



Il CERN ha 50 anni

Marco Silari

CERN, 1211 Ginevra 23, Svizzera

Un laboratorio per l'Europa

L'otto marzo di quest'anno l'emissione di un francobollo commemorativo da parte delle poste svizzere ha segnato l'inizio di una serie di manifestazioni volte a celebrare il cinquantesimo anniversario del CERN. Il CERN è il frutto della lungimiranza di un gruppo di scienziati che intuirono la possibilità di dotare l'Europa di un laboratorio d'avanguardia per la fisica nucleare e subnucleare e contemporaneamente di utilizzare la scienza come "collante" tra nazioni che nella prima metà del XX secolo si erano duramente combattute nel corso di due sanguinose guerre mondiali.

La storia del CERN incomincia nel 1951 quando, a solamente sei anni dalla fine del più disastroso conflitto della storia dell'umanità - e del primo e fortunatamente unico impiego dell'energia nucleare per scopi bellici - rappresentanti di vari paesi europei firmarono un accordo per la creazione di un *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*, seguito tre anni dopo dall'atto formale che fondava il CERN. I dodici paesi fondatori, fra i quali l'Italia, ratificarono la Convenzione il 29 settembre 1954. La convenzione sottolineava il ruolo del CERN nel promuovere la collaborazione internazionale e nel favorire i contatti fra gli scienziati dei vari Paesi. Scopo del Laboratorio era dichiaratamente anche quello di rendere pubblici i risultati delle proprie ricerche e di favorire la formazione dei giovani nel settore scientifico e tecnologico in uno stimolante ambiente internazionale. Lo statuto del CERN dichiarava esplicitamente l'estraneità a qualunque programma di ricerca per fini militari. L'Italia partecipa fornendo il 12,65% del budget ed è al quarto posto, dopo Germania, Inghilterra e Francia (questi quattro paesi contribuiscono per quasi il 67% del budget totale). Con l'en-

trata della Bulgaria nel giugno 1999, gli Stati membri del CERN sono oggi venti. In realtà il CERN è ormai molto più di un laboratorio europeo, in quanto le collaborazioni che gestiscono i vari esperimenti condotti con gli acceleratori e le infrastrutture che il CERN mette a disposizione della comunità scientifica sono costituite di scienziati, ingegneri e tecnici di tutto il mondo. Alcuni Paesi, alcuni dei quali contribuiscono in modo sostanziale al progetto LHC, hanno lo statuto di "osservatori speciali": Giappone, India, Israele, Russia, Stati Uniti, Turchia, così come Comunità Europea e Unesco. Lo staff del CERN è però costituito solamente da personale di nazionalità di uno dei venti paesi membri.

La scelta del sito del CERN nel cantone di Ginevra fu approvata a larga maggioranza da un referendum cantonale nel giugno 1953 e i lavori per la realizzazione del sito di Meyrin iniziarono il 17 maggio 1954 (Figura 1).



Figura 1. I primi scavi per la realizzazione del sito di Meyrin nel 1954 (foto CERN)

Paradossalmente per un centro di fisica sperimentale, negli anni iniziali l'unica attività scientifica fu rappresentata dal lavoro del gruppo di fisica teorica. La Divisione Teorica, fondata nel maggio 1952, ruotava intorno a Niels Bohr e fu infatti ospitata

dall'Istituto di Fisica Teorica di Copenhagen fino all'ottobre 1957, quando venne trasferita al CERN.

Il primo decennio e il protosincrotrone

Nel 1952, prima ancora che il CERN fosse fondato ufficialmente, iniziarono gli studi di progetto per due acceleratori: un sincrotrone a protoni estremamente innovativo e di energia molto elevata, e un più convenzionale sincrociclotrone (SC) da 600 MeV, che divenne il primo acceleratore del nuovo Laboratorio. Il progetto del sincrociclotrone fu iniziato nel 1952, la sua costruzione iniziò nel 1954 e l'SC fu infine inaugurato nel 1957 (Figura 2).

Già un anno dopo la sua entrata in funzione, nel luglio 1958, i primi esperimenti cominciarono a produrre risultati di rilievo, con la prova sperimentale che circa un pione su diecimila decade in un elettrone e in un neutrino, come predetto dalla teoria dell'interazione debole. L'SC rimase in funzione per 33 anni, fino al 1990 e, a parte il protosincrotrone, fu la macchina più longeva nella storia del CERN.

Contemporaneamente all'SC si iniziò a progettare anche l'altra macchina, di energia molto più elevata, che avrebbe rappresentato il cuore del nuovo Laboratorio. Con grande coraggio e lungimiranza si scelse il progetto di un protosincrotrone (PS) a gradiente alternato, un concetto proposto solo di recente negli USA da Courant, Livingston e Snyder e non ancora realizzato sperimentalmente.



