTTER	Regione Toscana	
<b>NATIONAL PROJECTS:</b>	MACHINA		Totale fondi: 1.77 M

# INFN-CHNet- EU projects



## RESEARCH ACTIVITIES



Creation of a digital platform for the integration of archaeological datasets, including datasets from scientific campaigns.

2019-2022 > 60 k€



Coordination of national Open Science efforts across Austria, Belgium, France, Germany and Italy, ensuring their readiness for the implementation of the European Open Science Cloud (EOSC). CHNet participates with datasets from diagnostics on cultural heritage

2019-2022 ~ 90 k€



**IPERION HS**

Extension of IPERION CH project, supports research on heritage interpretation, preservation, documentation and management.

2020-2022 ~ 90 k€



**E-RIHS**

EUROPEAN RESEARCH INFRASTRUCTURE FOR HERITAGE SCIENCE

**1 EU project will be submitted in next November**

# Education: Training Camps, Masterclasses & Games

## EDUCATION ACTIVITIES



### Training Camps

**One-week summer schools on non-destructive in-situ diagnostic techniques on cultural heritage, organisation led by INFN in the framework of E-RIHS.it infrastructure**  
**Target: bachelor or master degree graduated in science or humanities applied to cultural heritage, and restorers**



### Masterclasses “Physics in Art”

**One day lessons/laboratories on specific diagnostic techniques in at least two different CHNet nodes, with a call to compare results and share ideas**  
**Target: high school classes**



### Games

**Acceleropoly: play to bring the proton on your sample along a particle accelerator**  
**How old is it? : play to find out the age of your archaeological find through radiocarbon dating**  
**Target: primary school classes**

# CHNet: outcome 2019 (first semester)

**Theses: 24**

**First degree: 16**

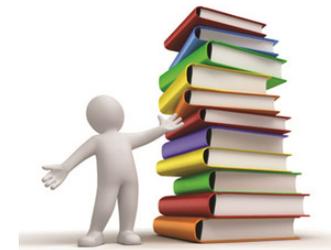
**Master degree: 8**



**9 services for private  
companies  
(+5 in progress)**

**30**

**accesses to the network  
instrumentation**



**36 publications  
(ISI)**

# Education: Training Camps

## EDUCATION ACTIVITIES



**One-week Summer Schools on non-destructive in-situ Diagnostic techniques on Cultural Heritage, organisation led by INFN**

Target: bachelor or master degree graduated in science or humanities applied to cultural heritage, and restorers

- Publication of a call
- Selection of about **20-30 participants**
- Laboratories **in small groups** (5-6 p) on selected artworks, with different techniques and together with researchers of ENEA, INFN, CNR and restorers of OPD

A fee is required to cover only part of the accommodation cost; the rest is covered by the MIUR

Multidisciplinary, small groups  
Hands on instrumentation and artworks

(satisfaction questionnaire: **approval rating 8.5/10**)

# Education: Training Camps

## EDUCATION ACTIVITIES



**SANSEPOLCRO (AR) 2014**



**L'AQUILA 2015**



**SIRACUSA 2016**



**ALGHERO (SS) 2017**

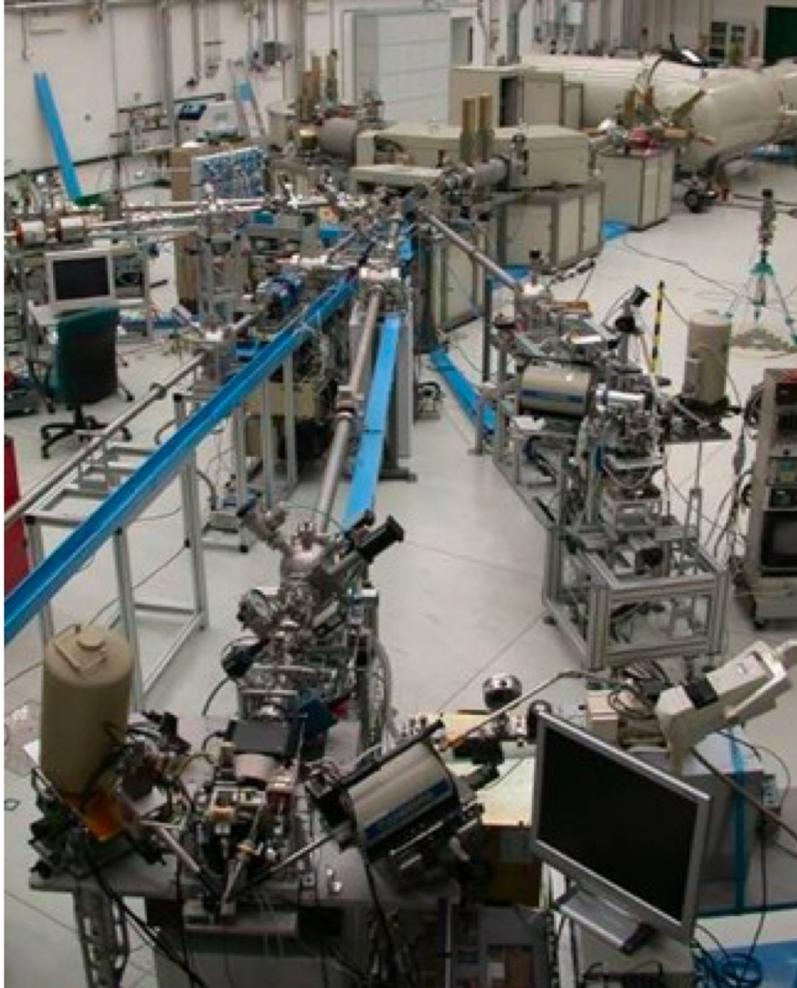


**GIOIA DEL COLLE (BA) 2018**

# MACHINA - Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Non-destructive Analysis

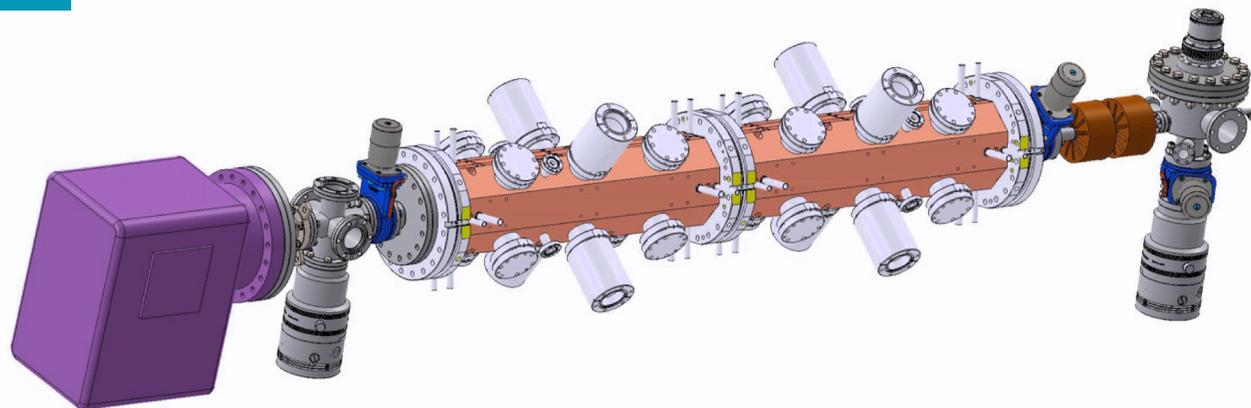
- Un acceleratore di nuova generazione frutto della collaborazione tra l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e Il CERN dedicato interamente ai beni culturali. È questa la carta d'identità del progetto **MACHINA (Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Non-destructive Analysis)** per la costruzione, ai laboratori **dell'Opificio delle Pietre Dure (OPD) di Firenze**, di un acceleratore compatto trasportabile, basato sulla tecnologia di quadrupolo a radiofrequenza (HF-RFQ) sviluppata al CERN e ottimizzata per applicazioni mediche, da dedicare a tempo pieno agli studi di diagnostica non invasiva per il restauro e lo studio dei materiali di reperti storici e opere d'arte.
- L'apparato tecnico dell'acceleratore HF-RFQ da sviluppare nell'ambito del progetto MACHINA si basa essenzialmente sui seguenti comparti:
  - Sorgente di ioni
  - Canale di bassa energia (LEBT - Low Energy Beam Transport)
  - Acceleratore HF-RFQ
  - Canale di alta energia (HEBT - High Energy Beam Transport)
  - Punto di misura
  - Sistemi di supporto e diagnostica
  - Sistema di controllo
  - Radioprotezione

# MOVABLE ACCELERATOR: MISSION IMPOSSIBLE?

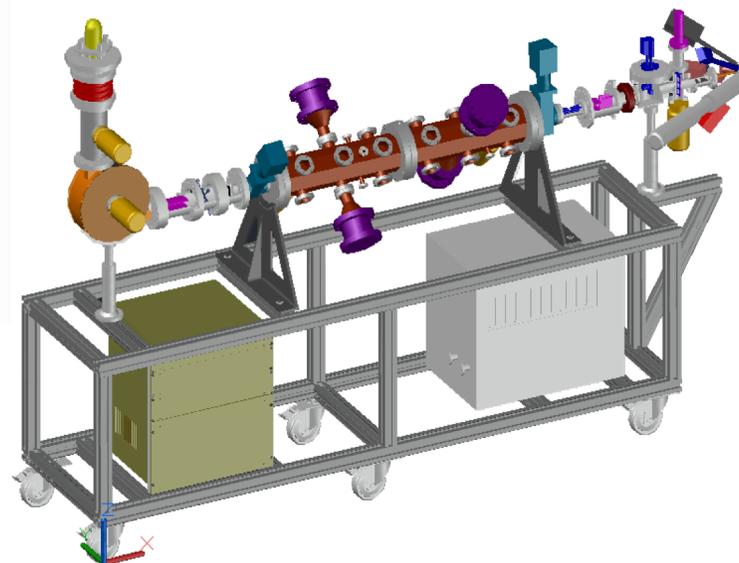


**Art meets Physics.** Singapore, 15 April 2019

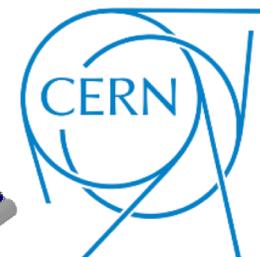
# MACHINA: HOW WE ARE DOING IT?



