

FISICA E...

RICERCA & INDUSTRIA

Da questo numero riprende la rubrica dedicata a Ricerca & Industria. La fine del progetto LHC è una buona occasione per documentare come l'industria italiana sia stata coinvolta in questa grande impresa scientifica ed abbia contribuito alla sua realizzazione. In effetti l'industria non ha solo partecipato alla realizzazione dell'acceleratore, ma anche a quella dei quattro maggiori esperimenti: ATLAS, CMS, ALICE e LHCb.

I ritorni sono stati cospicui in termini economici tanto che essi, durante i tre anni più impegnativi della costruzione, hanno superato il valore del contributo italiano al CERN che si aggira intorno ai 75 milioni di euro per anno. L'industria italiana è risultata il terzo fornitore del progetto LHC, dopo Francia, favorita sicuramente dalla posizione geografica e Germania, ma solo di misura. I ritorni globali per il solo acceleratore sono stati di oltre 300 milioni di euro da confrontare coi 480 della Francia e i 310 della Germania. Il quarto fornitore, Gran Bretagna, è distanziato e si attesta sui 130 milioni di euro. Ma i ritorni vanno al di là del beneficio economico perchè, come testimoniato dalle industrie stesse, lavorare per il CERN, ma in generale per la fisica sperimentale, provoca crescita culturale e tecnologica delle aziende. Le commesse generate dalla ricerca di fisica sperimentale implicano *trasferimento tecnologico* che è negli obiettivi di tutti le organizzazioni di ricerca nazionali ed internazionali. Naturalmente la spesa pubblica per la ricerca è giustificata dal valore intrinseco della crescita della conoscenza, ma per il contribuente è interessante sapere che la ricerca fondamentale, con la sua spesa qualificata, ha anche positivi effetti economici e favorisce la crescita della competitività del sistema industriale. Se LHC è il pretesto per la riapertura della rubrica, che in ogni numero dedicherà un paio di articoli ad aziende italiane coinvolte nella ricerca in fisica sperimentale, non verranno certamente trascurati altri settori della fisica che richiedono forniture sofisticate. Iniziamo in questo numero con la ditta CINEL, che produce meccanica di precisione, e CAEN leader mondiale nell'elettronica per la ricerca. Gli articoli sono stati curati da studenti del *Master in Comunicazione delle Scienze* dell'Università di Padova, nell'ambito del loro programma di studio.

Sandro Centro
Industrial Liaison Officer per l'Italia
presso il CERN

35 ANNI DI SUCCESSI IN EUROPA PER LA PICCOLA PADOVANA

Nata nel 1974, la CINEL Srl dei fratelli Bongiovanni è un autentico esempio, piuttosto raro per quel periodo in Italia, di spin-off industriale. La grande esperienza dei fondatori si è formata nell'officina meccanica del Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova e della locale Sezione dell'INFN.



Negli anni '80 la CINEL ha iniziato a collaborare con il CERN e con altri istituti internazionali, realizzando apparati elettro-meccanici per la fisica sperimentale.

In pochi anni, grandi enti di ricerca diventano i principali committenti per la realizzazione di componenti di acceleratori lineari e di apparati per le ricerche con luce di sincrotrone. Superconduttività, criogenia, astrofisica, biomeccanica sono altri settori in cui CINEL opera.

Oggi la CINEL è una realtà industriale, piccola ma solida, che conta circa 35 dipendenti (6 ingegneri, un fisico, un chimico e 27 tecnici altamente specializzati).

Il fatturato annuo, attorno ai 5-6 milioni di euro, è di tutto rispetto, considerando la tipologia delle realizzazioni CINEL.

Per alcune apparecchiature esistono progetti generali a cui si apportano modifiche per particolari esigenze sperimentali. Ma la regola dell'azienda è realizzare prototipi, che generalmente restano pezzi unici, seguendo le richieste dei singoli gruppi. È normale che nel mondo della ricerca ogni progetto sperimentale richieda prodotti *ad hoc*, con caratteristiche specifiche. Per l'azienda significa mettersi alla prova in ogni incarico, confrontarsi con le esigenze particolari di ogni progetto, e collaborare continuamente con i ricercatori, dalla progettazione alla messa in opera dell'apparato.

