



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

# Fissione ENEA - INFN

*Frascati, 01 Luglio 2021*

**Nadia Cherubini – ENEA**  
**Paolo Saracco - INFN**



1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000





Tematica N. 1:  
**Danneggiamento Neutronico.**



Tematica N. 2:  
**Reattori Ibridi Fusione Fissione.**



Tematica N. 3:  
**Activation of OSMOSE Samples in Tapiro.**

Attività in collaborazione tra i due enti e incentrate sull'utilizzo dei due reattori nucleari di ricerca presenti presso il centro di ricerche ENEA di Casaccia.

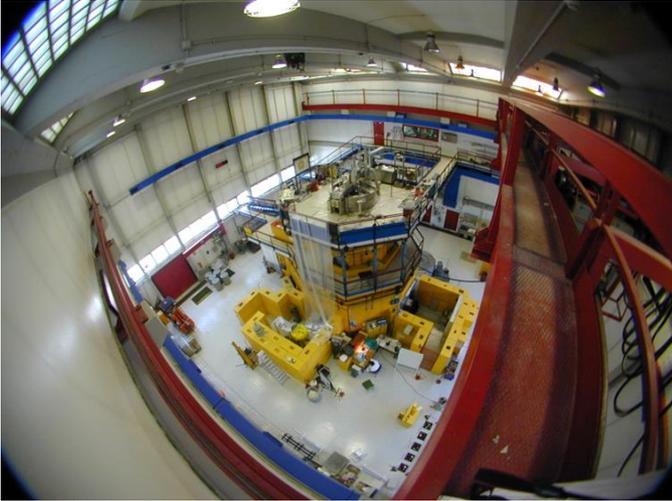


**TRIGA RC-1**



**RSV TAPIRO**

# Reattori di Ricerca - Centro Casaccia



**TRIGA RC-1:** 1 MW,  $2.7 \cdot 10^{13}$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> massimo flusso neutronico

- ✓ Analisi per Attivazione Neutronica.
- ✓ Radioisotopi for Applicazioni Mediche.
- ✓ Produzione of gamma emittitori.
- ✓ Indagini su componenti elettronici per il settore aerospaziale sottoposti ad alta fluensa neutronica.
- ✓ Diffrazione Neutronica.

**TAPIRO:** 5 kW,  $4 \cdot 10^{12}$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> flusso neutronico

- ✓ Studio del danneggiamento dovuto a neutroni veloci.
- ✓ Esperienze integrali per lo studio di dati nucleari.
- ✓ Validazione di codici di calcolo per reattori di IV generazione.
- ✓ Qualificazione di catene di rivelazione innovative.



# Danneggiamento Neutronico

Accordo tra ENEA, INFN e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) per cooperare nel campo dell'analisi di danneggiamento dovuta a neutroni/gamma su componenti elettronici da utilizzare nelle future missioni spaziali.

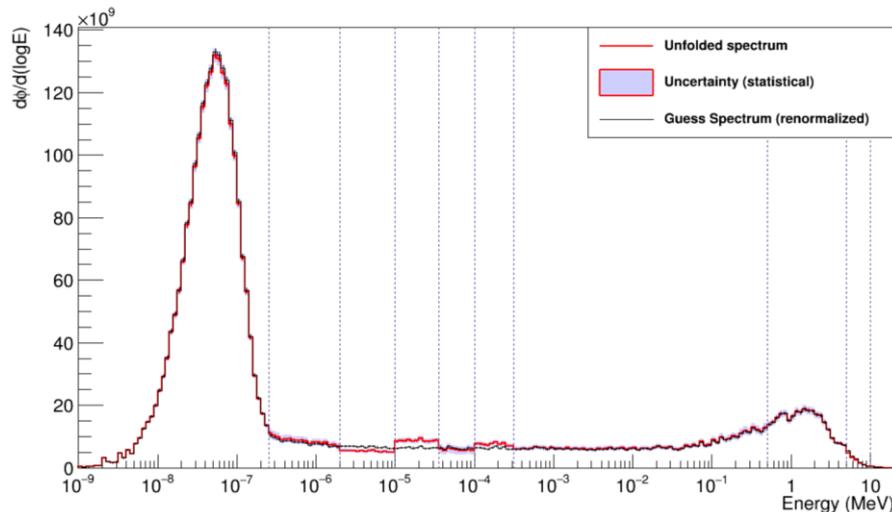
Questo accordo è stato inoltre approvato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) attraverso la creazione del coordinamento ASIF (ASI Supported Irradiation Facilities)