Radio-Frequency Quadrupole



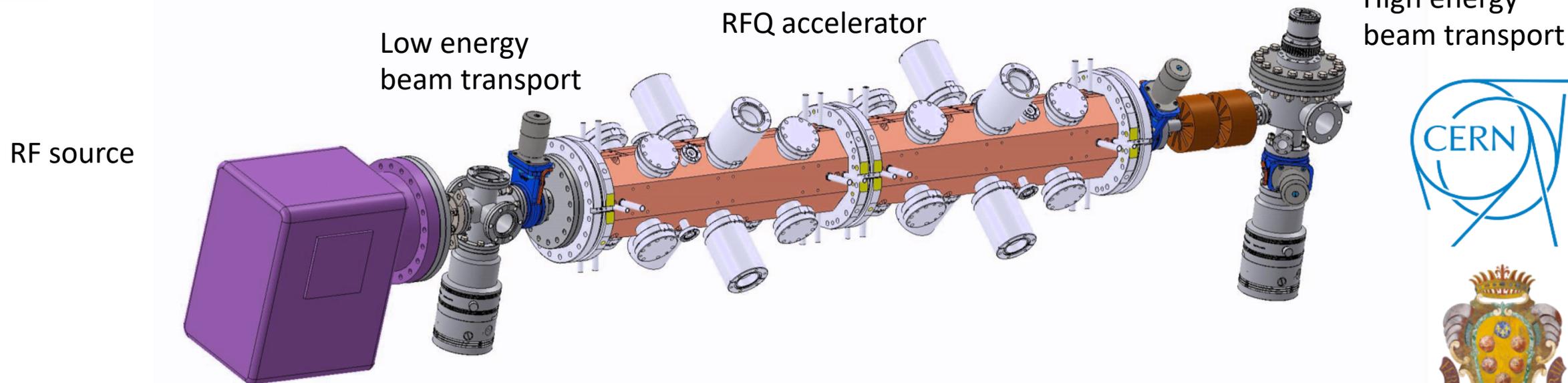
Compact, transportable accelerator



Opificio  
delle  
Pietre Dure

**INFN:** L. Giuntini, L. Castelli, G. Calzolari, M. Chiari, C. Czelusniak, M.E. Fedi, M. Manetti, L. Palla and F. Taccetti;  
**CERN:** G. Anelli, S. Atieh, A. Bilton, A. Grudiev, A. Lombardi, E. Montesinos, M. Timmins, M. Vretenar and S. Mathot.

# MACHINA: HOW WE ARE DOING IT?

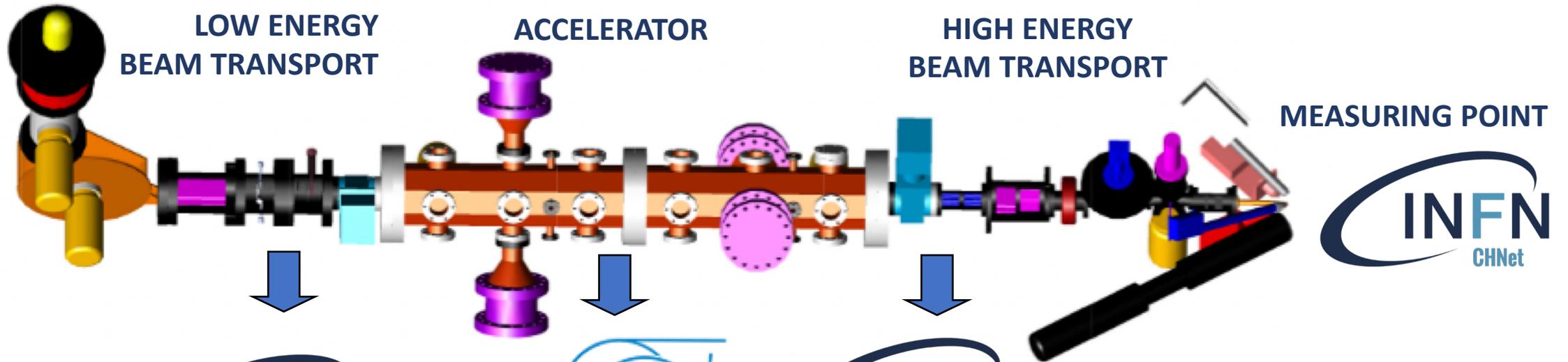


- Accelerator: RFQ for protons, two modules, each of 1 MeV
- Direct coupling of the ion source (a RF source) to the RFQ
  - Very compact (overall length < 2.5 m)

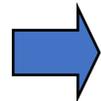
- THE SYSTEM IS **MODULAR**. FURTHER 1 MeV MODULES MIGHT BE ADDED IN THE FUTURE



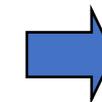
# MACHINA: HOW WE ARE DOING IT?



- POWER SUPPLY
- VACUUM SYSTEM
- MACHINA CONTROL SYSTEM
- INTERLOCK MANAGEMENT
- RADIO SAFETY
- COOLING SYSTEM



TESTS ON CULTURAL  
HERITAGE OBJECTS



# MACHINA: WHEN?



The project was launched at mid-2017, funded at the beginning of 2018, aiming at being concluded in a couple of years.



**Prototype in operation  
within one year.**



## STAY TUNED!

<http://chnet.infn.it/en/home-3/>

**THE FIRST APPLICATION OF MACHINA IS EXPECTED  
AT THE **END OF 2020** FOR THE STUDY OF AN IMPORTANT MASTERPIECE  
AT THE OPIFCIO DELLE PIETRE DURE IN FLORENCE**

# Reti con nodi a competenza complementare

- La rete è composta da nodi che hanno competenze specifiche quasi completamente non sovrapponibili ma che messe a sistema garantiscono un'efficace risposta a ben identificate tematiche. All'interno dei nodi il livello di specializzazione è particolarmente elevato garantendo una risposta molto efficace e di elevatissimo livello. In molti casi le competenze dei singoli nodi sono uniche a livello sia nazionale che internazionale.
- I vantaggi di questa rete sono connessi alla complementarietà che i singoli nodi possono esprimere. In questo caso **la risposta che la rete è in grado di fornire va ben oltre ciò che il singolo nodo potrebbe fare**. La capacità di risposta globale relativamente alle specifiche tematiche consente alla rete di proporsi in ambiti più ampi e di garantire un più alto livello di intervento su specifiche problematiche.

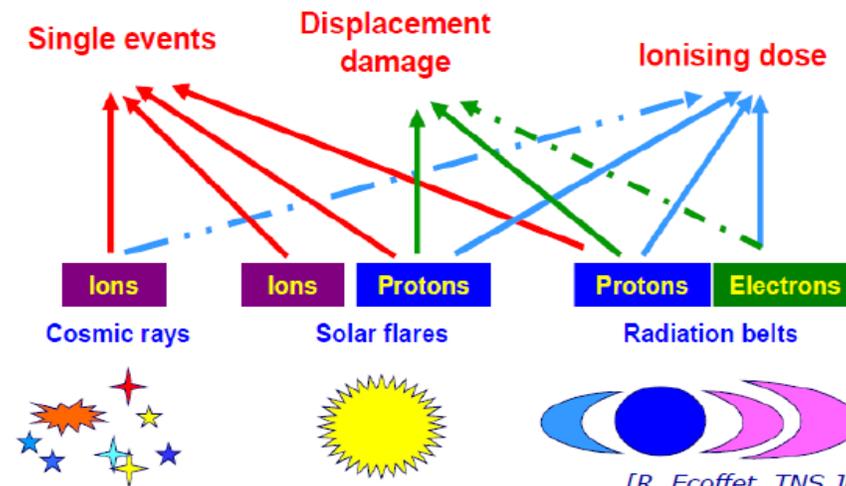
# RadNet

un network INFN delle facilities nazionali di interesse per la misura della resistenza al danno da radiazione di dispositivi e sistemi elettronici

D.Bisello, CNTT, 22 aprile 2015

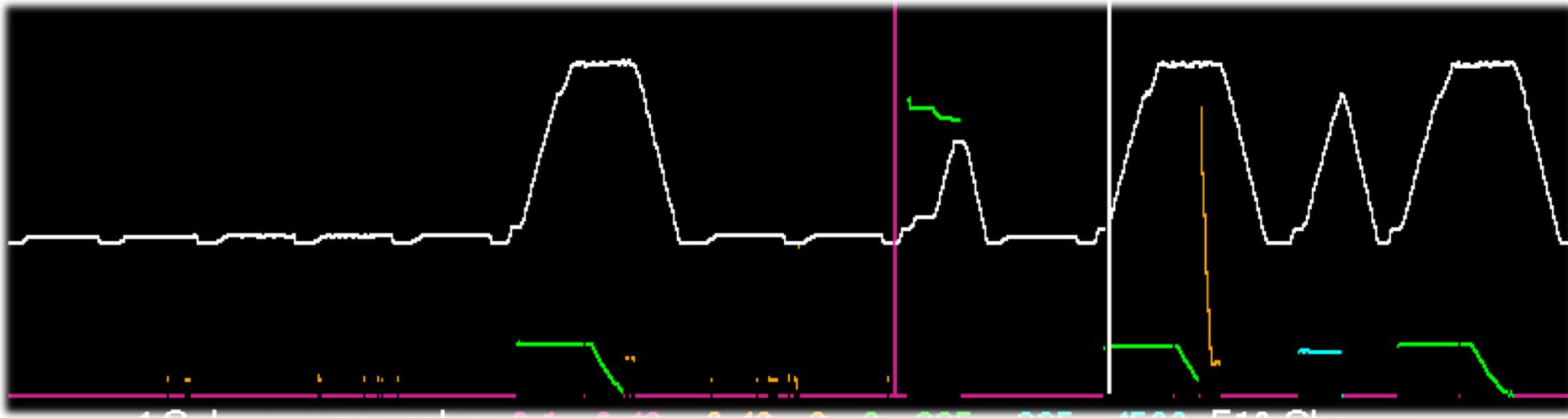
# Radiazioni vs dispositivi elettronici

- Gli effetti delle radiazioni sono un pericolo costante per il funzionamento di dispositivi e sistemi elettronici e optoelettronici (E/O) e possono esserlo per materiali ottici, plastiche, colle, etc.
- Le radiazioni producono nei dispositivi e nei sistemi E/O:
- **danni cumulativi**, come il deposito di carica negli strati isolanti (**TID**) o il danno nel reticolo cristallino dei semiconduttori (**TDD**), che determinano un progressivo deterioramento delle prestazioni,
- **eventi singoli** di danneggiamento (**SEE**), che possono essere a loro volta recuperabili o distruttivi.