Figura 2. La sala di controllo del sincrociclotrone da 600 MeV entrato in funzione nel 1957 (foto CERN)

Il Consiglio provvisorio del futuro CERN approvò lo studio di fattibilità della nuova macchina nell'ottobre 1952 e il gruppo di progetto, suddiviso fra vari laboratori nazionali, si mise immediatamente al lavoro, in stretta collaborazione con i colleghi di Brookhaven. Nell'ottobre 1953 il gruppo venne ospitato all'Istituto di Fisica di Ginevra e un anno dopo, con la firma della Convenzione che istituiva formalmente il CERN, si cominciò ad assumere personale. Nel giugno 1956 la divisione PS era ormai composta di quasi 140 persone, il progetto di massima del nuovo acceleratore con un diametro di 200 m era ormai pronto e i contratti da assegnare alle industrie per la realizzazione dei vari componenti erano in fase di definizione. All'inizio del 1957 il personale e i laboratori si spostarono nei nuovi edifici sul sito di Meyrin. Il primo dei 100 magneti, ciascuno del peso di 38 tonnellate, fu installato nel tunnel il 3 febbraio 1959 e per la fine di luglio l'assemblaggio della nuova macchina era completato.

Il primo fascio fu accelerato nel PS il 24 novembre 1959. L'energia raggiunta, 24 GeV, superava largamente i 10 GeV del sincrotrone di Dubna, l'acceleratore più potente del momento. La massima energia di 28 GeV fu raggiunta l'8 dicembre dello stesso anno. Quarantacinque anni dopo il PS è ancora - e lo rimarrà per molti anni a venire - il "cavallo da tiro" del complesso di acceleratori del CERN (Figura 3).

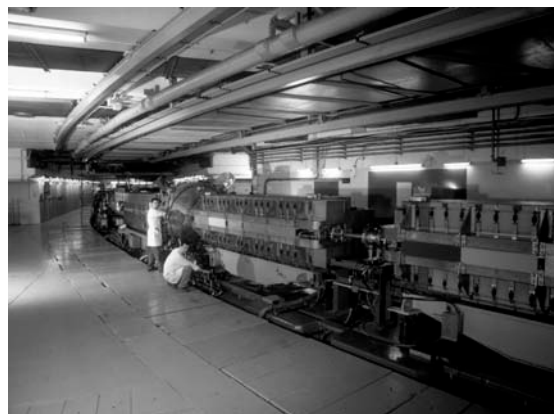


Figura 3. Il protosincrotrone (foto CERN)

L'intensità del fascio di protoni fornito dal PS è nel frattempo aumentata di un fattore mille rispetto all'intensità originale e nel corso della sua vita operativa la macchina ha subito molti miglioramenti: è stato aggiunto un booster per portare l'energia di iniezione da 50 MeV a 1 GeV prima e 1,4 GeV poi, ha progressivamente accelerato vari tipi di ioni, ha fornito e fornisce particelle a una vasta gamma di esperimenti.

Gli ISR

Nell'inverno 1963 un'immagine aerea del CERN mostrava che l'estensione del sito era ancora molto limitata, dominata dall'impronta del tunnel del PS (Figura 4).

Era appena stata avanzata la proposta per un secondo grande progetto, gli **Intersecting Storage Rings** (ISR), che dovevano diventare il primo collisore protoni-protoni mai realizzato. Nel settembre 1965 la Francia mise a disposizione oltre 40 ettari di terreno per estendere il sito svizzero di Meyrin in territorio francese. Il progetto degli ISR fu approvato dal Consiglio del CERN nel dicembre 1965. La macchina fu progettata e costruita in pochi anni ed entrò in funzione nel 1971 (Figura 5).

I protoni accelerati nel PS venivano iniettati in due anelli identici di 300 m di diametro e fatti collidere in otto punti di interse-

zione. Gli ISR, che rimasero in funzione fino al 1984, aprirono ai fisici la possibilità di realizzare esperimenti in un intervallo energetico che fino a quel momento era rimasto ristretto a dati ottenuti con esperimenti con raggi cosmici. Gli sviluppi tecnologici richiesti dalla realizzazione di questa macchina, quali il raffreddamento stocastico e l'uso di magneti superconduttori - introdotti nel 1980 per la prima volta in un acceleratore di particelle - permisero di raggiungere correnti di fascio e valori di luminosità record.

