

» INTERVISTA**OLTRE IL BOSONE DI HIGGS CON
LA COLLABORAZIONE CMS**

Intervista a Roberto Carlin, ricercatore INFN e professore di fisica all'Università di Padova, dal 2018 spokesperson della collaborazione internazionale CMS (Compact Muon Solenoid), al CERN.

Dal settembre 2018 Roberto Carlin guida le circa 5400 persone, tra scienziati, ingegneri e tecnici provenienti da tutto il mondo, impegnate nella collaborazione CMS, uno dei quattro grandi esperimenti dell'acceleratore LHC del CERN, protagonista nel 2012, assieme all'esperimento ATLAS, della scoperta del bosone di Higgs. Dal 2018 l'impegno della collaborazione è volto, oltre che alla caratterizzazione delle particelle prodotte in LHC, in particolare del bosone di Higgs, allo sviluppo dell'upgrade dell'esperimento in vista della prossima fase post-LHC, che vedrà nel 2027 la partenza del progetto High Luminosity LHC (HiLumi LHC), il successore ad alta luminosità dell'acceleratore, attualmente in fase di sviluppo.

Con le sue 14 mila tonnellate di peso, i 21 metri di lunghezza e i 15 metri di diametro, rappresenta, insieme ad ATLAS, uno dei due grandi esperimenti general purpose, dedicati cioè allo studio di tutti gli eventi prodotti nelle collisioni tra i fasci di protoni in LHC. Il rivelatore, di forma cilindrica, è situato a 100 metri di profondità lungo il percorso di LHC e ha una struttura a strati concentrici, che permette di identificare e misurare le caratteristiche fisiche delle diverse particelle prodotte: dalla misura molto precisa delle tracce delle particelle cariche osservate nella parte più interna del rivelatore, alla misura della loro energia nei calorimetri circostanti, fino all'identificazione delle particelle più sfuggenti, i muoni, rivelate nello strato più esterno del rivelatore.

Roberto Carlin ha iniziato l'attività scientifica nei primi anni '80 al CERN e ai Laboratori INFN di Frascati, per poi trascorrere un lungo periodo al laboratorio DESY, ad Amburgo, dove ha lavorato all'esperimento ZEUS, del quale è stato vice-spokesperson. Membro di CMS dal 2005, ha contribuito all'installazione e alla messa in funzione del rivelatore di muoni e alla gestione delle prime fasi di presa dati. È stato inoltre coordinatore del trigger di CMS e vice-spokesperson della collaborazione. Eletto spokesperson nel settembre 2018, Roberto Carlin terminerà il suo mandato nell'agosto del 2020.

» INTERVISTA

Dalla sua partenza, nel 2008, le prestazioni di LHC sono incrementate al punto da mettere gli esperimenti di fronte a una sfida senza precedenti, in termini di quantità di dati prodotti dalle collisioni. Come l'avete affrontata?

È vero, LHC ha raggiunto prestazioni molto superiori al previsto, sia in termini di luminosità che di efficienza, ed è un'ottima cosa perché fornisce agli esperimenti grandi quantità di dati, ma questo pone anche grandi sfide. La luminosità di picco, che determina il numero di collisioni in ciascun istante, è ormai più del doppio rispetto al valore di progetto, con il risultato che in ogni evento troviamo in media 50 collisioni contemporanee tra protoni: una quantità di segnali da districare che pochi anni fa sarebbe stata considerata proibitiva. CMS ha completato l'anno scorso un importante insieme di aggiornamenti, il cosiddetto *phase 1 upgrade* che ha interessato numerosi rivelatori, tra cui il rivelatore di vertice, chiave per distinguere interazioni contemporanee e il sistema di selezione degli eventi, essenziale per 'separare il grano dal loglio'. Inoltre, i computer e gli algoritmi di analisi dati sono continuamente aggiornati, usando sempre più tecniche di *machine learning*. Questi continui aggiornamenti, ci permettono di affrontare nuove sfide ma sono anche molto utili a mantenere una vitale attività di sviluppo di rivelatori, e una comunità di esperti in grado di sfruttarli al meglio e di prepararsi a sfide future ancora più impegnative come HiLumi LHC.

Quali sono stati i risultati più interessanti e quali le difficoltà affrontate in questi ultimi due anni?

Da quando ho cominciato il mandato di *spokesperson*, CMS ha sottomesso a riviste internazionali quasi 190 articoli (sono più di mille in tutto), sarebbe veramente difficile selezionarne qualcuno senza fare torto ad altri. Ciò che è più impressionante è la varietà di argomenti affrontati, dalle misure di precisione sulla fisica del quark beauty, del quark top e naturalmente del bosone di Higgs, alle numerose ricerche di fisica al di là del Modello Standard, oltre che un programma intenso di studio di collisioni di ioni pesanti. È chiarissima la transizione da una fase di prime osservazioni (l'ovvio esempio è quello del bosone di Higgs nel 2012) a una di misure di precisione, in particolare proprio nel campo aperto dalla scoperta del bosone di Higgs, le difficoltà vengono soprattutto dalla sovrapposizione di attività molto diverse: l'analisi dei molti dati acquisiti, l'aggiornamento del rivelatore durante il periodo di fermo macchina, la preparazione dell'imminente terzo run e soprattutto la preparazione dell'*high luminosity upgrade*. Un discorso a parte sono le difficoltà recenti legate all'emergenza per la diffusione della pandemia da CoViD-19. CMS è una comunità distribuita su tutti i continenti già abituata a lavorare da remoto, e questo ha aiutato moltissimo durante il *lockdown*. Ora stiamo riprendendo gradualmente e con molte precauzioni le attività in persona, in particolare quelle legate all'*upgrade* e alla preparazione della prossima presa dati, certamente non aiutati dalle limitazioni ai viaggi internazionali.

