

## Lorenzo Foà<sup>(\*)</sup>

**Summary.** — Lorenzo Foà nasce a Firenze il 26 luglio del 1937. Studia a Firenze e si iscrive a Fisica presso la locale Università ove si laurea nel 1960. Dopo un primo periodo di lavoro su tematiche di fisica nucleare nel gruppo di Manlio Mandò, inizia da Firenze una collaborazione con il gruppo dell'Università di Pisa che prepara un esperimento per il nuovo sincrotrone di Frascati. L'esperimento porta alla misura della vita media del mesone  $\pi^0$  tramite l'“Effetto Primakoff”. Nel periodo successivo, dal 1965 al 1967, e dopo il suo trasferimento a Pisa, un esperimento simile, per la misura della vita media del mesone  $\eta$ , viene effettuato presso il laboratorio DESY ad Amburgo. Nel periodo 1967-1970 esegue con un gruppo di Pisa misure di polarizzazione nella diffusione di adroni su protoni mediante il PS del CERN. Nel periodo 1970-1973 costruisce ed esegue un esperimento per la misura della sezione d'urto totale  $pp$  presso gli ISR del CERN; la misura ha pieno successo e mostra per la prima volta la crescita di tale sezione d'urto con l'energia. Nel periodo 1973-1984 progetta e costruisce gli esperimenti NA1 ed NA7 per l'SPS del CERN. Mediante le prime targhette attive vengono misurate le vite medie di alcuni mesoni “charmati”; successivamente vengono misurati i fattori di forma di  $\pi$  e  $K$  nella regione “space-like” e del  $\pi$  nella regione “time-like”. Partecipa dal 1980 al 1994 all'esperimento ALEPH a LEP al quale il gruppo italiano dà importanti contributi, ad esempio: il calorimetro adronico e le camere per i  $\mu$ ; il gruppo di Pisa sviluppa e introduce in ALEPH il “silicon microvertex detector”, essenziale per la messa in evidenza di decadimenti di particelle a piccola vita media. Lorenzo Foà dirige la collaborazione ALEPH dal 1993 al 1994. Partecipa dal 1997 all'esperimento CMS, attualmente in corso al LHC del CERN; è per molti anni “Chairman of the CMS Collaboration Board”.

(\*) Registrazione del 10 e 11 marzo 2009.

Lorenzo Foà è stato dal 1977 al 1980 professore di Fisica Generale presso l'Università di Trieste e dal 1980 al 1986 presso l'Università di Pisa, trasferendosi poi alla Scuola Normale Superiore nel 1986. Ha diretto il Dipartimento di Fisica dal 1982 al 1985. La sua attività didattica e di ricerca ha contribuito a formare un notevole numero di giovani e di ottimi fisici. Nel corso degli anni Lorenzo Foà ha fatto parte di molti comitati di gestione della ricerca sia in campo nazionale che internazionale. Presidente della *Commissione Nazionale 1* dell'INFN dal 1976 al 1979, Chairman della *SPS Committee* del CERN dal 1984 al 1988, Direttore di Ricerca al CERN dal 1994 al 1998, Chairman di ECFA dal 1999 al 2001. Ha inoltre avuto incarichi in comitati di ricerca spagnoli, tedeschi e statunitensi. Ha svolto una importante azione volta a facilitare la partecipazione americana alla sperimentazione con LHC al CERN.

*Cominciamo dall'inizio, cioè dalle origini antiche... , dall'infanzia, dalla data di nascita. Vedo che lei è nato a Firenze.*

Sì sono fiorentino e sono nato il 26 luglio 1937, tanti anni fa!

*Siamo nei gloriosi anni '30; eravamo ad un passo dalla catastrofe, quindi lei è nato in un momento assai critico.*

Certamente! Tutti i miei ricordi sono quelli della guerra; non ho ricordi di prima e non c'è dubbio che la nostra generazione sia stata molto perturbata e segnata dalla guerra, anche se avevo abbastanza fortuna perché ero figlio di un professore di matematica e di una fisica che insegnava. Mio padre insegnava all'Università; a quell'epoca però, subito prima della guerra, abbandonò l'Università perché lo stipendio era da fame e a quel tempo uno poteva optare per il liceo; quindi lui andò al liceo e ha fatto il professore di liceo fino a che non è andato in pensione. Quindi, da mangiare ce l'avevamo, ma la fame ce la ricordiamo bene, proprio bene!

*Perché anche il cibo non si trovava.*

Soprattutto quando si stava in città; poi a un certo punto dovemmo sfollare e sfollati si andò in campagna e in campagna un po' di più da mangiare si trova sempre, perché ci sono gli orti, c'è qualcosa! Noi dovevamo anche stare attenti perché avevamo un cognome che non era comodo a quell'epoca, perché Foà è un cognome tipicamente ebreo anche se la famiglia non è più ebrea e mia madre, con molta fatica, riuscì a racimolare i documenti per mostrare che i quattro quarti erano ariani, e tutti erano battezzati. Però, insomma, non si stava nemmeno tranquilli perché poi mio padre, che era figlio unico di madre vedova, quindi non aveva fatto il militare, quando ci fu la chiamata alle armi per tutti, lui, come una brava persona, ubbidì e andò alla caserma di Pistoia il 6 settembre;

l'8 settembre i tedeschi presero tutti e li mandarono in Germania. Mio padre fu preso, portato in Germania e non se ne seppe nulla per un anno. Piano piano, alla fine, si seppe che era vivo, che stava dalle parti di Stettino, in campi di lavoro. Per fortuna non si accorsero mai che il cognome era ebreo, perché lì non chiedevano i quattro quarti... Ah, ah, ah! Invece se la cavò!

*Quindi c'era molta ansia.*

Eh, molta ansia e molta tensione, sì! Molta tensione!

*Lei aveva dei fratelli o sorelle?*

Sì, avevo un fratello, di tre anni più giovane di me, che stette male in quel periodo; ebbe una gravissima meningite che gli ha lasciato strascichi per tutta la vita. Invece una bambina è nata quando mio padre tornò, il regalo...

*Beh, i figli del ritorno. In quel periodo lei era molto piccolo.*

Ero molto piccolo; la scuola la facevo come si poteva fare allora; entrai in una scuola normale quando ero in quarta elementare. I primi anni della scuola elementare li ho fatti nei modi più strani, con una maestra che teneva insieme tre classi di età diverse, che doveva dare il latte al bambino e lo dava in classe; le femmine, la mattina, dovevano pulire la classe, i maschi dovevano pulire la motocicletta del marito. Però poi si facevano anche un po' di aste; io ho fatto tante aste!

E così passò la guerra. Dopo di che venne la vera miseria, miseria stretta perché gli stipendi dei professori erano piccolissimi, quindi l'unica cosa che mio padre e mia madre potevano fare era, dalle tre alle otto della sera, dare lezioni private. È così siamo campati. Finché mia madre decise di scrivere un libro di testo di matematica per le scuole medie, che ebbe un successo folgorante perché arrivò ad essere adottato nel 10% delle scuole nazionali. Questo ci ha portato fuori dalla miseria e ci ha dato una vita più tranquilla. Comunque io la macchina l'ho vista per la prima volta, una '600, quando mi stavo laureando; e devo dire che mi ha fatto molto bene andare su e giù per Arcetri in bicicletta, ah, ah, ah! Anche se faticavo. Erano anni così!

*Cosa altro si ricorda degli anni di scuola, degli aspetti notevoli del periodo degli studi?*

Io sono stato un bravo bambino; i genitori mi fecero una cattiveria: mi fecero saltare la quinta elementare perché ero bravino! Ero bravino, ma piccino, proprio piccino... Mi fece una fatica terribile; tutti i temi di italiano avevano il giudizio: "6, misero, ma corretto"... Questo era il giudizio; avevo proprio poco da dire. Mi ricordo che feci il ginnasio e in quinta ginnasio mi accorsi che mi veniva dentro una specie di esplosione e cominciai a scrivere; portavo i compiti che avevo fatto a mia madre dicendo: "Per piacere tagliami le frasi", perché le facevo troppo lunghe, troppo contorte e lei me le metteva a posto; e da lì ho preso coscienza di me come persona, come essere pensante.

Poi invece mi sono goduto molto il liceo classico, il Liceo Michelangelo, perché avevo degli ottimi professori: uno era Carmelo Cappuccio, famoso perché aveva fatto una storia della letteratura, poi Pascucci; bravi professori! A Firenze, nel liceo migliore,

era facile! Quindi lì me la sono goduta, ed è stato in quel periodo che una mattina mi sono svegliato e qualcuno mi ha chiesto per caso: “Ma tu che farai da grande?”. “Io? Il fisico!”. Non ho la più pallida idea da dove mi sia venuta fuori questa affermazione, perché io alla maturità ho preso otto in tutte le materie, quindi proprio non avevo elementi per scegliere, però avevo l’assoluta, calma, tranquilla certezza che sarei stato un fisico!

*Quindi questa idea le si era formata dentro!*

A mia insaputa! A mia insaputa, sì! E mi sono ritrovavo a dover fare il fisico perché qualcuno lo aveva deciso per me, non so chi; mio padre o mia madre non mi hanno mai detto: “Fai fisica!”, ma piuttosto: “Fai quello che ti pare”. Poi mi sono trovato proprio come meglio non potevo.

*Quindi ha studiato all’Università di Firenze; chi aveva come insegnanti?*

All’Università — molto modesta, molto modesta allora l’Università di Firenze per quel che riguarda la fisica; erano da poco andati via i personaggi un po’ illustri che ha avuto Firenze: Giulio Racah e Gilberto Bernardini.

*Comunque, Racah era già andato via per le leggi razziali; c’era effettivamente un vuoto, si era creato un vuoto già prima della guerra.*

E quelli che restavano, con cui ho studiato io, o erano veramente modesti, o erano “strani”. Quello che mi ha laureato, che mi ha tirato su con molta cura e per il quale ho avuto sempre molta simpatia, è stato Manlio Mandò. Mandò era famoso per i suoi terribili esercizi di “Fisica 1”; però io avevo un po’ di fantasia nel risolverli. Gli chiesi la tesi perché volevo fare il fisico sperimentale; su questo non c’erano dubbi! L’idea di stare sempre seduto non mi attirava.

*L’idea è stata subito chiara?*

Chiarissima, chiarissima! “Io faccio il fisico sperimentale”, perché l’idea di stare davanti a un foglio vuoto, bianco e doversi mettere a calcolare l’universo... No, no no! Troppe pretese e troppa presunzione. Invece il fisico sperimentale va lì, buono, tranquillo e misura; è una cosa che si può fare anche senza essere geniali; ho sempre avuto la certezza di non avere nessuna forma di genio, ma di poter fare bene il mio mestiere sì, quindi: fisico sperimentale.