# Cosa esiste per lo spazio in Europa?

- ESA ha 3 Laboratori di riferimento, Louvain, PSI e Jyväskylä, dove ha contribuito alle spese di costruzione di linee di irraggiamento e presso i quali garantisce la dosimetria
- ESA acquista tempo macchina presso tali Laboratori che poi ridistribuisce tra le ditte che lavorano per ESA
- Ditte o Laboratori che eseguono misure fuori da questi laboratori devono autocertificarsi



# Una novità

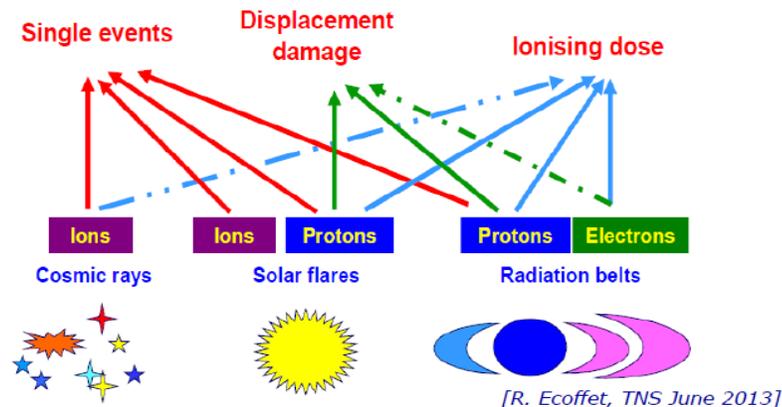
- ASI ha deciso di essere l'interfaccia di ESA in Italia anche nel campo della validazione per lo spazio
- Per tale attività ASI intende appoggiarsi sulle strutture INFN (+ CNR ed ENEA)
- Le norme ASI/ESA di qualità dei fasci e dosimetria richiedono una standardizzazione dei sistemi di dosimetria
- Di nuovo fondi per strutture e personale di fronte a finanziamenti ASI/ESA



# Cosa può offrire l'INFN?

- sorgenti gamma, macchine radiogene
- fasci di elettroni a BTF
- fasci di protoni (da 100 keV a 230 MeV)
- fasci di ioni
- neutroni in futuro (anche di alta energia con la fase  $\delta$  di SPES)
- gruppi di rinomanza mondiale nello studio del danno da radiazione (Bergamo/Pavia, Padova, al.)

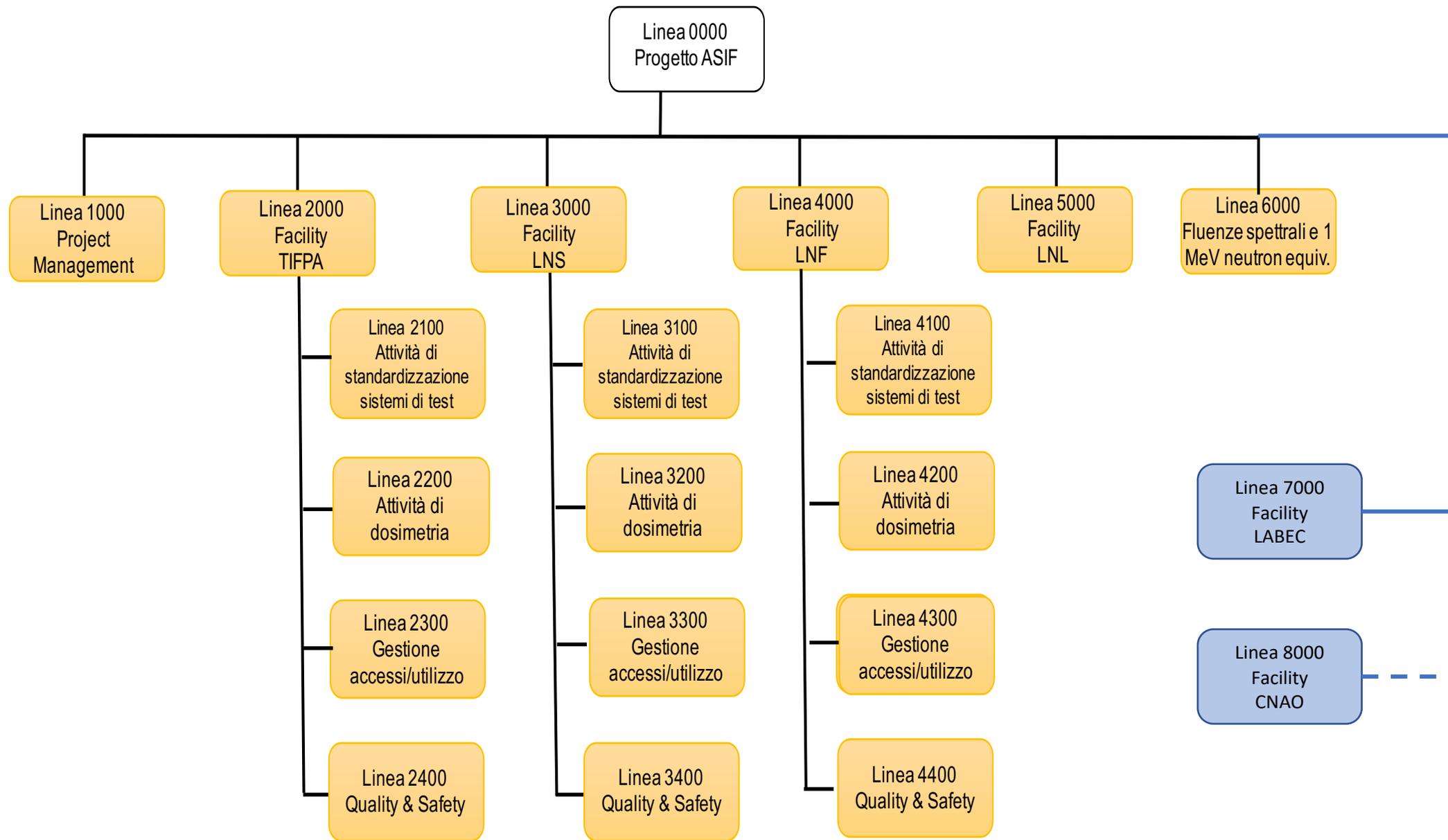
**WARNING:** nel campo delle sorgenti gamma e dei neutroni da reattore c'è una consolidata presenza ENEA.





## ASIF : Rete con nodi a competenza complementare

- **ASIF** è la rete connessa allo **studio e alla validazione della componentistica per le missioni spaziali**. In questo caso le aziende aerospaziali sono interessate a effettuare test di altissimo livello tecnologico sulla loro componentistica utilizzando fasci di particelle che possano simulare le condizioni presenti nello spazio profondo.
- Nei laboratori INFN esistono macchine acceleratrici in grado di fornire tutte le risposte possibili grazie alla varietà dei fasci disponibili a varie energie.
- Dall'unione di tutte queste competenze, molto specifiche e di elevatissimo livello internazionale, la rete trae una forza di intervento sulle tematiche spaziali che non ha eguali sicuramente in Italia ma che pochi altri possono esprimere al mondo.



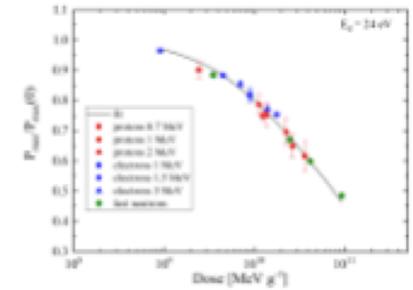


# ASIF

## ASI Supported Irradiation Facilities

### ASI-ENEA-INFN agreement

(version 2.4.1)



[Home](#) [beam requests: asif gateway](#) [asif facilities and laboratories](#) [fluence to TID/TNID](#) [sr-niel calculators](#) [documentation](#) [who in asif](#)

You are here: [Home](#) ▶ [beam requests: asif gateway](#)

## website search

## asif beam request and gateway



### asif website

- [home](#)
- [about asif](#)
- [methodologies and characterization of asif facilities](#)
- [space radiation environment](#)
- [sr-niel physics handbook](#)
- [website history](#)
- [latest news](#)

Currently, the ASIF gateway is still not operational.

Beam requests can be submitted using the following email addresses:

- to ENEA-Calliope, [calliope.asif@enea.it](mailto:calliope.asif@enea.it)
- to ENEA-Tapiro, [tapiro.asif@enea.it](mailto:tapiro.asif@enea.it)
- to ENEA-Triga, [triga.asif@enea.it](mailto:triga.asif@enea.it)
- to ENEA-FNG, [fng.asif@enea.it](mailto:fng.asif@enea.it)
  
- to INFN-LNS, [asif\\_ins@lists.lns.infn.it](mailto:asif_ins@lists.lns.infn.it)
- for all other facilities, [asif@mib.infn.it](mailto:asif@mib.infn.it)

## visitors from september 3, 2018

Today	131
Week	214
Month	416
Total	30983

## Who Is Online

1  
Online

## news

[TNID calculator for neutrons](#)

