
GEANT4 @ MC-INFN
STATO LUGLIO 2020 E PROGRAMMA ATTIVITÀ
2021

21 aprile 2021

GAP Cirrone
INFN-LNS

Indice

1	Attività svolta fino a Luglio 2020	3
1.1	GEANT4 - Sezione di Catania	3
1.1.1	Applicazione di Geant4 alla voxel-dosimetria mediante SPECT/CT o PET/CT	3
1.1.2	Studio preliminare per l'inserimento di un esempio nella distribuzione Geant4	3
1.1.3	Evento di formazione congiunto con i ricercatori JUNO	4
1.1.4	Propagazione dei fotoni all'interno del <i>Central Detector</i> di JUNO	4
1.2	GEANT4 - Sezione di Ferrara	4
1.2.1	Attività ssui raggi X	4
1.2.2	Attività sull'effetto <i>channeling</i>	5
1.3	GEANT4 - Laboratori Nazionali del Sud	6
1.4	GEANT4 - Sezione di Napoli	9
1.5	GEANT4 - Sezione di Perugia	10
1.6	GEANT4 - Sezione di Roma I	10
1.6.1	Microdosimetria	11
1.6.2	Advanced examples	11
1.6.3	Interazioni adroniche di bassa energia	11
2	Attività prevista nel 2021	12
2.1	GEANT4 - Sezione di Catania	12
2.1.1	Sviluppo di modelli di microdosimetria nell'ambito dell'Advanced example "Radioprotection"	12
2.1.1.1	Terapia con protoni e ioni (simulazione di un microdosimetro al diamante mono-stadio e doppio stadio)	12
2.1.1.2	Terapia medico-nucleare e <i>imaging</i> radiologico con mezzi di contrasto ad alto Z.	12

2.1.2	Implementazione di un esempio Geant4	13
2.1.3	Altre attività previste	13
2.2	GEANT4 - Sezione di Ferrara	13
2.2.1	Attività sui Raggi-X	13
2.2.2	Attività sul channeling	14
2.3	GEANT4 - Laboratori Nazionali del Sud	14
2.4	GEANT4 - Sezione di Napoli	15
2.5	GEANT4 - Sezione di Perugia	16
2.6	GEANT4 - Sezione di Roma I	16

Capitolo 1

Attività svolta fino a Luglio 2020

1.1 GEANT4 - SEZIONE DI CATANIA

1.1.1 Applicazione di Geant4 alla voxel-dosimetria mediante SPECT/CT o PET/CT

E' stata sviluppata un'applicazione che, a partire da una CT (DICOM) importata, definisce la geometria voxelizzata, associando l'opportuna densità dei voxel alle HU e definendo i materiali attraverso una procedura di segmentazione. Il modello importa una PET o SPECT (DICOM) e provvede alla distribuzione spaziale della sorgente radioisotopica, quindi fornisce lo scoring di dose nella mappa voxelizzata. Allo stato attuale l'applicativo e' in fase di test su diversi casi clinici di PET/CT (18F-colina, 18F-Neuraceq, 18F-FDG) e SPECT/CT (90Y-microsfere, 177Lu-DOTATATE) acquisite nella Medicina Nucleare del Policlinico Universitario di Messina ed e' in corso la validazione dei risultati mediante strumenti analitici di calcolo della dose quali algoritmi di convoluzione per voxel-dosimetria e approcci MIRD (Medical Internal Radiation Dose) al calcolo di dosi medie nelle strutture anatomiche considerate.

1.1.2 Studio preliminare per l'inserimento di un esempio nella distribuzione Geant4

E' stato condotto uno studio preliminare finalizzato allo sviluppo ed implementazione di un esempio di GEANT4, per la dosimetria interna di radionuclidi attraverso un modello ellissoidale di target biologici. Modificando opportunamente esempi affini presenti in GEANT4, e' stato scritto un codice GEANT4 avente come obiettivo il calcolo di frazioni

di assorbimento da e-, alfa, gamma e radionuclidi in serie di volumi ellissoidali, caratterizzati da una emissione volumetrica uniforme. E' in fase di completamento la stesura della proposta di inserimento, nel pacchetto GEANT4, dell'esempio di applicazione del modello ellissoidale di target biologici (organi, strutture o lesioni) per dosimetria interna di radionuclidi, da sottoporre al vaglio della collaborazione.