Il presidente, Sergio Bongiovanni, riconosce questo merito, nel parlare del lavoro che svolgono i suoi tecnici: "Oltre che progettare e costruire, provano i singoli pezzi, li certificano in tutte le fasi della lavorazione prima di inviarli al cliente, garantendo il rispetto di standard di qualità molto rigidi. Il collaudo avviene nella nostra sede, ed è seguito dai committenti, con cui la CINEL lavora fianco a fianco".

Il lavoro su LHC

La CINEL ha realizzato l'acceleratore RFQ per l'acceleratore lineare a ioni di piombo (nuovo Linac2), che è l'iniettore principale di ioni per il complesso degli acceleratori del CERN. Il componente accelerante (RFQ) ha permesso

un notevole incremento nelle prestazioni rispetto alla versione precedente risalente al 1973.

La CINEL è riuscita in un compito che i tecnici dell'azienda definiscono "l'esperienza più complessa in questo ambito, per la complessità delle lavorazioni e i materiali utilizzati, come per la cavità interna in Fe360 ramata, e gli elettrodi al Cu-Zr".

Per soddisfare le specifiche richieste dal CERN, i tecnici CINEL hanno dovuto eseguire un lavoro con margini di tolleranza ridotti praticamente a zero. Per il progetto LHC importante è stata la realizzazione di camere da vuoto per il LEIR Electrostatic Septum SEH10.

L'anello di ioni a bassa energia LEIR è un elemento centrale della catena di iniettori di ioni di LHC: la sua funzione è trasformare serie di impulsi ionici lunghi (~200 μ s) e a bassa intensità, provenienti da Linac3, in impulsi (pacchetti) brevi, di circa 200 ns, ad alta densità; questi sono poi trasferiti all'acceleratore circolare PS (Proton Synchrotron).

Le camere CINEL lavorano in condizioni di vuoto a 10^{-12} mbar, per eliminare ossigeno e altre molecole che potrebbero deviare la traiettoria dei pacchetti di particelle accelerate; inoltre contengono dei sistemi di deflessione elettrostatica per selezionare in modo sequenziale porzioni dei fasci di particelle, e inoltrarle verso il LEIR.

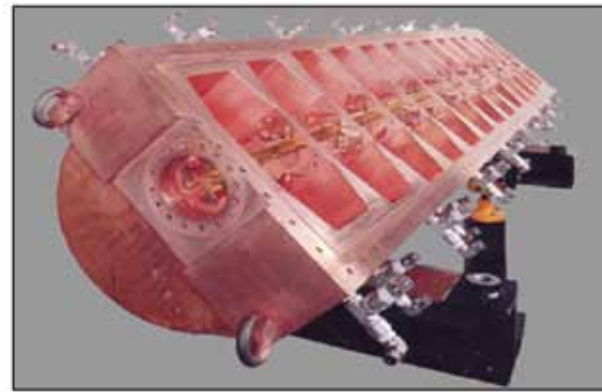
Significativa è stata la collaborazione dell'azienda col CERN e con l'Università di Cracovia (Polonia) nella costruzione di un elemento della camera a vuoto per l'esperimento CMS.

Si tratta di una struttura conica di 7,5 metri, che costituisce il componente più grande delle camere a vuoto del complesso degli esperimenti di LHC. La sua realizzazione ha richiesto un lavoro di circa 15 anni, dall'inizio della fase di progettazione, e ora è installato in una camera a vuoto di 42 metri di lunghezza.

Per la costruzione di questo elemento di interfaccia tra acceleratore ed esperimento CMS, si sono dovute soddisfare esigenze costruttive contraddittorie. La richiesta dei fisici sperimentali era di realizzare una struttura il più possibile "trasparente" ai prodotti delle interazioni, quindi leggera, per permettere l'identificazione di ogni singola particella prodotta nelle collisioni, ma che al tempo stesso avesse la massima resistenza meccanica ed efficienza nel garantire il mantenimento del vuoto. Infine, la CINEL ha lavorato al progetto ZDC (Calorimetri a Zero Gradi) di ALICE, effettuando lavorazioni delle parti meccaniche delle piattaforme motorizzate di sostegno dei calorimetri. Tali piattaforme permettono di muovere verticalmente i singoli rivelatori, che misurano l'energia trasportata da nucleoni non interagenti.