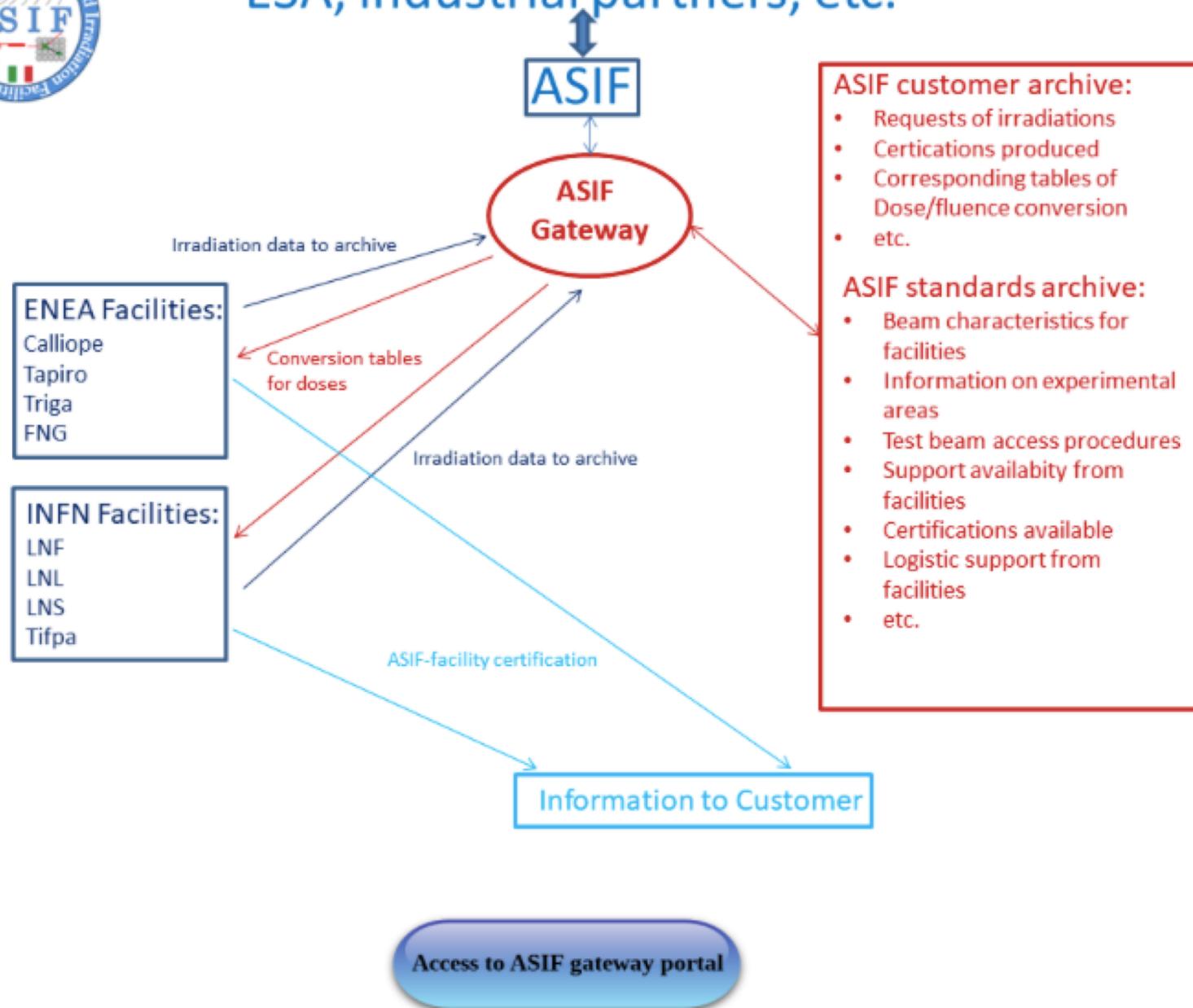
[TID converter for protons and ions](#)

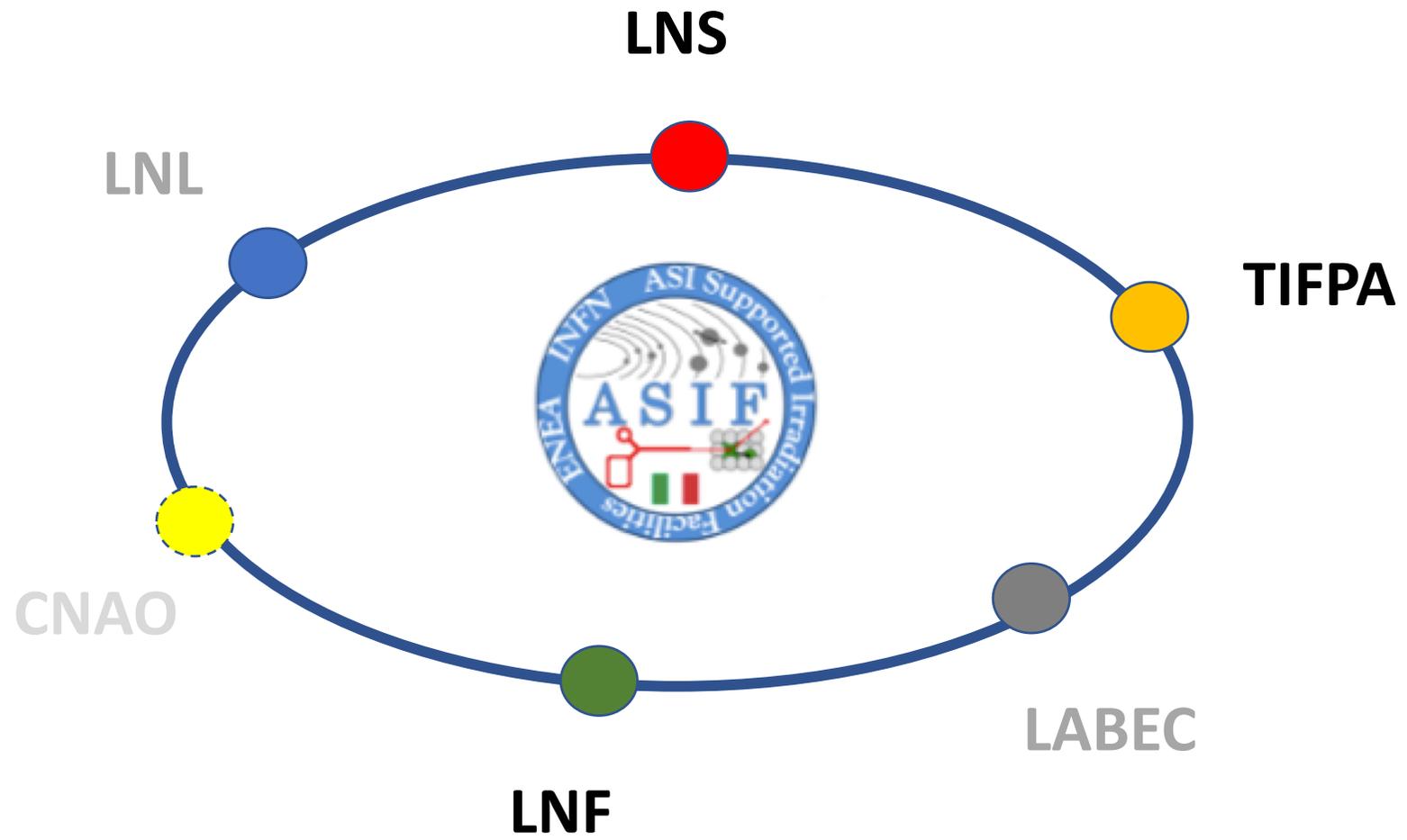
## related links

- [ESCC radiation tools](#)
- [sr-niel website](#)
- [ESCC radiation standards and guidelines](#)
- [ESCC-CTB](#)
- [ECSS](#)



## ESA, industrial partners, etc.

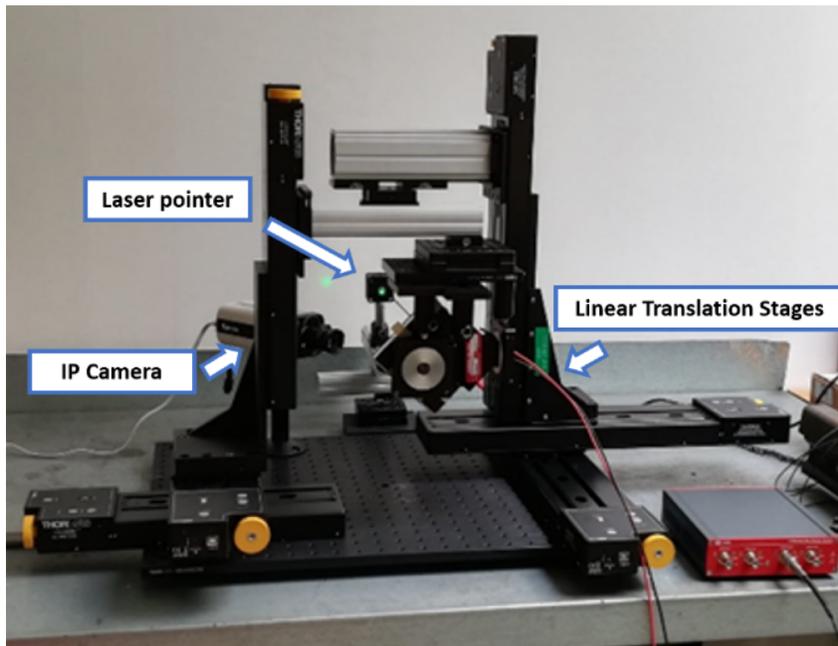




# ASI Supported Irradiation Facility (ASIF) Project @ INFN-LNS

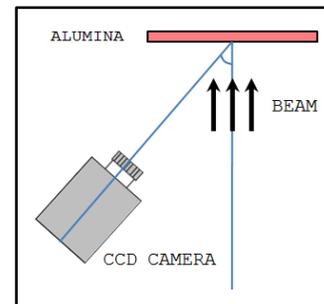
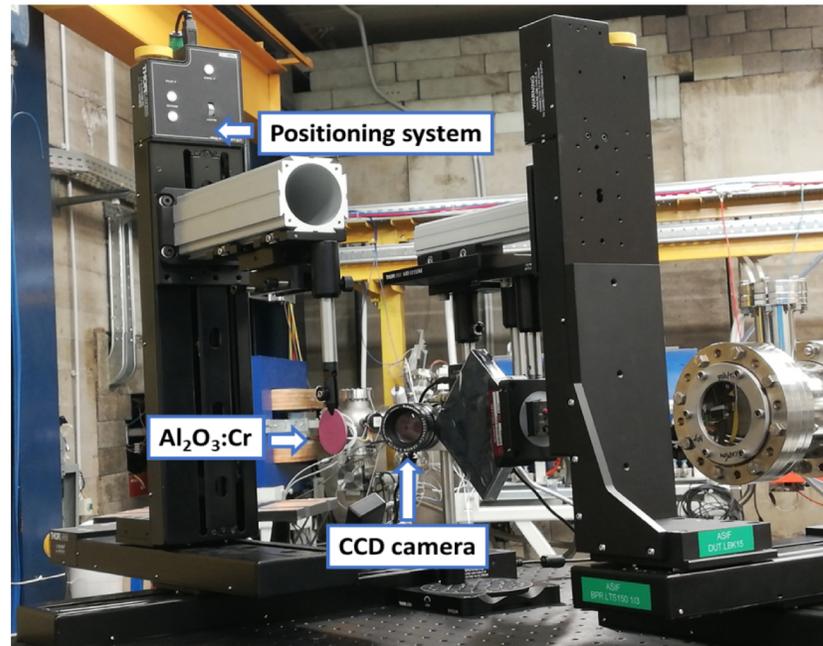
- At LNS, two beamlines have been dedicated : CATANA for *Integrated Dose Test* with protons and Zero Degree beamline for *Single Event Effect studies* with heavy ions.
- Zero Degree beamline has been upgraded in order to meet the ESA ESCC No. 25100 specifications regarding to **SPATIAL UNIFORMITY, FLUX and FLUENCE** , **ENERGY** measurements.
- In order to guarantee **accurate and repeatable procedures** a **DUT positioning system** (remote controlled) and a **Quality Plan/Quality Assurance system** have been developed.