1.1.3 Evento di formazione congiunto con i ricercatori JUNO

Organizzazione di un ulteriore evento di formazione su GEANT4 entro il 2021. E' allo studio la possibilità di integrare insegnanti cinesi per formarli, tramite un evento espletato congiuntamente, ad organizzare e realizzare scuole autonomamente.

1.1.4 Propagazione dei fotoni all'interno del *Central Detector* di JUNO

In merito alla propagazione dei fotoni all'interno del Central Detector di JUNO, e' in corso lo studio del codice per determinare le parti per cui sviluppare opportune strategie di ottimizzazione, anche mediante integrazione di specifici algoritmi da eseguire su GPU e/o FPGA. Al momento è stato possibile delimitare la potenziale area di interesse del codice al tracker. Sotto studio due possibili approcci, uno basato su MPI ed uno basato su GPU. Da approfondire un eventuale ruolo critico della geometria.

1.2 GEANT4 - SEZIONE DI FERRARA

1.2.1 Attività ssui raggi X

Le attività svolte hanno riguardato il raffinamento dei modelli esistenti e l'implementazione di nuovi modelli in Geant4, relativi alle interazioni coerenti dei raggi X con la materia. In particolare, è stata portata avanti l'attività sull'implementazione degli effetti di interferenza molecolare nello scattering Rayleigh dei fotoni con i materiali amorfi. Il codice è stato ottimizzato, il numero di materiali datati di fattori di forma con effetti d'interferenza è stato ampliato ed è stato implementato un meccanismo che permette all'utente di definire facilmente nuovi materiali dotati fattori di forma interferenti. Inoltre, è stato implementato un apposito modello fisico relativo alla diffrazione dei raggi X nei materiali policristallini. Infine, è stato avviato lo studio preparatorio e l'implementazione

preliminare dei modelli di rifrazione/riflessione dei raggi X, al fine di includere gli effetti di fase in Geant4. L'obiettivo è portare a termine tale implementazione entro la fine dell'anno (milestone 31/12/2020).

1.2.2 Attività sull'effetto *channeling*

The preliminary modifications of Geant4 channeling model have been done. In particular, the models of Multiple and single Coulomb scattering on screened atomic potential, single Coulomb scattering on electrons as well as ionization energy losses under the channeling conditions have been introduced into the class G4Channeling. The correct model of Coulomb scattering is crucial for channeling simulations because it determines the process of particle escape from the channeling conditions and, therefore, the value of channeling efficiency. Our scattering model has been validated experimentally [1].

The class G4ChannelingOptrChangeCrossSection has been preliminary revised by turning off Coulomb scattering processes and Ionization energy losses when channeling simulation is active. The Geant4 channeling model has been verified by comparison with published experimental data [2] and CRYSTALRAD [3] simulations for channeling and volume reflection of 855 MeV electrons at Mainzer Mikrotron MAMI. This comparison on the angular distribution of the beam obtained for channeling and volume reflection orientation of the crystal is shown in Figure 1.1.

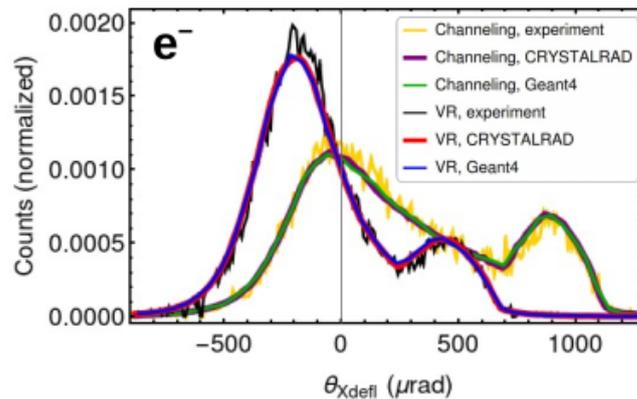


Figura 1.1: The angular distribution of the 855 MeV electrons obtained for channeling and volume reflection orientation of the crystal in the experiment at Mainz Mikrotron MAMI [2], CRYSTALRAD [3] simulations and Geant4 simulations..

The Geant4 channeling model has been also verified by comparison with experimental data with published results for the first experiment [4] on the observation of quasichanne-

ling oscillations at SLAC FACET facility for both 20.35 GeV positrons and electrons. This comparison on the angular distribution of the beam obtained for channeling orientation of the crystal is presented in Figure 1.2.

