

COSTRUZIONE DELLE CAMERE MRPC (MULTIGAP RESISTIVE PLATE CHAMBER) AL CERN DI GINEVRA

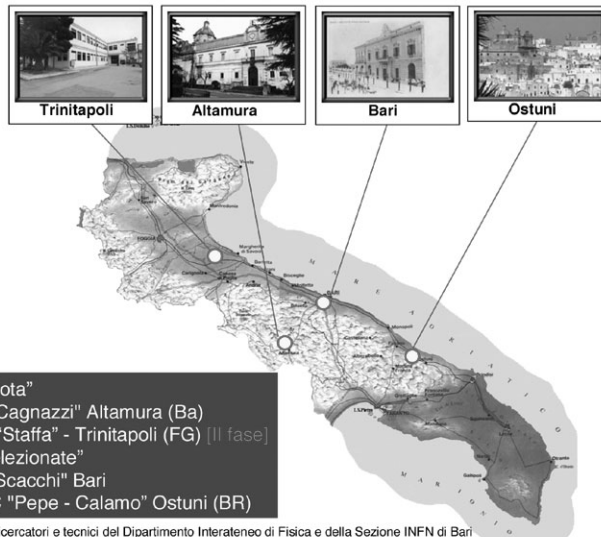
GIACOMO DI STASO



Entra nel vivo il Progetto Extreme Energy Events ideato dal prof. Antonino Zichichi. L'Istituto "Scipione Staffa" di Trinitapoli è diventato scuola pilota nella seconda fase di questo importante progetto scientifico, che vede attualmente coinvolte circa 50 scuole superiori in tutta Italia.

Extreme Energy Events

In Puglia



6

A.Regano

SIF Bari - 29 settembre 2009

Figura 1 - Scuole "pilota" e scuole selezionate in Puglia
 (dott.ssa Antonella Regano - Centro Fermi di Roma 29.9.2009 - SIF Bari)

L'obiettivo principale del Progetto è lo studio dei "raggi cosmici" primari (protoni o nuclei), che costituiscono la "cenere" del Big Bang e viaggiano per milioni e milioni di anni a partire dalle zone più remote dello spazio, ben oltre la Luna, il Sole e le Stelle visibili a occhio nudo.

Quando un protone cosmico penetra in uno strato di materia, in particolare

l'atmosfera terrestre, interagisce con i nuclei di cui è fatta la stessa materia. Nella interazione vengono prodotte particelle dell'Universo Subnucleare che vivono, a volte, frazioni di miliardesimi di secondo. Nella loro breve vita si trasformano in altre particelle il cui ultimo stadio sono i cosiddetti muoni. A livello del mare la massima parte della componente elettricamente carica dei raggi cosmici è fatta di muoni. I protoni cosmici primari di altissima energia generano "sciame" estesi, composti da numerosissimi muoni (tanto più numerosi quanto maggiore è l'energia del protone iniziale). L'impronta di uno sciame di altissima energia al suolo copre un'area che può arrivare a decine di chilometri quadrati. Questo progetto vuole affidare allo studio degli eventi cosmici di altissima energia (*Extreme Energy Events*), EEE, il compito di portare la Scienza nel cuore dei giovani¹.

Il nostro Istituto ha aderito al progetto EEE nel 2007 ed in breve tempo è riuscito a raggiungere importanti risultati, realizzando corsi di eccellenza rivolti agli alunni dei Licei Classico e Socio-Psico-Pedagogico sulla Fisica delle particelle e visite d'istruzione presso i laboratori di Fisica Nucleare di Frascati, del Gran Sasso e del CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) di Ginevra; avviando la costruzione del laboratorio per lo studio dei muoni cosmici², mentre i professori Giacomo di Staso e Giovanni Reggio hanno partecipato al primo workshop del progetto EEE tenutosi ad Erice nel novembre 2007.

Il Progetto EEE è strutturato su base modulare e prevede che in numerose Scuole d'Italia (Licei o Istituti Tecnici) venga costruito un modulo di apparato sperimentale, ossia un "telescopio" di rivelatori denominati MRPC (Multigap Resistive Plate Chamber) dedicato all'osservazione e alla misura dei muoni cosmici.

