

## **Convenzione Quadro ENEA-INFN**

### **Ricognizione sulle collaborazioni in atto nell'ambito specifico della “Fissione”**

Referenti:

INFN (Paolo Saracco)

ENEA (Nadia Cherubini)

## **Premessa**

Nell'ambito delle attività promosse dal Comitato d'indirizzo della Convenzione Quadro tra ENEA ed INFN è stata effettuata una prima ricognizione delle collaborazioni in atto tra i due enti con l'obiettivo di individuare le opportunità di potenziamento della collaborazione stessa. Il Comitato ha ritenuto opportuno organizzare una giornata di lavoro con lo scopo di pubblicizzare l'insieme delle collaborazioni, con particolare attenzione agli sviluppi possibili.

All'interno della collaborazione, sono stati individuati i seguenti ambiti specifici:

- Acceleratori.
- Aerospazio.
- Ambito.
- Applicazioni mediche.
- Beni culturali.
- Calcolo ad alte prestazioni, Big Data, Intelligenza Artificiale, ecc.
- Economia della conoscenza.
- Fisica ambientale.
- Fissione.
- Fusione.
- Sorveglianza e gestione rifiuti radioattivi, ispezioni, ecc.
- Tecniche sperimentali innovative.

Per ciascuno di essi, sono stati designati un referente per ENEA e uno per INFN. Ad essi è stato assegnato il compito di raccogliere le collaborazioni in atto e presentarle in forma organica durante la giornata di lavoro.

Il presente rapporto presenta il risultato di tale ricognizione nell'ambito specifico della "**Fissione**". Nel seguito, per ciascuna tematica censita, è riportata una breve descrizione, come fornita dai rispettivi referenti specifici nei due Enti.

Nell'ambito dell'accordo INFN-ENEA, che prevede l'esecuzione di attività congiunte di ricerca per il conseguimento di comuni obiettivi nonché lo svolgimento di attività di formazione e didattico-scientifiche, diverse attività sono state intraprese in collaborazione tra i due enti e incentrate sull'utilizzo dei 2 reattori nucleari di ricerca presenti presso il centro di ricerche ENEA di Casaccia, TRIGA RC-1 e RSV-TAPIRO.

### **Tematica n. 1: Danneggiamento Neutronico.**

#### Collaborazioni attuali.

Nel corso dell'anno 2017 è stato firmato un 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 prevede l'utilizzo dei reattori di ricerca ENEA: TRIGA RC-1 e RSV TAPIRO, come strutture di servizio atte ad eseguire irraggiamento neutronico e gamma su determinati componenti elettronici. Questo accordo è stato inoltre approvato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) attraverso la creazione del coordinamento ASIF (ASI Supported Irradiation Facilities) in cui i reattori TRIGA e TAPIRO sono inclusi. Nel quadro di questa attività, nell'Aprile 2018, è stata effettuata una campagna sperimentale di caratterizzazione dello spettro neutronico di alcuni canali sperimentali del reattore TRIGA RC-1, nello specifico la caratterizzazione ha riguardato il Canale Centrale e la facility di irraggiamento Lazy Susan.

#### Collaborazioni future.

La disponibilità di questi primi risultati di caratterizzazione rende possibile, congiuntamente alla realizzazione di un modello di calcolo dell'impianto, il confronto calcolo/esperienza per arrivare, attraverso opportune metodologie di calcolo alla valutazione dell'evoluzione (burn-up) degli elementi di combustibile TRIGA. La conoscenza della composizione del combustibile nucleare è di fondamentale importanza sia per quanto riguarda gli aspetti di esercizio degli impianti (dinamica dell'avvelenamento del nocciolo, margini di controllo e di spegnimento), sia per quanto riguarda la gestione del combustibile post-irraggiamento. Sempre all'interno dell'accordo ASIF è presente per il prossimo futuro un'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.

