



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA TOR VERGATA**

**NAST – Centro Interdipartimentale**

**Nanoscienze, Nanotecnologie e Strumentazione Avanzata**

## **Smart Campus - Imaging e spettroscopie di neutroni e raggi X per applicazioni nell'ambito dei beni culturali**

### **Relazione finale attività di ricerca**

Tutor: Prof. Roberto Senesi

Assegnista: Alexandra Parmentier, PhD

Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"

Il Programma "Smart Campus" - FILAS-RU-2014-1122, finanziato dalla Regione Lazio, rappresenta una proposta innovativa di trasferimento tecnologico integrato nella ricerca, che prevede la realizzazione di un "laboratorio diffuso" virtuale in grado di offrire servizi e prestazioni da parte di una pluralità di laboratori "laboratori fisici" che cooperano al fine di assicurare prestazioni integrate al mondo della società civile, delle imprese e della ricerca.

Nel contesto del summenzionato Progetto, l'assegnio di ricerca, avente durata annuale (15/05/2017-15/05/2018), ha inteso supportare attività di ricerca concernenti la rivelatoristica per spettroscopia ( $n, \gamma$ ) applicata all'ambito dello studio e della conservazione dei Beni Artistici e Culturali. In particolare, alla titolare dell'assegnio (Dott.ssa A. Parmentier) è stata affidata la calibrazione sperimentale in efficienza assoluta di un rivelatore  $\gamma$  ad alta risoluzione al germanio ultrapuro (HPGe) situato presso la sorgente di spallazione neutronica nazionale inglese (ISIS, RAL, Harwell Oxford, UK), con contestuale configurazione delle risorse IT per il calcolo ad alte prestazioni (HPC) in uso al Gruppo di riferimento (Centro NAST dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata") ed ubicate presso il Dipartimento di Fisica dello stesso ateneo.

L'insieme di *task* sopra indicato ha avuto come scopo il recupero di un parametro (efficienza assoluta,  $\epsilon_{abs}$ ) fondamentale per la caratterizzazione quantitativa della risposta *prompt- $\gamma$*  di campioni irraggiati con fasci di neutroni, nonché la predisposizione e il *management* di risorse di calcolo necessarie alla simulazione parallelizzata del medesimo parametro via algoritmo Monte Carlo e alla rappresentazione grafica avanzata.

Tutte le attività sono state focalizzate sulle possibili ricadute applicative nel settore della diagnostica strutturale, caratterizzazione, datazione, etc., dei Beni di interesse artistico e culturale, i quali costituiscono parte dominante del patrimonio collettivo della Regione Lazio.

### **Fase di planning**

La Dott.ssa Parmentier ha inizialmente redatto un *workplan* dettagliato, suddiviso in 4 target maggiori di seguito elencati:

- **Target 1:** studio accurato della letteratura di settore allo scopo di individuare i materiali e gli *step* procedurali necessari alla calibrazione sperimentale del rivelatore.

- **Target 2:** 1) realizzazione dell'esperimento di calibrazione in assenza di soppressione Compton e *shielding*, con successiva analisi e interpretazione dei dati attraverso *software* dedicato; 2) strutturazione e studio dell'apparato di soppressione Compton (test di anti-coincidenza) in vista di affinamento della calibrazione.
- **Target 3:** 1) riconfigurazione dell'*hardware* e del *software* per HPC su piattaforma Linux per l'implementazione del *toolkit* Monte Carlo Geant4; 2) installazione e test del pacchetto di simulazione Geant4; 3) installazione e test della *suite* accessoria Blender<sup>○</sup> per la computer grafica (CGI).
- **Target 4:** strutturazione e studio dell'apparato di *shielding* in vista di affinamento della calibrazione.
- **Target 5:** Creazione della banca dati per il trasferimento dei risultati secondo lo standard Smart Campus.

Il *workplan* ha incluso anche la partecipazione a due Scuole di formazione avanzata, intese all'apprendimento degli elementi di base dei pacchetti Geant4 (*5<sup>th</sup> International Geant4 School*, LNF - INFN, Catania, Ottobre 2017) e Blender<sup>○</sup> (*13<sup>th</sup> Advanced School on Computer Graphics for Cultural Heritage*, CINECA, Bologna, Ottobre 2017), nonché la programmazione delle necessarie attività di *reporting* periodico.

## Attività sperimentale

Sulla scorta dei protocolli IEEE e IKI, nell'autunno 2017 sono stati realizzati in successione - in un'area dedicata della *facility* ISIS - due esperimenti PGAA (*Prompt Gamma Activation Analysis*) per la calibrazione in  $\epsilon_{abs}$  del HPGe (Target 2.1), facendo uso di un *set* di radiosorgenti calibrate a bassa attività ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) messe a disposizione dal Servizio di Radioprotezione di ISIS.

I dati sperimentali sono poi stati ridotti, analizzati e interpretati mediante l'uso di *software* specialistico (Hypermet-PC, Root), arrivando alla ricostruzione, sul range di energie tra 20 keV e 1.5 MeV, della curva che rappresenta la parte intrinseca di  $\epsilon_{abs}$ , la quale - opportunamente moltiplicata per un fattore dipendente dalla geometria di emissione - entra a far parte delle correzioni di base alla stima dei conteggi fotonici del rivelatore.

I dati di questo lavoro sono oggetto di imminente pubblicazione nella rivista *peer-reviewed* "Journal of Physics: Conference Series". In fase di sottomissione è, invece, uno studio per la caratterizzazione del *background*  $\gamma$  della *beamline* VESUVIO (sita in ISIS), che fa perno sulla medesima calibrazione.

A causa di lunghe e inaspettate discontinuità operative di ISIS non è ancora stato possibile procedere allo studio dei *setup* di soppressione Compton e di *shielding* (Target 2.2 e 4). Tuttavia, la scelta felice di un'area sperimentale ultraschermata per l'esperimento oggetto del Target 2.1 ha consentito un robusto abbattimento del fondo Compton (e l'agevole caratterizzazione e sottrazione di quello residuo), di fatto compensando i dati mancanti del Target 2.2.

## IT management

Nell'estate 2017 il cluster a 4 nodi fisici e 96 unità di calcolo mantenuto dal Centro NAST dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" è stato riconfigurato (Task 3.1) con l'installazione

di un sistema operativo OpenSuSE Linux a 64 bit dedicato alla simulazione Monte Carlo su architettura parallela (*server* NIS, *sharing* NFS, *queue manager* PBSPro, librerie MPI, *fingerprint* SSH, coppie di chiavi pubbliche/private).

È seguita l'installazione: 1) del *toolkit* Geant4 (Task 3.2), il cui corretto funzionamento è stato testato riproducendo, in parallelo, un esempio operativo sviluppato presso la Scuola di Catania su macchina virtuale ad architettura seriale (scintillatore a ioduro di sodio (NaI) irraggiato da una sorgente  $\gamma$  puntiforme); 2) della *suite* Blender<sup>○</sup> (Target 3.3), la quale, ove si sfruttino le *utility* GNU Parallel e ImageMagick tipicamente accessibili sui cluster Linux di *core* per la redistribuzione del *workload* di *rendering* tra i vari nodi, consente di beneficiare delle potenzialità della CGI per la visualizzazione dell'*output* di Geant4.

La costruzione del progetto Geant4 per la simulazione di  $\epsilon_{abs}$  - da raffrontare al dato sperimentale - è attualmente in corso.

Sul cluster sono stati di recente installati e configurati anche altri pacchetti Monte Carlo maggiori (McStas, MCNP, Fluka), messi a disposizione della comunità Smart Campus.

Roma, 11 maggio 2018