In ogni Scuola i ragazzi parteciperanno alla realizzazione e alla messa in funzione del telescopio. Potranno così rendersi conto di come si passa da materiali di base molto semplici a uno strumento di altissima precisione. I dati che verranno raccolti in ciascuna Scuola saranno un contributo originale per lo studio dei raggi cosmici.

Avendo a che fare con i raggi cosmici, nascerà nei ragazzi un interesse diretto per le problematiche legate ai raggi cosmici, che saranno parte integrante della componente di Cultura Scientifica da trattare in relazione alla realizzazione

¹ Note dal sito www.centrofermi.it/eee

² Nel modello standard delle particelle, un muone (dalla lettera greca μ (mu), usata per rappresentarla) è una particella fondamentale con carica elettrica negativa e uno spin semi-intero di $1/2$. Esso possiede una vita media di 2,2 ms, più lunga di quella degli altri leptoni instabili, dei mesoni e dei barioni (ad eccezione del neutrone). Insieme all'elettrone, al tauone e ai neutrini, è classificato come leptone. Come tutte le particelle fondamentali, anche il muone ha la sua antiparticella, con stessa massa e spin, ma carica opposta: l'antimuone. I muoni sono indicati con μ^- , mentre gli antimuoni con μ^+ .

del Progetto. Il Progetto EEE potrà dunque portare la Scienza nel cuore dei giovani attraverso un'azione di incentivazione culturale diretta, che nasce quando i ragazzi sentono di essere diventati protagonisti nella costruzione di uno strumento e nella elaborazione di dati che sono alle frontiere del pensiero scientifico.

Questo hanno fatto alcuni nostri studenti dal 3 al 9 maggio 2009. Achille Antonio, Laura Lopez, Gabriella Piazzolla e Francesca del Corral, guidati dal prof. Giacomo di Staso, referente del nostro Istituto per il progetto EEE, hanno costruito tre camere MRPC che sono state portate a Trinitapoli il 20 ottobre 2009.

Le fasi costruttive delle camere che qui descriveremo serviranno per comprendere meglio come funzionerà il laboratorio.

Partiti dall'aeroporto di Foggia, con volo diretto per Ginevra, il gruppo coordinato dal prof. Marcello Abbrescia dell'INFN di Bari e docente del Dipartimento Interateneo di Fisica di Bari e dalla dott.ssa Antonella Regano del Centro Fermi di Roma, ha alloggiato al foyer del CERN.

Le attività di laboratorio relative alla costruzione delle camere hanno avuto come supervisore lo scienziato Crispin Williams, inventore delle stesse camere MRPC.



Figura 2 - Lo scienziato Crispin Williams illustra il lavoro da realizzare

Il rivelatore MRPC è costituito da 6 intercapedini (gap) di $350 \mu\text{m}$ di spessore, riempite di gas, intervallate da piani di materiale resistivo.