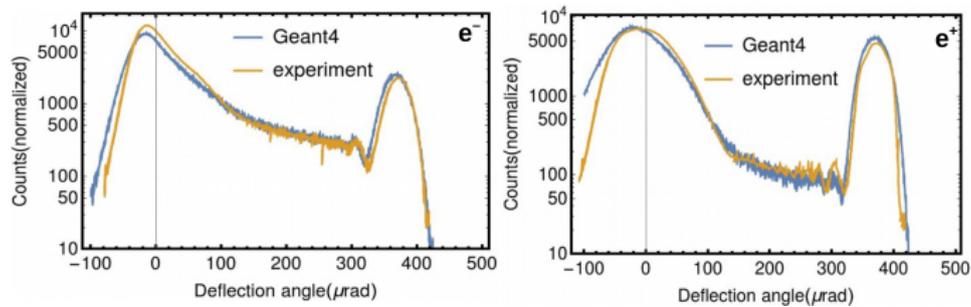


Figura 1.2: The angular distribution of the 20.35 GeV electrons obtained for channeling orientation of the crystal in the experiment at SLAC FACET facility on the observation of quasichanneling oscillations [4] in comparison with Geant4 simulations.

An agreement between Geant4 simulations and experimental data including non-trivial effects of quasichanneling oscillations confirms the correctness of the model. In the next middle of the year 2020 the class `G4ChannelingOptrChangeCrossSection` will be refined by detailed verification of the processes turned off and modified when channeling simulation is active. The values of channeling efficiency and dechanneling length will be compared for the case of Mainz Mikrotron MAMI for Geant4, CRYSTALRAD and experimental data.

1.3 GEANT4 - LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

Di seguito e riportato il dettaglio dell'attività prevista e già effettuata, per il gruppo di ricerca dei Laboratori Nazionali del Sud per l'anno 2020:

- Giugno 2020: Release di Geant4 contenente eventuali correzioni e bug fix sui modelli elettromagnetici Penelope e/o sugli advanced examples, nella modalità multi-thread.
- Giugno 2020: Completamento dell'intercomparison tra codici MC per la quantificazione della target fragmentation in protonterapia
- Dicembre 2020: Release di Geant4 contenente eventuali correzioni e bug fix sui modelli elettromagnetici Penelope e/o sugli advanced examples, nella modalità multi-thread.

- Dicembre 2020: Inserimento delle sezioni d'urto p-11B e p-19F all'interno della QGSP_BIC_AllHP
- Dicembre 2020: Validazione del nuovo extended example
- Dicembre 2020: Simulazione di una cellula su scala nanometrica con Geant4-DNA per studi sull'uptake

Ad oggi sono stati interamente completati i tasks inerenti la release di Giugno del codice Geant4 (release 10.7.beta del 26 giugno 2020) e l'interconfronto tra codici Monte Carlo per valutare l'effetto della target fragmentation in protonterapia. Questo ultimo task è stato svolto grazie alla collaborazione iniziata nell'ambito dell'esperimento Move-it e FOOT, entrambi interamente finanziati dall'INFN. Per quel che concerne il nuovo extended example; ne esiste una versione completa e funzionante, che non è stata finora inserita nelle release pubbliche del codice poiché non ne è ancora stata completata la validazione. Ad oggi non si rilevano particolari criticità che possano portare a dei ritardi rispetto alla tempistica prevista. L'inserimento delle sezioni d'urto di protoni su 11B e 19F nel database utilizzato da Geant4 per la physics list QGSP_BIC_AllHP è stato completato. I database usati da Geant4 prima di questo intervento erano infatti limitati ad energie superiori a 1 MeV (vedi Figure 1.3 (sinistra)) e le simulazioni non erano quindi in grado di riprodurre la significativa risonanza presente intorno ai 600 keV. Il plot a destra della stessa Figura 1.3 mostra lo stesso risultato dopo la implementazione delle sezioni d'urto sperimentali corrette.

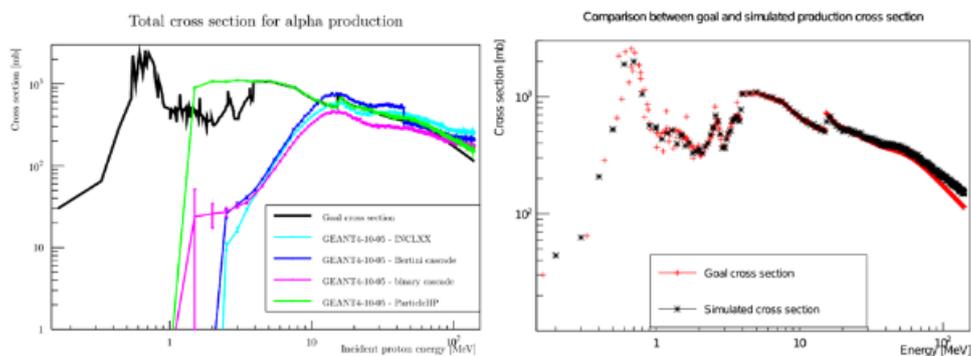


Figura 1.3

Nel corso del primo semestre del 2020 è stato pubblicato da Medical Physics l'importante articolo di review: P. Arce et al, "Report on G4-Med, a Geant4 benchmarking