*La tesi con Mandò su cosa l’ha fatta?*

Lì viene il problema, perché Mandò era un fisico nucleare delle bassissime energie, del nucleo proprio, e quindi la mia tesi, quello che mi capitò di dover fare, è quella che sta scritta qui e che è stata ritrovata con tanta fatica: “Evidence for a new 191 min half-period activity in Nb”. Ho studiato l’esistenza di uno stato isomerico nel niobio e mi sono anche un po’ divertito a farlo perché avevo un contatore a ioduro di sodio in cui si misuravano le radiazioni dal decadimento e bisognava calcolare quale fosse la sua accettazione; era tutto spigoli, brutto, di forma cilindrica. Insomma, dai e dai, avevo

fatto i miei conticini, facevo le misure e ogni tanto c'era un rapporto che andava verso uno: allora ero contento! Quando cadeva giù: ero infelice! Ero allora fidanzato e la mia ragazza mi vedeva e diceva: "Oggi il tuo pallino è sceso": avevo l'aria triste; in caso contrario il pallino risaliva e allora eravamo ambedue contenti. Fu una tesi micagnosa! Quando poi chiesi che cosa si sarebbe potuto fare dopo, mi si disse: "Eh, ci sarebbe la possibilità di estendere la ricerca al lantanio!". Io mi sono visto lo spettro di tutte le terre rare da fare una dopo l'altra. Ebbi una enorme fortuna perché Simone Franchetti, il direttore di Istituto, si era offeso perché la commissione di laurea aveva rifiutato di dare la lode al suo studente; allora lui aveva detto che non avrebbe più dato una lode fino a quando non fosse andato in pensione; cosa che fece. Quindi mi sono laureato con 110, senza lode, benché me la meritassi. Senza lode... Mandò fu veramente carino da matti, disse: "Io ti risarcirò di questo danno che involontariamente ti ho fatto". E aggiunse: "Senti, ho visto che sei sveglio e puoi fare un buon lavoro; ti offro una possibilità, non so se riesce o non riesce, ma esiste un mondo da esplorare: la fisica delle particelle. Per ora non se ne sa quasi niente, però sono state scoperte alcune particelle dei raggi cosmici che si chiamano  $\pi$ ,  $K$ , mesoni e così via e si vuole metter su un gruppo a Pisa per studiare una di queste particelle, il  $\pi^0$ . Ti piacerebbe occupartene?". Rispondo: "Non lo so, non so nemmeno di cosa si parli, però prendo un treno e vado a vedere". Presi il treno per Pisa e poi entrai in una stanza dell'Istituto di Fisica. C'era un uomo grandissimo e esuberante seduto ad un tavolo, con i piedi per aria... Lungo e grande perché era il Bellettini, ah, ah ah! Lei l'ha conosciuto! Accanto a Bellettini c'era una lavagna tutta scritta, tutta sovrascritta ed anche un grandissimo signore inglese. Parlava un inglese di cui io, quel giorno, non ho capito rigorosamente una parola — il mio inglese era un inglese scolastico, non ero mai andato a fare una settimana in Inghilterra, niente! Non c'erano i soldi per fare queste cose a quei tempi. Quindi questo signore parlava un inglese incomprensibile e scriveva su una lavagna già scritta. Mi dissero: "Ah!, you are Dr. Foà, please come in", in inglese. Io mi misi seduto in un angolino e ascoltai tutta questa giornata; non capivo rigorosamente nulla di quello che dicevano! Poi finisce la giornata e io vado a prendere il mio treno per Firenze rimuginando: "Io non ci vado, io non posso, non capisco niente, non ho capito niente, ma come faccio?". Insomma: la sera avevo deciso che non sarei andato. La mattina dopo mi sono dato del bischero!: "Oh, cerca di capire prima di decidere...". Ho ripreso il treno per Pisa e allora ho potuto conoscere separatamente il Giorgio Bellettini, che parlava anche italiano. Il professor Ted Bellamy poteva parlare anche un inglese più semplice quando si rivolgeva a un solo ragazzino ignorante! Cominciai a capire di cosa si trattasse e potei cominciare a lavorare.

Eravamo tre: Giorgio Bellettini, Ted Bellamy ed io; eravamo tre, il gruppo era fatto di sole tre persone. Poco dopo si aggiunse Carlo Bemporad, che venne da Roma allettato dalla stessa idea di entrare in un gruppo nuovo e fare una misura importante. Dopo un anno e mezzo, si aggiunse anche Pierluigi Braccini. Eravamo quattro italiani oltre a Ted e così siamo andati avanti per un bel po'. Abbiamo fatto i nostri primi due esperimenti. Ci sono piaciuti tantissimo; abbiamo fatto tutto noi, senza padroni, senza babbi, senza mamme, senza nessuno, giovanissimi. Giorgio Bellettini, che aveva due anni e mezzo più di me, non aveva nessuna esperienza; lui aveva lavorato un pochino a Roma. Mi ricordo

che telefonava ad un suo amico al CERN e diceva: “Io sento parlare molto di boccole, ma non ho ancora capito che cosa siano...” Ah, ah, ah! Erano i tappi da 125 ohm che si mettevano in cima ai cavi per evitare le riflessioni. Quindi: non si sapeva nulla nessuno. L’esperimento era semplice ed è questo qui che le mostro; non so quanto voglia che io dica sulla fisica...

*Sì, sì, entriamo in maggiori dettagli.*

Almeno un pochino... Il primo esperimento che fu fatto era veramente classico e, diciamo, propedeutico; era per lo studio della produzione di  $\pi^0$  a grandi angoli. Il secondo: lo studio dell’Effetto Primakoff era molto più sofisticato!

*Però avevo capito che eravate veramente partiti dall’idea di vedere questo “Effetto Primakoff”.*

Sì, ma l’esperimento Primakoff sembrava a noi mostruosamente grande e complicato — in realtà erano solo otto contatori. Insomma: aspettando un anno o due per costruire tutti i pezzi del Primakoff, si fece un altro esperimento più semplice. Adesso arrivo al Primakoff, ma poi posso anche non raccontarlo, perché lo ha già raccontato Giorgio Bellettini.

*Lui ha parlato del Primakoff, ma non di questo altro esperimento che avete fatto nell’attesa e che mi sembra interessante.*

Era un esperimento semplice semplice; il fascio di fotoni del sincrotrone — non avevamo altro in Italia —, andava a colpire una targhetta che era il cuore del nostro esperimento — fatta con la tecnologia di questo inglese che era venuto per un anno sabbatico in Italia — ed era un bersaglio di idrogeno liquido di un centimetro di spessore. L’idrogeno liquido non si compra dal tabaccaio; la targhetta, soprattutto, era proprio piatta, un centimetro preciso, perché aveva delle borse di qua e di là, piene di idrogeno gassoso. Era cilindrica e l’idrogeno gassoso premeva un’altra sfera contenente idrogeno liquido e quindi lo teneva piatto. Ecco, questa era la nostra bell’idea per ridurre il cammino dei protoni in idrogeno. L’idea era: il fotone arriva, colpisce un nucleo di idrogeno, un protone quindi; poi si trasforma e fabbrica un  $\pi^0$  che se ne va ed il protone colpito rincula. Noi si voleva misurare il protone di rinculo e così si è potuto studiare la seconda risonanza nell’urto fotone-protone.

Questo è stato il nostro primo esperimento di fotoproduzione a Frascati ed era già per noi gran cosa! Si è visto un processo di fisica, era banale, era semplice, però si trattava di misurare bene una sezione d’urto, quindi di calcolare i tassi giusti, i flussi giusti, calcolare tutto bene fino ad arrivare al risultato; e ci riuscì. Nel frattempo stavamo costruendo il nostro sogno, l’esperimento Primakoff; come le ha raccontato Giorgio, doveva misurare la vita media del mesone  $\pi^0$ . Il processo esisteva e lo vedemmo, ma era veramente poco frequente; gli eventi che si raccattarono furono manciate, non flussi spettacolari; quindi la misura fu lunga e complicata e complicata l’analisi. Noi si aveva un fascio di fotoni che arrivava su una lastrina di metallo; lì il nostro fotone doveva passare accanto a un nucleo; quando un fotone viaggia e vede un nucleo, vede il campo elettromagnetico del

nucleo come un insieme di fotoni virtuali. Noi facemmo interagire i fotoni reali, quelli del fascio, con i fotoni virtuali dei nuclei di piombo contenuti nel bersaglio.

Questi due fotoni dovevano fabbricare, quando raramente capitava, un  $\pi^0$ , il quale istantaneamente ridecadeva in due fotoni, perché il  $\pi^0$  ha questo come quasi esclusivo decadimento. Quindi noi dovevamo andare a cercare, in un fascio di fotoni che andava dritto, due fotoni che andavano ad un qualche piccolo angolo e che erano i frutti del decadimento del  $\pi^0$ . Di fotoni in giro in quella sala sperimentale ce n'erano tanti essendoci tutti e solo fasci di fotoni; il nostro stesso fascio era bello sporco; l'unico modo per fermarlo e proteggere i nostri contatori era fare grandi muri di piombo, alle tre di notte! Ah, ah, ah! "Bisogna proteggerlo da quel lato..." , e giù mattoni di piombo! Ecco, ecco, guardi! Le faccio vedere una foto. Questo era il grandissimo oggetto che si è costruito; su queste rotaie curve si muovevano i contatori, uno per ogni rotaia, otto in tutto. I contatori erano dei rivelatori di fotoni, perché volevamo vedere due fotoni in coincidenza temporale e ad angoli più o meno uguali; davanti ci doveva essere un contatore a scintillazione per permettere di rigettare gli elettroni, perché un contatore plastico vede gli elettroni, ma non vede i fotoni. Dovevamo verificare le coincidenze temporali dei due fotoni, uno qui e uno là, misurare l'energia di tutti e due e vedere se il prodotto  $2E_1E_2(1 - \cos \theta)$ , faceva la massa quadrata del  $\pi^0$ , una formuletta semplice semplice. Si trovarono piano piano, si trovarono! Per noi erano cose preziosissime! Ecco qui, in questa figura si vedono. Questa è l'energia di un fotone questa è l'energia dell'altro fotone; qui sotto c'è un "gorillaio" tremendo di coppie di fotoni di fondo; questo è il fondo che "sbrodola" in su, ma qua c'è questa isoletta di puntolini che hanno la stessa energia, con una certa incertezza perché abbiamo gli errori, ma ben isolata dal resto. Lo scopo era contare proprio questi. Per fare bene, noi dovevamo misurare a qualche per cento l'energia di ciascun fotone e dovevamo misurare il tempo con grande precisione per essere sicuri che la coincidenza fosse tra questi due fotoni e non tra fotoni accidentali che passavano di lì. Lo strumento che si trovò era quello disponibile nel '62 — l'anno nel quale siamo entrati nella sala sperimentale. Noi non avevamo gli strumenti di elettronica raffinatissimi che abbiamo avuto dopo e che misurano il tempo con una risoluzione di un nanosecondo e l'energia con una risoluzione del 3%. Cosa abbiamo fatto allora? Si è mandato il segnale di ogni contatore all'asse  $y$  dell'oscillografo; la "sweep" la si faceva viaggiare a una certa velocità attraverso lo schermo e poi in due tempi successivi, circa giusti, si mandavano i candidati segnale per vedere se andavano bene. Fotografavamo lo schermo dell'oscillografo con una macchina da presa che camminava continuamente e in questo modo si è fatto un sistema di acquisizione raffinatissimo e di grande precisione; della precisione degli strumenti eccezionali di elettronica che abbiamo ora. Ci dava una uno o due nanosecondi sul tempo e qualche per cento nella misura dell'energia. Misure meno precise avrebbero fatto confondere il segnale con il fondo. Il tutto venne fuori pulito; potemmo contare quanti eventi c'erano e da questo risalire alla sezione d'urto del processo.

E così riuscimmo a fare il nostro primo esperimento interessante; con difficoltà però gravi perché avvenne che dopo il nostro successo, i due galletti più galletti del gruppo, che poi erano anche i più anziani, Carlo Bemporad e Giorgio Bellettini andarono all'e-

stero a fare esperienza, uno in America e l'altro al CERN. Se andarono e ci lasciarono dicendo: "Voi completate l'analisi!". Io e Braccini patimmo un anno a tirare fuori i risultati migliorati da questa analisi perché era veramente complicata. C'era un calcolo di montecarlo molto complesso per vedere di definire le varie accettanze. Lavorammo benissimo e fummo noi due soli; si arrivò però a tirare fuori i risultati finali. Li pubblicammo e questo ci ha fatto diventare "fisici"; è stato per noi il battesimo del fuoco. Con l'esperimento Primakoff Bellettini si era creato un'ottima reputazione al CERN, ed ha potuto lavorare con fasci di protoni di alta energia. Bemporad era andato a Boston, alla Tufts University ed al Cambridge Electron Accelerator. Facevano le loro carriere là e noi si faceva l'analisi a casa... Dopo di che, l'appetito venne mangiando...; il nostro esperimento aveva utilizzato il sincrotrone di Frascati quando questo era l'acceleratore più grande del mondo, simile solo a quello di Caltech, e quindi avevamo potuto lavorare bene in Italia.

Nel frattempo Salvini a Roma aveva scoperto che esisteva un altro mesone, l' $\eta$ , con precisamente gli stessi numeri quantici del  $\pi^0$ .