Il futuro: il progetto CLIC

Il progetto CLIC (Compact Linear Collider), che rappresenta in un certo senso il futuro degli acceleratori di particelle, coinvolge anche il CERN. Lo studio di fattibilità a cui sta lavorando l'ente riguarda la possibilità di realizzare un collider lineare elettrone-positrone, la cui energia di collisione nel centro di



Acceleratore RFQ per il Linac2.



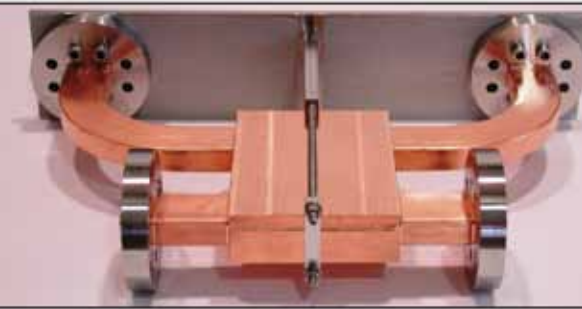
Camera da vuoto per il LEIR Electrostatic Septum SEH10.



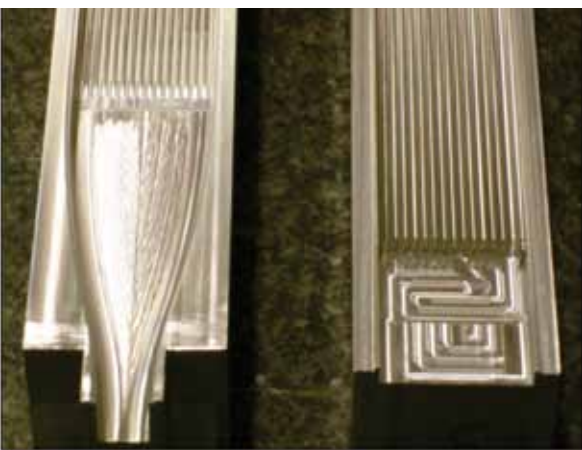
Acceleratore DTL per il Linac 4.



Dettaglio di una camera a fili di ICARUS.



3 db X-Band Hybrid.



X-Band Power Load.

massa possa essere variata da 0,5 TeV a 5 TeV.

Questo nuovo acceleratore potrebbe garantire la prosecuzione dell'attività del CERN dopo che LHC avrà ultimato l'attività sperimentale.

A causa dell'alta frequenza utilizzata, questo progetto impone minimi margini di errore nelle tolleranze di lavorazione. In particolare tutte le strutture devono essere progettate per poter funzionare a frequenze da 12 GHz a 30 GHz e con alte potenze di picco (da 50 a 500 MW).

CLIC potrà aprire grandi opportunità alle aziende che vorranno partecipare: si tratta di realizzare chilometri di linee acceleranti, e verosimilmente una sola azienda non sarebbe in grado di realizzare un'opera così complessa.

La CINEL ha costruito le power-load, strutture a radiofrequenza che devono assorbire molta potenza e dissiparla.

Nei laboratori del Gran Sasso (LNGS) è in fase di installazione il rivelatore ICARUS. Si tratta di una camera a proiezione temporale contenente 600 tonnellate di argon liquido e strumentata con quattro camere a fili, a tre piani, della dimensione di circa 4 metri per 16 metri costruite dalla CINEL. Il sistema richiede un'estrema precisione meccanica nel posizionamento e tensionamento dei 53 000 fili, che raccolgono i segnali, e deve assorbire gli stress termici che essi subiscono passando dalla temperatura ambiente a quella dell'argon liquido (87 K ovvero $-186,5$ °C).

Nel corso dei lavori realizzati per la ricerca, l'azienda ha dimostrato con impegno la capacità di dedicarsi allo sviluppo delle migliori soluzioni per le più complesse richieste sperimentali.

La forza dell'azienda nasce dal legame molto stretto tra attività industriale e mondo della ricerca, che comporta un continuo trasferimento di tecnologia e cultura fra le due diverse realtà. Questo modo di operare ha creato un patrimonio di conoscenze e professionalità che rende CINEL estremamente dinamica e competitiva nella elaborazioni di soluzioni meccaniche originali per le più varie applicazioni.