system for medical physics applications developed by the Geant4 Medical Simulation Benchmarking Group” (doi:10.1002/mp.14226). Si tratta della conclusione di un lavoro di due anni, che ha visto la partecipazione diretta e rilevante del gruppo LNS, nel quale sono stati sviluppati e documentati dei codici di benchmark per valutare le prestazioni delle simulazioni Geant4 in diversi contesti di fisica medica. L’articolo, include, ad esempio (vedi Figura 1.4, la validazione con dati sperimentali delle simulazioni di Relative Biological Effectiveness (RBE) per diverse linee cellulari: sia le simulazioni che i dati sperimentali dell’articolo sono stati sotto la responsabilità dei LNS.

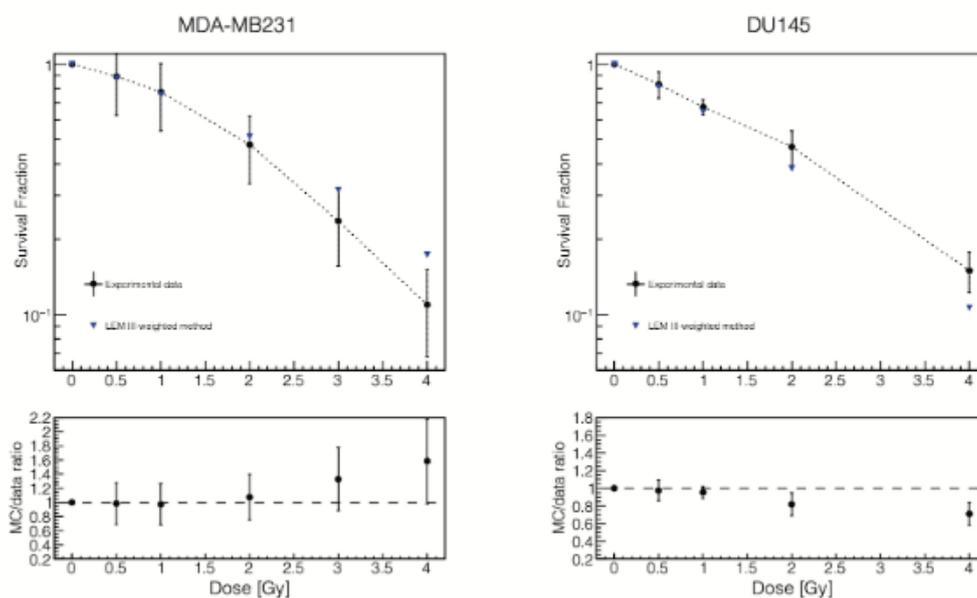


Figura 1.4

La probabilità di sopravvivenza è stata ottenuta mediante un approccio ibrido che utilizza Geant4 per la simulazione della distribuzione spaziale del rilascio di dose e degli specifici modelli e look-up tables per la valutazione della risposta cellulare.

L’articolo su Medical Physics acquista una rilevanza molto specifica nell’ambiente della fisica medica, considerato anche l’utilizzo sempre più diffuso dei codici di simulazione Monte Carlo in questo ambito. In particolare, Geant4 si sta progressivamente ritagliando un ruolo di primo piano (si veda Figura 1.5, rendendo quindi estremamente importanti tutti progetti di *benchmarking* e di validazione di ampio respiro in ambito medico, come quello intrapreso dal gruppo LNS

1.4 GEANT4 - SEZIONE DI NAPOLI

Il gruppo di Napoli aveva previsto, nel 2020, tre *milestone*.

La prima *milestone* “*Sviluppo piattaforma MC per Virtual Clinical Trials in breast imaging*” è diventata oggetto di un Grant Giovani, finanziato dalla Commissione V e denominato AGATA. Quindi tutta l’attività relativa al conseguimento di questa *milestone* è stata trasferita sotto di esso.