Le camere a bolle e le camere multifili

Negli anni '50 e '60 le camere a bolle trovarono applicazione in una vasta gamma di esperimenti. La camera a bolle è un rivelatore basato sulla visualizzazione ottica della traccia delle particelle, operante sul principio che in un liquido surriscaldato il passaggio di una particella produce ioni il cui movimento dà luogo alla formazione di piccole bolle. Al CERN l'uso di questo tipo di strumenti iniziò verso la fine degli anni '50. La scoperta delle correnti neutre tramite i neutrini con la camera a bolle Gargamelle confermò nel 1973 la teoria elettrodebole, che prediceva che la forza nucleare debole e la forza elettromagnetica fossero due aspetti di una stessa interazione. Gargamelle era uno strumento im-



Figura 4. Una veduta aerea del sito di Meyrin nell'inverno 1963, dominata dalla circonferenza del tunnel del PS (foto CERN)



Figura 5. Gli Intersecting Storage Rings, il primo collisore protoni-protoni mai realizzato (foto CERN)

ponente in grado di rivelare i neutrini, del peso di circa 1000 tonnellate e riempito con 18 tonnellate di freon liquido (Figura 6).

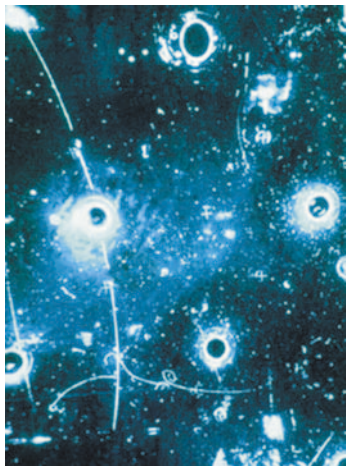


Figura 6. Un'immagine registrata con la camera a bolle Gargamelle (foto CERN)

Un altro strumento importante fu BEBC, **Big European Bubble Chamber**, che aveva un diametro di 3,7 m, un'altezza di 4 m ed era riempito con 35 m³ di liquido, idrogeno, deuterio o una miscela di neon e idrogeno. BEBC utilizzava il più grande magnete superconduttore dell'epoca. Le prime immagini furono registrate nel 1973 con un fascio dal PS. Nel 1977, a seguito dell'entrata in funzione del superprotosincrotrone (SPS), BEBC fu esposta a fasci di neutrini e di adroni fino a energie di 450 GeV. Quando nel 1984 andò in pensione, BEBC aveva fornito 6,3 milioni di immagini a 22 diversi esperimenti dedicati alla fisica dei neutrini e degli adroni.

L'analisi delle immagini riprese nelle camere a bolle così come nelle camere a scintilla era un procedimento lungo, così che questo tipo di rivelatori non era adatto per lo studio di eventi rari. L'invenzione del transistor aprì nuove possibilità, in quanto un filo di materiale conduttore connesso a un amplificatore diventava un rivelatore molto sensibile. Nel 1968 George Charpak realizzò la camera proporzionale a multifili (Figura 7), un rivelatore a gas dotato di una serie di fili paralleli, ciascuno connesso a un proprio amplificatore. Collegato a un calcolatore il nuovo strumento raggiungeva un'intensità di con-

teggio mille volte superiore alle tecniche esistenti; l'invenzione frutterà a Charpak il Premio Nobel per la fisica nel 1992. Oggi praticamente tutti gli esperimenti di fisica delle alte energie usano un qualche tipo di rivelatore basato su questo principio. Questa tecnologia è impiegata anche in molti altri settori quali la biologia, la radiologia e la medicina nucleare.

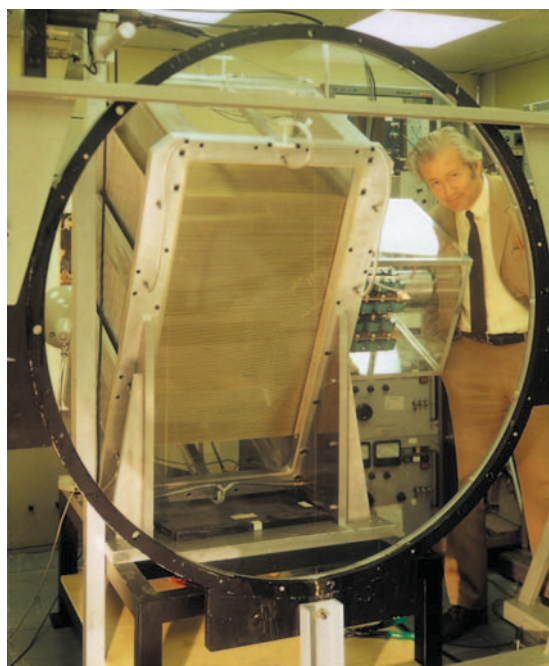


Figura 7. George Charpak con la camera a fili (foto CERN)

ISOLDE

Quando entrò in funzione all'SC nel 1967 ISOLDE (**Isotope On-Line Separator**) era un'installazione unica al mondo nel suo genere. Una combinazione di metodi chimici ed elettromagnetici permetteva di separare differenti specie di isotopi e di creare un fascio di ioni composto di una sola specie. La produzione **on-line** di nuclei radioattivi apriva ai fisici la possibilità di condurre esperimenti con radionuclidi a vita media breve fino ad allora impossibili. In seguito l'installazione è stata ampliata e oggi, servita dal fascio di protoni da 1,4 GeV del **Booster**, è una delle maggiori installazioni sperimentali del CERN. Le tecnologie sviluppate a ISOLDE hanno favorito lo sviluppo di macchine e metodiche per l'accelerazione di fasci di ioni radioattivi.