## DUT POSITIONING SYSTEM



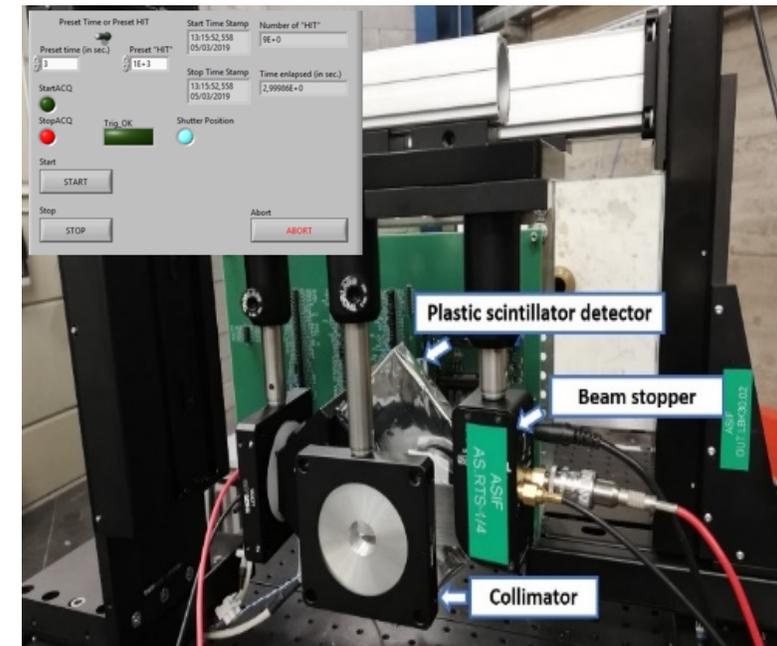
- A set of linear motion stages allow up to 300 mm travel range along x-y-z axes;
- A downstream laser pointer and a collimation system allow the DUT alignment along the beam axis;
- An IP camera checks the device position during irradiations.

## SPATIAL UNIFORMITY



- A 16-bit CCD camera collects the light from the alumina when it is hit by radiation;
- A dedicate in-house software allows for the real-time data acquisition and processing.

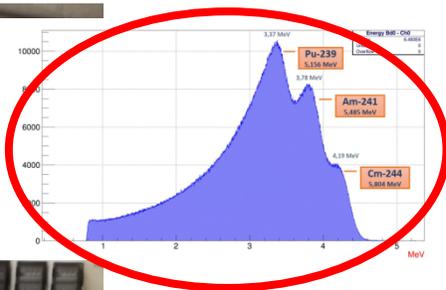
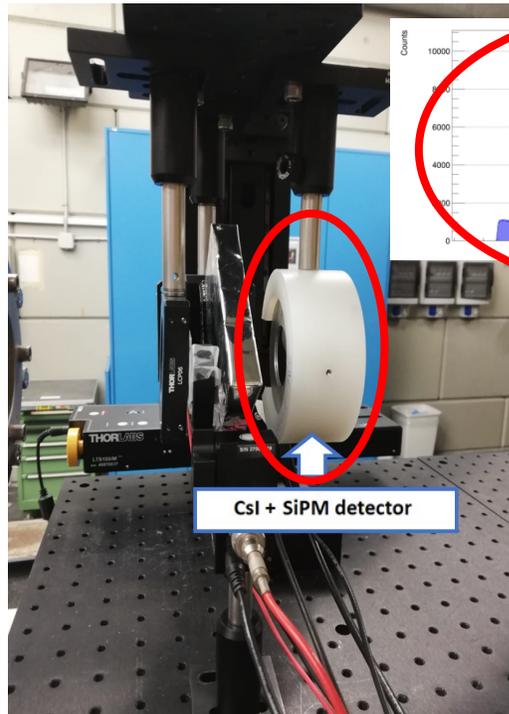
## FLUX and FLUENCE



- Flux and fluence measurements are performed on-line by means of an **in-transmission scintillator counter**;
- it is possible to remotely stop the particle beam as soon as the required fluence is reached by means of a beam stopper positioned between the collimator and the scintillator counter.

# ASI Supported Irradiation Facility (ASIF) Project @ INFN-LNS

## ENERGY



The CsI detector has been calibrated in air with a 3 peaks alpha source

The analog signal from the CsI detector is sent to a CAEN digitizer and managed by a multiparametric DAQ software

- For proton and light ions up to  $Z = 8$ , accurate energy estimation are carried out through measurements of Bragg-peak in a water phantom by using a PTW Markus chamber (Mod. 3002) or a PTW Advanced Markus Chamber.

## UPGRADE ACTIVITIES

- During the last SEE test, a bottle containing a cocktail of  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^{40}\text{Ar}$  and  $^{84}\text{Kr}$ , has been set-up.
- The INFN-LNS SERSE ion source has been upgraded in order to improve also the overall performance of the irradiation facility, especially beam portfolio and switch over times.
- A two stages  $\Delta E$ -E detector will be installed to cross-check energy and purity at the Device Under Test (DUT) position.

## QUALITY PLAN

A **Quality Plan** has been draft in order to meet the ASIF contract requirements.



- **Quality Assurance Plan**
- **Risk Assessment Plan (by using the Failure Mode and Criticality Effect Analysis criteria)**
- **Risk Analysis**
- **Maintenance Plan**
- **Product Breakdown Structure**
- **Master Plan Of Work**

## MANAGEMENT and BTU SUPPLIED

- I. **Management of BTU requests and users access to LNS**
- II. **Management of the irradiation test specifications (Energy, LET, flux and fluence)**
- III. **Supply Agreement**
- IV. **Support during the irradiation tests**
- V. **Preparation and delivery of a Test Report**

MONTH	ION SPECIES	BTU
April 2018	$^{129}\text{Xe}$ , $^{40}\text{Ar}$ , $^{84}\text{Kr}$	1, ½, ½
July 2018	$^1\text{H}$ , $^{84}\text{Kr}$	1, 3
October 2018	$^1\text{H}$	1
December 2018	$^1\text{H}$	1
February 2019	$^1\text{H}$	1
March 2019	$^{84}\text{Kr}$ , $^{40}\text{Ar}$ , $^{20}\text{Ne}$	¾, ½, ¾
May 2019	$^{84}\text{Kr}$ , $^{40}\text{Ar}$ , $^{20}\text{Ne}$	½, ½, 1, 2
	<b>Heavy ions BTU total</b>	<b>11</b>
	<b>Protons BTU total</b>	<b>4</b>

24 BTU per year for irradiation tests are available at LNS

# Existing infrastructures/apparatus available at TIFPA experimental room (Trento Protontherapy center)

## Facility

- Operational since 2016
- Over 40 national and international users
- Established PAC with 3 calls per year
- Selected as CORA-IBER ESA facility, ASIF and ERFNet programs

## Machine specs

- o Type: Isochronous Cyclotron
- o Max intensity: 320 nA ( $10^{11}$  proton s<sup>-1</sup>)
- o Max energy: 228 MeV
- o Min Time for Energy Change: 2 s

## Multifunctional laboratory (next to the target room)

- Local control room
- Preparation room
- Standard electronics modules
- DAQ
- Cell incubator

## Target room

### Beam delivery

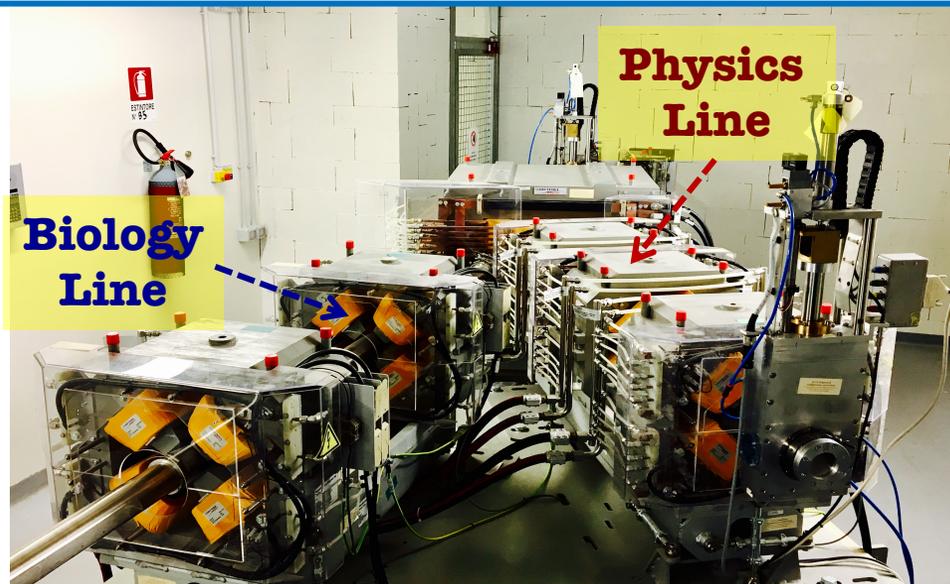
- Pencil beam
- Large field (up to 10x10 cm<sup>2</sup>) passively produced