La seconda *milestone* “Comparazione con codici che usano GPU”, da fine febbraio è attiva una collaborazione con il gruppo del prof. Xun Jia della South Western University Texas (USA), tra i più importanti gruppi per lo sviluppo di codice Monte Carlo su GPU. Da allora sono iniziati dei primi test su fantocci “semplici” quali cilindri uniformi. Sono attualmente in corso le simulazioni con fantocci antropomorfi di *breast*. L’attività prosegue senza nessun problema particolare e si dovrebbe concludere entro la fine del 2020, come previsto. La terza *milestone* è relativa alla “Validazione del codice sviluppato rispetto ad immagini di fantocci di seno stampati 3D”. Dopo aver ottenuto dei modelli di *breast* attraverso la segmentazione di immagini CT reali forniti dalla collaborazione con il gruppo del prof. J. Boone della UC Davis (California, USA), si è simulata la compressione subita da questi modelli durante un esame mammografico grazie ad un software fornito dalla prof.ssa K. Bliznakova della Medical University of Varna (Bulgaria). Il modello compresso così ottenuto è stato stampato e si sono realizzate delle prime acquisizioni con apparati clinici messi a disposizione dal Servizio di Fisica Sanitaria del San Raffaele

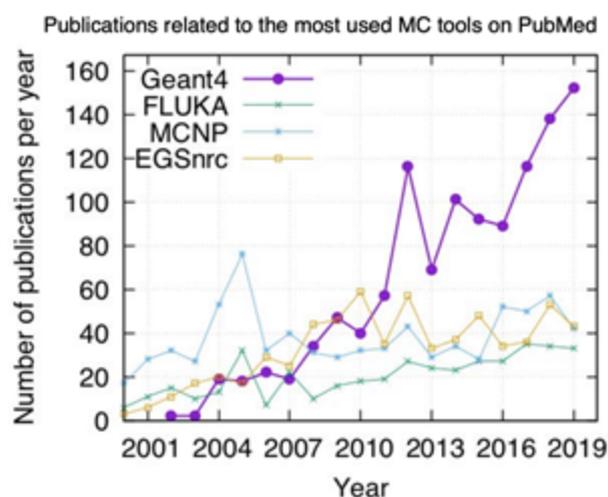


Figura 1.5

di Milano. Entro la fine del 2020 queste immagini saranno confrontate con le immagini simulate ottenute utilizzando il codice MC sviluppato per ottenerne la sua validazione.

1.5 GEANT4 - SEZIONE DI PERUGIA

Le attività della Sezione di Perugia svolte nella seconda metà del 2019 e nella prima metà del 2020 sono di seguito elencate:

1. Definizione di uno standard utente per fornire un file STEP per l'interfaccia utente di conversione GDML
2. L'interfaccia utente verifica se l'utente fornisce un file STEP coerente con i requisiti definiti.
3. L'interfaccia controlla inoltre incoerenze o informazioni mancanti nella geometria
4. Utilizzo dello strumento commerciale di benchmarking (FASTRAD) e MRADSIM
5. Il codice sviluppato è stato utilizzato per test preliminari eseguiti su auto e geometrie di edifici

Esempi di geometrie convertite da CAD a GDML sono riportate in Figura 1.6 e Figura 1.7

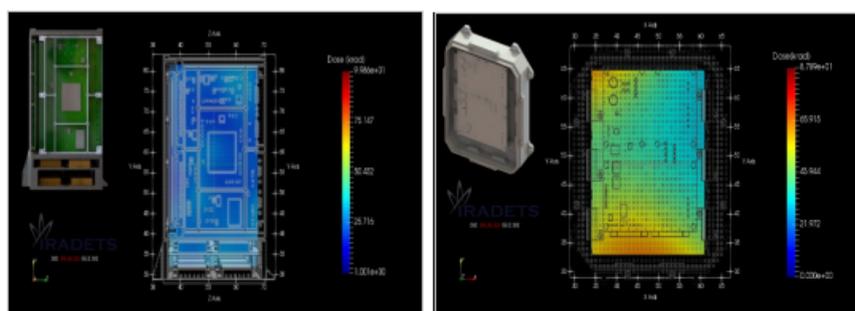


Figura 1.6: Dispositivi di interesse (DUT) con geometria meshed per avere un profilo 3-D di distribuzione delle dosi ionizzanti totali (TID).

