

STORIE DI UOMINI E QUARKS

La Fisica Sperimentale a Pisa e lo Sviluppo
della Sezione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
(1960-2010)

A cura di
Carlo Bemporad e Luisa Bonolis

STORIE DI UOMINI E QUARKS



Il proposito dietro questo "libro delle memorie" non è certamente quello celebrativo, ma piuttosto quello di cercare di capire, dai diretti testimoni, quali siano stati i punti di forza (ma anche le debolezze e gli insuccessi) del progetto pisano nella costruzione di una fisica sperimentale competitiva. Il modo di fare esperimenti, specie nella fisica delle alte energie, si è gradualmente evoluto negli ultimi anni nella direzione delle grandi collaborazioni internazionali. Crediamo tuttavia, che i ricordi e le esperienze di una scienziata e non, che di ventuno dei "padri", possono risultare ancora utili, specialmente alle nuove generazioni perché, nonostante il gigantismo dei nuovi esperimenti, crediamo che rimanga fondamentale il contributo dei singoli: con le loro lituzze, idee, volontà, successi e delusioni.

Vincenzo Cavasini, Angelo Scrimano

Il presente volume raccoglie delle interviste ad alcuni ricercatori del Dipartimento di Fisica della Scuola Normale Superiore e della sezione INFN di Pisa. Le interviste offrono una testimonianza diretta sulla fisica sperimentale pisana nel periodo grosso modo compreso fra il 1960 ed il 2000. Tali anni corrispondono ad una straordinaria fioritura delle ricerche in fisica fondamentale, largamente coincidente con il contemporaneo sviluppo dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN).

Se c'è un "segreto" alla base del notevole successo della fisica sperimentale pisana, questo è legato al notevole grado di coerenza con cui l'ambiente ha operato. A Pisa, ogni ricercatore ha potuto godere di una ragionevole libertà di proposta e di azione, prefabbricato, al contempo, di una critica competente e costruttiva.

Carlo Bemporad, Luisa Bonolis



Facciata dell'Istituto di Fisica, 1908

Dipinto del pittore F. Moretti

STORIE DI UOMINI E QUARKS

La Fisica Sperimentale a Pisa e lo sviluppo
della sezione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
(1960-2010)

Una serie di interviste condotte da Luisa Bonolis

A cura di
Carlo Bemporad e Luisa Bonolis



Società Italiana di Fisica
Bologna-Italia

Copyright © 2012, Società Italiana di Fisica

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta in qualsiasi forma (per fotocopia, microfilm o qualsiasi altro procedimento), o rielaborata con uso di sistemi elettronici senza autorizzazione scritta dell'editore.

In copertina: facciata dell'Istituto di Fisica da un disegno del pittore F. Masetti - 1908.
Elaborazione grafica di Simona Oleandri

Produzione a cura dello Staff editoriale della Società Italiana di Fisica

Publicato dalla Società Italiana di Fisica
Via Saragozza 12, 40123 Bologna, Italy – <http://www.sif.it>

Stampa a cura di Stylgrafica Cascinese, Via Etruria 1/a, Cascina (PI), Italy

ISBN 978-88-7438-071-8

Indice

Prefazione	v
Presentazione	vi
Giorgio Bellettini	1
Carlo Bemporad	47
Luciano Bertanza	84
Elio Fabri	96
Lorenzo Foà	142
Adalberto Giazotto	171
Italo Mannelli	187
Erseo Polacco	226

PREFAZIONE

Questo volume nasce per iniziativa di Carlo Bemporad che ha proposto, promosso e curato la raccolta delle testimonianze di alcuni fisici sperimentali che hanno svolto la loro attività di ricerca a Pisa (e quindi conosciuti nel mondo come “*pisani*”), a partire dagli anni '60, prevalentemente nel campo della fisica fondamentale in ambito INFN.

La nostra collaborazione con Carlo Bemporad è servita all'inizio per la definizione del progetto ed in particolare per la scelta delle persone da intervistare e, in seguito, per la revisione dei testi e la cura della stampa e dell'edizione. La scelta delle persone da presentare nel volume è stata condizionata da molti fattori, ma soprattutto dalla necessità di contenerne le dimensioni. Altri colleghi avevano pieno titolo a comparire in questa *prima* raccolta di interviste. Sì, *prima*, perché è nostro fermo proposito continuare in questo impegno e dare presto inizio ad una nuova campagna di interviste nell'intento di coprire con le testimonianze non solo tutta l'attività di ricerca in fisica, ma anche quella collegata di divulgazione e promozione.

Il proposito dietro questo “libro delle memorie” non è certamente quello celebrativo, ma piuttosto quello di cercare di capire dai diretti testimoni, quali siano stati i punti di forza (ma anche le debolezze e gli insuccessi) del progetto pisano nella costruzione di una fisica sperimentale competitiva. Il modo di fare esperimenti, specie nella fisica delle alte energie, si è grandemente evoluto negli ultimi anni nella direzione delle grandi collaborazioni internazionali. Crediamo tuttavia, che i ricordi e le esperienze di vita scientifica e non, che ci vengono dai “*padri*”, possano risultare ancora utili, specialmente alle nuove generazioni, perché, nonostante il gigantismo dei nuovi esperimenti, crediamo che rimanga fondamentale il contributo dei singoli: con le loro iniziative, idee, volontà, successi e delusioni.

Un grazie va alla Luisa Bonolis per la professionalità con cui ha condotto le interviste e la dedizione successiva per giungere ad un testo pubblicabile.

Un grazie va a tutti i colleghi che hanno accettato di buon grado di farsi intervistare fornando così la sostanza di questo libro.

Un grazie va infine alla SIF che ha accolto fra le sue prestigiose pubblicazioni anche queste *Storie di uomini e quarks* della scuola pisana.

ANGELO SCRIBANO

VINCENZO CAVASINNI

Pisa, Aprile 2012

PRESENTAZIONE

Il presente volume raccoglie alcune interviste, registrate da Luisa Bonolis a partire dal 2006 e portate avanti negli anni seguenti.

Esse hanno coinvolto alcuni ricercatori del Dipartimento di Fisica, della Scuola Normale Superiore e della sezione INFN di Pisa: Giorgio Bellettini, Carlo Bemporad, Luciano Bertanza, Elio Fabri, Lorenzo Foà, Adalberto Giazotto, Italo Mannelli, Erseo Polacco. A Pisa, essi hanno svolto un ruolo rilevante negli anni successivi a quelli intensi della ripresa del paese nel periodo post-bellico. La loro azione in campo nazionale ed internazionale, insieme a quella di altri colleghi che non sono stati intervistati, è risultata essere la premessa per ogni successiva evoluzione.

Le interviste offrono una testimonianza diretta sulla fisica sperimentale pisana nel periodo grosso modo compreso fra il 1960 ed il 2010. Tali anni corrispondono ad una straordinaria fioritura delle ricerche in fisica fondamentale, largamente coincidente con il contemporaneo sviluppo dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Nel periodo post-bellico e prima del 1960, Pisa è stata sede di una vigorosa ripresa degli studi di fisica, con importanti iniziative quali i progetti per l'elettrosincrotrone nazionale, poi collocato nei Laboratori di Frascati, e la costruzione della prima calcolatrice elettronica italiana. Contemporanei sono stati gli sviluppi in fisica atomica e della materia condensata. In quel periodo hanno operato e si sono succeduti a Pisa: Marcello Conversi, Giorgio Salvini, Carlo Franzinetti, Adriano Gozzini, Gherardo Stoppini ed altri. Quella fase ha trovato una sua prima descrizione in vari studi e pubblicazioni.

Qui si intende esaminare il periodo successivo, caratterizzato da una grande espansione, sia qualitativa che quantitativa, delle iniziative pisane in fisica sperimentale, tanto da far affermare Pisa come uno dei principali centri di ricerca in ambito nazionale, con importanti successi e riconoscimenti in campo internazionale.

Lo sviluppo ed il consolidamento delle attività di ricerca dell'INFN, hanno coinvolto, sin dall'inizio, nuclei di ricercatori distribuiti su tutto il territorio nazionale. Ciò è stata una manifestazione della feconda simbiosi fra l'ente di ricerca e le varie strutture universitarie. Pisa ha però avuto delle caratteristiche sue proprie, che sono probabilmente alla base della sua affermazione e del suo successo.

Pisa, una delle più importanti università italiane, ha sempre esercitato un'attrazione in un largo bacino di utenza. La Scuola Normale Superiore, tramite il suo concorso di ammissione, ha sempre garantito la presenza di molti studenti selezionati e motivati. Il tutto collocato in un tessuto urbano a misura d'uomo e con la disponibilità di linee di comunicazione efficienti, facilitanti gli scambi con altri centri di ricerca, sia in Italia che all'estero.

Molte persone di qualità sono state presenti a Pisa e si sono succedute nell'Università e nei centri dell'INFN e del CNR. Non della genialità di un Fermi, a suo tempo studente a Pisa..., ma persone di ottimo livello professionale e dotate di ingegno, operosità ed

intraprendenza. Se c'è un "segreto" alla base del notevole successo della fisica sperimentale a Pisa, al di là delle qualità dei singoli, questo è legato al notevole grado di coerenza con cui l'ambiente ha operato. Il franco scambio di informazioni: il patrimonio di un singolo è il patrimonio di tutti; i successi di ognuno sono un arricchimento per tutti. Qualche conflitto e discussioni vivaci sono stati, sì, presenti, ma non sono mai sfociate in scontri distruttivi, con effetti paralizzanti sullo sviluppo dell'ambiente. A Pisa, ogni ricercatore ha potuto godere di una ragionevole libertà di proposta e di azione, profittando, al contempo, di una critica competente e costruttiva.

Il buon livello delle attività di ricerca ha rappresentato la migliore garanzia di qualità per un insegnamento universitario efficace e di frontiera e per la formazione di nuove leve di ricercatori. Legata alla buona ricerca è stata anche la formazione di personale tecnico qualificato, essenziale allo svolgimento degli esperimenti nei vari laboratori. Gli sviluppi tecnologici, portati avanti da ricercatori e da tecnici, sono stati importanti ed hanno spesso avuto ricadute in ambito medico, industriale, etc.

Le interviste qui riportate sono state trascritte con interventi minimi e cercando di rispettare l'originale vivacità e coloritura di una esposizione orale, anche quando non proprio rispettosa di un corretto italiano. Alcuni episodi sono ricordati in maniera leggermente diversa dai vari intervistati. È inevitabile a tanta distanza di tempo dagli stessi e sono aspetti tipici della "storia orale". Non sono stati fatti tentativi di elaborare una versione più "verificata".

È auspicabile che questo volume iniziale possa avere un seguito che riguardi altre persone o altri aspetti dello sviluppo della fisica a Pisa. Un'attenzione alla storia e all'evoluzione di un particolare ambiente scientifico può contribuire a stabilire un ponte fra il suo passato e il suo futuro; può essere di ispirazione nell'affrontare nuovi problemi; può stimolare il desiderio di mantenere elevata la qualità della "scuola pisana".

Giorgio Bellettini¹

Giorgio Bellettini nasce a Bologna il 5 Maggio 1934. Gli anni dell'adolescenza sono passati a Bologna ove percorre una carriera scolastica senza problemi contemporaneamente dedicandosi ad una intensa attività sportiva come tennista. Nel 1953 vince il concorso di ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa. Si laurea in Fisica nel Dicembre del 1957. Dopo un breve periodo passato nel gruppo emulsioni di Edoardo Amaldi a Roma, su sollecitazione di Carlo Franzinetti si trasferisce a Pisa, ove inizia la preparazione di un esperimento per il sincrotrone di Frascati allora in costruzione. L'esperimento porta alla misura della vita media del mesone π^0 tramite l' "Effetto Primakoff". Nel 1964 si trasferisce al CERN lavorando ad esperimenti di diffusione elastica di adroni contro protoni nel gruppo di Giuseppe Cocconi. Tornato a Pisa continua l'attività al CERN con esperimenti di diffusione elastica al PS e poi con un esperimento di misura della sezione d'urto totale pp all'ISR. L'esperimento ha messo in luce per la prima volta la crescita della sezione d'urto pp alle altissime energie. Dirige i Laboratori Nazionali di Frascati dal 1974 al 1976. Diviene Professore Ordinario di Fisica Generale nel 1979. Ha svolto corsi di Fisica Generale, Fisica Nucleare, Ottica Elettronica ed Acceleratori, Fisica agli Anelli di Collisione. Ha formato un notevole numero di fisici di ottimo livello. Nel 1980 inizia un'importante ed estremamente produttiva attività di lungo periodo partecipando, con una collaborazione italiana, alla sperimentazione a Fermilab nell'esperimento CDF che tuttora prosegue. CDF ha scoperto il quark top nel 1995. Giorgio Bellettini è stato il responsabile di tutta la collaborazione CDF dal 1995 al 1997. Ha fondato l'Associazione Culturale degli Italiani a Fermilab ed ha curato altre iniziative analoghe. Giorgio Bellettini è stato membro di molti comitati di gestione della ricerca scientifica sia in campo nazionale che internazionale. Ha presieduto la "Intersecting Storage Rings Committee" dal 1980 al 1985. Ha presieduto la Commissione Scientifica Nazionale 1 dell'INFN dal 1971 al 1974 e dal 1985 al 1991. È stato membro della "Scientific Policy Committee" del CERN dal 1992 al 1998. Ha partecipato all'organizzazione di moltissime conferenze internazionali. Ha ricevuto numerosi riconoscimenti e premi sia in ambito nazionale che internazionale; Fellow della American Physical Society, Commendatore della Repubblica Italiana, Laurea Honoris Causa del Joint Institute of Nuclear Research di Dubna, Ordine del Cherubino e Professore Emerito dell'Università di Pisa.

Cominciamo veramente dall'inizio: da quando lei è nato.

Sono nato a Bologna nel maggio del 1934, quindi oggi vado per i 75, ho ancora 74 anni.

Vuole dirmi qualcosa dei suoi genitori ?

Sì, sì, è abbastanza interessante. . .

Per esempio: che persone fossero; l'influenza che sente di avere avuto da loro.

Enorme, ma in modo che adesso le spiego.

Mio padre era un operaio fornaio, lavorava la notte a fare il pane. La mattina alle otto

¹Registrazione effettuata a Pisa, 10 ed 11 Marzo 2009.

veniva a casa, spesso portando il pane fresco. Mia mamma stava in casa, era una donna di casa. Avevano tre figli maschi; io ero il più piccolo. Il primo, si chiamava Athos ed aveva tredici anni più di me; il secondo, Walter, ne aveva dieci più di me. Dico: “si chiamava” perché purtroppo sono entrambi morti. Io sono venuto un pochino per sbaglio, forse nel tentativo disperato della mamma di trovare un aiuto familiare, sperando che finalmente venisse la femmina. È venuto un terzo ragazzo!

I miei genitori hanno avuto un'enorme influenza su questi tre figli, pur avendo fatto solo la quinta elementare. Venivano dalla campagna ferrarese, inurbati a un certo punto, perché mio babbo trovò lavoro a Bologna. Il babbo del mio babbo faceva il becchino ad Argenta; gente molto, molto semplice! Tuttavia gente intelligente e che, comunque, aveva un rispetto enorme per l'educazione, pensando che la loro vita dovesse essere dedicata ad educare i figli. Stavamo in una strada di Bologna, in periferia, tanto periferica che era una strada chiusa; dopo quella c'era la campagna. Quindi: questi ragazzi loro li mandarono a scuola. Ma, naturalmente, si mangiava malamente, si faceva fatica a sbarcare il lunario. Ho visto tante volte mia mamma, alla fine del mese, piangere perché veniva il padrone di casa a chiedere un piccolo affitto e lei non aveva niente. Una vita molto, molto modesta. Tuttavia i ragazzi andarono al liceo; dopo il liceo, all'università. Mi ricordo anche che i vicini, gente per bene e tanto amici, però, ecco, nessuno capiva il perché del massacrarsi con tre maschi all'università che, per decine di anni, non avrebbero guadagnato ed anzi costavano. Quindi ci prendevano in giro. Non noi; prendevano in giro mio padre e qualche volta mia madre.

Comunque sia, loro furono inflessibili. I ragazzi, fino a che erano in grado di andare avanti, dovevano studiare. Erano tutti ragazzi brillanti. Il mio primo fratello fece la carriera di assistente universitario, poi divenne professore di economia a Bologna; ha curato anche l'assessorato — di statistica, mi pare — poi purtroppo morì a 60 anni.

Il secondo figlio fece il medico, divenne primario di un settore di un ospedale e morì anche lui giovane, a 63 anni. Io arrivai alla fine della mia scuola elementare nell'ultimo anno di guerra. Non frequentai quindi la quinta elementare e la feci da privatista perché poi le scuole ripresero, mi diedero i libri per studiare e passai direttamente alla prima media. Dopo di che feci le medie a Bologna in una scuola del tutto decente; poi andai al liceo scientifico di Bologna e poi via così...

Ricorda qualcosa in particolare degli anni di scuola, in relazione alle sue passioni?

Sì, certamente, certamente. Ero uno studente molto..., con certe caratteristiche non del tutto frequenti. Ero vivace, pronto ad apprendere, però ero dedito, quasi a pieno tempo, allo sport. Facevo tennis. Mi notarono. D'estate andavo a raccattare le palle per guadagnarli la Coca Cola; no, a quel tempo era l'aranciata o qualcosa del genere. Ero fisicamente robusto ed ero anche compagno di banco, alle scuole medie, del figlio del dirigente della squadra sportiva dei giovani della Virtus di Bologna. Allora questo dirigente — eravamo nel primo dopoguerra, quindi non c'era nulla —, cercava dei ragazzini per vedere di trovare qualcuno che imparasse a giocare a tennis. Mi vide e mi fece giocare con suo figlio. Io giocavo con estrema facilità ed imparai subito. Quindi, da 14 anni fino a 18 anni,

giocai tantissimo a tennis; feci parte per tre anni della squadra nazionale juniores e passai in seconda categoria. Facevo tanti tornei. Quando cominciava la primavera e poi la prima estate, c'erano continuamente tornei. Tipicamente andavo a scuola il lunedì, martedì, mercoledì e poi, dal giovedì in poi, mancavo. Tuttavia sono sempre andato molto bene, soprattutto al liceo. Prima scappavo per giocare a calcio; tutto così... La caratteristica di questo ragazzo è stata: grande vivacità, grande attività sportiva. La scuola, però è sempre andata assai bene. Questo cosa ha voluto dire? Ha voluto dire che la preparazione era solo scolastica. Io volevo andare bene a scuola. Poi, dopo aver fatto quello, che altro mi serviva?

Faceva delle letture extra scolastiche?

Assolutamente no; le due cose sono legate. Non avevo tempo. Non avendo tempo, non ne ho acquisito il gusto. Le dirò che questo ebbe conseguenze non piccole per il mio futuro. Quando arrivai alla fine del liceo, ero uno dei migliori. Andavo molto bene, per carità! I miei genitori mi chiesero che cosa avrei voluto fare, poiché erano preoccupati. Avevano due figli che ancora non guadagnavano quasi niente. Mi ricordo che mio fratello, il secondo, il medico, andava a fare le visite in bicicletta perché non aveva altro mezzo. La casa era piena di libri e i miei genitori speravano che studiassi medicina, perché c'erano già i libri... Io dissi: "Mah, potrei fare lettere classiche, se no, fisica o matematica". "Abbiamo tutti i libri di medicina e fai medicina! O fai almeno ingegneria, che si guadagna!". Mi ricordo che avevo la convinzione che gli ingegneri fossero dei pasticcioni, che non si preoccupassero del perché della cose — il che non è vero —, ma quella era la mia impressione. Sicché io ero tutto preso fra due estremi. Recitavo poesia: rompevo le scatole a tutto il mondo recitando interminabili poesie, che imparavo a memoria. Poi mi piaceva la fisica, perché era divertente.

Già dalla scuola le piaceva la fisica?

Sì, ma le ripeto: ero molto incerto tra fare lettere classiche, tentare addirittura di scrivere qualcosa io stesso; oppure fare matematica o fisica. Piuttosto fisica e matematica, certo non ingegneria, certo non medicina... Ho sempre avuto una pessima memoria. A quei tempi ero un po' meglio, adesso è un serio problema. Tuttavia avevo visto il secondo fratello, che faceva medicina, studiare in maniera terrificante! E io dissi: "No, no, no, per carità!". Loro erano disorientati perché intanto si parlava di un ragazzo che faceva cose che non rendevano denaro, come la fisica; questo era evidente. Ed inoltre oscillava fra due estremi. "Ma questo non sa quel che vuole!". Allora parlarono con i miei professori; parlarono in particolare con il professore di italiano e con quello di matematica e fisica. Erano due persone molto capaci. Il professore di matematica e fisica, si chiamava Aldo Graffi. Disse: "Il ragazzo può fare qualunque cosa. Se avete il problema di mantenerlo all'università e non ce la fate, ditegli di provare a fare un concorso. C'è una scuola a Pisa dove, se il ragazzo vincesse, lo manterrebbero". Ed io non sapevo neanche cosa fosse... Però mi iscrissi ed andai a fare il concorso in settembre. Ero una persona molto strana. Ero fortissimo, nero abbronzato, giocando a tennis tutto il giorno. Andai in mezzo a questi ragazzi; mi videro salire le scale della Scuola — Conosce la Scuola Normale? Stavano tutti

appollaiati là, i fagioli, i nuovi concorrenti. Tutti si guardavano intorno ed ecco arrivo io: una specie di bagnino. Salii e mi presero in giro: “Che fai?” “Io faccio il concorso.” “Ma va’!”. E c’era un senso in questo, perché erano ragazzi preparatissimi. Io ho visto ragazzi arrivare con dei bauli di libri. Avevano appunto letto ben altro che i libri di scuola. Quindi, là per là, dicevo: “Io faccio il concorso, faccio il concorso!”. Andai molto bene, in realtà. Arrivai secondo su 12. Insomma: non ci fu problema. Il tipo di indagini che facevano non era culturale, volevano vedere se il ragazzo era pronto. Era l’unica qualità che avevo e me la cavai bene. Però, da allora in poi, e per sempre, io ho sofferto di una cultura modesta in fisica. Naturalmente ho molto studiato. Alla Scuola Normale ho studiato come un pazzo. Però, insomma, tutti quegli anni in cui giocavo a tennis. . .

Ha avuto altre curiosità, ha fatto altri studi o letture?

Una buona preparazione scolastica l’avevo o l’ho acquisita, ma quanto in più? Qualche cosa; ma purtroppo ebbi poche curiosità, lessi poco. E poi, dopo, alla Scuola Normale si fanno sette esami a giugno! Insomma, diciamo che tutto ciò mi ha danneggiato. Per lo meno ha limitato certe mie prestazioni. Poi, come tutti, uno si adatta. Ha certe capacità. I sordi se la cavano con il tatto; chi vede male usa una lente. . . Io ero una persona molto pronta ad apprendere, con cattiva memoria, ma rapido a pensare. Quindi, in qualche maniera, poi, ho fatto il fisico sperimentale, mi sono adattato ed ho avuto qualche successo. Ma insomma: è vero che mi è sempre dispiaciuto di non riuscire a ricordare bene, soprattutto la fisica teorica, la teoria dei campi, la teoria dei gruppi. Tutte cose che, a quei tempi, cominciavano. Non è che le sapessero tutti, sia ben chiaro.

Cerchiamo di precisare alcune date. Quale è stato il suo anno di iscrizione all’università?

Dunque, nel 1953, avevo 19 anni. Poi mi sono laureato in 4 anni. Ci fu un disastro alla fine del terzo anno perché all’ultimo esame del terzo anno fui buttato fuori dalla Scuola Normale e fu un evento che un giorno sarebbe bene poter approfondire, perché io avevo una media del 29 e mezzo, avevo sostenuto tutti gli esami del primo, secondo e terzo anno, quelli interni e quelli esterni; tutti. C’era un esame di fisica matematica per il quale il professore rimandò più volte tantissimi di noi, fino al 31 luglio, perché non era convinto che avessimo studiato abbastanza. Ci interrogò; interrogò me come gli altri. Gli spiegai tutto. Disse: “Non mi piace, me lo faccia in un altro modo, non mi piace”. E fallo in un altro modo. . . Io non è che non lo sapessi, erano anche cose abbastanza semplici. Lo feci in altro modo. Disse: “Va bene, basta così”. Mi chiamò dopo cinque minuti: “approvato con 23”. Alla Scuola Normale non puoi prendere alcun voto inferiore al 24. A quei tempi uno consegnava il libretto e poi il professore decideva, quindi lì ci fu questa bella scenata di una persona che cambiò la vita di un giovane, alla fine del terzo anno. Un fisico, un esame di Meccanica Analitica. E quindi lì fu una cosa proprio indigeribile, ma ormai c’era poco da fare. Era il 31 Luglio, tutti partivano, la Scuola chiudeva. Mi ritrovai all’improvviso fuori dalla Scuola! Anche l’ultimo anno lo feci a Pisa; poi presi una laurea addirittura in Chimica Fisica.

Fui però, in qualche modo, recuperato dai romani, perchè, a quei tempi, Roma aveva qualche posto di dipendente a disposizione dell'INFN e non aveva studenti interni che sembrassero abbastanza capaci. Allora il professor Mezzetti — Lucio Mezzetti, che divenne poi Direttore dei Laboratori di Frascati — si fece portatore delle esigenze della scuola di Roma e si mise a fare il giro dell'Italia alla ricerca di studenti. Girò dalla Sicilia alle Alpi, alla ricerca di ragazzotti ai quali quei due posti potessero interessare. Uno dei due posti era per il gruppo di Amaldi, del vecchio Amaldi, gruppo che però, al mio arrivo, era di fatto gestito da Carlo Franzinetti, al quale poco dopo seguì Carlo Castagnoli. Poi c'erano altri diversi fisici anziani. Insomma: un gruppo robusto di lastre nucleari, che riceveva lastre esposte da Berkeley, essenzialmente a fasci di antiprotoni. Studiava roba relativamente elementare, però studiava reazioni a quel tempo molto interessanti, perché non si conosceva ancora granché. L'altro posto era per il gruppo stesso del professor Mezzetti, un gruppo di elettronica. Allora Mezzetti tornò a Roma proponendo due persone. Uno era Guido Finocchiaro, di Catania, ragazzo totalmente diverso da me. Un ragazzo a quei tempi; è esattamente mio coetaneo. Poi alla fine ha girato per il mondo e, quando in pensione, è venuto a stare con sua moglie, qui, in centro a Pisa. Bene... era un genietto dell'elettronica e se lo prese per sé. Poi propose a me di venire a Roma a lavorare con Edoardo Amaldi. Dica un po' lei! Dalla polvere agli altari! Dissi di sì e mi laureai a Pisa il 13 dicembre di quell'anno. Dal primo di dicembre avevo un posto permanente a Roma, con il gruppo di Amaldi. Buttalo via!

La laurea verteva su quale argomento?

Sullo studio di risonanze quadrupolari nucleari mediante microonde, con bersagli costituiti da strutture molecolari complesse.

E chi gliela aveva assegnata?

Scrocco si chiamava il professore, Eolo Scrocco; però nel lavoro sperimentale mi seguì un suo assistente: Pietro Bucci. Presi la lode; la media era altissima nonostante il 23.

Quali altri professori del corso di laurea si ricorda?

Fisica 1, all'inizio, me la faceva Giorgio Salvini, che era qui a Pisa. Ricordo con piacere Carlo Cattaneo, professore di Meccanica di base al secondo anno, di Meccanica Superiore al terzo ed al quarto anno. Faceva relatività, anche relatività generale. Sì, ricordo Salvini, ricordo Cattaneo, poi non saprei ancora chi citarle.

Durante gli studi non c'è stata una persona, un insegnante che l'abbia stimolata, che abbia determinato in lei un tipo particolare di interesse?

No... , direi di no.

Ricorda i compagni di studio di quell'epoca?

Alla Scuola Normale vivevamo insieme io, Italo Mannelli e Vittorio Silvestrini. Eravamo sempre insieme! Vittorio adesso è professore a Napoli, Italo è divenuto professore

alla Normale. Ero anche particolarmente amico di Carlo Rubbia, che era del nostro stesso anno ed anche lui in Normale. Mi piaceva la sua personalità. Molto scorbuto anche allora... ma, insomma: eravamo amici.

Ha seguito delle lezioni di Touschek ?

Forse assai più tardi. A Roma dopo la laurea, per due o tre anni, seguii un corso di perfezionamento e ne feci tutti i 5 esami interni. No, non c'era Touschek. Ricordo il professor Enrico Persico che fece diverse lezioni sulle macchine acceleratrici. Marcello Cini faceva, mi pare, un corso sulla fisica dei pioni e sulle relazioni di dispersione.

Quindi, venuto a Roma con la collocazione che diceva prima, ha seguito anche questo corso di perfezionamento.

Sì, sì. E, come ricerca, si studiavano le lastre nucleari. Io fui messo a seguire lo sviluppo delle emulsioni nella cantina, guidato un pochino da Augusta Manfredini e da Giustina Baroni. La Manfredini mi insegnava come si sviluppavano per bene queste emulsioni, per fare in modo che non si deformassero troppo sui bordi, che fossero, diciamo, integralmente sviluppate nel loro volume. Questo per alcuni anni. A Roma c'era anche Carlo Franzinetti, che però, dopo circa sei mesi, vinse una cattedra e si trasferì a Pisa. Ci conoscevamo bene perché ero molto espansivo. Non è che fosse difficile conoscerli; ci conoscevamo bene con Carlo Castagnoli, con Carlo Franzinetti, con Giustina Baroni, con Augusta Manfredini e così via. A quei tempi c'era anche nel gruppo una mia coetanea, Lina Barbaro Gualtieri, ora a Berkeley.

Franzinetti venne qui a Pisa, durante il mio secondo anno di Roma. L'anno successivo mi telefonò e mi disse: "Senti Giorgio qui c'è un posto di assistente; un posto che ti inizia alla carriera universitaria. Dipendente dell'INFN va benissimo, per carità, però un posto di assistente è un altro tipo di status. Se vieni te lo diamo, però, se vieni, devi piantarla con le emulsioni nucleari perché non sono più la tecnica del giorno. Devi mettere su un gruppo di elettronica e fare ricerca tramite "contatori". Io, a quel tempo, non sapevo nemmeno cosa fosse un cavo, le dico la verità. Magari un cavo sì, ma insomma: l'impedenza caratteristica... , oppure un pentodo... , per non dire poi un transistor. Erano cose molto nuove per me! Però l'idea mi piacque. Lui voleva che creassi un gruppo di elettronica e contatori a Pisa, per andare poi a fare ricerche, con queste tecniche sperimentali, al nuovo sincrotrone da 1100 MeV di Frascati. Gli dissi di sì e quindi, dopo tre anni di Roma, mi dimisi dall'INFN e divenni un universitario.

E lì si trattò di mettere su un gruppo o, piuttosto, bisognava imparare il mestiere. L'ambito scientifico e il tipo di ricerca da fare erano abbastanza ben determinati; c'erano i fasci di fotoni da circa 1000 MeV e la fotoproduzione era una cosa di cui si sapeva poco. Poi c'era uno strano effetto, previsto da un teorico, che sembrava solidamente concepito: l'"Effetto Primakoff", dal nome del teorico. Non era stato ancora visto perché implicava il cercare ed il trovare un altro tipo di fotoproduzione di π^0 . Parti con un fotone, finisci con un π^0 . Tutto è neutro. Il π^0 decade in due fotoni. Tutti fotoni, tutto in avanti

e tutto prossimo al fascio di fotoni di un elettrosincrotrone! Insomma: c'era un po' di preoccupazione sui fondi.

Però se uno faceva questa fotoproduzione in avanti, nel campo coulombiano di un nucleo, quello che contava nel definire la produzione proprio in avanti, a piccolissimi angoli, era l'accoppiamento del fotone incidente con un fotone del campo coulombiano e con questo π^0 prodotto. A grandi angoli il π^0 viene invece generato, in maniera predominante, tramite le interazioni forti anziché da quelle elettromagnetiche. La fotoproduzione a piccoli angoli, cioè l'effetto Primakoff, è di fatto l'inverso del decadimento del π^0 . La sua misura permette di determinare la vita media del π^0 .

Stiamo parlando adesso del periodo in cui è già entrato in funzione l'elettrosincrotrone?

Sì, sì. Era quello che mi propose Franzinetti. Mi disse: "Puoi fare un esperimento di fotoproduzione. Se misuri anche questo effetto Primakoff di cui si parla, se riesci a fare un progetto sensato e che funzioni, potresti provare a misurare la vita media del π^0 ". Bene insomma: era una cosa molto bellina. . .

Gli dissi di sì, ma le ripeto, si trattava di imparare la cinematica relativistica, imparare le tecniche di rilevazione dei fotoni, l'elettronica rapida, tutte cose nuove per me. Coincidenze, pentodi, triodi. . . Io mi buttai, un po' come facevo ai quei tempi, senza paura. Andai al CERN; avevo tanti amici della Scuola Normale che erano andati direttamente al CERN ed avevano già fatto una tesi in fisica delle particelle; io l'avevo invece fatta in fisica chimica. . . Loro avevano fatto la tesi al CERN ed avevano quindi imparato; al CERN si impara rapidamente. C'era Luigi Di Lella, di un anno o due più giovane di me, normalista anche lui, molto vivace e molto carino. Io andavo spesso al CERN per discutere con lui. Mi spiegava gli elementi delle tecniche necessarie in fisica delle particelle elementari.

Poi ci fu un professore inglese, Edmund Bellamy, che veniva da Glasgow, caro amico di Carlo Franzinetti. Era una persona ingegnosa, anche lui molto pratico di elettronica e di contatori. Passò sei mesi a Pisa, parte di un anno sabbatico, venendo a lavorare nel mio gruppo. In realtà mi insegnò un'ira di Dio di cose, a partire dalla cinematica relativistica; aveva dei libroni in cui mi faceva vedere a che angolo andavano i fotoni di decadimento del π^0 . E poi: non aveva davvero problemi su come si maneggiassero le tecniche di conteggio con l'elettronica.

Questo gruppo — dovevo creare un gruppo! —, fu fatto inizialmente da me, da Bellamy e poi, dopo circa un anno, da Lorenzo Foà e Carlo Bemporad.

Lorenzo Foà, si era laureato a Firenze in fisica nucleare classica e, pur continuando a dipendere da Firenze, si associò al gruppo ed al progetto. Carlo Bemporad, laureato a Roma, si trasferì anche lui a Pisa. Con Edmund Bellamy eravamo quindi quattro persone. Insomma, sa, fu quanto bastò per progettare un esperimento che alla fine non mostrò difetti. Circa un anno più tardi, si aggiunse al gruppo Pierluigi Braccini, precedentemente impegnato in un esperimento di elettrodinamica, a Frascati, con Gabriele Torelli.

Come avete provveduto per la progettazione dell'esperimento, visto che in fondo partite un po' da zero?

Ah certo: alla lavagna con Bellamy che discuteva, io che discutevo alla lavagna e scarabocchiavo. Poi, chiaramente, tutto fu messo anche su carta. Bisognava cercare di capire a che angoli bisognasse mettere i contatori, quanto bisognasse farli spessi, quanto fosse la risoluzione angolare necessaria per poter vedere il π^0 ; perché il π^0 lo si ricostruisce facendo la massa effettiva dei due fotoni e, naturalmente, se uno restringe troppo le aperture dei contatori definisce meglio, per carità, l'angolo fra i due fotoni, però perde in accettazione ed in conteggio. Se uno allarga troppo le aperture dei contatori, aumenta il conteggio, ma entra anche più fondo. Bisognava raggiungere una ottimizzazione. Venne fuori un dispositivo che ebbe un certo successo. Alla fine vedemmo questo picco in avanti, nel quale la produzione di π^0 , da nucleare, diventava predominantemente elettromagnetica. Effettuammo una misura della vita media del π^0 che ha resistito nel tempo. La precisione è stata in seguito migliorata, ma il valore era giusto.

Come si inseriva questo tipo di esperimento nelle problematiche di quell'epoca?

Era una singolarità. Era la misura di un parametro. Una proprietà della natura che è bene conoscere. La vita media del π^0 è molto piccola, circa 10^{-16} secondi. L'interpretazione è oggi piuttosto elaborata e la teoria dei quarks allora non c'era. La misura era però un pezzo di bravura, una piccola cosa carina fatta.

Invece la fotoproduzione di π^0 ad angoli più grandi, ossia la misura della sezione d'urto differenziale, era una misura, come potrei dire, più banale: quanti π^0 vengono prodotti a 3, 4, 5, 6 gradi, con fotoni da 600 a 1000 MeV; era parte di una tematica per la quale c'erano dei modelli fenomenologici. Questa fotoproduzione di π^0 era la nostra misura di "backup". Noi si disse: "Senti, se non riusciamo a vedere questo benedetto picco Primakoff, che sta tutto dentro un angolo di un grado a due intorno alla direzione in avanti, misuriamo perlomeno la fotoproduzione di π^0 . Questo almeno possiamo farlo!". Quella misura aveva un suo tessuto culturale in cui inserirsi, perché era almeno confrontabile con le misure effettuate da altri. La nostra fisica non disponeva ancora, a quei tempi, di una vera teoria; non disponeva del modello standard. Era però il momento della scoperta di molte nuove particelle e fenomeni.

Per identificare i nostri π^0 si faceva un "display" su carta delle energie dei fotoni, selezionati da una coincidenza; i π^0 si raggruppavano in una zona ben separata da quella degli eventi di fondo.

Tutto questo lavoro a cosa ha portato?

Per esempio: io, alla fine di questo esperimento — in realtà tre misure separate in un unico esperimento —, andai al CERN perché volevo vedere un po' il CERN e perché vi vinsi un posto. Il gruppo invece andò a DESY, perché nel frattempo era stata scoperta l' η , una specie di super- π^0 , anch'essa parzialmente decadente in due fotoni. Carlo Bemporad credo che fosse a quel punto il responsabile del gruppo. Andò a DESY per studiare la fotoproduzione di η e misurarne la vita media. La proposta a DESY andai a presentarla

io, ancora attivo a Frascati. Ci rendemmo conto che si poteva usare la stessa tecnologia, la stessa teoria usata per il π^0 applicandola invece all' η . La proposta di esperimento fu approvata. Io, avendo vinto il posto al CERN, andai al CERN.

La cosa più bella di tutto ciò fu la formazione di questi 4 ragazzotti, perché eravamo tutti dei venticinquenni! Io facevo il capogruppo, ma avevo solo un anno più degli altri, due nei casi migliori. Tutte queste persone, alla fine, diventarono professori universitari, tutti raggiungendo una loro indipendenza e facendo ricerche in altri campi. Si sono divisi, restando molto amici. Si erano formati quanto basta per assumere una loro indipendenza, per esprimere una loro personalità scientifica in modo indipendente. Non ci sono stati portatori d'acqua in quel gruppo! Lì, assolutamente no! Questo fu certo una bella cosa, una "prima", se si vuole, un primo esempio di un certo modo di fare fisica che è culturalmente costruttivo, che forma dei ricercatori, tutto da soli.

Era anche una situazione abbastanza inedita per l'Italia, perché contemporanea alla nascita dei nuovi laboratori nazionali. Ciò, quindi, ha costituito una occasione.

Sì, sì, se io penso a Carlo Franzinetti che dice: "Vieni, metti su un gruppo di elettronica, vai a Frascati. . .". Cose che oggi sono impensabili. Chi mai si permette di dire che farà un certo esperimento: ognuno si deve inventare quello che può fare, provare, battere la concorrenza; le opzioni sono relativamente poche, non c'è niente di ovvio. Sì, era una Italia che ribolliva da tutte le parti e quello era uno degli aspetti.

Direi che voi avete colto questa occasione e l'avete giocata in modo notevole. In qualche maniera è stato per voi un momento di intensa formazione.

Sì, ma molto era portato dalla situazione dell'Italia, dal fatto che l'INFN finalmente potesse svilupparsi. Naturalmente Franzinetti investì sulle persone giuste: ha trovato dei ragazzotti che gli sembravano un pochino selvaggi, un pochino incolti, ma intelligenti; a un certo punto decise di investire su questo. Foà venne da Firenze. All'inizio venne ad esplorare come ci comportavamo io e Bellamy, a discutere di questo nuovo esperimento e dare una occhiata a che tipo di persone fossimo. Anche lì, non so se tramite Carlo Franzinetti che aveva degli amici a Firenze, gli fu proposto di venire a vedere a Pisa, ove si stava formando un gruppo nuovo. Quando venne rimase a bocca aperta. Questi parlavano di cinematica relativistica, di due corpi, tre corpi, angolo limite. Credo di sapere che per un giorno o due disse: "Io non ci torno più a Pisa. In mezzo a quei matti non ci torno più!". Poi invece venne. Lorenzo è una persona molto calma, molto quadrata, lenta, ma persistente. Fu quindi una persona che scelse di fare una certa cosa. Io non scelsi veramente; fu Franzinetti che giocò un terno al lotto! Foà scelse. Così anche Carlo Bemporad.

Come nacque l'occasione per questo cambiamento, per lo spostamento al CERN?

Ma niente. . . Tutti andavano al CERN; i miei amici della Scuola Normale ci andavano tutti. Io ero stato a Frascati per quattro o cinque anni. Alla fine pensai che, avendo avuto un buon successo a Frascati, forse avrei potuto prendere un posto di fellow per due o tre

anni al CERN.

Di che anni parliamo?

Io avrò avuto 30 anni, quindi il 1964. Badi bene, andai al CERN senza un mio proprio esperimento. Quando si prende un posto di fellow al CERN, ti fanno girare tutti i vari gruppi della divisione ricerca e devi sceglierne uno. Ti danno dei consigli, però sei libero di sceglierne uno. Io ne guardai diversi, ma in realtà avevo una idea fissa: volevo andare a lavorare con Giuseppe Cocconi, perché me ne aveva parlato Carlo Castagnoli e perché avevo letto qualche suo articolo. Giuseppe Cocconi è ancora vivente, anche se purtroppo è molto invecchiato.

No, è morto. Pochissimo tempo fa, pochissimo.