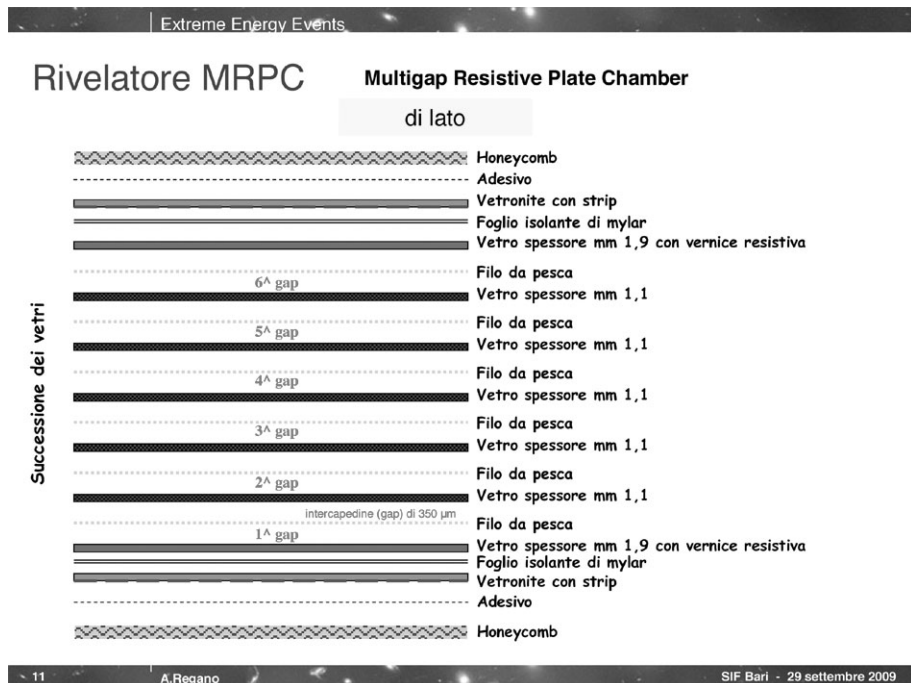


Figura 3 - Schema della sezione del rivelatore MRPC
(dott.ssa Antonella Regano - Centro Fermi di Roma 29.9.2009 - SIF Bari)

La dimensione delle gap, $350 \mu\text{m}$, è stata scelta per ottimizzare la risoluzione temporale del rivelatore, cioè la precisione con cui viene determinato l'istante di tempo in cui una particella attraversa la camera; il numero delle gap, pari a 6, è stato scelto per assicurare un'alta efficienza di rivelazione. Come piani resistivi sono state scelte delle lastre di vetro comunemente usate per le finestre (del tipo "soda-lime"). Il loro spessore, 2 mm, è stato scelto per facilitare la costruzione del rivelatore stesso. Le dimensioni della scatola che dovrà contenere il rivelatore sono di 2 mt. x 1 mt.

Come elemento di supporto è stato utilizzato del legno compensato (plywood) dello spessore di 15 mm e pannelli di materiale composito a nido d'ape (honeycomb).

Gli elettrodi di lettura dei segnali, a forma di strisce (strip) larghe 25 mm, sono realizzati con delle strisce di rame applicate su un pannello di vetronite dello spessore di 1.5 mm.

Schema delle strip di rame e fotografie del montaggio delle strip applicate al pannello di vetronite da parte degli studenti dello Staffa di Trinitapoli.

n. 24 strip di rame
Larghezza della strip 2,5 cm
Distanza tra le strip 0,7 cm

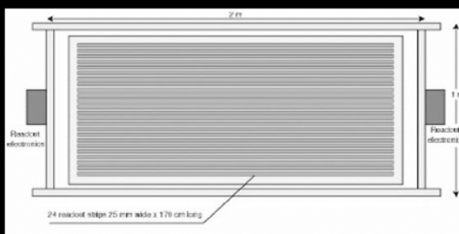


Figura 4 - Schema della sezione del rivelatore MRPC
(prof. Giacomo di Staso - Istituto Staffa - Trinitapoli da www.istitutostaffa.it/ProgettoEEE)