1.6 GEANT4 - SEZIONE DI ROMA I

Si riportano di seguito le attività svolte dal Gruppo Geant4 di Roma I e ISS, nel corso del 2020

1.6.1 Microdosimetria

Attività di microdosimetria per la valutazione della distribuzione di energia specifica per una sorgente di I-125 con differenti geometrie (puntiforme o di superficie) rispetto ad una sfera di acqua. Per questa applicazione microdosimetrica viene stata usata l'estensione Geant4-DNA. Il modello consente di avere una stima di dose dovuta agli elettroni Auger emessi da radionuclidi utilizzati in medicina nucleare. In collaborazione con la sezione INFN di Napoli partecipante al progetto MC-INFN, si adatterà il modello alla valutazione del dose-enhancement dovuto a nanoparticelle d'oro.

1.6.2 Advanced examples

Continua il supporto per l'advanced example Medical-Linac.

1.6.3 Interazioni adroniche di bassa energia

Continua l'attività di *improvement* di Geant4 per la simulazione di interazioni a bassa energia. L'integrazione del modello BLOB ("Boltzmann-Langevin One Body") comporta dei problemi di carico computazionale non compatibili con le richieste delle applicazioni mediche e in generale delle applicazioni sperimentali. Si sta usando un approccio basato su tecniche di *Deep Learning* per velocizzare i tempi di calcolo. In particolare attraverso l'uso di *Variational Auto Encoders* (VAE) si può riprodurre lo stato finale di BLOB ottenendo una riduzione dei tempi di calcolo. I risultati preliminari sono promettenti e sono stati presentati in alcune conferenze internazionali già nel 2019. Due studenti del corso di Laurea in Fisica della Sapienza stanno svolgendo la loro tesi magistrale su questo argomento e si è creata una collaborazione con la sigla *ML₁NFN approvata e finanziata dalla Commissione V dell'INFN*.

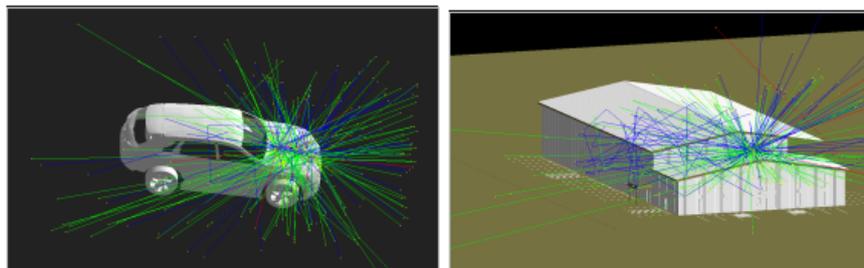


Figura 1.7: Primi test di conversione geometria alternative (Edifici e macchine) che è il primo passo verso la versione Earth Based

Capitolo 2

Attività prevista nel 2021

2.1 GEANT₄ - SEZIONE DI CATANIA

2.1.1 Sviluppo di modelli di microdosimetria nell'ambito dell'Advanced example "Radioprotection"

2.1.1.1 Terapia con protoni e ioni (simulazione di un microdosimetro al diamante mono-stadio e doppio stadio)

L'esempio, nel quale un prototipo di microdosimetro è già implementato, verrà esteso alla simulazione di microdosimetri al diamante a singolo e doppio stadio, includendo la possibilità di passare agevolmente tramite comandi macro alle diverse configurazioni di rivelatori. Inoltre, alcuni script dedicati all'analisi dei dati verranno implementati e inclusi nell'applicativo al fine di ottenere le quantità di interesse in microdosimetria. Qualora disponibili, dati sperimentali relativi a spettri microdosimetrici acquisiti con fasci di protoni o ioni potranno essere usati per un possibile confronto con i risultati delle simulazioni. Il suddetto lavoro verrà svolto in collaborazione con l'Università' del Surrey, in Regno Unito, presso il quale due studenti di dottorato stanno svolgendo un progetto di ricerca attinente alle attività suddette.

2.1.1.2 Terapia medico-nucleare e *imaging* radiologico con mezzi di contrasto ad alto Z.

I radioisotopi utilizzati a scopo terapeutico sono scelti tra emettitori beta, alfa o Auger (⁹⁰Y, ¹⁷⁷Lu, ²²³Ra, ¹¹¹In, ¹³¹I i più frequentemente impiegati). Partendo dalle configurazioni già implementate nel suddetto esempio, si intende estenderne le potenzialità

per modellizzare scenari microdosimetrici di radioesposizione a radionuclidi terapeutici. Inoltre, riveste particolare interesse studiare a livello microscopico la distribuzione di dose nei tessuti impregnanti mezzo di contrasto iodato, durante indagine radiologica tomografica (CT), sulla base del modello dosimetrico macroscopico già sviluppato, che quantifica incrementi di dose media a livello di organo/tessuto significativi per concentrazioni contrastografiche cliniche.