Campagna sperimentale di caratterizzazione dello spettro neutronico di alcuni canali sperimentali del reattore TRIGA RC-1, Canale Centrale e facility di irraggiamento Lazy Susan.

# Danneggiamento Neutronico - Progetto ASIF

Nell'ambito della fase 1 del progetto sono state avviate alcune attività per la standardizzazione dei supporti per gli irraggiamenti utilizzati nei canali sperimentali individuati per gli utilizzi futuri da parte dei committenti.

Sempre durante la fase 1 è stata eseguita la caratterizzazione dello spettro neutronico in alcune posizioni del canale centrale e della Lazy Susan. Tali risultati sono riportati sul portale del progetto ASIF <http://www.asif.asi.it/index.php>



Spettro neutronico nel canale centrale  
(Figura presa dal portale ASIF)

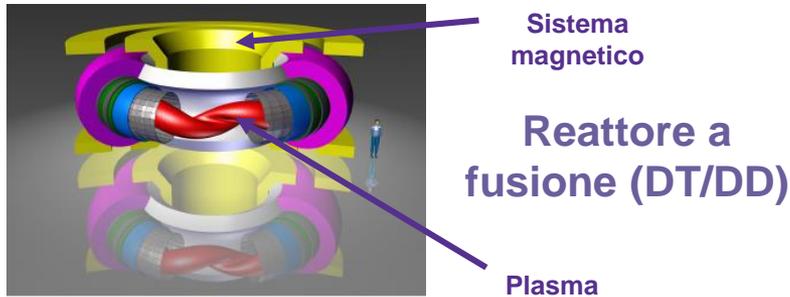
# Danneggiamento Neutronico - Progetto ASIF

Analisi di caratterizzazione di alcuni canali sperimentali del reattore TAPIRO, da un lato utile all'analisi di danneggiamento di componenti utilizzati per le missioni spaziali future, dall'altro per l'analisi e lo studio delle sezioni d'urto del rame che ancora oggi presentano incertezze molto elevate. Nella fase 2 del progetto verranno caratterizzati il canale tangenziale, i canali radiali 1 e 2. Anche per questo reattore durante la fase 1 sono stati avviati i lavori per la realizzazione di supporti standardizzati per la realizzazione degli irraggiamenti neutronici.