Figura 5 - Sezione del rivelatore MRPC

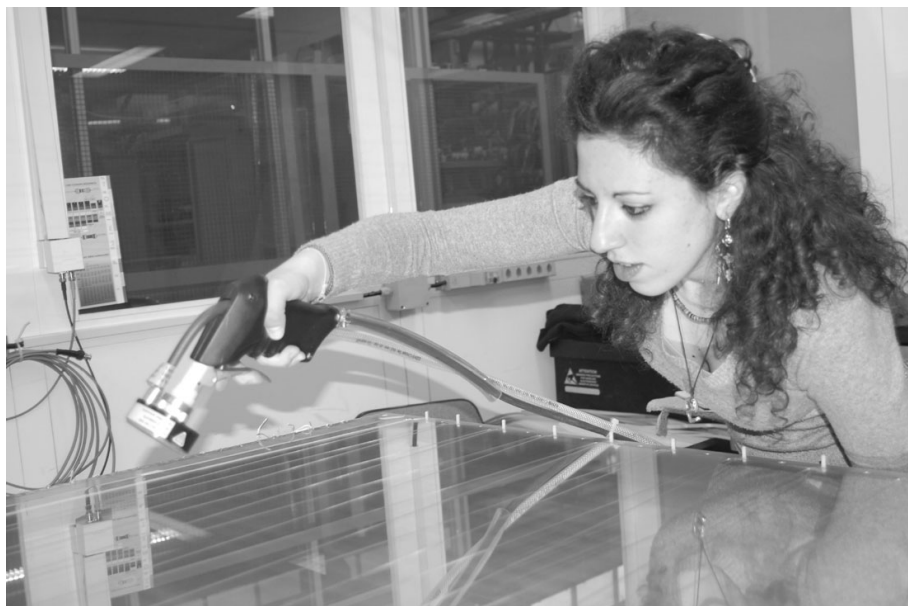


Figura 6 - Pulizia delle lastre di vetro con aspiratore

Ognuno dei due pannelli di vetronite isola le strip di lettura dal successivo piano di alta tensione, ossia da un piano di vetro dotato di un apposito rivestimento in vernice conduttiva al quale è applicata la tensione. Sono presenti strip di lettura sia anodiche sia catodiche in maniera tale da creare linee di trasmissione che portano i segnali alle estremità del rivelatore.

Il primo problema riguarda la manipolazione delle lastre di vetro che vengono fornite in opportune scatole di imballaggio. Il problema è dunque quello di estrarle dalla scatola per poterle sovrapporre in maniera da realizzare la pila che costituisce la struttura di base del rivelatore MRPC. Anche i nostri studenti hanno dato il loro contributo di sangue per la “scienza”.



Figura 7 e 8 - Antonio nell'infermeria del CERN

Per sollevare le lastre di vetro è stato costruito un semplice sistema ad aspirazione, utilizzando un pannello di honeycomb e un aspirapolvere. Il dispositivo permette di maneggiare con una certa semplicità i piani di vetro e di costruire i rivelatori con minimi rischi di rottura.



Figura 9 - Sistema di sollevamento delle lastre di vetro

Nella camera vi sono strip anodiche e strip catodiche. Un cavo *twisted pair* (ossia fatto da un doppietto di cavi intrecciati) è saldato alle strip; pertanto un segnale differenziale è trasmesso dal rivelatore MRPC a un circuito stampato (*printed circuit board*, PCB) montato a ogni estremità. La lettura del segnale è fatta a entrambi gli estremi di ogni strip in modo da poter misurare la differenza dei tempi di arrivo del segnale alle due estremità e determinare così la posizione lungo la strip della particella che ha attraversato il rivelatore.



Figura 10 - Laura e Gabriella preparano il cavo *twisted pair*



Figura 11 - Prima camera completa con il cavo *twisted pair*
(da sinistra: Antonio Achille, Marcello Abbrescia, Antonella Regano, Giacomo di Staso, Gabriella Piazzolla, Francesca del Corral, Laura Lopez)

Ultimato il pacchetto interno, con l'ausilio di un sistema di sollevamento per aspirazione, lo stesso viene chiuso in una cassa di alluminio.



Figura 12 - Sistema di sollevamento del pacchetto finito per aspirazione

Terminata la chiusura la camera viene trasportata in un altro laboratorio per procedere alle operazioni di collaudo.



Figura 13 - Trasporto della camera ultimata per le operazioni di collaudo

La camera appena ultimata viene portata nel laboratorio per i test ed il collaudo.



Figura 14 - Operazioni di collaudo della camera MRPC

È consuetudine per gli studenti ed i professori che costruiscono le camere firmare le stesse indicando la scuola di provenienza con la data di costruzione.