L'advanced example "Radioprotection", attualmente sviluppato dal gruppo di ricercatori dell'Università di Wollongong (UOW) in Australia, verrà utilizzato come punto di partenza per lo sviluppo delle suddette applicazioni microdosimetriche, in seno alla collaborazione tra UOW e Sezione INFN di Catania.

2.1.2 Implementazione di un esempio Geant4

Implementazione di un esempio di applicazione di GEANT4 per dosimetria interna di radionuclidi utilizzando un modello ellissoidale di target biologici. Sulla base dell'attività espletata nel 2020 di proposizione alla Collaborazione GEANT4 di un esempio di applicazione con il suddetto scopo, e tenute in considerazione le indicazioni che si riceveranno in merito dalla Collaborazione, si provvederà ad implementare l'esempio perché venga reso disponibile.

2.1.3 Altre attività previste

- Release di Geant4 contenente eventuali correzioni e bug fix sugli *advanced examples* in collaborazione con i colleghi di INFN-LNS;
- Organizzazione di un evento di formazione in Cina entro luglio 2021;
- Implementazione delle modifiche a Geant4 studiate merito alla propagazione dei fotoni all'interno del Central Detector di JUNO, e studiare i miglioramenti ottenuti

2.2 GEANT4 - SEZIONE DI FERRARA

2.2.1 Attività sui Raggi-X

Le attività previste per il 2021 riguardano la validazione dei modelli fisici implementati. In particolare, si prevede di irraggiare degli oggetti semplici con una sorgente apposita, ad esempio un tubo a raggi-X micro-focus, per fare risaltare gli effetti di fase e validare i codici

implementati dal confronto tra le misure e i risultati di simulazioni Geant4 dello stesso set-up sperimentale. Inoltre, si prevede di svolgere delle simulazioni di *phase-contrast imaging* su appositi fantocci mammografici voxelizzati. Per entrambe le attività si prevede una *milestone* a fine anno.

2.2.2 Attività sul channeling

Expected results:

- Inclusion of the Baier-Katkov method for computation of radiation in oriented crystals into Geant4 and comparison with experimental data.
- Geant4 channeling radiation model improvement

The Baier-Katkov model [5] is a well-validated model taking into account quantum recoil of electron/positron in the emission of the photon basing on a classical trajectory. This model allows one to calculate channeling radiation as well as coherent bremsstrahlung, i.e. the effects caused by interaction of charged particles with ordered crystalline structure. Though this model is valid for any trajectory simulated in Geant4, the coherent effects of radiation in crystals such as channeling radiation can be simulated only on the basis of trajectory under the channeling conditions. For the case of Geant4 it simulated using the trajectory calculated by G4Channeling.

The Baier-Katkov model developed in the CRYSTALRAD simulation code [3] and well verified experimentally will be implemented into Geant4. The radiation spectra simulated by Geant4 will be compared with the experimental results obtained for 855 MeV electrons at Mainz Mikrotron MAMI [6] and with CRYSTALRAD simulations of this experiment [3]. The class G4ChannelingOptrChangeCrossSection will be refined by turning off/modification of the standard radiation processes.

2.3 GEANT4 - LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

Per quel che concerne l'attività che verrà svolta nell'arco del 2021, questa sarà incentrata sugli studi sull'uptake biologico con fasci clinici di protoni, che non è stato possibile affrontare nel 2020, e sulla simulazione di linee sperimentali per il trasporto di protoni. In particolare, l'attività prevista consisterà di due importanti tasks: la simulazione della linea di protonterapia clinica che verrà sviluppata dalla ditta Best Cyclotron a seguito della collaborazione con LNS dell'INFN e l'ottimizzazione della linea di trasporto ELIMED

installata e a ELIBeamlines (CZ) per lo studio di fasci prodotti da interazione laser-materia. In aggiunta, si prevede di proseguire con l'attività (oramai pluriennale) di manutenzione, sviluppo e miglioramento dei modelli elettromagnetici di bassa energia e degli advanced example di competenza del gruppo. D'intesa anche con il gruppo Geant4-DNA, si lavorerà anche all'implementazione e alla validazione di modelli elettromagnetici di interesse per protoni e ioni leggeri. Di seguito è riportato in dettaglio l'attività che verrà svolta, corredata di una programmazione temporale: Giugno 2021: Release di Geant4 contenente manutenzione ed eventuali correzioni sui modelli elettromagnetici Penelope e/o sugli esempi (extended, advanced) sotto la responsabilità del gruppo.