Il superprotosincrotrone

Solo pochi anni dopo l'entrata in funzione del PS i fisici fantasticavano già di un acceleratore di energia dieci volte superiore, un "super-protosincrotrone". La realizzazione di una tale macchina richiedeva la costruzione di un nuovo laboratorio e vari paesi europei si candidarono per ospitarlo. John Adams, il **project leader**, suggerì di usare il PS come iniettore per il nuovo sincrotrone, in modo da ridurre i costi. Il nuovo laboratorio doveva quindi venire necessariamente creato di fianco al CERN. Il progetto venne approvato nel 1971 e la Convenzione del CERN, che prevedeva un solo laboratorio, dovette essere modificata. Un accordo firmato con la Francia il 16 giugno 1972 creava il sito francese del CERN a Prévessin. I due laboratori rimasero indipendenti, ciascuno con una propria struttura amministrativa e un proprio Direttore Generale, fino a quando non vennero unificati nel 1976.

I lavori di realizzazione del superprotosincrotrone (SPS) da 450 GeV iniziarono pochi mesi dopo la firma dell'accordo. Il progetto, che includeva la realizzazione di un tunnel sotterraneo di 7 km di circonferenza situato a una profondità media di 40 m, fu completato nel tempo record di soli quattro anni. Il primo fascio circolò nell'SPS, il primo

acceleratore installato a cavallo del confine fra due nazioni, il 17 giugno 1976 (Figura 8).

Il programma sperimentale iniziato l'anno seguente continua fino ai giorni nostri. E' impossibile riassumere qui i risultati ottenuti dalle decine di esperimenti realizzati con i fasci dell'SPS nel corso di un trentennio. Ricorderemo solo che nel 2000 uno degli esperimenti che utilizzano ioni pesanti ha creato un nuovo stato della materia, il plasma quark-gluoni che si pensa sia esistito nei primi istanti dopo il Big Bang.

L'antimateria

Quando nel 1978 si decise di convertire l'SPS in collisore protoni-antiprotoni, la prima sfida da affrontare fu quella di riuscire a produrre un fascio sufficientemente intenso di antiprotoni. Il tasso di produzione di antiprotoni ottenuto bombardando un opportuno bersaglio con i protoni da 26 GeV del PS è di circa 1 antiprotono ogni 106 protoni. Per poter venire impiegati in un collisore, gli antiprotoni così prodotti devono prima venire catturati e "raffreddati", in modo da concentrarli in un fascio di sufficiente intensità e qualità.

Nel 1980 venne completato l'Accumulatore di Antiprotoni (AA) che impiegava il principio del "raffreddamento stocastico"



Figura 8. Il superprotosincrotrone entrato in funzione nel 1976 a cavallo della frontiera franco-svizzera (foto CERN)

ideato da Simon van der Meer e verificato sperimentalmente due anni prima. Il fascio di antiprotoni dell'AA veniva poi trasferito nell'SPS, dove nel 1983 l'esperimento UA1 diretto da Carlo Rubbia rivelò l'esistenza dei bosoni Z e W, confermando l'unificazione della forza elettromagnetica e di quella nucleare debole. Per questa scoperta l'anno seguente a Carlo Rubbia e a Simon van der Meer venne assegnato il Premio Nobel per la fisica.

Il LEAR (**Low Energy Antiproton Ring**), un sincrotrone con una circonferenza di circa 80 m e quindi "piccolo" per gli standard del CERN, fu progettato espressamente per studiare l'antimateria e in particolare l'annichilazione protone-antiprotone. Entrato in funzione nel 1983 contribuì a una trentina di esperimenti, fra i quali la scoperta della "**glueball**", una particella costituita unicamente di gluoni, i mediatori dell'interazione nucleare forte, e l'osservazione di una leggera differenza nel decadimento dei kaoni e antikaoni neutri, un ulteriore spiraglio nella comprensione del perché nell'universo la materia prevalga sull'antimateria.