*Infatti l' $\eta$  è stato scoperto nel '62.*

Appunto, siamo in quegli anni lì e la nostra idea è maturata nel '64. I teorici nel frattempo tentarono dei calcoli molto rudimentali per vedere cosa sarebbe successo. Infatti una volta che l' $\eta$  è stata prodotta anch'essa decade in due fotoni e se una particella decade in due fotoni può anche essere prodotta dall'interazione di due fotoni, esattamente come per il  $\pi^0$ . Si poteva quindi ripetere lo stesso esperimento per l' $\eta$  — l' $\eta$  ha una massa di 550 MeV, mentre il  $\pi^0$  ha una massa di 135 MeV — che poteva essere prodotta via lo stesso processo, via l'effetto Primakoff, con il nuovo acceleratore DESY da 6 GeV in costruzione ad Amburgo.

Quindi ci siamo detti: "Perché non tentare?". Prendemmo il coraggio a "quattro mani", e lì ce ne volle tanto... Io e Braccini eravamo gli unici due rimasti in Italia; andammo ad Amburgo a proporre questo esperimento. Trovammo una "terra deserta"; infatti i tedeschi avevano costruito questa macchina, ma non sapevano assolutamente come cominciare a fare esperimenti, perché non avevano mai fatto un esperimento, nessuno!

*Quando siete arrivati, non avevano ancora iniziato a utilizzare la macchina?*

No, siamo arrivati al momento della sua messa in funzione. Noi sapevamo cosa si doveva fare, perché un esperimento lo avevamo già fatto. Il primo periodo fu dominato da noi; facevamo seminari, eravamo presi sul serio! Facevamo questi viaggi, su e giù fra Pisa ed Amburgo, spesso in macchina; c'era Braccini che aveva comprato la Giulia, si andava forte, si andava veloci! Cercavamo di definire il progetto; ci fecero capire che, se si voleva fare l'esperimento — l'idea piaceva, senza altro si sarebbe fatto — dovevamo trovare un gruppo tedesco con cui lavorare. Questo ci ha fatto molto piacere perché "nudi in terra straniera" non sapevamo come muoverci. Trovammo infatti un gruppo di quattro fisici tedeschi di Bonn che furono attratti da questo progetto. Andammo a fare un seminario, in pompa magna, a Bonn. Ci divertimmo anche molto. Ci avevano prenotato un albergo e ci avevano dato una camera, noi pensavamo, con due letti; invece era una

camera con letto matrimoniale; pazienza! Dormimmo comunque benissimo. La mattina, in pigiama, ci siamo messi a ripetere il seminario che dovevamo fare il pomeriggio; si stava lì chiusi in camera e non si andava via, chiacchierando, parlando, ridendo e così via! A un certo punto ci siamo accorti che il personale dell'albergo apriva piano piano la porta, sbirciava con un occhio, rideva e scappava via. Chi sa cosa hanno pensato di noi: due pazzi, due omosessuali! Avranno pensato molto male! Noi però ci preparammo bene; il seminario fu un successo; convincemmo tutti e fummo approvati.

Questa fu la nostra grande avventura! Ci furono anche dei piccoli malintesi che poi passarono; noi avevamo invitato a fare quest'altro esperimento anche Giorgio Bellettini e Carlo Bemporad che erano all'estero. Loro risposero: "Ah, sì, benissimo, finiamo quello che stiamo facendo e poi si va tutti insieme!". Perfetto! Intanto noi si era fabbricato tutto perché il tempo passava... Loro arrivarono; avevano fatto un esperimento Primakoff che era andato bene, avevano fatto la loro esperienza estera ed erano diventati internazionali; parlavano un inglese forbito! Tutti e due erano ritornati con l'idea che dovevano essere i capi. Ora, noi eravamo un gruppo di quattro persone che non avevano un capo perché eravamo nulla... ed eravamo cresciuti insieme; si era nati insieme come fisici, quindi non avevamo capi! Questi due, in qualche modo ognuno con il suo stile, volevano fare il capo ed appunto ci fu qualche screzio; in particolare, tra Braccini e Bemporad si ruppe un po' l'amicizia, ma poi finì tutto bene e l'esperimento riuscì.

*Quindi continuaste a lavorare insieme...*

Sì, ricostituimmo il gruppo ed il risultato venne fuori bene. Tutto molto simile al vecchio Primakoff come può vedere da questi disegni e dai questi grafici, che le mostro. Solo la massa della particella prodotta e l'energia per produrla erano diverse. Abbiamo pubblicato i risultati per l' $\eta$  ripetendo però anche una misura per il  $\pi^0$ . Tutto ciò, se si vuole, è stata la parte più creativa e originale della nostra carriera; direi anche per Giorgio e Carlo.

*A parte il risultato, cosa vi ha dato in più questa permanenza in Germania?*

Abbiamo imparato l'inglese, che si doveva parlare sempre.

*Infatti mi chiedevo, con i tedeschi che lingua parlavate?*

Io parlo anche il tedesco, ma questo perché mi sono trasferito ad Amburgo con moglie e bambini. Si è avuto un periodo bellissimo perché si stava bene, si viveva dentro il laboratorio in un appartamento delizioso; lì vicino scorreva il fiume Elba; insomma: proprio un bel periodo! Invece la famiglia di Braccini rimase in Italia, perché Gabriella Braccini lavorava a Pisa. Pierluigi Braccini faceva sempre su e giù, ed era una faticaccia bestiale! Io invece stavo lì come un papa. Ho dato anche un contributo particolarmente rilevante perché ero fisso con continuità ad Amburgo.

*Quindi ha imparato l'inglese; era importantissimo!*

Sì, ma si è anche imparato a gestire una collaborazione con gente di paesi stranieri. Non è cosa da poco. Si è imparata tutta la diplomazia che si deve applicare in questi casi. Per quel che riguarda la fisica, ci ha dato la sicurezza che quando si faceva un progetto questo funzionava. Per il primo progetto per Frascati dobbiamo esser grati ai personaggi che avevano voluto la nascita di questo gruppetto di giovani, principalmente a Carlo Franzinetti per la parte sperimentale, mentre Giacomo Morpurgo aveva fatto i calcoli teorici per l'effetto Primakoff. I calcoli di Morpurgo funzionarono meno bene per l' $\eta$  perché contenevano approssimazioni eccessive. Pazienza! Questo non cambiò il risultato della nostra misura. Quindi: si è imparato tantissimo, siamo maturati tantissimo e si è fatto una bella misura! I risultati piacquero molto; la misura era pulita pulita ed il risultato fresco di giornata. Decidemmo di pubblicare e di raccontare il tutto. Eravamo a ridosso di un Congresso della SIF. A quei tempi eravamo ancora piccini... e ci si era iscritti per andare a presentare il nostro risultato: la vita media dell' $\eta$  tramite l'effetto Primakoff. Toccava a me di andare e, in accordo con l'organizzazione prestabilita, ero l'ultimo della giornata. Lei conosce i congressi SIF, ci è mai stata?

*Ci sono stata quest'anno per la prima volta. Mi hanno chiesto di parlare di Touschek nell'anniversario della morte.*

A volte succedeva che i tempi si dilatavano, se c'era qualcuno che parlava troppo e nessuno lo fermava, e questo andava a scapito degli ultimi. Accadde anche nel mio caso, risultato: io ebbi la parola ma il "Chairman" mi disse: "Mi dispiace, tu avresti 15 minuti ma è così tardi che te ne do solo cinque". Dico: "Va bene!". Ho saltato a piè pari tutta la descrizione dell'esperimento. Ho detto solo: "Volevamo fare la misura di questo effetto. Questi sono i risultati" ed ho spiegato cosa si vedeva. Fine! Poi tutti si mossero e cominciarono ad andare via — c'era davvero tanta gente. Ad un certo punto, dalla folla uscì fuori un uomo, un omino non tanto grande, che si precipitò verso di me, — stavo scendendo dalla cattedra — mi acchiappò la mano e disse: "Congratulazioni! Mi chiamo Antonino Zichichi". Non sapevo chi fosse! Ah, ah, ah! Né lui sapeva chi fossi io. Tutto ciò mi piacque tanto! Chiaramente avevamo fatto bene e decidemmo che bisognava trovare un futuro al nostro lavoro. Non facile; eravamo fuori dalla "main stream" italiana; l'Italia aveva partecipato alla costruzione del CERN, ormai divenuto realtà, e noi invece eravamo quei poverini che stavano relegati a Amburgo.

*Era entrato in funzione il protosincrotrone alla fine degli anni '50, se non sbaglio.*

Sì, nel '60 già funzionava, quindi perché non utilizzarlo? Decidemmo di tentare la strada del CERN. Nel frattempo, Giorgio Bellettini vi si era ben inserito nel gruppo di Cocconi e faceva le sue belle misure con i protoni. Parlando nei corridoi — come spesso è successo, molti degli esperimenti al CERN sono nati alla "cantine", le collaborazioni per lo meno — Giorgio ci propose un esperimento per entrare al CERN; eravamo molto poveri, questa è la verità! A quel tempo, quello che veniva investito in Italia per costruire esperimenti era molto poco. Per il nostro esperimento Primakoff ad Amburgo, noi abbiamo riutilizzato i contatori dell'esperimento di Frascati ed arrivati a DESY, come ho già

detto, eravamo considerati i principi, quelli che sapevano, quelli che avevano costruito i rilevatori e li facevano funzionare! Sia la parte italiana che quella tedesca del gruppo avevano bilanci circa uguali, piccolini. . . Nei tre anni di durata dell'esperimento il nostro bilancio è rimasto uguale mentre quello dei tedeschi è aumentato di un fattore cento, dico cento! A questo punto noi a DESY non potevamo più avere un futuro; i successivi esperimenti da fare erano esperimenti di elettroproduzione, molto costosi, che noi poi non volevamo fare. Quindi, fu giocoforza venire via a causa della miseria. Arrivati a lavorare al CERN, entrammo in un esperimento che era già stato costruito; noi abbiamo aggiunto un contatore di Cherenkov, uno solo! Non potevamo fare altro che fare manodopera, manodopera intellettuale forse, ma sempre manodopera! Inoltre — negli esperimenti è sempre così — chi ha costruito e gestisce i rilevatori, decide anche come portare avanti le misure; non lo decide quello che sta in ufficio a fare l'analisi!

Il gruppo del CERN, che era predominante in questa collaborazione, decideva e disfaceva di notte quello che noi avevamo fatto di giorno. Quindi: fu una penosa esperienza, proprio triste. Dovevamo misurare la polarizzazione nella diffusione elastica di  $\pi$  e  $K$  da protoni; e lo abbiamo fatto! Una misura molto professionale, molto pulita, ma non particolarmente interessante. I risultati erano belli e li guardavamo dicendo: "Eh, si è misurato!" però non c'era alcuna teoria che predicesse quello che si misurava; quindi si mettevano da parte i risultati e restavano lì nel vuoto!

*Non ho ben capito a quale gruppo avevate finito con l'aggregarvi.*

Ci siamo aggregati al gruppo del professor Louis Dick; di fatto ci aveva introdotti Luigi Di Lella. Lui era andato al CERN subito dopo la laurea a Pisa; era un ex normalista, si era ambientato, aveva il suo gruppo e collaborava con Dick, che era un vecchio professore che non faceva più granché, ma era il "patron". Di Lella era quello che decideva tutto e ci ha aiutato molto; è stato molto carino e ci ha spiegato, in una maniera spettacolosa, come si fa fisica ai protosincrotroni! Però non poteva farci diventare ricchi! Noi poveri eravamo e poveri restavamo e la povertà è un brutto marchio, se te lo stampano in fronte!