Anche lui è morto! Io lo vedevo ogni settembre. Allora le dirò qualcosa di Giuseppe Cocconi. Siamo stati molto legati fino a adesso; era una persona “mitica”. Mi voleva molto bene ed io lo ricambiavo. L’ho visto nel settembre dello scorso anno, quando ero al CERN per una certa riunione, e mi disse che aveva avuto un tumore. Era stato operato; stava poco bene, era molto debole. Mi ricordo che ci siamo abbracciati. Abbiamo condiviso lo stesso studio al CERN per molti anni. Eravamo ambedue “pensionati”, lui come dipendente del CERN ed io che avevo lasciato il CERN per andare in America. Ci hanno conservato un ufficio insieme a sette od otto altri “vecchioni”. Mi disse: “Giorgio, questa è forse l’ultima volta che ci vediamo”. Risposi: “Caro Giuseppe, ti auguro ogni bene...”. Era molto triste, perché molto malconco. Speravo di vederlo ancora, non sapevo che fosse morto. Mi piaceva Giuseppe Cocconi perché il suo stile era molto basato sui dati. Lui esaminava i dati sperimentali relativi ai fenomeni osservati, quindi cercava di immaginare come potessero essere fatte le leggi della natura. Non era un teorico, però voleva riuscire a sintetizzare i dati il più possibile. Non cercava di costruire delle teorie di campo che spiegassero le proprietà di una certa sezione d’urto, questo no; tuttavia aveva scritto diverse formule ed elaborato modelli geometrici che potevano spiegare alcune proprietà dell’interazione dei protoni di altissima energia. Mi piaceva quel suo modo di fare: guardare i dati e cercare di immaginare quanto più si potesse, senza pretendere di stare sviluppando una teoria fondamentale; cominciando a sintetizzare, in formule semplici, dei fenomeni di varia natura.

Cocconi proveniva dal campo dei raggi cosmici; aveva lavorato nel periodo della grande esplosione di quegli studi. Credo sia andato al CERN proprio all’inizio degli anni '60.

Sì, fu uno dei primi.

Un po’ all’epoca in cui poi lei si è spostato...

Io volevo proprio lavorare con lui. Cercavano tutti di dissuadermi e mi ricordo che alla fine Cocconi mi disse: “Ma Giorgio, qui siamo in tanti!”, perché aveva intorno un buon gruppo di persone. C’era il suo secondo, Alan Wetherell, poi c’era Bert Diddens. Mi fece molta impressione, devo dire, lavorare in quel gruppo; erano persone di capacità

terrificante! Io gli dissi: “Senti un po’, io voglio lavorare con te ed ho avuto da tempo questo desiderio; è inutile che cerchi di convincermi a non farlo”. Disse: “Allora lavora con me!”.

Poi, in realtà, lavorammo molto spesso insieme: stava a vedere cosa combinassi, facevamo turni insieme, si prendevano spesso dati insieme. Si facevano esperimenti di “scattering”, scattering elastico o quasi elastico. Sempre scattering, con lo stato finale a due corpi, di regola. Quindi anche creazione di nuove risonanze. Vedemmo insieme qualche picchetto che nasceva in una qualche distribuzione. Insomma: ci trovammo molto bene. Poi, dopo tre anni del CERN, ci fu un’offerta per andare a lavorare in America. Ma nel frattempo io avevo ottenuto un posto stabile in Italia, la libera docenza, una stabilizzazione come professore di seconda fascia. Quindi ero dubbioso se lasciare il posto in Italia per andare a stare a Santa Barbara in California. Me lo offrirono, sempre per intercessione di Cocconi. Disse: “Giorgio, vuoi andare in America alla fine del periodo al CERN?”. Poi mi offrirono anche un posto al CERN; però, anche lì, accettando il posto al CERN avrei dovuto dimettermi, perchè, fino a che sei “fellow”, vai in aspettativa; se si prende un posto di “staff”, uno si deve dimettere dal posto in Italia.

Quindi c’era una decisione da prendere...

Insomma: io non me la sentii né di restare al CERN e nemmeno di andare in America; quindi, dopo tre anni, rientrai. A quel punto, però, avevo conosciuto il CERN.

Dopo il CERN potei collaborare con un gruppo di amici in cui c’erano alcuni del tempo di Frascati. Carlo Bemporad forse se ne era andato in altra direzione. C’era Pierluigi Braccini, c’era Lorenzo Foà e diversi ragazzi che erano venuti su nel frattempo. Abbiamo sempre avuto molti laureandi e ci mettemmo a fare, da visitatori, esperimenti di scattering, con polarizzazione questa volta. Si trattava sempre di partire con fasci di adroni, soprattutto π e K ; il bersaglio era costituito dai protoni polarizzati. Quindi si studiava l’effetto di mettere uno spin su o giù per vedere se cambiasse qualcosa nella distribuzione angolare. Noti bene: quello che si faceva era sempre una misura della sezione d’urto di scattering. A quei tempi si faceva tantissimo con lo scattering, con o senza polarizzazione. Perché? Perché c’erano delle teorie, sempre poco più che fenomenologiche, dette dei “poli di Regge”, secondo le quali si poteva ipotizzare lo scambio di certe particelle o di certi fattori di scambio, il cui momento angolare dipendeva un pochino dall’energia. In questo modo si riusciva a collegare tra di loro fenomeni a varie energie e indotti da vari proiettili. Se uno aveva misurato lo scattering di π^+ , poteva, tenendo conto che nel caso dello scattering di K^+ o di π^- c’erano poli di Regge un po’ diversi, cercare di stabilire delle correlazioni. Era un tentativo di andare verso una teoria, partendo da un insieme di sezioni d’urto inspiegate. Questi poli di Regge erano, in particolare, utili per interpretare i fenomeni legati alla polarizzazione.

Ma a livello dei modelli, quali erano i vostri teorici di riferimento?

A quel tempo io cominciai a avere qualche rapporto con i teorici. Una persona che la sapeva lunga, a parte Tullio Regge, il padre di questa teoria, che però io conobbi solo più

tardi, era Marco Toller, un fisico cresciuto a Roma, di un anno più giovane di me. Ma sa, erano cose che si studiavano ormai su dispense. Non era mica una teoria così difficile... Insomma: uno se la studiava e poi i teorici interpretavano un po' meglio i tuoi dati, ma tu già presentavi una sezione d'urto analizzata in termini di poli di Regge.

E ADONE, veniva da voi considerato? ADONE era diventato operativo proprio negli anni '70.

ADONE? No, aspetti. Dopo questo periodo di scattering elastico come dipendente del CERN, poi, dopo qualche anno ancora di scattering elastico con polarizzazione, dall'esterno, come fisico di Pisa e giovane professore di seconda fascia, mi successe di dover assumere un certo numero d'incarichi. Mi sono occupato della *Commissione Scientifica Nazionale* 1° dell'INFN. Sono stato, per molti anni, Presidente di questo organismo. Era anche nata una nuova macchina a protoni: l'Intersecting Storage Ring — ISR — del CERN. Io ci tenevo un sacco a lasciare ormai lo scattering elastico e andare ad esaminare questo gigantesco salto di energia. Come Presidente della Commissione Scientifica, fu mio compito, a quel tempo, l'organizzare la discussione sulla nuova macchina e configurare un programma di ricerca sperimentale dei fisici dell'INFN.

Fino all'ultimo momento tutti si aspettavano che avrei voluto fare qualcosa anche io. Certamente! Avevo in mente effettivamente un esperimento possibile ed era una misura diretta della sezione d'urto totale. Una cosa un po' speciale, che non so se le possa interessare più che tanto... I due fasci di protoni stanno chiusi in un tubo vuoto e urtano l'uno contro l'altro, in condizioni misteriose. Quanti urti avvengono? Quanti protoni ci sono nei fasci? I fasci si sovrappongono bene? Si prendono? Si mancano? La sezione d'urto è empiricamente una cosa ben difficile da misurare. Si può capire, perchè, normalmente, in una misura di sezione d'urto totale, si usa uno strato di materiale di spessore noto, si sa quanti protoni ci sono per un certo attraversamento del bersaglio, si contano quante particelle proiettile si mandano contro il bersaglio ed infine si contano quante ne passano. Quelle che non passano hanno interagito. Questa è la sezione d'urto totale concettualmente. Si provi ad applicare ciò a due fasci che stanno chiusi in un tubo vuoto; allora sorgono i dubbi: “Ma? E qual è il bersaglio? Quanto è spesso? Quanti sono i protoni?”. Per misurare il tutto si deve vedere quanti protoni ci siano nei due fasci, quanto bene si sovrappongano, quanto siano stretti, quanto siano ben centrati uno sull'altro. E questo come si fa a saperlo? Noi, a quel tempo, dopo un po' ci rendemmo conto che si poteva “fotografare”, dall'esterno, la zona calda di sovrapposizione. Si poteva conoscere la distribuzione geometrica della zona calda e poi conoscere le correnti dei fasci. Gli ingegneri fornivano la misura delle correnti perché era ottenuta mediante degli elettrodi ad induzione montati lungo la macchina. La zona calda poteva essere “fotografata” di traverso e si poteva determinare quanto fosse spessa. Tutte queste informazioni permettevano la misura della “luminosità” della macchina. Non ricordo più quando tirammo fuori tutto ciò, ma, insomma, dalle discussioni in Commissione 1°, si capiva che la luminosità poteva essere misurata.

L'altra cosa importante da misurare, nelle condizioni sperimentali già descritte, è

quanti protoni interagiscano, qualsiasi sia lo stato finale che producono. Il sistema uscente può corrispondere a due soli corpi emessi in avanti; oppure può essere emesso uno stato con molte particelle neutre; un casino! Uno deve essere sicuro di prendere tutti i possibili casi. In passato avevo discusso con Cocconi relativamente alla sua distribuzione per l'impulso trasverso dei secondari dei raggi cosmici. Questa è limitata, con un 0.5 GeV/c di pendenza trasversa tipica; ciò corrisponde a dei "sigari" nello spazio delle fasi; si allungano molto, se cresce l'energia, ma lo spazio delle fasi non va di trasverso più che tanto. In conclusione, se uno non vuole misurare i singoli eventi, ma sapere solo quanti siano, può contare sul fatto che la distribuzione di flusso secondario ha una pendenza, in impulso trasverso, che si conosce dai raggi cosmici. Ciò che è stato trovato nei raggi cosmici, ci si aspetta che si ripeta agli ISR. Se ci si basa su questo, si può facilmente studiare il flusso con contatori che abbracciano vari angoli, a partire dall'avanti, fino a grandi angoli. Uno non sa quali eventi perda, ma se uno raccoglie il 99% del flusso, in qualche modo, raccoglie il 99% degli eventi. Questo fu il ragionamento su cui si basò il progetto. Alla fine l'idea risultò buona. Fu il primo esperimento che facemmo, fu anche il primo approvato agli ISR. Si chiamava R801 — area 8, numero 1. Ci costò molte sofferenze perchè, anche lì, eravamo poverissimi e l'esperimento aveva una caratteristica terribile: corrispondeva ad una copertura di 4π nell'angolo solido. Questo, per essere sicuri che non scappasse niente; l'esperimento era progettato per vedere l'andamento del flusso in funzione dell'angolo, ma comunque, copriva tutto l'angolo solido.

Questa era veramente una novità!

Certo che sì! Il primo esperimento a 4π ad un collider; simmetrico avanti-indietro e a struttura cilindrica. Tra l'altro non mi ricordo più se questa fu una mia mania o se, di nuovo, venisse da discussioni con Giuseppe Cocconi. Insomma: una delle cose sulle quali io ho sempre molto insistito e si trova in tutti gli esperimenti che ho fatto fino a adesso, è che, per una misura, conviene preservare nel rivelatore la simmetria propria della fisica dell'esperimento. Se lei vedesse come era fatto l'esperimento per la misura dell'effetto Primakoff, lei vedrebbe che c'erano tanti contatori, tutti a stella attorno al fascio, corrispondendo ciò ad una simmetria azimutale.

L'esperimento di sezione d'urto all'ISR ha due parti simmetriche, avanti e indietro, con una struttura azimutale simmetrica per i flussi. L'esperimento che facciamo adesso in America, da capo, ha contatori divisi in fette, tutti simmetrici avanti e indietro e tutti che puntano alla sorgente. Se uno guarda l'esperimento, questo riproduce, senza distorsioni a priori, la struttura dell'evento che si vuole misurare. Quindi quell'impostazione fu accettata. Dopo iniziarono i problemi perché eravamo molto poveri e sembrava impossibile pretendere di fare quell'esperimento, con tutti quei contatori e con circa 900, 1000 fototubi. Noi ne avevamo solo delle decine e l'INFN, a quei tempi, non è che fosse ricco; venivamo da una piccola università, l'esperimento era tutto di Pisa.

Ecco! Io dovetti cercare sostegno da tutte le parti. Feci una telefonata al mio vecchio amico Guido Finocchiaro — le ho già detto di come Lucio Mezzetti avesse pescato questo ragazzotto. Finocchiaro: educatissimo; parla sempre a voce bassissima; proveniente

da una famiglia nobile siciliana; adorabile; sempre molto preciso, con delle dita lunghe e sottili, con cui mette a posto l'elettronica. Guido è diventato professore ordinario a Stonybrook in America. Gli telefonai e gli dissi: "Guido, io vorrei fare da Pisa questo esperimento. Si fa così e così. Insomma cosa possiamo fare? Noi pisani da soli e uno strumento gigantesco da costruire ad una macchina nuova... Ma perché non collabori con noi?". Oh! Non mi disse di sì...? Noi non avevamo mai lavorato insieme; avevamo però condiviso la stessa casa a Roma per tre anni, fino a che io non me ne andai; avevamo un appartamento in Via Pavia ove si mangiava insieme. Finocchiaro, tra l'altro, è ora qui e lei potrebbe cercare di parlargli, perché vedrebbe che straordinaria personalità abbia! Totalmente diverso da me, però adorabile, stimatissimo. Insomma: mi disse di sì e l'esperimento divenne l'esperimento di Pisa e Stonybrook. Finocchiaro si portò dietro, oltre al suo, un "pool" di cervelli che faceva impressione: Paul Grannis, anche lui professore in America ed ora uno dei dirigenti del Dipartimento dell'Energia, Robert Kephard, Hans Jostlein, ora a Fermilab. A Fermilab ho anche ritrovato Lina Barbaro Gualtieri, la mia coetanea nel gruppo di Roma, venuta poi via ed ora a Berkeley. È ancora attivissima e lavoriamo insieme nello stesso esperimento a Fermilab, io da Pisa e lei da Berkeley.

Dunque, questa connessione con Guido Finocchiaro?

Come risulterà chiaro, fu la nostra fortuna. Noi eravamo un mare di scalmanati e, certamente, senza la nostra rapacità, senza la nostra aggressività, senza il fatto che volevamo fare l'esperimento a tutti i costi, l'iniziativa non sarebbe andata avanti. Eravamo pericolosissimi; prendevamo in prestito tutto quello di cui avevamo bisogno. Se non ce lo davano, lo portavamo via di nascosto. Guardi, quello che è successo al CERN, per poter costruire il nostro esperimento, è indicibile!

E questo non è certamente lo stile di Guido Finocchiaro! Guido era di una professionalità e di un rigore terrificanti. Per esempio: c'era il problema di mettere in tempo tutti questi contatori, tutti in posizione diversa, che devono vedere lo stesso evento, con un tempo che deve quindi risultare lo stesso. I contatori sono di forma diversa ed a varie distanze dalla regione di incrocio dei fasci; i segnali quindi arrivano a tempi diversi; se non sono "messi in tempo" non si capisce nulla dell'evento. I segnali poi devono essere ben formati perché, se non sono abbastanza rapidi e ben formati, l'elettronica non funziona. Insomma: Guido diede un contributo gigantesco.

Le misure che eseguimmo portarono a molte pubblicazioni, tuttavia molte di meno di quelle che avremmo potuto fare. Venne anche un grande successo: l'esperimento, che misurava la sezione d'urto totale, scoprì che questa cresceva con l'energia della macchina e ciò non era stato previsto. C'erano solo alcuni indizi provenienti dagli esperimenti di raggi cosmici, molto indiretti insomma. Fu un'importante scoperta; forse la più grossa avvenuta agli ISR. Il suo significato fondamentale è però ancora da capire. Misurammo la sezione d'urto alle varie energie della macchina; fino alle energie raggiungibili prima della costruzione degli ISR, la sezione d'urto calava; si pensava che sarebbe divenuta costante. Agli ISR cresceva invece con l'energia.

Ma, oltre a ciò, avendo questa gigantesca struttura ed un migliaio di contatori, noi

misurammo anche la topologia degli eventi a molti corpi. Questi possono essere divisi in eventi con pochi secondari o con molti secondari. Gli eventi con pochi secondari sono quasi tutti fatti da fiotti di particelle di qua e di là della linea dei fasci e sono di natura diffrattiva; tutta una fenomenologia che, a quei tempi, non si conosceva ancora. Ad un certo punto emerse una cosa stranissima. Supponga di avere un evento a molti corpi; se uno ha un contatore scattato in una certa posizione, è più frequente la probabilità di averne altri in prossimità, piuttosto che da un'altra parte. Questo è del tutto contrario all'intuizione e contro la specifica conservazione dell'impulso trasverso. Insomma, queste correlazioni — cioè: se uno ha una frazione delle particelle emesse in una certa direzione, le altre dello stesso evento tendono a essergli intorno — fu un grosso problema a quel tempo. Si cercò di spiegarlo con il fatto che, in realtà, molte volte non si produce un π , ma si produce un ρ che decade in due π . Oppure si produce un'altra particella che decade in tre corpi e quelli si raggruppano in un fiotto. Quindi, la produzione di adroni instabili che decadono in più corpi e che hanno un "boost di Lorentz", spiega perchè, se uno becca una singola traccia, ne trova altre vicine. Si fecero però tutti i conti e risultò che le correlazioni erano di gran lunga di più di quanto ci si potesse aspettare. Oggi io credo di poter dire che quello che vedevamo allora era già una manifestazione del fatto che, a queste macchine, gli eventi di scattering di due partoni tendano a produrre dei getti adronici; questi poi si frammentano in mille modi; uno ha due, tre, quattro, cinque corpi, ma, alla fine, si produce una nuvoletta, soprattutto in una certa direzione.

In che anni sono state fatte le cose che ha appena descritto?

Stiamo parlando dei primi anni '70. Queste cose furono ulteriormente studiate all'ISR; successivamente anche al "SPS collider". Nuovi esperimenti fecero uso di campi magnetici; nel '70 si trattava ancora di una fase esplorativa; si cercava di capire cosa diavolo si vedesse. I getti, in realtà, sono veramente emersi in maniera chiara, negli esperimenti all'SPS.

Di che cosa si è occupato negli anni successivi?

Abbiamo provveduto a pubblicare molti articoli. Alcuni non riuscivamo mai a finirli. Ci sono degli articoli rimasti a metà. C'era veramente troppa roba da digerire!

Ad un certo punto, durante tutto ciò, mi telefonò Ugo Amaldi — avevo allora 39 anni. Mi telefonò da Roma dicendo: "Giorgio senti, qui ti si vuole nominare direttore di Frascati". Io: "Eh la Madonna! Sono qui a lavorare; sono qui pieno di carte!". Ugo Amaldi era, fra l'altro, mio collega al CERN. Aveva anche fatto una misura di sezione d'urto totale con un altro metodo; pubblicammo addirittura alcune cose insieme. Ugo era membro del Consiglio Direttivo dell'INFN, come rappresentante dell'Istituto Superiore di Sanità. Era un mio grande difensore, per quanto fossi considerato, credo, con grande preoccupazione dell'INFN, come persona un pochino indipendente. Fatto sta che nel Consiglio ci furono furibonde discussioni. Era un periodo di grande turbolenza sociale. Scioperi, casini, litigi, critiche, tentativi di affossare il laboratorio; allora qualcuno pensò che io potessi essere utile a migliorare la situazione. Alla fine mi nominarono, dopo non piccole discussioni — se vuole saperne di più, deve chiedere a Ugo Amaldi.

Frascati, e^+ , e^- ... In passato avevo fatto scattering di fotoni, capisce? ADONE era un'altra cosa. D'accordo: un collider sapevo cosa fosse, ma il tipo di fisica era completamente diverso ad ADONE. Se si studia la fotoproduzione di π^0 , si fa fisica delle interazioni forti. e^+e^- sono dell'elettrodinamica purissima. Lei citava giustamente Touschek, che conobbi molto bene. I fisici intorno ad ADONE avevano interessi culturali diversi dai miei; più che esplorare, volevano prevedere esattamente e poi misurare un parametro fondamentale delle leggi della natura. Io ero ben lontano da ciò. Però ero stato a Frascati, mi conoscevano bene, almeno come utilizzatore del sincrotrone. Insomma: alla fine accettai e fu una cosa di cui, devo dire, sono molto felice. A quel tempo produsse un grande sconvolgimento nella mia vita.

Che anno era?

Il '73 o il '74. C'era un casino turco... Volevano dividere il laboratorio. Tutti ce l'avevano con l'INFN che faceva una fisica "aristocratica". Io ero un noto comunista, che, per quanto non fosse attivo, aveva sempre fiancheggiato e proclamato idee di sinistra. I sindacati accusavano i ricercatori — di cui io ero una specie di archetipo — di essere degli antipartito, dei mangiatori di soldi a tradimento, affamatori del popolo lavoratore e chi più ne ha più ne metta! Volevano ricercatori che dirigessero le loro forze intellettuali a fare qualcosa di più utile per la Nazione, invece che a fare i loro porci comodi! Non ricercatori che passassero il tempo a studiare le loro stupidaggini, invece di occuparsi di fisica applicata. Sa, la fisica applicata a quei tempi era il tema del giorno. Io invece non credevo a questo. Pensavo che ci fosse una certa unità della cultura; bisognava assolutamente capire bene come funzionassero le nostre cose.

Dovetti essere interrogato presso il CNEN, perché l'INFN designava il Direttore, ma era il CNEN a nominarlo. A quel tempo Frascati era dentro il CNEN; era tradizione che l'INFN designasse, ma Ezio Clementel — il Presidente del CNEN — faceva le nomine. Mi convocarono un giorno all'ultimo piano del grattacielo del CNEN, in viale Regina Margherita. Entrai, c'era una grossa sala, con dentro tanti colleghi anziani: Giorgio Salvini, che mi ricordo bene, Clementel che presiedeva, e tanti altri. Dissero: "Ma tu cosa faresti a Frascati?". Ed io dissi quello che intendevo fare e dissi che io potevo andare a Frascati con l'unica ambizione di farlo diventare un centro culturale di primissimo livello mondiale. Avrei potuto creare problemi... Ci pensassero, ma se mi volevano nominare, lo facessero. Nemmeno loro volevano accettare questa diaspora, questi litigi, questa perdita di efficienza, questo discredito — perchè, a quei tempi, si parlava male di Frascati. No, no, questo non andava bene; qui doveva formarsi un "pool" di cervelli animato da piani ambiziosi! Dicono: "Ah! Bravo, bravo, ti aiuteremo".

La prima cosa che io feci — ero stato in molti laboratori e, con l'ISR, avevo avuto molto successo — fu di scrivere a tutti i colleghi italiani che avevo conosciuto e che erano in giro per il mondo; scrissi a tutti. Mi ricordo che misi insieme un elenco di 23 nomi di persone di primissima qualità. C'era sicuramente Lina Barbaro Gualtieri, ma c'era anche Claudio Pellegrini — adesso uno dei capi dell'Università della California UCLA —, e c'era, credo, Roberto Peccei; insomma: tutti gli italiani più importanti. Tutte le risposte

dicevano: “Accettiamo, se ci sarà davvero un rilancio ”. Io presentai questa richiesta al povero CNEN, che era in crisi tremenda, che cercava, con difficoltà, di sbarcare il lunario. Delle persone della lista non se ne vide nemmeno una!

Sono rimasto a Frascati tre anni. Dopo il primo anno e mezzo ci fu la decisione di dividere i laboratori e di destinare la parte che faceva fisica delle particelle all'INFN. La divisione fu fatta con questo “intelligente criterio”: si chiedeva a ciascuno dei dipendenti del CNEN se voleva restare al CNEN o voleva passare all'INFN. Ognuno era libero di scegliere. Io mi opposi ferocemente. A tal punto che scrissi un articoletto, pubblicato in prima pagina sul Corriere della Sera — sospetto, per intercessione di Edoardo Amaldi; in esso dicevo: “Che diavolo! Ma come si fa!”. Esiste un'officina con certa strumentazione; al suo interno c'è una logica, un rapporto di competenze per farla funzionare. Non si può chiedere a chiunque se resta o va. Se un'officina passa, passa l'officina e tutto il suo staff. E così dicasi del laboratorio di criogenia; e, per l'elettronica, non si può dire che va via il progettista e resta il saldatore. Non divideteli! Un uomo non si divide con una gamba di qua e una gamba di là”. Clementel mi telefonò inviperito: “Non permetterti! Questi non sono fatti tuoi!”. Replicai: “Ma scusa, sono il direttore del laboratorio, penso che questo modo di dividerlo non assicuri la produttività dell'una e dell'altra parte”. Tuttavia questo è quello che fu fatto.

Dopo due anni, il laboratorio che avevo avuto in mano — un laboratorio del CNEN con 820 dipendenti — divenne un laboratorio dell'INFN con soli 92 dipendenti; di cui una quarantina erano fisici teorici, un certo numero di personaggi, intelligenti, per carità, ma dimmi tu! E così fu: l'intelligente, tecnicamente orribile, politicamente dettata, divisione dei laboratori.

Dopo di che, io che avevo chiesto di far diventare il laboratorio un centro di prestigio mondiale. . . Ti saluto! Con sole 92 persone! Allora chiesi un'ira di Dio di nuovi posti di lavoro; ne chiesi non so quante centinaia. Me ne dettero 50 o 60 nell'arco di un anno. Poi iniziarono i concorsi. Svolgere dei concorsi in quel clima era ben difficile. Ognuno cercava di mettere dentro le persone che fossero, come posso dire?, legate all'ambiente. Io volevo i migliori! Ma nessuno poteva essere sicuro che fossero davvero scelti i migliori. Devo dire che la qualità della gente che si presentava era tutta discreta, però il clima non era tale che si potesse fare un esercizio tecnico, scientifico, e basta. Non era possibile! Morale: “Quando scado”, io dissi, “non posso restare a fare questo mestiere più di tanto; non sono adatto. Però, se volete, posso restare a finire questa mandata di concorsi, perchè: sono uno esterno, non sono legato all'ambiente e non sono soggetto ad un certo tipo di comprensibilissime pressioni”.

Io mi ero quindi messo a fare tutti i concorsi. Avevamo decine di concorsi, da quello per l'autista a quello per le segretarie. Mi ero messo in tutte le commissioni, tutte! Ricordo che feci l'esame di guida al mio autista; era una persona deliziosa che poi mi restò molto caro. Era originariamente un guidatore di camion, di grossi camion con cui aveva fatto il giro dell'Europa. Poi ebbe un incidente ad un braccio; guidava con più difficoltà, ma era un eccellente autista, per carità, molto curato, molto attento. Gli feci vedere come guidavo io e lui mi fece vedere come guidava lui. Vidi subito che era una persona adatta,

ma era terrorizzato perchè, secondo lui, non era raccomandato dalle persone giuste. Gli dissi: “Guarda che sei bravo, sei l’ideale per un laboratorio come il nostro: una persona capace, con esperienza, adulta ormai”. Infine vinse! Mi sono trovato a selezionare il personale cercando di mantenere un criterio di scelta da “laboratorio scientifico” ed avere solo quello come riferimento. Morale: il Consiglio Direttivo decise che non fosse il caso che io rimanessi; decisero di nominare un altro direttore. Per cui io me ne andai con i concorsi svolti a metà. Il laboratorio poi crebbe molto lentamente nel tempo. Devo dire, con il senno di poi, che quelle decine di anni sono state necessarie; il laboratorio è ora molto sano.

Quello era un periodo molto difficile.

Aspetti, ne feci un’altra grossa! All’epoca in cui dicevo: “Resterei a completare i concorsi, perché sono una persona difficilmente ricattabile od influenzabile...”, io ero un ricercatore al massimo livello dell’INFN. Tutti si aspettavano che chiedessi di essere rimandato a Pisa. Eh, no, eh! Restai lì per altri due o tre anni. Proponemmo una nuova iniziativa strumentale di grande rilievo per il laboratorio. Era un esperimento per una macchina ad alta luminosità — ALA — che chiamammo “Magnetic Detector for ALA” — MDA. Un esperimento magnetico per studiare la zona di energia intorno ai 2.2 GeV; qualcosa, quindi, del tutto simile al futuro DAFNE, anche se la motivazione culturale era allora più debole.

Non conoscevo affatto questa iniziativa.

Furono gli anni in cui questa grossa macchina fu progettata dal gruppo Macchine di Frascati. Il gruppo comprendeva il sottoscritto, Enzo Iarocci — il mio secondo —, Paolo Giromini e Paolo Laurelli,— che diventò anche lui, più tardi, direttore di Frascati — un grossissimo gruppo. Misi insieme tutte le forze. Poche balle! Noi volevamo una macchina, noi volevamo fare un esperimento a Frascati. Tenemmo duro per due anni. Ricevemmo l’approvazione, però, ogni anno, veniva rimandato il finanziamento: “Quest’anno non ci sono ancora i soldi... , ma te lo faremo fare! Un anno, due anni... Quando arrivammo poi al ’79, avevo già visto il bilancio di previsione per l’anno successivo, era settembre, ottobre, non mi ricordo più. Andai a Fermilab, ad una conferenza internazionale, con questa situazione, io e Paolo Giromini. Sapevamo che, anche per quell’anno lì, per l’anno ’80, non sarebbe giunto il finanziamento per far partire questa nuova macchina e con essa il nuovo esperimento. A Fermilab ci avvicinarono in parecchi, in particolare, io fui molto corteggiato da alcuni teorici e da altre persone del laboratorio: “Guarda che adesso faremo un collider più energetico di quello di Rubbia, vedrai! Vieni, vieni, vieni!”.

A 46 anni andare in America? Ho rifiutato di andarci a 30 anni. Ci vado a 46 anni a fare ricerca, dopo esser stato direttore di laboratorio? Non è poi così banale ricominciare da capo; è vero che era fisica adronica, in cui avevo molta esperienza, però mi ero occupato di fisica $e^+ e^-$ per gli ultimi 5 o 6 anni. Comunque, sull’aereo del ritorno, Paolo Giromini mi disse: “Ma che stiamo a fare a Frascati? Ci continuano a prendere in giro. Non ce li daranno mai questi soldi! Torniamo in Italia e gli diciamo che cancelliamo l’esperimento e chiediamo invece dei fondi per andare in America”. Un casino terrificante, ti assicuro!

Perché, fra l'altro, un po' di soldi erano già stati distribuiti.

Il gruppo era formato da molte persone?

Il gruppo "MDA" era molto grosso. Ti ho citato Iarocci e tutti i suoi. Però quando io e Paolo Giromini — noi eravamo decisivi, io ero il capogruppo, lui era il secondo — dicemmo: "Noi si lascia" è chiaro che collassava l'iniziativa. Ma non era affatto chiaro che l'intero gruppo si dirigesse verso l'America. Era tutto un altro discorso!

Perché il grosso delle persone era di Frascati.

Sì, sì, erano di Pisa e di Frascati. Ci fu un grande scompiglio; mi accusarono di andare a sprecare il mio tempo perché gli americani avevano perso la partita con il CERN ed erano in ritardo di anni. C'era del vero, perché Carlo Rubbia e Peter McIntyre avevano proposto di convertire la macchina americana in collider per cercare i bosoni intermedi W e Z, ma in America avevano respinto la proposta per ragioni tecniche. Erano convinti che il vuoto non fosse sufficiente, che la macchina non fosse sicura. Carlo poi venne in Europa; Van der Meer trovò questo sistema "ganzissimo" per raggiungere, in linea di principio, una luminosità sufficiente a produrre queste nuove particelle anche a 600 GeV. Morale: lei conosce bene il successo raggiunto dal collider del CERN.

Però all'epoca — siamo negli anni '70 — questo non appariva ancora evidente.

Le grandi scoperte di Rubbia et al. mi pare che fossero del 1983. Aspetti, aspetti... Io mi ricordo che la discussione intorno al mio progetto ci fu prima, ma era già evidente che la macchina del CERN funzionava benissimo. Siamo arrivati agli anni '80. Era il settembre del '79 quando tornammo indietro e decidemmo di far saltare tutto il progetto MDA. Una delle obiezioni che mi fece la Commissione Nazionale 1° era che andavamo a lavorare su una macchina che era già stata bocciata. Ma non era proprio così, perché gli americani avevano ora una idea diversa: fare una macchina superconduttrice, un anello progettato apposta per mantenere i fasci lì per decine di ore. Il vecchio "main ring" sarebbe stato soltanto un iniettore. Comunque sia, alla fine, il mio progetto fu approvato giusto perché ero molto conosciuto a quel tempo; avevo fatto un sacco di cose, mi ero speso in mille modi. Però il finanziamento doveva essere di 1500 milioni di lire al massimo; fu anche distribuito lungo un periodo di quattro anni. Cosa che poi fu completamente dimenticata! Dopo l'approvazione, potemmo cominciare a lavorare.

A quel punto tornai a Pisa. Avevo perso tutto; tra l'altro avevo perso anche una cattedra. Infatti, durante il periodo di Frascati, avevo vinto una cattedra e mi volevano chiamare a Pisa. All'ultimo momento, quando la Facoltà stava per riunirsi, telefonai a Pisa e dissi: "Ragazzi, non posso venire, non mi chiamate, non riesco a fare due lavori; Frascati richiede molto impegno, non ce la faccio". Allora: grande scompiglio e non mi chiamarono. Dopo ciò, lasciai passare il tempo; non volevo andare in nessun altro posto, visto che avevo rifiutato Pisa. Come sede possibile restò soltanto Cosenza. Io continuai a perdere tempo e ad un certo punto mi dissero: "Se non prendi servizio, il Ministro ti radia. Prendi quindi servizio, perché, se tu prendi la cattedra, anche per un giorno, e poi

ti dimetti, non prendi quattrini, però acquisti il diritto di essere chiamato in futuro. Ma per prendere servizio dovevo prima dimettermi dall'INFN ed io questo non lo volevo fare; non potevo quindi dichiarare al ministero che non dipendevo da altri enti. Per farla breve: dopo un'altro po' mi arrivò la lettera del ministero: fui radiato!

Quando tornai a Pisa a 46 anni, avevo perso la cattedra, avevo perso il gruppo del CERN — il grosso gruppo Pisa-Stonybrook — , avevo perso la direzione dei Laboratori di Frascati — ma metti pure che quello non è ricerca, è servizio — ma come gruppo di ricerca avevo perso l'intero gruppo MDA. Tornavo io solo a Pisa, con Paolo Giromini a Frascati, che volevamo andare, io e lui, a fare il grande esperimento in America, ah, ah, ah! Da ridere! Le assicuro che l'inizio dell '80 fu veramente triste, perchè, per alcuni mesi, andai in America da solo. A Fermilab avevano messo a nostra disposizione il quindicesimo piano — l'ultimo del grattacielo — dove adesso c'è il museo dei vecchi rivelatori e dei pezzi dei vecchi acceleratori, un museo molto elegante. A quel tempo era tutto per noi, con degli studi a vetri sia a destra che a sinistra; in mezzo, tanti tavoli da disegno bianchi. Ed io andavo là a progettare con gli americani.

Io mi fermerei un po' alle soglie di questa esperienza americana. Ha parlato moltissimo; si è speso veramente molto e, se lei è d'accordo, continuerei domani mattina.

Perfetto! A domani!

Riprendiamo. Approfitterei dell'interruzione per discutere un po' sullo spirito e lo scopo di queste interviste. Come le vede lei?

Sono convinto che queste testimonianze possano essere interessanti, dal giusto punto di vista, anche per gli storici; un giorno si prenderanno la briga di esaminare il senso, le connessioni, il quadro globale che ha definito lo sviluppo di una linea culturale. Le testimonianze contengono dei dettagli che vanno a volte eliminati, ma che danno informazioni in più alla storia.

Mi spiace dire che, per l'INFN, sembra rivestire scarsa importanza che di queste cose si occupino gli storici.

Io vivo in America da tanto tempo e le assicuro che c'è una differenza notevolissima; non solo i grandi laboratori, ma tutte le università di minime dimensioni, hanno un gruppo di storici; stanno attentissimi. Io mi ritrovo a telefonare a Roma a dire: "Ma venite a vedere, sono 30 anni che stiamo facendo questo esperimento; siamo oltre 50 fisici dell'INFN, siamo stimatissimi. Se venite qui troverete che il gruppo è quasi tutto di italiani; gli italiani sono nei corridoi come dei conigli. Venite a vedere ed a raccontare!". Ti saluto, ti saluto. . .

Io lo dico da sempre: non c'è una adeguata sensibilità! Dico la verità: ho fatto questo lavoro di ricerca su Bruno Rossi; sono andata all'MIT, dove mi hanno messo a disposizione tutte le carte, 37 scatole grandi così. Ho trovato un mondo completamente diverso e molta attenzione per questo tipo di lavoro.

Mi fa piacere che ci sia qualcuno come lei che se ne occupi!

Io vivo tutto ciò sulla mia pelle e sono anche partita da una mia esperienza particolare: tardi ho scelto di studiare fisica, tardi mi sono laureata; ho deciso poi di dedicarmi alla storia della fisica. Mi è mancata la ricerca e quindi le testimonianze per me sono importanti: mi danno il senso di qualcosa che non ho fatto; per me sono fondamentali; lo dicevo a Carlo Bemporad: per me questa serie di incontri è molto interessante.

Lei ascolta tutti questi racconti e farà lei stessa una sintesi storica di quello che è successo.

Mi aggiornano continuamente e ciò influisce sulla mia ricerca. È chiaro che mi occupo spesso di storia più antica, ma l'aver ben presente quello che accade oggi in campo scientifico mi fornisce una chiave diversa per interpretare il passato. La cosa può funzionare anche all'inverso, per chi faccia ricerca attiva: da un punto di vista culturale, il riconsiderare la storia, non come qualcosa di passato e morto, ma come qualcosa di vivo e stimolante.

Almeno per quanto riguarda me, soltanto in età avanzata e poi gradualmente, sono riuscito a capire come sono connesso con le radici storiche del mio mestiere. Ma è verissimo; ripenso adesso a certe cose che mi disse Edoardo Amaldi. Condivido quanto ha detto, ma ci si mette un po' a maturare; è vero: siamo straordinariamente creature del nostro passato; è verissimo! E capiamo meglio quello che facciamo se riusciamo, in qualche modo, a collegarci al passato.

Sarebbe importante riuscire a sensibilizzare maggiormente la nostra comunità sugli aspetti storici

Le ripeto: io ho chiamato più volte Roma pregando l'INFN di rivolgere una maggiore attenzione alle nostre attività. Noi facciamo delle scoperte di maggiore e minore rilievo; ogni tanto sono di rilievo sufficiente per ritenere che debbano essere pubblicizzate; il laboratorio le segue, sa che arrivano, prepara un comunicato stampa. E noi cerchiamo Roma: "Scusate... via! Facciamo anche noi copia di questo comunicato stampa; il gruppo è in gran parte italiano". So già che, se dovessimo scoprire il *bosone di Higgs* in America, dovrò scrivere io il comunicato stampa per l'INFN, che così viene a saperlo... Ah sì! Porca miseria! Accidenti al diavolo! Va bene, ascolti: lei raccoglie i resoconti verbali delle singole esperienze vissute; io le do la mia. Non rappresento la storia del secolo, rappresento me stesso. Le racconto delle cose, tra l'altro dimenticandone alcune, tra l'altro, non raccontando nel giusto ordine di importanza e con la giusta enfasi; è una testimonianza personale. Ok?

Dunque, dove eravamo arrivati?

Eravamo arrivati al salto verso gli Stati Uniti. Però, prima di ripassare a questo, c'era una cosa su cui un po' riflettevo e sulla quale volevo fare una domanda. In tutta questa vostra attività, nella quale vi siete formati come gruppo, come capacità d'interagire e di

inserirvi nella comunità scientifica internazionale, mi chiedevo: come mai non eravate interessati ad ADONE, una macchina italiana?

Quando ADONE nacque, noi avevamo già cominciato a lavorare al CERN. Tuttavia una nuova macchina italiana era importante anche per noi, inoltre avevamo già lavorato al sincrotrone; si immagini quindi! Ci fu però un gran pigia pigia per fare quei quattro esperimenti, con Salvini che sgomitava, Zichichi che era una peste unica! Conversi che voleva il suo gruppo; da non credere! Avremmo dovuto andare in un gruppo dei grandi. Lì non c'è stato alcun gruppo creato dal basso; noi eravamo un gruppo di ragazzotti che voleva fare il proprio esperimento. Non sembrava proprio il posto adatto!

E devo dirle che c'è anche una parte molto significativa che avevo dimenticato di raccontare. Io restai a Frascati come ricercatore, anche dopo la fine del mio directorato e ho già citato la nostra nuova proposta ALA/MDA. Prima di ciò, durante il mio directorato, avevamo proposto un esperimento per PETRA, una macchina tedesca di maggiore energia di quella di ADONE. L'INFN era disposto a finanziare una parte consistente dei costi di uno dei rivelatori di PETRA e ci furono due proposte, una di Giorgio Salvini — carissimo amico, sia ben chiaro — ed una, spinta da me, che proponeva per PETRA un rivelatore, di dimensioni maggiori, ma concettualmente simile all'MDA proposto in seguito per ALA; il rivelatore per PETRA era evidentemente più grosso e con campi magnetici più intensi; il solito disegno a 4π e con le simmetrie simili a quelle dell'evento.

C'erano così due iniziative e l'INFN faceva pressione sugli italiani perché diventassero una sola proposta. Noi volevamo fare il nostro esperimento, ma l'INFN decise, in Consiglio Direttivo, che avrebbe finanziato il gruppo di Salvini. Da DESY — e questa è una primizia — insistettero perché io non ritirassi la mia proposta; dicevano: “Non ti preoccupare! Va avanti, non rinunciare...”. Che fare? Perché i tedeschi, sono sicuro... Sicuro? Non lo so! Ero convinto che volessero approvare l'esperimento dei giovani, in ogni caso.

