

Attività ricerca del dott. Andrea Gelmi, XXXII ciclo di dottorato in fisica, Università degli studi di Bari Aldo Moro.

ABSTRACT: La mia attività di ricerca si svolgerà nell’ambito dell’esperimento CMS (Compact Muon Solenoid) presso il Large Hadron Collider (LHC) del CERN. In vista del progressivo aumento di energia e di luminosità di LHC (phase 2 di LHC, HL-LHC), mi occuperò di studiare il fondo atteso di neutroni e gamma in cui opereranno i rivelatori per muoni in CMS. La definizione delle nuove condizioni serviranno ad ottimizzare i programmi di upgrade necessari per il sistema di muoni. In primo luogo, il sistema di muoni attualmente installato in CMS dovrà essere certificato per valori di carica e dose corrispondenti ad una luminosità integrata attesa di 4000 fb^{-1} . Inoltre, nuovi rivelatori verranno installati nella regione ad alto eta di CMS per estendere la copertura delle camere a muoni fino ad $\eta = 4$. Mi occuperò di studiare con metodi di simulazione MonteCarlo la risposta di questi nuovi rivelatori ai gamma e neutroni. I risultati di questa simulazione permetteranno di quantificare la rate attesa in questa ragione e la carica integrata per lo studio di longevità dei nuovi rivelatori. La risposta ai gamma di alcuni prototipi di rivelatori verrà misurata sperimentalmente presso la Gamma Irradiation Facility del CERN (GIF++), e confrontata con la simulazione. Le prestazioni verranno monitorate in funzione della carica integrata per gli studi di longevità.

L’obiettivo di CMS è di effettuare misure di precisione dei meccanismi del Modello Standard e di ricercare nuova fisica al di là di esso. I rivelatori che compongono CMS hanno dunque lo scopo di identificare ogni particella ed associarla al processo che l’ha generata nel punto di interazione. La struttura di CMS si compone di una parte cilindrica longitudinale centrata nel punto di intersezione dei fasci costituente il Barrel, e da due dischi laterali, gli Endcap. L’intera struttura di CMS è guidata dalla scelta del suo magnete, un solenoide superconduttore, nel gioco di quest’ultimo prendono posto i componenti del sistema muonico, mentre il sistema di calorimetri ed il sistema tracciante sono installati all’interno del solenoide. Parte essenziale di CMS è il sistema di rivelazione dei muoni, in grado di identificarli, misurarne il momento trasverso ed associarli al corretto bunch crossing. Il sistema muonico di CMS è specificatamente costituito da un sistema ridondante: Resistive Plate Chamber (RPC) e Tubi a Deriva (DT) nel Barrel, ed RPC e Cathode Strip Chamber (CSC) nell’Endcap. Gli RPC installati, 480 nel barrel e 432 nell’endcap, sono rivelatori a gas con elettrodi resistivi di 2mm ed a doppia gap, anch’esse di 2 mm, con una risoluzione temporale di 1 ns e risoluzione spaziale di 1cm.

Nei prossimi anni l’acceleratore di particelle LHC sarà oggetto di un programma di upgrade, in particolare dal 2023 inizierà una nuova fase, detta fase 2 di “High Luminosity” HL-LHC, in cui si avrà un aumento della luminosità istantanea fino a $7.5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, la quale permetterà di ottenere un valore di luminosità integrata in 10 anni pari a 4000 fb^{-1} , ad un’energia di collisione dei fasci di 14 TeV. L’upgrade dell’acceleratore impone che anche gli esperimenti si debbano adeguare alle nuove condizioni operative: l’incremento di luminosità ed energia dei fasci causeranno, infatti, un inevitabile aumento della rate del fondo, prevalentemente neutroni e gamma.

Per il sistema muonico, il programma di upgrade di fase 2, prevede due attività principali: una riguarda il consolidamento del sistema RPC attuale, ovvero lo studio della stabilità delle prestazioni per tutta la durata di HL-LHC. I valori del fondo atteso è stato stimato attraverso simulazioni ed estrazioni dai dati raccolti durante i run del 2016. La seconda attività riguarda l’attività di R&D per lo studio di nuovi prototipi di rivelatori da installare nella regione ad alto eta di CMS. Nello specifico il programma di completamento della copertura della regione ad alto eta prevede l’installazione nel 2019 di rivelatori di tipo GEM nella prima stazione dell’Endcap. Successivamente nel 2023, appena prima della Fase 2, verranno installati altri rivelatori GEM nella regione seconda stazione e dei rivelatori del tipo RPC di

nuova generazione nella stazione terza e quarta. L'upgrade del sistema muonico consentirà di mantenere un sistema di trigger e di ricostruzione efficiente e ridondante anche nelle nuove condizioni di luminosità.