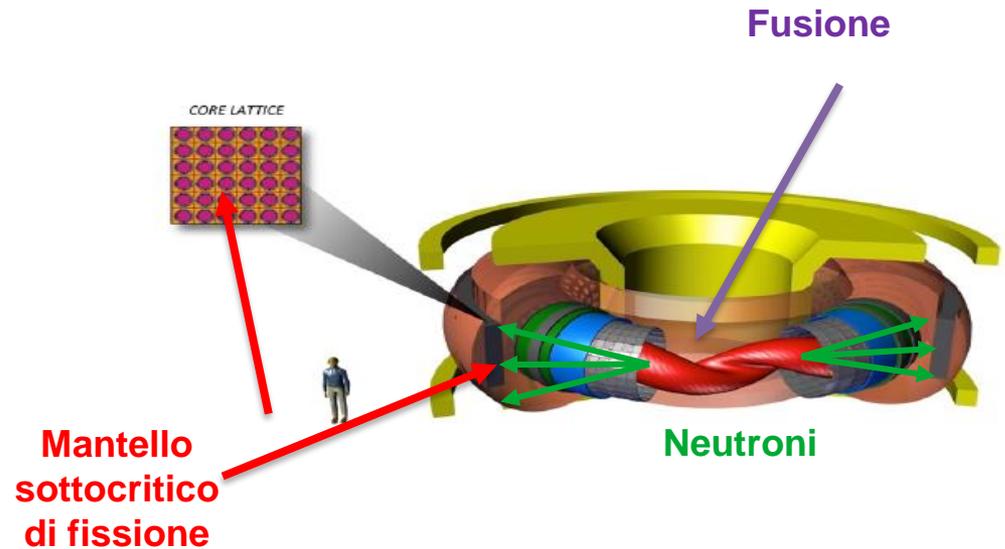
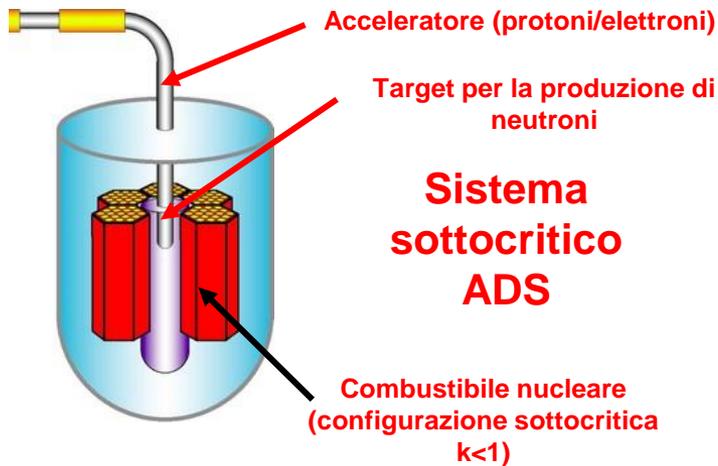
Anche per il reattore RSV TAPIRO, durante la fase 2 del progetto verrà eseguita anche la caratterizzazione del campo gamma in alcune posizioni di irraggiamento. Tale attività verrà eseguita in collaborazione con la facility di irraggiamento gamma Calliope del C.R. Casaccia.

Verrà eseguita la valutazione del burn-up del combustibile dell'impianto TRIGA RC-1, dato fondamentale per ottenere dei modelli consistenti per le valutazioni degli irraggiamenti neutronici nei canali sperimentali.

# Reattori Ibridi Fusione Fissione



Un reattore ibrido fusione-fissione si basa sull'accoppiamento tra una macchina a fusione, con la funzione principale di generare neutroni, ed un sistema sottocritico a fissione che genera la maggior parte dell'energia. Rispetto agli ADS il sistema di accelerazione è sostituito dal reattore a fusione



# Reattori Ibridi Fusione Fissione

Sono state studiate differenti configurazioni sia per il mantello di fissione che per la tipologia di sistema a fusione da utilizzare

- Mantello di fissione: bassa e alta potenza
- Tipologia di mantello di fissione: reattori al piombo, reattori ad acqua leggera, reattori a sali fusi
- Sistema a confinamento magnetico: Tokamaks, Reversed Field Pinch (RFP)

Attualmente stiamo collaborando con i seguenti enti e università: RFX and, CNR, Università La Sapienza, SOGIN and ROSATOM



# Activation of OSMOSE Samples in Tapiro

Collaborazione tra ENEA e CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) con l'obiettivo di studiare la fattibilità di una campagna di irraggiamento di selezionati Attinidi Minori (AM) presso il reattore RSV-TAPIRO di Casaccia

## PRIMA FASE

Caratterizzazione neutronica dei canali di irraggiamento TAPIRO utili per la valutazione delle sezioni d'urto degli attinidi scelti.

Lo spettro di neutroni e il flusso in diverse posizioni (canale tangenziale, radiale 1 e 2) saranno misurati utilizzando la tecnica di attivazione con foglioline di diverso materiale e misure con camere a fissione

Nel mese di ottobre verranno eseguite le prime misure in collaborazione con il CEA tramite l'utilizzo di camere a fissione per la determinazione degli indici spettrali nelle diverse posizioni individuate per l'irraggiamento degli AM. E' in corso la fase di caratterizzazione tramite spettrometria gamma dei canali sperimentali interessati e la predisposizione di un layout sperimentale per il monitoraggio della potenza sviluppata dal reattore.