Figura 15 - Cerimonia di firma della camera costruita

Figura 16 - Firma della 3^a camera n. 104 ultimata



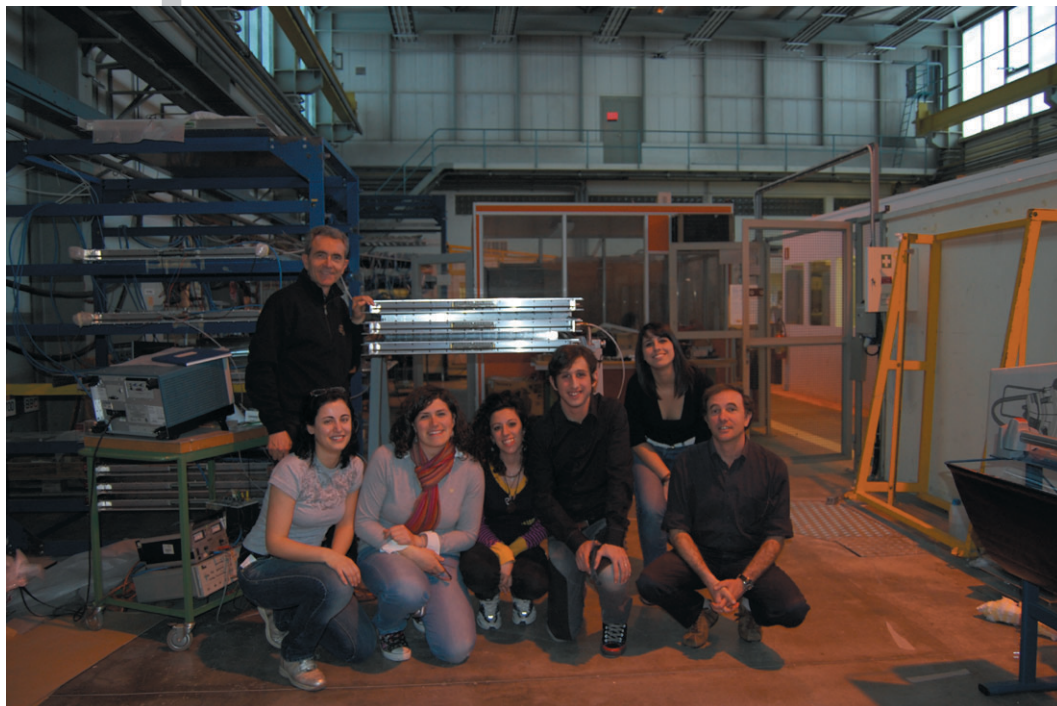


Figura 17 - Foto con le tre camere nn. 102.103.104 ultimate

L'esperienza di lavoro vissuta dagli studenti è stata esaltante e senz'altro sarà per loro uno stimolo a proseguire gli studi in ambiti scientifici di eccellenza.

La possibilità di conoscere e collaborare con persone come Crispin Williams ci ha consentito la possibilità di visitare l'LHC (Large Hadron Collider)³, ed in

³ Il Large Hadron Collider (in italiano: *grande collisore di adroni* abbreviato LHC) è un acceleratore di particelle, collaudato presso il CERN di Ginevra.

LHC è l'acceleratore di particelle più grande e potente finora realizzato; può accelerare protoni e ioni pesanti fino al 99,9999991% della velocità della luce e farli successivamente scontrare, raggiungendo un'energia, nel centro di massa, di 14 teraelettronvolt. Simili livelli di energia non erano mai stati raggiunti fino ad ora in laboratorio. È costruito all'interno di un tunnel sotterraneo lungo 27 km situato al confine tra la Francia e la Svizzera, in una regione compresa tra l'aeroporto di Ginevra e i monti Giura, originariamente scavato per realizzare il Large Electron-Positron Collider (LEP). Il tunnel si trova a 100 m di profondità in media.

I componenti più importanti del LHC sono gli oltre 1600 magneti superconduttori raffreddati alla temperatura di 1,9 K (-271,25 °C) da elio liquido superfluido che realizzano un campo magnetico di circa 8 Tesla, necessario a mantenere in orbita i protoni all'energia prevista. Il sistema criogenico di LHC è il più grande che esista al mondo.

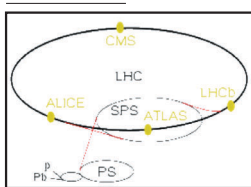
L'entrata in funzione del complesso, inizialmente prevista per la fine del 2007, è avvenuta il 10 settembre 2008 alle ore 9:45, inizialmente ad un'energia inferiore a 1 TeV.