C'era il rischio di una crisi nazionale! Poi Giorgio è un carissimo amico. Era piuttosto la struttura mentale che, al solito, dominava nella zona di Roma: c'era una gerarchia e sono i capi che fanno gli esperimenti. Da noi pisani, diciamo: “con le scarpe rotte”, i giovani più “cattivi” si lasciano passare. Incidentalmente: questo fu uno stile impostato molto da Carlo Franzinetti! Carlo è andato a pescare un Giorgio Bellettini, che ha fatto una tesi di laurea in spettroscopia o poco più, mi dica lei... Va bene, avevo una formazione buona, però, alla tesi, avevo un po' deviato. Ero stato recuperato alle particelle, ma studiavo le lastre nucleari; guardavo al microscopio. Quindi: robetta rispetto alle tecniche moderne. “No, no, tu vai a Frascati, arrangiati, impara e fai un esperimento di elettronica!”. Tutti questi ragazzi, quattro ragazzi brillanti, ma fra i 25 ed i 28 anni, a fare un esperimento da soli! A Frascati, quando c'era da dividere il tempo macchina del sincrotrone, io me le ricordo ancora le epiche battaglie per avere più ore di Salvini! Poche storie! Quindi è chiaro che lì, a Roma, c'era una visione del tipo: “Sai? la periferia... Università piccole che vogliono crescere!”. Adesso Pisa è una istituzione importante nel nostro campo, ma allora non c'era proprio niente. Quindi, in quel clima lì, si arrivò a proporre un esperimento a PETRA; noi che eravamo ragazzi, un gruppo meraviglioso, ragazzi capacissimi. Adesso sono tutti dirigenti dell'INFN, incluso Enzo Iarocci, prima direttore di Frascati, poi pre-

sidente dell'INFN, Paolo Giromini, che è un mostro di capacità, e via ad andare. Allora, ritirai la mia proposta; naturalmente Salvini fu approvato dall'Italia, ma non da DESY, perché DESY approvava gli esperimenti solo se c'era una collaborazione che assicurasse la copertura finanziaria. Allora il gruppo di Salvini disse: "Noi siamo coperti al 30%; siamo pronti a collaborare con altri "; non trovò neanche una persona che mettesse l'altro 70%. Quindi: l'Italia non ha fatto il suo esperimento a PETRA! Il che fu anche un bene, perché il *top* era troppo pesante per essere prodotto a PETRA, ah, ah, ah! PETRA era un'ottima macchina, ma, sa, ci vuole fortuna ed alle energie di PETRA non c'era nessuna nuova soglia. Una volta deciso di non fare l'esperimento a PETRA, tentammo di farne uno più piccolo con la stessa filosofia, per studiare le risonanze nel campo dei 2 GeV o giù di lì. Ho raccontato tutto ciò per mostrarle come la nostra differenza di origine si sia sentita! In conclusione: non è che noi non avessimo interesse per ADONE. Avevamo studiato i poli di Regge, la diffrazione, i modelli geometrici e lo scattering; tuttavia, ADONE era una macchina italiana, caspita! Ma c'era un tale pigia pigia! Dovevi andare a lavorare con uno dei capi. Allora niente! Noi andiamo da soli, altrove!

Durante la sua direzione ci fu il triste fatto della mancata scoperta della J/ψ .

Lì non sono innocente, nel senso che se avessi avuto più sensibilità, più prontezza, forse avrei potuto io stesso incitare e dare qualche suggerimento ai miei fisici. Ero il direttore, c'erano quattro esperimenti montati sulla macchina ed ADONE funzionava da tempo a 2.8 GeV. ADONE era stata progettata per 3 GeV, ma, per risparmiare i magneti e non correre rischi, si lavorava regolarmente a 2.8 GeV.

Inoltre c'era anche quella spalla nello spettro di massa delle coppie di muoni, vista da Leon Lederman nel '72.

Dunque, dunque, quell'indizio esisteva o preesisteva. Io quella cosa lì, forse la sapevo o forse no, ma, certamente, non faceva parte della mia curiosità scientifica. Tanto è grave questa limitazione, che, viceversa, in America, Lederman decise di andare a Fermilab a fare, con un fascio più energetico, lo stesso esperimento, con due spettrometri invece che con due assorbitori — a quel tempo, a Brookhaven, le coppie di μ erano viste in maniera brutale, con dei telescopi di range! Leon Lederman voleva vedere i μ con alta risoluzione — uno non si fidava di vedere solo gli elettroni; gli elettroni sono difficilissimi da vedere, avendo un mare di fondi. Sam Ting decise invece di costruire uno spettrometro ultra potente, con due segnali Cherenkov ripetuti, studiando anche il complesso dell'evento, per essere sicuro che proprio gli elettroni fossero prodotti in modo diretto. Fatto sta che c'era un bel fermento; quella spalla fu presa sul serio da due dei protagonisti del gruppo americano. Uno proseguì con i μ a Fermilab — non si fidava di poter fare bene con gli elettroni; l'altro disse: "No, ce la devo fare con gli elettroni, resto a Brookhaven".

Noi invece a Frascati, non solo io, ma anche i quattro gruppi che erano sulla macchina, dormivamo? Che facevamo? Io avevo contatti con tutte queste persone; giravo il mondo e avrei dovuto annusare il vento. Forse avrei dovuto insistere per una ricerca di risonanze strette, tirando il collo alla macchina fino alla massima energia. La macchina successi-

vamente arrivò perfino a 3.2 GeV. Quando noi sapemmo della J/ψ , in 48 ore l'energia di ADONE fu aumentata fino alla rivelazione di questa nuova risonanza.

Ma come avete saputo della scoperta di Brookhaven?

Lo seppi perché mi chiamò una collega del gruppo di Sam Ting. Eravamo in ottimi rapporti con questo gruppo. Quando lasciai il CERN ed accettai la direzione di Frascati, era finito l'esperimento R801, di cui abbiamo già parlato. Ting invece mi corteggiò per un anno o due perché voleva collaborare con noi; voleva fare un esperimento, sempre di coppie di μ — R209 mi pare —, sempre al CERN e cambiando sala sperimentale, per poter collaborare con il vecchio gruppo di Pisa/Stonybrook. In qualche modo la collaborazione fu organizzata, con me — che nominalmente facevo parte del gruppo, ma in realtà ero ormai a latere — ed un altro capogruppo. Come risultato Ting poté collaborare con un grosso gruppo italiano; ciò gli diede il necessario “pass”, cioè la carta di ingresso al CERN. Per questa, ci doveva essere una collaborazione con gli europei; Ting non poteva conquistare da solo un'intera sala sperimentale. Collaborando con noi, Sam fece il suo esperimento; quindi diventammo colleghi molto stretti e lo siamo ancora. Quando poi mi comunicò questa scoperta, ne misi ovviamente a conoscenza i ricercatori di Frascati; i macchinisti si scatenarono per alzare l'energia della macchina, passetto per passetto, ed arrivarono quasi a 3.2 GeV. Frascati vide la risonanza in 48 ore! Noti bene che Orsay aveva una macchina con un'energia superiore a quella di ADONE; loro però ci misero due mesi; noi ci mettemmo due giorni.

Subito dopo fu scritto un articolo. Non so se conosce quell'episodio? Pubblicammo, insieme a Ting, tre lettere in successione sulla Physical Review Letters. Una cosa che la può sorprendere: se va a vedere gli articoli dei frascatani, si può divertire a trovare i buffi errori di stampa che ci sono; lo ha visto mai? Perché quell'articolo lì fu trasmesso da me, di notte, al telefono, alla collega cinese Sau Lan Wu del gruppo di Ting, in inglese. La fisica era più facile da dettare, ma quando le dicevo i nomi delle persone... “Chi? Chi? Chi?”.

Comunque tutti hanno rilevato che i nomi degli italiani sono molto spesso stravolti. Vediamo se le ritrovo il fascicolo con la storia della J/ψ .

Quando avvenne tutto ciò, da un punto di vista formale, chi doveva assumersi la responsabilità di forzare la macchina?

Frascati era lì; aveva una macchina che arrivava alla J/ψ ; c'era questo fermento in America. Noi stemmo fermi ad aumentare la statistica a 2.8 GeV. La ricerca di risonanze strette sopra i 2.8 GeV, e poi anche sotto, fu fatta successivamente. Non la facemmo in modo originale; la facemmo quando ci fu questo sconvolgimento. Io ero il direttore e non ero dunque innocente! Insomma: lei non immagina quante volte mi sono mangiate le dita! Non ha idea! Eccolo qui; ho trovato il nostro articolo sulla J/ψ . Vediamo un po': è divertentissimo!

È frequentissimo che i nomi vengano alterati, le doppie non sono mai percepite; sono cose classiche.

Guardi: “seven days from hearing to publishing”. Trovare la risonanza, scrivere l’articolo, trasmetterlo di notte al telefono. “Preliminary results of Frascati on the nature of the new resonance...”; allora, autori: Balbini Celio (Baldini Celio), Berna Rodini (Bernardini), Caton (Capon) G.S.M. Spinetti (Spinetti), Piano Mortemi (Piano Mortari), etc. ah, ah, ah! Però in sette giorni riuscimmo a fare la misura; questo dimostra che noi avevamo la “gloria” sulla punta delle dita ed abbiamo fatto quello che potevamo, ma la scoperta non è la nostra. Bene! La storia della fisica dimostra che bisogna essere svegli e anche un po’ maliziosi, perché, oltre ad avere una cultura — che non avevo abbastanza, evidentemente — in $e^+ e^-$, avrei dovuto essere più malizioso. C’è gente che quando va a parlare con i colleghi si interessa al “gossip”: Cosa succede? Questo cosa dice? Cosa vede quell’altro? Ci sono delle anomalie? In questo io non sono molto capace. Se avessi avuto la malizia di insistere con i miei amici di SLAC e di Brookhaven per sapere cosa stavano facendo, forse, alla fine, sarei venuto a sapere che c’era qualche novità che mi nascondevano; oppure avrei maturato anch’io il desiderio di andare a vedere ad energie più alte. Là per là, sembrava proprio di rischiare di bruciare la macchina.

Sì, ma non veniva istintivo pensare ad energie superiori visto che, a quei tempi, la macchina si fermava lì.

Ovviamente non eravamo completamente stupidi però, visto che in sette giorni — “seven days from hearing to publishing” — eravamo riusciti a produrre la J/ψ , ciò significava che non era tanto difficile vedere la J/ψ , se fossimo andati a cercarla. Ora interrompiamo questa lunga e non trascurabile digressione sul perché non ci siamo interessati a ADONE.

A quel punto avevo collezionato un notevole numero di insuccessi. Il laboratorio era stato ridotto da 820 a 92 persone. Avendo insistito perché fossi io a creare il nuovo laboratorio ed a controllare tutte le nuove assunzioni, era stato invece scelto un nuovo direttore. Era stato tolto di mezzo il Bellettini dalle commissioni di concorso. Ero restato a Frascati per andare a PETRA e per PETRA c’era stato uno scontro con l’INFN. Avevo proposto una macchina per Frascati: “Questa sì, perché sei in casa; ma non ti diamo i soldi!”. A un certo punto sono tornato ai colliders adronici; a un certo punto mi sono ricordato che venivo dal CERN e al CERN, in qualche modo, sono tornato, andando a 45 anni in America con Paolo Giromini, da soli. Perché fummo noi soli. Io andai a Pisa dall’America nel settembre del 1979. Ormai avevo perso la cattedra, ero un dirigente dell’INFN²; avevo perso il gruppo di Pisa perché ero andato in altre direzioni, con Sam Ting. Avevo perso il gruppo di Frascati perché stavo andando via da Frascati. Non era una situazione banale da vivere! Andavo, a 45 anni, come un ragazzino, in America. Ed i primi mesi, come le accennavo l’altro giorno, erano emotivamente molto significativi. Mi facevo forza, quando andavo da solo in America in aeroplano. Andavo ad affrontare

²Giorgio Bellettini vinse, nel 1989, un secondo concorso per una cattedra di Fisica Generale e riprese la carriera di insegnante, prima per tre anni a Ferrara e poi definitivamente a Pisa.

questa masnada di colleghi che parlavano una lingua un pochino attorcigliata; io parlavo un inglese un po' britannico; adesso faccio fatica a capire l'inglese inglese, ma, a quel tempo facevo fatica a capire l'americano! Andò molto bene, perché c'era qualcosa di forte nel DNA dei pisani; per cui avemmo un'altra avventura; un'altra avventura che assomigliava tantissimo a R801, quando decidemmo di fare quell'esperimento con un 4π al CERN. Allora non avevamo altro che le nostre mani e costruimmo l'apparato, rubacchiando di notte le cose al CERN, lavorando nelle cantine del vecchio istituto di Pisa. Certo, era passato del tempo e non eravamo più degli apprendisti stregoni; però, in America, al più grande collider del mondo... Noi!

Quando io andai, all'inizio del 1980, e si capì che si creava un nuovo gruppo italiano, gli italiani laggiù erano due o tre. Non so cosa pensassi esattamente, ma certamente ero teso, nervoso, e in qualche modo, preoccupato. In realtà era poi la scintilla che creò il successo, perché questa originalità, questa avventura all'estero, nel più grande paese del mondo, ad una macchina nuova, fece sì che, nell'arco di pochi mesi, da Pisa vennero dentro al gruppo delle persone di una qualità immensa. Perché tali erano il Bedeschi di quel tempo ed il Ristori di quel tempo. Dopo pochi mesi si aggiunse Aldo Menzione. Non so quanto lei li conosca, ma sono persone che, quando vanno a discutere su come fare un esperimento o a discutere di fisica, si fanno rispettare in tutto il mondo. Sicché, in pochissimo tempo, si creò un gruppo italiano di Pisa, ed insieme, un gruppo di Frascati, importante, anche se più piccolo — Paolo Giromini a Frascati era un oriundo, non era nato lì, veniva da Pisa e prese il posto là. Nel gruppo di Frascati c'era Sergio Bertolucci, che è una forza della natura. Alla fine, i due più capaci, quelli che tiravano di più, risultarono appunto Giromini e Bertolucci. Ce ne furono anche altri che partecipavano da Frascati e sono ancor lì: Marco Cordelli, Stefano Miscetti, ad esempio. Quel gruppo crebbe però più lentamente del gruppo pisano. Il gruppo pisano, in pochi mesi, nell'estate del 1980, era già un gruppo con dei nomi di giovani molto capaci che tutti conoscevano. Dopo di che abbiamo cominciato a mettere a punto un progetto di esperimento che risentiva moltissimo della nostra esperienza. Naturalmente gli americani non erano degli ingenui, però non avevano lavorato agli ISR. Il gruppo di Stonybrook infatti non tornò a lavorare con noi e si disperse un pochino; quindi i nostri collaboratori americani non avevano mai lavorato ad un collider adronico. Per noi fu un gioco, non banale, però alla fine un successo, quello di insistere sulla geometria tipica di R801: quei coni in avanti... Sì, certo, non potevamo mettere soltanto degli scintillatori; mettemmo delle torri calorimetriche, però fatte a spicchi, che guardavano tutti la sorgente e che, in qualche modo, erano quasi una riproduzione dell'evento, come noi ce l'aspettavamo, come credevamo si sarebbe presentato.

La vostra esperienza era determinante perché avevate un buon bagaglio culturale...

Sì, eravamo certamente i più esperti! Nel progetto dei calorimetri e nella geometria generale dell'esperimento, la nostra esperienza fu decisiva. Poi avevamo persone come Aldo Menzione. Torno un pochino indietro. Quando io andai via dal CERN per andare a Frascati e finì R801, si creò un gruppo che collaborò con Sam Ting: R702. Il gruppo originale di Pisa si divise in due. Lorenzo Foà, con una parte consistente del gruppo,

andò a lavorare su un esperimento a targhetta fissa, su un fascio esterno, per approfondire quei fenomeni di correlazione che avevamo visto all'ISR. Alla fine si concentrarono su certi specifici processi di "heavy flavour", ma, nel far questo, al gruppo si unirono altri pisani che venivano da NINA e da esperienze in Inghilterra. Si creò quindi una collaborazione diversa, diretta da Foà. Quel gruppo sviluppò una nuova tecnologia, da loro molto amata, con dei semiconduttori che, secondo loro, potevano raggiungere risoluzioni spaziali di 20μ , ma forse di 10μ e forse addirittura da 5μ . . . Nel gruppo c'era anche Aldo Menzione, che aveva precedentemente lavorato al CERN con me, ma dopo si era associato a Lorenzo Foà nell'esperimento all'SPS.

Il gruppo di Lorenzo Foà era fortissimo. Parecchie di quelle persone, in particolare: Aldo Menzione e Luciano Ristori, tornarono con me in America e portarono con sé l'esperienza fatta su queste nuove tecnologie e su questi silici. Erano assolutamente convinti che i silici potessero essere fatti molto leggeri, molto sottili, in modo da non perturbare troppo l'evento: si vogliono misurare le tracce, si vogliono rivelare le particelle, ma l'ideale sarebbe misurarle senza "toccarle". Naturalmente non si può fare; loro però dicevano: "Qui non c'è bisogno di gas, non c'è bisogno di pressione; se tu fai una camera contenente gas, c'è bisogno di un bussolo, delle pareti, c'è un sacco di metallo. Tu fai invece delle striscioline di mattoncino sottili sottili e ci stampi sopra dei depositi di metalli: sono proprio sottili!". Ed aggiungevano: "Scusa, ma noi possiamo fare un rivelatore di vertice e vedere subito, dopo un paio di centimetri, le possibili tracce vicino al loro punto di nascita. Lì, se ci sono particelle instabili, si vedono!". Si sapeva già che c'era il *beauty*; si sapeva che si potevano studiare il *charm* e il *beauty* in quel modo, vedendo meglio dove nascevano e vedendo, in sostanza, il loro decadimento.

Questi rivelatori li avevano iniziati a fare per il precedente esperimento?

Li avevano fatti per l'esperimento a targhetta fissa. In realtà, a quel tempo, noi avemmo due proposte. La prima era di mettere dei rilevatori di silicio dentro i tubi a vuoto della macchina, per misurare gli eventi di scattering ad angoli molto prossimi al fascio. Questo era il proseguimento delle misure di scattering elastico che sono anche legate alle misure di sezione d'urto totale. Facemmo un po' di queste cose, però, alla fine, dentro il vuoto della macchina non ce li mettemmo. I rilevatori di silicio furono infilati in certi pozzetti — che noi chiamavamo "pozzetti romani" — che sono però fuori dal vuoto della macchina; in certi punti della macchina si fanno delle flange con dei "tombac" — tubi flessibili a soffietto che possono entrare dentro o fuori la ciambella del collider. Ogni soffietto regge un cilindro a tenuta di vuoto, in cui c'è l'aria, ma dietro c'è il vuoto; quindi questo cilindro penetra più o meno, avvicinandosi al fascio. Uno lo tiene fuori, mentre sta iniettando dentro la macchina, quando il fascio è grosso; quando il fascio è ben focalizzato e piccolo, ci si va vicino, ma sempre restando fuori dal vuoto! Questa fu la soluzione adottata; infatti, per alcuni anni, noi misurammo di nuovo, al collider di Fermilab, lo scattering elastico, lo scattering diffrattivo. Ciò era un seguito delle misure che avevamo fatto all'ISR per studiare il comportamento della sezione d'urto totale in funzione dell'energia. Alla fine quelle misure furono fatte con tecnologie miste in cui i silici non dominavano più; infatti,

una volta fuori dal fascio, ci sono altre tecnologie, più economiche e semplici, con cui si possono tracciare le traiettorie con risoluzione spaziale sufficiente. I rilevatori che usammo avevano degli strati di silicio, ma avevano anche delle normalissime camere a deriva.

L'altra proposta di utilizzo dei silici — che poi divenne quella vincente e che ancora oggi è applicata — fu quella di fare un rivelatore di vertice; per carità, non in avanti stavolta, ma a 90° : un cilindro, composto da vari strati attorno al tubo della macchina e al punto di interazione, in cui erano assemblati dei mosaici di questi rilevatori di silicio; si potevano quindi misurare le tracce appena fuori dal tubo della macchina. Facemmo una battaglia che durò un po' di tempo; la proposta di questi silici, sia in avanti che attorno al vertice, si trova nel "design report" dell'81. In un paio d'anni, '80, '81, noi scrivemmo insieme agli americani un progetto di esperimento e lì sono riportate diverse discussioni e specifiche qualitative. La proposta era abbastanza interessante; tutta la collaborazione — che era a quel tempo italiana, giapponese, americana, circa 85 persone mi pare — accettò di inserire tale rivelatore. Non era ancora un disegno tecnico, con specifiche e costi; c'era solo un'idea di come farlo. La realizzazione tecnica di questo benedetto rivelatore di vertice andò avanti abbastanza velocemente, anche se ci furono litigi e discussioni su come realizzarlo, preservando al meglio le caratteristiche dell'evento. C'erano preoccupazioni sullo spessore dei materiali e la possibile generazione di interazioni secondarie. Inoltre il rivelatore doveva essere molto resistente, perché non si può andare tutti i giorni a toccare "la pancia dell'esperimento". L'elettronica di lettura non era, a quei tempi, particolarmente robusta e doveva inoltre essere posizionata in una zona radioattivamente "calda". Le dimensioni del rivelatore erano piuttosto piccole. Per prepararlo ed installarlo ci mettemmo grosso modo 10 anni! Anni nei quali continuammo ad insistere tremendamente sulla sua importanza, sia per scoprire il *top* che per studiare la fisica del *b*. Quindi: noi abbiamo dato importanti contributi alla costruzione dei calorimetri e a questo rivelatore di tracce esterno alla ciambella dalla macchina. Abbiamo anche fatto costruzioni gigantesche, quali quelle per il rivelatore di muoni, in collaborazione con il gruppo russo di Dubna, che diede un contributo importantissimo. La rivelazione dei muoni si basava su degli scintillatori di grandi dimensioni, strutturati come odoscopi, in armonia col resto dell'esperimento e posizionati all'esterno del suo nucleo principale. Demmo forti contributi anche per l'elettronica di trigger; avevamo persone esperte: Luciano Ristori, Paola Giannetti, Mauro Dell'Orso, fisici che avevano lavorato con Foà su esperimenti di targhetta fissa e che avevano acquisito una forte competenza in elettronica.

Dopo un po', l'esperimento era chiaramente un esperimento in cui gli italiani, senza presunzione, avevano avuto un enorme impatto: perché erano tutti lì, erano tanti, erano esperti... La macchina ebbe dei ritardi, però alla fine funzionò. Eravamo da cinque anni sull'impresa CDF; il secondo esperimento, D0, fu installato un po' dopo; non ricordo più quando iniziasse. Ma noi, avevamo fatto un primo periodo in cui eravamo stati soli, quindi in una posizione di grande privilegio.

Nel frattempo l'esperimento del CERN si era fermato; mi pare che il collider del CERN abbia chiuso nel '92. Noi ci presentammo con i risultati dei primi 4 o 5 pb^{-1} di luminosità alla fine del '91; erano stati dedicati, come al solito, alla ricerca del quark *top*. A quel tempo

il *top* si cercava nel decadimento del *W*, perché si pensava che fosse di massa abbastanza bassa. Se avesse avuto una massa di 40, 50, 60 GeV, in fondo, anche il collider del CERN avrebbe potuto produrlo.

Si arrivò, circa nel '91, a notare che i decadimenti del *W* erano quelli previsti dal Modello Standard e che la sua forma di riga era quella corrispondente a “nessun canale di decadimento nuovo”, senza la presenza di quegli eventi strani che si sarebbero creati se il *W* fosse decaduto in un *top*. A quel punto il collider del CERN chiuse perché il *top* risultava ancora più pesante di circa 70 GeV; se era così, la macchina del CERN non avrebbe potuto produrlo. Per la precisione: la macchina del CERN funzionava con fasci continui ad una energia nel centro di massa di 540 GeV; si poteva anche riuscire ad aumentare l'energia purché non si pretendesse di lavorare in continua, rischiando di bruciare i magneti. Si poteva lavorare a 630 GeV per un po', in funzionamento alternato, poi si dovevano raffreddare i magneti prima di ricominciare il ciclo. Insomma: il collider del CERN non era fatto per produrre particelle così pesanti. Quindi, dal '92 in poi, noi di Fermilab restammo letteralmente soli e siamo ancora soli. Per cui, capisce? È stata una interminabile vicenda che ci ha portato adesso, ancora oggi quindi, in una situazione di privilegio, in attesa di essere sostituiti da LHC, la nuova macchina del CERN che sta cominciando a funzionare.

Nel frattempo l'esperimento ha continuato a funzionare bene; la macchina anch'essa sempre meglio. Abbiamo avuto fasi di gloria quando, nel '94, saltò fuori che si vedevano degli eventi che sembravano dei *top*: dei *top* non prodotti dal *W*, ma piuttosto, erano loro stessi a decadere nel *W*, cioè molto più pesanti del *W*. Questa evidenza, in una prima fase, coinvolse principalmente un gruppetto di italiani, di Pisa, devo dire. Noi, con due miei laureandi, Marina Cobal e Sandra Leone — che è ancora qui a Pisa, ed è adesso una delle nostre ricercatrici più esperte — più un dottorando che veniva dal gruppo di Rubbia e che trovò posto da noi — Hans Grassmann — avevamo iniziato una analisi che cercava di vedere se ci fossero degli eventi di produzione di coppie di *top* che avessero delle particolari caratteristiche cinematiche, corrispondenti ad un *top* molto pesante. Insomma: lo spartiacque è 80 GeV, la massa del *W*; se il *top* è molto più leggero, il *W* decade in *top* e quark *b*; se invece il *top* è più pesante è lui che decade in *W* ed un quark *b*. E quanto avrebbe potuto essere la massa del *top*? 90, 100, 110 GeV? Chi si azzardava a pensare che sarebbe stata di 173 GeV!

C'era stata una qualche previsione?

Non si è mai potuto sapere quanto avrebbe dovuto essere; sembrava naturale, guardando la massa delle particelle pesanti già trovate, che avesse una massa un po' superiore. Rubbia, ad un certo punto, ebbe degli indizi che facevano pensare che ci fossero dei *top* di 40 GeV, ma in realtà non risultò vero.

Hans Grassmann fece la seguente osservazione interessante: “Nel decadimento di coppie di *top* ci sono due getti energetici, quindi una fortissima segnatura. Ma una cosa ancor più importante è che, se il *top* è molto pesante, viene prodotto quasi fermo. Allora esplosione da tutte le parti e noi potremmo studiare, a 90°, la distribuzione dei frammenti tipici,

per esempio, dei getti adronici; per carità, vanno benissimo anche i leptoni. Andiamo a studiare la situazione e vediamo se ci sono degli eventi con dei getti molto energetici a 90° . Il *top* può decadere in molti modi, ma, se si vedono getti a 90° , questo potrebbe costituire una loro valida segnatura, tenendo anche presente che i *top* vengono prodotti soprattutto in coppia. Fra parentesi: è di una settimana fa il fatto che siamo riusciti a vedere, per la prima volta, la produzione singola di *top*; questa avviene per interazione elettrodebole ed è di cinque o sei volte inferiore alla produzione di coppie di *top*; inoltre un *top* singolo è sperimentalmente assai più difficile da riconoscere; quando i *top* sono prodotti in coppia, i decadimenti danno origine a due *W* ed a due quark *b*, un sacco di roba! I *W* decadono e, se si fa una stima, ci si accorge subito che, per scoprire eventi strani che dimostrino che davvero è nato il *top*, conviene cercare gli eventi in cui, dei due *W*, uno decada in due getti dovuti ai quark e l'altro decada in due leptoni. L'evento è quindi sbilanciato, perché c'è un neutrino che è volato via. Un leptone isolato si misura molto bene; anche gli elettroni, quando sono molto energetici, si vedono bene. In sostanza uno andava a cercare degli eventi in una categoria definita da uno sbilanciamento dell'impulso trasverso e da un leptone isolato energetico. Mi fermo qui... Perché tutto ciò sia possibile si deve far funzionare un “*b*-tagging” e far funzionare per bene una analisi ben complessa.

Alla fine fu una delle nostre carte vincenti, come avevamo previsto dieci anni prima. Però la strada per mettere in funzione un “*b*-tagging” è stata molto lunga, anche se eravamo solo noi ad averlo. — In quel tempo era nato un altro esperimento concorrente al Tevatron, ma questo non aveva il rivelatore di vertice. Quindi, per carità, il “*b*-tagging” era la nostra carta vincente finale, tuttavia ci si sarebbe messo più tempo a sfruttarla. La proposta di Hans di ricercare un *top* massivo, emettente getti di grande impulso anche a 90° , apriva delle possibilità di scoperta più vicine. La ragione è che il fondo è associato alla produzione di getti emessi a piccoli angoli — i vecchi “secondari” di Cocconi — non a getti di grande impulso emessi a 90° .

Devo dire che Hans aveva forse una esperienza specifica derivante dal metodo usato da UA1 nella ricerca del *top*. Io, più tardi, studiando la letteratura e le pubblicazioni di UA1, mi resi conto che UA1 aveva fatto proprio una analisi dello stesso genere, cercando di vedere se c'erano troppi getti di grande impulso trasverso, in confronto con quanto atteso per il fondo. Comunque: la proposta di Hans mi sembrava del tutto sensata; mi confrontai con un giovane fisico teorico, adesso è al CERN, — Michelangelo Mangano — che era un giovane ricercatore della Scuola Normale. Discutemmo. Gli spiegai: “Guarda, se tu vai a studiare la distribuzione in impulso trasverso dei getti nel fondo, quando sei a 90° ed a 40, 50, 60 GeV, non ne trovi perché vanno solo in avanti; non riescono ad andare, al contempo, a grandi angoli ed avere grande impulso”. Quindi dicemmo: “Cerchiamo questi eventi, simulando la distribuzione di impulso trasverso dei getti adronici che ci aspettiamo, nel caso provengano dal decadimento di due grossi corpi quasi fermi nel centro di massa. Pura cinematica; conservazione di energia ed impulso... Confrontiamo poi quanto ottenuto dalla simulazione con le distribuzioni misurate”.

A livello di simulazione si vide che sì, effettivamente, bastava costruire il rapporto tra la distribuzione energetica dei primi due o tre getti, nel caso del *top*, divisa per la stessa

distribuzione, nel caso del fondo; ad un certo punto, se il *top* era molto massivo, si vedeva un eccesso in questo rapporto, dipendente dalla massa del *top*. Poi, alla fine, guardammo i dati. C'erano delle evidenti anomalie e per un anno insistemmo con la collaborazione perché si preparasse una pubblicazione. Non riuscimmo però a sfruttare il risultato del nostro lavoro; non ce lo fecero pubblicare.

Alla fine, quando nel '94, fu pubblicato il primo articolo con la evidenza del *top* ciò ebbe un enorme rilievo sulla stampa. Noi abbiamo affrontato il *top* in due fasi: nel '94 e nel '95; avevamo degli effetti che avevano molto a che fare con il numero di getti di tipo *b* che si trovavano negli eventi con leptoni e grande impulso trasverso mancante; tutto ciò tornava con quanto atteso nel caso di una produzione di una coppia di *top*. Avevamo anche un limitato numero di eventi in cui riuscimmo a ricostruire completamente la cinematica; si vedeva qualcosa di indicativo di un picco di massa sui 175 GeV, per questi due *top* ipotizzati nella ricostruzione dell'evento. In conclusione: c'era una evidenza a livello, diciamo, di tre o quattro sigma — cioè il numero di deviazioni standard nella distribuzione di probabilità, rispetto a questo effetto interpretato come fondo.

Anche lì, non si riuscì a convincere la collaborazione a combinare l'evidenza che veniva dal fatto che c'erano troppi eventi taggati *b*, con l'evidenza proveniente dal picco di massa! Noi avevamo il 2% di probabilità che il picco di massa, osservato nei 6 eventi che avevamo ricostruito, fosse dovuto ad una fluttuazione del fondo; in più, avevamo una probabilità dell'ordine del permille o meno del permille, che il numero di questi eventi taggati *b* fosse di nuovo una fluttuazione del fondo. Beh, proponemmo: “Facciamo il prodotto delle probabilità! Non ci fu verso; non ce lo fecero fare!”

Quali erano le obiezioni?

Guardi, non me lo ricordo; mi dissero: “Ma no! Andiamo troppo avanti, ci impegniamo troppo, sono in fondo due analisi separate”. Furono obiezioni del tutto analoghe a quelle espresse quando noi italiani, che avevamo fatto l'analisi puramente cinematica “alla UA1”, avremmo voluto pubblicare l'anomalia nelle distribuzioni energetiche dei getti. Una debolezza di quel nostro metodo era che non consentiva di ricostruire la massa del *top*; noi guardavamo semplicemente se c'era un flusso anomalo di questo tipo di eventi, ma non ne ricostruivamo la massa.

Ci fu un grosso momento di tensione per cui, dopo aver aspettato addirittura un anno per arrivare alla pubblicazione, pubblicammo nel '94 questa evidenza, che si basava, essenzialmente, sul numero di *b*-tags osservati in questi eventi, sul fatto che c'erano troppi flavour di tipo *b* in questi eventi, che avevano già un *W*. Separatamente fu pubblicato il picco di massa. Insisto: ciò non conteneva la nostra analisi cinematica, un'analisi più semplice, fatta prima, che dava già un indizio, ma che né ricostruiva la massa né utilizzava i *b*-tags; un'analisi, quindi, più facile da fare. Tutto ciò non fu accettato nella prima pubblicazione del 1994 sulla “evidenza” dell'esistenza di un quark *top* estremamente pesante.

Allora fu trovato un compromesso per cui, nello stesso giorno, fu pubblicata qui a Pisa una nota interna dell'INFN che presentava l'analisi cinematica e furono fatte la “press release” e la conferenza in America che presentarono l'articolo ufficiale. Quindi noi ab-

biamo l'evidenza del *top* presentata contemporaneamente in Italia, da una pubblicazione interna dell'INFN di Pisa, e in America, dall'articolo della collaborazione. L'esperimento D0 non aveva abbastanza eventi; disse: "Noi non possiamo affermare niente; non siamo in contraddizione con quello che dice CDF, ma non abbiamo abbastanza eventi". L'anno dopo, invece, anche D0, con un pochino di ginnastica, riuscì ad unirsi a noi ed a dichiarare che il *top* c'era e che era, grosso modo, sui 180-200 GeV di massa.

La vicenda della analisi cinematica che fu bloccata e sta ancora lì ad aspettare tutto il dovuto riconoscimento, tornerà fuori; perché poi con il tempo, pian pianino, la verità storica, emerge sempre. Ad esempio: il fatto che nella tesi di Marina Cobal a Pisa — che fece la sua tesi su questi eventi — e in questa pubblicazione di Pisa, ci fosse il primo indizio che c'era un *top* pesante, verrà, in qualche modo, riconosciuto. Vedremo!

Nella scoperta, giocò un ruolo decisivo il fatto che noi si potesse per benino segnalare se certi getti fossero presumibilmente dovuti a dei quarks *b* primari, che poi si vestivano da adroni *B*, decadenti con una vita media tipica. Di nuovo, questo creò un grande riconoscimento — emerso più facilmente con il tempo che immediatamente, devo dire — al gruppo italiano, che aveva voluto a tutti i costi il rivelatore di vertici secondari. Adesso naturalmente, per carità, questo è riconosciuto tutti i giorni; i rilevatori 4π dei colliders, in particolare a LHC, hanno un gigantesco rivelatore di silicio; alcuni addirittura, come CMS, hanno tutti silici. Sicché questa tecnologia è stata senz'altro di grandissimo successo. Recentemente, non so se l'ha saputo, gli americani, con mia grande soddisfazione e naturalmente con il mio sostegno, hanno attribuito un premio Panofsky — che è un riconoscimento importante nel campo della fisica strumentale e della sperimentazione nel nostro campo — a due fisici di Pisa: Aldo Menzione e Luciano Ristori. Aldo, a suo tempo, era stato il portabandiera di questo rivelatore, lo voleva mettere a tutti i costi; con l'accordo di tutti noi, che andavamo in giro alle conferenze presentando delle previsioni sull'efficienza che avrebbe avuto. Lui era quello che lo aveva, in qualche modo, vissuto, sentito come sua creatura, dai tempi di NA1, l'esperimento di Foà. Più tardi successe che Ristori, con un gruppo di collaboratori di gran classe: Mauro Dell'Orso in primo luogo, sua moglie Paola Giannetti, Giovanni Punzi ed altri, capirono che questi rivelatori, che misuravano così bene e con alta precisione i punti vicino al vertice, potevano anche essere letti abbastanza rapidamente da poter decidere se registrare o no l'evento. Quando si sta su tempi dell'ordine dei microsecondi — si arrivò a 20 μs , forse adesso a 10 μs —, si possono utilizzare questi segnali per decidere se accettare o no l'evento. È tutta un'altra categoria di eventi che si possono raccogliere separatamente! Questo permette di studiare efficacemente tutta la fisica del quark *b*. Anche nella ricerca degli eventi con quark *top* la segnalazione di vertici secondari è di importanza decisiva. Gli eventi con coppie di *top* sono solo uno su 10^{10} di tutti gli eventi inclusivi, va beh! Si può fare di meglio se si evidenzia un impulso trasverso mancante e se si identifica un leptone, che è già un buon segnale; si seleziona così una categoria di eventi in cui si trovano anche i *top*. In tale categoria di eventi, si può arrivare a dei campioni arricchiti che hanno un *top* ogni 10^4 o $5 \cdot 10^4$ eventi, ancora un tremendo rapporto segnale/fondo; sono tantissimi gli eventi che si devono studiare "off-line". Se però poi, nell'analizzare i dati, viene richiesto che qualcuno dei getti energetici

abbia un vertice secondario: eh, la peppa! Cambia tutto! Richiedo cioè che uno o più di questi getti, oltre ad avere 20, 25 GeV di impulso trasverso, abbiano un certo numero di traccette che hanno origine a due millimetri dal vertice principale. È chiaro che gli altri eventi non vengono buttati via; magari vengono registrati per fare dell'altra fisica. Ma nel campione dei dati che andrà esaminato per ricercare il *top*, se c'è la richiesta di vertice secondario, si ha una riduzione enorme del numero di possibili candidati. Si verifica una certa perdita di questi eventi; queste selezioni creano naturalmente una perdita, che però viene misurata. Alla fine risulta essere un vantaggio enorme l'aver richiesto dei vertici secondari negli eventi candidati *top*.

Luciano Ristori, con i suoi collaboratori, è riuscito a capire che era possibile sfruttare la tecnologia moderna di questi circuiti integrati, capaci di fare in un istante delle analisi numeriche dei dati entranti, per creare un trigger con i segnali dei rivelatori di silicio. A quel tempo, i rivelatori al silicio con la necessaria risoluzione spaziale esistevano già, ma non l'elettronica di lettura che fosse in grado di ricostruire i vertici secondari in poche decine di microsecondi. L'elettronica su circuiti integrati fu progettata a Pisa, le maschere furono fatte a Pisa. La produzione era basata su di un così detto "custom chip" fatto in casa; tutta la produzione dovette essere basata sullo sviluppo del chip disegnato dai pisani. Quindi questo riconoscimento è stato molto giusto! Naturalmente, poi, con il tempo, è successo anche che questo trigger, identificante i vertici secondari, abbia avuto applicazioni enormi in CDF, non solo nella fisica del quark *top*. Esso segnala infatti i *b* ed i \bar{b} sono dei quark pesanti che hanno molte caratteristiche peculiari e sono sensibili alle proprietà delle interazioni elettro-deboli. Vengono studiati nei dettagli gli adroni pesanti che contengono un quark *b*: i B_d i B_s , i Λ_b ; insomma: infinite varianti. Tutti questi *b* sono diventati una frazione considerevole della fisica del CDF di oggi; sfruttando sempre, o a livello di trigger, ma certamente anche off-line, l'informazione basata sul "silicon vertex detector". Le dirò di più: se l'*Higgs* fosse leggero, cioè fino a 130, 140 GeV di massa, decadrebbe soprattutto in $b\bar{b}$, capisce quindi subito quanto resti importante il "silicon vertex detector".

Devo dire la verità, nessuno si è azzardato a dire: "Selezioniamo un campione di *Higgs* sfruttando il silicon vertex trigger". Questi benedetti *Higgs* sono tanto pochi che, ad un certo punto, si accetta anche di usare un trigger pieno di fondo, pur di non perderli. Cioè, nella ricerca degli *Higgs*, si deve accettare di fare un grosso sforzo di analisi off-line per separare il segnale dal fondo e, a livello di trigger, si deve cercare di perderne il meno possibile. Non sono a conoscenza — credo di non sbagliare — di alcuno che veramente voglia segnalare, voglia isolare, voglia costruire un campione di dati da guardare per cercare l'*Higgs*, imponendo, a livello di trigger, un segnale di *b*; però off-line sì. Le informazioni dettagliate su come è fatto l'evento, su come sono fatte le tracce vicino al punto di nascita, si ricavano usando quei 5 o 6, adesso sono 8 punti — dopo la realizzazione di una estensione, alla quale Giorgio Chiarelli ed altri pisani hanno dato un contributo decisivo — che il tracciatore al silicio ci fornisce.

Tutta questa storia del rivelatore di vertice: il suo utilizzo iniziale come tracciatore, la sua ulteriore implementazione come elemento di trigger, è stato un trionfo interminabile. È chiaro che, pur essendo gli americani molto gelosi del loro ruolo nelle scoperte, un po' di

posto ce lo hanno lasciato. La cosa più sgradevole è stata non aver consentito a pubblicare in anticipo i risultati dell'analisi cinematica. Vedremo un po'. Piano piano giustizia sarà fatta... Però poi, successivamente alla scoperta del *top*, io fui nominato "spokesperson" della collaborazione, quindi rappresentai l'esperimento in un momento cruciale; andai in giro in tutto il mondo a raccontare questa scoperta. Poi è stato "spokesperson" Franco Bedeschi e poi ancora Luciano Ristori. Tutti pisani! Peccato però che, secondo alcuni, non si sia giocato un ruolo di rilievo nella fisica del '900. Ok... Eh! Il *top* cosa vuoi che sia? La produzione anomala con $R = 2$ di ADONE è fondamentale! Ma il quark *top*? Qui la fisica cosa c'entra?

Abbiamo molto tempo davanti, quindi immagino che la questione di ADONE sarà rivisitata...

Questa a Fermilab è stata una epopea, ragazzi! Ci sono 10 ore di volo dall'Italia; si doveva andare in un paese di gente assatanata, preparatissima; non è che uno andava in mezzo ai baluba a dire: "Io sono italiano!" Dovevi mostrare le tue vere capacità. Tutti ora conoscono i successi di CDF; adesso siamo molto rispettati ed amati dai nostri dirigenti, però non c'è stato uno storico dell'INFN che sia venuto là. Ho pregato tante volte Barbara Gallavotti: "Dai! Vieni! Ma prendi delle fotografie...". Le racconto un fatto illuminante. Abbastanza recentemente, quattro o cinque anni fa, per raccontare la storia del *top* ho chiesto al "media service" di Fermilab di procurarmi una copia del discorso che feci nel '95. Ero "spokesperson"; lo feci in una grande aula del laboratorio piena di gente. Eravamo due "spokepersons": uno era Bill Charithers, l'altro ero io. Poi c'era Paul Grannis, un mio vecchio collaboratore di Pisa-Stonybrook, che era diventato "spokesperson" di D0. Raccontammo cosa avevamo visto. Paul Grannis disse che loro, per carità, non potevano escludere che avessimo ragione, ma non avevano abbastanza dati per confermare la scoperta! Bon! Lì c'era la stampa e tutto fu registrato. Andai a chiedere copia della mia registrazione. Mi dissero: "Non c'è più" "Perchè? Dov'è?" "Si è rotta la macchina..." Aveva parlato Bill Charithers, poi avevo parlato io e poi Paul Grannis. Alla fine, tutti e tre insieme, abbiamo risposto alle domande. Tutto c'è, tranne il discorso di mezzo, il secondo degli interventi. Si era rotta la macchina... Non c'è più traccia del mio discorso in aula grande; il discorso di uno dei due spokesperson di CDF! Nel momento della evidenza per il *top*! Ma se ci fosse stato l'INFN, lei, ad esempio, la macchina avrebbe funzionato, dico io!