L'esistenza dell'antimateria venne predetta da Dirac negli anni venti e in seguito i suoi costituenti fondamentali - il positrone, l'antiprotone e l'antineutrone - vennero via via identificati sperimentalmente.

Un atomo completo di antimateria non fu però "creato" che nel 1995, quando LEIR produsse i primi nove atomi di anti-idrogeno. L'annuncio venne dato il 4 gennaio 1996 e il lettore probabilmente ricorda ancora le estrapolazioni fantascientifiche che si lessero su alcuni quotidiani in seguito a questo risultato. L'importanza dell'esperimento risiedeva in realtà nell'aver dimostrato l'esistenza di atomi di antimateria, aprendo la via a un nuovo filone di ricerca. Nel 2002 gli esperimenti al Deceleratore di Antiprotoni (AD) del CERN hanno prodotto per la prima volta atomi di anti-idrogeno in grande quantità e ne hanno misurato le proprietà.

Il LEP

All'inizio degli anni '80 il CERN intraprese il maggiore dei suoi progetti, la realizzazione del LEP, il Large Electron Positron collider, il più grande acceleratore mai costruito (Figura 9). Lo scavo del tunnel fu un'impresa di ingegneria civile colossale, la maggiore del genere realizzata in Europa prima del tunnel sotto il canale della Manica. A causa delle caratteristiche geologiche del terreno il tunnel del LEP, con una circonferenza di 27 km e situato a una profondità compresa fra i 50 e i 140 m, fu costruito con un'inclinazione di 1,4%. Le misure geodetiche vennero realizzate dal CERN stesso, forte dell'esperienza acquisita



Figura 9. Veduta del tunnel del LEP (foto CERN)

con la realizzazione dell'SPS, in quanto non vi era nessuna impresa privata in grado di offrire tale servizio. Lo scavo iniziò nel febbraio 1985 e fu completato l'8 febbraio 1988, nonostante un'interruzione di parecchi mesi causata da un incidente di tipo geologico che provocò un allagamento del tunnel. In realtà meno della metà dei 1'400'000 m³ di scavo fu estratto dal tunnel stesso, il resto proveniva dalle quattro gigantesche caverne realizzate per ospitare gli esperimenti - L3, ALEPH, OPAL e DELPHI - e dai vari tunnel di servizio e pozzi di accesso (il più grande con un diametro di 23 m). I vari componenti del collisore vennero installati in poco più di un anno e il primo fascio circolò nel LEP il 14 luglio 1989.

Il LEP sfruttava il PS e l'SPS come pre-acceleratori, il che permise di ottimizzare le risorse già esistenti riducendo notevolmente i costi. La scelta delle dimensioni della macchina fu dettata da considerazioni legate alla perdita di energia per radiazione di sincrotrone subita da una particella carica che si muove su una traiettoria curva. Questo fenomeno è particolarmente importante per particelle leggere quali elettroni e positroni ed è tanto più grande quanto più piccolo è il raggio di curvatura dell'acceleratore. La dimensione del LEP fu un compromesso fra costo di costruzione e costo di esercizio, in quanto il fascio circolante deve essere continuamente rifornito di energia per compensare quella persa per irraggiamento.

Il LEP funzionò fino al 1995 facendo collidere elettroni e positroni accelerati a 45 GeV per produrre la particella Z, uno dei vettori dell'interazione elettrodebole. Nel 1996 iniziò la fase denominata LEP2 che, con l'installazione di un nuovo sistema di cavità acceleratrici superconduttrici, permise di innalzare progressivamente l'energia di ciascun fascio fino a 104 GeV nel 2000. In questa fase il collisore produsse gli altri due bosoni mediatori della forza elettrodebole, denominati W^+ e W^- . A parte la verifica del Modello Standard, il LEP predisse anche la massa del quark Top che fu in seguito scoperto al Fermilab, e negli ultimi mesi rivelò un segnale compatibile con

il bosone di Higgs, la particella che si pensa sia responsabile dell'esistenza della massa. I dati sperimentali raccolti non furono però sufficienti per poter confermare la scoperta. Il LEP fu spento nel novembre 2000 e il suo smantellamento iniziò immediatamente per far spazio a LHC, il **Large Hadron Collider**, l'ultimo della generazione di acceleratori del CERN. In realtà parte dei lavori di ingegneria civile per il nuovo progetto iniziarono nel 1999, ben prima cioè della messa a riposo definitiva del LEP.

LHC

In linea con la politica volta a sfruttare al massimo le risorse esistenti e ridurre i costi, per LHC viene utilizzato il tunnel del LEP e viene sfruttata la catena di acceleratori esistenti, dalla sorgente di particelle fino all'SPS. LHC è una macchina tecnologicamente estremamente avanzata che utilizza magneti superconduttori per guidare i due fasci di protoni circolanti in senso opposto a collidere a un'energia di 7 + 7 TeV. LHC sarà anche in grado di accelerare ioni fino al piombo a un'energia totale di 1250 TeV, circa 30 volte più elevata di quella di RHIC, il **Relativistic Heavy Ion Collider** di Brookhaven.