*Che posizione personale aveva a quell'epoca?*

Nel '70 avevo 33 anni. Dal '68 ero divenuto assistente di Gilberto Bernardini alla Scuola Normale. In Normale si entra per fare l'assistente, ma poi quando vinci la cattedra devi andare fuori; io vinsi una cattedra a Trieste. Ho passato tre anni a Trieste e poi sono tornato al Dipartimento di Fisica di Pisa, dove sono rimasto sei anni, di cui tre come Direttore; poi mi hanno richiamato in Normale. Quando sono diventato assistente alla Scuola era un periodo, devo dire, in cui non era un problema trovare un posto. Tornando da Amburgo eravamo in tre, io, Bemporad e Braccini, a dover trovare una posizione universitaria a Pisa. Avevamo l'età giusta e bisognava darsi da fare per diventare assistenti. Si è fatto il concorso e si è vinto subito; tuttavia in Istituto c'erano solo due posti e li presero Bemporad e Braccini, non so se per anzianità o perché avessero fatto meglio le prove; io per qualche mese rimasi scoperto. A questo punto si fece vivo Gilberto Bernardini, dicendo che desiderava avere un assistente che gli piacesse perché aveva avuto un trauma fisico violento, un incidente sciistico o

automobilistico, non ricordo, si sentiva indebolito e aveva bisogno di aiuto. Disse: “Fòà può prendere un posto di assistente in Normale”. Benissimo! Ho avuto fortuna! Perché è una fortuna nella vita quella di avere un posto in Normale come assistente. Quindi: tre arrivati, tre sistemati! Ora la vita non è più così semplice; non gli somiglia affatto!

*Anche i bravi hanno difficoltà!*

I bravissimi anzi! Mi angustia finire la carriera così, in una situazione in cui non riesco a sistemare i miei ragazzini. Ero sempre stato bravo; li avevo sempre sistemati tutti e ne ho avuti tanti... Ma ora ne ho due o tre che proprio non so dove mettere. Questo mi angoscia!

*Certo! Quelli erano tempi di espansione.*

Espansione sia dal punto di vista del personale, ma anche dal punto di vista finanziario. Noi siamo rimasti vacche magre, ma s'intravedeva la possibilità che “la biscia si girasse” e che i soldini arrivassero in quantità adeguata. Scoprimmo che essere miseri in terra di gente facoltosa — come ci capitò di essere al CERN nel gruppo di Dick — rattrista moltissimo. Carlo Bemporad era uscito dal lavoro comune, dopo l'intenso periodo passato a DESY; dopo DESY prese un'altra strada e non venne al CERN con noi. Nel gruppo c'erano ora Bellettini, Braccini ed io; facemmo insieme l'esperimento al CERN. Poi il CERN fece un incredibile salto in avanti decidendo di costruire gli ISR — gli Intersecting Storage Rings — nei quali due fasci collidenti di protoni da 31 GeV permettevano di studiare, per la prima volta, interazioni ad alti valori dell'energia nel centro di massa. Tuttavia non fu un grande successo. Il CERN fece una macchina che era un vero gioiello ed aveva prestazioni davvero impeccabili; ci siamo divertiti moltissimo a farla funzionare. Volevamo fare, in questa nuova regione di energie nel centro di massa, un esperimento per la misura della sezione d'urto protone-protone. Bellettini, durante il nostro periodo ad Amburgo, aveva fatto un esperimento simile, ovviamente ad energie più basse.

A 62 GeV nel centro di massa nessuno sapeva cosa sarebbe avvenuto; era tutto da vedere. C'erano teorici che prevedevano che la sezione d'urto sarebbe cresciuta, altri che sarebbe diminuita ed altri ancora che avrebbe oscillato! Insomma: bisognava misurarla! E noi costruimmo un apparato per fare questo, ma un apparato da poveri, anzi da molto poveri; i soldi proprio non li avevamo. Le mostro in fotografia come fosse fatto l'esperimento che fu sistemato in una delle otto zone di interazione dell'ISR. Essendo una misura diretta della sezione d'urto totale  $pp$  dovevamo coprire tutto l'angolo solido con contatori a scintillazione che rivelassero le interazioni. Questo fu ottenuto mediante delle grandi “ruote” composte da spicchi di contatori a scintillazione, più una specie di “capannuccia” di contatori a scintillazione posti vicino ed intorno alla regione di interazione. Il tutto ha funzionato molto bene ed abbiamo ottenuto, per primi, il risultato che mostrava come la  $\sigma_{pp}$  crescesse in funzione dell'energia nel centro di massa. Il risultato fu confermato e migliorato qualitativamente da Ugo Amaldi con una tecnica diversa. La sua misura era un po' indiretta; la nostra era più diretta, si contavano proprio le interazioni. È stato per noi un notevole successo lo scoprire che  $\sigma_{pp}$  cresceva al crescere dell'energia nel centro

di massa! Ciò non voleva naturalmente dire che si capisse il perché di questo. Non c'era ancora la QCD — Quantum Chromo Dynamics — e non è neppure vero che ora la QCD lo dica tanto bene!

Questo esperimento riuscì. Quelle che avevamo fatto erano delle grosse costruzioni — le “ruote”, avevano ben 3 metri di diametro — ma non c'erano rivelatori raffinati; erano solo scintillatori e fotomoltiplicatori; un esperimento tecnologicamente molto modesto, ma che aveva comunque rappresentato per noi un grosso sforzo. Il difetto era che l'apparato non ci permetteva di misurare, ad una ad una, le caratteristiche delle particelle prodotte; non ci permetteva di vedere se erano positive, negative o neutre; le particelle andavano tutte dritte perché non c'erano magneti. Sia noi, ma anche gli altri, ci dovemmo fermare alla prima impressione fenomenologica. Io, tuttavia, ebbi personalmente molto successo perché scrissi un numero di “Physics Reports”, la rivista sofisticata in cui si presentano i risultati globali di un campo. Trattava di questioni relative alle correlazioni fra particelle all'interno di uno stesso evento. Cercai di presentare lo stato dell'arte su questo argomento; uscì al momento giusto, insomma tutti l'avevano sul tavolo! Diventai una persona nota nell'ambiente perché questo manualetto serviva a tutti.

Eravamo tuttavia insoddisfatti! Infatti, poi a consuntivo, l'ISR è stata la prima macchina alla quale sono stati prodotti miliardi di particelle con “charm”, di particelle con “beauty” e nessuno le ha viste, non sapevamo che ci fossero, non sapevamo come vederle! Abbiamo avuto a disposizione una macchina che per dieci anni ha prodotto soprattutto particelle con “charm” e “beauty” e non le abbiamo viste; abbiamo dovuto aspettare che ce le trovasse SLAC. Un fallimento terribile! Dovuto a che? Chi lo sa? Probabilmente a impreparazione!

*Stiamo parlando di che anni?*

Gli anni dal '70 al '75.

*Il lavoro di Glashow, Iliopoulos e Maiani sul “charm” era, mi pare, del '70. Nel '74 è stata poi vista la  $J/\Psi$ .*

Dopo che a SLAC hanno visto la  $J/\Psi$ , le particelle “charmate” sono state viste anche al CERN; non le abbiamo trovate noi quindi, le abbiamo lasciate trovare a Burton Richter e a Samuel Ting. Forse eravamo anche provinciali! Ci si cullava nelle nostre graziose scoperte, nelle nostre belle misure, ma non avevamo capito dove stesse andando la fisica; avevamo impiegato 10 anni a renderci conto che nei dati di SLAC c'erano nascosti i quarks; non si erano visti, non ci si era pensato; si erano solo cercate particelle di carica frazionaria e non si sono viste. Pazienza! C'era tutta una cultura, nata sulla costa ovest degli Stati Uniti, che a noi sfuggì completamente! I teorici erano stati più brillanti di noi, ma non ci suggerirono la mossa giusta da fare.

*Il discorso è molto interessante perché è importante capire come mai non si sia presa una certa strada. A quell'epoca stava funzionando anche ADONE, una linea di fisica diversa da quella seguita da voi.*

A posteriori era quella giusta!

*Era un'idea concepita da Touschek con una certa impostazione e con sviluppi che neanche lui avrebbe potuto immaginare. L'energia era stata scelta sotto i 3 GeV; in effetti c'era stata anche l'intenzione di fare uno "scanning" in energia.*

L'Italia ha avuto una sfortuna pazzesca, dovuta al fatto che 3 è un numero tondo; se l'energia fosse stata 3.1 GeV la  $J/\Psi$  sarebbe stata scoperta con dieci anni di anticipo rispetto a SLAC! Mi ricordo benissimo anche la questione dello "scanning" in energia; e l'hanno fatto, ma fino a sotto i 3 GeV; non avendo trovato nulla, esausti... si sono fermati a 3 GeV. A 3.1 GeV c'era un enorme picco! Quella è stata una sfortuna terribile per Frascati. Dopo la scoperta della  $J/\Psi$  a SLAC, noi siamo stati incapaci di focalizzarci su quello che stava diventando veramente importante; cosa che invece quelli di SLAC hanno fatto. Va bene, pazienza! Dagli errori si impara!

*Mi sono spesso chiesta quale fosse lo scopo effettivo ed il significato profondo di una macchina quale l'ISR; cosa ne avesse definito il programma.*

Il programma era ispirato dagli esperimenti che avevano fatto Giorgio Bellettini, Giuseppe Cocconi e compagni, cioè: studio delle interazioni ad altissima energia e...: "Vediamo cosa succede!". Non avevano tuttavia capito che per scoprire cose nuove bisognava cercarle con rivelatori di grandissima risoluzione; ci volevano strumenti e rivelatori di classe superiore, non ancora disponibili. Non avevamo le tecnologie; non conoscevamo i contatori al silicio, non conoscevamo le camere a deriva. Si andava avanti con odoscopi fatti di grandi contatori a scintillazione; i "charm" ed i "beauty" si disintegravano prima di poter esser visti!

Si è avuto sfortuna a Frascati, ma si è avuto sfortuna anche al CERN, perché la macchina era troppo avanzata rispetto alla tecnologia dei nostri rilevatori. La tecnologia allora non c'era nemmeno in America, doveva ancora venire. Noi avemmo a disposizione l'acceleratore giusto, ma questo non fu sufficiente a fare le misure giuste.

*Quando vuole smettere, quando è stanco me lo dica.*

Andiamo avanti c'è ancora molto da raccontare.

*Le cose che ha detto sono molto interessanti e molto importanti.*

È la fisica che noi abbiamo vissuto, con tutti i successi e tutti gli insuccessi che si possono immaginare.

*Diceva che, a questo punto, avete provato un senso di frustrazione.*

Un senso di frustrazione notevole. Elenco alcune delle cose fatte. Si è visto che un terzo della sezione d'urto totale  $pp$  era diffusione elastica, un decimo era diffrattivo; abbiamo visto quale fosse la legge di potenza della  $\sigma_{TOT}$  in funzione dell'energia; abbiamo misurato le distribuzioni di molteplicità e quella in  $p_t$  dei secondari. Poco era noto, anzi non era noto proprio niente! In realtà quello che vedevamo era tutto dovuto ai decadimenti di "charm" e "beauty" e noi non si sapeva! Insomma abbiamo studiato le caratteristiche globali degli eventi; più in là non siamo arrivati. Testammo la "limiting fragmentation" e le bellissime ipotesi di Yang. Avevamo fatto tutte le misure

che volevamo e per le quali eravamo stati finanziati. Il gruppo andava bene e raccattava nuovi ragazzi. Quest'ultimo è per me un punto cruciale. Fin da quando sono andato in Normale come assistente, circa nel lontano '70, ho cominciato ad allevare ragazzini normalisti. I ragazzini normalisti sono una razza specialissima perché sono selezionati con un concorso mostruoso da tutta Italia! A quei tempi la fisica delle alte energie affascinava; io ero l'unico a far questo in Normale. Quindi prendevo questi ragazzini e li laureavo; siccome a quel tempo c'erano borse di studio ed i concorsi INFN per R6, R5, R4 venivano svolti a cadenza regolare, non c'erano difficoltà per i bravissimi che venivano dalla Scuola Normale, avendo fatto delle misure interessanti e partecipato direttamente, con le mani, agli esperimenti. Vincevano a man bassa! Io ho quindi fabbricato una generazione intera di fisici dell'INFN e dell'Università; vincevano tutti i concorsi e poi lavoravamo insieme. Il gruppo cresceva e rapidamente arrivammo a diventare una quarantina, non più solo pisani, ma 20, 25 pisani e qualche gruppo satellite in giro per l'Italia.