Ma, vede, Io sono un battitore libero...

Vede come sono andate le cose? Ma, dico io, se qualcuno fosse venuto dall'Italia, che diamine! Se qualcuno si fosse interessato a noi ed alla nostra storia! Non siamo mica Domineddio in terra, ma questo è parte della nostra storia! Le faccio anche notare che, se tutto ciò fosse avvenuto ad ADONE, quanta registrazione! Quanta stampa sarebbe stata presente! Da noi non venne nessuno! Facemmo da soli! Io copiai e tradussi in italiano il comunicato stampa. Va bene... Siamo ancora qui!

Voglio vedere cosa succede adesso che stiamo cercando l'*Higgs*. Può darsi che si veda qualche indizio; è difficile che si possa garantire una scoperta, però ci si sta lavorando,

anche adesso, con i miei studenti.

Insomma: i nostri storici potrebbero migliorare e fare un po' di più, sotto vari aspetti. Gli americani curano queste cose perché sono molto molto ricchi; inoltre, per loro, il credito è tutto; se uno non ha un certificato di credito da mostrare fa poca strada.

Sono anche molto duri; io, ad esempio, sono spesso in polemica con loro. Recentemente alcune università hanno organizzato una serie d'incontri sulla storia della fisica delle particelle nel '900; storici e fisici insieme, con testimonianze personali. L'ultimo di questi incontri si chiama "The Rise of the Standard Model", tutto quello che è emerso dagli anni '60 in poi. In un intervento, Burton Richter ha detto una frase che io ho trovato piuttosto discutibile. Faceva la storia dei colliders ed, ad un certo punto, disse esattamente questo: "In my opinion, ADA was a scientific curiosity". Perché? Perché, anche lì, chi scrive la storia, cerca di individuare il merito di una scoperta nel lavoro svolto principalmente negli Stati Uniti. Quindi, se non scriviamo noi la nostra storia e non rivalutiamo le nostre cose, gli altri avranno buon gioco a scrivere qualcosa di diverso. Io in questo sono ipersensibile; non dico che ne faccia una mia missione personale, ma cerco di fare ricerca sul lavoro e sui contributi della fisica italiana.

Tutto esattamente vero! Naturalmente, se uno si decide a fare ciò, lo deve fare anche meglio degli altri; cioè: deve essere più equo, ricordarsi anche degli altri; perché è inutile, non si combatte una improprietà essendo impropri dall'altra parte; si combatte una improprietà essendo equi. Se non lo facciamo noi, non lo fanno gli altri. Non dobbiamo dimenticare che, un anno prima di ADONE, c'era stato un collisionatore di elettroni messo in funzione in America; un collisionatore elettrone-elettrone. ADA a Frascati fu invece il primo collisionatore e^+e^- . Poche storie! La bremsstrahlung si vide; che i fasci potessero essere immagazzinati si vide! Quindi, per carità di Dio, non facemmo fisica con ADA, è evidente, però si capì che si poteva fare. "Curiosità scientifica?" Sì, perché no? Ma cosa vuol dire ciò? È forse da poco, per curiosità scientifica, studiare la realizzabilità di collisioni e^+e^- ?

*Comunque, lì, in quel contesto, la frase suonava male.
Suonava male! La capisco! Ci può essere stata malizia.*

Quando uno racconta una storia di cui è parte, bisogna che mantenga un po' di imparzialità.

Per questo io penso che, almeno a livello nazionale, il Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e l'INFN, per la parte che loro compete, dovrebbero preoccuparsi di sostenere i risultati italiani, ma nel modo il più equo possibile, rispettando quanto fatto in America, rispettando quanto fatto al CERN; bisogna piantarla con le monografie troppo chiaramente limitate e che, nel tentativo di valorizzare una sola cosa, sminuiscono le altre, di cui non si parla.

C'è da fare tantissimo, ci sono poche persone che se ne occupano, non ci sono fondi per farlo; questo è il discorso!

Insomma, insomma: il fatto che non sia venuto nessuno a seguire la fisica di CDF è riprovevole; siamo là da 29 anni ed abbiamo fatto cose gigantesche! Siamo gente dell'INFN e siamo conosciuti in America molto più che in Italia; come italiani, non come americani!

Anche la storia delle grandi collaborazioni è, di per sé, avvincente ed andrebbe seguita e studiata.

Le può interessare sapere cosa successe dopo la scoperta del *top*. Si unirono a noi vari gruppi italiani. Per primo mi sembra che entrasse il gruppo di Bologna; poi si aggiunsero quelli di Padova, Roma, Trieste ed Udine. Comunque: adesso siamo davvero una bella collaborazione!

Quindi, in termini numerici?

Abbiamo avuto un massimo di persone nel '90. All'inizio del run 2, quello cominciato nel 2001, il gruppo era molto più forte. Ciò che sta succedendo adesso è che un certo numero di nostri collaboratori si dirige verso il CERN ed il personale della collaborazione si sta riducendo. Il gruppo di Pisa rimane, grosso modo, costante, grazie all'ingresso di giovani. È certamente strano — forse un frutto del nostro modo di lavorare — che un insieme di persone, come: Franco Bedeschi, Giorgio Chiarelli, Aldo Menzione, Giovanni Punzi, Luciano Ristori, dei veri “leaders”, siano tutti ancora lì. Qualcuno ha indicato un certo interesse futuro per altre macchine o per altri esperimenti; però sono, di fatto, a lavorare a pieno tempo su CDF, allevando degli studenti. Io stesso, che sono assai adulto... , ho adesso degli studenti, uno di dottorato ed uno di laurea; forse un altro in arrivo; non sono pochi! Ed inoltre tutti gli anziani che restano. Se uno va in giro a Fermilab trova un nugolo di giovani italiani, in gran parte di Pisa, ma anche dagli altri gruppi del nostro paese. Alcuni dopo vanno al CERN, però i loro giovani li hanno mandati. La collaborazione è ancora molto giovane e, almeno nel settore di Pisa, anche numericamente in crescita. Globalmente la collaborazione è, anche adesso, molto forte e concentrata sul prendere bene i dati; la macchina funziona molto bene. Speriamo che non si rompa, perché, sa, dopo decine di anni, anche la strumentazione, in particolare gli alimentatori di alta tensione, si rompono. Non i magneti, non la macchina, ma proprio le infrastrutture esterne che servono per far funzionare il tutto: il vuoto, la criogenia, le alimentazioni, le linee elettriche. Comunque, per ora, sta andando ancora abbastanza bene: la macchina batte dei record continuamente, l'esperimento resiste assai bene.

Vedremo! Si parla di resistere fino alla fine dell'anno prossimo; qualcuno sostiene che potremmo continuare fino alla fine del 2011. Allora però LHC sarà in presa dati e quando comincerà a presentare dati, diciamo, “certificati scientificamente”, si riconoscerà che è una macchina più potente della nostra; ha cinque o sei volte la nostra energia, sicché, ad un certo punto, forse non varrà più la pena di continuare con il nostro collider. Ora come ora, siamo in una presa dati quasi interminabile ed analizzando dati di ogni genere. È stata una vicenda scientifica molto fortunata, molto fortunata!

Quando sono venuto a Fermilab, all'inizio dell'80, c'era a disposizione questo 15° piano, con tutti questi tavoli da disegno bianchi, me li ricordo ancora: sa, i tavoli su un trespolo, coperti di carta, ah, ah, ah! Si discusse e si litigò su come veramente utilizzare il nuovo Tevatron, che, a quel tempo, andava a 800 GeV; si aggiungeva, come un post-acceleratore, alla macchina calda, che arrivava a 400, forse 450 GeV. Si disse: "Queste sono due macchine, facciamone un collisionatore protone-protone asimmetrico, 450 contro 800 GeV; funziona, non c'è la complicazione di dover fare, accumulare, trasferire e poi accelerare gli antiprotoni. Noi però eravamo fieramente avversi a fare un protone-protone asimmetrico; non aveva prestigio, era un troiaio, il rivelatore era tutto bitorzolo, non si poteva proprio scegliere quella strada!

Alla fine si decise che si giocava il tutto per tutto su un collisionatore protone-antiprotone secondo il seguente schema: il preacceleratore iniettava i protoni, poi produceva gli antiprotoni e infine li iniettava. Si faceva quindi un collisionatore del tipo per UA1, o UA2. Il tutto ha funzionato molto bene. Ma, certamente, quando ancora adesso, io ascolto la descrizione dei problemi che ci sono stati, quali siano state le ragioni per cui si è perso del tempo, perché la macchina sia stata ferma un giorno... Ne sono successe di tutti i colori: c'è il linac che perde una cavità, c'è il booster che è vecchio, c'è il trasferimento degli antiprotoni da un accumulatore ad un post-accumulatore... — perché oggi c'è anche un post-accumulatore per aumentare le correnti di antiprotoni che si possono accumulare; è una macchina abbastanza solida, ma è pur sempre una macchina in più! —, poi da quello si fa il trasferimento al Tevatron dove si accelera; guardi: è una catena interminabile! Tanto è vero che, malgrado il successo sia del Tevatron collider, che, precedentemente, dell'SPS, che sono stati collisionatori protone-antiprotone — Di Lella, Rubbia; la scoperta del W — adesso si è deciso di costruire un collisionatore protone-protone; LHC è un protone-protone.

Tutto considerato, si è visto che la fisica fondamentale, la fisica a corta distanza delle interazioni più importanti, quelle rare, è la stessa sia che uno parta da un protone contro un protone, come da un protone contro un antiprotone. A quel tempo, sa, si pensava ancora che uno stato iniziale con i numeri quantici zero aiutasse la totale trasformazione di materia-antimateria in energia. Da studi fatti agli ISR, si vide però che le sezioni d'urto, quelle più facilmente misurabili, diventavano tutte molto, molto simili. Si capì che per studiare i fenomeni di altissima energia, si può benissimo partire da un protone-protone, senza preoccupazioni; non è come per e^+e^- ; è tutto un altro discorso, tutto un altro discorso! Ma, al tempo delle nostre scelte, le macchine e^+e^- erano talmente gloriose che, prima di rinunciare ad un protone-antiprotone, ci si pensava a lungo.

Le do un esempio delle difficoltà che si possono avere durante le misure a Fermilab. Una settimana fa è arrivato un fulmine che ci ha fatto saltare l'esperimento; è saltato il magnete superconduttore di CDF, è saltata l'elettronica ed è saltato il trigger. Ci sono volute quindici ore per ripartire ed anche l'acceleratore ha avuto i suoi problemi. I fulmini ci hanno messo più volte nelle grane, non è uno scherzo, in primavera succede spesso. In conclusione: adesso va tutto molto bene, facciamo la fisica del b , cerchiamo fenomeni nuovi — la fisica al di là del Modello Standard, come si dice adesso. Non abbiamo trovato

ancora niente. C'è inoltre un grosso sforzo per vedere se si riesce ad individuare il bosone di *Higgs* di cui tutti parlano. Siamo arrivati a una sensibilità che, a seconda della massa del bosone, può essere prossima a quella necessaria per vedere se c'è. È infatti in una zona molto “satanica”, perché le misure più facili anche per noi, per quanto la nostra energia sia bassa, sono le stesse che sono più facili ad LHC. Ad LHC la regione di massa preferita è fra i 250 ed i 300 GeV, con l'*Higgs* che si disintegra in $2 Z^0$ o in W^+W^- con eventi che risultano pulitissimi: soltanto bosoni intermedi e leptoni isolati; fantastico! Noi quegli *Higgs* lì, di massa così alta, non li possiamo produrre. Tuttavia, se l'*Higgs* avesse 150, 170 GeV di massa — un po' sotto la massa necessaria per decadere in due Z^0 o due W — esisterebbe la possibilità per il bosone di *Higgs* di decadere virtualmente in due W . Il canale, quindi, in cui conviene cercarlo è uno stato finale con quattro leptoni carichi, o, meglio ancora, due neutrini e due elettroni — insomma: due W . È un canale importante anche per noi, anzi è il migliore. La selezione degli eventi, anche se se ne attendono pochi, è molto più facile che con un *Higgs* leggero; quest'ultimo verrebbe prodotto più abbondantemente, però decade in due getti adronici; tutti i gatti sono bigi, tutti i getti sono uguali... non si riesce a misurarli bene, si sbaglia tutto, i secondari vanno da tutte le parti. Insomma: la spettroscopia sui getti adronici è dura!

Tutti noi pensiamo che l'*Higgs* sia probabile anche sui 120, 130 GeV di massa e non solo a 150, 170 GeV. Cerchiamo quindi tutto quello che c'è da cercare. Il Tevatron consente di produrre un *Higgs* a partire dai 115 GeV — che era il limite di LEP ; a 150, 180 GeV tutto è più difficile, perché ad alte masse si hanno sempre meno eventi. Malgrado ciò, per ogni canale che selezioniamo, possiamo stabilire un limite superiore per la sezione d'urto. Ebbene, siamo arrivati a 160, 165 GeV di massa, a dire, con il 95% di probabilità, che non si può produrre l'*Higgs* con la sezione d'urto prevista dal Modello Standard. Stiamo andando avanti a prendere dati. Si può prevedere che, se continua così e se non troviamo niente, potremmo escludere un *Higgs* anche di 170, 180 GeV di massa. 180 GeV sono due volte la massa dello Z^0 e questo canale di decadimento diviene il migliore per LHC; se l'*Higgs* non c'è a queste masse, anche LHC dovrà cercarlo a massa più bassa ed allora sono gatti bigi per tutti!

Quindi sono tutti un po' sulla corda adesso...

Sì, sì, siamo e sono molto tesi. Io, devo dire che, per quel che riguarda la fisica, non sento la competizione; sento l'interesse di andare a cercare un oggetto che risulta così fondamentale per il Modello Standard. Questa ricerca sviluppa l'intelligenza, migliora il proprio modo di fare le cose, si cerca di progredire in qualche modo. Risulta quindi abbastanza interessante: se migliori un po' questo, se migliori un po' quello, se ti viene l'idea di andare a cercare in un angolo dove prima non guardavi... Tutto questo è stimolante.

Io passo, in media, sette mesi all'anno in America; il resto del tempo sto a Pisa. A Fermilab ho il gruppo, ho riunioni continue, una pioggia di articoli di fisica da guardare o da scrivere. Poi, personalmente, cerco di seguire due o tre studenti. Abbiamo un gruppetto che ora, anche lui, ricerca l'*Higgs*. Precedentemente abbiamo studiato il *top*. E la vita continua lungo questi binari, come se dovesse proseguire uniforme anno dopo anno;

cosa improbabile naturalmente.

Mi viene da pensare che il protone-antiprotone iniziale, quello da lei visto precedentemente nelle lastre, sia ancora un tema che guida la sua ricerca.

Mi sono assai divertito a studiare quegli antiprotoni che arrivavano nelle lastre nucleari, poi si fermavano e creavano una “stella” osservabile al microscopio. Uno matura un’intuizione di questi eventi. Successivamente, lavorando con Cocconi che mi faceva vedere i suoi dati sui raggi cosmici, ho maturato un’intuizione di questi sciami di particelle; se uno, con un po’ di fatica, si porta nel centro di massa, riesce a visualizzare lo spazio delle fasi in cui sono distribuiti i secondari. Si è vero! È un po’ come dire che siamo figli della nostra storia; i nostri ragionamenti sono spesso basati su delle intuizioni e visioni ormai consolidate ed utili, non c’è dubbio. Poi dipende molto dalle persone. Io è giocoforza che mi serva della fantasia e della intuizione perché sono strumenti che in me funzionano meglio; altri si servono di strumenti matematici più forti. Andiamo avanti a studiare gli *Higgs*. Sicché se, tra un anno o due, avremo visto qualcosa, glielo farò sapere, glielo potrò raccontare.

La cosa più bella è che l’esperimento va bene e che il gruppo di Pisa è pieno di giovani. Tanti ormai non li conosco più, perché non ho più responsabilità di prima linea; sono utile, se mi chiedono qualcosa sono sempre a disposizione, però non dirigo alcuna attività del gruppo. Vengono dentro tanti ragazzi che si laureano su questo o su quello; io li conosco a malapena; saranno una trentina e sono divisi in vari filoni d’attività. Naturalmente conosco bene quei tre o quattro che lavorano con me, gli altri li ho solo visti; ogni tanto compare un viso nuovo.

Questa attività, come ricordava prima, vi ha portato ad allevare delle nuove leve.

Uno strumento che è servito moltissimo per mantenere questo flusso di giovani che vengono a fare la tesi con noi — poi qualcuno resta ancora per il dottorato ed oltre — , è stata un’iniziativa che presi tanti anni fa, non so dire quanti, forse 25. Fu quella di offrire a dei giovani studenti degli ultimi anni del corso di laurea, degli “stage” estivi, inizialmente di tre mesi — ora sono di due mesi — per mostrare come funzionava un laboratorio ed un esperimento; in questo caso un laboratorio americano, un esperimento al collider.

Finanziariamente furono applicati i più incredibili “escamotage” per reperire dei fondi; adesso questo programma di studenti estivi a Fermilab si svolge in base ad un accordo di scambio tra l’INFN ed il DOE, il dipartimento dell’energia americano, per cui l’INFN mette a disposizione dei fondi che permettono a dei giovani americani di lavorare nelle sue strutture per qualche mese durante l’estate, e viceversa per gli italiani. È stato anche reperito un fondo per i ragazzi che andavano a SLAC a lavorare con BaBar; ora la presa dati di BaBar e SLAC hanno chiuso. I gruppi italiani hanno a disposizione ogni anno un fondo per Fermilab. Anche gli americani ci aiutano; un po’ facciamo anche noi dei risparmi. L’anno passato avevamo 14 studenti che venivano dalle nostre università. Questo anno ci stiamo grattando il capo perché i candidati sono tantissimi; c’è qualcuno che ha saputo di questo programma e che viene da Torino, ma noi non abbiamo fondi

previsti per Torino... C'è qualcuno che sta facendo il dottorato in Norvegia e che vuole venire a passare due mesi a Fermilab; ci sono degli ingegneri del Politecnico di Milano che vorrebbero venire. Noi avevamo cercato solo dei fisici dei gruppi di Bologna, Padova, Pisa, Roma: i nostri allievi. Proprio adesso sono qui a cercare di trovare degli altri soldi per accrescere le nostre possibilità e poterne accettare di più. Nel complesso questa è stata veramente una mossa vincente! All'inizio mi ricordo che ero indispettito, perché cosa succedeva? Il CERN, da sempre, dà delle borse di questo genere a dei giovani che, vicini alla laurea, vogliono venire a conoscere il CERN; gli offre dei contrattini — anche quelli erano di tre mesi — pagandogli il viaggio ed una diaria del tutto decente. Mi pare che, anche adesso, ci siano sui 120 studenti estivi da tutta Europa che vanno al CERN. Ce ne erano molti anche dall'Italia ed io venivo a sapere che i nostri giovani brillanti, negli ultimi anni del corso di laurea, richiedevano di fare gli studenti estivi al CERN. Ma se le cose stavano così, noi eravamo in difficoltà e non avevamo alcun modo di attirare studenti; dovevamo assolutamente fare qualcosa di paragonabile! Quindi inventai un tipo di contratto, compatibile con le regole amministrative del laboratorio, che potesse offrire ad un certo numero di studenti — non so a quanti, a seconda dei fondi disponibili —, degli “stage” estivi a Fermilab, del tutto analoghi a quelli offerti dal CERN. Ci sono stati dei problemi perché gli americani non possono pagare il viaggio; si deve quindi compensare trovando un modo di alloggiarli gratis. Poi c'è da risolvere il problema dei visti. I primi che vennero, una venticinqua di anni fa, mi pare fossero 4 o 5, ora sono 14; ci sono stati anni in cui erano 18, anni in cui erano 12, a seconda dei soldi, oppure del numero di richieste. Adesso siamo sepolti dalle richieste; non che ce ne siano 500, però si hanno almeno 30 richieste per una dozzina di posti disponibili. Ci sono anche le domande di persone che non vengono dalle università partecipanti alla collaborazione; e in questo si pone un problema; sarebbe bellissimo accettare tutti, ma non si sa sempre come fare!

È una bella opportunità e chiaramente piacerebbe concederla a tutti i richiedenti.

D'altro canto è etico, dal punto di vista di un italiano che ha fatto il professore universitario, offrire delle possibilità agli studenti italiani; che differenza c'è tra uno studente del Politecnico di Milano o uno di Pisa? Sono uguali, se li posso aiutare sono contento! Si consideri anche il punto di vista degli americani: “Gli studenti vengono ad interessarsi del nostro laboratorio”. Però: c'è qualcuno che li deve seguire, bisogna trovare i soldi, bisogna fare il loro supervisore, bisogna garantire a questi ragazzi un programma di lavoro serio, bisogna spiegare alla loro università cosa verranno a fare. Comunque, questa è una delle cose che ha contribuito enormemente a ringiovanire periodicamente il gruppo italiano.

Che non è cosa da poco...

Capirà, capirà! Due anni fa, per esempio, ho avuto tre studenti; mi hanno massacrato, perché tre laureandi sono una cosa seria, porca miseria!

Un'altra cosa che ho fatto, che è bella, e che non so bene come tenere in piedi, è che, mi pare nel '94, mi venne in mente di creare una associazione culturale “no-profit” — ancora esistente ed ospitata nei laboratori in base a una gentile concessione del direttore.

Si chiama: “*Cultural Association of Italians at Fermilab*”, CAIF, la quale iniziò nel '94 e portò poi avanti varie attività: concerti, eventi culturali, esposizioni di documenti antichi, esposizioni di quadri. Negli ultimi tempi siamo stati anche aiutati dall'Istituto di Cultura di Chicago, che ha potuto offrire degli eventi che per noi risulterebbe troppo costoso organizzare da zero. Ad esempio, se un cantante di gran classe viene ospitato dall'Istituto di Cultura di Chicago, io posso venirlo a sapere e, dandogli qualcosa di più, cerco di convincerlo a venire a cantare una volta a Fermilab. Questa è stata una bella cosa; difficile da tenere su, devo dire. Poi consideri che gli studenti estivi sono la nostra vita e quindi una nostra priorità; difendere la cultura italiana, per carità, è una cosa a cui tengo moltissimo! Mia figlia è, fra l'altro, una musicista! Però sono tante le cose da fare e più ci si allontana dal filone principale e più uno è costretto a scegliere delle priorità. Periodicamente abbiamo degli eventi che sponsorizziamo a Fermilab nel nome dell'Italia. Uno prossimo dovrebbe essere in settembre: un collega che viene a parlare della storia di Galileo Galilei; va in città e poi viene anche da noi nel nome della CAIF. Abbiamo avuto un altro bell'esempio: il trio “La Scala” un trio di musica da camera, due violini e una viola, di una qualità eccezionale. È durissimo esaminare le opportunità, concretizzarle, trovare i denari; è anche necessario, per dare senso al tutto, fare opera di informazione, divulgazione e pubblicità; perché, sa, se uno presenta un cantante folk vengono in tanti, ma se uno offre un trio di musica da camera, deve spiegare ed essere convincente. In alcuni casi siamo riusciti a raccogliere 150, 200 persone, quando gli eventi più semplici che riguardano il folk americano ne raccolgono 500. L'attività del CAIF è una cosa che va benissimo e continuerà in qualche maniera, ma non si svolge con continuità. C'è stata una serie di iniziative isolate: quando trovo un attimo di tempo, se qualcuno mi aiuta, quando vengo a sapere di qualche cosa, cerco di organizzare un evento. In realtà andrebbe fatto più sistematicamente perché, ad esempio, si deve prenotare l'auditorium. Fermilab ha, fin dalla sua nascita, un'importante attività culturale e mette a punto un programma stabilito con un anno d'anticipo, utilizzando i giorni più normali come il sabato sera. Quindi, se uno vuole inserirsi, deve stare un po' lontano dai loro eventi; possibilmente non prendere un mercoledì sera e nemmeno la domenica; non viene nessuno la domenica.

Andrebbe tutto programmato in anticipo e io la forza di fare questo non ce l'ho; ma, in qualche maniera, una volta o due all'anno, riusciamo ancora a fare qualcosa di valido. Speriamo che ci sia qualcuno che porti avanti questa iniziativa; bisogna trovare qualcuno fra i fisici che abbia questo estro: amante della musica, amante della cultura storica, della storia della scienza. Questo intervento di uno storico su Galileo è stato fatto per iniziativa di un mio collega, Luca Introzzi di Pavia, che s'interessa di queste cose. Io non c'entro per niente, ho solo agito da tramite.

Le intenzioni del CAIF erano e sono del tutto degne! Era anche il tentativo di aiutare i nostri scienziati e le loro famiglie a inserirsi meglio nella comunità americana. In occasione di questi eventi molti italiani sono presenti, ci sono anche gli americani e fanno amicizia; come succede, se vuole, in piscina: le mamme che hanno bambini piccoli conoscono altre mamme, così invece gli adulti si trovano insieme a ascoltare la musica italiana. C'era in realtà un'ambizione anche maggiore: quella di creare un collegamento con gli oriundi

della nostra comunità italiana — c'è la "Little Italy" a Chicago — , con la quale mi misi in contatto. Avevano una piccola radio; andai a parlare con loro; cercai di farli venire per convincerli che l'Italia non è solo quella degli spaghetti e del "core mio"; l'Italia è diventata un Paese moderno, accidenti! Spiegare quale sia stata l'evoluzione del Paese; hanno una visione dell'Italia che è quella di quando sono partiti loro o addirittura i loro padri. "Insomma venite; guardate che ci sono cose bellissime; la cultura si è rinnovata" perché, poverini, sono molto orgogliosi del loro sole e del loro Paese. Sfortunatamente sono lontani, bisogna usare l'auto, non hanno la preparazione culturale adeguata per venire ad apprezzare certe cose dell'Italia di oggi; insomma: qualche problema c'è. Però, per lo meno, c'è la speranza di incentivare l'interesse per l'Italia della popolazione mediamente colta dell'area del Middle West di Chicago, quello sì. Per cui abbiamo un certo numero, un centinaio, di partecipanti; non sono di regola oriundi italiani, che sono quelli che avrei veramente a cuore. Gli italiani che sono là si sono fatti valere e si ricordano dell'Italia. Ne hanno un ricordo molto confuso; vorrei far loro capire che il Paese è diventato un Paese moderno, che c'è davvero una cultura importante, non seconda a nessun'altra. Ma, lo devo dire, di italiani oriundi ce ne sono proprio pochi. Viceversa resta il fatto che gli americani della zona vengono ad ascoltare la musica italiana, non c'è dubbio. Molto, molto carino è stato il direttore; molto carino il gruppo di direzione della "Art Series" per cui, per carità, io non gli chiedo mai di cancellare un loro evento, ma di aggiungerne, se possibile, uno mio! Chiedo il loro aiuto; quando c'è da organizzare qualcosa, uso il loro staff per prendere le prenotazioni, vendere i biglietti, preparare la sala; mi aiutano molto. Pensi a cosa vuol dire organizzare un teatro con tutte le attrezzature moderne, con la possibilità di registrare — spesso chiedo la registrazione, per conservare una traccia di queste iniziative — , un teatro da 850 persone con i suoi parcheggi esterni. Tutto questo me lo danno gratis!

Ma al solito: venga, venga su anche lei! Passi un anno a Fermilab e venga ad occuparsi di queste cose. Sarebbe bellissimo che ci fosse un po' più di gusto per tutto ciò e delle forze umane un pochino più abbondanti, per insistere su questo programma ed arricchirlo. Vedremo un po', perché, sa, poi anche io... Sto ancora bene, però non ha senso andare oltre un certo limite. Sono certo che, quando io mi toglierò di mezzo, il programma di studi estivi continuerà nel laboratorio; se le sue macchine avranno un futuro, continuerà; io non sono necessario; il programma è troppo importante, è troppo stabile, è ormai consolidato. Ah! Un'altra cosa che è consolidata è la "Festa Italiana" perché non mi sono mancate le iniziative! Deve sapere che, una volta all'anno, ci sono due giorni in cui si tiene l'*"Annual Fermilab Users Meeting"*. C'è un incontro in cui tutti gli utilizzatori, gli americani naturalmente, ma tutti, anche noi quindi, si riuniscono a Fermilab. Il primo giorno si assegnano premi, poi c'è qualche celebrazione; si esamina lo stato del laboratorio, lo stato della ricerca in America; viene qualche mammalucco da Washington e qualche altra persona importante. Viene fatto un rapporto generale sull'andamento della ricerca e una sintesi dell'attività e della situazione politico-scientifica del laboratorio. La sera del primo giorno c'è la solita mangiata di ali secche di pollo, di hamburger e salsicciotti che loro fanno sempre — il loro cibo, guardi, è una cosa orribile! — Allora io ho pensato di inserirci una festa italiana. Devo dire che, originariamente, è nata indipendentemente

da questo “Annual Users Meeting”. Da qualche anno è correlata. Alla base la solita idea: come facciamo a farci conoscere bene da questi americani? Allora organizzai, una volta all’anno, la così detta “Festa Italiana” in cui prendiamo in uso la grossa “barn” di Fermilab, del villaggio insomma e in qualche modo offriamo un po’ di cibo italiano. I primi anni c’erano alcune signore che facevano le lasagne in casa, i dolcini in casa, il tiramisù, queste balle qui! I vini italiani li andavo a cercare da tutte le parti. Poi c’erano esposizione di disegni, di quadri; un tentativo di fare delle “auctions”, delle pesche di beneficenza, per fare qualche soldo, perché queste cose costano! In qualche maniera, ha avuto un certo successo; adesso è abbastanza stabile, si è pensato quindi di spostarla e farla in una sera in cui ci siano molte persone. La sera più indicata è la prima sera in mezzo ai due giorni dell’incontro annuale di tutti gli utilizzatori; allora, negli ultimi anni, con un contributo piccolino, devo dire, ma decisivo, del laboratorio, noi organizziamo questa festa italiana, dopo le varie cerimonie. Ci dobbiamo stringere un po’ perché le cerimonie includono addirittura dei discorsi di grandi politici, magari alle otto di sera; dopo c’è la cena, ma, alle nove e mezza, la gente scappa dai loro salsicciotti e viene nella “barn” dove noi diamo polpette, pasticceria di ogni genere, vino italiano, musica italiana. Abbiamo messo da parte tutta una serie di CD e DVD con tante visioni dell’Italia. Due anni fa, era l’anno di Enrico Fermi, misi anche due “displays”; in uno c’era un ricordo di Enrico Fermi, che ebbi da Roma, mi pare, e nell’altro c’era una sequenza di visioni italiane. Per cui si vedeva la torre di Pisa, il Colosseo, le gondole, tante bellissime cose. . . , dei quadri, la Pietà e così via. E quindi, in questa grossissima sala, una “barn” americana appunto, quelle che servivano per i fienili, la gente viene e si abbuffa di cose che sono straordinariamente superiori alle loro! È come se non avessero mai mangiato! Grande battaglia per la grappa; la grappa, non so perché, in America è considerata preziosa, una piccola bottiglietta costa 40 dollari. Non si può! Allora si tratta. Uno non può comprare il vino da sé, deve comprare il vino attraverso i fornitori ufficiali di Fermilab; ma la grappa no! È una questione morale! Noi diamo cibo, diamo pasticcini in abbondanza, diamo tanto vino italiano bianco e rosso; c’è naturalmente anche la birra, che non è italiana in quel caso, e la grappa, che è una questione che tratto io personalmente, in una qualche maniera opportuna, insomma!

Quindi queste sono le cose che accadono; la festa italiana c’è ogni anno, c’è stata fino ad adesso e stiamo cercando di trovare degli altri ragazzi che continuino ad organizzarla; c’è un paio di ragazzi giovani che hanno detto che erediterebbero volentieri la funzione di “leadership” ed il controllo della gestione di questa festa. Vediamo se lo fanno quest’anno, perché voglio gradualmente passare il testimone, come è già successo per il programma degli studenti estivi e come appare opportuno per la festa italiana. Molto più difficile è trovare chi accetti l’eredità della Associazione Culturale; questa è più difficile da gestire, perché? Perché obiettivamente lo è! È però ancora in vita, vedremo. . . Negli anni ho fatto amicizia con qualche cantante di musica operistica, che, quando viene a Chicago, si rende disponibile. Abbiamo fatto delle belle cose! Le vedono soltanto perché le facciamo noi; è vero che ne facciamo poche, ma certe cose a Fermilab le vedono solo perché le facciamo noi italiani!

Queste attività, che in qualche modo promuovono la cultura italiana, sembrano concludere il discorso su questa esperienza americana.

Quello che io spero è che ci sia una evoluzione oltre questo grande laboratorio. Dal punto di vista della strategia del nostro mondo, si spera che si possano tenere insieme tre poli oltre a quello americano, uno al CERN, uno fortissimo in Giappone ed almeno uno nell'Est. Poi, sa, c'è la Corea che pigia da tutte le parti, la Cina che vuole la sua macchina; crescono: facciamo quello che vogliono. L'America ha chiuso tutte le attività di alta energia di tutti i suoi laboratori tranne che a Fermilab e dice: Fermilab sarà l'unico nostro, ma uno lo vogliamo per fare fisica delle particelle. Naturalmente, per farlo, si devono fare delle cose di avanguardia; per ora sono alla avanguardia col Tevatron; quando LHC funzionerà il Tevatron chiuderà e non sarà così banale. Quindi, si tratta di vedere che genere d'investimento possano fare, se trovano spazio. Si è parlato a lungo, qualche anno fa, di fare un collisionatore lineare di elettroni e positroni — ognuno dice la sua, ognuno lo vuole nel suo continente — però gli americani dicevano di volerlo fare a Fermilab. Si vedrà, perché questo collisionatore costa 10-20 miliardi di dollari netti; in realtà poi quanti saranno? Non ci vuole niente che costi 20 miliardi! Sono tanti soldi! Siccome per raggiungere un'energia alta si deve fare un acceleratore lunghissimo, diviene un problemonone! Si fa fatica ad arrivare a quattro o cinque volte l'energia di LEP2; LEP2 fece 200 GeV; arrivare a 1000 GeV, arrivare a 1 TeV è dura. Quindi è una macchina che ha una energia limitata, mentre si vorrebbe esplorare un campo di energia molto più grande della macchina precedente. Una macchina che faccia il triplo di LEP2 sembrerebbe essere ragionevole. Salvo che si è chiarito il mondo dell'energia sotto il TeV e sembra che la nuova fisica, se c'è, sia tutta ad energie dell'ordine dei TeV. Per decidere sul come proseguire si aspetta a vedere se si hanno degli indizi più chiari, per esempio: si trova l'*Higgs* ad LHC, si trovano fenomeni nuovi, qualitativamente nuovi. Però potrebbe anche succedere che, nell'arco di tre anni da oggi, quando noi saremo ancora a Fermilab almeno come gruppo analizzatore di dati — forse il Tevatron sarà stato chiuso — si capisca che sì, la macchina e^+e^- si può anche fare e l'America la vuole. Se l'America la vuole, tutti litigheranno e poi si farà in America!

Nel qual caso, questo gigantesco fiorire di attività italiana — 100 fisici, a un certo punto, negli ultimi 30 anni, partendo da quei 2 o 3 che erano sparsi nei vari gruppi quando andai io nell'80 — non sarà andato a zero, avrà certo avuto una flessione, ma poi riprenderà. È chiaro che se ci sarà la nuova macchina, la tradizione degli italiani continuerà, non c'è alcun dubbio! Ma non siamo ancora sicuri che la macchina si farà. Gli esperimenti che si possono fare, in assenza di una nuova grande macchina, per carità, sono importanti, ma sono sempre esperimenti di alta precisione, dei gioielli di raffinatezza, o esperimenti sui neutrini che si fanno anche al Gran Sasso, che si fanno anche in Giappone. È difficile pensare che noi resteremo tanto numerosi, tanto entusiasti o tanto giovani, se non c'è una nuova macchina. Ma non è escluso che ci possa essere ed allora — non so bene, a questo punto, se io sarò ancora lì — la tradizione continuerà molto spontaneamente, dal Tevatron collider alla nuova macchina; è del tutto sicuro! Speriamo che, tra dieci anni, con un po' di fortuna, le possa raccontare tutto ciò, ah, ah, ah! Siamo negli ultimi anni di raccolta

dati con un sacco di statistica; tutti sono assatanati a vedere se si trova questo *Higgs*; ogni tanto vengono fatte delle misure importanti, come la scoperta dei processi in cui il *top* viene prodotto per via elettrodebole, da solo insomma. Non sono gli *Higgs*, ma sono sempre dei pezzi di bravura e sono sempre significativi.

Scoperte rivoluzionarie non le abbiamo ancora fatte. La scoperta del *top* è stata una cosa importante, ma, se ci pensa bene, il *top* è stata una grossissima scoperta perché è stato orrendamente difficile trovarlo; una massa mostruosa che decade in sei corpi, di cui almeno quattro sono getti adronici; eh la peppa! Non ci si arriva facilmente, è un macello trovarlo!

Però alla fine, nei libri, resterà soltanto l'espressione dello stupore per una massa così grande. Questa massa è sicuramente di origine dinamica, ma è strano che una particella puntiforme risulti così difficile da smuovere. Se uno la vuole creare, la deve creare facendo uno sforzo simile a quello necessario a smuovere un camion!

Al di là di tutto questo, stiamo evidentemente studiando molte delle proprietà del *top*, per esempio: se davvero ha carica $2/3$. Ci si metterà un po' di tempo, ma sembra di sì. Stiamo studiando se le distribuzioni angolari alla produzione corrispondano allo spin che deve avere ed al meccanismo di produzione del quale abbiamo già parlato. Insomma: tutto sembra tornare! Ovviamente stiamo studiando se davvero decada sempre in Wb ; si devono studiare i parametri, lo spin, la massa, la carica e poi che le proprietà di interazione siano quelle previste dal Modello Standard. Cerchiamo di vedere se la sezione d'urto sia, grosso modo, quella prevista, se le distribuzioni angolari siano quelle previste. Si possono misurare meglio i rapporti di decadimento; quando al CERN si studiava lo Z^0 si andò a vedere se la sua larghezza fosse proprio quella prevista per soli tre neutrini. Così stiamo facendo noi e controlliamo che tutti i modi di decadimento del *top* siano nei rapporti giusti. Sono cose importanti che andranno nei libri, tuttavia sono cose che non fanno altro che consolidare il Modello Standard. Quindi la grande scoperta non si vede ancora e devo dire la verità: è estremamente improbabile che venga fatta a Fermilab. Se uno fosse in procinto di fare una grossa scoperta che cambia tutto, dovrebbe avere degli indizi già da ora. Abbiamo degli indizi, ma sono tutti un po' inconsistenti e con grosse fluttuazioni. Alla fin fine, la cosa grossa che potremmo ancora fare è di dare indicazioni che davvero l'*Higgs* esista e che abbia una certa massa; quindi: non soltanto escludere certe masse.

Questa è una cosa, per carità, importantissima, ma siamo sempre lì, all'interno del Modello Standard. È vero che è una sua estensione. L'accoppiamento che dà le masse a questi bosoni ed a questi quarks è una maniera in più di completare il Modello Standard; è una certificazione di un nuovo settore del Modello Standard.

Il *top*, dicevo prima, era una cosa naturalissima del Modello Standard: tutti i quarks formano coppie e decadono gli uni negli altri, proprio come fossero dei doppietti; insomma: scoperto il *beauty* era ipotizzabile il *top*. Devo dire che è stato importantissimo fare questo enorme sforzo e pezzo di bravura per inchiodarlo, però, era ovvio che ci doveva essere l'ultimo quark, capisce? In un certo senso, per me, l'eventuale scoperta dell'*Higgs* è ancora più importante del *top*, perché avremmo capito che davvero la rottura delle simmetrie avviene in quel modo; lo abbiamo ipotizzato da 20 anni! Sarebbe ora interessante se si

scoprisse qualche indizio di una nuova dinamica; si parla di centomila cose — su cui non la voglio annoiare — ma, in realtà, non c'è alcuna evidenza sperimentale! Una scoperta rivoluzionaria, come appunto una nuova dinamica, sta nelle mani di LHC. Dopo ciò, può darsi che Fermilab riviva con un nuovo investimento.

Io non so che altro dirle adesso! Ora questa signora gentile dovrà trascrivere tutto questo; io ci lavorerò per ripulirlo, completare i nomi, vedere se ci sono date sbagliate, ma penso che il testo debba rimanere intatto, restare quello che è: la trascrizione di una conversazione in libertà.

Carlo Bemporad³

Carlo Bemporad nasce a Roma l'11 Marzo 1936. Studia a Roma laureandosi nel 1959. Collabora per un breve periodo ad un esperimento sulla fotoproduzione di K^+ nel gruppo di Lucio Mezzetti. Si trasferisce poi a Pisa nel 1961 su sollecitazione di Carlo Franzinetti, partecipando alla preparazione di un esperimento per il sincrotrone di Frascati non ancora in funzione. L'esperimento porta alla misura della vita media del mesone π^0 tramite l'“Effetto Primakoff”. Vincitore di una borsa Fulbright passa il periodo 1964—1965 a Boston presso la Tufts University e il Cambridge Electron Accelerator collaborando con Richard Milburn al primo esperimento di “Backscattering Compton” per la produzione di γ di alta energia monocromatici e monoenergetici. Ritornato a Pisa esegue nel periodo 1965—1967 un esperimento per la misura della vita media del mesone η^0 sempre tramite l'effetto Primakoff alla macchina DESY di Amburgo. Si trasferisce poi al CERN come Research Associate lavorando nel periodo 1967—1971 ad esperimenti di produzione coerente di stati adronici su nuclei nel gruppo di Aldo Michelini e Werner Beusch. Ritornato a Pisa, progetta ed esegue un esperimento di seconda generazione ad ADONE, fra il 1971 e il 1978, nel quale viene studiata la produzione di J/Ψ e si ricercano altre risonanze strette. Dopo un altro periodo passato al CERN, ricercando particelle supersimmetriche e studiando la produzione di γ ad alto impulso trasferito in collisioni adroniche, ritorna a Pisa e prepara l'esperimento MACRO — una collaborazione fra Università italiane e statunitensi — per i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, nel periodo 1983—2000. L'esperimento ha ricercato i monopoli magnetici ed i collassi stellari gravitazionali; ha studiato i raggi cosmici di altissima energia e le oscillazioni dei neutrini ν_μ . L'esperimento successivo, eseguito presso la centrale nucleare di CHOOZ in Francia fra il 1993 ed il 1998, ha posto dei limiti stringenti sul parametro θ_{13} relativo alle oscillazioni neutriniche. L'esperimento MEG, iniziato nel 1999 al Paul Scherrer Institut in Svizzera e tuttora in corso, ricerca indizi di violazione del sapore leptonico nel decadimento $\mu \rightarrow e\gamma$. Carlo Bemporad è divenuto Professore Ordinario nel 1977 prima a Lecce e dal 1981 a Pisa. Ha svolto corsi di Fisica Superiore, Fisica Nucleare e delle Particelle Elementari, Astroparticelle. Preside della Facoltà di Scienze dal 1984 al 1987. Presidente della *Commissione Scientifica Nazionale 2* dell'INFN dal 1999 al 2002. È stato membro di varie commissioni scientifiche. Ha ricevuto un premio dell'Accademia dei Lincei per la fisica del neutrino. Fellow della European Physical Society. Ordine del Cherubino e Professore Emerito dell'Università di Pisa.