### **Tematica n. 2: Reattori Ibridi Fusione – Fissione.**

#### Collaborazione attuale.

Recentemente un'altra attività portata avanti dall'ENEA in collaborazione con l'INFN riguarda la possibilità di ospitare presso l'impianto TRIGA un'esperienza volta allo studio dei sistemi ibridi fusione-fissione (Fusion-Fission Hybrid - FFH), visto il loro potenziale ruolo nella gestione dei rifiuti dei reattori a fissione, con in linea di principio qualche vantaggio rispetto ai comparabili ADS (Accelerator Driven Systems), dedicati allo stesso obiettivo: la potenza ottenibile da un sistema sottocritico è determinata dalla corrente neutronica che è possibile fornire al sistema ed in un sistema ADS tale termine ha un limite determinato da considerazioni di carattere termomeccanico. Sono allo studio semplici esperimenti analoghi a quelli condotti per i sistemi ADS, per comprendere meglio da un lato il sistema fusione e dall'altro la fisica del sistema sottocritico associato (in termini di

moltiplicazione e trasmutazione). Alcuni di questi esperimenti sono già stati eseguiti nel quadro di ricerca degli ADS (il TRIGA ha ospitato l'esperimento TRADE) e potrebbero costituire un primissimo database per la realizzazione di una nuova esperienza presso il TRIGA finalizzata ai sistemi FFH. Una prima analisi di fattibilità di un'esperienza presso il TRIGA è stata investigata in collaborazione con INFN, questa prevede l'utilizzo di un generatore di neutroni (D-T), già presente presso l'impianto, associato ad una configurazione sottocritica del reattore in cui poter effettuare delle misure di interesse (distribuzione spaziale ed energetica del flusso di neutroni, tassi di reazione opportunamente selezionati, monitoraggio della reattività...), prevedendo anche l'utilizzo di rivelatori di nuova generazione (Diamond detectors) sviluppati dallo stesso INFN. Sono stati sviluppati e testati rivelatori per neutroni in collaborazione con l'Università di Roma Tor Vergata e l'ENEA, basati su uno strato convertitore di Li-6 posto tra due rivelatori al diamante monocristallini. Questo spettrometro può essere utilizzato per la caratterizzazione dello spettro neutronico nei reattori dell'ENEA (Casaccia): TAPIRO e TRIGA in vari configurazioni di operazione. La risoluzione del rivelatore è intorno a 100 keV (RMS) e l'efficienza per neutroni veloci è dell'ordine di  $10^{-7}$ .

Attualmente sono in corso alcune collaborazioni per studiare diverse proposte sperimentali sui sistemi ibridi con i seguenti istituti di ricerca:

- RFX (Padova) per lo studio di un sistema ibrido basato su macchine di tipo Reversed Field Pinch (RFP) accoppiate a blanket di fissione composti da barre con combustibile di tipo MOX sia fresco che utilizzato in reattore LWR, attività svolta anche in collaborazione con Sogin.
- Massachusetts Institute of Technology per la proposta di un sistema ibrido basato su macchine a fusione ad alto campo e ad alta densità di plasma accoppiate con blanket a sali fusi

#### Collaborazioni future.

La disponibilità di questa analisi preliminare rende possibile, congiuntamente alla realizzazione di un modello di calcolo dell'impianto, lo studio di fattibilità di una esperienza da realizzarsi presso il reattore TRIGA per prevedere misure di grandezze d'interesse di riferimento per lo sviluppo di tali sistemi innovativi.

In prospettiva, oltre al prosieguo delle attuali collaborazioni è previsto un accordo con l'ente russo Rosatom riguardante le varie tematiche di studio riguardanti i sistemi ibridi.

### **Tematica n. 3: Activation of OSMOSE Samples in Tapiro.**

#### Collaborazione attuale.

Nell'ambito del gruppo NEA "Expert Group on Integral Experiments for Minor Actinide Management (EIGEMAM), a partire dal 2018, è stata istituita una 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. La campagna dal nome AOSTA (Activation of OSMOSE Samples in TApiro) sarà suddivisa in due fasi: nella prima fase verrà effettuata una 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 saranno misurati utilizzando la tecnica di attivazione con foglioline di diverso materiale e misure con camere a fissione.

### Collaborazione futura.

Una 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.