*Come si confrontava rispetto alle dimensioni dei gruppi dell'epoca in Italia?*

Era già un gruppo grosso, tanto grosso che comincio a esserci una divisione, una separazione lungo due possibili vie. Finito l'esperimento all'ISR, io ero rimasto malissimo del fatto che si era capito ben poco. Avendo lavorato bene, avendo fatto l'esperimento bene, che rabbia non aver scoperto nulla! Allora anche il panorama di fisica davanti a noi era ancor più frustrante. Che cosa si sarebbe potuto fare? Nel frattempo il CERN stava portando avanti il progetto dell'SPS — il supersincrotrone da 300 GeV; un gran salto di energia, anche se l'energia nel centro di massa era un po' più bassa di quella degli ISR. Ma gli ISR erano penalizzati da quella geometria malefica dovuta ai due fasci che si incrociano. Allora ci dicemmo: "Mah, perché non affrontiamo questa fisica delle alte energie studiandola in dettaglio? Vedendo cosa viene davvero prodotto; che cosa genera le correlazioni per cui le particelle stanno vicine; sono decadimenti di qualcosa? Il progetto prevedeva di mandare il fascio da 300 GeV dell'SPS contro un bersaglio di idrogeno e di andare a vedere tutto quello che usciva fuori, praticamente tutto in avanti a causa della cinematica relativistica. Le mostro uno schema dell'esperimento che comprendeva molti magneti, ma soprattutto molti rivelatori raffinatissimi per misurare con precisione carica, massa, impulso di tutte le particelle emesse. Un esperimento molto moderno con le tecnologie le più avanzate possibili. Anzi le tecnologie funzionanti in laboratorio dovevano ancora essere portate alla scala necessaria per un esperimento. Il progetto lo feci proprio io; un progetto ambizioso rispetto a quello relativo agli ISR; naturalmente costava un miliardo! Un miliardo di vecchie lire, non di euro, ma insomma sempre molto! Questo miliardo generò scalpore, nessuno aveva mai osato progettare un esperimento da un miliardo! Io in realtà ne chiesi uno e mezzo. Anche l'elettronica per gestire i tantissimi segnali, andava inventata di sana pianta. Non ci perdemmo di coraggio; si mise su una collaborazione nazionale abbastanza grossa, che arrivò a circa 80 persone.

Cominciammo proprio a studiare la qualità di questi rivelatori, a migliorarli, a dar loro molte caratteristiche innovative. Costruimmo camere a deriva; costruimmo il rivelatore a cristalli per misurare i fotoni. In realtà il programma dell'esperimento era piuttosto vago né migliori erano allora le idee scientifiche di base.

Nel frattempo, devo dire, feci un atto di orgoglio di cui sono felicissimo. Noi si era in mezzo al guado, si doveva ancora cominciare a costruire, avevamo avuto l'approvazione, ma non si sapeva ancora bene che cosa farne di quest'esperimento... Io non ci dormivo la notte, sapendo che mi mancava una vera giustificazione di fisica. Venne Salvini e ci disse: "Il CERN ha deciso di modificare l'SPS e di farlo funzionare per le collisioni protone-antiprotone. Bello, bellissimo! Andiamo a fare un esperimento con Rubbia!". Ehhhhh! Io Rubbia lo conoscevo già bene, ma l'idea di andare a fare il tirapiedi di Rubbia non mi attirava proprio! E dissi di no, con molta paura e titubanza, perché lì c'era da andare a scoprire la  $W$  e la  $Z^0$ ; non è che le scoprivo io però, le scopriva Rubbia, le scopriva Salvini. E il gruppo fu d'accordo!

*Ma dunque, quale era la vostra base teorica di fondo? Non avevate dei riferimenti che sentivate come vostri?*

Non li avevamo; non tali almeno da esserne convinti. Volevamo capire cosa fossero le correlazioni, se erano veramente dovute a decadimenti di particelle pesanti, come i  $B$  per esempio, ma non li conoscevamo e non avevamo quindi nulla di preciso in mente.

A questo punto, siamo nel '74 presumo, scoppiò la bomba della  $J/\Psi$ ! La  $J/\Psi$  ebbe su di me un impatto assolutamente strepitoso; forniva infatti la prova sperimentale dell'esistenza dei quarks; esisteva uno stato legato non di due particelle, ma di due quarks.

*È un enorme passo in avanti!*

Enorme; a SLAC ci erano arrivati anni prima perché hanno trovato ed hanno capito... Probabilmente anche a Roma i teorici avevano già capito un po' la teoria dei quark, però la prendevano sempre come un artificio matematico. Al CERN l'unica cosa di fisica moderna che è venuta fuori dagli ISR è stata l'aver visto i getti; negli urti venivano prodotti questi getti; era un altro modo del manifestarsi delle correlazioni fra le particelle. Molto probabilmente molti dei getti erano generati da decadimenti di quark  $b$ , ma non è chiaro chi avesse capito a fondo la cosa.

Quando si scoprì la  $J/\Psi$ , ai quark ci si è creduto immediatamente tutti!

Allora io — perché questa è l'ultima cosa che ho fatto io veramente — detti una sterzata violenta al gruppo ed all'esperimento. Mi sono detto: "Oh! Ora ho veramente capito per cosa sto facendo questo apparato! L'apparato era quello giusto, ma per fare cosa? Era quasi un ritorno alle mie origini: dei fotoni urtano un piccolo bersaglio — come ai tempi in cui studiavamo il  $\pi^0$  o l' $\eta$  — e producono una coppia di  $D$ , ad esempio un  $D^+$  ed un  $D^-$ , cioè particelle che contengono un quark *charm*. I  $D$  decadono ed uno può studiare tutte le particelle che emergono dai due decadimenti: ricostruire le masse invarianti ed andare a conoscere e misurare le caratteristiche delle particelle "charmate". Questo cambio di rotta fu concordemente accettato da tutto il gruppo. L'esperimento non era ancora costruito, ma avevamo l'idea, i conti, i disegni; ora si poteva costruirlo e farlo. Si tratta dell'esperimento FRAMM perché avremmo dovuto studiare la frammentazione degli adroni; il nome rimase ed era relativo a quell'orrore che avevamo pensato in nuce.

Dopo aver costruito l'esperimento ci capitò un colpo di fortuna vero e proprio. Andare a ricostruire i  $D^+$  ed i  $D^-$  andava bene, ma poi che ci si fa? La cosa bella

è che questi  $D$ , contenendo quarks *charm*, non si raccordano bene con la materia ordinaria, hanno una vita media lunga, tipicamente  $10^{-13}$  secondi; ad alte energie camminano anche un centimetro, prima di decadere. Allora pensammo... pensammo a lungo su come si potessero studiare le caratteristiche di queste particelle. Ci venne in mente che si poteva sfruttare proprio il  $\tau \approx 10^{-13}$  secondi e questo centimetro che fanno prima di decadere, approfittando proprio del “boost” di Lorentz. Si andò a prendere dei rivelatori mai usati in fisica delle particelle, ma usati in fisica nucleare; erano dei contatorini di silicio in cui c'è uno straterellino di silicio, 300 micron e, di qua e di là, ci si mette un metallo facendolo diventare un condensatore a facce piane e parallele. Uno applica una differenza di potenziale e può “raccattare” le cariche prodotte all'interno del silicio dal passaggio di particelle. Se passa una sola particella, uno ha un certo segnale; se ne passano due contemporaneamente avrà un segnale doppio, e così via. Si aveva quindi modo di contare il numero di particelle che attraversavano contemporaneamente un rivelatore. Noi mettemmo quaranta di questi rivelatori in fila; questi rivelatori non esistevano prima, li abbiamo inventati noi.

*Ma qual'era l'idea di fondo?*

Mettiamo che arrivi il fotone; il fotone non ionizza, quindi cammina e passa, a meno che — caso rarissimo — interagisca e generi una coppia di  $D$ . Questi ionizzano e sono quindi segnalati, come due particelle, nell'attraversare un rivelatore. Poi, dopo un certo percorso, i  $D$  decadono generando altre particelle che, anch'esse vengono segnalate dal rivelatore, con un aumento della molteplicità da un certo punto in poi. Dal percorso dei  $D$  prima di decadere è stato possibile misurare la loro vita media; la loro ma anche quella di altre particelle “*charmate*”.

Questi bersagli di silicio erano veramente molto primitivi, ma efficacissimi! Molto carini! Questa idea fu veramente un successo! Successivamente questi rivelatori furono ulteriormente perfezionati, per esempio: disegnandoci sopra tanti piccoli elettrodi separati, realizzati mediante fotoincisione. Cambiando completamente l'elettronica, usandola in maniera completamente diversa, avevamo realizzato un bellissimo rivelatore per la fisica delle particelle. Uno dei ragazzi brillanti del nostro gruppo, Aldo Menzione — che tra l'altro è mio cugino ed anche mio cognato — venne una mattina e disse: “Guarda cosa ho fatto!”; con una particolare disposizione degli elettrodi sul silicio, aveva realizzato un oggetto capace di misurare la posizione di attraversamento della particella con una precisione dell'ordine di 100 micron.

*Quali sono state le conseguenze di ciò?*

Un cambiamento radicale nella fisica, di tutta la fisica delle particelle, di tutta! Questi “rivelatori al silicio” possono essere posti tutt'intorno alla zona di interazione dei fasci di macchine quali LEP al CERN, il TEVATRON a Fermilab o BaBar a SLAC, realizzando sistemi che permettono di vedere le tracce delle particelle subito dopo l'interazione, riuscendo quindi ad individuare anche i decadimenti di particelle instabili. Fummo noi che pubblicammo un articolo nel quale si proponevano tali “rivelatori di vertice” per collisionatori  $e^+e^-$  o  $pp$ .

Il gruppo nel frattempo si era diviso in due perché eravamo diventati veramente troppi. Una metà era rimasta con me, senza dissapori, in piena letizia. Essendo troppi, l'esperimento non reggeva più e non riusciva a soddisfare le ambizioni di tutti; c'erano altri pascoli liberi, molto belli, molto interessanti, con una comunità tutta diversa: Fermilab. Bellettini si precipitò a Fermilab con alcuni dei miei migliori collaboratori: Luciano Ristori, Salvatore Amendolia, Aldo Menzione e altri ancora. Si sono messi a lavorare con Giorgio; siamo rimasti proprio amicissimi, davvero! È questa l'impronta tipica della fisica pisana. Io, Guido Tonelli, Marcello Giorgi ed altri, in parallelo con le attività di Giorgio a Fermilab, progettammo un esperimento per LEP facendo anche abbondante uso di questi rivelatori al silicio.

*Io direi che ci fermiamo qui, anche perché lei ha parlato tantissimo, è stato bravissimo. Riprenderemo domani.*

Tanto non ho finito, non ho finito!

*Ieri ci eravamo fermati all'inizio degli anni '80. Ho chiesto a Bellettini, e la risposta è stata interessante: "Per quale motivo non vi sentivate attirati da ADONE, considerando anche il fatto che lui era a Frascati negli anni dell'avvio della macchina". La sua risposta è stata che la vostra linea culturale era un pochino diversa e che, d'altra parte, intorno ad ADONE c'era un notevole affollamento. Voi avevate già una forte identità come gruppo, vi sareste trovati un po' troppo compressi. Lei è d'accordo con ciò?*

Ci va aggiunto un pochino di perplessità sull'efficienza di funzionamento dei Laboratori di Frascati. Noi ci avevamo lavorato molto bene quando erano sotto il tallone di Salvini; veramente un laboratorio internazionale molto attraente. Benché ADONE — giudicato a posteriori — fosse la macchina più interessante in assoluto, nel laboratorio c'erano gli scioperi, i blocchi, etc. Fu molto penoso! Noi avevamo avuto la visione dell'efficienza del CERN e Frascati non era a quel livello proprio perché attraversava un periodo molto difficile.

*Quello era un momento di grande confusione.*

Appunto, erano gli anni dal '68 al '70; l'idea di ritornare a Frascati ci attirava poco.