Cominciamo come sempre dall'inizio: luogo e data di nascita.

Aihmé!... 1936 a Roma, ah, ah, ah!

A me piace spesso sentire qualcosa sulla propria famiglia, sui propri genitori; le impressioni e gli stimoli che ne ha avuto.

Direi una famiglia borghese; Lamberto, mio padre, era ingegnere e ha lavorato per vari anni con la Terni, a Terni appunto. Dopo essersi sposato, si è trasferito a Roma e ha

³Registrazione effettuata a Roma, 13 Luglio e 5 Agosto 2009.

lavorato essenzialmente in edilizia costruendo parecchi palazzi, come socio anche di un'impresa più grande. Naturalmente tutto questo è finito quando nel '39 sono state emanate le leggi razziali perché ha dovuto smettere di lavorare, a parte quello che poteva fare sotto nome altrui; questo forse ci ha permesso di tirare avanti abbastanza. Mia madre, Sara Castelnuovo si è laureata in archeologia con Giuseppe Lugli e si è sposata giovanissima; io sono nato subito dopo. Mia madre non ha esercitato in nessun modo; come all'epoca era più comune, si è occupata essenzialmente della famiglia. Parlando dei primi anni, devo dire molto chiaramente che non ho particolarmente sofferto per le leggi razziali, almeno direttamente; sono stato molto protetto da miei. Naturalmente non ho potuto frequentare le scuole pubbliche; sono stato chiaramente un ragazzo molto solo; non si potevano avere amicizie... Le cose sono andate peggio nell'ultimo periodo precedente alla liberazione di Roma da parte degli americani. La famiglia si è smembrata; mio padre ha vissuto nascosto fra le montagne abruzzesi; mia madre, che tra l'altro era incinta, è stata nascosta in una clinica di Roma e io sono stato nascosto, per circa un anno, — sotto il nome di Carlo Torricelli — in un collegio romano⁴. Gli effetti di tutto questo sono durati anche un po' dopo la guerra. Io mi considero rinato alle scuole superiori; è stato un periodo veramente felice. Ero bravo e faticavo pochissimo ad essere bravo, quindi me la sono proprio goduta; il liceo è stato proprio piacevole. Non così l'Università!

Come è avvenuta la scelta di fisica?

È avvenuta, diciamo, per una passione nata in corso d'opera, perché io ho cominciato l'Università come ingegnere. Uno aveva veramente lo stimolo a fare cose che lo mettessero in condizione di diventare indipendente il prima possibile; cioè: non era proprio ammissibile che uno non cercasse di darsi da fare... Io non riesco a capire — anzi, tempo fa, ho chiesto a mia madre di scrivermi una specie di resoconto su quegli anni difficili — come ha fatto la mia famiglia a sopravvivere durante tutto il periodo del quasi non lavoro di mio padre; proprio economicamente... , come hanno potuto tirare avanti. Devono avere fatto sacrifici veramente notevoli! Quindi, c'era certamente una spinta a cercare di darsi da fare, magari in forme ingenu... Noi, anche per ragioni economiche, abbiamo vissuto tutti insieme nella stessa casa, con i miei nonni; la cosa ingenua era che i miei nonni mi dicevano: “Tu impara a fare il radiotecnico; il radiotecnico è un mestiere assolutamente richiesto” e mi ricordo che mi spinsero — ero alle medie e durante le vacanze estive — ad andare a lavorare con un radiotecnico. Ci ho lavorato per qualche mese ed alla fine ero disgustato. Era una bravissima persona, ho imparato a fare le saldature e qualche altra cosa, ma, secondo me, quello del funzionamento reale della radio capiva veramente poco! Dopo il liceo, cominciai a seguire ingegneria; mio padre era ingegnere: “Mestiere che permette di fare molte cose, edilizia ed altro, di grande preparazione...”; solamente che io cominciai a frequentare il “pedagogaggio” di fisica che faceva Carlo Franzinetti. Devo dire che i veri corsi di Fisica Generale erano svolti da Edoardo Amaldi e Giorgio Salvini, ma io ricordo di aver seguito pochissimo le loro lezioni perché erano talmente surclassate

⁴Per quel che riguarda la mia famiglia allargata, 8 persone, fra zii e cugini, furono deportate.

dal pedagogaggio. . . , non per una questione di bravura dei docenti di Fisica Generale, ma per questioni di impegno reale per imparare le cose. Tenga presente che il pedagogaggio impegnava sei ore settimanali molto intense; eravamo cinque o sei persone e stavamo là a fare esercizi, uno appresso all'altro, quindi veramente molto impegnativo. Tra l'altro, in questo periodo, ciò era un di più rispetto ad ingegneria; uno imparava veramente a maneggiare la fisica, almeno quel tipo di fisica. Fu talmente appassionante che dopo un anno decisi di trasferirmi a fisica. Con qualche discussione in famiglia: "Ma ci hai pensato bene? Ma dopo che fai. . . ?"

Perchè allora la fisica non era tanto considerata come una vera carriera.

Forse no, ma era anche molto popolare. Insomma, dopo la guerra, la bomba atomica, Fermi e tutte queste storie qua. . .

Questo era già venuto alla ribalta.

Il sogno di diventare un fisico era certamente presente in tutti i ragazzi impegnati. Ho però anche lavorato; credo di essere uno dei pochi che lavorava insieme a seguire fisica; infatti, all'inizio, non sono stato uno studente particolarmente bravo; sono migliorato quando ho smesso di lavorare. In questi tentativi di rimettersi in piedi, mio padre mise su una elio-zincografia — riproduzione di disegni tecnici e preparazione di cliché per stampa — cose che ora si fanno molto meno. Poiché continuava a fare il costruttore, ad un certo punto mi disse: "Ma senti, bisogna che questa cosa la segui tu"; quindi mi sono trovato, per un annetto buono, a dover andare in giro a cercare lavoro. Io, all'epoca e forse ancora adesso, ero una persona abbastanza timida e questo affare di andare in giro a bussare alle porte e cercare di spiegare a qualcuno i vantaggi di passare a fare le cose con noi, mi metteva di fronte a risposte come: "Io mi trovo molto contento con quello che sto usando ora"; ero assolutamente paralizzato da questo tipo di cose. Mi impegnava e poi, insomma, sentivo di fare qualcosa per la quale non ero portato! Andò avanti per un po', poi mio padre fu costretto, anche per ragioni economiche, a liberarsi di questa faccenda e quindi ha liberato anche me, in qualche modo. Ho potuto dedicarmi molto di più alla fisica; d'altronde era praticamente impossibile, se uno voleva veramente impegnarsi, fare altre cose.

Riguardo agli studi stiamo andando proprio molto in dettaglio; mi fermi se le sembra che mi dilunghi troppo! Come ho già detto, il periodo universitario non è stato particolarmente felice. Eravamo poche persone, sparse ai quattro capi di Roma, ci si vedeva poco; ci si vedeva a lezione, era difficile studiare insieme. Questo è avvenuto più tardi, quando finalmente ebbi una "Vespa". Ma eravamo tutti abbastanza isolati.

Eravate anche pochi. Quanti eravate realmente?

Non ricordo bene, probabilmente sei o sette persone. Liavrà, almeno in parte, conosciuti. C'erano Luciano Paoluzi, Sergio Tazzari, Valerio Rossi, Giuseppe Trautteur, Silvia Iona, Paolo Loizzo. Tutte persone molto molto brave!

Che anni erano? Tanto per avere qualche riferimento.

Io mi sono laureato nel '59. Ci siamo tutti laureati in quell'anno; come dicevo, la socialità nel periodo universitario non è stata granché, non è stato un periodo felice; fra l'altro lo studio era molto impegnativo. Ma l'interesse per la materia è cresciuto talmente che è diventato una vera passione, quindi, in qualche modo, compensando gli aspetti meno simpatici.

Quali sono i corsi che l'hanno più colpita?

Certamente i "pedagogaggi" di Carlo Franzinetti.

Questi erano proprio all'inizio, nella prima fase di base. E quelli specialistici?

Beh, no; i pedagogaggi sono durati 2 anni, poi ho ancora avuto Franzinetti al terzo anno, nel corso di Spettroscopia, anch'esso interessante. Poi il corso di Enrico Persico che non ho apprezzato subito...; ovviamente l'ho sentito, studiato ed approfondito — però è la solita differenza che c'è con i corsi puramente teorici, anche adesso; i corsi teorici hanno contenuti ben definiti, che uno studia dalla A alla Z, ed a quel punto sa. Il corso di Persico, Fisica Superiore, era più spezzettato, toccava una quantità di argomenti che in realtà sono parte importante della cultura fisica, ma a me sembravano un po' troppo slegati, un po' troppo dispersivi.

Era forse un discorso di cultura più generale.

Persico era una persona di grande cultura! Era già abbastanza anzianotto; forse non ho conosciuto i suoi aspetti più brillanti. Stavo appunto rileggendo un ricordo di Enrico Persico scritto da Edoardo Amaldi, dal quale emergono degli aspetti a me allora ignoti. Oltre alle dispense, Persico usava un vecchio libro — Georg Joos, Theoretical Physics; esiste ancora ma non è più usato. C'era di tutto dentro; lui non lo seguiva, però lo spirito era quello del corso.

Quindi Persico, e poi?

Persico l'ho in realtà apprezzato dopo, e devo dire che il mio corso migliore, che ho tenuto per molti anni — "Fisica Superiore", lo stesso insegnato da Persico — aveva certamente uno scheletro che era un po' ad imitazione di Persico; è anche il corso di cui sono più contento, più profondo, che è stato anche abbastanza apprezzato dagli studenti. Poi ho dovuto fare dei corsi di Fisica Nucleare e simili, che mi interessavano, ma Fisica Superiore era davvero un bel corso!

Quindi ha avuto un "imprinting" senza rendersene realmente conto. Interessante! Chi altro ancora?

C'era Marcello Cini che era veramente una cosa incredibile! Cini ci ha fatto un corso piuttosto avanzato — fisica pione-nucleone, relazioni di dispersione, etc. — Entrava, cominciava a svolgere una lezione e si bloccava dopo cinque minuti. Stava davanti alla lavagna, cercando di sbloccarsi, e non c'erano versi... , andava fino alla fine dell'ora così!

Quindi, come docente non era proprio apprezzabile; però le sue lezioni scritte — le dispense, anche quelle devo dire, con parecchi errori — erano estremamente più avanzate di quello che si faceva in altri corsi. Quindi Marcello Cini era una persona interessante, ma non era un modello di docente. L'ho incontrato poi in altre occasioni.

E Bruno Touschek?

Touschek lo conobbi dopo, molto dopo. Fece a Pisa un corso di perfezionamento, mi sembra di Meccanica Statistica. Ma le do una delusione su Touschek; non l'ho apprezzato particolarmente allora; ero probabilmente troppo ignorante per apprezzarlo. Sto pensando ad altri; c'erano Italo Federico Quercia, Ruggero Querczoli, Brunello Rispoli, Sebastiano Sciuti. In realtà, guardi — questo lo posso dire perché poi mi sono trasferito a Pisa; Franzinetti mi fece venire a Pisa — Roma era un posto pieno ancora dello “spirito di Fermi”. Fermi è stata una persona eccezionale ed anche eccezionali erano alcuni ancora in giro, come Amaldi e Persico.

In che senso parla dello spirito di Fermi?

Beh, era una maniera di fare fisica, di fare lo sperimentatore ed il teorico; insomma: c'è poco da fare, persone come Amaldi e Persico se lo portavano dietro. Tuttavia molte delle persone presenti nell'Istituto di Fisica erano molto più normali. Molto più normali, ma, come dire, con una pretesa di nobiltà non proprio giustificata. Persone rispettabili, ma che non mi ispiravano particolarmente. Ripenso a Lucio Mezzetti, un fisico con il quale sono stato legato e con il quale ho fatto la tesi. Era bravo, ma non eccezionale. Soprattutto era poco concreto; sembrava non avesse una stella a cui rivolgersi. Tuttavia era una persona preparata! Giorgio Salvini, ecco Salvini...! Però non tanto come docente, perché, come ho detto, non ho seguito granché né lui né Amaldi. Li ho seguiti nel Corso di Perfezionamento. Salvini insegnava il corso di “Tecniche Nucleari”; la prima cosa che faceva — cosa che ho ripetuto come un pappagallo, ah, ah, ah! — era di spiegare cosa volesse dire la parola “Tecnica”. Mi ricordo vagamente, qualcosa come: “Parola greca, l'arte del fare”. Il titolo “Tecniche Nucleari” faceva pensare che uno dovesse imparare a fare le saldature; non era così! Era l'arte di fare gli esperimenti. Gli ho scritto le dispense insieme a Luciano Paoluzi e Sergio Tazzari; furono anche i primi quattrini che vidi, provenienti dalla fisica. Una volta Salvini ci chiamò nella stanza e disse “Ah!, avete fatto le dispense, bene, bene!”. Ora non mi ricordo minimamente la cifra che ci allentò, ma insomma una cosa modesta, e disse infatti qualcosa del genere, poi: “Vi può far piacere...” e ci allentò una busta... ah, ah, ah! Poi naturalmente arrivò una borsa di studio, ma, insomma, quello fu il primo quattrino legato, in qualche modo, alla fisica. Salvini colpiva per il suo spirito imprenditoriale; era una persona fattiva, un realizzatore! E poi, a quell'epoca, per ragioni di tesi, ho cominciato a lavorare a Frascati; si vedeva che era un laboratorio che girava intorno a questa figura.

La scelta della tesi fu determinata da che tipo di considerazioni?

C'era il sincrotrone che doveva entrare in funzione. Franzinetti mi consigliò di fare la tesi in un gruppo che stesse preparando un esperimento per questa macchina. Entrai nel gruppo di Mezzetti. All'epoca venivano a Frascati, anche per lunghi periodi, parecchi americani: Albert Silverman, John DeWire, Robert Wilson, Allen Odian, Robert Walker, Ricardo Gomez, Boyce McDaniel. Nel gruppo di Mezzetti c'era un professore dell'MIT, Luis S. Osborne; Mezzetti disse a me ed a Sergio Tazzari: "Mettetevi a lavorare con lui". In realtà abbiamo lavorato da soli perché Osborne si considerava in vacanza; però ci dette una idea per un esperimento e l'idea non era malvagia; si trattava di un esperimento sulla fotoproduzione di K^+ , — che oggi non avrebbe grande interesse — ma senza usare uno spettrometro magnetico. Uno spettrometro avrebbe certamente permesso l'esperimento, ma costruire uno spettrometro era molto più lungo ed impegnativo. Disse: "Proviamo a fare questa misura, senza usare uno spettrometro magnetico". Allora io e Tazzari, anche per questioni di ambizione, pensammo: "Finalmente abbiamo le mani libere, dobbiamo costruire qualcosa, è il nostro esperimento", veramente, direi proprio, con una grande ambizione. Lavorammo come cani, veramente come cani! Quando mettemmo l'apparato sul fascio a Frascati, appena entrato in funzione il sincrotrone — dovemmo aspettare un pochino — si scoprì che l'esperimento era sommerso dai fondi e che non c'era versi di rimediare! Osborne guardò un po' all'oscillografo e poi disse: "Sì, non ha funzionato!". E va beh! Non ha funzionato...! Per noi fu una delusione, veramente grande! Quindi, dopo questa delusione, io me ne andai a Pisa, dove ero stato precedentemente invitato da Franzinetti. Gli telefonai e gli dissi: "Qui le cose non vanno; c'è ancora quel posto che mi avevi offerto?" Mi rispose di sì.

Come mai Franzinetti era andato a Pisa?

Aveva vinto una cattedra. Successe che i gruppi di Conversi e Salvini, per ragioni legate al sincrotrone, si trasferirono da Pisa a Roma. Salvini portò via tutto il gruppo che aveva progettato il sincrotrone; Conversi si portò dietro le persone che aveva a Pisa e che erano tutte persone molto brave: Carlo Rubbia, Luigi Di Lella, Alberto Egidi e Marco Toller.

Quindi Pisa si era un po' svuotata!

Pisa si era svuotata, gli unici gruppi che restavano erano quelli di camera a bolle con Luciano Bertanza, Paolo Franzini, Italo Mannelli e Vittorio Sivestrini. Poi c'era un gruppetto di Gabriele Torelli che faceva un piccolo esperimento di elettrodinamica a Frascati. Il resto era sparito. Io il gruppo di Conversi l'ho conosciuto a Roma. Erano dei ragazzi agitatissimi, molto più agitati di quanto non fossero le persone nell'ambiente romano. Nella stanza accanto alla mia, si sentivano i litigi tra Rubbia e Di Lella, ah, ah, ah! Come dicevo, io restai deluso dalla storia dei K^+ e me ne andai. Il gruppo di Mezzetti è in realtà andato avanti perché c'erano delle persone giovani e impegnate come Guido Finocchiaro e Carlo Schaerf, che, di fatto, ebbero carta bianca da Mezzetti. Ma fino a che ci sono stati solo Lucio Mezzetti e Marcello Beneventano non facevano un passo avanti. Le ragioni erano probabilmente storiche. Questa gente si era formata con esperimenti di raggi cosmici; non

aveva esperienza di macchine e non aveva la mobilità che serviva ad affrontare i nuovi problemi. Li hanno affrontati in maniera non efficace. L'esperimento di Mezzetti, dopo un po' di tempo, glielo tolsero di mano.

Cosa stava facendo?

Doveva fare un esperimento di fotoproduzione di π^+ .

La classica cosa che si faceva all'epoca.

La classica cosa che poi ha lasciato, secondo me, il tempo che trova. Insomma: uno capisce il significato degli esperimenti che fa, solo dopo molto tempo. Comunque fecero delle belle misure e l'esperimento ha prodotto in maniera significativa. Questo ha preso tempo però, in parallelo al mio trasferimento a Pisa. Guido Finocchiaro è una persona geniale, non voglio dire come Ettore Majorana, suo conterraneo; con qualche stranezza... , ma una persona geniale. Mi ha anche aiutato un pochino nella tesi, insegnandomi la "Tecnica del Filo" per la misura delle traiettorie di particelle in campo magnetico. Ho sempre avuto l'impressione che, con l'occasione giusta — non è ben chiaro cosa intendessi con giusta — avrebbe potuto fare grandi cose! È divenuto professore a Stonybrook ed ha fatto veramente degli ottimi esperimenti al CERN ed in America.

Lei mi ha detto che il suo trasferimento a Pisa è stato particolarmente felice!

Sì, perché, allora, l'ambiente di Roma era abbastanza opprimente. Uno doveva dipendere da Salvini, da Amaldi, da Conversi; non si spostava foglia senza che loro intervenissero! Certo, uno poteva essere aiutato a fare le cose, a trovare fondi, ad esempio. Se servivano fondi, a Roma si trovavano in maniera più semplice che non altrove, però, insomma, la libertà era poca.

Persone molto autorevoli, molto influenti, condizionanti!

Ma c'era anche la volontà di esserlo; non era solo una questione di atteggiamento. Carlo Franzinetti ci fece venire a Pisa — Giorgio Bellettini, Carlo Bemporad e Lorenzo Foà — ma non ci condizionò minimamente. Lo dico anche in quel ricordo di Carlo Franzinetti che ho scritto qualche tempo fa. Ci disse: "Se venite a Pisa troverete che qua le cose sono più difficili, poche storie! Però sarete liberi!" E questa libertà l'abbiamo usata appieno; abbiamo veramente operato con volontà di emergere! Faccio un esempio su come si operava. Nel magazzino di Pisa non c'era mai nulla; se ti serviva un cavo coassiale e lo andavi a chiedere, ti sentivi rispondere: "Che cosa è? Mai visto un cavo coassiale...". Naturalmente sto un po' esagerando. Ma cosa si faceva? Si prendeva un biglietto per il CERN; si andava al magazzino del CERN a prendere il cavo coassiale; tutto così! Era anche il periodo in cui certe persone si erano trasferite al CERN, per esempio: Luigi Di Lella. Quindi c'erano gli amici... Andavi da loro e chiedevi. "Va bene, ti aiuto io". Il magazzino del CERN, all'epoca, era una specie di cornucopia per tutti. Si ripartiva con quanto serviva, cercando, in tutti i modi, di abbreviare i tempi. Quali sono stati i vantaggi e gli svantaggi? Effettivamente abbiamo avuto libertà completa, e ci è andata bene! Non

c'erano però più persone che insegnassero. Quello che avevamo imparato, avevamo imparato — Roma mi ha senza dubbio dato una preparazione decente! — ma a Pisa c'erano poche persone alle quali si potesse chiedere. . . Franzinetti era un fisico di gran classe che, all'epoca, si occupava di camera a bolle, non di elettronica; quindi certe cose non le sapeva.

Quali erano gli altri riferimenti?

Beh, c'era Adriano Gozzini, ma si occupava di altre cose. Come teorico presente in Istituto c'era Elio Fabri, una mente agile e con il quale si poteva parlare. Per un certo periodo c'è stato Ernesto Corinaldesi, serio e bravo docente, dal quale ho potuto imparare un po' di moderna teoria dei campi. C'erano dei vecchi fisici intelligenti, come Tullio Derenzini, Cosimo De Donatis e poi Nestore Cacciapuoti ad esempio, ma non più attivi in ricerca. Posso dire che nella sperimentazione reale da noi affrontata siamo stati degli autodidatti; con dei risultati anche interessanti! Ho avuto il piacere di fare il primo esperimento a Frascati con elettronica a transistors e c'erano gruppi ben più forti ed esperti del nostro. Una cosa positiva: Frascati ci ha accolto, abbiamo potuto fare un esperimento, uno dei migliori che sia stato fatto al sincrotrone. Cosa che non è avvenuta con ADONE; con ADONE non c'era versi, se uno doveva lavorare a quella macchina doveva entrare nel gruppo di Conversi o nel gruppo di Salvini o nel gruppo di Zichichi. Un po' era il fatto che il numero di esperimenti possibili intorno ad un anello di accumulazione è piccolo, ma un po' era perché l'organizzazione era quella! Dopo aver fatto un buon esperimento al sincrotrone, anzi: riconosciuto come ottimo esperimento, non riuscimmo ad accedere alla prima fase di ADONE.

In che anni avete lavorato a Frascati? Chi eravate?

'62—'63; nel '64 erano proprio le code. Siamo andati a Pisa nel seguente ordine temporale. Il primo è stato Bellettini da Roma; Giorgio aveva studiato a Pisa, poi malauguratamente estromesso dalla Normale, si è trasferito a Roma e ha cominciato a lavorare con il gruppo di Amaldi; poi è stato richiamato a Pisa. Cosa che ha fatto Carlo Franzinetti: ha richiamato tutte persone abbastanza brave a Pisa. Poi sono arrivato io da Roma. Poi Lorenzo Foà ha cominciando a collaborare da Firenze; aveva un posto stabile a Firenze, ma stava la maggior parte del tempo a Pisa. Poi Pierluigi Braccini che ha partecipato un po' dopo perché stava lavorando con Torelli. Ha preso parte all'esperimento, però non l'ha costruito. Devo dire che considero la costruzione uno degli impegni principali di un esperimento, particolarmente arrivando in un posto nuovo e dovendo metterlo su. Poi, molto dopo, sono entrate persone che forse ha incontrato: Tarcisio Del Prete, Carlo Bradaschia. Insomma, all'epoca erano gruppi di poche persone; il nostro era un minigruppo! Facemmo questo esperimento — la misura dell'effetto Primakoff — ispirato da Giacomo Morpurgo, bravo teorico amico di Franzinetti. Era un esperimento interessante ed originale; noi abbiamo veramente fatto la prima misura della vita media del π^0 . Insomma, anche nei confronti di quello che si faceva negli Stati Uniti — dove avevano tentato l'esperimento e l'avevano fallito — fu un bel successo; un bel successo che ha giocato sulla nostra carriera in maniera importante; quando siamo andati in America o al CERN eravamo quelli che

avevano misurato la vita media del π^0 . . . In aggiunta al Primakoff abbiamo fatto anche un altro esperimento. Era una misura di fotoproduzione di π^0 a grandi angoli, una misura più standard che produsse buoni risultati, ma che adesso non si può più considerare importante. I risultati dell'effetto Primakoff sono invece rimasti. Mi ricordo che Bellettini, che aveva una sensibilità politica notevole — essendo molto attivo politicamente, collegato con il partito comunista — diceva: “L'effetto Primakoff è il prosciutto, l'altro esperimento sono le fette di pane; se ci va male il Primakoff ci restano almeno le fette di pane”. Sempre in tema di sensibilità politica, devo dire che la famiglia Bellettini era veramente da ammirare. Il padre era morto anni prima; io ho conosciuto la madre, che era una persona imponente anche da un punto di vista fisico, un “carabiniere”. L'ho conosciuta quando ero ospite di Giorgio a Pisa; lui era sposato mentre Foà ed io non ancora, quindi eravamo talvolta invitati a casa sua a mangiare lasagne e tortellini. Era stata chiaramente il pilastro della famiglia; una famiglia molto modesta, ma i figli sono tutti emersi in un modo veramente impressionante. Giorgio è un fisico importante, poi il fratello maggiore era medico primario a Bologna; un altro fratello, in campo letterario, era uno specialista di popolazioni; io ho letto un suo libro su questo argomento. Come hanno fatto ad emergere così? Dovevano avere tutti una carica notevole. Quindi, dicevo che Giorgio è stato molto attivo politicamente, faceva vita di sezione, andava alle manifestazioni e si faceva menare — o menava. . . , non lo so! — Mi vengono in mente le cose più strane adesso, ah, ah, ah! Giorgio era convinto che un fisico avesse una importantissima funzione nella società, cioè era l'“Elite” ed aveva quindi anche delle ingenuità. Ad esempio, non mi è mai più capitato di essere chiamato dagli altoparlanti della stazione Termini: “Il professor Bellettini, sta cercando Carlo Bemporad! Che si presenti!”; cose del genere, insomma: buffe!

Comunque era un po' un'epoca eroica; mi ha sempre colpito il fatto che quando trasportavano i pezzi del sincrotrone c'era la scorta della polizia. C'era una grande attenzione su queste cose, uno lo vede anche dalla televisione. I fisici avevano un po' un senso di “onnipotenza”.

Io non sono mai stato impegnato politicamente; la ragione di fondo è forse che non credo alle “religioni”; sono un osservatore attento di quello che succede, ma non sono irregimentato, quindi le persone fortemente ideologizzate non le capisco appieno. Giorgio è sempre una persona impegnata nel sociale, però, poche storie, le cose nel tempo sono cambiate. Tuttavia ci sono delle cose che lui ha fatto ed io forse non avrei fatto! Io borghese e lui che, in un certo senso, ha dovuto forse faticare di più. Per esempio, durante la preparazione dell'esperimento Primakoff, lui cercò di far fare gli studi universitari ad uno dei nostri tecnici, il più bravo — Claudio Cerri, che ha poi fatto una ottima carriera nell'INFN. Cominciò a studiare fisica e lo abbiamo aiutato tutti nel gruppo; alla fine ha preso una laurea ed ha continuato con noi per un po'. Giorgio lo ha spinto a studiare anche per ragioni di principio: aiutare una persona volenterosa ad affermarsi; io forse non avrei preso l'iniziativa. Le “ideologie” hanno talvolta ricadute positive!

In questi primi esperimenti avete avuto un grande successo, con risultati assai concreti.

Si è creato fra di voi uno stretto legame. Tutto è stato gestito completamente da voi?

Questo sì! Devo anche dire che — questa è una cosa più generale di Pisa, non solo del nostro gruppo; dal nostro gruppo poi si sono formati altri gruppi, c'è stata una proliferazione — ci siamo sempre aiutati anche quando fortemente conflittuali. Cioè, rispetto a Roma, la sensazione che ho è che Pisa sia stato un posto dove la conflittualità non è mai arrivata a essere distruttiva; c'è sempre stata una forma di rispetto reciproco. Un esempio, anche se adesso faccio dei salti temporali: il "68". Dopo il '68, a Giorgio Bellettini è stato richiesto di fare il direttore di Frascati. Gli è andata malissimo, naturalmente non dal punto di vista scientifico, ma perché era l'epoca in cui il personale passava al CNEN ed i laboratori, di conseguenza, restavano fortemente sguarniti. Giorgio era stato messo là anche perché si supponeva avesse buone relazioni con i sindacati. Ahimè, sono entrati in conflitto nero e alla fine Giorgio ha praticamente dovuto dimettersi. Però, per diventare direttore di Frascati aveva dovuto dare le dimissioni da professore universitario. Quindi ha dovuto rivincere una cattedra e si è ritrovato scoperto, nel senso che non aveva più persone con cui lavorare, né a Pisa né a Frascati. Mi ricordo che Lorenzo Foà lo ha aiutato a rimettere su un gruppo — Lorenzo era assistente in Normale ed un suo concorrente — gli ha segnalato degli studenti, spinto due o tre persone nella sua direzione, ricostituendo un gruppo insomma. Non so se Bellettini lo abbia detto nella sua intervista; io però l'ho visto accadere. Non sono tanti i posti dove questo avrebbe potuto succedere! Poi, naturalmente, Giorgio, basandosi su questo gruppo ha iniziato queste attività a Fermilab che sono state splendide! Secondo me Pisa ha avuto dei comportamenti che hanno permesso alla fisica sperimentale pisana di affermarsi, specialmente all'estero dove Pisa ha dominato. Roma è stata incentrata su Frascati per anni ed anni e solo successivamente, in una posizione più secondaria, è entrata al CERN o in altri esperimenti in America. Ma Pisa è stata la capofila di questi impegni all'estero. Quando siamo andati ad Amburgo, a DESY, siamo stati aiutati da Amaldi. Amaldi era veramente una persona che conosceva tutta la comunità dei fisici europei; era stimato da tutti, bastava una sua parola. Era amico di Willibald Jenschke, il direttore di DESY, e ci facilitò l'ingresso in quel laboratorio.

Quando avvenne questo?

Successe dopo che ero stato in America, direi nel '65.

Mi parli di questo soggiorno negli Stati Uniti.

Ah sì, questo è stato importantissimo, anche se di breve durata, un po' più di un anno. Allora gli esperimenti duravano relativamente poco. Il periodo di preparazione era più lungo dell'esecuzione dell'esperimento, ma poi la raccolta dei dati in un anno, un anno e mezzo, si faceva. Frascati ci ha preso tempo, perché a Pisa eravamo in una situazione di vuoto totale; dovemmo cominciare da zero, imparare le tecniche, imparare a progettare ed a costruire le cose. Sono poi potuto andare in America tramite Franzinetti che conosceva David Frisch, professore all'MIT di Boston. Perché periodo importantissimo? C'era un salto enorme tra quello che era l'Italia in quel momento e quello che erano gli Stati Uniti. Gli Stati Uniti uscivano da una guerra vittoriosa in cui la fisica e l'elettronica

avevano fatto un balzo in avanti. Quando uno arrivava lì, gli si spalancavano gli occhi! Non era solo quello che avevano, ma era l'organizzazione. Avevano un modo di fare le cose che noi dovevamo ancora imparare e forse non abbiamo mai imparato, visto che in Italia continuiamo ad essere piuttosto confusionari — forse Salvini era diverso, perché aveva un periodo americano dietro le spalle. Era il tipo di organizzazione, il tipo di livello che bisogna raggiungere perché, mettendo insieme i pezzi, tutto arrivasse a comporsi armonicamente. Quindi quello là è stato un periodo importante. Io ho lavorato con Richard Milburn alla Tufts University ed al Cambridge Electron Accelerator. Molte delle persone con le quali sono stato in contatto erano molto brave, molto preparate anche sul campo; non sapevano solo la teoria, sapevano veramente cosa fosse importante nella fisica sperimentale. Io ci sono andato con una borsa Fulbright che all'epoca dava prestigio ed era un grosso aiuto! Ci sono stato bene; avrei potuto restarci permanentemente, cosa che si è ripetuta più volte nel seguito; è un caso che sia in Italia adesso, avrei potuto andare a finire in molti posti diversi. Sono tornato perché ci fu questa opportunità di andare ad Amburgo. La cosa partì dal fatto che avevamo fatto l'esperimento Primakoff e c'era l'opportunità di continuare quel tipo di esperimenti a DESY, ad una più alta energia. Foà e Braccini cominciarono a prendere contatti, poi cominciarono a scrivermi: “Ma che fai? Vieni? Partecipi?!” Decisi quindi di tornare in Italia; ci sono stato appena tre mesi, perché poi andammo sparati ad Amburgo. Nell'esperimento utilizzammo anche parti dell'apparato utilizzate a Frascati. Vorrei ricordare anche che, subito dopo l'esperimento a Frascati e molto prima del periodo di Amburgo, avevamo tentato di portare un esperimento Primakoff per l' η alla macchina di Cornell negli Stati Uniti. Fu fatta un po' di esplorazione, ma dei colleghi americani ci fecero capire che non saremmo stati accettati, in particolare Bellettini era indesiderato perché comunista; eravamo infatti in pieno periodo di guerra fredda. Davanti a questi problemi rinunciammo tutti all'idea di portare un esperimento lì.

Ritornando al periodo americano, ho potuto fare un esperimento in un tempo molto breve utilizzando tecnologie nuovissime, che in Italia non si erano ancora viste. Si trattava di un esperimento di “Backscattering Compton”, da un'idea di Richard Milburn, utilizzando uno dei primi laser di potenza. Si sparava la radiazione del laser contro gli elettroni da 6 GeV dell'elettrosincrotrone di Cambridge, Mass. e si produceva un fascio di fotoni, di circa 800 MeV, ma polarizzato e quasi monocromatico. Questo esperimento fu divertente e carino; però non avevo assolutamente capito quale importanza avrebbe avuto in futuro. In effetti è stata una di quelle cose che ha lasciato il segno. Carlo Schaerf, appena tornato, mi chiese di fare un seminario all'Istituto Superiore di Sanità per spiegare questa tecnica. Poi l'esperimento LADON a Frascati ha fatto cose molto migliori, ma insomma: una parte della sperimentazione fatta a Frascati è stata legata a questo studio fatto a Boston. Poi si è verificata veramente un'esplosione; i giapponesi ci hanno investito moltissimo ed hanno costruito “facilities” basate su questa tecnica; quelli che si occupano di nuovi sistemi di accelerazione utilizzano procedure, in qualche modo, connesse con questa tecnica. Insomma, uno scopre, a molta distanza di tempo, che certe cose sono state più significative di altre.

Mi è capitato di fare al CERN tutta una serie di esperimenti, spinto tra l'altro da

alcuni consigli teorici, che sono stati fatti molto bene; abbiamo avuto buoni risultati, ma col tempo la loro significatività si è un po' persa. Si trattava di esperimenti di produzione di risonanze adroniche tramite la produzione coerente su nuclei — nucleare o coulombiana —, indotta da vari proiettili. Si pretendeva che questi esperimenti permettessero di misurare la sezione d'urto totale di stati adronici instabili nell'attraversare la materia nucleare. A circa due anni di distanza, si scoprì che, per ragioni di principio, le cose erano più complesse e che l'interpretazione dei dati fatta fino ad allora non era molto corretta. Mi ricordo che mi arrabbiavo moltissimo in quella occasione; come ci si poteva arrabbiare con una personalità come Van Hove, che era chiaramente ad un livello diverso dal mio. Ma gli dissi abbastanza sinceramente: "Uno perde anni a fare cose di dubbio significato. Io voglio fare esperimenti più fondamentali!". Van Hove fu sportivo, ma non so che cosa abbia pensato veramente in quella occasione. Lui aveva appunto sviluppato un po' della modellistica alla base di quel tipo di esperimenti.

A parte questo esperimento a Boston, che poi si è rivelato più interessante del previsto, che cosa sentiva di aver ricavato per sé stesso da quel soggiorno?

Ho capito di più che cosa sia importante e cosa non lo sia. Ho capito come orientarmi; questo è un processo che continua tutta la vita, ma insomma: vedere dove ci sono opportunità, sia opportunità di fisica che opportunità di realizzazione, perché le due cose non sempre combaciano. Ho imparato a lavorare in laboratori molto diversi. Dandosi da fare, uno diventava una persona in grado di assumere un progetto sulle sue spalle. In America, in particolare, questi professori, anche se stavano dietro ai finanziamenti e all'idea, poi sul lavoro erano totalmente assenti; gli esperimenti erano tirati avanti dalle persone giovani del gruppo, più giovani, meno giovani... Il professore stava là in alto... ad insegnare! Mi sono trovato a collaborare con persone molto simpatiche.

Lei aveva già avuto questo tipo di esperienza. Questa volta era trasportata in un contesto del tutto diverso.

Ogni esperimento è un unicum. Questo di Boston mi ha dato, anche a posteriori, una certa soddisfazione.

Diceva prima che era tornato in Italia stimolato da questa possibilità di fare misure di tipo Primakoff ad Amburgo.

L'esperimento a DESY è andato bene, anche se c'è stata qualche cosa, veramente legata alla fisica, che ad Amburgo non ha funzionato bene come a Frascati. C'erano dei fondi che sono stati sottovalutati ed anche calcolati male dai teorici. Ad esempio, i calcoli iniziali per l'esperimento Primakoff, avevano approssimazioni che non funzionavano più bene ad energie più elevate; abbiamo fatto questa misura sull' η , ma non fu altrettanto buona di quella di Frascati sul π^0 . Facemmo in realtà una serie di esperimenti⁵. Credo che, all'epoca di Amburgo e al di fuori del CERN, ci fossero pochi fisici italiani che fa-

⁵L'importante supporto tecnico ad Amburgo fu principalmente fornito da Carlo Betti

cessero esperimenti all'estero; ce ne sarà stato qualcuno, ma erano proprio pochi. Pisa ha veramente investito molto sull'estero, anche perché ha trovato la strada di ADONE praticamente chiusa! Non era pensabile che ad un gruppo come il nostro, che aveva dietro le spalle dei buoni esperimenti pienamente riusciti, gli si dicesse: “Sì, va bene! Però, se vuoi fare un esperimento ad ADONE, devi entrare nel gruppo di Salvini, oppure...”.

Questa è una problematica emersa anche durante altre interviste a Pisa. L'organizzazione intorno al sincrotrone è stata profondamente diversa da quella messa su per ADONE.

È anche la macchina che condiziona il modo di fare esperimenti. ADONE aveva solo tre aree sperimentali: “Salvini”, “Conversi”, “Zichichi”, ah, ah, ah! Però a Roma avrebbero dovuto lasciare più spazio alle persone un po' più giovani. Ci sono colleghi che hanno studiato con me a Roma e che probabilmente sono persone molto più brave di me; Luciano Paoluzi era una persona veramente eccezionale; non lo dava a vedere, era una persona schiva, ma di notevole intelligenza. Io rimasi folgorato da un suo articolo — non avevamo più contatti, lavoravamo in posti diversi — lui, personalmente, scrisse un articolo sugli esperimenti di ADONE; quell'articolo era perfetto. Mi resi conto, professionalmente, che quello era un grande articolo. Luciano ha poi svolto funzioni quali la Presidenza della Commissione Scientifica Nazionale 1°, la vicepresidenza dell'INFN, ma soprattutto credo che abbia avuto una influenza positiva in qualsiasi organismo abbia operato, senza mai dare a vedere di voler primeggiare; non amava mettersi in mostra. Quello che voglio dire è questo: a Roma si sono formate persone preparate, alcune molto brave; ma non hanno avuto occasioni, non hanno avuto vere occasioni; sono rimaste irretite da questo insieme di Frascati e dei grandi capi. Noi siamo stati, come dire, “liberati”. Lo svantaggio è stato quello di essere praticamente autodidatti. Ma non ho dubbi — anche se forse non dovrei dirlo ad una romana — la fisica delle particelle elementari sperimentale pisana ha surclassato quella romana! Non così per la parte teorica. La scuola di fisica teorica di Roma ha del miracoloso!

Tornando ad ADONE. Ritieni retrospettivamente, che la rigidità intorno all'uso della macchina, abbia condizionato la qualità della fisica e che ci fossero delle potenzialità che non sono state sfruttate?

Mah!... Difficile dire! La prima generazione di esperimenti ad ADONE è stata fagocitata dai grandi capi. Che le macchine ADA/ADONE fossero geniali — Bruno Touschek —, che gli italiani abbiano, all'epoca, surclassato gli americani, non c'è dubbio! Le cose fatte da Bruno Touschek, Carlo Bernardini e compagni su ADA, a Frascati ed ad Orsay, sono state molto interessanti, di grande classe; prima ancora di fare fisica, lo studio della fisica della macchina.

Hanno certamente aperto una nuova strada!

Sì, esploratori in un campo nuovo! Tornando alla fisica fatta con ADONE. La sperimentazione è stata un po' condizionata dalla imprevista lunghezza della zona di interazione

che ha limitato le accettanze degli esperimenti. Si è visto che la produzione multiadronica era più grande del previsto. Salvini batte molto su questo tasto in tutto quello che scrive, ma, a mio parere, non è stata una scoperta così sconvolgente!

È stata una indicazione più che una scoperta.

