Il progetto Geant4-DNA

Petteri Nieminen[1], Maria Grazia Pia[2]
[1]Agenzia Spaziale Europea (Olanda), [2]INFN, Sezione di Genova (Italia)

Geant4-DNA [1] è un'iniziativa, lanciata dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), per la progettazione di software di simulazione, rivolto allo studio del danno da radiazioni a livello cellulare e del DNA. Il progetto è correlato a Geant4 [2], un complesso e versatile sistema generale di simulazione per il passaggio di particelle nella materia, distribuito gratuitamente, basato sulle piú avanzate metodologie e tecniche di software. Geant4 è stato sviluppato ed è attualmente gestito da una collaborazione internazionale di piú di 100 scienziati; è usato in applicazioni radioterapiche (per esempio, per brachiterapia all'IST di Genova [3]), oltre che in esperimenti di fisica delle particelle, astrofisica e scienze spaziali.

Tradizionalmente i danni biologici da radiazioni sono analizzati secondo un processo "dall'alto verso il basso", cioè valutando la dose macroscopica assorbita in una zona localizzata di tessuto o in un organo, che viene tradotta in un certo grado di danno correlato, in base al quale sono quindi stabiliti dei limiti di dose considerati accettabili. Il progetto Geant4-DNA si propone, invece, di studiare il problema sotto un'altra prospettiva, procedendo "dal basso verso l'alto", cioè analizzando gli effetti delle radiazioni direttamente ad una scala nanoscopica - a livello cellulare e della molecola del DNA - utilizzando un sistema di simulazione per le interazioni ed il trasporto di particelle.

Praticamente tutte le forme di vita sono inevitabilmente esposte in qualche modo a radiazioni. Sulla terra la radiazione ambientale è costituita principalmente da raggi cosmici e da particelle secondarie da essi originate, dal fondo di radiazione primordiale generato da elementi pesanti presenti nella crosta terrestre e da sorgenti di radiazione create dall'uomo. Nello spazio l'ambiente di radiazione è piú ostile che sulla terra, a causa della mancanza di protezione fornita dall'atmosfera e della presenza di componenti biologicamente piú avversi, quali particelle intrappolate, particelle emesse da eventi di attività solare e ioni pesanti di origine galattica.

La motivazione originale del progetto è nata dall'interesse dell'Agenzia Spaziale Europea di studiare il danno da radiazioni a cui possono essere soggetti gli astronauti, soprattutto in vista dell'attività sulla Stazione Spaziale Internazionale, che nei prossimi anni prevede la presenza di astronauti anche per lunghi periodi. Oltre all'applicazione in ambito spaziale per la protezione di astronauti, il progetto riveste interesse anche per applicazioni in campi di piú tradizionale interesse medico-biologico, quali la radioprotezione in ambiente terrestre e la radioterapia oncologica, oppure in temi di ricerca emergenti, quali lo studio dell'effetto dell'esposizione a radiazioni su alimenti o nell'aviazione civile.

Negli USA già esiste un'attività di ricerca nel campo della simulazione del danno da radiazioni a livello del DNA e di tests sperimentali correlati, per esempio al National Space Biomedical Research Institute sponsorizzato dalla NASA. Il progetto Geant4-DNA si propone di stimolare una significativa presenza europea in questo campo, aggregando una rete di esperti europei, che collaborino su questo tema di ricerca. Il progetto si presenta, per la sua stessa natura, sotto forma di una collaborazione multidisciplinare, in quanto richiede le competenze di fisici, biologi, biochimici, medici ed informatici; persino entro la stessa categoria di ricercatori sono necessarie diverse caratterizzazioni specifiche - per esempio, per quanto riguarda l'ambito fisico, le competenze di astrofisici, fisici delle particelle elementari e fisici medici.

Intorno al progetto si è costituita una collaborazione internazionale, a cui partecipano attualmente fisici, biologi, medici ed informatici provenienti da ESA (European Space Agency, Olanda), INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Italia), Istituto Nazionale per la Ricerca sul Cancro (IST Genova, Italia), Università del Piemonte Orientale (Italia), Karolinska Institutet

(Svezia), PSI (Paul Scherrer Institut, Svizzera), e dal CERN (il laboratorio europeo per la fisica delle particelle con sede a Ginevra, Svizzera).

Attualmente è in corso la prima fase del progetto Geant4-DNA, che consiste nel definire, attraverso metodologie e tecniche rigorose, l'ambito del progetto stesso, cioè i requisiti che dovrà soddisfare il futuro software per lo studio del danno da radiazioni a livello cellulare e di DNA. Questa prima fase del progetto è finanziata dall'ESA per un periodo di un anno; si articola attraverso lo studio dettagliato della problematica connessa al progetto, nei suoi aspetti fisici, biologici e medici, la consultazione di esperti nelle varie aree scientifiche connesse, l'analisi critica di componenti di software esistenti e lo sviluppo di prototipi di software. Si prevede che, per ovvie ragioni, un progetto scientifico di cosí grande complessità e di ampio respiro internazionale si estenda per un ampio periodo nel futuro, procedendo allo sviluppo del software stesso, in base ai requisiti definiti nella prima fase, e alla validazione mediante confronto con dati sperimentali. Per far fronte sia alla complessità della problematica connessa, sia al dinamismo dell'evoluzione della ricerca sui temi inerenti, Geant4-DNA ha adottato una metodologia nota come "processo di software ciclico a spirale", che consiste nel procedere attraverso una serie di (relativamente brevi) cicli completi di progettazione-sviluppo-test del software, ciascuno dei quali corrisponde ad un progresso rispetto al ciclo precedente: questa metodologia consente pertanto di incorporare via via nel software nuove acquisizioni scientifiche, o persino nuovi modelli, teorici o sperimentali.

Geant4-DNA rappresenta un progetto altamente innovativo, sia per la problematica che affronta, sia per il carattere di collaborazione multidisciplinare a livello europeo. La collaborazione è aperta a ricercatori nelle discipline attinenti eventualmente interessati, che possono mettersi in contatto con i Coordinatori del progetto (Petteri.Nieminen@esa.int e MariaGrazia.Pia@ge.infn.it).

Referenze bibliografiche

1) Geant4-DNA, http://www.ge.infn.it/geant4/dna/index.html
2) Geant4, http://wwwinfo.cern.ch/asd/geant4/geant4.html
3) S. Agostinelli et al., CERN-OPEN-2000-299 e Proc. of the Int. Conf. Calor2000, Annecy, October 2000