Andrea Gemma

Master in Comunicazione delle Scienze all'Università di Padova

L'IMPEGNO PREMIATO DI UNA CORPORATION FIGLIA DELLA RICERCA

Siamo nel 1979, l'INFN collabora attivamente con il CERN fino dalla sua fondazione nel 1954, e l'industria elettronica sta incominciando a investire nella tecnologia dei microprocessori.

Marcello Givoletti e Piero Salvadori lavorano all'INFN di Pisa come tecnici responsabili del gruppo progettazione, e realizzano strumenti elettronici per laboratori e istituti di ricerca in fisica nucleare. Pochi anni prima, nel 1976, hanno realizzato la maggior parte dell'hardware e dei sistemi di alimentazione per FRAMM, il primo esperimento completamente italiano al CERN. Il lavoro realizzato, riportato su *Nuclear Instruments and Methods*, era quanto di più sofisticato nella tecnologia microelettronica dell'epoca.

Altri lavori avevano ricevuto grandi riconoscimenti, e altri istituti si rivolgevano

FISICA E...

RICERCA & INDUSTRIA

a loro per l'allestimento di laboratori di fisica e per proporre nuove collaborazioni. Per il giovane gruppo si prospettava la possibilità di iniziare una propria attività autonoma, relizzando apparecchiature per enti esterni all'INFN. È l'inizio dell'avventura della CAEN SpA (Costruzioni Apparecchiature Elettroniche Nucleari), che oggi rappresenta il primo e uno dei più importanti spin-off industriali della ricerca italiana in fisica nucleare.

Nel corso degli anni la società cresce, finché nel 1993 diventa una rete organizzata in diversi settori autonomi: alla CAEN SpA, che dalla sede centrale di Viareggio (Lu) continua la collaborazione con la grande ricerca in fisica nucleare, si affiancano nuove società che si affacciano a nuovi mercati dell'high-tech industriale.

La CAEN AURELIA SPACE partecipa a molti progetti fondamentali della NASA e dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), come PAMELA, AMS1, INTEGRAL/JEM-X, ALTEINO. Attualmente partecipa ad altri progetti e missioni internazionali, come SWARM e AMS2, e per conto dell'ESA segue diversi progetti in cui sta sviluppando i sistemi di alimentazione, di elaborazione e immagazzinamento dati per le future missioni di trasporto dei satelliti leggeri.

La Aurelia Microelettronica Srl estende il campo delle applicazioni dei prodotti CAEN. Dalla progettazione di circuiti integrati per le applicazioni della fisica nucleare, allo sviluppo di sistemi ASICs per il monitoraggio di parametri biologici umani nelle apparecchiature biomedicali, fino a sistemi rad-hard, resistenti alle radiazioni, per applicazioni aerospaziali. Partecipa all'avventura di LHC con le sue forniture, e collabora con le più importanti agenzie spaziali e con vari colossi industriali (NASA, ESA, ASI, Astrium, Alcatel, Alenia).

Nel 2006 nasce infine la CAEN RFID, dalla volontà di applicare la grande esperienza accumulata dalla CAEN nella ricerca aerospaziale e in fisica, nella realizzazione di sistemi a radio frequenza. CAEN RFID, in collaborazione con la Intel, ha investito coraggiosamente importanti risorse nello sviluppo di sistemi di identificazione a radio frequenze UHF (comprese tra 300 MHz e 3 GHz). La CAEN è uno degli unici due partner selezionati dalla multinazionale dei microchips per questo progetto. Si tratta di un settore in rapido sviluppo, in cui l'obiettivo è elaborare una tecnologia in grado di sostituire gli attuali sistemi di riconoscimento basati sulla lettura dei "codici a barre" con dispositivi in grado di identificare "tags" metallici anche da una distanza di 5-6 metri.

A 30 anni dalla nascita, la CAEN è oggi considerata una delle aziende più accreditate a livello mondiale nella realizzazione di strumenti di innovazione tecnologica per la ricerca,

con un catalogo di oltre 250 prodotti. Si va dai sistemi di alimentazione a basso e ad alto voltaggio, alle griglie di alimentazione power crates, ai moduli di acquisizione, controllo ed elaborazione dati (VME, NIM, CAMAC, STAND ALONE), ai software di controllo di tutte le apparecchiature. Il 60% circa dei prodotti CAEN si possono definire "standard"; la parte restante della produzione è costituita da apparecchiature che vengono realizzate *ad hoc* per le esigenze particolari degli istituti committenti.