- Giugno 2021: Simulazione di una cellula su scala nanometrica con Geant4-DNA per studi sull'uptake
- Giugno 2021: Consegna di una simulazione Geant4 per l'ottimizzazione della sorgente ELIMED
- Dicembre 2021: Release di Geant4 contenente manutenzione ed eventuali correzioni sui modelli elettromagnetici Penelope e/o sugli esempi (extended, advanced) sotto la responsabilità del gruppo.
- Dicembre 2021: Realizzazione di una simulazione Geant4 per l'ottimizzazione del trasporto in aria dei protoni nella linea ELIMED
- Dicembre 2021: Realizzazione di una simulazione Geant4 per l'ottimizzazione della linea di protonterapia per il trattamento dei melanomi oculari realizzata in collaborazione con la ditta BEST-Cyclotron

Si prevede inoltre di partecipare ai compiti "di servizio" della Collaborazione, con specifico riguardo ai turni di System Testing che vengono richiesti ai membri dello Steering Board (tre settimane di turno all'anno), nonché a continuare l'intensa attività di formazione nell'ambito di scuole ed altri eventi, direttamente organizzati dal gruppo e riconosciuti nell'ambito della Collaborazione Internazionale.

2.4 GEANT4 - SEZIONE DI NAPOLI

Nel 2021 si continuerà ad investigare l'utilizzo di tecniche per l'accelerazione delle simulazioni MC tramite utilizzo di GPU. Si applicheranno queste tecniche ad applicazioni dosimetriche e di *imaging* nel campo diagnostico del tumore alla mammella.

2.5 GEANT4 - SEZIONE DI PERUGIA

Le attività prevista per la seconda metà del 2020 e nel 2021 sono:

1. Ottimizzazione grafica dell'interfaccia utente (conversione della geometria, parametri della missione / SPENVIS, analisi e visualizzazione dei dati)
2. Implementazione dell'uso di GPU, che dovrebbe essere completato entro il 06/2021
3. Inizio della implementazione dell'applicazione Web (Space / E.Based), che dovrebbe essere completata entro il 12/2021

2.6 GEANT4 - SEZIONE DI ROMA I

Nel 2021 si prevede di concludere l'esperienza di simulazione degli ultrasuoni in tessuti biologici per l'attività di supporto per la diagnostica ecografica per covid-19. (Marzo2021) Continuerà l'attività di supporto per gli advanced example di Geant4 (medical linac in particolare).

L'utilizzo di fantocci antropomorfi per la simulazione del trasporto di radiazioni nella simulazione di procedure diagnostiche e/o di terapia è una questione ormai essenziale per tutti gli aspetti di radioprotezione e, quando la Direttiva 2013/59/Euratom sarà recepita, rappresenterà uno strumento utile per la valutazione della dose che dovrà essere comunicata al paziente. In questa ampia prospettiva nel 2021 proponiamo di avviare una attività di importazione di fantocci antropomorfi in Geant4, iniziando dall'Adult Reference Computational Phantoms dell'ICRP 110. (settembre 2021) Questa attività è previsto che possa saldarsi ed espandersi in collaborazione con l'attività già avviata dal gruppo della Sezione INFN di Napoli sul database di modelli antropomorfi per la simulazione della mammella.

Per l'attività legata alla possibilità di usare una VAE per emulare BLOB i risultati ottenuti sono incoraggianti, tuttavia è necessario aumentare il set di formazione per migliorare l'organizzazione dello spazio latente. Il nostro obiettivo è quello di campionare dallo spazio latente, estraendo il parametro dell'impatto evento per evento. Infine, prevediamo di importare la parte di decodifica della VAE in C++ per interfacciarla direttamente con Geant4 (Dicembre 2021);

Bibliografia

- [1] A. Mazzolari, A. Sytov et al. Eur. Phys. J. C 80, 63 (2020).
- [2] A. Mazzolari et al. Phys. Rev. Lett. 112, 135503 (2014).
- [3] A. Sytov et al. Phys. Rev. Acc. and Beams 22, 064601 (2019).
- [4] T. N. Wistisen et al. Phys. Rev. Lett. 119, 024801 (2017).
- [5] V.N. Baier, V.M. Katkov, V.M. Strakhovenko World Scientific, Singapore (1998).
- [6] L. Bandiera et al. Phys. Rev. Lett. 115, 025504 (2015).