# Activation of OSMOSE Samples in Tapiro

## SECONDA FASE

consistente nella campagna AOSTA con campioni AM, sarà successivamente eseguita sulla base dei risultati delle misurazioni ottenuti nella fase di caratterizzazione.

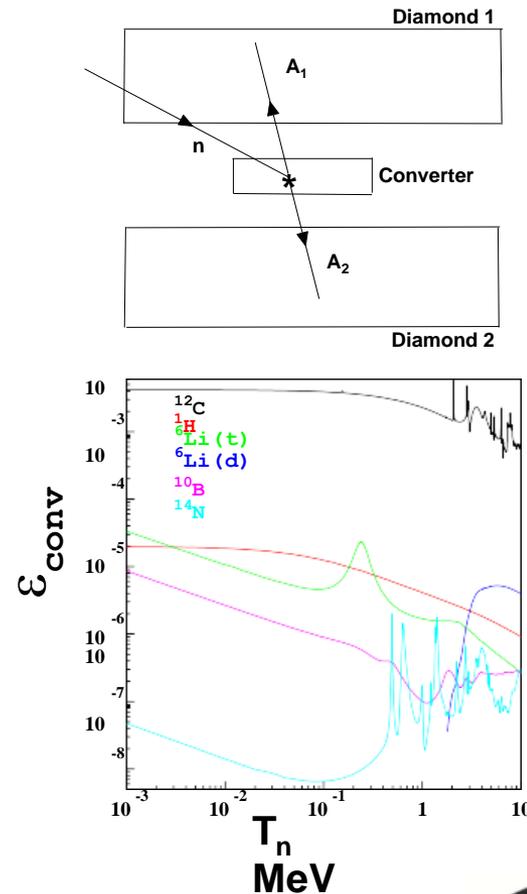
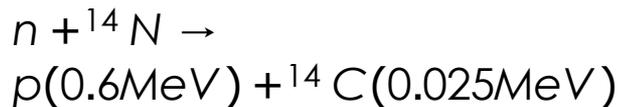
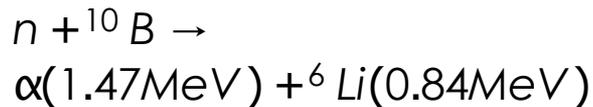
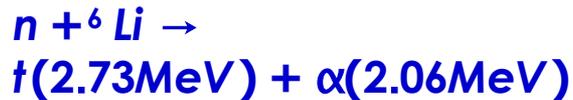
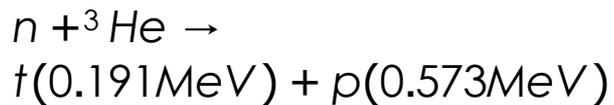
Nella fase di caratterizzazione del reattore TAPIRO è prevista anche la collaborazione di INFN, Politecnico di Torino e Ben-Gurion University per lo studio di configurazioni sottocritiche con tecniche di noise analysis, source jerk, source oscillation per il monitoraggio della reattività e la misura di parametri cinetici del sistema.

In questa fase verrà anche utilizzata, come già avvenuto in passate collaborazioni, la tecnologia dei rivelatori al diamante (Diamond detectors) sviluppati dallo stesso INFN per valutare la loro risposta in uno spettro neutronico veloce.