La capacità di collaborare fianco a fianco col mondo della ricerca, fornendo soluzioni personalizzate che rappresentano lo stato dell'arte nella microelettronica è, oggi come 30 anni fa, un tratto distintivo della CAEN, che è riconosciuta in tutto il mondo come una delle aziende leader del settore. Le frequenti collaborazioni col mondo della ricerca in fisica nucleare, subnucleare e spaziale, hanno permesso all'azienda di acquisire un importante bagaglio di conoscenze, tradotte nella realizzazione di prodotti ad alta tecnologia e nella capacità di fare innovazione.



Lo staff CAEN della sede di Viareggio (Lu).



Alimentatore ad alto voltaggio per fotomoltiplicatori (rivelatori di luce in grado di individuare singoli fotoni) - CAEN AURELIA SPACE.

Principali lavori al CERN

La CAEN è uno dei principali protagonisti della progettazione e realizzazione dei componenti elettronici di tutti gli esperimenti di LHC (ATLAS, CMS, ALICE e LHCb). Nel complesso, 6097 moduli elettronici, comprendenti in totale oltre 190 000 sub-boards, sono stati realizzati e integrati nei sistemi del CERN, soprattutto nell'ambito di 3 grandi commesse per gli esperimenti CMS e ALICE, dove è stato realizzato il maggior numero di sistemi custom, costruiti *ad hoc* per il CERN.

CMS Tracker Power Supply System

Su commissione dell'INFN di Firenze, la CAEN ha sviluppato un nuovo sistema di alimentazione, chiamato EASY 4000 (da Embedded Assembly SYstem), per il CMS Silicon Tracker, il

più grande rivelatore a strisce di silicio mai costruito, la cui funzione è misurare con precisione le tracce lasciate dalle particelle cariche.

È inserito all'interno di CMS, attorno alla traiettoria dei fasci di particelle che lo attraversano, ed è immerso in un campo magnetico solenoidale di 4 tesla.

Per questo progetto, i sistemi CAEN sono certificati per lavorare in modo ottimale sia in ambienti normali che ostili (alti livelli di radiazioni e forti campi magnetici). Per garantire l'attendibilità delle misurazioni nonostante le variazioni delle condizioni operative, sono stati brevettati e impiegati materiali speciali.

Secondo una nuova filosofia costruttiva, l'alimentatore si trova direttamente nella zona ostile, dove i moduli EASY forniscono una vasta gamma di tensioni di uscita, per soddisfare i requisiti della maggior parte dei rivelatori e dell'elettronica di front-end.



Alice TOF box.

ALICE TOF Detector

Per l'esperimento ALICE, la CAEN ha fornito moduli chiamati ALICE TOF box, che permettono l'alimentazione e l'acquisizione dei dati, ospitati in speciali griglie raffreddate ad acqua. La sezione dell'alimentatore è stata sviluppata a partire da moduli EASY, e ospita un dispositivo GECCO (General Controller).

Il sistema è progettato per lavorare in condizioni parzialmente ostili, sopportando enormi campi magnetici, e livelli moderati di radiazioni. Viene utilizzato nel rivelatore TOF (Time Of Flight), progettato per identificare le particelle cariche prodotte nelle collisioni nucleari di LHC, per studiare la fisica della materia fortemente interagente ed il quark-gluon plasma.

L'intero sistema di alimentazione è garantito per operare all'interno di un campo magnetico superiore a 5 kgauss. Per l'azienda il 2009 si chiude con la consapevolezza di aver raggiunto importanti traguardi: un totale di circa 30 milioni di euro per le forniture di componenti e sistemi di alimentazione, e il massimo riconoscimento del CERN rappresentato dal CMS Crystal Award, per il successo nel portare a termine la dotazione di sistemi ad elevata affidabilità per CMS. L'ente europeo ha successivamente stipulato con l'azienda un contratto per la manutenzione dei sistemi elettronici CAEN di LHC fino al 2019.



Consegna del premio a "CMS Crystal Award for 2009" per il lavoro svolto su CMS.

Andrea Gemma, Roberta Camuffo
Master in Comunicazione delle Scienze all'Università di Padova

a cura di Sandro Centro