### Hardware

- Adjustable and remotely controlled target stands
- High-precision alignment laser system
- Water and Rando phantoms
- Passive energy degraders (PE, solid water)

### Detection systems

- Dosimetry (IC, proportional counter)
- Microdosimetry (TEPC)
- Flux and  $\Delta E$  of single-particle (Plastic scintillators, Mini-Q)
- Range verification (Giraffe IBA-Dosimetry)
- Spatial distribution (Lynx IBA-Dosimetry)



# Upgrades of the target room

## Ongoing

- Rail system mounted on both beam lines for advanced target positioning
- Range shifter with minimum step of 0.1 mm
- Solar Particle Event (SPE) simulator

## Wish list

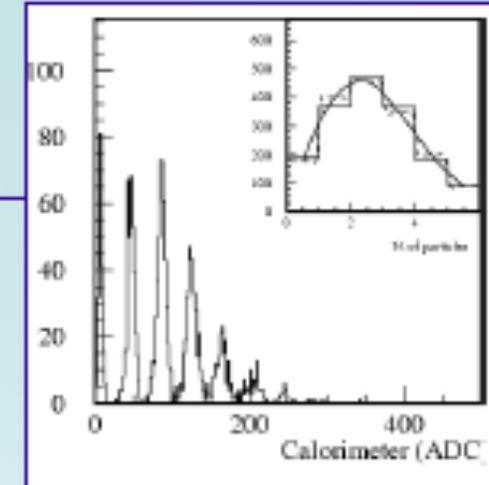
- Advanced dosimetry system including online beam position monitoring
- BSS gateway system for beam control and parasitic use between-patients
- *In vivo* irradiation system
- High dose rate irradiation
- Scanning magnet to produce large fields with active delivery and deliver medical treatment plans.



# Laboratori Nazionali di Frascati: Beam Test Facility

Fascio di positroni o elettroni, con una intensità modulabile grazie alla dispersione in energia introdotta dal bersaglio, selezionando l'energia e tramite dei collimatori, fino ad ottenere il regime di singola particella per impulso

<i>Number (particles/pulse)</i>	$1 \div 10^5$	$1 \div 10^{10}$
<i>Energy (MeV)</i>	25-500	25-750
<i>Repetition rate (Hz)</i>	20-50	50
<i>Pulse Duration (ns)</i>	10	1 or 10
<i>p resolution</i>	1%	
<i>Spot size (mm)</i>	$\sigma_{x,y} \approx 2 \times 2$ (single particle) up to $10 \times 10$ (high multiplicity)	
<i>Divergence (mrad)</i>	$\sigma'_{x,y} \approx 2$ (single particle) up to 10 (high multiplicity)	



## Multi-purpose facility:

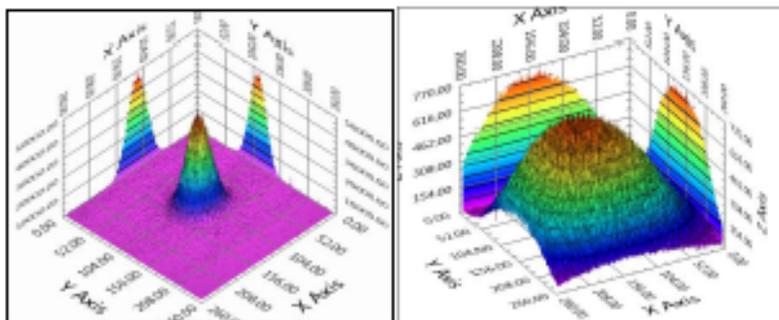
- **Detector calibration and setup**
- **Calorimetry**
- **High multiplicity efficiency**
- **Detectors aging and efficiency**
- **Beam diagnostics**



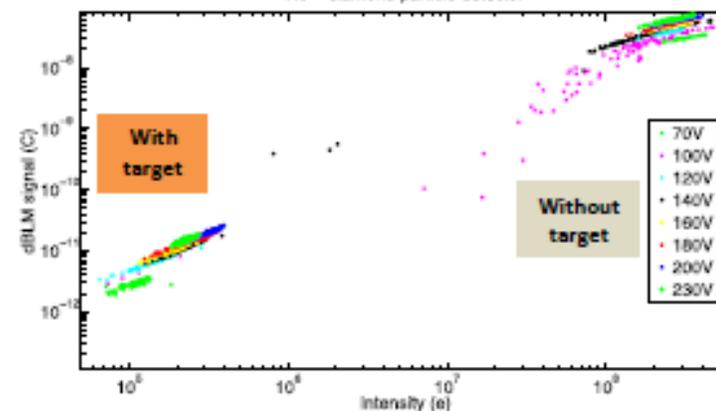
## Beam parameters

The beam can be delivered in different modes: **dedicated** running or **parasitic** operation and **with** or **without** attenuating target. Different ranges of beam parameters can be achieved:

Parameter	Parasitic mode		Dedicated mode	
	With target	Without target	With target	Without target
Particle species	e <sup>+</sup> or e <sup>-</sup> Selectable by user	e <sup>+</sup> or e <sup>-</sup> Depending on DAFNE mode	e <sup>+</sup> or e <sup>-</sup> Selectable	
Energy (MeV)	25–500	510	25–700 (e <sup>-</sup> ) 25–500 (e <sup>+</sup> )	250–730 (e <sup>-</sup> ) 250–530 (e <sup>+</sup> )
Energy spread	1% at 500 MeV	0.5%	0.5%	
Repetition rate (Hz)	Variable between 10 and 49 Depending on DAFNE mode		1–49 Selectable	
Pulse duration (ns)	10		1.5–40 Selectable	
Intensity (particles/bunch)	1–10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup> –1.5 10 <sup>10</sup>	1–10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup> –3 10 <sup>10</sup>
Maximum average flux	3.125 10 <sup>10</sup> particles/s			
Spot size (mm)	1–25 (y) × 1–55 (x)			
Divergence (mrad)	1–2			



HS – diamond particle detector



# LIGHT IONS APPLICATIONS @ LNL

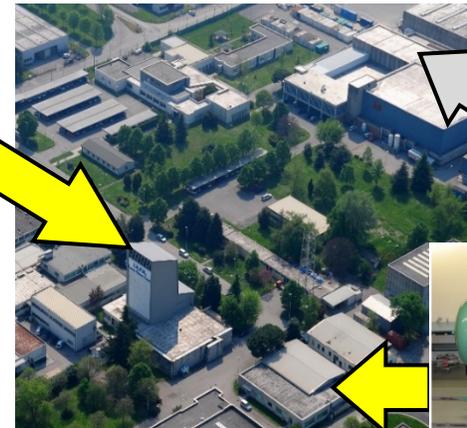
*Long lasting tradition in applications of light ion beams in multi-disciplinary physics at LNL.  
Activity carried out mainly at the AN2000 and CN Van de Graaff accelerators.*

## Main fields

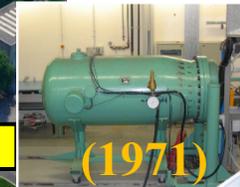
- Ion micro-probe (1.5-5  $\mu\text{m}$ )
- Single Ion Precision Irradiation
- Radiation Interaction and Damage
- Surface Modification / Materials Science
- Ion Beam Analysis
- Environmental Sciences
- Art and Cultural Heritage
- Micro-Dosimetry
- Radiation Biology
- Neutrons Applications
- New Detectors Development and Test
- Nuclear Target development
- Nuclear (Astro)physics



(1961)  
**CN: 1-6 MV**  
(Van de Graaff)



TANDEM-  
XTU- ALPI



(1971)  
**AN2000: 0.2-2.2MV**  
(Van de Graaff)

### MANAGEMENT

- PAC (LNL Program Advisory Committee)
- Machine's operation: LNL Accelerator Division
- **Mo-Fri normal working hours (24H only authorized users)**
- Scientific Coordinator
  
- FACILITIES SUPPORTED by ENSAR2 UE PROJECT
- Convenzione Università Padova –INFN LNL

# NEW FACILITY FOR LIGHT IONS IRRADIATION @ LNL

- **ACTUAL BEAM FEATURES:**

- Monochromatic Beams:  ${}^1\text{H}^+$ ,  ${}^4\text{He}^+$
- Energy: 0.2÷6.0 MeV
- Standard Beam Size: 2÷8 mm (FWHM)
- Beam Current: 1-400nA (typical)- (>400nA, <2 $\mu$ A energy dependent)
- Single ion irradiation with micro-probe precision targeting system (  $\pm 1.5\mu\text{m}$ )

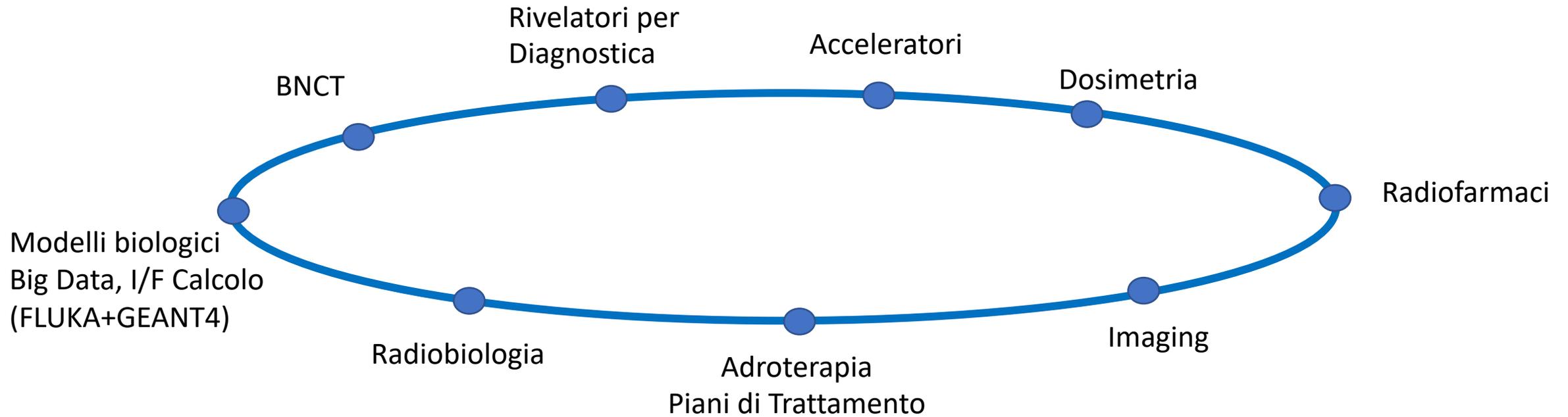
- **IRRADIATION OBJECTIVES OF THE NEW FACILITY**