# Diamond sandwich neutron detector

Developed @INFN, CNR, Rome 2 – Tested at ENEA facilities

Use exothermic reactions with complete neutron energy conversion

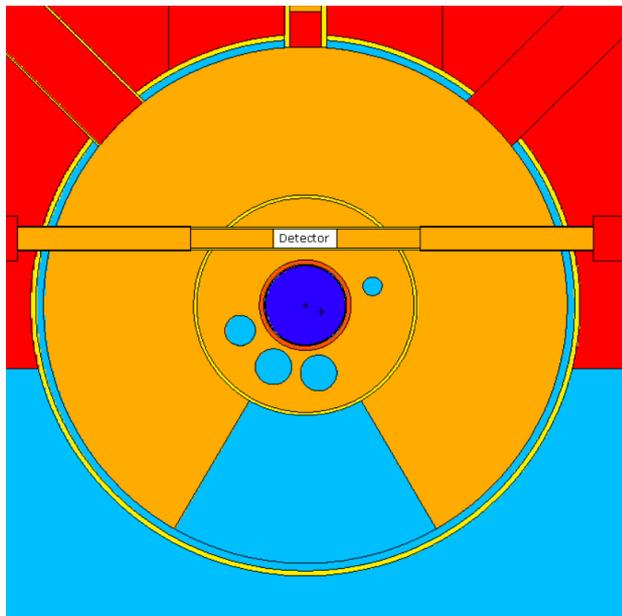


# Test @ Tapiro

Other tests @Triga PV (thermal flux –  $10^8$  n/cm<sup>2</sup>/s) and

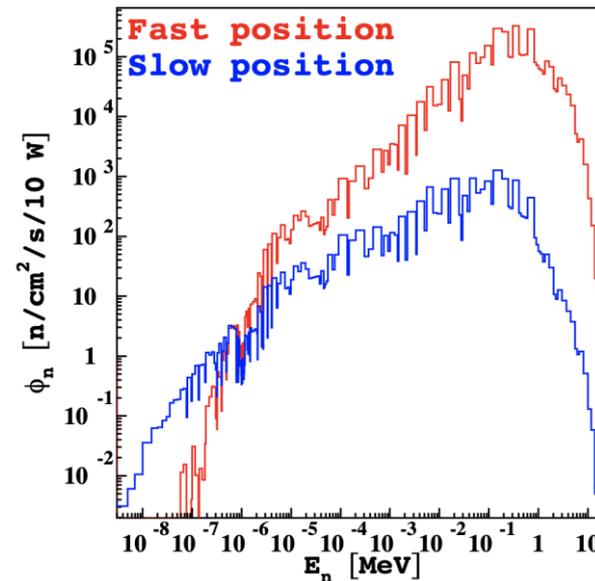
@FNG Enea-RM (3 MeV –  $10^6$  n/cm<sup>2</sup>/s)

Test @Tapiro (fast reactor 5 kW, almost fission spectrum,  $3 \cdot 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup> s in the core). Two experimental positions (**fast** and **slow**)



**FAST** position for the detector near the core  
 $\langle E \rangle = 0.585$  MeV     $\phi = 1.89 \cdot 10^9$  n/cm<sup>2</sup>/s/10 W

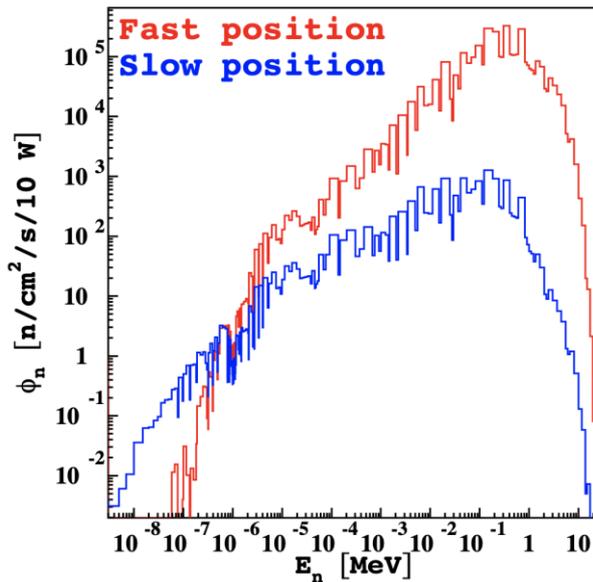
**SLOW** along same channel at the edge -  $\langle E \rangle = 0.166$  MeV