Innumerevoli sono le sfide tecnologiche poste dalla realizzazione di questa nuova macchina. Ad esempio, poiché la sezione d'urto di interazione fra due particelle che collidono con energia E varia come $1/E^2$, la luminosità (una grandezza proporzionale al numero di collisioni al secondo) deve aumentare come E^2 se si vuole generare lo stesso numero di eventi ottenibili con una macchina operante a energia inferiore. Realizzare a LHC un programma sperimentale della stessa efficacia di quello del LEP rappresenta quindi una sfida notevole. Mantenere stabili i due fasci per circa dieci ore, durante le quali le particelle faranno 4×10^8 giri nella macchina, è anch'esso un problema non banale, in quanto piccole perturbazioni ed effetti secondari nei campi magnetici di guida e di focalizzazione possono a lungo termine rendere il moto delle particelle leggermente caotico e causare perdite di fascio. L'irraggiamento per radia-

zione di sincrotrone è insignificante per quel che riguarda il suo effetto sul fascio circolante, ma non può venire trascurato in quanto l'energia persa, per quanto piccola, viene depositata in componenti della macchina operanti a temperatura criogenica. Anche gli aspetti radiologici a LHC sono ordini di grandezza superiori rispetto a quelli a suo tempo posti dal LEP, sia per quel che riguarda il danno da radiazione ai materiali e all'elettronica, sia per quel che concerne gli aspetti di radioprotezione del personale, sia in termini di impatto ambientale. Le perdite di fascio devono in realtà venire mantenute a livelli molto bassi in tutte le sezioni curve per evitare il quenching dei magneti (la transizione improvvisa da stato superconduttore a stato resistivo), mentre alcune altre regioni della macchina, come ad esempio quelle ospitanti i collimatori nonché la parte centrale degli stessi esperimenti, saranno invece estremamente radioattive.

LHC è previsto entrare in funzione a metà del 2007 (Figura 10) e i quattro grandi esperimenti ALICE, ATLAS, CMS e LHCb dovrebbero iniziare ad acquisire dati l'anno seguente. Gli esperimenti dovrebbero fornire una spiegazione sulla massa delle particelle fonda-

tali e rispondere alle domande sulla massa mancante e sull'energia oscura dell'universo. Cercheranno anche di capire la ragione per la quale in natura la materia prevale sull'antimateria e studieranno le condizioni in cui si pensa si trovasse la materia nelle prime fasi di vita dell'universo.

La fisica dei neutrini e CNGS

Gli esperimenti sulla fisica del neutrino iniziarono al CERN nella seconda metà degli anni '60, prima al PS e in seguito all'SPS. Esperimenti come CHARM, CHORUS e NOMAD hanno fornito risultati scientifici che hanno aiutato lo sviluppo del Modello Standard e la comprensione della struttura del nucleo atomico. A partire dal 2006, con l'entrata in funzione di CNGS (CERN *Neutrinos to Gran Sasso*) il CERN invierà un fascio di neutrini verso i Laboratori del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN, a una distanza di 730 km attraverso la crosta terrestre. Esistono in natura tre tipi di neutrino, elettronico, muonico e tau. *Superkamiokande* in Giappone e altri esperimenti basati sull'osservazione dei neutrini prodotti dai raggi cosmici in atmosfera hanno misurato un deficit nel numero atteso di neutrini muonici. Tale deficit può