Soprattutto poi delle altre macchine hanno completato questa fisica in maniera molto più sistematica. Io, comunque, ritornato dal CERN nel '69, dopo molti anni all'estero, ho fatto uno degli esperimenti di seconda generazione ad ADONE. Fu proprio l'INFN, Gherardo Stoppini in particolare, a spingermi in quella direzione: "Adesso c'è questa seconda generazione di esperimenti ad ADONE; tu che hai una certa esperienza di costruzione di grossi apparati, perché non ci pensi un po' sopra?". Formammo una collaborazione col gruppo di Napoli: Sandro Vitale, Peppino Di Giugno e collaboratori, più Guido Barbiellini di Frascati e Roberto Biancastelli dell'Istituto Superiore di Sanità. Mettemmo su questo esperimento per lo studio del processo $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$. L'esperimento ha prodotto un certo numero di cose, non però quello che voleva fare inizialmente, perché i programmi cambiarono a causa della scoperta della J/Ψ . Tutto il lavoro si concentrò sulla J/Ψ , necessariamente rinunciando al resto. Devo dire, a consuntivo, che il lavoro ad ADONE è stato per me deludente; cioè l'esperimento ha prodotto, ma in che condizioni di difficoltà! Un laboratorio sottosopra per gli scioperi e le assemblee. Noi venivamo da Pisa per fare il turno e trovavamo spesso i cancelli sbarrati oppure un cartello che annunciava una riunione sindacale. Uno doveva andarsene con la coda tra le gambe e rimediare andando a mangiare da "Gino" una pastasciutta alla amatriciana. Un disastro! A posteriori ritengo che l'investimento fatto dai gruppi di Pisa e di Napoli ad ADONE sia stato positivo per il laboratorio. Io ero un "rompiscatole" perché pretendevo che le cose venissero fatte, sciopero o non sciopero! Sono tornato dal CERN a Pisa nel '69, prima di iniziare l'attività ad ADONE. Anche a Pisa l'Istituto era bloccato completamente da queste riunioni sindacali, non potevo fare lezione e non avevo altro da fare che andare a sentire, nell'ultima fila dell'aula anfiteatro, queste discussioni. Non capivo nulla di quello che dicevano! Parlavano tutti un linguaggio assolutamente incomprensibile; mi sembrava di essere sbarcato sulla luna. Poi mi ci sono trovato veramente in mezzo, con questa esperienza ad ADONE e sono andato a sbattere il grugno contro l'impossibilità di portare avanti l'esperimento. Ecco! Cosa c'è stato di positivo? Credo che, bene o male, siamo riusciti a far rilavorare un minimo il laboratorio, con l'esempio: se si deve lavorare, bisogna fare così! Come già detto, i risultati di fisica non sono stati forse proporzionati allo sforzo. Devo dire però, che appena tornato dal CERN a Pisa, quell'esperimento è servito a formare alcuni giovani fisici, allora laureandi: Mario Calvetti, Flavio Costantini, Gianrossano Giannini. Sono ora professori ordinari ed hanno tutti fatto un'ottima carriera scientifica. Mario Calvetti è attualmente il Direttore dei Laboratori di Frascati.

Siete andati avanti, avete creato nuove competenze, però, effettivamente, ADONE è stato un po' deludente. D'altra parte lo stesso Touschek era, in quel periodo, alquanto scombussolato.

Ma Touschek aveva fatto la sua parte. . .

Proprio per questo, aveva delle aspettative!

Ci sono stati anche dei momenti eccitanti, immediatamente dopo la scoperta della J/Ψ da parte di SLAC e Brookhaven!

Lei cosa ricorda di quella vicenda?

Noi stavamo montando l'esperimento e con l'unica parte montata riuscimmo a vedere la J/Ψ , dopo pochi giorni che era stata aumentata l'energia della macchina. Si doveva essere ciechi per non vederla: era una cosa talmente vistosa!

Certo! Se uno arrivava nella zona di energia giusta.

In quei giorni la sala conteggio di ADONE era piena di gente: molti fisici teorici, giornalisti, spettatori vari, tutti eccitatissimi. Fra l'altro, il giorno in cui si videro le prime J/Ψ io ero al CERN per una riunione del comitato selettore degli esperimenti. Mi telefonò il mio amico Sandro Vitale, dalla sala conteggio, dicendo: "Torna subito! Qui sta succedendo un casino!". Tornai nella serata; erano momenti di eccitazione divertenti; ho ancora le fotografie sul giornale di me stesso, in discussione con altri fisici.

Lei ha partecipato alla stesura di quegli articoli che apparvero in sequenza sulla Physical Review Letters?

Sì, sì, certo. Tra l'altro, il primo articolo che pubblicammo, conteneva un errore di un fattore due nel calcolo della sezione d'urto; proprio una stupidaggine; fummo costretti a rimediare con un "errata corrige". Quei tre articoli sulla J/Ψ sono usciti sullo stesso numero della rivista. Devo anche dire, a distanza di tempo, che c'è stato un comportamento non del tutto corretto da parte dei "frascatani" perché, in pubblicazioni successive, hanno accentuato la parte avuta dai gruppi di Frascati/Roma, mettendo un po' in ombra il gruppo di Pisa/Napoli; perché. . . erano provinciali, porca miseria! Tutta quella gente non aveva mai messo il naso fuori di casa; d'altronde anche l'"inglese-frascatano" era famoso!

Ma chi si prese la responsabilità di forzare la macchina per andare a vedere la J/Ψ ?

Come la cosa sia venuta fuori non lo so con certezza. Credo che Italo Mannelli abbia avuto una soffiata dal laboratorio di Brookhaven, dove aveva lavorato. Comunicò la cosa a Giorgio Bellettini, che, come direttore del laboratorio, deve aver spinto per un rapido tentativo di aumentare l'energia di ADONE.

Salvini è sempre molto enfatico nel dire: "Sì, la vedemmo, ma non la scoprimmo. Ci fu comunicato dagli americani". Inoltre si sospetta che il laboratorio di SLAC sia stato messo all'erta da Brookhaven.

Salvini ha un atteggiamento corretto. È stato il trionfo della fisica americana e sono stati bravi a gestirlo!

Da un certo punto di vista è stato anche il successo di quel tipo di macchine, degli anelli di accumulazione.

Beh, un momento! L'esperimento di Ting a Brookhaven era quello giusto per esplorare rapidamente una larga regione di masse. Solo dopo, quando uno sa, più o meno, dove studiare con maggiore precisione, le potenzialità di un anello di accumulazione entrano in gioco. Come dicevo, è stato il trionfo della fisica americana, perché furono bravi a sfruttare al massimo la scoperta, anche se questo ha implicato il dividere la gloria fra i due laboratori. D'altronde, per studiare in profondità la J/Ψ , servivano tutti e due gli approcci.

In questa faccenda della scoperta della J/Ψ mi sono trovato a giocare uno strano ruolo per le ragioni che passo a spiegare. Sam Ting aveva proposto il suo esperimento a Brookhaven e le misure erano ormai in corso. Al CERN venne proposto un altro esperimento, nelle intenzioni simile a quello di Ting, ma molto più complicato, stile CERN, tutto perfetto, ma di una troppo grande complessità. Io ero nel comitato di selezione degli esperimenti e venni incaricato di fare una relazione sulla proposta. Questa già seguiva, con due o tre anni di ritardo, quella di Ting ed inoltre era talmente complessa che ci sarebbe voluto molto tempo per costruire e far funzionare il tutto. Bocciammo la proposta e questo ci fu più tardi rinfacciato. D'altra parte, se uno vuole mettersi in condizione di fare delle scoperte, bisogna che operi in maniera più intelligente. Se uno dice: "Voglio fare questa cosa meravigliosa, però devo anche costruire un apparato molto complesso" e poi si scopre che per fare il tutto e farlo funzionare ci vogliono tantissimi anni, tutti gli passano avanti e l'investimento non risulta molto produttivo. In un certo senso l'"arte" del fisico sperimentale è il realizzare un difficile equilibrio fra vari elementi. Intanto deve conoscere la fisica e sapere che cosa valga la pena di fare. Deciso cosa fare, deve utilizzare le migliori tecniche possibili e contemporaneamente deve anche essere sicuro che quanto propone sia realizzabile e funzioni con sicurezza al momento giusto. Dico anche che al CERN alcuni esperimenti vengono proposti perché ci sono delle "facilities" che permettono di farli, ma talvolta senza una seria motivazione fisica dietro. Per inciso, credo di dovere a Cocconi, allora Direttore di Ricerca, la nomina nella commissione di selezione degli esperimenti — EEC, Electronic Experiments Committee; trovai positivo che un fisico relativamente giovane come me fosse coinvolto in quella commissione: c'era la volontà di far partecipare al processo decisionale anche dei fisici meno importanti, ma anche meno stagionati. . .

Lei ha anche lavorato al CERN; come ci si è trovato?

Ho lavorato al CERN e l'ho apprezzato. Ho avuto la fortuna di lavorarci in un periodo in cui questo laboratorio aveva mezzi e strumentazione ottimali. Sembrava di lavorare in Paradiso; qualsiasi cosa uno volesse la otteneva facilmente. Adesso le cose sono diventate più complicate a causa delle ristrettezze economiche. Ci sono persone di Pisa che hanno lavorato al CERN molto più a lungo di me. Italo Mannelli ci ha lavorato per anni ed anni ed ha anche ricoperto la carica di Direttore di Ricerca ed altro, quindi: molto inserito nelle strutture del CERN. Bellettini e Foà hanno lavorato a lungo al CERN, anche se poi Giorgio si è spostato a Fermilab. Per quel che riguarda gli esperimenti che ho fatto, ne ho in parte

parlato precedentemente. Erano quelli di produzione di risonanze mediante produzione coerente su nuclei. Ho dimenticato di dire due cose. La prima è che, come visitatore per tre anni al CERN — da Research Associates — ho avuto il piacere di lavorare con Aldo Michelini prima e dopo con Werner Beusch. Il gruppo era un misto di CERN, ETH di Zurigo ed Imperial College di Londra. Veramente una collaborazione piacevolissima, nella quale ho anche potuto contribuire alla formazione delle persone giovani proveniente dalle due Università. Di rilievo sono state alcune realizzazioni tecniche per l'esperimento. Al termine del periodo da Research Associates, mi fu offerto di restare al CERN con un contratto permanente centrato sul progetto "OMEGA". Preferii non essere vincolato ad un particolare progetto e tornai quindi in Italia, come professore associato e collaboratore dell'INFN.

Al CERN negli anni fra il '60 ed il '70 c'era il problema dei membri di staff; si è costituita una classe di persone, brave, che è stata assunta con contratti permanenti; questi fisici hanno condizionato il programma del CERN e proposto molti esperimenti, rendendo di fatto le cose più difficili alle Università ed ai laboratori esterni. Troppo potere! Questo in parte è stato corretto negli anni successivi; tuttavia c'è stato un periodo in cui, se si proponeva un esperimento, ci doveva essere a capo uno del CERN; ciò poteva talvolta facilitare le cose, ma diminuiva l'influenza degli esterni al CERN. È un aspetto che è stato criticato; credo, ad esempio, che Nicola Cabibbo — poi Presidente dell'INFN — abbia avuto occasione di criticarlo. Altro difetto del CERN è che, a parte degli esperimenti di grande valore proposti da persone di gran classe come Jack Steinberger, si fanno anche esperimenti solo perché si possono fare, anche se non sono particolarmente significativi. Ma ciò corrisponde a spender soldi senza una promessa di risultati interessanti. Recentemente, in relazione ad un esperimento sui neutrini nella cui collaborazione sono entrati anche dei colleghi romani, c'è stato un caso simile. Mi spiego: ci sono esperimenti che sono chiaramente sbagliati, i risultati vengono pubblicati — ma non possono proprio essere veri; succede allora che escano subito fuori proposte di esperimento che si propongono di controllare e dimostrare che il risultato è sbagliato. Ora, se un gruppo americano fa uno sbaglio, che se lo trovi lo sbaglio! Che uno faccia un esperimento al CERN, perché si può fare, solo per dimostrare che gli americani hanno sbagliato sono frescacce! Sono perciò contento che, anche con il parere in tal senso dell'INFN, nel caso specifico questo progetto sia stato bocciato. Oltre ai difetti il CERN ha una quantità di pregi enorme! Per esempio: nelle relazioni internazionali; il CERN, da questo punto di vista, è stato importantissimo, influenzato anche dallo spirito di Amaldi. Ha sicuramente contribuito a smorzare la guerra fredda; ha fatto lavorare insieme persone di tutti i paesi; anche Antonino Zichichi, pur con tutte le critiche che uno gli rivolge, con la sua scuola di Erice ed anche con il lavoro svolto al CERN e nella Società Europea di Fisica, ha svolto una azione positiva, bisogna riconoscerlo!

Forse abbiamo un po' divagato. Ritornando al suo itinerario, dopo l'esperimento fatto a DESY dopo il periodo di ADONE, lei ha passato un nuovo periodo al CERN, nel '79; quali sono le cose che ha fatto?

Ho fatto alcuni esperimenti divertenti, ma, devo dire, non particolarmente significativi. In particolare: un esperimento per lo studio della produzione di fotoni a grande p_T in varie collisioni adroniche. Dimenticavo di dire che, prima di questo periodo al CERN, avevo formato una collaborazione e tentato di portare un esperimento alla nuova macchina tedesca PETRA. In questo ero stato direttamente sollecitato da Presidente dell'INFN Alberto Gigli Berzolari ed anche da Salvini, dopo che altri tentativi erano andati a buca. Beh, andò a buca anche la mia proposta, pur avendo lavorato precedentemente in quel laboratorio; non c'è stato alcun esperimento italiano a PETRA. Io credo che la vera responsabilità di questo sia stata principalmente dovuta ad un atteggiamento sbagliato di alcuni colleghi tedeschi; l'allora Direttore di DESY, Erwin Schopper, cercò di rimediare in qualche modo e senza successo.

Quello che ritengo più significativo, in realtà, è avvenuto dopo. Forse non sono in grado di giudicare con sicurezza perché si è ancora troppo vicini nel tempo. Mi faccia fare un passo indietro. Pisa ha avuto una quantità di iniziative anche troppo grande: iniziative negli Stati Uniti, iniziative al CERN, iniziative in Russia e sempre per esperimenti di grandi dimensioni. Io ho sempre cercato, forse per natura e per gusto, di lavorare in gruppi più piccoli di quanto necessario per fare questi grossi esperimenti. Di fatto, sono andato a cercarmi degli spazi alternativi rispetto al “main stream” della fisica pisana. Non ho voluto disperdere le mie energie a combattere con questo o con quello, anche localmente; c'è poco da fare, se uno vuole fare un grosso e costoso esperimento — che richieda anche molto supporto tecnico — si deve fare spazio fra concorrenti nello stesso laboratorio; insomma deve lavorarci più su!

Una delle iniziative, per la quale, credo, mi si debba riconoscere il merito, è il lancio della fisica “astro-particellare” a Pisa e la ripresa degli studi sui raggi cosmici. Tra l'altro, questa attività l'ho associata anche a dei corsi svolti su queste tematiche — sia all'interno del corso di Fisica Nucleare e Particellare, che nel corso di Fisica Astro-Particellare; è sempre stato importante per me questo insieme di insegnamento e ricerca; l'ho sempre considerata una simbiosi importante.

L'essermi orientato verso la fisica astro-particellare deriva anche da conversazioni con Giuseppe Cocconi; l'avevo invitato a Pisa a fare dei seminari, perché la cosa era nell'aria e si cominciava a parlare del Laboratorio del Gran Sasso.

In che anni siamo?

Siamo nell'82 o '83, i primi anni '80. Si cominciava a parlare del Gran Sasso e si cominciava a parlare di esperimenti sotterranei; ma non c'era ancora nulla! Come dicevo, invitai Cocconi il quale Cocconi aveva lavorato sui raggi cosmici lungo tutta una vita, facendo cose splendide. La cosa strana è che, dopo avermi entusiasmato su queste cose, poi cominciò a dissuadermi dicendo: “Ah! È una fisica lenta, prima di riuscire a raccogliere qualcosa, ci vuole tanto tempo; pensaci bene...!” E così via...; era simpatico Cocconi; ma, insomma: io ero partito ed ormai non mi si fermava più. Ho cominciato a lavorare lungo questa linea, partecipando preliminarmente a due congressini nel 1983, il primo a Saint Vincent in Val d'Aosta, il secondo all'Aquila, ambedue organizzati da Zichichi, all'e-

poca Presidente dell'INFN. Noi pisani entrammo in contatto con Frascati ed Enzo Iarocci per fare l'esperimento MACRO, il quale è stato per Pisa un grosso successo e contemporaneamente un parziale insuccesso; spiegherò poi perché. La collaborazione si allargò fino a comprendere circa sei Università e laboratori italiani e sei Università americane, guidate da Barry Barish di Caltech. È stato un esperimento che ha prodotto ottimi ed originali risultati; uno dei primi esperimenti sotterranei con una grande organizzazione; gruppo grosso, ma non troppo grosso, senza dubbio molto più piccolo di quelli necessari al CERN. Divertente! Anche da un punto di vista, come dire, esterno alla pura fisica, cioè: l'Abruzzo ancora integro, la collaborazione un pochino pionieristica. Noi le prime misure le abbiamo fatte con gli stivaloni, sguazzando nell'acqua del tunnel. Lo studio dei prototipi per i grandissimi contatori a scintillazione — 12 metri di lunghezza, 1 tonnellata di scintillatore liquido — sono stati fatti in un camion, posseduto da Frascati, che è stato portato nel tunnel come baracca-laboratorio, perché ancora non c'era nulla. Al momento dell'esplosione delle mine — gli scavi erano ancora in corso — bisognava scappare di gran corsa! Solo una volta siamo rimasti dentro per vedere cosa effettivamente succedesse! C'era questo aspetto pionieristico, gradevolissimo, sia per noi di età un po' più avanzata che per i giovani del gruppo. L'unico altro esperimento importante, funzionante in contemporanea, era GALLEX, sui neutrini solari. Ha prodotti risultati di grande impatto ed è stato fatto da Ettore Fiorini, Luciano Paoluzi ed altri, per la parte italiana e da Till Kirsten ed altri, per la parte tedesca. Bisogna però dire che in GALLEX la componente tedesca era dominante, mentre in MACRO era più importante il contributo dell'INFN. MACRO è durato ben 10 anni. Oltre a nuovi risultati sulla fisica dei raggi cosmici, ha misurato, seppure in modo meno preciso di KAMIOKANDE e SUPERKAMIOKANDE, le oscillazioni dei neutrini. Una parte importantissima di MACRO è stata quella dedicata alla ricerca dei collassi stellari gravitazionali tramite la rivelazione di "burst" di neutrini. Nei dieci anni di misura, ahimè, il collasso non c'è stato — uno ne è avvenuto durante il montaggio dell'esperimento, quindi con MACRO non ancora funzionante! — tuttavia questa parte dell'esperimento era veramente innovativa ed è, se non altro, servita da modello per altre imprese simili. Il cuore dell'elettronica di rivelazione dei collassi stellari era il circuito PHRASE, ideato da Gianrossano Giannini, uno dei primi circuiti multistrato che richiedeva una vera e propria "tessitura" complicatissima; fu realizzato con il contributo di tutto il gruppo — Alessandro Baldini, Marco Grassi, Fabrizio Cei, Donato Nicolò, Roberto Pazzi ed il sottoscritto — in funzione di tessitori⁶. Il circuito era capace di identificare e registrare i "burst" di eventi da neutrini, rivelando prima il positrone generato dall'antineutrino e poi la cattura ritardata del neutrone da parte dei protoni liberi dello scintillatore — uno scintillatore a base paraffinica. Oltre a ciò, se un collasso stellare gravitazionale avesse avuto luogo, questo sarebbe stato segnalato su un telefonino portatile — in realtà, all'epoca, una vera e propria valigetta — che ci portavamo sempre dietro, a turno, per poter eventualmente avvisare gli osservatori astronomici, in vista di una osservazione ottica. Naturalmente avemmo solo delle segnalazioni spurie, facilmente

⁶L'importante supporto tecnico fu fornito da Fabio Gherarducci, Aldo Tazzioli e Stefano Galeotti.

rigettabili. Per accordo iniziale con gli americani, la rivelazione dei collassi gravitazionali era un tema riservato al gruppo di Pisa; questo precedentemente alla scoperta dell'esplosione della SN1987A. Dopo l'esplosione non ci fu verso di far rispettare l'accordo. Gli americani vollero duplicare, a tutti i costi, lo schema di rivelazione dei collassi, con costi per loro importanti — noi avevamo fatto le cose essenzialmente in casa. Il loro sistema non funzionò mai bene ed avemmo la soddisfazione di fornire, in pianta stabile, tutte le costanti di calibrazione in energia dei contatori, perché potessero interpretare, via via, i loro dati. I nostri metodi di calibrazione, basati su righe gamma da radioattività naturale si rivelarono molto performanti, grazie anche all'opera certosina di Roberto Pazzi — amico scomparso — che conosceva “per nome” tutte le centinaia di contatori di MACRO. A questo punto posso parlare su quanto accennato prima: MACRO come successo per Pisa, ma anche parziale insuccesso. Il successo si riferisce alla fisica: di classe!, raggi cosmici, ricerca dei collassi gravitazionali, oscillazioni dei neutrini. L'insuccesso si riferisce alla parte politica, al non rispetto dell'accordo sul collasso gravitazionale, per di più complice il mio amico Enzo Iarocci, che temeva evidentemente di arrivare ad una frattura con gli americani. C'era però anche dell'altro. Più precisamente l'esperimento LVD di Zichichi che anch'esso si proponeva di rivelare i collassi. In qualche modo, in maniera un po' sotterranea, si è cercato, in rapporti scritti e presentazioni a cura del laboratorio, di mettere più in evidenza LVD rispetto al lavoro del gruppo di Pisa in MACRO. Ma le caratteristiche innovative del detector da noi realizzato erano talmente evidenti che i giochetti politici tentati erano destinati a fallire! Ma ci hanno lasciato l'amaro in bocca!

Ho parlato del non rispetto degli accordi da parte degli americani; ciò ha generato un periodo di tensione fra il sottoscritto e Barry Barish. Nel corso dell'esperimento questi problemi sono stati superati e la stima reciproca è decisamente cresciuta. Gli proposi anche di mandare a Pisa da Caltech una sua studentessa, perché imparasse a fare una corretta analisi dei dati relativi ai collassi gravitazionali. La studentessa, Kate Scholberg, passò a Pisa un lungo e proficuo periodo; ha poi continuato a fare una sua carriera lavorando su quelle tematiche. Ci tengo a dire che Barry Barish è uno dei fisici più bravi ed intelligenti col quale mi sia capitato di collaborare.

Vorrei ricordare un episodio relativo a MACRO: una visita all'esperimento da parte di Bruno Pontecorvo accompagnato da altri fisici russi. Conoscevo già Pontecorvo e gli illustrai l'esperimento. Quello che mi colpì di più, in realtà, fu l'effetto che la sua visita fece sulle persone più giovani del gruppo: la faccia estatica, come se ci fosse stata una apparizione, che so, dell'Arcangelo Gabriele!

L'altro esperimento fuori dal “main stream” che ho fatto è CHOOZ, e poi se vogliamo, anche quello che stiamo facendo adesso, MEG. CHOOZ — pronuncia “scioo” — deriva dal nome di un villaggio delle Ardenne in area fiamminga. CHOOZ è stato un esperimento entusiasmante da tutti i punti di vista. Intanto è stata una occasione unica perché si è trovato questo buco, sotto una montagna, a distanza ideale da un reattore; praticamente l'unica collocazione possibile in Europa, individuato grazie ai nostri colleghi francesi. Ma l'esperimento è stato possibile anche perché noi ci siamo entrati in maniera determinante; è stata una simbiosi fra il gruppo francese e quello italiano con “contorni” di americani e

russi. Una collaborazione fortunata! Il mio collega francese Yves Declais è una persona notevole, di grande energia e con qualità, in un certo senso, complementari a quelle che portavamo noi nella collaborazione. La cosa bellissima è che eravamo visti con entusiasmo anche da parte della regione Ardenne. Questa regione era una volta importante per la grande produzione di carbone ed acciaio; ora ha grosse difficoltà economiche. Quando un gruppo di fisici si è fatto avanti proponendo di venire a fare un esperimento, ci hanno fatto ponti d'oro! Il Presidente della Regione Ardenne, il senatore Jacques Sourdille — era anche stato ministro della Pubblica Istruzione — ci aiutò in tutti i modi possibili. Riuscì a convincere il Consiglio Regionale delle Ardenne a rimettere in sesto un castello per noi, al termine di una cena nell'albergo di Campo Imperatore. Tutto il Consiglio era venuto in visita al Gran Sasso in pulmann e la cena fu abbondantemente inaffiata con buon vino! Il castello era stato donato al Consiglio delle Ardenne, ma era in condizioni pietose; ci spesero circa un miliardo e mezzo di lire, lo rimisero in sesto e ce lo misero a disposizione. Un castello sulla Mosa con un grande parco centenario degradante verso il fiume. In questo castello il gruppo faceva le sue riunioni; i “turnisti” ci dormivano pure. La cucina la facevamo noi, una signora locale faceva le pulizie.

Bisogna dire che il mestiere del fisico è proprio bello! Oltre al fare cose interessanti ed a conoscere persone in gamba, ci sono talvolta queste sorprese, che non hanno nulla a che vedere con la fisica in sé. Chi l'avrebbe mai detto che sarei andato a fare un esperimento in un castello delle Ardenne; una favola! Beh, anche l'esperimento sotterraneo al Gran Sasso ha avuto aspetti affascinanti! Questi aspetti piacevoli di CHOOZ sono stati valorizzati dal fatto che questo esperimento è stato un successo incredibile dal punto di vista della fisica, forse per una serie di miracoli in successione. L'esperimento può essere stato ben disegnato; è stato condotto anche in maniera abbastanza creativa e poi... siamo stati fortunati! La fortuna è una componente fondamentale. L'ho detto spesso ai miei studenti: “Studiate la fisica, passate bene gli esami, e, mi raccomando: siate fortunati!”. A quel punto si mettevano a ridere. Ma è vero, è importante! Certo, uno deve essere ben preparato, sfruttare al meglio le occasioni, lavorare sodo, ma un elemento di fortuna deve esserci! Per noi l'elemento di fortuna è stato che i risultati, ottimi e particolarmente utili, erano attesi e sono arrivati al momento giusto.

Il racconto di questo periodo è stato contrassegnato da un grande entusiasmo; il passaggio ad una fisica diversa e nuova era motivato da una forma di stanchezza per il lavoro precedente?

No, no. Io ho bisogno di stimoli; è quello che mi muove nell'attività di ricerca. Anche il legame con l'insegnamento è importante perché le cose che faccio hanno trovato, in più forme, la via dell'insegnamento. Io non credo che uno debba insegnare solo cose fritte e rifritte; nei corsi, gli studenti devono esser messi a contatto con quello che si fa veramente in quel momento. Naturalmente, quando uno insegna, se parla di un esperimento nel quale i neutroni sono importanti, deve rifare tutta la storia dei neutroni: come si rivelano, come si moderano, come si comportano. Nell'insegnamento ho anche trovato stimoli per nuovi esperimenti. Quello che mi muove, lo dico a posteriori, è la curiosità, la ricerca di uno

stimolo intellettuale; se cambio esperimento, se cambio campo, sono costretto a studiare cose nuove. Posso sembrare involontariamente immodesto in queste cose, ma è vero che se uno si mette nella condizione di dover studiare, ha anche lo stimolo ad inventare cose nuove. Uno si basa sul noto, che gli è utile comunque, ma cerca di innovare; questa è una componente fondamentale in fisica; la speranza di fare qualcosa di significativo è più legata a quanto uno innova. Che poi... nuovo? Un accidente nuovo! Ad esempio, questo CHOOZ è lo stesso esperimento, rifatto a distanza di tanti anni e con tecnologie più moderne, di quello di Reines: la scoperta del neutrino. Chiaramente, se uno progetta un esperimento mille volte più sensibile del precedente, deve per forza inventare qualcosa di nuovo. Mi stimola fare un cambiamento, non necessariamente un cambiamento radicale di fisica — spiego meglio con l'esperimento successivo MEG — e lo spazio che abbiamo trovato in fisica è connesso con questo affrontare problematiche nuove. Questo mi viene anche rimproverato da alcuni; ad esempio, Ettore Fiorini, che era a Pisa come controrelatore della ultima tesi di dottorato che ho seguita, quella di Angela Papa, mi ha detto: “Tu dovevi continuare a fare CHOOZ, dovevi reinvestire in quel campo”. Ora, CHOOZ ha determinato una serie di parametri importanti in fisica del neutrino; il nuovo esperimento DOUBLE CHOOZ tenta, dopo ben 11 anni, di rimisurare meglio quanto da noi ottenuto precedentemente. “Tu dovevi fare DOUBLE CHOOZ...”. Fiorini ha fatto tutta la vita questo, in maniera meravigliosa perché è un ottimo fisico; il mio collega Italo Mannelli è anche lui un po' in questo stesso stile, cioè: con costanza ed impegno ammirevoli, cerca di migliorare il suo esperimento, raggiungendo precisioni maggiori e ogni tanto prendendo qualche linea laterale; ma è essenzialmente lo stesso esperimento che lui porta avanti. È una questione di carattere; io non sono soddisfatto da questo tipo di cosa, ho bisogno di stimoli più forti, di più “peperoncino”. Però mi viene rimproverato... Ho cercato di dimostrare a Fiorini che l'esperimento MEG, che stiamo facendo adesso, è più importante per la fisica del neutrino di altre iniziative direttamente connesse ai neutrini. Quando abbiamo iniziato MEG, mi era chiaro che un nuovo esperimento come DOUBLE CHOOZ, avrebbe preso almeno 10 anni di preparazione, ed io speravo proprio, sbagliando, che avremmo fatto MEG in un tempo minore. In relazione a CHOOZ ed alle oscillazioni dei neutrini, mi lasci dire una cosa. L'esperimento è stato fatto da un gruppo di colleghi straordinari: Alessandro Baldini, Fabrizio Cei, Gianrossano Giannini, Marco Grassi, Donato Nicolò, Roberto Pazzi, Giovanni Pieri, Stefano Stalio⁷; avevamo messo su un gruppo di persone molto, molto buone; il risultato raggiunto è stato basato sulle capacità, anche specialistiche, di tante persone. Quello che mi riconosco, come responsabile dell'esperimento, è che ho compreso pienamente la sua importanza; ho capito che l'esperimento era fatto al momento giusto e poteva tirar fuori dei risultati importanti. Ho quindi veramente cercato di fare il massimo e di “spremerlo come un limone”, anche dal un punto di vista della scrittura degli articoli; me la sono presa a carico — una cosa noiosissima talvolta — cercando di arrivare ad una forma che restasse nel tempo. Mi era chiaro che i nostri risultati sarebbero rimasti validi

⁷L'importante supporto tecnico fu fornito principalmente da Antonio Orsini, Giuseppe Fausto, Andrea Di Sacco, Sergio Tolaini e Fabio Gherarducci.

a lungo; sono stati scritti articoli su *Physics Letters*, sullo *European Physics Journal* e, cosa abbastanza eccezionale, sulla *Reviews of Modern Physics*; è stato un grosso impegno.

Le voglio ora raccontare lo “sbaglio” che abbiamo fatto, perché è una cosa veramente strana. L’esperimento CHOOZ si proponeva di andare a misurare la massa del neutrino, più precisamente la differenza fra le masse quadrate dei neutrini; abbiamo spinto su questo aspetto. C’erano fra l’altro fior di teorici che dicevano che la zona in cui stavamo esplorando era proprio quella giusta, che avremmo trovato sicuramente qualcosa! C’erano anche dei fisici sperimentali, esperti in neutrinologia, come ad esempio Donald Perkins, il quale aveva pubblicato un modello nel quale prevedeva che noi avremmo dovuto assolutamente trovare qualcosa. Noi invece abbiamo trovato un risultato praticamente nullo per la massa del neutrino; abbiamo detto che la massa neutrinica era ancora più piccola di quanto uno pensasse. Mi ricordo lo scambio di E-mail con Perkins che diceva: “Ma via! Non è possibile che il mio modello non sia confermato” e cominciava a far domande: “Ma i vostri errori sono veramente quelli che avete calcolato? E gli errori sistematici?”, tanto per cercare uno spiraglio aperto. Alla fine gli mandai una E-mail — persona simpatica Perkins — dicendo: “Senti caro Perkins, se io avessi potuto scoprire la massa del neutrino, figurati! — è cosa da Nobel! — Se non c’è “niente” significa che non c’è “niente!”; anzi apprezza il fatto che, non essendoci “niente” abbiamo misurato “niente!”. Gli errori fatti talvolta nella fisica del neutrino sono incredibili! Ci sono voluti anni e anni prima di riuscire a capire che erano errori. Alla fine Perkins si stette zitto ed poi inserì due pagine sul nostro esperimento nel suo libro “Introduction to High Energy Physics” e la cosa è finita lì. Come dicevo, sulla massa del neutrino abbiamo avuto un risultato nullo, tuttavia abbiamo prodotto un altro risultato del tutto imprevisto; non ci passava neppure per la controcassa del cervello che sarebbe stato importante. Cosa avevamo veramente capito? Abbiamo capito che era un esperimento da fare con la massima precisione possibile e quindi ho spinto perché ciò avvenisse. Ma non avevamo capito che questo famoso parametro θ_{13} fosse così fondamentale! Ora è considerato importante per la prosecuzione degli studi sulla fisica del neutrino; solo se questo parametro è apprezzabilmente diverso da zero tutta una serie di esperimenti diviene potenzialmente interessante. Si sta adesso cercando di determinare questo parametro con sensibilità almeno 10-20 volte migliore di quella che è stata la nostra. Ripeto: abbiamo capito che CHOOZ era un esperimento da fare con la massima precisione possibile, ma non avevamo capito che questo parametro θ_{13} sarebbe stato quello che più avrebbe interessato negli anni a venire. Ma è anche molto difficile capire queste cose inizialmente! Morale: nella fisica uno talvolta cerca qualcosa e poi trova qualcosa d’altro, altrettanto significativo. Intendo concludere su questa questione. Non ho voluto proseguire nella direzione di CHOOZ; i francesi ci sono entrati, ma non il responsabile del gruppo francese; Yves Declais ha voluto fare altre cose, è venuto a lavorare ad OPERA al Gran Sasso. Avevo capito che ci sarebbero voluti almeno altri 10 anni prima di poter fare un altro esperimento sui neutrini; mi dissi: “Ma chi me lo fa fare! Mi metto a fare cose altrettanto significative, ma più rapidamente”. Le oscillazioni del neutrino hanno mostrato una violazione del Modello Standard, cioè: c’è qualcosa oltre questo modello. Noi abbiamo progettato un esperimento — questo MEG che stiamo ora

facendo — che si propone di andare a investigare, oltre il Modello Standard, i modelli supersimmetrici di grande unificazione. Se trovassimo il decadimento $\mu^+ \rightarrow e^+\gamma$ ciò potrebbe voler dire che la supersimmetria è valida; questo è anche un modo semplice di spiegare le oscillazioni del neutrino. Cosa abbiamo fatto in realtà? Abbiamo preso questa fisica del neutrino, che comunque non si capisce, l'abbiamo girata e stiamo cercando di esaminarla da un altro punto di vista; non continuando quindi con esperimenti di tipo CHOOZ, ma semplicemente affrontando lo stesso problema da un ottica diversa. Ciò è molto più stimolante che non continuare all'infinito a fare prosecuzioni di esperimenti. È stato veramente un cambiamento drastico: da un esperimento sotterraneo per la misura dei neutrini siamo passati a un esperimento sul fascio molto intenso di un acceleratore, però la fisica è quella! Ho detto, sempre a Fiorini: “Ma insomma! Questo esperimento MEG è davvero interessante!”, “Sì sì, va bene è interessante, però se continuavi a fare CHOOZ. . .”. Una parte così me l'ha fatta anche un giovane fisico teorico di Frascati, Gino Isidori, molto bravo, che era venuto a fare un seminario a Pisa. Alla fine del seminario — non so se sapesse che ero lì in sala o no — disse: “Il gruppo di Pisa ha lasciato l'esperimento CHOOZ, peccato!”; allora sono dovuto intervenire e si è rimesso buono. . . ; insomma questi aspetti sono abbastanza divertenti.

Come ho detto, ho bisogno di cambiare; in un certo senso, ho spinto anche i miei colleghi a farlo, certo, con il loro accordo. Mi hanno seguito e credo che ne abbiano capito lo spirito perché, quando si affronta una nuova tematica sperimentale, si devono imparare tecniche nuove. Dagli scintillatori liquidi con dentro il gadolinio, — una cosa difficilissima da fare — che abbiamo utilizzato a CHOOZ, siamo passati all'uso dello xenon liquido per la rivelazione e misura dei fotoni. Cosa è avvenuto di positivo? Abbiamo reintrodotta a Pisa una cosa che c'era tanti anni fa: le tecniche criogeniche. Il nostro gruppo ha imparato a usare queste cose e ha progettato per MEG un calorimetro a xenon liquido che è il più grande esistente al mondo. Ci sono delle conseguenze riguardanti gli esperimenti futuri; non è che uno debba usare la tecnica dello xenon liquido anche per fare un futuro esperimento, però si devono tenere gli occhi aperti; ora i rivelatori a xenon liquido sono fra quelli più “nominati” per lo studio della materia oscura, una delle grandi questioni aperte. Quindi, quando finiremo questo esperimento si porrà il problema: vogliamo fare una versione migliorata di MEG, con maggiore sensibilità, o vogliamo affrontare un problema diverso come lo studio della materia oscura? Io non ci sarò più. . . Ma, chissà, forse direi: “Studiamo la materia oscura!”.

Anche se il mio interesse primario è per il problema di fisica, nelle pieghe di queste cose ci sono stati sviluppi tecnologici importanti; a me, tutto considerato, piace maneggiare tecniche nuove, proporle, farle funzionare. Mi sono trovato, in più occasioni, a farlo con qualche successo; proprio dagli inizi, per esempio, avrò avuto 26 anni, quando siamo andati a Frascati, sono stato il primo a costruire un'elettronica a semiconduttori, con transistori e diodi, cosa che voleva dire una contrazione in volume notevole. A ripensarci: sono stato un perfetto incosciente! Lei deve pensare che a Frascati c'erano degli elettronici di classe: Mario Puglisi, Italo Federico Quercia, Brunello Rispoli; ed io allora ero poco più che un ragazzo. Accanto al nostro, c'era l'esperimento di Carlo Bernardini, Luciano Tau ed altri

— allora si faceva quasi vita di comunità — che studiavano la fotoproduzione di coppie di μ con enormi amplificatori a valvole, cavi da 90 Ω , tutto sovradimensionato. Fra l'altro, ricordo che io sono stato costretto a fare due volte l'esame di elettronica perché Quercia mi accusava di non conoscere abbastanza le trasformate di Laplace; forse aveva ragione e può anche essere che questa storia mi abbia spinto a disegnare da zero l'elettronica dell'esperimento Primakoff con i primi semiconduttori veloci che apparivano sul mercato; mi ricordo ancora il loro nome: 2N501 e QE/100. Progettai e feci questa elettronica a Pisa, dove abbiamo costruito tutte le apparecchiature⁸. L'elettronica fu portata poi a Frascati, fu montata in esperimento e funzionò perfettamente. Poi, a distanza di molti anni, ho sentito un racconto di Giorgio Bellettini su quel periodo in cui diceva che: “Era stato, per tanto tempo, col cuore in gola”. La cosa ha funzionato e Giorgio me lo riconosce come merito; ma io ero uno spericolato incosciente! Il fatto è che un fisico affermato difficilmente si può permettere errori; un giovane può osare di più ed eventualmente dire pure qualche frescaccia. Mi è andata bene, per fortuna!

Un'altra cosa che abbiamo sviluppato sono i contatori di Cherenkov integrali per la rivelazione e la misura di fotoni di alta energia. Sui Cherenkov integrali mi riviene in mente che feci una litigata con Carlo Rubbia. Quando, dopo il periodo ad Amburgo, andai al CERN, Rubbia chiese di incontrarmi. Lo conoscevo, era un po' più anziano di me, ed a Roma non lo avevo frequentato. Mi disse: “Tu hai lavorato con i Cherenkov integrali, io sto pensando di fare qualcosa con questi rivelatori, vorrei discuterne. Gli spiegai qualcosa di quel che sapevo; dopo un po' mi cominciò a prendere a male parole: “Tu non hai capito nulla!”. Io, non ancora abituato al suo stile, restai completamente allibito! Ripensandoci ora: c'era qualcosa di falso e qualcosa di vero in quel che diceva. Quello che c'era di vero è che io sapevo molto più di lui sui Cherenkov integrali, poche storie! Ma lui aveva una idea in mente; voleva fare un esperimento al CERN in cui questi Cherenkov integrali — che sono sostanzialmente dei pezzi di vetro al piombo provvisti di fotomoltiplicatori — erano usati in gran numero, forse cento, per un apparato costosissimo e potenzialmente molto ambizioso. Il nostro esperimento ad Amburgo era fatto con un una diecina di elementi in tutto. Cosa c'era di diverso? C'era che lui stava permanentemente al CERN; se andava a chiedere un po' di milioni per fare questo enorme oggetto, aveva buone probabilità di ottenerli. Io, pur avendo girato un pochino il mondo, venivo da Pisa dove, se uno doveva fare un Cherenkov, doveva pensarci, doveva trovare qualche lira ed agire con prudenza. Ecco! Rubbia pensava su scala CERN. Forse, a suo modo, aveva ragione ed era questo lo spirito con cui mi attaccava; è anche vero che dei Cherenkov allora sapeva poco. Persona impossibile Carlo...: ma come? Mi viene a chiedere, gli dico le cose e poi mi aggredisce, insomma!

Questo percorso, attraverso vari tipi di rivelatori, appare come un filo conduttore importante.

Certamente! Voglio ricordare che feci il primo esperimento che, al CERN, fece un uso essenziale delle neonate “Camere di Charpak”. Erano ancora a livello di laboratorio e

⁸L'aiuto tecnico in questa “impresa” mi fu fornito da Alberto Bonucci ed Antonio Mariotti.

si dovette fare un notevole lavoro sulle miscele gassose e poi sull'elettronica di amplificazione e di acquisizione, per poterle inserire nell'esperimento. Furono anche svolte molte misure preliminari utilizzando il fascio di prova del sincrociclotrone. Un sottogruppo di persone si prese la responsabilità di realizzare il progetto in tempo utile per l'esperimento: il proponente, cioè io, Werner Beusch, bravissimo elettronico analogico, Adrian Melissinos, professore a Rochester e visitatore dagli Stati Uniti, per la programmazione, ed Erich Schueller, per la parte di acquisizione; un tipo di collaborazione forse possibile solo al CERN. Devo dire che se uno veniva al CERN per alcuni anni con una borsa di studio era trattato molto bene; se invece eri concorrente per un posto stabile: apriti cielo! Io ero in una situazione di privilegio ed ebbi ponti d'oro per queste realizzazioni.

Per quale motivo fece allora questa scelta?