Il 10 Settembre 2008 i protoni hanno percorso per la prima volta con successo l'anello principale di LHC. Il 19 Settembre 2008, le operazioni furono fermate a causa di una seria rottura tra due bande magnetiche. LHC dovrebbe riprendere la sua attività a metà novembre 2009.

particolare l'esperimento ALICE⁴, diventato famoso e di grande attualità.



Figura 18 - Ingresso alla sala sperimentale di ALICE ad LHC.



Il Large Hadron Collider con i suoi punti sperimentali e preacceleratori. I fasci di protoni e ioni pesanti di piombo partiranno dagli acceleratori in p e Pb. Continueranno il loro cammino nel proto-sincrotrone (PS), nel super-proto-sincrotrone (SPS) per arrivare nell'anello più esterno di 27 km. Durante il percorso si trovano i quattro punti sperimentali ATLAS, CMS, LHCb, ALICE

La macchina accelererà due fasci di particelle che circoleranno in direzioni opposte, ciascuno contenuto in un tubo a vuoto, che collideranno in quattro punti lungo l'orbita, in corrispondenza di caverne nelle quali il tunnel si allarga per lasciare spazio a grandi sale sperimentali. In queste stazioni vi sono i quattro principali esperimenti di fisica delle particelle: ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus), CMS (Compact Muon Solenoid), LHCb ed ALICE (A Large Ion Collider Experiment). Si tratta di enormi apparati costituiti da numerosi rivelatori che utilizzano tecnologie diverse e opereranno intorno al punto in cui i fasci collidono. Nelle collisioni saranno prodotte, grazie alla trasformazione di una parte dell'altissima energia in massa, numerosissime particelle che attraverseranno rivelatori e le cui proprietà saranno misurate dai rivelatori.

Tra gli scopi principali degli studi sarà cercare fra queste particelle tracce dell'esistenza del bosone di Higgs e di nuove particelle.

Il programma scientifico di LHC prevede anche la collisione tra ioni pesanti. Nuclei di piombo potranno essere accelerati all'energia di 2,7 TeV per nucleone, corrispondente a 575 TeV per nucleo.

⁴ È un esperimento di LHC in cui verranno studiate le collisioni fra nuclei di piombo. Usando nuclei di atomi con molti protoni e neutroni, l'energia degli urti sarà tale che i fisici sperano di osservare un plasma di quark e gluoni: uno stato della materia esistito per pochi milionesimi di secondo subito dopo il Big Bang, a densità e temperature estreme.



Figura 19 - I nostri studenti nella hall sotterranea che ospita ALICE

Il toccare con mano quanto gli scienziati stanno facendo per conoscere i segreti della materia ha affascinato tutti i componenti della spedizione, sia docenti che studenti. La mole di lavoro messa in atto da tanti scienziati di tutto il mondo, la capacità di relazionarsi e di organizzare il lavoro di migliaia di persone ci ha fatto capire l'importanza della scienza e soprattutto di quella che sta alle frontiere della conoscenza e che spinge per aprire orizzonti sempre nuovi, incredibili ed affascinanti.

Finalmente il 20 ottobre 2009 dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – Laboratori di Frascati sono giunte nell'Istituto “Staffa” le tre camere MRPC da noi costruite al CERN di Ginevra.

Le stesse sono state subito montate su un apposito castelletto progettato e costruito da noi. Si è ora in attesa di ricevere tutte le apparecchiature elettriche di alimentazione, elettroniche di acquisizione dei segnali, informatici per la registrazione degli eventi e per le successive analisi. Si spera di poter inaugurare il telescopio entro marzo 2010.

Tale importante struttura scientifica sarà gestita dagli studenti e costituirà per il nostro Istituto un ulteriore importante tassello utile per la crescita culturale delle future generazioni.



Figura 20 - Il furgone che ha trasportato le camere MRPC.

Figura 21 - Il Preside dello Staffa prof. Strazzeri, il prof. Marcello Abbrescia dell'INFN di Bari con docenti e studenti.





Figura 22 - Le camere appena montate sul castelletto.