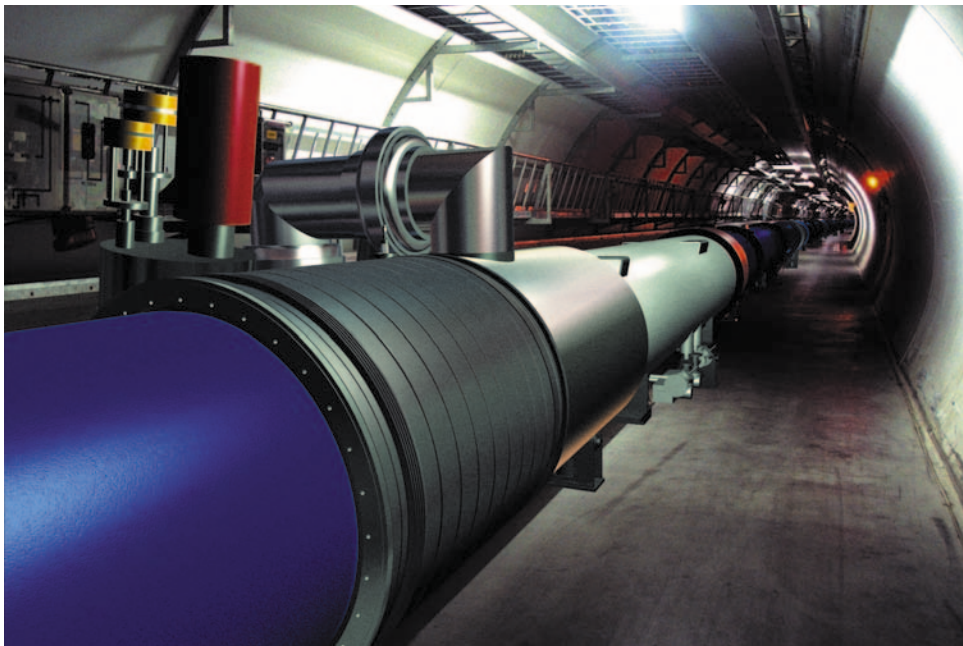


Figura 10. Una veduta di come apparirà il tunnel di LHC una volta completata l'installazione (foto CERN)

essere spiegato con l'ipotesi che i neutrini "oscillino" (cioè si trasformino) da un tipo a un altro nel loro viaggio dalla sorgente al punto dove vengono rivelati. Lo scopo del progetto CNGS (Figura 11), approvato dal Consiglio nel dicembre 1999 e la cui realizzazione è iniziata nel settembre 2000, è quello di studiare tali oscillazioni mediante neutrini prodotti "artificialmente" dall'SPS. CNGS invierà un fascio di neutrini muonici (prodotti tramite il bombardamento di un bersaglio di grafite con protoni da 400 GeV e il successivo decadimento dei pioni così prodotti in muoni) verso i LNGS, dove gli esperimenti ICARUS e OPERA, gestiti da collaborazioni internazionali, cercheranno di rivelare i neutrini tau generati dalle oscillazioni dei neutrini muonici nel loro viaggio dal CERN al Gran Sasso.

Uno sguardo al futuro

Nonostante la maggior parte delle risorse finanziarie e umane del CERN siano in questi anni dedicate alla realizzazione di LHC, viene comunque portata avanti una limitata attività di ricerca e sviluppo nel settore dei futuri acceleratori. Nei vari laboratori di fisica delle alte energie si sta da tempo discutendo dell'era post-LHC, cioè di quale potrebbe essere il migliore progetto di acceleratore per la fisica delle alte energie una volta che LHC avrà esaurito il suo compito.

A parte un possibile VLHC, Very Large Hadron Collider, un collisore protoni-protoni basato sulla stessa tecnologia ma di circonferenza maggiore, ci sono altre due possibili strade. Entrambe queste strade esplorano progetti per collisori di leptoni piuttosto che di adroni. La prima è quella di un collisore lineare elettroni-positroni, la seconda quella di un collisore di muoni.

Il CERN partecipa a questi studi in entrambi i settori, ma è particolarmente all'avanguardia nel campo dei collisori lineari con il progetto CLIC, Compact Linear Collider. CLIC è un collisore e^+/e^- con energia nel centro di massa di 3 TeV, basato su uno schema di accelerazione non convenzionale, in cui la potenza fornita al fascio viene prelevata da un fascio di elettroni secondario di alta intensità e bassa energia, il drive beam, che corre parallelo al fascio principale. Questo schema di accelerazione permette di arrivare a energie molto elevate mantenendo la macchina relativamente "compatta", con una lunghezza totale dei due linac di 27,5 km.

Per dimostrare la fattibilità di questo schema e provare i vari componenti del sistema a radiofrequenza è operativa una facility di test chiamata CLIC Test Facility, ora arrivata al terzo stadio (CTF3), installata nel bunker prima utilizzato dai pre-iniettori del LEP.

Le ricadute tecnologiche

Con un budget di poco più di un miliardo di franchi svizzeri all'anno il CERN rappresenta indubbiamente un capitolo di spesa importante per i paesi finanziatori. Certamente ci si può chiedere se questa spesa è giustificata rispetto ai più limitati investimenti in molti altri settori della ricerca, ma d'altra parte ci si può porre la stessa domanda per molte altre attività umane, di ricerca e non, quali l'esplorazione dello spazio. Nel campo della ricerca fondamentale la risposta sta forse semplicemente nella sete di conoscenza dell'umanità.