Perché era molto importante per l'esperimento. Le camere di Charpak avrebbero permesso di ottenere delle risoluzioni angolari molto buone, necessarie nello studio della produzione coerente. Quello che successivamente usò le camere di Charpak su scala "cernica" fu Jack Steinberger per un esperimento sui K . Mi riviene in mente che in una cerimonia pubblica, forse in onore di Charpak, il Direttore Generale Chris Llewellyn Smith tirò fuori che il primo esperimento fatto al CERN con camere di Charpak era stato quello di Steinberger; dopo il suo intervento, lo presi per la manica e gli dissi che veramente il primo esperimento l'avevo fatto io, con Aldo Michelini, Werner Beusch ed altri. Rispose: "A me hanno detto questo...", ed io: "Mi dispiace, ma ci sono le prove". Poi gli dissi anche — fra l'altro Steinberger era professore a Pisa in quel periodo — che Steinberger aveva fatto cose meravigliose tutta la sua vita e che non c'era alcun bisogno di aggiungerci anche quelle che non aveva fatto. Bah! sciocchezze comunque... Dimenticavo di dire che per l'esperimento $B\bar{B}$ ad ADONE svilupparammo un gigantesco — per quei tempi — calorimetro per fotoni basato sull'uso di lastre di piombo e di molte migliaia di "flash tubes"; la risposta dei flash tubes era digitalizzata mediante un sistema di fibre ottiche ed una camera televisiva. La tecnica dei flash tubes era stata sviluppata a Pisa da Marcello Conversi ed Adriano Gozzini, ma, per poterli utilizzare a un acceleratore, fu necessario renderli molto più rapidi; dovemmo investire non poco tempo per raggiungere questo obiettivo. Credo che il gruppo — in questo caso, particolarmente: Mario Calvetti, Paolo Lariccia ed io —, con un rilevantissimo sforzo tecnico⁹, abbia realizzato un calorimetro abbastanza innovativo, ed anche, senza dubbio, molto economico; cosa importante in quel periodo! Sempre per $B\bar{B}$, svilupparammo anche — in questo caso: Flavio Costantini, Paolo Lariccia ed io —¹⁰, degli enormi contatori a scintillatore liquido per la rivelazione e la misura di protoni ed antiprotoni di bassa energia. In questi contatori veniva realizzata una riflessione totale sulle pareti — quindi una efficace raccolta della luce emessa dallo scintillatore — mediante degli speciali pannelli: dei sandwich plastica-aria-plastica.

⁹Fornito in questa occasione da Carlo Guidi, Gino Ciampi, Bisio Coli e Fernando Del Colletto

¹⁰Con un importante supporto tecnico fornito da Carlo Guidi, Fernando Del Colletto, Angelo Dante, Luigi Corucci e Mario Favati, Antonio Mariotti.

L'impegno nello sviluppo di tecnologie è sempre stato portato avanti. Voglio raccontare un episodio che riguarda l'esperimento CHOOZ, perché può far vedere con che problemi uno può scontrarsi. Lo scintillatore liquido era una delle componenti principali di questo esperimento; uno scintillatore chimicamente molto difficile da preparare perché doveva contenere gadolinio, un elemento che cattura molto bene i neutroni termici. La responsabilità della produzione dello scintillatore era di un gruppo americano sotto la responsabilità di Richard Steinberg, un bravo fisico, veramente un grande esperto di scintillatori; aveva, ad esempio, preparato quello per l'esperimento MACRO. Lo scintillatore fu prodotto da lui e poi immesso nell'apparato — erano varie tonnellate di liquido. Dopo un giorno o due questo scintillatore era diventato nero, che non ci si vedeva a un millimetro di distanza. Aiuto! Pensiamo: "Se le cose stanno così, l'esperimento non si può più fare!". Come si rimedia? Avemmo una riunione di emergenza in America; a Philadelphia perché Steinberg voleva fare vedere come era stato preparato questo scintillatore, i vari passi fatti, le prove eseguite. Emerse che, evidentemente, era stato fatto qualche sbaglio o che qualche problema era stato sottovalutato. Pisa non aveva la responsabilità dello scintillatore; aveva la responsabilità della selezione e della misura di tutti i fotomoltiplicatori, della costruzione del sistema di trigger e di alcune altre cose. Tuttavia lo scintillatore era vitale per l'esperimento ed io decisi quindi che dovevamo occuparcene immediatamente. In questo caso, devo dire, siamo stati bravissimi tutti! Ci equipaggiammo molto rapidamente di tutta la strumentazione ottica per fare l'analisi spettroscopica dei materiali — spettrofotometro, spettrofluorimetro, rifrattometro di Pulfrich, forno, provette, beute; si esaminavano continuamente dei campioni di scintillatore per mettere in luce eventuali deterioramenti. Assunsi una laureata in chimica che ci desse una mano a fare queste prove; voleva dire preparare scintillatori con varie proprietà, per poi metterli a temperatura abbastanza elevata per accelerare i processi di deterioramento. C'era un gran "book keeping" da fare. Diventammo raffinatissimi superando di gran lunga questi americani; loro esaminavano lo scintillatore ad occhio: "È trasparente? Sì, benissimo, va tutto bene!". Noi avevamo una sensibilità di gran lunga maggiore! Capivamo subito quale fosse il tempo di decadimento dello scintillatore. Riuscimmo a farne uno con tempo di decadimento di alcuni anni; a noi bastava! Con questo studio riuscimmo a sbloccare la situazione, in pochi mesi.

Perché avveniva questo deterioramento?

Ci sono delle forme di ossidazione che uno deve prevenire. Una cosa banale è stato il ricoprire con teflon tutte le parti metalliche a contatto con lo scintillatore. Poi abbiamo variato le sostanze di base dello scintillatore, intervenendo direttamente sulla sua chimica e tenendo d'occhio l'emissione di luce e la trasparenza.

Quindi tutto questo non era stato minimamente previsto.

No. Ma sapevamo che il nostro gruppo aveva la duttilità e la capacità di mettere su uno studio di questo tipo molto rapidamente. Uno potrebbe dire: "Va bene; l'esperimento ritarda di un anno; poco male!". Manco per niente! Perché il punto di forza di CHOOZ è stato quello di entrare in funzione prima che entrassero in funzione i reattori della cen-

trale. Questa può sembrare una cosa banale, ma non lo è! Siamo riusciti a fare una cosa molto bella, che resterà nei libri di fisica: la misura dei fondi dell'esperimento — dovuti ai raggi cosmici ed alla radioattività naturale — a reattori spenti. Abbiamo poi visto crescere il numero di eventi da interazione dei neutrini in modo esattamente proporzionale alla potenza crescente dei reattori. Questo “exploit” è molto difficile che venga ripetuto perché è difficile trovare una centrale nucleare che inizi a funzionare in contemporanea con un esperimento. Se noi avessimo ritardato oltre un certo limite queste misure di fondo a reattore spento non sarebbero mai state fatte. Insomma: se c'erano neutrini c'erano molti eventi, se non c'erano neutrini si vedeva poco o niente.

Questo matrimonio tra tecnologia e fisica ha veramente funzionato!

Devo dire che io sono stato veramente fortunatissimo, perché questi ultimi esperimenti li ho fatti con gruppi superlativi. In parte ciò è stato dovuto al fatto che, facendo corsi importanti — ho sempre svolto corsi del terzo o quarto anno — sono riuscito ad agganciare studenti bravi. Adesso soffro molto di non avere più questo, perché ho smesso di insegnare; di fatto sono fuori gioco! Questa è la verità.

L'insegnamento era anche un momento di riflessione riguardo alle sue attività di ricerca?

Certamente. Questo fino ad adesso. In questi ultimi due anni ho seguito una tesi di dottorato e due tesi di laurea specialistica. Anche questi ultimi laureandi li ho fatti laureare su tematiche alquanto strane. Al PSI stiamo utilizzando il fascio di μ^+ più intenso al mondo. Ma come si misura l'intensità di un fascio così intenso? Ho trovato un modo di effettuare la misura per mezzo dei raggi X emessi dai μ nell'attraversare un sottile strato di materiale; uno dei ragazzi, Matteo Corbo, ha lavorato su questo; è meno banale di quello che può sembrare, perché ha dovuto sviluppare, rifacendosi a conti riguardanti gli elettroni, tutta la teoria dell'emissione dei raggi X da parte dei μ^+ , per i quali, fra l'altro, non c'era alcuna misura sperimentale. Ha fatto una tesi buona ed interessante. Un altro ragazzo, con interessi un po' più tecnologici, ha invece lavorato sulla diagnostica dei fasci. Noi calibriamo l'esperimento MEG mediante un acceleratore di Cockcroft-Walton; il fascio di μ^+ è usato durante la presa dati normale; invece i protoni del Cockcroft-Walton generano una reazione nucleare che produce γ da 17.6 MeV usati per calibrare il calorimetro a xenon liquido. MEG è attualmente l'unico esperimento al mondo che contenga al suo interno un acceleratore. L'intenso fascio di protoni deve essere centrato su un bersaglio di tetraborato di litio e, per far questo, disponiamo di una serie di magneti correttori. Ma come si fa a vedere dove sta il fascio? Quello che abbiamo fatto è mettere a punto una tecnica nota, basata sulla luminescenza che i cristalli — in questo caso del quarzo — emettono se colpiti da protoni; una bella luce blu, che le faccio vedere in fotografia per varie condizioni di focalizzazione del fascio. La luminescenza dei cristalli è una tematica di fisica dello stato solido. L'abbiamo dovuta studiare e siamo diventati ragionevolmente esperti nel misurare queste cose in laboratorio ed in esperimento. Lo studente con interessi tecnologici, Nicolino Curalli, ha sviluppato una telecamera a basso

costo, modificando una telecamera commerciale in modo che uno potesse fare le nostre misure di posizione, focalizzazione ed intensità del fascio dell'acceleratore di Cockcroft-Walton; ha anche sviluppato un bel "software" per una efficace e rapida presentazione delle misure. Ne è venuta fuori una applicazione molto carina! La cosa interessante ed innovativa è che poi abbiamo applicato questa stessa tecnica ai fasci di μ^+ . Per far questo abbiamo dovuto trovare un cristallo che emettesse luce molto più intensamente del quarzo. Questo ha implicato molte misure in laboratorio e finalmente siamo riusciti a vedere e fare la diagnostica del fascio di μ^+ di MEG. La cosa strana è che al PSI, dove i fasci di μ sono da tempo all'ordine del giorno, nessuno avesse pensato prima a questa applicazione! C'è una bella differenza tra fare la diagnostica di un fascio con un rapido metodo ottico e fare la stessa diagnostica facendo muovere un filo di scintillatore lentamente dentro al fascio, su due dimensioni, visto che l'intensità totale è tale che uno deve necessariamente prenderne solo una piccola frazione; questo richiede molte ore di misura. Voglio anche dire che questo lavoro sperimentale e queste misure servono anche a far sollevare, di tanto in tanto, il sedere dei laureandi dalla sedia sulla quale stanno piazzati davanti ad un calcolatore... È semplicemente impensabile che, in un piccolo gruppo come il nostro, uno lavori solo al calcolatore; deve assolutamente occuparsi un po' di tutto e saper metter mano ad ogni parte dell'esperimento.

Un'altra cosa che voglio aggiungere è la seguente. Quando ho avuto 65 anni — in realtà a 64 anni — ho lasciato la responsabilità del gruppo ad un mio collega più giovane, Alessandro Baldini; sono sempre cose fatte con una certa sofferenza; le persone hanno caratteristiche diverse, il mio collega non è me e io non sono lui...; Alessandro mette in gioco delle qualità importantissime che magari io ho in misura minore e viceversa. Ma è persona di alto livello, quindi sono sicuro che le cose sono e saranno portate avanti in maniera ottimale. Perché questa cessione di responsabilità? Perché io mi ricordo sempre la faccenda di Roma e dei vari capi dominanti. Siccome ritengo che una delle forze di Pisa sia stata proprio quella di aver dato alle persone un po' più di libertà di esprimersi, mi è sembrato opportuno fare questo passo. Credo abbia prodotto effetti positivi per il gruppo, anche se non necessariamente per me, come spiegherò. Ci sono naturalmente colleghi, a Pisa ed in Italia, che dichiarano apertamente di non avere alcuna intenzione di fare passi simili. Un effetto che produce per me, è quello di un lento estraniamento dal gruppo; la responsabilità di un esperimento crea legami molto più forti con tutti. Adesso non insegno più e quindi cominciano ad entrare nel gruppo persone che non conosco e che non ho avuto come studenti. I nuovi arrivati stabiliscono facilmente un legame con il responsabile del gruppo, per ovvie ragioni anche di carriera; con loro diventa per me più faticoso e meno naturale uno scambio. Comincio a sentire di essere, in qualche modo, non più completamente integrato.

Tutto quello che ha raccontato sembra molto caratterizzato dal fatto che lei ha sempre lavorato in gruppi di modeste dimensioni. Mi chiedo se questo abbia corrisposto ad una sua esigenza personale o è stato determinato dal tipo di ricerche effettuate.

Non lo so, è difficile dirlo. Ogni persona subisce una evoluzione e non è possibile indi-

viduarne tutte le cause; si tratta di una interazione fra la propria personalità e quello che è imposto dalla realtà esterna. Per me l'insegnamento ha avuto una importanza grande, più che per altri colleghi; ad esempio, Bellettini ha fatto certamente tutti i suoi corsi, ma le esigenze della sua attività di ricerca sono state dominanti. Io ho svolto corsi del terzo e quarto anno piuttosto impegnativi, quindi le energie per certe altre attività sono state forzatamente più ridotte; non mi riferisco all'impegno nella ricerca, mi riferisco agli aspetti politico-amministrativi. Nei grossi gruppi, se uno tiene 20, 25 persone o più, bisogna sempre stare a pensare a piazzare quello da una parte quell'altro dall'altra; uno può essere aiutato, ma tutto ciò prende tempo. Io ho aiutato le persone, per quello che ho potuto, ma certamente non volevo essere saturato da questi aspetti; questo, nelle mie scelte, c'è sicuramente entrato; inoltre ho cercato di svolgere attività scientifiche complementari a quelle fatte da altri gruppi a Pisa. Mi limiterò a fare alcune considerazioni sulla evoluzione del nostro gruppetto iniziale, quello, per intenderci che comincio a svolgere un'attività a Frascati: Giorgio Bellettini, Carlo Bemporad e Lorenzo Foà. Giorgio, per natura, è un leader nato; è, in un certo senso, il "Napoleone" della fisica, ah, ah, ah! Giorgio è una persona di grande intelligenza, provvista di intuito, visione e capacità politica notevole. Non posso dire che sia quello che in laboratorio si metta a fare un rivelatore o si metta a riparare un circuito, questo anche quando più giovane; per lui sono occupazioni non prioritarie. Comunque ognuno ha i suoi punti di forza. Lorenzo era un ottimo fisico sperimentale capace di muoversi assai bene in laboratorio. Piano piano si è spostato sempre di più sulla gestione di grossi gruppi e grossi esperimenti. Giorgio aveva due anni più di noi, si occupava di politica, era persona abituato a scambiare opinioni, possessore di capacità dialettiche e la sua natura "napoleonica" lo portava a voler fare "il capo"! Nel nostro gruppo iniziale non c'erano capi, eravamo tre persone che discutevano, litigavano ma non c'erano capi, eravamo più o meno allo stesso livello. Ma sul fatto che Giorgio volesse fare il capo non c'erano dubbi! Devo ammettere che Giorgio aveva una consapevolezza di "come funziona il mondo", che io, persona tutto sommato schiva e tra l'altro anche vissuta in maniera più isolata per ragioni varie, non avevo assolutamente. Magari ero persona capace di ragionare, di approfondire e con una discreta cultura generale. Però Giorgio mi ha svegliato; mi ha svegliato perché aveva una grande apertura verso il mondo. Una volta glielo dissi pubblicamente: "Io devo essere grato a Giorgio Bellettini perché..."; credo sia rimasto un po' sorpreso... Giorgio, d'altro canto, era portato a credere che il bene comune coincidesse quasi sempre con il bene per se stesso; riusciva, con una dialettica veramente abile, a dimostrare che quello che lui suggeriva andava bene per tutti! Abbiamo avuto dei litigi fenomenali, ovviamente. Però era capace di un tale auto-convincimento che, ad un certo punto, uno diceva: "Va bene! È così, è sincero, che ci vuoi fare?". Naturalmente uno si deve proteggere un po', ma questo credere in se stesso ad un tale livello, era, in un certo senso, apprezzabile. Giorgio è tutto sommato una persona diretta e piuttosto generosa.

Lorenzo è una persona di grande cultura e raffinatezza; ha avuto uno sviluppo più lento come gestore di gruppi di ricerca. Dotato di un notevole intelletto, capace di approfondimenti; ha anche buone capacità diplomatiche che gli hanno permesso di svolgere un ruolo importante a livello politico; è stato, ad esempio, direttore di ricerca al CERN.

Lorenzo ha avuto un grande impatto a livello universitario; chiamato alla Scuola Normale, ha avuto molti buoni studenti ed ha formato parecchie persone.

Insomma: questo iniziale gruppetto ha lavorato al meglio delle proprie capacità. Adesso, dopo tanti anni, ognuno ha avuto modo di recitare la sua parte ed alla fine della rappresentazione, come dico spesso, si va tutti insieme alla osteria. Ecco! Siamo adesso nello spirito di andare all'osteria! Non a caso, dopo aver proposto di effettuare questa serie di interviste, le ho chiesto di intervistare per primi sia Giorgio che Lorenzo; sono persone, insieme ad altri, a cui Pisa e non solo Pisa, deve molto.

Insomma, siete stati personaggi notevoli, molto diversi tra loro e che hanno continuato ad interagire positivamente.

Ma, forse correggo i "notevoli", perché io non so se quanto uno ha potuto realizzare dipenda dal periodo in cui ha operato; non bisogna dimenticare che è quello in cui si è formato e poi consolidato l'INFN e c'è stata una ripresa della fisica in Italia. Avevamo la volontà di emergere da un periodo difficile, difficile per tutti, per una ragione o per l'altra. Che le persone fossero abbastanza intelligenti non c'è dubbio. Non posso parlare per tutti, posso parlare per me stesso; io non ritengo di avere avuto, come dire, delle carte particolarmente buone; sì, certo, ho avuto un po' di fantasia, un po' di curiosità, ma non credo di essere in alcun modo eccezionale; tuttavia ho avuto modo di esprimermi. Certamente c'è una qualità che abbiamo avuto tutti: quella di non disperdere le proprie energie, di spendere la nostra vita decentemente; con sbagli, indubbiamente, però con una certa carica dentro.

In 50 anni, secondo lei, come è cambiato il modo di fare fisica rispetto a quando avete cominciato voi, sull'onda di una grande espansione? Certo, quando uno è giovane non è che si soffermi molto ad esaminare le cose.

Proprio così, non si sofferma molto; è più occupato a vivere che a fare introspezione od osservazione.

Allora: rispetto al modo di fare fisica oggi, che cosa è cambiato nello spirito e nello stile?

Secondo me la fisica intanto cambia; cambia nel senso che certi rami di fisica muoiono, altri si sviluppano. Quello che senza dubbio è avvenuto è l'aprirsi di una forma di interdisciplinarietà, che è stata estremamente produttiva, nella direzione dell'astrofisica, della biofisica e della fisica medica. Ho potuto farne parte perché, ad esempio, MACRO è stato da me iniziato per degli interessi astrofisici; sì, c'erano state le conversazioni con Cocconi, ma quello che mi affascinava erano alcuni aspetti legati all'astronomia, alla astrofisica, al funzionamento delle stelle; anche la meraviglia generica verso le cose che si incominciavano a capire sull'evoluzione dell'universo. In realtà, quello che ci proponevamo di fare era una cosa tutto sommato modesta, ma è stata produttiva e si è inserita bene in quel filone. Questo filone è diventato sempre più importante. Nella gestione, che mi sono trovato a fare per qualche anno, della Commissione Scientifica Nazionale 2° — quella che finanzia

le iniziative “non ad acceleratori” e quelle di fisica dei neutrini — ho cercato di sostenere molti di questi esperimenti; GLAST, ad esempio, è stato sostenuto in tutti i modi possibili; quello che potevo fare l’ho fatto. Il responsabile dell’esperimento, Ronaldo Bellazzini, me lo riconoscerà pure, ma il successo di GLAST è naturalmente tutto merito dei suoi fisici. Mi sono trovato a sostenere direttamente quel tipo di fisica e sono anche convinto che gli esperimenti di astroparticelle produrranno importanti risultati nei prossimi anni. Produttivi sono stati anche gli esperimenti di fisica dei neutrini; per i neutrini solari, BOREXINO, che pure ha attraversato qualche momento di difficoltà, sta producendo risultati veramente molto interessanti. Negli esperimenti astroparticellari bisogna stare attenti anche ad un altro aspetto. L’INFN entra in queste collaborazioni con gli enti spaziali, NASA, ESO, ASI, perché è in grado di produrre e di far funzionare dei rivelatori molto innovativi. C’è un difetto tuttavia: la cultura di tipo astrofisico dei fisici dell’INFN spesso non è adeguata e, al momento di interpretare i risultati ottenuti dalle osservazioni, può succedere che siano surclassati dagli specialisti del campo. Ho quindi cercato di favorire una maturazione anche culturale relativa a questi esperimenti. Non è una cosa semplice! Spesso i fisici sono condizionati dal lavoro giorno per giorno, dal produrre i rivelatori in tempo utile e forse non restano molte energie per studiare, anche se sarebbe importante. Tutto questo discorso, era propedeutico a quello relativo ai destini della fisica delle particelle elementari. Sul futuro io sono pessimista, ah, ah, ah! Non so se sono pessimista perché sono anzianotto o sono pessimista perché temo che, dopo una fase di crescita e raggiunto un apice, ci sia poi un inevitabile decadenza, come in tutte le cose. Secondo me la fisica delle particelle elementari ha dentro di sé i germi di una malattia; questa crescita di dimensioni dei gruppi e delle imprese non premia affatto una crescita culturale. Uno non ha questa impressione perché, se legge le pubblicazioni che escono dal CERN, la crescita culturale gli viene sbattuta in faccia continuamente, ma non è delle singole persone, è dell’insieme. Basta guardare le tesi di dottorato, che ho spesso dovuto esaminare, uscite, per esempio, dagli esperimenti a LEP; succede che, tipicamente il primo capitolo, nel quale si tratteggia la fisica degli esperimenti, sia praticamente identico in tutte le tesi. Intendiamoci, LEP ha dato contributi importantissimi! Il CERN è anche abile nel farsi pubblicità. Ma dalle tesi, anche buone, uno ricava l’impressione che la cultura fisica che si ottiene in questi grandi gruppi non sia sempre adeguata. Le persone fanno bene una parte del loro esperimento, ci impiegano anni e anni, ma la capacità di pensare cose nuove sembra non emergere chiaramente. Per la verità, non credo fino in fondo a quello che sto dicendo... , ma ho certo qualche perplessità riguardo alle dimensioni dei gruppi, degli apparati, dei costi. Queste sensazioni tuttavia le ho avute anche in altri momenti di discussione su nuove macchine, sbagliando poi, perché, ad esempio l’ultima, LEP è stata senza dubbio molto produttiva. Ma credo che uno possa fare cose interessanti, con sorprendenti risultati nuovi anche se si muove in campi meno pubblicizzati. Un ente come l’INFN, che riceve finanziamenti dallo Stato, può investire una piccola frazione delle sue risorse in cose nuove. La Commissione Scientifica 2°, di cui ho fatto parte, è in grado di puntare su qualche cosa di strano, di interessante e promettente, ma il grosso ha da essere messo su una iniziativa visibilissima. Lo stesso Enzo Iarocci, allora Presidente dell’INFN ed in qualche modo amico,

ha cercato per un certo periodo di contrastare l'esperimento MEG. Perché? Credo che, alla fine di CHOOZ, volesse far partire una grossa iniziativa. In quel periodo mi fu offerta la "leadership" italiana dell'esperimento sottomarino ANTARES; mi hanno cominciato a tempestare di telefonate i francesi, ma io, appunto, stavo cominciando a fare MEG. Credo che qualche teorico abbia fatto notare a Iarocci che l'esperimento MEG era abbastanza importante; non è che l'INFN veda necessariamente male una iniziativa relativamente piccola, però ritiene che sia più importante tenere in piedi una iniziativa ben visibile, per la quale si possano chiedere fondi anche a livello europeo. La costruzione di un acceleratore o di un grosso esperimento spaziale rientrano in questa categoria; se questo sia un bene per la cultura non lo so. Comunque, uno vive in un certo periodo e vive secondo le logiche del periodo.

Adesso intorno ad LHC c'è un grande fermento e ci si aspetta che dagli esperimenti possano emergere molte cose nuove; certo, l'attesa è stata lunga.

È anche un momento di grossi rischi. Fino a due anni fa ero membro di ECFA — "European Committee for Future Accelerators" — ed ho ascoltato molte relazioni sullo stato dei lavori per LHC. Ci si rendeva conto che, per ragioni economiche, questa macchina è stata fatta con margini di rischio elevati, molto più di altri acceleratori del CERN. L'incidente iniziale che l'ha bloccata ha introdotto ritardi e ha suscitato polemiche. La macchina era stata molto pubblicizzata; la mettono in funzione e dopo pochissimo gli si guasta! Ci sono ancora rischi; vedremo come andrà, nessuno ha la sfera di cristallo. Se uscirà fuori l'Higgs, la "particella di Dio" come viene chiamata, — Mamma mia! Questa particella di Dio...! — oppure un indizio delle supersimmetrie — che spero comunque vedremo prima noi di MEG — LHC indubbiamente si ripagherà.

La sperimentazione a LHC occuperà comunque molti anni.

Sì, ma quanto andrà avanti questa storia? Il dubbio mi è venuto più volte, non solo adesso. LHC è una macchina di costo enorme; è stata necessaria una collaborazione mondiale; è stato possibile fare la macchina al CERN con la partecipazione degli americani che hanno dovuto rinunciare a farla a casa loro. Ora c'è una altra macchina proposta, l'ILC — "International Linear Collider" — che probabilmente, se si farà, verrà fatta negli Stati Uniti, con la partecipazione degli europei. Ma fino a quando riusciremo a convincere i governi a finanziare cose così costose; ad un certo punto la gente potrebbe dire: "Sì, va bene, le supersimmetrie? Tanto piacere!". Gli acceleratori si sono susseguiti con ritmo incalzante; ma la scala dei tempi non è fissata a priori; non si potrebbe attendere più a lungo fra un risultato e l'altro? Non lo so; vedremo! La fisica delle alte energie e la costruzione di macchine, alla fine della guerra, sono state finanziate anche per favorire un rilancio dell'Europa. Gli americani pensavano che il mantenimento di un livello tecnologico elevato fosse un elemento importante nel periodo della guerra fredda; anche per essere preparati ad un possibile impiego per scopi bellici. Alcuni storici della fisica hanno avanzato queste tesi. Anche il programma di borse di studio Fulbright — quello del senatore americano, che permetteva di passare periodi di istruzione negli Stati Uniti — è stato interpretato

in quest'ottica. Era una iniziativa intelligentissima; se avesse scopi reconditi non so... Anche i piani ERP, che hanno permesso a noi di fare un po' di fisica utilizzando residuati bellici, potrebbero, in quest'ottica, essere male interpretati.

Sugli sviluppi futuri si possono nutrire molti dubbi.

Io sono pienamente soddisfatto delle mie scelte di lavoro. Ma, se dovessi consigliare un figlio o un nipote, forse non gli direi di scegliere le particelle elementari. In molti altri campi ci sono cose interessanti da fare. Guardo, con una certa ammirazione, i progressi in biofisica, in biotecnologie; ma forse anche questi campi sono già maturi; bisognerebbe guardare ancora oltre.

A Roma c'è una altissima percentuale di studenti che scelgono biofisica; è un settore che affascina; vengono svolte moltissime tesi.

Può essere; a Pisa non mi risulta che ci sia uno spostamento così massiccio, anche se la biofisica italiana ha avuto proprio Pisa come uno dei suoi luoghi di nascita; ricordo la collaborazione fra Giuseppe Moruzzi e Carlo Franzinetti.

La fisica delle particelle ha recentemente bruciato molti giovani che, in attesa di LHC hanno, fatto le tesi, ma poi non hanno veramente lavorato; è stato un fenomeno senza precedenti, tutto sommato.

Forse l'intervista si potrebbe considerare conclusa. Devo dire che mi sorprende anche di questa mia capacità di chiacchiera... , poi, una volta iniziato, i ricordi riemergono. Per vedere l'effetto che fanno queste interviste, ho risentito quella ad Italo Mannelli: veramente molto interessante ed anche in un piacevole toscano. Mannelli è una delle persone notevoli, sia a Pisa che al CERN; è probabilmente il migliore fisico che abbiamo qui. Non mi riferisco solo alla conoscenza della fisica ed alla capacità di portare avanti un esperimento; ma è un carattere integro, un riferimento importante nel nostro ambiente.

Ha qualche altra osservazione da fare? Qualche altra cosa che le viene in mente?

Guardi, mi sembra che abbiamo toccato praticamente tutto. Forse posso parlare di una iniziativa presa nel campo della divulgazione scientifica. Non me ne sono mai occupato granchè, tuttavia qualche anno fa mi venne in mente di costruire un apparato denominato *GRAVITÀ*, cioè: una realizzazione dell'esperimento pensato da Galileo Galilei sulla caduta dei gravi, in una versione attuale e di grandi dimensioni — circa quattro metri di altezza —, ben visibile ed eventualmente apprezzabile da parte del pubblico. L'apparato mette a confronto, in due diverse colonne di vetro, una sotto vuoto ed una a normale pressione atmosferica, il fenomeno della caduta. Come è ben noto, nella colonna piena d'aria la caduta di una piuma avviene molto più lentamente rispetto a quella di una sfera metallica. Ottenni un finanziamento dall'INFN per questa iniziativa. La realizzazione avvenne con la importante collaborazione di due colleghi: Carlo Bradaschia e Marco Grassi. *GRAVITÀ* è stata poi esposta al CERN durante una mostra organizzata in occasione dei 50 anni del

laboratorio; è stata poi esposta a Pisa nel 2005, durante l'Anno Mondiale della Fisica e poi in alcune altre occasioni.

Ma voglio sottolineare come sia stato sfortunatamente mancato lo scopo principale che ci aveva spinto a presentare la proposta per questo apparato. Avremmo voluto che *GRAVITÀ* fosse posizionata in un edificio sulla Piazza dei Miracoli, in prossimità della torre — dove si favoleggia che Galileo abbia effettuato l'esperimento — e fosse visitabile da turisti, scuole, etc. oltre ai ben noti monumenti pisani. Sarebbe stata un ottimo richiamo per i visitatori della città, in particolare per quelli in età scolare ed anche, perché no, un modo di rendere note alcune attività dell'Università e dell'INFN. Non c'è stato verso! Sono state fatte promesse da parte del Comune di Pisa e da parte dell'Opera del Duomo, ma non si è riuscito a concretizzare nulla. Una dimostrazione della incredibile ottusità di alcuni amministratori pubblici ed anche della incapacità di immettere nei nostri musei — bellissimi, ma spesso anche gestiti in modo antiquato — un qualche elemento di richiamo, in aggiunta a quelli puramente artistici, cosa che avviene sovente in molti musei esteri. Non c'è da meravigliarsi! Pisa, patria di Galileo, nonostante discussioni protrattesi nei secoli, non ha alcun monumento a Galileo — a parte uno, ben nascosto, all'interno dell'Università. Secondo me Galileo fa ancora un po' paura... *GRAVITÀ* si trova ora nel laboratorio VIRGO — in prossimità di Cascina — quello per la rivelazione delle onde gravitazionali. È per fortuna a disposizione dei visitatori e scolaresche, ma tutta questa storia mi ha lasciato un po' d'amaro in bocca!

Posso forse aggiungere qualche considerazione generale. Io ho passato molti anni all'estero; poi, divenuto docente a Pisa, ho passato qui la maggior parte del tempo. Ma gli anni all'estero sono stati tanti e devo dire che, ad un certo punto, mi sono considerato "cittadino del mondo"; avrei potuto pensare di stabilirmi ovunque; ho avuto varie offerte di lavoro: negli Stati Uniti, in Canada, al CERN; in un certo senso considero un caso l'essere ritornato in Italia. Fra l'altro, mi ricordo benissimo delle discussioni con Sam Ting — non abbiamo lavorato nello stesso esperimento, ma ad Amburgo i nostri esperimenti erano adiacenti e contemporanei — "Ma tu torni in Italia? Ma che torni a fare in Italia? Vieni in America; potrai fare una carriera meravigliosa; non andare a perder tempo!". In Italia, se ricordo bene, era anche il periodo dello scandalo Ippolito. Io sono tornato in Italia; non ricordo neppure bene il perché, forse per ragioni familiari. Certo non per pressioni di mia moglie che era piuttosto sportiva ed aperta al nuovo; è stata un aiuto validissimo nelle nostre peregrinazioni perché umanamente molto capace di stabilire contatti e con un certo dono per le lingue; parlava inglese, francese e russo piuttosto bene. È stata felice di esser stata tirata fuori da Roma e Pisa ed essere stata portata in giro per il mondo! Forse siamo tornati per i genitori e la famiglia, anche se poi queste cose non funzionano mai. Uno ritorna, ma in un'altra città, oppure loro scompaiono dopo poco. Non sono neppure cose che si possano misurare con durate e tempi; gli scambi possono essere intensissimi in brevi periodi ed in altri languire. Comunque: siamo tornati in Italia e non è stato uno sbaglio! Certo, ora le cose potrebbero andare meglio! Ma anche riguardo ai discorsi che faceva Ting, in Italia la fisica delle alte energie è stata sostenuta meglio che in altri paesi europei. A parte il '68 ed i suoi strascichi, le limitazioni non sono poi state molte. C'è un

altro aspetto che forse ha giocato un ruolo importante riguardo al rientro. Questo è un paese molto bello; non mi riferisco solo alle bellezze naturali, ma anche a quelle artistiche. L'Italia ha una tale ricchezza, particolarmente qui in Toscana! Mi sono riambientato in Italia, forse perdendo la patina di pseudointernazionalismo.

C'è un aspetto che mi ha colpito sfavorevolmente in ambito americano. Io ho sempre lavorato intensamente, ma la pressione, l'assillo osservato in America mi sono sembrati eccessivi. Tutto considerato, ho apprezzato momenti in cui potevo pensare; beh, non è che uno si metta a pensare a pieno tempo, ma certamente talvolta vale la pena di guardarsi intorno con più calma.

Ho dimenticato di accennare ad una ulteriore parte della mia attività; quella di gestione universitaria. Sono stato Presidente del Consiglio di Corso di Laurea, Direttore della Scuola di Dottorato di Ricerca, Preside della Facoltà di Scienze. Ho evitato la direzione di dipartimento o altre cose che mi costringessero ad interagire con sindacati e simili. Queste attività le ho fatte sempre per periodi relativamente brevi, evitando le riconferme, anche per quel che riguarda il caso, già accennato, dell'INFN. Questo perché altrimenti uno diviene un gestore e magari lo fa pure adeguatamente, ma scopre che, quando vuole ricominciare a fare il suo vero mestiere, non riesce più bene perché ha perso il passo. Come Preside di Facoltà ho preso alcune iniziative interessanti. A Pisa non si davano lauree honoris causa in fisica dai tempi di Marconi. Con prudenza, abbiamo dato qualche nuova laurea honoris causa, ad esempio a Leon Lederman. Giorgio Bellettini si era ben impiantato a Fermilab — del quale Lederman era il direttore. Gli dissi: “Perché non diamo una laurea honoris causa a Lederman. Lederman è bravissimo ed in fin dei conti i rapporti che avete stabilito con gli Stati Uniti sono importanti; cerchiamo di consolidarli”. Poi dalla Scuola Normale e per iniziativa di Italo Mannelli, furono dati riconoscimenti honoris causa a Masatoshi Koshiba ed a Jack Steinberger; fra l'altro tutti quelli che Pisa ha così onorato, sono divenuti premi Nobel subito dopo! Un'altra cosa fatta è stata quella di organizzare una serie di seminari di Facoltà interdisciplinari, non troppi, per evitare forme di stanchezza, ma tenuti da persone di alto livello. Altro lavoro l'ho messo nel tentativo di informatizzazione della Facoltà, per semplificare e rapidizzare le noiosissime procedure ripetitive. Il Preside successivo, Piero Maestrini, un informatico, ha continuato efficacemente in questa direzione. In conclusione: si possono fare cose positive, ma uno deve smettere il prima possibile! Ho iniziato a fare il Preside di Facoltà, perché, tornato dopo anni all'estero, mi si diceva: “Tu hai investito troppo poco in questioni riguardanti l'Università”. È stato un modo di conoscere tutti i colleghi di Facoltà e molto dell'Università.

Veramente a conclusione: mi sento di dire che sono stato fortunato! Il mestiere di fisico è stato bello ed interessanti le tematiche affrontate. A Pisa, inoltre, ho avuto intorno una serie di colleghi veramente di ottimo livello; come ho già detto, senza litigiosità troppo spinte. Quindi non è solo quello che uno ha personalmente realizzato, ma è tutto l'ambiente che ha permesso di avere scambi interessanti. Sì!, questo direi che è l'aspetto di questo mestiere che mi è piaciuto di più; i litigi o le discussioni uno non li può evitare del tutto, ma piuttosto che litigare a livello di “postelegrafonico” — un mio esempio tipico... — è meglio farlo a livello universitario su questioni più stimolanti. Tengo a sottolineare che,

qui a Pisa, non c'è stato nessuno di livello straordinario, per esempio come Fermi. Ci sono state persone intelligenti, impegnate e preparate. L'ambiente è stato abbastanza coeso da produrre effetti di coerenza e, anche per questo, è riuscito a dare una sua impronta alla fisica sperimentale italiana negli anni successivi al dopoguerra. È proprio una forma di gratitudine verso l'ambiente ed i colleghi pisani che mi ha spinto a fare qualcosa per conservare la memoria di queste cose: le interviste, che lei ci ha aiutato a mettere insieme.

Sì, la cosa interessante è proprio quella di ricostruire un periodo attraverso la somma di tutte le testimonianze, ogni cosa raccontata da punti di vista diversi e talvolta contraddittori, ah, ah, ah! Sono aspetti tipici della "Storia Orale". Dal punto di vista storico, tutto questo andrebbe rielaborato ed interpretato.

Chiudiamo qui!

Luciano Bertanza ¹¹

Luciano Bertanza nasce a La Spezia nel 1929. Svolge i primi studi in Liguria e Toscana, in buona parte durante il periodo bellico. Si iscrive a Fisica presso l'Università di Pisa laureandosi alla fine del 1952. Partecipa alle prime attività in fisica delle particelle seguite all'arrivo a Pisa di Marcello Conversi e Giorgio Salvini. Si forma il primo gruppo di camera a bolle e Luciano Bertanza costruisce in Istituto la prima camera a bolle propano-etano a ciclo rapido; la camera è usata per la realizzazione di uno dei primi esperimenti presso il sincrotrone di Frascati: la misura della polarizzazione del protone di rinculo in reazioni di fotoproduzione di pioni. Si trasferisce poi per due anni negli Stati Uniti, presso il laboratorio di Brookhaven, e collabora con Nick Samios ad una serie di esperimenti che portano alla scoperta ed allo studio di risonanze bosoniche e di particelle strane. La collaborazione e l'analisi degli esperimenti di Brookhaven proseguono anche dopo il rientro a Pisa. Luciano Bertanza è al centro delle attività del gruppo di camere a bolle. Vengono sviluppate le prime macchine di misura; queste vengono successivamente connesse alle prime macchine calcolatrici disponibili a Pisa. Vengono sviluppati i programmi per l'analisi dei film: programmi di ricostruzione geometrica delle tracce e programmi di analisi cinematica degli eventi. Il gruppo partecipa ad esperimenti mediante la camera BEBC al CERN e sviluppa una intensa collaborazione con i centri italiani di Bologna, Padova e Torino. Vengono svolti importanti studi in fisica del neutrino. Cessate le iniziative per le grandi camere a bolle, Bertanza partecipa ad una serie di esperimenti — NA31, NA48 — per la ricerca e lo studio della violazione diretta di CP nel decadimento dei K neutri, misure coronate da pieno successo.

Luciano Bertanza dirige la sezione dell'INFN di Pisa fra il '74 ed il '79, nel periodo del trasferimento delle attività dal vecchio Istituto di Fisica agli edifici di San Piero a Grado, contribuendo in maniera importante al consolidamento del laboratorio ed all'affermarsi di un positivo clima di lavoro. Il gruppo di camera a bolle ha svolto molta della sua attività in sede; anche per questo Luciano Bertanza ha sempre svolto una intensa e vitale attività didattica presso il Corso di Laurea in Fisica, quello di Scienze Naturali e la Scuola Normale Superiore.

Iniziamo proprio dai suoi primi passi; ho visto che lei è nato a La Spezia nel '29, giusto?

Sì, e ho abitato lì fin verso la fine del '42. C'era la guerra e c'erano stati bombardamenti a Genova ed altre città, mentre a La Spezia non era ancora successo niente di grave. I miei genitori tuttavia decisero che era meglio sfollare e ci trasferimmo a casa dei miei nonni materni a Monsummano, vicino a Montecatini Terme, tranne mio padre che rimase a lavorare a La Spezia. In seguito, durante il passaggio del fronte, mio padre ci raggiunse e sfollammo nuovamente, per un breve periodo, a Montevettolini, in una bella villa, assieme ad altre famiglie. Sempre a causa dello stato di guerra mi è convenuto seguire per un anno la scuola magistrale, che era sfollata a Monsummano, e solo dopo il passaggio del fronte, frequentare, come era originariamente la mia intenzione, il liceo scientifico a Montecatini Terme. Ho ottenuto la maturità scientifica nel luglio del '48. Ricordo con piacere alcuni insegnanti del liceo, in particolare una professoressa di lettere ed un professore di

¹¹Registrazione del 10 e 11 Luglio 2009

matematica. La fisica, tranne l'ultimo anno, era molto trascurata. Cosa fare dopo? Mio padre, che era meccanico di automobili, aveva sempre detto che mi sarei dovuto occupare anch'io di automobili, ma come ingegnere. Sono quindi cresciuto con questa idea, ma con dubbi crescenti. Alla fine mi sono iscritto a Fisica, nell'Università di Pisa, con un interesse per la materia che aumentava nel tempo. I corsi di fisica che ho seguito erano tenuti da Nello Carrara, Marianna Ciccone, Cosimo De Donatis, Tullio Derenzini e infine Marcello Conversi.

Ricapitolando, lei ha fatto questa scelta con una certa sicurezza ed è venuto a studiare qui a Pisa.