*A partire dall'82 lei divenne anche Direttore del Dipartimento di Fisica.*

Quel periodo per me diventò massacrante perché nel '77 avevo vinto la cattedra di professore a Trieste. Avevo casa e famiglia a Pisa; inoltre la costruzione di FRAMM, che andava avanti a Pisa, era un grossissimo sforzo. Simultaneamente avevo la cattedra a Trieste, quindi dovevo essere lì almeno tre giorni alla settimana. A Ginevra avevo l'esperimento da difendere giorno dopo giorno o quasi; la gente bisogna che si faccia vedere, si guadagni lo spazio in sala e così via... Quindi, ogni settimana, facevo le tre città, viaggiando di notte in treno perché gli aerei a quel tempo non esistevano come mezzo di trasporto. Inoltre dal '76 al '79 sono stato anche Presidente della *Commissione Scientifica Nazionale 1* dell'INFN; è il primo lavoro "dirigenziale" che mi sia capitato di fare, perché, da quel periodo in poi, c'è stata una valanga di quel genere di incarichi.

Ho dimenticato di dire una cosa importante. Quando abbiamo fatto l'esperimento a DESY, utilizzavamo un fascio di fotoni che, a valle del nostro, veniva utilizzato anche da un altro esperimento; quello con cui Samuel Ting iniziò la sua carriera. Fu un bellissimo esperimento ed essendo noi i "controllori" del fascio che poi arrivava a lui, avemmo dei rapporti con Ting. Fu la nascita di una amicizia deliziosa — all'epoca Ting non aveva ancora scoperto la  $J/\Psi$  e non aveva ancora preso il premio Nobel — e fu il mio primo rapporto solido con una persona "outstanding".

Dopo di che partì FRAMM, con quegli scossoni che aveva subito il programma scientifico — dallo studio della frammentazione di  $p, \pi, K$  ad un programma di misura della vita media delle particelle "charmate" sfruttando i rivelatori al silicio. FRAMM andò avanti e non fu un esperimento facile; gli eventi erano pochi, ma siamo riusciti a misurare molte vite medie. Dopo tre anni passati come professore a Trieste, venni richiamato a Pisa e dopo altri tre anni fui nominato Direttore del Dipartimento. Questo ebbe un interesse notevole perché fui il primo direttore di dipartimento; si dovette inventare e se riuscì fu merito un po' mio. In un ambiente così grande come era ormai quello di Pisa, con la fisica dello stato solido, la fisica atomica, la fisica delle particelle — non la fisica nucleare sperimentale, perché quella Pisa non l'ha mai avuta — far nascere un dipartimento non era banale; c'erano sospetti terribili tra i vari gruppi; ci si chiedeva se fare un solo dipartimento o farne due o tre. Io mi proposi come direttore di dipartimento con la politica di farne uno solo. Lo sviluppo successivo mi ha dato ragione e ci siamo riusciti, ma non fu facile! In questo periodo cominciarono ad arrivare tutta una serie di "distrazioni", tante distrazioni, sempre più distrazioni! C'era da insegnare, c'era l'esperimento da costruire e mettere in sala; poi nell'80 FRAMM partì e fece le misure essenzialmente tra l'80 e l'85. Ero anche stato nominato membro del comitato scientifico della Spagna, altra distrazione! FRAMM richiedeva tutta la nostra attenzione perché purtroppo quell'esperimento era tutto fatto a mano, in maniera autarchica; tutti i rivelatori si erano disegnati e fabbricati noi in laboratorio. Era stato l'unico modo di realizzare un esperimento grosso come FRAMM, con quel famoso miliardo che ci avevano alla fine dato. L'unica possibilità era farsi i rivelatori, senza ordinarli fuori; fatti tutti da noi, con le nostre mani, in officina.

*Alla vecchia maniera...*

Proprio così ed è stato l'ultimo esperimento che ho fatto in questo modo. FRAMM stava partendo e si era tutti galvanizzati cercando di vedere se funzionava, se si capiva qualcosa e così via. Io ero nella mia stanza al CERN e ad un certo punto suona il telefono; rispondo, mentre facevo altre cose, e una voce che non conoscevo mi dice: "Io sono Jack Steinberger, sto pensando di mettere su una qualche collaborazione per presentare un progetto al futuro acceleratore che il CERN vuole realizzare e che si chiama LEP. Ho già contattato un gruppo francese, uno tedesco, uno americano — lui veniva dagli Stati Uniti, perché da piccolo era dovuto scappare dalla Germania a causa delle leggi razziali — vorrei avere un gruppo italiano. Ho parlato in giro e tutti mi hanno detto che il vostro è il migliore gruppo che l'Italia abbia al CERN; sareste interessati?". La gioia che mi dette questa telefonata! è rimasta unica! Vera-

mente ce l'eravamo guadagnata proprio con il lavoro sul campo; e ci dava un futuro. Noi si era entrati nella fisica moderna grazie al cambiamento di rotta di FRAMM verso lo studio delle particelle “*charmate*” delle quali stavamo ancora misurando le caratteristiche, come si era fatto all'inizio con il  $\pi^0$ , l' $\eta$  e così via! Erano misure da fare ma non l'“ignoto”, la fisica nuova. Invece andare a fare l'esperimento al LEP — certamente il migliore, perché, fatto da Steinberger, non poteva che essere il migliore! — era andare a studiare veramente ben più in là che con ADONE, ah, ah, ah!

*Certo! Diventava cosa del tutto diversa.*

Ed essere richiesti da un personaggio come Jack — che poi prese il premio Nobel — ed entrare così davvero in una fisica, dove ti poni le domande e hai poi le risposte fondamentali, mi ha fatto toccare il cielo con un dito!

*Superando quella insoddisfazione che, nonostante il buon lavoro, in fondo provavate.*

Certo! Qui si poteva fare veramente la grande fisica. E cominciammo a pensare all'esperimento, perché andava progettato da zero; non si sapeva come farlo, si è vagolato, si è discusso e ci siamo divertiti moltissimo. Facevamo una cosa infinitamente grande, complicata, che avrebbe richiesto un sacco di soldi, tanto lavoro, tanto tempo; affascinante era l'andare a fare finalmente la fisica vera!

Questo creò un post-FRAMM; FRAMM andava avanti facendo varie misure molto divertenti ma, come sempre quando si ha un esperimento in sala, devi già pensare al futuro; oramai i progetti prendono anni. Fu molto facile riunire una collaborazione italiana, non solo un grosso gruppo di pisani già agguerriti — una quarantina di persone a quel punto; diventò una vera collaborazione e naturalmente le fila le tenevo io. Ci volle del tempo. Si era nell' '82 e l'esperimento andò in sala e partì nel '90. Si comincia a parlare di un decennio per costruirlo e di un decennio per utilizzare l'esperimento. Quelli moderni, sono così! Uno nel frattempo cresce e passano gli anni! Mi divertii anche perché il CERN mi chiese di fare il Presidente del Comitato dell'acceleratore SPS. Si trattava di approvare, o non approvare, gli esperimenti proposti e questo mi ha impegnato per cinque anni; fu un lavoro interessante in cui bisognava studiare in dettaglio tutti gli esperimenti proposti dagli altri; se ne approvano alcuni e se ne rifiutano altri. Ero stato anche nominato nella commissione scientifica di DESY ad Amburgo e quindi, anche lì, viaggietti su e giù; in quel periodo ho frullato moltissimo. Facevo ancora turni e lavoravo regolarmente su FRAMM; anzi, questo ho continuato a farlo con molta intensità. Dopo di che sono entrato anche a far parte della “*Scientific Policy Committee*” del CERN, di cui sono stato membro a lungo. Sono il più longevo membro del comitato; ci sono stato quindici anni per vari motivi, con diversi “cappelli”; nessun altro ha avuto questa fortuna. Era molto interessante, si discuteva tutta la fisica mondiale e si cercava di capire cosa fare al CERN.

*Un vero e proprio osservatorio.*

Eh sì. Poi sono stato membro delle “*Scientific Policy Committees*” di SLAC e di Fermilab; ho avuto a che fare con quasi tutti i laboratori, come membro di comitati, non direttamente. Ritorniamo a LEP. L’Italia assunse la responsabilità di fare le camere esterne per misurare i  $\mu$ ; erano grandissime, molti metri quadri di tubi di Iarocci — rivelatori molto economici e semplici, che noi abbiamo proposto e realizzato in maniera un pochino diversa dal solito; le camere si infilavano nel ferro e misuravano, con precisione modesta, dell’ordine del centimetro, dove passasse una particella. C’erano però 23 strati, quindi si vedevano 23 puntolini e le tracce dei  $\mu$  si ricostruivano benissimo; solo dei  $\mu$  perché le altre particelle sciamano e si fermano subito. Proponemmo anche di fare un rivelatore di vertice per questo esperimento ormai chiamato ALEPH. Si trattava di qualcosa di simile al nostro famoso “gadget al silicio”, il nostro bell’oggettino. Venne proposto dall’Italia; poi ci siamo messi d’accordo anche con i tedeschi perché, altrimenti, non ci si arrivava finanziariamente. Anche i tedeschi avevano nel frattempo studiato questi rivelatori ed erano diventati bravi; quindi in due nazioni, Italia e Germania, riuscimmo a convincere ALEPH a dotarsi di questo strumento. Il rivelatore di vertice era capace di misurare, con risoluzioni di 10 micron, la traiettoria delle particelle in vicinanza del punto d’interazione. Questo permetteva di rivelare eventuali decadimenti di particelle e di vedere in dettaglio cosa succedesse nel cuore dell’interazione.

All’inizio l’ostilità fu grande perché era un rivelatore nuovo e costoso. Mi ricordo che Jack Steinberger diceva: “Ma perché devo mettere del materiale inutile all’inizio del percorso delle mie particelle? Io le voglio studiare bene dopo!”. C’era il timore che interferisse e magari, non funzionando, restasse lì come una sedia morta visto che, una volta messo dentro, non si poteva facilmente levarlo. Dovemmo fare parecchie riunioni, parecchie presentazioni, seminari e così via. Alla fine fu accettato, non nel primissimo anno di operazione di ALEPH, ma nel successivo. Funzionò benissimo. Anche Giorgio Bellettini ottenne lo stesso risultato a Fermilab; il suo rivelatore di vertice era quasi uguale al nostro ed era nato dallo stesso uovo. Quindi riuscimmo a contribuire con i  $\mu$ , che davano la visione globale dell’evento da lontano, e nel cuore dell’esperimento con il rivelatore di vertice. Demmo quindi un contributo sostanziale ad ALEPH ed i nostri rapporti con la collaborazione divennero eccellenti; per noi fu il salto nel mondo importante, nel mondo che faceva la fisica di frontiera. Dal punto di vista del funzionamento, ALEPH è stato un successo strepitoso; era ed è rimasto il migliore dei quattro esperimenti di LEP come precisione dei risultati. È anche l’unico che aspetta di sapere se quello che avevamo visto era l’“*Higgs*” oppure no. Noi pubblicammo un articolo dicendo: “Evidence for the *Higgs*” o qualcosa del genere; trovammo tre eventi, così ben ricostruiti che tornava proprio tutto, come se fossero degli *Higgs*.

*Quando pubblicaste questo studio?*

Sarà stato il ’93. Però non si raggiunse la soglia delle  $5\sigma$  necessarie per poter affermare di aver scoperto l’*Higgs*. LEP all’inizio aveva lavorato alla  $Z^0$ ; è rimasto a 91 GeV per cinque anni. Poi è nato il progetto LEP2 che ha aumentato gradualmente l’energia, praticamente raddoppiandola e portandola a 200 GeV. Lo scopo di questo era

di cercare l'*Higgs* perché tutto il resto si era capito molto bene. Noi avevamo fornito la prova sperimentale del trionfo del Modello Standard. La prima pubblicazione di ALEPH fu bellissima e venne fuori 15 giorni dopo l'inizio del funzionamento della macchina; conteneva l'informazione più interessante che LEP abbia fornito, cioè che le famiglie di neutrini sono tre. Quella rimane la maggiore scoperta di LEP e venne fuori immediatamente! Quindi l'aumento di energia di LEP era per cercare l'*Higgs*. Luciano Maiani era all'epoca il Direttore del CERN; gli scrivemmo lettere che imploravano di continuare a far funzionare LEP per un altro anno; in un anno avremmo potuto convalidare il risultato e fare la grande scoperta oppure liberarci da un incubo: avevamo trovato l'*Higgs* oppure no? Lì per lì Maiani mi rispose per telefono dicendo di sì, che andava bene ed era un mercoledì. La domenica suona il telefono; era Maiani che diceva: "Ho cambiato idea; non si può, non ce lo possiamo permettere, dobbiamo spengere LEP perché altrimenti LHC non comincia nemmeno a essere preso sul serio, quindi io devo chiudere!".