Non bisogna però dimenticare che il CERN, anche se principalmente cono-

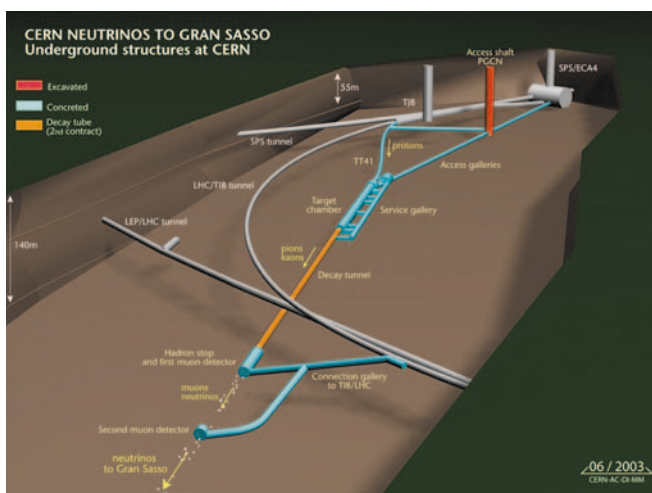


Figura 11. Veduta schematica delle strutture sotterranee di CNGS con il canale di estrazione dall'SPS, la zona bersaglio per la produzione dei neutrini e il tunnel di decadimento dei pioni (foto CERN)

sciuto in quanto laboratorio per la fisica delle alte energie, a causa delle sue stesse attività gioca un ruolo importante nello sviluppo di nuove tecnologie, dalla superconduttività, alla fisica delle superfici, al settore informatico. La World Wide Web fu inventata al CERN nel 1990 da Tim Berners-Lee e oggi il Laboratorio è all'avanguardia nello sviluppo di un sistema informatico distribuito a livello globale noto come Grid. Il premio Nobel per la fisica fu assegnato a Charpak per l'invenzione della camera a multifili, che ha poi trovato applicazioni importanti in medicina. Nel campo della tecnologia degli acceleratori il CERN ha fornito un supporto importante al progetto TERA di Ugo Amaldi, concepito per portare in Italia le più moderne tecnologie per il trattamento dei tumori con fasci di adroni (adroterapia): la realizzazione del CNA (Centro Nazionale di Adroterapia) di Pavia, il progetto LIBO (Linac Booster), la rete RITA per lo scambio di informazioni diagnostiche a livello nazionale, lo sviluppo di rivelatori per il monitoraggio dei trattamenti. L'amplificatore di energia di Carlo Rubbia è un esempio dell'applicazione della tecnologia degli acceleratori al settore



Figura 12. Il Globo dell'Innovazione che sarà inaugurato il 19 ottobre 2004 (foto CERN)

energetico. A parte le ricadute indirette, va inoltre ricordato che ciascun paese finanziatore riceve un ritorno in termini di contratti per il personale e appalti per le industrie circa proporzionale al suo contributo.

Conclusioni

Il culmine delle celebrazioni per i 50 anni del CERN si raggiungerà il 16 ottobre con l'Open Day, giorno in cui il Laboratorio aprirà le sue porte al pubblico. Si attendono circa

30'000 visitatori, che potranno esplorare 50 diversi aspetti della vita scientifica, tecnologica e sociale del CERN.

Il 19 ottobre, sempre nell'ambito delle celebrazioni per il cinquantesimo anniversario, verrà inaugurato il Globo dell'Innovazione (Figura 12), una costruzione sferica in legno, alta 27 m, dono della

Confederazione Svizzera, eretta di fronte all'ingresso principale del sito di Meyrin.

Questa struttura, che ospiterà una mostra per il pubblico e sale riunioni per i contatti del CERN con le industrie, sarà il simbolo dei successi raggiunti dal CERN in campo scientifico e tecnologico nei cinquanta anni passati e, speriamo, nei molti anni a venire.

VALUTAZIONE DELLA DOSE AL PAZIENTE IN RADIODIAGNOSTICA

Villa Gualino, Torino - 26-27 novembre 2004

Comitato Organizzatore: Dr. R. Cirio - INFN, Torino/ISE, Arona
A. Hegedus - ISE, Arona - R. Ropolo - Osp. Molinette, Torino



La valutazione della dose al paziente in radiodiagnostica, oltre a costituire la base delle stime di rischio, è sempre stata uno strumento fondamentale nel processo di ottimizzazione delle procedure radiologiche. L'emanazione del Decreto Legislativo 187/2000 con la definizione dei Livelli Diagnostici di Riferimento e con l'introduzione dell'obbligo di valutazioni dosimetriche per le pratiche speciali, ha spostato dal campo speculativo a quello operativo l'uso dei metodi di misura volti alla valutazione della dose al paziente.

Il corso si propone di fornire le nozioni di base necessarie per l'assolvimento degli adempimenti previsti per il Decreto Legislativo 187/2000, ed è rivolto a coloro che a qualunque titolo operino nel settore.