- Large area uniform irradiation of spacecraft materials and components in a wide range of energies and fluences
  - Fluence:  $1 \times 10^9 \div 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$
  - Energy: 0.2÷6.0 MeV
- Large area
  - $\Delta X \cdot \Delta Y = 20 \times 20 \text{ cm}^2$  @ 2 MeV,  $\Delta X \cdot \Delta Y = 8 \cdot 8 \text{ cm}^2$  a 5.5 MeV
  - XY beam scanning
- Uniformity
  - Spatial uniformity: target  $\leq \pm 1\%$
- Accuracy
  - Accuracy: base  $\leq \pm 5\%$  - target to  $\leq \pm 3\%$  (multiple Faraday cups)
- Time for a full irradiation
  - From 20s to 150 minutes
- Certification of results

# *Reti con nodi a competenza tematica*

- La rete in questo caso non è più identificabile con dei nodi con una collocazione fisica sul territorio. Ogni nodo in realtà è composto da tutti quei gruppi di ricerca che possiedono ***competenze specifiche all'interno di una tematica più ampia***.
- In questo caso le sinergie si generano prima all'interno dei singoli nodi che maturano una più efficace capacità di intervento. Si garantisce così che il nodo raggiunga una ***“massa critica” sufficiente ad essere competitivo***, aspetto ben difficilmente raggiungibile da piccole entità che potrebbero addirittura entrare in conflitto tra loro. All'interno del nodo è possibile stabilire una strategia di programmazione e di governance che consente un'efficiente distribuzione delle risorse disponibili e un efficace scambio di informazioni.
- L'essere poi parte di una rete di nodi tematici su un tema più generale che li comprende, consente di sviluppare un'importante ***trasversalità*** dove le diverse competenze dei nodi possono essere messe a sistema.

# Rete di Fisica Medica



● **Nodi tematici** : attività di ricerca finanziata sia da INFN che da fondi esterni, attività di TT, di divulgazione e formazione.



Database industrie con le quali si collabora



Database dei contratti stipulati

.....



# Possibile Governance

## Coordinatore di Rete



# Reti di competenza dei Servizi Tecnologici e Tecnici dell'INFN

- Nelle Strutture INFN c'è molta strumentazione di alta tecnologia che può essere messa a disposizione di tutti a livello nazionale.
- Per alcune tecnologie, la strumentazione può anche avere caratteristiche complementari come è, ad esempio, per le stampanti 3-D delle quali si sono dotate alcune strutture.
- La stampa 3D è ad oggi, nell'ambito di [Industry 4.0](#), la tecnologia digitale più dirompente, in grado (potenzialmente) di **stravolgere i tradizionali paradigmi produttivi**. Si tratta di una vera e propria **rivoluzione**, visto che la produzione non avviene più per *asportazione di materiale dal pieno*, bensì si parte da un modello 3D (virtuale) e poi si “stampa” strato dopo strato, esattamente (o quasi) come accade nelle comunissime stampanti ad inchiostro che abbiamo in casa o in ufficio. Una rivoluzione poi che si aggancia e integra con i processi legati alla [Smart Manufacturing](#) e all'[IoT](#).
- Per queste ragioni, si parla (più propriamente) di **Manifattura Additiva**. Il processo di produzione additiva ha come input la realizzazione del modello 3D dell'oggetto (progettazione CAD), a cui segue un processo semi-automatico (svolto oramai da tutti i più diffusi software di progettazione) di conversione del file in formato STL, che prevede la scomposizione dell'oggetto in strati (layer) stampabili dalle stampanti 3D.
- Rete di **Manifattura Additiva (LNGS, PD, PV, GE, ....)**



# Studi di impatto socio-culturale e socio-economico

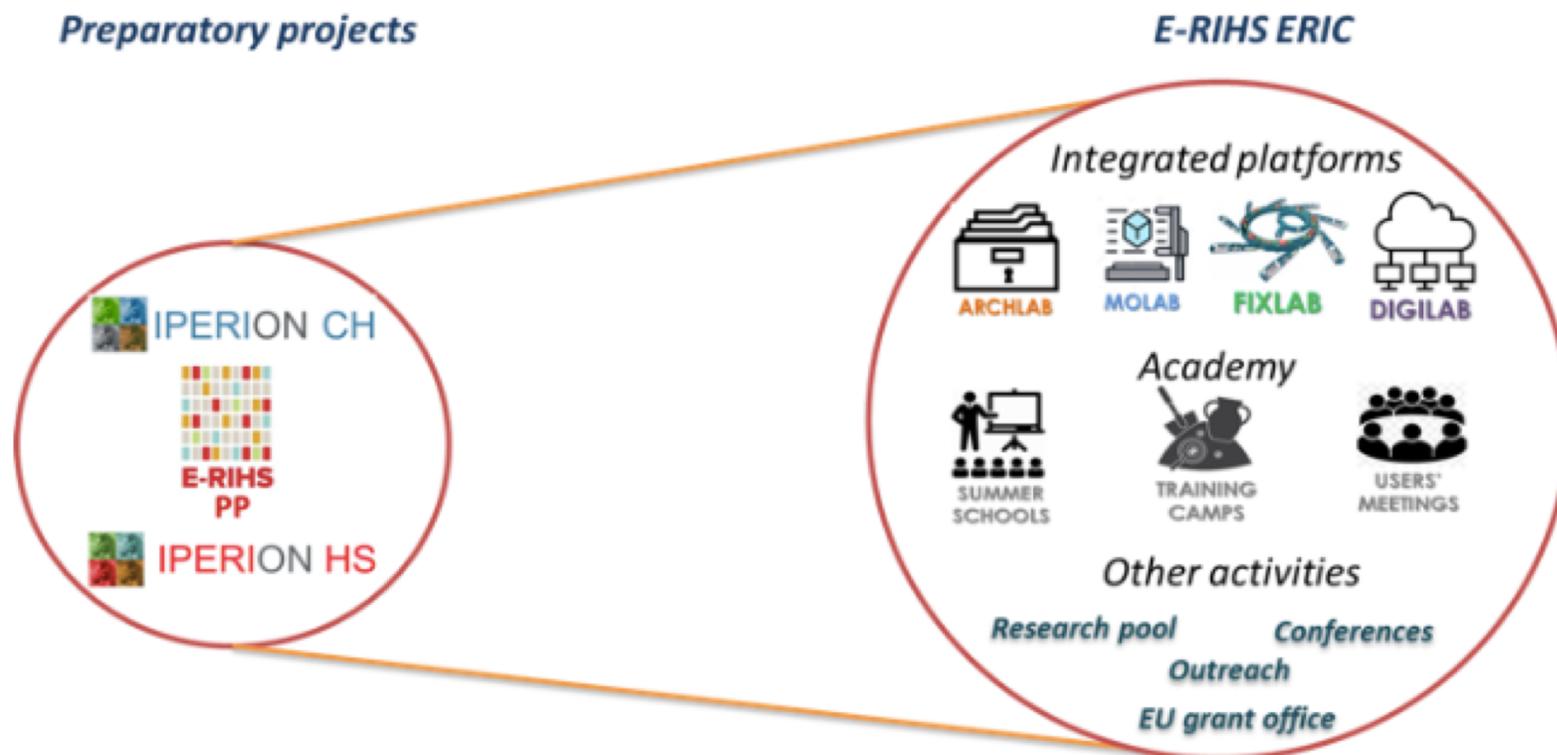
- Nel percorso sviluppato per le reti di competenza è sorta l'esigenza di uno studio nuovo e collaterale alle nostre ricerche che ci ha fatto riflettere ancora di più sul valore di quello che facciamo, il valore etico, culturale, sociale, economico.
- L'esistenza di reti che mettono a sistema le competenze dell'ente e il loro rapporto con il mondo esterno, facilita gli studi di impatto socio-culturale e socio-economico su alcuni temi rilevanti della nostra ricerca, soprattutto quelli con forte impatto sociale.
- Questi studi possono entrare in un **«bilancio di missione»** dell'Ente ed essere presentati al pubblico, in generale ai nostri **stakeholders**, ma anche all'ANVUR.
- Si è quindi avviato un lavoro in **collaborazione con gli economisti** per valutare l'impatto sociale di grandi progetti (ad esempio KM3net, E-RIHS, VIRGO, ET) o in generale dei rapporti con le imprese. Si collabora con la Università Carlo Cattaneo (LIUC) di Varese, con l'università degli Studi di Milano, con l'Università di Catania, con l'Università di Sassari, il GSSI e la Scuola di Studi Superiori Sant'Anna di Pisa

# *Un esempio : Analisi costi-benefici e valutazione dell'impatto socio-economico di E-RIHS*

- La metodologia utilizzata per *l'analisi ex-ante* dell'impatto *dell'Infrastruttura di Ricerca (RI) europea E-RIHS*, destinata a diventare un *ERIC* nella roadmap di ESFRI, combina un'analisi costi-benefici volta a quantificare gli impatti diretti e un approccio qualitativo (sotto forma di casi di studio) che discute di impatti e percorsi più ampi.
- La logica di questo approccio metodologico misto si basa sulla grande varietà di potenziali impatti previsti da E-RIHS e, nel complesso, esamina l'impatto dettagliato delle sue attività. L'approccio proposto in questo studio si basa solidamente sulle basi teoriche e pratiche all'avanguardia della valutazione dell'impatto socio-economico delle RI pur essendo adattato alle specificità della scienza del patrimonio.

# Rappresentazione schematica di E-RIHS.

- L'unità di analisi considerata comprende tutti questi componenti, i cui costi e benefici saranno adeguatamente contabilizzati. Inoltre, saranno inclusi nell'analisi costi e benefici di IPERION CH, E-RIHS ERIC PP e IPERION HS. Tali componenti e progetti sono stati necessari per concepire ERIC E-RIHS, definire la sua missione scientifica e testare alcune delle piattaforme e modalità di lavoro che faranno parte dei servizi ERIC E-RIHS e del modus operandi.
- Per questo motivo, sono inclusi come parte della fase di progettazione e configurazione.