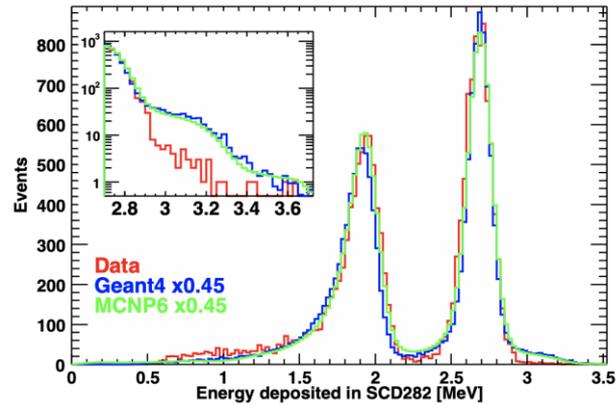
MCNP

# Diamond sandwich (GE, CNR, Rome2)

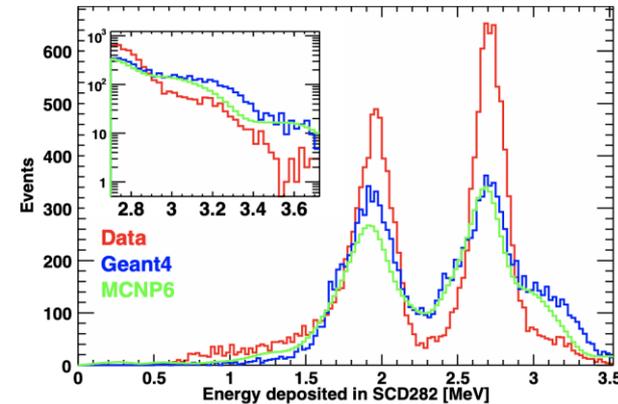
Test @Tapiro (fast reactor 5 kW, almost fission spectrum,  $3 \cdot 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup> s in the core). Two experimental positions (**fast** and **slow**)



MCNP



slow

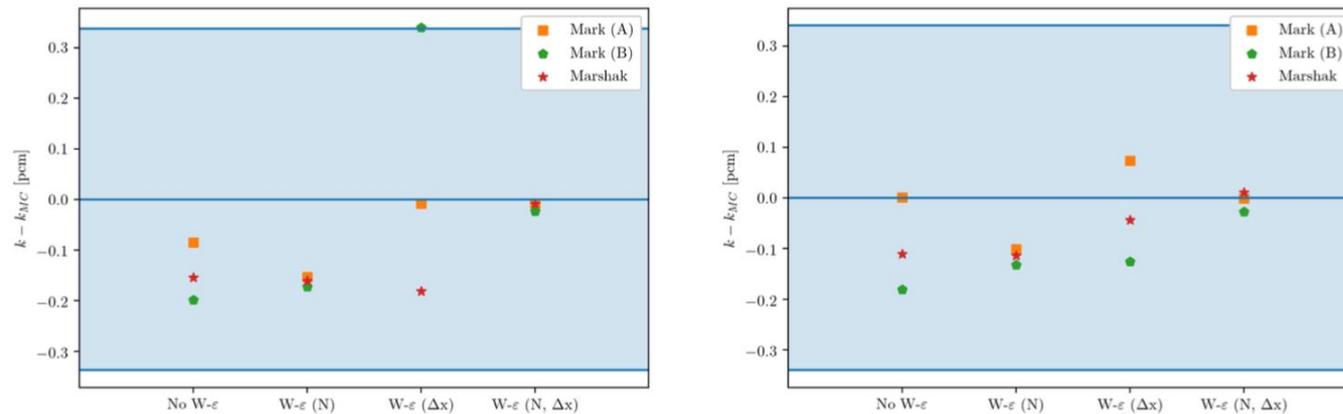


fast

# Neutronic evaluation

## Cooperation between INFN Ge – INFN Polito – ENEA Casaccia

Advanced computation capabilities merging the use of deterministic codes (ERANOS), MC codes and analytical evaluation (Mathematica and MatLab)



**Figure 8: Differences between  $P_N k_{\text{eff}}$  values and the Monte Carlo reference for the one- (left) and two-group (right) critical Pu-239 slab problems. The angular expansion order ranges from 1 to 1000.**

Just as an example

Convergence to benchmark (MC – horiz. line) of semianalytical calcs. (from left to right no acceleration, only angular acceleration, spatial Mesh acceleration and both).

[nadia.cherubini@enea.it](mailto:nadia.cherubini@enea.it)  
[Paolo.Saracco@ge.infn.it](mailto:Paolo.Saracco@ge.infn.it)



Grazie per l'attenzione