*Lui si sentiva addosso questa responsabilità!*

Lui ha sentito moltissimo questa responsabilità di LHC. Nonostante tutte le nostre imprecazioni, strepiti e così via, tenne duro e chiuse LEP. Quindi noi non lo sappiamo ancora, se abbiamo visto l'*Higgs* oppure no!

*Per voi è stato un momento un po' traumatico; vi hanno spento la macchina durante l'esperimento!*

Però ce l'hanno spenta! Quindi ALEPH è terminato, dopo aver fatto tantissima bella fisica, tutta in accordo con il Modello Standard; nessuna sorpresa, nessuna novità imprevista. Pazienza!

Nel frattempo tutto il mondo aspettava che il progetto SSC in America andasse avanti; in Europa c'era un progetto post-LEP — LHC —, ma era più piccolo di SSC e quindi, se andava avanti SSC, LHC sarebbe rimasto nel cassetto! Infatti c'è rimasto per qualche anno. Tuttavia in America le cose non andavano bene e ad un certo punto, da un giorno all'altro, venne la notizia assolutamente sorprendente che SSC veniva cancellato! Questo ebbe un impatto terribile su tutti i gruppi di Fermilab perché lavoravano con la speranza di lavorare poi all'SSC.

*Non ricordo quale sede dovesse avere l'SSC.*

In Texas, in un posto completamente desertico, ex novo; non c'era un laboratorio non c'era proprio niente.

*Intorno a SSC si era creata una grande aspettativa.*

Enorme! Non solo una aspettativa. Un sacco di ragazzi italiani avevano preso il posto di ruolo là per partecipare, per 20-30 anni, a questo laboratorio; anche miei ex-ragazzi che lavoravano con Bellettini si erano stabiliti là. Il progetto era molto avanzato; stavano già scavando il tunnel, l'avevano scavato per 10 km. La cancellazione di SSC fu una decisione assolutamente straordinaria! Appena cancellato SSC riprese enormemente vigore l'ipotesi dell'LHC perché era rimasto l'unico progetto plausibile. Ma LHC non

era ancora stato approvato in Europa, non era assolutamente approvato! La situazione era molto tesa nel mondo e gli americani erano frustratissimi. Ci si pose il problema se gli americani sarebbero venuti a lavorare con noi ad LHC oppure no. L'Europa ci aveva detto: "Sì, benissimo, questo è un possibile progetto, interessante, lo discuteremo, ma dovete portare un contributo sostanziale da parte dell'America e del Giappone perché queste macchine hanno bisogno di collaborazioni internazionali".

*In che anno si dibatteva questa questione?*

Non ricordo. Mi sono dimenticato un pezzo della mia carriera, del mio lavoro! Questo non me l'aspettavo proprio! Non l'ho messo nel curriculum; beh, lo racconto a lei perché è una delle cose più interessanti che abbia fatto. A questo punto la mia vita si era riempita di attività collaterali: comitato qua, comitato là... Contemporaneamente in America erano tutti furibondi e cominciarono a discutere su cosa fare riguardo ad LHC: "Ci si partecipa anche noi, oppure no?". L'atmosfera era pessima, pessima perché pensavano che andare a lavorare ad LHC sarebbe equivalso ad andare a lavorare per l'assassino! Ed è vero che l'Europa non si era mai impegnata ad aiutare SSC, proprio per niente. Decisero di metter su un comitato di ragazzi abbastanza giovani a quell'epoca lì, che aveva per "Chairman" un "mammasantissima"... il professor Sidney Drell, personaggio delizioso, però un uomo veramente all'antica, tosto! Questo comitato doveva decidere lo schema di una possibile collaborazione con il CERN per fare LHC e gli esperimenti ad LHC. Erano una ventina di fisici giovani e brillanti; dall'Europa ci mandarono una persona, una sola: il sottoscritto! Io, che quindi dovevo cercare di fare l'ambasciatore di LHC senza irritarli, e possibilmente cortocircuitando le loro ire represses!

*Nella fossa dei leoni!*

Sì, proprio! Veramente la fossa dei leoni; tutto molto difficile, sì! Questo andò avanti per più di un anno, con riunioni frequenti; quindi: su e giù, giù e su, nella neve pazzesca a Newark. Piano piano arrivammo a capirci meglio! Io dovetti insegnargli che dovevano smettere di inserire in ogni frase la parola "leadership", ma imparare a dire "partnership"! Ah, ah, ah!

*Una piccola differenza...*

D'altra parte non era più una leadership ma era una partnership e ringrazino Dio che li si chiamava "partners"! Ah, ah, ah! Alla fine arrivammo a scrivere un documento ben fatto, che riassumeva: un assenso a partecipare ad LHC, a costruire pezzi della macchina ed a partecipare liberamente agli esperimenti. Questo fu un buon successo per il CERN; toccò prepararlo a me perché c'ero andato da solo!

*In quel momento si è trovato a rivestire una grossa responsabilità.*

Finito questo documento e rientrato a casa, successe una cosa quasi inevitabile. Mi vidi nominare Direttore di Ricerca al CERN perché ormai avevano capito che me la cavavo anche in situazioni non banali. L'ho fatto dal '94 al '98. La grossa responsabilità è stata lo studiare, discutere, ridurre i progetti CMS e ATLAS che nel frattempo si

erano formati come pezzi di carta. Dovevamo scegliere le due migliori fra le quattro proposte inviate da quattro grosse collaborazioni mondiali. Naturalmente questo lo fanno i comitati, le strutture preposte, ma il Direttore di Ricerca è il “Chairman” di tutte queste riunioni e deve giostrarsela. Quindi molto molto interessante fare il Direttore di Ricerca al CERN, non c’è dubbio e alla fine sono ben felice di averlo fatto. Sono ben felice dei risultati ottenuti, del fatto cioè che l’esperimento che mi piaceva di più — CMS — sia stato approvato; si è fabbricato e sta per entrare in funzione. È stato un bel periodo! L’ho vissuto tutto a Ginevra; avevo un posto con uno stipendio da sogno, però solo per quattro anni e mezzo! Ah, ah, ah! Avevo costruito delle eccellenti relazioni con tutti questi giovani americani del comitato; alcuni di questi sono ora qui che lavorano a mettere in funzione LHC e gli esperimenti. Siamo finalmente nella posizione migliore possibile per vedere qualcosa, se c’è da vedere... Speriamo ci sia! Non lo sappiamo. Beh, ormai sono alla fine della mia storiella!

*Ritorniamo al momento in cui si è spento LEP.*

Eh già! È cessata la produzione di fisica, l’Europa non ha più potuto fare fisica.

*Anche per un periodo lungo!*

È stato difficile tenere insieme il gruppo.

*È stato un problema soprattutto per i giovani, che sono entrati in una collaborazione che non produceva fisica.*

Però Bellettini e compagni negli ultimi 10 anni hanno prodotto un mare di giovani perché il loro esperimento CDF era andato avanti. A parte LEP, ormai chiuso, c’era l’SPS; l’unico che ha saputo approfittarne bene è stato Italo Mannelli. Noi non avevamo nulla in mano; ALEPH era finito con LEP e FRAMM era finito anche prima; non avevamo nulla in sala per vedere le particelle e tirare su ragazzini. Io facevo il direttore a Ginevra, cosa che mi ha estraniato molto dal mondo pisano; non avevo fiato nemmeno per andare il fine settimana a Pisa. Ho portato per un po’ la famiglia a Ginevra, ma poi mia moglie si è accorta che stava perdendo la sua carriera a scuola; quindi è dovuta tornare giù; c’è stata un anno e mezzo su cinque. Io mi sono trovato a gestire una casa grande e bellissima, che avevo preso quando ero direttore ed avevo lo stipendio buono; avevo preso una bella casa anche per ragioni di rappresentanza. Poi mi ci sono trovato solo! Troppo grande, con un grandissimo giardino, ma io non potevo occuparmene; fu una tragedia! Sono stato Direttore di Ricerca con Chris Llewellyn Smith come Direttore Generale; quando lui ha finito ho finito anche io. Divenne Direttore Generale Luciano Maiani ed io, a quel punto, sono rientrato nel mondo degli esperimenti. Però ho avuto una coda interessantissima di “attività politica di alto livello” perché, finito il direttorato, mi hanno nominato “Chairman” di ECFA — “European Committee for Future Accelerators”. ECFA aveva ormai superato lo stadio LHC perché LHC era stato, almeno parzialmente, approvato. Io infatti, come membro del Direttorato, doveti rivendere ad un CERN molto recalcitrante una approvazione parziale; fu approvato un disegno in cui mancava un magnete ogni tre, quindi la macchina accelerava ad una energia più bassa ed avrebbe

potuto funzionare male. Comunque fu tutto quello che riuscimmo a farci approvare, ma quasi tutti gli acceleratori grossi sono stati approvati in due fasi, con qualche magnete mancante e quindi meno costo; poi ci si mette il pezzo in più... Io fui favorevole a questa approvazione parziale ed il progetto passò con la riluttanza di tutti; però, subito dopo, partimmo a fare una campagna di reclutamento di forze e di fondi in America ed in Giappone, una parte di quella attività che ho ricordato all'inizio.

Dovevo convincere gli americani che era bello venire a lavorare ad LHC, che c'era la volontà di essere ospitali, che c'erano le "facilities", che c'era la possibilità di lavorare tutti insieme, e così via! La decisione sul modo di partecipare dell'America la prendevano, ad un livello superiore al mio, il Direttore Generale del CERN, il Direttore di SLAC, il Direttore del DOE — Department of Energy — e parte del governo americano.

*Una politica più generale quindi.*

Sì sì, certo. Mentre ero "Chairman" di ECFA, ECFA non si doveva più occupare di LHC; si cercava di tenersi informati e si cominciava a domandarsi cosa il mondo potesse volere fare dopo. C'erano tre comitati indipendenti; uno in America — EPAP —, uno in Giappone — ACFA — ed uno al CERN — ECFA. Quest'ultima era una struttura antica nata insieme al CERN ed era il suo organo interno per studiare gli sviluppi futuri. Immaginare qualcosa dopo LHC era cosa difficilissima perché LHC può dare una svolta a tutto quello che si fa e questo è un problema. In ECFA era molto in auge l'ipotesi di tornare alla fisica  $e^+e^-$ ; questa non si poteva più fare con anelli di accumulazione, ma bisognava andare sul lineare, su un acceleratore lineare. C'era un progetto di DESY per una macchina da 400-500 GeV. I tre comitati lavorarono ciascuno per conto proprio, tranquilli... Poi tirarono fuori le conclusioni. Io andai a presentare le nostre alla "European Conference" di Budapest. Il nostro comitato era unanime nel dire che per il dopo LHC fosse opportuno pensare ad una macchina che riuscisse a coprire più o meno lo stesso intervallo di energie di LHC, quindi: circa 1 TeV contro 1 TeV, piuttosto che 500+500 GeV. L'opportunità di andare a studiare meglio le cose che eventualmente LHC facesse baluginare con risoluzione cattiva — i protoni sono degli orribili proiettili! — era molto sentita e tutta la comunità, che nel frattempo aveva lavorato a DESY o SLAC con macchine  $e^+e^-$ , voleva anch'essa il suo futuro, visto in questo "linear collider". Bellissimo oggetto, caro "assaettato"! Il giorno dopo la mia presentazione a Budapest, andai in America, in quel posto dove si scia: ad Aspen in Colorado. Andai a raccontare le nostre conclusioni agli americani, i quali, a loro volta, ci raccontarono le loro, che sembravano una fotocopia delle nostre. Eravamo proprio d'accordo; il giorno dopo arrivò la decisione dei giapponesi, anch'essa coincidente. Quindi, per la prima volta io credo — c'è il rischio che sia anche l'ultima — tutto il mondo della fisica delle particelle aveva dichiarato concordemente che il prossimo acceleratore doveva essere un acceleratore lineare.