# Analisi costi-benefici e valutazione dell'impatto socio-economico dell'E-RIHS

## CHALLENGES

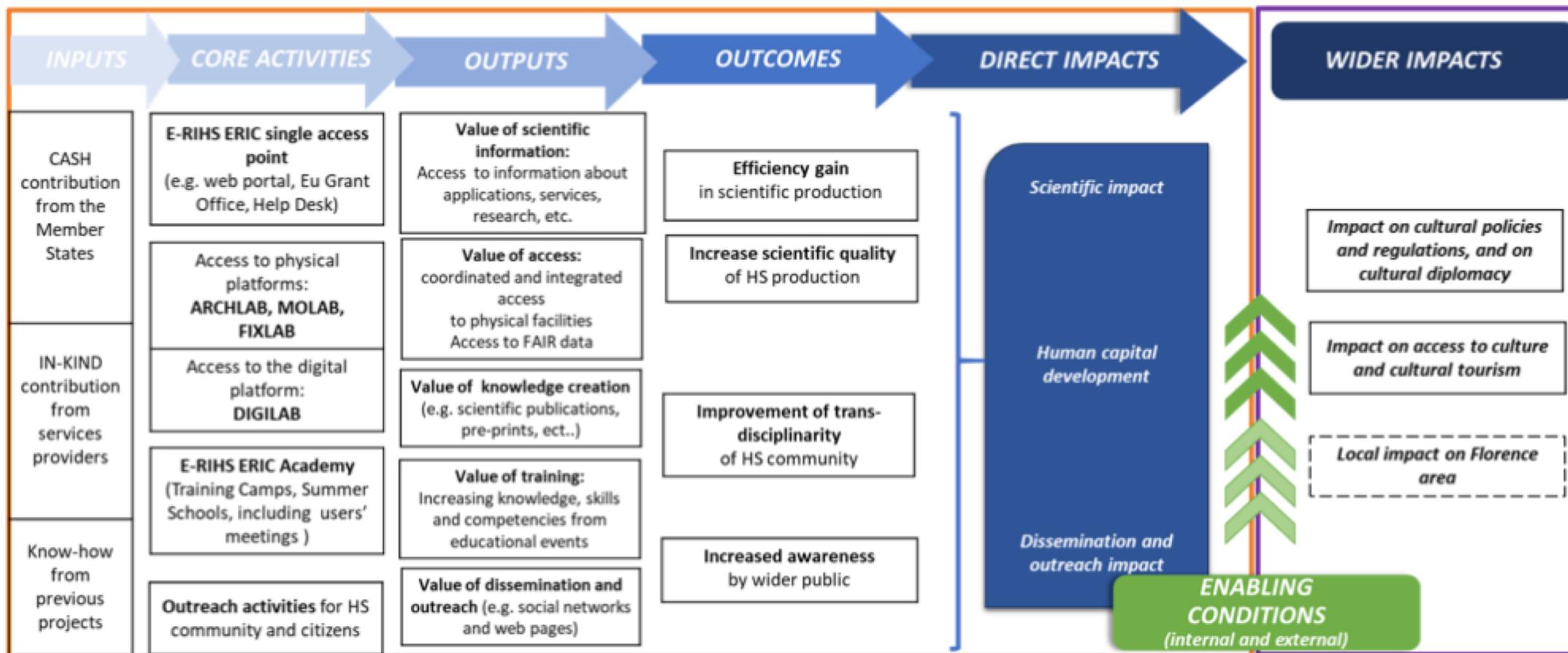
- ❑ A multidisciplinary and fragmented scientific community, lacking a common identity, integration and cohesion
- ❑ Restricted availability and limited access to state-of-the-art technological tools and facilities and/or lack of skills and information to advance in heritage science research
- ❑ Institutional and administrative fragmentation preventing inter-institutional collaboration

## OBJECTIVES

- ❑ Giving to the heritage science community a common identity, fostering its integration and cohesion by creating a collaborative and multidisciplinary network
- ❑ Promoting advancement in heritage science research by offering TNAs to state-of-the-art physical and digital research facilities and services
- ❑ Fostering interinstitutional research collaboration by managing the TNAs and other E-RIHS ERIC services in a coordinated and integrated way through a single access point and a unified access regulation under the umbrella of a unique governance structure

### Cost-Benefit Analysis

### Qualitative socio-economic impact assessment



# *Mappatura delle competenze tecnico-scientifiche*

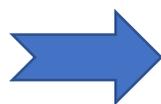
- Iniziativa del CNTT con l'obiettivo primario di raccogliere informazioni estensive di tutte le competenze tecnico-scientifiche presenti nell'Istituto.
- Duplice scopo : interno (conoscere meglio le potenzialità dell'Ente attraverso l'identificazione delle diverse competenze presenti e della loro distribuzione territoriale → conoscersi); esterno (far conoscere alle imprese o all'esterno in generale, le competenze che il personale INFN può mettere a disposizione → farsi conoscere).
- Metodologia : linguaggio comprensibile alle imprese e quindi si è partiti con un modello derivato dall'[Enterprise Europe Network](#) (EEN), una rete europea, creata nel 2008, che ha lo scopo di sostenere le PMI in termini di crescita, innovazione e internazionalizzazione.

# I risultati dell'indagine a livello nazionale

Sono state individuate ben 180 competenze e pertanto sono stati definiti tre livelli di indagine: macro, meso e micro. Le macroaree sono state scelte in base alle macro competenze tecnico-scientifiche note e necessarie allo svolgimento del lavoro nell'Ente, i sottolivelli sono stati identificati fra quelli EEN e integrandoli, a partire dalle competenze dei singoli componenti del Gruppo di Lavoro dei Referenti TT.

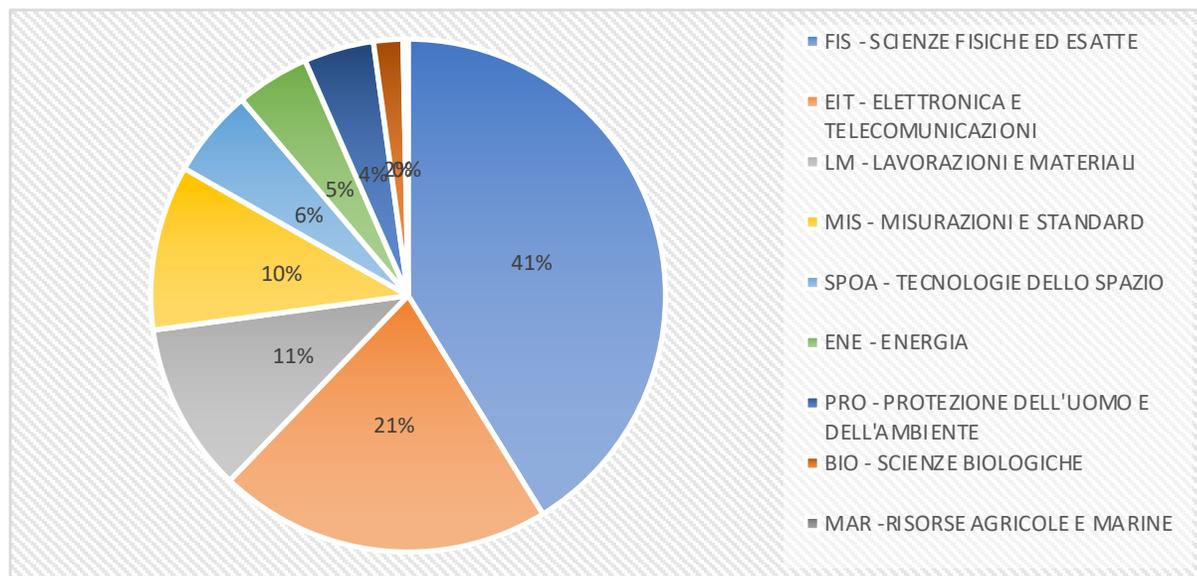


Processo di lancio, gestione e analisi dei risultati, 1587 risposte al survey.



A livello macro sono state complessivamente individuate 9 categorie di competenze.

	N	% (tot. Macro Competenze)
FIS - SCIENZE FISICHE ED ESATTE	1051	41,2%
EIT - ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI	534	20,9%
LM - LAVORAZIONI E MATERIALI	272	10,7%
MIS - MISURAZIONI E STANDARD	265	10,4%
SPOA - TECNOLOGIE DELLO SPAZIO	142	5,6%
ENE - ENERGIA	118	4,6%
PRO - PROTEZIONE DELL'UOMO E DELL'AMBIENTE	112	4,4%
BIO - SCIENZE BIOLOGICHE	47	1,8%
MAR -RISORSE AGRICOLE E MARINE	8	0,3%
<b>Totale</b>	<b>2549</b>	



# Conclusioni

- Con le **Reti di Competenza** pensiamo di aver iniziato un percorso nuovo che promette molta sinergia nella ricerca scientifica e tecnologica dell'Ente, la valorizza rendendola più visibile all'esterno grazie anche alle sue applicazioni che molto spesso hanno impatto sociale, esalta le eccellenze locali e permette di fare più facilmente trasferimento tecnologico, nonché accedere a finanziamenti esterni.
- Ritengo che questa modalità di lavoro possa **stimolare nuove azioni** che complementano ciò che già si fa e che mirano ad un sapere e ad una **conoscenza più solida e trasparente delle proprie potenzialità** (mappa delle competenze INFN, studi di impatto socio-culturale e socio-economico, valorizzazione della interdisciplinarietà, bilancio di missione, etc.), per essere sempre pronti alle nuove sfide dei tempi.
- Far accadere una cosa impossibile è immaginarla possibile (Alice nel paese delle Meraviglie)

*Grazie!*

*Ringrazio in particolare a supporto di questa presentazione:*

Ezio Previtali, la CNTT, Martina Dal Molin, Maria Rosaria Masullo, Francesco Taccetti, Vania Virgili, Chiara La Tessa, Mario Musumeci, Paolo Valente, Valentino Rigato, Giuseppe Battistoni, Sonia Tangaro.