» INTERVISTA

LHC ripartirà nel maggio 2021, dopo la conclusione dei preparativi per il suo terzo run, che durerà fino alla fine del 2024. Che cosa dobbiamo aspettarci da CMS?

In realtà, a causa dei ritardi generati dal CoViD-19, LHC ripartirà a inizio 2022. Non solo avremo rivelatori aggiornati, alcuni di questi già pronti per la cosiddetta “fase 2 di HiLumi LHC”, ma stiamo preparando nuove idee e tecniche di selezione e analisi dei dati, le quali permetteranno di aumentare significativamente il campo di studi e la loro precisione. Le misure di precisione sono una delle possibili vie per identificare possibili deviazioni dalle previsioni del Modello Standard, e quindi nuova fisica: saranno permesse dalla grande statistica di dati disponibile, ma necessiteranno di attentissime calibrazioni dell’apparato e di raffinate tecniche di analisi. Contemporaneamente continueremo a cercare evidenze dirette di nuovi fenomeni, cercando, come è nostro dovere, in tutti gli angoli possibili, per esempio cercando con nuove tecniche particelle con vita media lunga, che possono produrre segnali molto lontani dal punto di interazione tra i fasci. È una fase molto interessante per gli esperimenti, in cui si passa da “cercare l’ago nel pagliaio”, il bosone di Higgs nel nostro caso, a “c’è qualcosa nel pagliaio, anche se non sappiamo esattamente cosa, cerchiamo di trovarlo”.

La sua elezione a spokesperson della collaborazione CMS è stata una nuova conferma dell’eccellenza della fisica italiana al CERN. Al momento della sua nomina tre dei quattro grandi esperimenti di LHC erano guidati da italiani. A che cosa si deve questa leadership?

La scuola di fisica italiana ha una grandissima tradizione, gli studenti che escono dalle Università italiane non sono secondi a nessuno. Abbiamo un ente di ricerca, l’INFN, che funziona molto bene tant’è che spesso è preso ad esempio a livello internazionale, i nostri fisici sono nelle condizioni e hanno le capacità di partecipare in maniera determinante, in tutto il mondo, a progetti di costruzione di acceleratori e rivelatori e al loro utilizzo per l’avanzamento delle nostre conoscenze. I risultati si vedono. Certo è importante che questa leadership, non solo ai livelli apicali, venga mantenuta fornendo opportunità di ingresso e di carriera ai nostri bravissimi giovani.

La collaborazione coinvolge circa 5400 persone tra fisici, ingegneri e tecnici, provenienti da diversi istituti e paesi. Come si gestisce un team così numeroso e culturalmente diversificato?

È una domanda che mi viene fatta spesso anche nelle numerose visite di protocollo che ospitiamo a CMS. Quello che stupisce di più è, al di là della diversità, il fatto che si tratta di una vera collaborazione, quindi ciascun istituto contribuisce direttamente con il personale tecnico e scientifico e i finanziamenti. La costruzione del rivelatore è anche essa condivisa, con componenti realizzati in tutto il mondo e assemblati alla fine nella caverna sperimentale. Sembra una ricetta per un disastro, invece funziona molto

» INTERVISTA

bene, perché tutti sono coinvolti in prima persona trovando spazio in un progetto comune, continuamente discusso, con un chiarissimo scopo: l'avanzamento della scienza. Al management resta il compito di creare consenso sulle priorità, portare alla luce eventuali criticità in modo che vengano risolte, e fare in modo che le proposte di innovazione trovino terreno fertile, per mantenere CMS sempre alla frontiera della scienza e della tecnologia.

In tema di diversità, come giudica l'equilibrio di genere all'interno della collaborazione?

Ne stiamo discutendo molto, non solo sul genere ma su tutte le diversità che compongono la ricchezza di una grande collaborazione. CMS ha istituito un *diversity office* che sta lavorando per mettere in luce problemi e pregiudizi inconsci che possono avere impatto sul contributo e sulle aspettative di persone appartenenti a minoranze.

La percentuale di donne in CMS sta crescendo negli anni passando da circa il 12% del 2006 a circa il 18% di oggi, se si tiene conto di chi è già in possesso del dottorato, ed è un po' più alta se si includono anche studenti e studentesse. Certo, questo numero non è ancora soddisfacente, seppure in linea con i valori generali di donne nella fisica. È importante che ci siano sufficienti modelli di ruolo, e in effetti la frazione di donne nel management è anch'essa cresciuta: negli ultimi anni è attorno al 25%. ■