Per quanto riguarda i rivelatori del tipo ad RPC una intensa attività di R&D è in corso per sviluppare un rivelatore che soddisfi le specifiche, in modo particolare l'alto flusso di particelle atteso. Gli RPC sono rivelatori a gas con elettrodi resistivi, una possibile soluzione per aumentare la rate capability è quella di diminuire il valore di resistività degli elettrodi in modo da ridurre il tempo di ricarica. La riduzione del valore di resistività potrebbe poi essere accoppiata con la riduzione dello spessore della gas-gap in modo da diminuire il valore della carica media depositata, e di conseguenza la superficie interessata dalla valanga. Questa soluzione consentirebbe di aumentare la rate capability, ottenere una migliore risoluzione temporale e spaziale, operare a tensioni di lavoro inferiori, generare segnali di valore inferiore rendendo il rivelatore più stabile, ma richiede anche l'uso di un'elettronica di lettura più sensibile. Per il miglioramento della risoluzione temporale un'altra soluzione è quella di modificare la configurazione del rivelatore, passando dalla struttura a doppia-gap degli attuali rivelatori, a strutture a multi-gap con spessori di gas-gap e degli elettrodi inferiori. Infine si stanno studiando anche rivelatori con elettrodi realizzati con materiali alternativi all'attuale bachelite, quali vetri a bassa resistività.

Nell'attività di R&D sui nuovi rivelatori a muoni da installare per la fase 2, lo studio della loro risposta alle particelle costituenti il fondo, quali neutroni e gamma, ossia la sensitività, è un aspetto fondamentale: valori alti di fondo possono modificare le prestazioni del rivelatore stesso e di conseguenza le prestazioni del sistema di trigger e di ricostruzione, nonché la longevità del rivelatore. Utilizzando il software GEANT con metodi Montecarlo, studierò la sensitività dei nuovi rivelatori a muoni sia per i neutroni che gamma in funzione della loro energia. Quindi noto il flusso atteso in CMS dal software di simulazione FLUKA, potrò determinare la rate attesa.

I risultati di questa simulazione sono molto importanti in quanto permetteranno di quantificare due importanti parametri, il valore del background rate che, come detto può influenzare le prestazioni del rivelatore stesso, ed il valore della carica che i nuovi prototipi di rivelatori dovranno essere in grado di integrare per tutta la durata di HL-LHC.

Le prestazioni dei nuovi rivelatori verranno studiate alla "Gamma Irradiation Facility" (GIF++) del CERN. Questa area sperimentale è dotata di un fascio di muoni e di una sorgente gamma di, 14 TBq, generata dal decadimento del Cesio 137. La GIF++ permette quindi di misurare le prestazioni dei rivelatori in un ambiente simile a quello atteso in CMS, ovvero in presenza di un alto valore di radiazione di fondo.

Utilizzando nuovamente il software Geant, implementerò la geometria dei nuovi rivelatori all'interno di un software di simulazione della GIF. La sensitività dei nuovi rivelatori verrà studiata allo spettro di energia dei gamma della GIF. I risultati della simulazione verranno confrontati con quelli ottenuti sperimentalmente. Questo confronto permetterà di validare la simulazione stessa e di conseguenza anche la simulazione effettuata in CMS.

Oltre ai test di caratterizzazione dei nuovi rivelatori, si effettueranno anche test di longevità necessari a validare le prestazioni in funzione della carica integrata. L'aumento della radiazione di background attesa per la fase 2 genererà un aumento della carica integrata, che potrebbe determinare una perdita in termini di prestazioni dovuta agli effetti di invecchiamento (aging) nel rivelatore. L'obiettivo sarà dunque quello di irraggiare i rivelatori alla GIF++ fino a raggiungere lo stesso valore di carica integrata al termine della fase 2, calcolata dalla simulazione, e monitorare le prestazioni in funzione di questo parametro. Il valore della carica permette anche di quantificare il tempo necessario all'irraggiamento alla GIF++, che è stato stimato, considerando un fattore di accelerazione pari a 2 rispetto a CMS, in circa 2 anni.