Poi sono successe tante cose: LHC è andato molto più piano di quello che doveva; nel frattempo l'acceleratore lineare è diventato sempre più complicato, sempre più caro ed è ancora lì come progetto, ma sta talmente invecchiando, con gli anni che scorrono, che non sono sicuro che sarà quella la macchina che si costruirà. Può darsi che se ne

faccia un'altra, può darsi che si cambi il disegno, può darsi che cambi la tecnologia; non lo so! Può darsi che la fisica delle particelle chiuda perché l'LHC non ha trovato niente!

*Quando l'LHC andrà in funzione produrrà dei risultati che, a loro volta, condizioneranno tutto.*

Condizioneranno il nuovo acceleratore, certo! C'era molta diffidenza da parte dei nostri sommi dirigenti nazionali ed infatti il progetto dell'acceleratore lineare non è partito. I gruppi di studio continuano a fare elucubrazioni, ma allora fummo costretti a dire cosa si sarebbe potuto e voluto fare. Non è diventato reale e, secondo me, non diventerà reale. Vedremo se LHC ci darà delle informazioni per cui valga la pena di fare qualcosa e vedremo che cosa. Io penso che, in questo, i politici stiano facendo molto bene a far funzionare i gruppi di studio, che costano solo carta e non spendono soldi per costruire qualcosa.

Con questa fase io avevo finito di fare il direttore, però solo per due anni; avevo finito tutte le partecipazioni nei vari comitati di tutti i laboratori nel mondo, avevo finito di preparare il futuro del CERN con ECFA e non ho più avuto cariche riguardanti la politica scientifica. Sono rientrato nell'esperimento CMS per LHC, che mi ero approvato come direttore, ah, ah, ah! CMS è uno splendido esperimento! Quindi, una prospettiva per il futuro me l'ero costruita; tutta la mia vita l'avevo spesa a tirare su ragazzi, laurearli, perfezionarli, immetterli nel mestiere e farli diventare fisici professionisti; ciò mi era piaciuto molto, però li avevo tutti persi quando sono stato coinvolto nella direzione del CERN. Ho perso tutti i contatti, però avevo consigliato caldamente i miei più stretti collaboratori in FRAMM ed ALEPH, i quali ora si apprestavano a fare LHC, di guardarsi bene dal disperdere il gruppo, cercando di fare in modo che si ritrovassero tutti nelle collaborazioni a LHC. Insomma: mi sono fabbricato una nuova situazione ad immagine e somiglianza della precedente. CMS-Italia era composto da gran parte di quelli con cui si era lavorato prima, dei miei studenti. Finito di fare il direttore, il giorno dopo sono diventato membro di CMS ed immediatamente capo della componente italiana; però solo per un anno o due, poi ho passato il testimone ad altri.

Ci siamo messi a disegnare e costruire l'esperimento per LHC. È stato molto divertente e vorrei farle capire come avessi le idee chiare e con che pervicacia io volessi fare un salto tecnologico, come si era fatto per FRAMM. Nel documento originario, scritto a mano, per FRAMM, c'era scritto: "If conventional detectors are used, all electronics equipments, chambers and counters and the associated electronics can be built by our group; however it is in our interest to make a real effort in studying the performances of high resolution detectors of a new type"; e si fece!

*Che documento era esattamente?*

Era la mia presentazione del progetto FRAMM al CERN. L'ho letta per evidenziare come avessimo proprio le idee chiare. Bisognava fare quel salto tecnologico che, una volta realizzato, ci ha permesso di guadagnare i galloncini in FRAMM, tenere abbastanza i galloncini per poter entrare in ALEPH e quindi, in quell'esperimento, raggiungere il top della tecnologia. Entrato in CMS ho partecipato con molto piacere al disegno e

alla costruzione dell'apparato. Due cose mi sono dimenticato di dire. ALEPH era stato un grande successo ed il suo grande capo era Jack Steinberger che lo aveva inventato. Jack Steinberger lasciò la "leadership" nel '90 quando si portò in sala l'esperimento; succede quasi sempre. C'è un guru che tiene insieme la collaborazione durante la costruzione; una volta costruito, lui si dimette e viene sostituito da qualcuno più orientato alla fisica, più moderno. Venne nominato "Spokesman" Jacques Lefrançois e quando finì il suo mandato io divenni "Spokesman" di ALEPH. Racconto questo perché, fra tutti i periodi in cui ho fatto fisica, forse è stato quello più bello! È durato tre anni, durante la maturità dell'esperimento; producevamo dei dati splendidi e tanta fisica.

*Quali sono state le cose fondamentali che sono venute fuori dal vostro esperimento?*

Niente di rivoluzionario perché tutte le misure tornano con quanto previsto dal Modello Standard. Una misura splendida, che abbiamo fatto per primi e meglio degli altri, è stato lo studio delle oscillazioni  $B\bar{B}$ , un fenomeno quantistico molto interessante; ci doveva essere e lo abbiamo trovato. Abbiamo misurato meravigliosamente le vite medie di tutte le particelle con "charm" o "beauty". ALEPH non ha fatto scoperte realmente nuove; a parte quella dell'*Higgs*, ma non ce l'hanno convalidata!

*Eh sì; rimane lì però! Ah, ah, ah!*

Vorrei darle un'idea di cosa si è costruito per CMS. Già conosce il nostro grande amore per i rivelatori di vertice a lastre di silicio. Erano piccoli piccoli, stavano intorno al tubo a vuoto, due o tre strati al massimo. Hanno fatto il successo di ALEPH al CERN e di CDF in America. Si trattava di fare il nuovo disegno per CMS e glielo mostro in questa figura. Sono cerchi e cerchi concentrici di rivelatori fatti a Pisa o in Italia sotto il controllo di Pisa. Abbiamo costruito 200 metri quadri di rivelatori al silicio, piastrine con elettrodi a striscine di 100 micron in rame od oro. Funziona benissimo. Ci permetterà di ricostruire con incredibile dettaglio tutti gli eventi che ci interessano. Questa è stata un'impresa colossale; abbiamo dovuto attrezzare delle camere pulite, di quelle con al massimo dieci pallini di sporco per  $\text{cm}^3$ , vicino al vuoto interstellare.

*Una buona parte del tempo è stata utilizzata per costruire tutto ciò.*

Si sono impiegati gli ultimi dieci anni! Prima per tracciare le particelle si usavano le camere a bolle, che venivano fotografate; ora ci sono questi oggetti elettronici che danno una risposta, selezionando l'evento che vuoi e buttando via tutti gli altri; ti permettono di ricostruire le traiettorie con precisione migliore di quella della camera a bolle e puoi limitarti a raccogliere solo gli eventi che t'interessano. Questo qui è stato certamente lo sviluppo più colossale che un nuovo rivelatore abbia avuto nella storia della fisica; non c'era nel '70 e nel '95 era già un rivelatore di grandi dimensioni, almeno concettualmente; ora lo è in realtà!

Tirando le somme: sono diventato membro di CMS e mi sono divertito a partecipare alla costruzione di questo rivelatore; ho però dovuto fare per nove anni il "Chairman" del "Collaboration Board". La collaborazione è così grande — abbiamo 150 istituti da tutto il mondo — che deve essere guidata da un qualche comitato, oltre che dal "capo sommo",

che dura in carica solo due anni ed è tenuto sotto stretto controllo dal comitato formato dai capigruppo dei vari istituti. Io ho fatto per nove anni il “Chairman” del comitato — di fatto il numero due della collaborazione. Ora ho finito e sono quindi libero da cariche.

Gli ultimi 15 anni sono stati riempiti, in maniera molto caotica ed affascinante, da tutta questa politica scientifica; tocca farla per questioni di età, è inevitabile, non c'è versi... Ti arrivano impegni e responsabilità da tutte le parti. È giusto che uno si levi di torno e lasci lavorare i più giovani; ci si sta insieme, si discute e si dà un contributo, così come si può. Mi è piaciuto anche questo, mi sono molto divertito. Non ho più compiti nella collaborazione, ho finito; una o due persone portano avanti uno dei tanti lavori che facevo io. Ora c'è un pochino di rimpianto... ah, ah, ah! Ce l'ho, starò a vedere... Potrei anche contribuire discutendo, chiacchierando qua e là. Certo ho avuto una vita talmente piena, talmente ricca di compiti, di scadenze!

*Ad alta densità d'impegni.*

Densità terribile! Poi, in un battibaleno, è sparito tutto! È successo adesso, in queste ultime settimane. Devo ancora fare mente locale e vedere come riqualificarmi un pochino. Non mi metterò certamente a scrivere i programmi di analisi, in competizione con i ragazzini che sono bravissimi, sanno tantissime cose sul software che io non capisco proprio. Ho dato il mio contributo; certamente la parte migliore non è stata nessuna idea di fisica brillante e nemmeno una qualche decisione importante. Il contributo più vero, più fondamentale è quello relativo ai ragazzi che ho tirato su, sfruttando il fatto, che mi ha facilitato maledettamente, di essere professore alla Scuola Normale; assistente prima e poi professore.

*Questa esperienza alla Scuola Normale è iniziata praticamente con quella iniziativa di Radicati di Brozolo?*

Beh, poi mi hanno richiamato e sono ancora alla Scuola Normale; non sono ancora in pensione, ci vado il 30 ottobre 2010.

*È un ambiente molto particolare e stimolante.*

Molto particolare! Non le dico la mia sorpresa quando fui chiamato; la Scuola Normale è un ambiente molto paludato; apprezza moltissimo i grandi teorici che disseminano la loro saggezza... Un frenetico agitato come me, che andavo su e giù in viaggi “triangolari” Pisa, Trieste, Ginevra, che ci andava a fare? Non lo so! Dopo aver vinto la cattedra e mentre stavo facendo il Direttore al Dipartimento, mi telefonò Radicati di Brozolo e mi disse: “Lorenzo, tu non saresti interessato a venire a insegnare alla Scuola Normale?”. A me tutte le notizie importanti sono arrivate per telefono... Mi è arrivata per telefono questa, mi è arrivata per telefono quella di Jack Steinberger ed altro ancora. Io non lo so per quale ragione un personaggio così forbito, così elegante, così conscio del proprio valore, voleva avere a che fare con uno come me, che si arrabattava a fare funzionare gli esperimenti, cercava il modo per farli meglio, senza avere nessuna cultura profonda. Come le ho raccontato ho fatto una Università di qualità modesta; poi naturalmente si imparano tante cose... Radicati di Brozolo mi chiamò e io gli dissi

di sì, e come se gli dissi di sì! Questa per me è stata una grande ricchezza; ne avevo già avuto sentore come assistente e mi era facile “reclutare” ragazzini e tirarli su; quando sono tornato, l’ho fatto da professore ordinario ed era ancor più facile. Ne ho tirati su tanti; la metà dei ragazzi che fanno fisica delle particelle in quest’edificio sono venuti fuori dalla Normale e da me. Quindi: il mio vero contributo alla fisica delle particelle è stato: “I giovani fisici delle particelle”.

*Radicati di Brozolo è stato molto lungimirante!*

È un uomo intelligente e veramente gli sono molto grato perché mi ha dato una occasione unica! La Normale è un bel posto, ti lascia tutta la libertà che vuoi di fare ricerca e ti fornisce questi giovani che sono la fine del mondo, la fine del mondo!

*È stata una bella occasione!*

Per me e per Pisa lo è stata davvero! È stata una bellissima vita; meglio di così non me la sarei neppure potuta inventare! Ah, ah, ah!.