Ogni dubbio sulla mia scelta è completamente scomparso quando è iniziato, con la sperimentazione per la tesi di laurea, il vero gusto di fare fisica. Con l'arrivo a Pisa nel 1951 di Conversi si ebbe l'inizio di un forte sviluppo dell'Istituto. In particolare Conversi, che era allora l'unico professore di ruolo, aprì alla ricerca pisana la strada delle alte energie, cominciando con esperimenti sui raggi cosmici. Un altro settore di ricerca era condotto da Adriano Gozzini che, nel suo laboratorio di microonde, stava svolgendo una brillante attività; sarebbe diventata un'altra delle basi fondamentali della ricerca sperimentale del nostro Istituto. Alla fine del terzo anno, un gruppetto di studenti chiese la tesi a Conversi, al quale era aggregato Giuseppe Martelli, che fu il mio relatore. L'esperimento oggetto della mia tesi riguardava gli sciami prodotti da elettroni dei raggi cosmici. L'esperimento era progettato ma ancora tutto da costruire e montare. Disponevo dei contatori di Geiger col loro alimentatore, dell'alimentatore dei circuiti e di qualche strumento. Per il resto dovevo costruirmi quasi tutto. Il supporto tecnico era allora molto scarso e solo in seguito furono potenziati o creati i vari servizi dell'Istituto. La biblioteca, di cui sapeva tutto Derenzini, era invece ben dotata. A proposito di Derenzini, ne ricordo la squisita cortesia e disponibilità e la grande cultura scientifica (ma anche generale) di cui mi sono più volte giovato. Nel 1952 giunse a Pisa Giorgio Salvini. Sotto la sua direzione ebbe inizio un'opera di grande importanza, la realizzazione dell'elettrosincrotrone nazionale. A Pisa partì la progettazione, che proseguì dal 1955 a Frascati, dove la macchina fu costruita. In questo stesso anno arrivò Luigi Aialdo Radicati, il fondatore della moderna scuola teorica pisana. Quando mi sono laureato, il 2 dicembre 1952, l'esperimento su cui lavoravo stava prendendo dati, ma non era ancora completato. Mi è stato chiesto di rimanere e sono rimasto volentieri, in qualità di assistente straordinario in soprannumero.

Lei ha forse conosciuto Gianfranco Corazza che ha iniziato a lavorare con Conversi proprio alla costruzione di contatori Geiger.

L'ho conosciuto quando eravamo ambedue laureandi. Corazza fece poi parte del gruppo costituito da Salvini per l'elettrosincrotrone; si trasferì quindi a Frascati, dove lo ho incontrato più volte.

E dopo questo esperimento cosa altro avete fatto?

Poco dopo l'invenzione da parte di Glaser, nel '52, della camera a bolle, Giuseppe Martelli iniziò un'attività in questo campo a cui partecipai ed in cui più tardi si inserirono altri giovani fisici: Anna Zacutti, Paolo Franzini, Bruno Tallini. Si cominciò a fare calcoli sulle condizioni di funzionamento, a vedere quali liquidi si potessero usare, e dopo alcuni piccoli prototipi, venne iniziata la costruzione di una camera a propano di 26 cm di diametro. Martelli si trasferì a Birmingham abbastanza presto, dopo avere dato inizio ad un'attività di lungo periodo. A lui devo molto. Basta dire che devo a lui se ho iniziato il piacevole lavoro che non ho più abbandonato. Nel frattempo Conversi aveva iniziato, d'intesa con Jack Steinberger, un'attività di analisi di film spedito a Pisa da Brookhaven nell'ambito di una collaborazione Brookhaven, Bologna, Pisa, Michigan, che ottenne risultati di grande importanza.

Era in quell'epoca che Jack Steinberger ha avuto un contatto abbastanza importante con Pisa?

Sì, per questo esperimento è anche venuto a Pisa rimanendoci per un certo tempo. Altro contatto importante c'è stato per l'esperimento sulla violazione diretta di CP nel decadimento in due pioni dei K neutri al quale anch'io ho partecipato. Steinberger, inoltre, è stato professore nella Scuola Normale Superiore di Pisa. Al termine dell'esperimento di cui parlavo si formò, con alcuni ricercatori che vi avevano partecipato, un unico gruppo. Questi ricercatori erano Paolo Franzini, con cui avevo già lavorato nel gruppo di Martelli, e i neolaureati Italo Mannelli e Vittorio Silvestrini. Io avevo qualche esperienza nella costruzione di piccole camere, ma non nell'analisi di film in cui gli altri avevano invece già lavorato. Il nostro impegno principale era la preparazione di un esperimento da fare all'elettrosincrotrone nazionale che stava per entrare in funzione, mentre con Raffaello Carrara, Antonio Drago e Pieter Stoker — in licenza dalla Potchefstroom University (South Africa) — lavoravamo anche all'analisi di film per lo studio dello scattering elastico su protoni di pioni negativi di energia cinetica 12 GeV. L'idea che maturammo era di costruire una piccola camera a bolle a ciclo sufficientemente rapido — il sincrotrone operava a 20 impulsi al secondo — da utilizzare per la misura della polarizzazione del protone di rinculo nella fotoproduzione di mesoni π^0 in idrogeno. L'esperimento era concepito nel modo seguente: il fascio γ colpiva un bersaglio di idrogeno liquido, un magnete raccoglieva i protoni emessi ad un certo angolo focalizzandoli sulla finestra sottile della camera. Un telescopio di contatori selezionava i protoni e la coincidenza comandava il flash. La diffusione dei protoni sul carbonio della miscela di etano e propano della camera permetteva, infine, la misura della polarizzazione. Nel 1959, poco dopo l'entrata in funzione dell'elettrosincrotrone, l'esperimento cominciò a prendere dati. La camera, che era capace di 5 espansioni al secondo — il nostro compressore non poteva dare di più — fu usata a 4 espansioni al secondo, ossia uno ogni 5 impulsi in sincronismo con l'acceleratore, in esposizioni di 20—40 ore. Poiché l'operazione della camera non dipendeva criticamente dalla temperatura, il liquido per la termostatazione era l'acqua del rubinetto. Il funzionamento risultò ottimo, in 10 ore potevamo avere oltre 140.000 espansioni. Alla fine la polarizzazione fu misurata a due energie del fotone, attorno a 90 gradi nel centro di massa. A parte dell'esperimento parte-

ciparono anche Sergio Santucci e Vincent Peterson — da Caltech e dall'Istituto di Fisica dell'Università di Roma. Per questo esperimento abbiamo avuto un sostegno importante, ma senza interferenze, da Carlo Franzinetti, giunto a Pisa nei primi mesi del '59, dopo il trasferimento di Conversi a Roma. I colloqui e le discussioni con Franzinetti erano sempre molto illuminanti. Un notevole contributo al successo fu dato dall'eccellente lavoro di due tecnici: Gianni Gennaro, progettista meccanico e Piero Salvadori, elettronico, il lavoro dei quali, anche in seguito, sarebbe stato prezioso. Il risultato della misura era limitato a due punti, ma mi sono un po' dilungato su questo lavoro perché si è trattato di un'esperienza molto piacevole e professionalmente importante per me e credo per gli altri partecipanti alla ricerca. Per la prima volta, infatti, progettavamo, costruivamo e portavamo un esperimento ad un acceleratore di un laboratorio nazionale, cosa che a Pisa non era ancora stata fatta.

Era una novità assoluta per l'Italia!

Eravamo in presenza di un evento molto importante, anche per i futuri sviluppi, ossia la nascita del primo laboratorio nazionale italiano, dotato di un suo acceleratore di elettroni di elevate prestazioni.

Era anche uno dei tre più potenti al mondo.

Sì, gli altri due erano quelli di Cornell e di Caltech. Tornando al nostro esperimento, verso la fine del 1959 Franzini partì per gli Stati Uniti, alla fine di ottobre del 1960 ci andai anch'io, ed infine, dopo un altro anno, anche Mannelli, concluso l'esperimento, arrivò negli Stati Uniti.

Non era mai stato all'estero prima?

Avevo visitato laboratori all'estero, con permanenza al massimo di alcuni giorni. Le cose cambiarono con l'arrivo a Pisa di Franzinetti. Franzinetti aveva la ferma convinzione che si dovesse andare nei grandi laboratori e restarci un periodo di tempo abbastanza lungo. Nel mio caso, ma non credo fosse l'unico, posso dire che letteralmente mi spedì in America, perché prese direttamente gli accordi col gruppo camera a bolle di Ralph Shutt del Brookhaven National Laboratory, scelta che si rivelò ottima. La permanenza a Brookhaven è stata per me realmente molto fruttuosa. In effetti in un grande laboratorio, frequentato da fisici di varia provenienza, talvolta di livello molto alto, dotato di mezzi adeguati, si impara molto e si matura rapidamente.

Quanto tempo è rimasto a Brookhaven?

Sono rimasto due anni. Mi sono inserito nel gruppo di Nicholas — Nick — Samios, un giovane fisico molto in gamba e mi sono trovato benissimo. In generale mi sono trovato assai bene in quell'ambiente, veramente molto ospitale. Appena arrivato ho avuto visite di membri del gruppo disponibili ad aiutarmi in ogni problema, aiuto di cui ho certamente beneficiato.

Siamo agli inizi degli anni '60, giusto?

Sono arrivato a Brookhaven a fine ottobre 1960 e sono rientrato a Pisa a fine ottobre 1962. Nel primo esperimento al BNL a cui ho partecipato, una camera a bolle a idrogeno di 20 pollici fu esposta ad un fascio di pioni negativi dal Cosmotrone per studiare la produzione di $\Lambda^0 - K^0$ a varie energie. In un secondo esperimento la camera fu esposta per la prima volta all'AGS fornendo sia un test tecnico sia dati sulla produzione di particelle strane da pioni negativi di 4.65 GeV/c. L'esperimento più importante fu il seguente, che utilizzava fasci di K^- di 2.24 e 2.5 GeV/c dell'AGS. Studiammo la produzione di Ξ , determinandone le varie proprietà, si scoprì il mesone $\phi(1020)$, si ebbe evidenza della $\Xi^*(1535)$. Facemmo molto lavoro. Ricordo che, ritornato a Pisa, ancora mi occupavo dello spin della $Y^*(1385)$.

Dopo questa fruttuosa esperienza americana durata due anni, è tornato in Italia. Perché ha deciso di tornare?

L'accordo era effettivamente per due anni, dopo i quali sarei tornato a Pisa dove ero assistente di ruolo. Tra l'altro, la mia figlia maggiore stava per compiere sei anni e sembrava opportuno, a mia moglie e a me, che iniziasse le scuole in Italia.

Che situazione ha trovato al ritorno?

Il 1962 fu un anno di cambiamenti. Franzinetti andò in congedo al CERN per poi trasferirsi a Torino, Radicati si trasferì alla Scuola Normale Superiore, ed arrivò a Pisa Nestore Bernardo Cacciapuoti. Per quanto riguarda il gruppo camera a bolle, questo era formato da Paolo Franzini, che stava per partire definitivamente per gli Stati Uniti, Armando Bigi, che sarebbe diventato un membro fondamentale del gruppo e Dino Zanello, perfezionando, che si trasferì poi a Roma. Un altro membro del gruppo, Raffaello Carrara, lavorava con Marcello Cresti a Padova. Il gruppo disponeva di alcune macchine di misura e si avvaleva delle collaborazioni di alcuni tecnici e di alcuni osservatori, questi ultimi efficientemente guidati da Roberto Bertelli, che già lavorava con noi da alcuni anni. A Pisa era entrata in funzione la calcolatrice elettronica pisana, la CEP, realizzazione fondamentale per la scuola informatica italiana, costruita su suggerimento di Fermi, accolta con entusiasmo da Conversi. Il gruppo camera a bolle aveva deciso di sviluppare sulla CEP i programmi di analisi del film e Bigi e Zanello avevano scritto un programma di ricostruzione geometrica delle tracce. Al mio rientro scrissi il programma di analisi cinematica degli eventi. Eravamo così in grado di fare in casa l'analisi completa di un esperimento. Il sistema funzionò molto bene per lo studio di interazioni $\pi - p$ su parte del film raccolto nel primo esperimento durante la mia permanenza a Brookhaven; mi era stato inviato gentilmente da Samios e venne utilizzato senza problemi anche in altri esperimenti. Presero parte a questo lavoro, come laureandi, Roberto Casali che si laureò nel 1963 e Vincenzo Flaminio che si laureò l'anno seguente. Casali rimase nel gruppo, mentre Flaminio preferì andare all'estero, prima al CERN e poi a Brookhaven, nello stesso gruppo in cui io avevo lavorato. Infine tornò con noi ed ebbe una parte determinante in varie iniziative. Intanto partiva una collaborazione, destinata a durare a lungo, con il gruppo di

Cresti a Padova, per lo studio delle annichilazioni di antiprotoni in deuterio e, in parallelo, una collaborazione Pisa-BNL-Yale per uno studio delle interazioni $K^- - p$ da 594 a 820 MeV/c. Durante questo esperimento abbiamo avuto ospiti a Pisa Edward Hart e William Willis da Brookhaven. Una notevole perdita di tempo nell'analisi del film era dovuta al fatto che eventi misurati e già processati dovevano essere spesso nuovamente misurati e processati. Decidemmo allora di studiare la possibilità di fare un controllo in tempo reale delle misure effettuate sui fotogrammi, cosa che in Italia non era ancora stata realizzata. Un sostegno per la sua realizzazione ci fu fornito da Gherardo Stoppini, giunto a Pisa nel 1964, in seguito direttore della Sezione. Per sua iniziativa giunsero a Pisa alcuni bravi giovani fisici, due dei quali, Paolo Lariccia e Roberto Pazzi vennero a lavorare con noi. Fu fatto un accordo col Centro Studi Calcolatrici Elettroniche del CNR — il CSCE — che gestiva la CEP, mediante il quale si formò un gruppo a cui parteciparono, per la camera a bolle, Lariccia e Pazzi. Le nostre macchine furono collegate alla CEP che provvedeva a controllare le misure basandosi sul programma di ricostruzione geometrica già ricordato; dovette essere adattato allo scopo da Lariccia e Pazzi ed inviava le opportune indicazioni all'operatore. Il sistema dette i risultati sperati, fu ampiamente utilizzato e riscosse un notevole successo. In seguito il collegamento con la CEP, ormai vicina al termine della sua utilizzazione, fu sostituito da un nuovo collegamento con l'IBM 1800 del Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico — il CNUCE. Questo centro era stato costituito nel 1965 per gestire un calcolatore 7090, il più potente disponibile al momento, donato dall'IBM, e che naturalmente utilizzammo. Un buon aiuto per i problemi di calcolo si ebbe con l'arrivo di un tecnico addetto: Mario Soldi. Il modo di lavorare era allora molto diverso da quello attuale. Si usavano nastri perforati per la CEP, schede per il 7090. Ogni modifica o errore nei nostri programmi comportava una grande perdita di tempo.

Tutte queste cose miglioravano le vostre possibilità di lavoro; quali ne erano le conseguenze sulla scelta dei temi di ricerca?

Ormai eravamo in grado di trattare un alto numero di eventi in collaborazioni estese. Il notevole sviluppo dei mezzi di calcolo fu determinante a questo scopo e la comparsa delle grandi camere a bolle ha ampliato notevolmente le possibilità di ricerca. Gargamelle, costruita in Francia, arrivò al CERN nel 1970 e fu lo strumento usato nella scoperta delle correnti deboli neutre. Io non ho mai lavorato con Gargamelle, mentre invece ho utilizzato la camera BEBC in due esperimenti. Per il primo esperimento, BEBC, riempita di deuterio, fu esposta a fasci a banda larga di neutrini e di antineutrini, allo scopo di fare uno studio sistematico dettagliato delle loro interazioni con protoni e neutroni "quasi" liberi. L'esperimento fu realizzato da una grande collaborazione internazionale costituita da gruppi di Amsterdam, Bologna, Padova, Pisa, Saclay, Torino, a cui poi si aggiunse Bergen — AMBEBOPAPISATO... Si ebbe veramente una grande quantità di risultati nuovi su una varietà di argomenti. Il nostro gruppo era ormai diventato molto più forte. Hanno partecipato con me a questo esperimento Carlo Angelini, Alessandro Baldini, Armando Bigi, Roberto Casali, Riccardo Fantechi, Vincenzo Flaminio, Aniello Nappi, Roberto Pazzi, Carlo Petri e Giuseppe Pierazzini. Alcuni di loro parteciperanno,

con Biagio Saitta, tornato allora dall'estero, anche all'ultimo esperimento fatto con la tecnica della camera a bolle.

Direi che si assiste ad un cambiamento del modo di lavorare con la formazione di queste grandi collaborazioni.

Per quanto mi riguarda, al ritorno dagli Stati Uniti ho cominciato con una collaborazione di due laboratori: Padova e Pisa, poi le collaborazioni si sono progressivamente estese. In AMBEBOPAPISATO avevamo una collaborazione di sette gruppi e l'esposizione, trattandosi di neutrini, era di lunga durata. A questo proposito vorrei fare un'osservazione. Le camere a bolle erano ormai da tempo strutture fisse dei laboratori con acceleratori. Fatta l'esposizione, i gruppi lavoravano all'analisi del film rimanendo in sede per la maggior parte del tempo e, naturalmente, mantenendosi in contatto tra loro. Questo permetteva lo svolgimento regolare delle attività didattiche presso le Università di origine ed in generale la possibilità di conciliare l'attività di ricerca con gli impegni in sede. Anche nel caso di lunghe esposizioni per gli esperimenti svolti in collaborazione, questa possibilità restava garantita. Incidentalmente: ora non si parlerebbe, in un caso come questo, di grande collaborazione... Vorrei anche osservare che anche per questo esperimento c'è stata un'importante influenza di Franzinetti.

In che senso siete stati influenzati da Franzinetti?

Franzinetti è stato un entusiasta iniziatore dell'esperimento. Dopo la sua scomparsa, la prima pubblicazione è stata esplicitamente dedicata alla sua memoria.

Come veniva scelto il programma di fisica?

La procedura era, come al solito, la seguente. Dopo i primi tempi in cui l'idea maturava e si formava una collaborazione, veniva fatta una proposta dettagliata. Questa veniva discussa prima nelle sedi, poi nelle commissioni scientifiche nazionali ed infine, una volta approvata dall'INFN, nel laboratorio interessato.

Mi sembra che relativamente ai neutrini abbiate anche ricercato le oscillazioni; con Milla Baldo Ceolin che adora i neutrini!

L'esperimento, proposto e diretto da Milla Baldo Ceolin, era una collaborazione Athens-Padova-Pisa-Wisconsin per la ricerca di oscillazioni $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$. BEBC, riempita con una miscela di idrogeno e neon, fu esposta al protosincrotrone del CERN ad un fascio di ν_μ di circa 1 GeV con una piccola contaminazione di ν_e . Raccogliemmo circa 800.000 foto. Furono anche prese foto senza fascio, per la valutazione del fondo da raggi cosmici. Non fu trovata evidenza di oscillazioni $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ e furono pubblicati i limiti ai relativi parametri.

La strada era ancora lunga!

Certamente. Come poi si vide, eravamo ancora molto lontani dalla sensibilità necessaria.

Avete lavorato parecchio sull'esperimento dei neutrini; BEBC era entrata in funzione nel '75, quando avete cominciato voi?

Il gruppo di Pisa ha partecipato ad esperimenti con BEBC fin dai suoi inizi. Dopo una prima fase in cui BEBC, riempita di idrogeno, fu esposta ad un fascio di pioni negativi di 22 GeV/c, il gruppo collaborò, su iniziativa di Conversi allora a Roma, ad un esperimento ibrido camera a bolle-emulsioni per lo studio del decadimento di particelle dotate di "charm" prodotte da interazioni di neutrini in idrogeno. Poi è seguito AMBE-BOPAPISATO. Ai primi due esperimenti io non ho partecipato perché impegnato nella direzione della Sezione, mentre ho partecipato direttamente al terzo. Per quanto riguarda l'esperimento sulle oscillazioni, mi pare che sia iniziato nel 1983.

Comunque era ancora un'epoca in cui lo studio delle oscillazioni era cominciato da poco e non era affatto dato per scontato!

Il fenomeno delle oscillazioni di neutrini fu ipotizzato per la prima volta da Bruno Pontecorvo, ed è stato studiato in vari esperimenti, alcuni dei quali in corso. Neutrini solari, atmosferici, provenienti da reattori nucleari o da acceleratori sono stati presi in considerazione per questi studi. Anche un altro gruppo pisano, condotto da Carlo Bemporad, ha lavorato in questo campo con eccellenti risultati. Sono stati fatti molti passi in avanti. Prima o poi conosceremo le masse dei neutrini.

Cose difficili! Comunque, proprio per questo, affascinanti.

Questo è stato uno degli esperimenti che ricordo con particolare piacere. Era una piccola collaborazione, il gruppo di Milla ed il gruppo di Pisa avevano già lavorato insieme in ottimo accordo, molti di noi si conoscevano abbastanza bene. Era possibile seguire senza molte difficoltà ogni dettaglio e, direi, quasi ogni evento dell'esperimento, la cui fisica era di grande interesse.

Quello sui neutrini è stato un bell'esperimento; poi avete continuato a lavorare sui neutrini o siete passati ad altro?

È stato l'ultimo esperimento in camera a bolle. Due membri del gruppo, Roberto Pazzi e Alessandro Baldini, che ha conseguito il dottorato di ricerca con una tesi su questo esperimento, hanno poi ancora lavorato sulle oscillazioni nel gruppo diretto da Bemporad. Gli altri hanno seguito varie strade. La camera a bolle era ormai andata in pensione.

Perché? Le risoluzioni non erano più adeguate?

Non è questo il problema. Nuovi rivelatori, adatti anche ai colliders, possono ottenere statistiche fuori della portata delle camere a bolle, e comunque in tempi molto più brevi. Il grande e fruttuoso periodo della camera a bolle era ormai concluso.

Lei, che era veramente un esperto di camera a bolle, cosa ha deciso di fare?

Mentre stavo ancora lavorando in fisica del neutrino, Italo Mannelli stava preparando con altri la proposta dell'esperimento che ha poi mostrato la violazione diretta di CP nel

decadimento dei K neutri, ottenendo per questo ampi riconoscimenti internazionali. Io mi sono inserito in questa ricerca — NA31 e poi NA48 — assieme ad altri che avevano lavorato nel gruppo camera a bolle. La mia effettiva partecipazione però, è iniziata solo dopo la fine dell'esperimento sulle oscillazioni. Naturalmente, data la mia esperienza, non mi sono occupato di "hardware", ma solo di analisi dei dati. Come ha visto, stamani è stato festeggiato in Sezione il mio ottantesimo compleanno. La fisica mi piace ancora, ma diciamo che forse...

Vorrei chiederle se il fatto di essersi formato e poi di aver lavorato qui a Pisa le ha dato, in qualche modo, caratteristiche particolari. Avendo vissuto anche in altri ambienti, cosa ritiene sia specifico della realtà pisana?

Non riesco, almeno al momento, ad individuare queste caratteristiche particolari. Per il resto, ho frequentato altri ambienti, ma non ho partecipato alla vita di altre Università. Credo comunque che la base studentesca abbia un ruolo importante. A Pisa ho sempre visto studenti molto motivati e spesso di ottimo livello. C'è in questo un importante contributo della Scuola Normale Superiore. Ricordo in particolare che, tra gli studenti di fisica di un mio corso, mi è capitato di avere contemporaneamente Giorgio Bellettini, Italo Mannelli, Luigi Ettore Picasso, Renato Santangelo, Vittorio Silvestrini, tutti con una successiva brillante carriera, e il futuro premio Nobel Carlo Rubbia. Io ero poco più anziano di loro, ero al mio primo incarico di insegnamento.

Beh, a quell'epoca era normale avere questa poca differenza di età, le carriere erano assai più rapide.

Ho citato un caso che mi è rimasto impresso, ma mi è capitato spesso di notare che i nostri giovani vengono molto apprezzati anche all'estero.

Quindi lei sta dicendo che a Pisa c'era una buona base dal punto di vista del materiale umano. Ma mi chiedo ancora cosa altro caratterizzi la realtà pisana rispetto alle altre. Lei ha cominciato a lavorare in un momento di rinascita per Pisa. Ritiene di aver dato un contributo in questo ambito? Ritiene di aver continuato in qualche modo una certa tradizione pisana?

Conversi, Gozzini, Salvini e Franzinetti nel campo della fisica sperimentale e Radicati nel campo della fisica teorica sono stati alla base della rinascita di cui parla e li possiamo considerare i fondatori di una nuova tradizione pisana. Per quanto mi riguarda, io sono uno dei tanti che, in tempi diversi, si sono inseriti in questa nuova tradizione, fornendo ciascuno il proprio contributo.

In fin dei conti, a Roma, per esempio, c'era una grande differenza di tradizioni, di contesto. Il punto di partenza è stato diverso e diversi sono stati gli sviluppi... Lei ha vissuto la realtà di Pisa; come la sente rispetto alle altre realtà italiane?

Ho sempre visto, a Pisa, un notevole spirito di iniziativa, grande determinazione e molta passione. C'è sempre stato il gusto delle nuove iniziative e una grande attenzione ai

nuovi sviluppi scientifici e tecnici. A Pisa si sono formati, sia con ricercatori locali che con ricercatori venuti dall'esterno, forti gruppi, con varietà di interessi e senza preclusioni sul laboratorio in cui effettuare un esperimento. Credo sia stata di notevole importanza, nello sviluppo di Pisa, la stretta collaborazione con la Scuola Normale, sia per la didattica, sia per la ricerca teorica e sperimentale. Non sono perciò in grado di fare confronti attendibili con altre realtà italiane.

Comunque, io credo che lei sia una persona che ha contribuito, in qualche modo, a caratterizzare Pisa...

Ho vissuto in questo ambiente buona parte del mio tempo per decine di anni. Ho operato in ambito scientifico, didattico e organizzativo, anche in funzioni di responsabilità. Mi sono impegnato. Questo sostanzialmente è ciò che mi sento di dire.

Avete avuto una grande apertura verso l'esterno. Roma aveva il laboratorio di Frascati vicino e molte persone trovavano naturale lavorare lì.

Questa grande apertura è effettivamente nella tradizione pisana. Sentiamo giustamente il CERN, oltre ai laboratori nazionali, come nostro. Pisa però è stata presente con esperimenti di alto livello anche in altri laboratori europei, negli Stati Uniti e nell'Unione Sovietica, e i risultati non sono mancati. Abbiamo continuato a cercare di mandare i giovani all'estero e spero che questa tradizione possa continuare. A questo proposito mi viene in mente che un fisico americano, parlando di un nostro ricercatore all'estero, disse: "È uno che lavora molto, come tutti gli italiani".

Mi sembra una consolante conclusione! Direi di fermarci qui e di riprendere domani.

Riprendiamo. Lei è stato Direttore della Sezione INFN dall'inizio del '74 alla fine del '79, quindi per parecchi anni. Vuole ricordare un po' di questo periodo e di questa attività legata agli aspetti organizzativi della ricerca?

Sono stato Direttore per due mandati. In questo periodo si sono succeduti come Presidenti dell'INFN: Claudio Villi, Alberto Gigli Berzolari e Antonino Zichichi. Come Direttore di Sezione ho partecipato alle riunioni del Consiglio Direttivo. Non vorrei però entrare nei molti problemi, alcuni di notevole rilevanza, che sono stati trattati, e sarebbe anche difficile farlo. Vorrei invece parlare dei problemi locali. Quando sono diventato Direttore era in corso il trasferimento della Sezione da Pisa al nuovo laboratorio di S. Piero a Grado; il laboratorio, entrato in funzione durante la direzione Mannelli, poteva offrire notevoli vantaggi per le realizzazioni necessarie all'attività sperimentale. Era però necessario dotarlo in misura adeguata di personale tecnico INFN, da affiancare allo scarso personale tecnico universitario ancora associato all'INFN e ai pochissimi tecnici INFN già disponibili. Una delle prime cose che feci a questo scopo fu quindi la preparazione di un piano molto dettagliato e realizzabile da presentare all'INFN. La cosa in definitiva funzionò anche se prese tempo per arrivare a compimento. Nel frattempo è stato chiesto un notevole sforzo al personale tecnico e amministrativo presente, cosa che ha esercitato

con grande impegno. C'era anche il problema della mensa, già affrontato dal precedente Direttore, ma che doveva ancora trovare una soluzione stabile. Cominciammo con cibi surgelati, poi si raggiunse una soluzione più soddisfacente. In quel periodo l'INFN decise di arrivare a convenzioni che regolassero i rapporti tra le Università e le Sezioni INFN nelle diverse sedi universitarie, rapporti ancora non scritti e non ben definiti. Per quanto ci riguardava la cosa andò avanti senza intoppi. Preparai col Prorettore una bozza di accordo che trattava i problemi delle utenze, del personale associato, ed eliminava intralci al buon funzionamento delle due parti. La bozza fu poi ratificata senza problemi. In questa fase venivano trasferite solo le attività sperimentali dell'INFN mentre quelle teoriche restavano quasi completamente a Pisa, come pure la biblioteca. Una piccola biblioteca a S. Piero sopperiva utilmente ad alcune necessità. Le lezioni e le riunioni degli organi universitari per il personale docente avevano tutte luogo a Pisa. Si capisce come ciò generasse problemi non risolvibili stabilmente senza adeguati interventi edilizi. Mi sono trovato anche a dover operare con un bilancio in dodicesimi, a causa di un ritardo nell'approvazione dei finanziamenti all'INFN. Concludendo: è stato un lavoro molto pesante ma anche con soddisfazioni.

Quindi erano anni in cui si cercava di creare un assetto un po' più definito per l'INFN; erano anche, più in generale, anni di trasformazione.

Certamente. Per quanto riguarda la Sezione, ho avuto il piacere di constatare un'ampia collaborazione nell'affrontare i problemi. Il Consiglio di Sezione, in particolare, ha lavorato benissimo.

Vorrei che mi dicesse qualcosa sul suo percorso di insegnante.

Subito cooptato nelle commissioni di esame, ho fatto molti esami non solo ai nostri studenti, ma anche per gli insegnamenti di Fisica di altri Corsi di Laurea e di altre Facoltà. I fisici, i matematici, i chimici e gli ingegneri facevano allora gli stessi corsi di Fisica Sperimentale; agli esami gli scritti potevano essere un po' differenti. Bisognava spesso utilizzare più aule, da richiedere anche ad altri Istituti. L'organizzazione generale di questi esami era in gran parte nelle mani di Derenzini che controllava molto bene la situazione. Il primo corso di insegnamento mi fu affidato nell'anno accademico 1953-54. Si trattava di Esercitazioni di Fisica Sperimentale I, meglio noto tra gli studenti col nome di "fisichetta". Nei due anni seguenti ho tenuto Esercitazioni di Fisica Sperimentale II. Ho poi tenuto il corso di Radioattività, non attivato negli anni precedenti, in cui ho incluso, su suggerimento di Radicati, elementi di introduzione alla fisica delle particelle elementari. In quegli anni ho tenuto anche esercitazioni per altri corsi. Ricordo in particolare le esercitazioni per il corso di Fisica Teorica di Radicati. Lo sforzo fu notevole ed imparai molto; alcuni colleghi mi aiutarono nello scegliere — e risolvere — i problemi da presentare agli studenti. In seguito ho avuto, per molti anni, Fisica per gli studenti del Corso di Laurea in Scienze Naturali, prima come professore incaricato e poi, dal 1972-73, come professore di ruolo. L'innovazione che considero più significativa in questo corso, è stata l'introduzione di alcune esercitazioni di laboratorio in cui gli studenti facevano semplici misure di elettricità ed ottica, seguite da una relazione. Nello stesso anno accademico ho tenuto

per la prima volta il corso di Fisica Generale I, come supplente di Cacciapuoti allora in congedo. Nel 1995 questo corso mi fu nuovamente assegnato con preavviso, mi sembra, di tre giorni; poi lo mantenni fino al pensionamento, con trasferimento della cattedra. Per questo corso potei contare sulla collaborazione di esercitatori molto bravi. È stato perciò possibile seguire molto accuratamente gli studenti, garantire la frequenza fino alla fine dell'anno e correggere una tendenza degli stessi a rimandare l'esame agli anni seguenti. Infine ho anche insegnato nella Scuola di Perfezionamento e nel Corso di Applicazione dei Radioisotopi in Medicina.

Lei ha anche insegnato alla Scuola Normale?

Ho tenuto un primo corso in Normale di Metodi di Fisica Sperimentale nell'anno accademico 1963-64, essenzialmente rivolto alle tecniche per l'analisi dei dati. In seguito ho tenuto corsi per biologi a cui poi parteciparono anche i chimici con programmi concordati con i docenti delle corrispondenti discipline; fu ripetuto per molti anni.

Bene, abbiamo parlato di molti argomenti; possiamo forse pensare di fermarci qui.

Elio Fabri¹²

Elio Fabri nasce a Roma nel 1930. Studia ad Ostia e a Roma, in buona parte durante il periodo bellico. Mostra precocemente attitudine alla matematica ed interesse per le scienze. È un lettore onnivoro; apprende da autodidatta nel campo della matematica, della fisica e dell'astronomia. È affascinato dalla radio e dalle realizzazioni di Guglielmo Marconi. Si iscrive ad Ingegneria a Roma. Passa poi a Matematica ed infine a Fisica. Decide di dedicarsi alla fisica teorica e si laurea con Bruno Ferretti nel '51. Collabora per un breve periodo con Bruno Touschek. Successivamente si occupa della determinazione dello spin e della parità del K^+ esaminando il modo di decadimento a tre pioni; in questo ambito produce un importante lavoro trattando l'analisi dei momenti angolari di tre particelle in modo relativistico e producendo il ben noto diagramma di Dalitz-Fabri. Marcello Conversi lo invita ad occuparsi del progetto della Calcolatrice Elettronica Pisana — CEP — la prima disegnata e realizzata in Italia su iniziale suggerimento di Fermi. Si trasferisce quindi a Pisa nel 1955 e contribuisce in maniera originale ed importante a questa impresa che risulterà poi fondamentale per i successivi sviluppi della Informatica a Pisa e in Italia. Elio Fabri è persona di grande curiosità e di vasti interessi. Ciò lo ha spinto frequentemente a cambiare campo di indagine. Dopo il periodo della CEP nel '59 torna ad occuparsi di fisica teorica ed in particolare di teoria assiomatica dei campi, di teoria dei gruppi e di "simmetrie" delle quali diviene uno dei primi specialisti italiani. Si occupa poi per alcuni anni di ricerca astronomica. In parallelo con la sua attività scientifica e in simbiosi con questa, Elio Fabri ha svolto una intensa ed apprezzata attività didattica ricoprendo per molti anni corsi fondamentali del Corso di Laurea in Fisica: Fisica Superiore, Fisica Teorica, Astronomia. Un suo specifico interesse didattico ha sempre riguardato la teoria della relatività. Si è molto occupato di didattica per le scuole secondarie svolgendo e dirigendo corsi di aggiornamento per insegnanti. Ha lungamente contribuito alla diffusione in Italia dei corsi PSSC — *"Physical Science Study Committee"*.

Lei è nato a Pisa?

No, sono nato a Roma nel '30; nessuno dei due genitori era romano, mio padre era di Rieti e mia madre di un paesino della Murgia Barese, un paese che poca gente conosce: Spinazzola. Mio padre era sensibilmente più anziano di mia madre ed aveva 39 anni quando sono nato. Adesso è normalissimo che uno abbia un figlio a 39 anni, ma allora no, allora un uomo a 39 anni era già di una maturità avanzata. La sua grande preoccupazione era che sarebbe andato in pensione a 65 anni, quando io ne avrei avuti 25. Da pensionato era sicuramente difficile che mi potesse ancora mantenere, quindi mi voleva mettere in grado di mantenermi da solo a quell'età lì. Il suo problema era che tipo di studi farmi fare. Inoltre scelse di farmi anticipare gli anni di studio, per cui io ho fatto le elementari in tre anni; ho saltato la prima e la quinta. Ho finito le elementari che avevo nove anni, due anni di vantaggio nella carriera scolastica, ma mi ha creato degli inconvenienti perché stare in classe con i ragazzi e soprattutto con le ragazze di due anni più grandi era una

¹²Registrazione del 5 Ottobre, 24 Ottobre e 19 Dicembre 2006.

cosa difficile. Facevamo ginnastica e io ero piccolino, gli altri erano alti. . . Quando dovevamo fare il salto c'era poco da fare, io non ci arrivavo, ero piccolo! Probabilmente questi fatti hanno avuto il loro peso nel determinare un certo tratto del mio carattere che Carlo Bernardini ha chiamato "selvatico" . . . Ero anche figlio unico.

Suo padre che attività svolgeva?

Mio padre era impiegato all'ufficio tecnico della Provincia, a Roma; anche lui un carattere un po' ribelle, so che se ne andò da casa a 18 anni — stiamo parlando del 1908 — e andò a Roma. Poi, come militare, fece la campagna di Libia, quella del 1911, più tardi la prima guerra mondiale, sempre in Libia. Alla fine della guerra trovò lavoro, ma non aveva alcun titolo di studio di scuola secondaria. Mi pare che la sua carica ufficiale fosse archivista, ma in realtà faceva un lavoro tecnico, principalmente di progettazione di strade. Un lavoro che lo impegnò molto a lungo, negli anni '30, fu la Via dei Laghi, da Ciampino fino a Velletri. Questo era il suo lavoro: abbastanza impegnativo, ma con stipendio modesto. Aveva una certa attitudine di tipo scientifico, mai emersa bene, anche perché, come ho detto, aveva un carattere un po' ribelle, incapace di impegnarsi molto in modo sistematico. Quando avevo circa tre anni ci siamo trasferiti a Ostia, un piccolo paesino allora; per andare in ufficio doveva prendere il trenino, poi il tram; tra andata e ritorno se ne andava un bel po' di tempo!

Come ha fatto le scuole superiori?

Feci per quattro anni l'Istituto Tecnico Inferiore che, ad Ostia, era l'Istituto Nautico — la politica del regime fascista, era: "l'Italia sul mare". Erano scuole dotate bene, di buona qualità. Ho finito nel '43, l'anno in cui c'è stato l'8 settembre, la fine della guerra, l'occupazione tedesca, lo sbarco americano a Anzio, etc. Un giorno di settembre siamo stati sloggiati da Ostia — tutto il litorale romano è stato evacuato dai tedeschi che si aspettavano lo sbarco — ed avemmo 24 ore di tempo per abbandonare la casa. Abbiamo portato via quello che si poteva — in treno; non c'era altro mezzo di trasporto — e siamo stati ospitati temporaneamente in casa di conoscenti. Poi il Commissariato degli Alloggi ci assegnò una casa in Via della Croce, al centro di Roma, dove ho passato l'adolescenza fino al 1950.

La mia scelta scolastica successiva era tra un Istituto Tecnico Superiore che mi avrebbe dato, dopo 4 anni, un titolo di studio utilizzabile sul lavoro, oppure il Liceo Scientifico — uniche scuole accessibili dall'Istituto Tecnico Inferiore. Il liceo non forniva un titolo utilizzabile per lavorare, era propedeutico alle sole Facoltà di Ingegneria ed Economia. Io ero abbastanza bravo a scuola e questo fece pendere la bilancia dal lato del liceo!

Come si sono manifestati i suoi interessi? Si erano differenziati in qualche modo?

L'attitudine per la matematica l'avevo mostrata da piccolissimo, anche prima della scuola elementare; mi dicono che ho imparato a leggere a tre anni e anche a fare operazioni e calcoli complicati per conto mio, come passatempo. L'interesse per la fisica e le altre scienze l'avevo, ma, devo dire, che me ne sono accorto dopo. Aggeggiavo, facevo

piccoli esperimenti ed ero molto interessato a leggere quello che mi capitava su argomenti di carattere scientifico. Gli insegnanti, più o meno bravi, erano tutti matematici, per cui la fisica l'ho scoperta dopo. Qualcuno dei miei professori ammetteva apertamente di non conoscere la fisica.

Nelle letture che ha fatto da ragazzo, c'è qualcosa che l'ha colpita in modo particolare?

Io leggevo di tutto, ero onnivoro, saccheggavo, leggevo i libri di mio padre. Ce ne erano di tutte le specie; fra l'altro si era comprato molti manuali Hoepli, che insegnavano a fare una quantità di cose diverse; mi ricordo “*La fabbricazione dei saponi*”, “*Il manuale dell'acetilene*”; dentro ci stava della fisica e della chimica. Molti di questi libri li ho ancora perché, un po' dopo l'evacuazione, ci permisero di prendere qualcosa nella casa di Ostia, dove avevamo dovuto lasciare praticamente tutto; prendemmo anche qualche cassa di libri. Uno di questi libri, pubblicato nel 1911 in sedicesimo dalla Hoepli, di ben 900 pagine — valutato ora 200 euro al mercato antiquario —, era intitolato “*Magnetismo ed Elettricità*” ed era una rassegna delle conoscenze sul magnetismo e sull'elettricità, dalla fisica pura fino alle applicazioni tecniche più moderne del tempo; trattava anche di raggi X, di radioattività, ma non c'erano i nomi di Ernst Rutherford o di Albert Einstein.

Si ricorda ancora per caso il nome dell'autore?

Sì, sì, si chiama Grassi, un ingegnere.

Quindi questo libro ha avuto un ruolo importante.

Sì, ci ho imparato un sacco di cose, descriveva anche gli aspetti tecnici, ma poi c'erano dei concetti, definizioni, unità di misura; è strano perché era un libro divulgativo ed è una cosa su cui in questi giorni sto riflettendo. Tra un paio di settimane, dovrei partecipare ad un seminario sulla divulgazione e vorrei mettere l'accento su quanto sia cambiato il carattere della divulgazione scientifica in quasi un secolo; secondo me perché è cambiato moltissimo il destinatario. Nel 1911 quelli non erano libri per il grande pubblico, erano libri per un pubblico colto, non specialistico; non c'era matematica, ma i ragionamenti, le descrizioni erano cose abbastanza serie.

Mi avevano poi comprato la serie di libri della “*Scala d'Oro*” e ce ne erano alcuni di argomento scientifico. Uno riguardava l'astronomia. A parte vari fatti e aneddoti, una storia che raccontava e che mi colpì era quella della scoperta di Nettuno.

Una storia, in qualche maniera, molto impressionante.

Non avevo la minima idea, come è ovvio, di che genere di mestiere sarei andato a fare. Ma negli anni '70, quando il corso di Fisica Generale lo teneva a Pisa Nestore Bernardo Cacciapuoti, lui mi invitò a fare dei seminari parlando di argomenti un po' a scelta, o complementari al corso, o argomenti un po' più avanzati. Uno degli argomenti che scelsi fu proprio questa storia della scoperta di Nettuno. Era un argomento di meccanica, una applicazione delle leggi della meccanica e della gravitazione. C'era anche il problema epistemologico, cioè: “Trovo una deviazione dalle leggi note, come mi devo comportare?” In

quel caso veramente ci fu la controversia: se era la legge di gravità che falliva e che non funzionava più bene alla distanza di Urano, oppure se c'era un altro pianeta.

Certo una bella storia.

C'è un'altra cosa che mi colpì molto durante le elementari, da me fatte durante il periodo fascista. All'epoca si dava molta importanza a tutto il contributo che avevano dato gli italiani; si raccontava la storia di Marconi. Ho fatto la scoperta del mondo elettromagnetico, della propagazione delle onde. La storia di questo ragazzo — mi pare avesse 18 anni — è cosa sulla quale sono tornato in varie occasioni. Ho anche imparato che Marconi aveva idee molto strane sulla propagazione delle onde elettromagnetiche; non si conosceva la ionosfera, non si capiva come le onde potessero propagarsi lungo la superficie della terra. Invece il primo esperimento di Marconi aveva il ricevitore piazzato dietro una collina e lui pensava che le onde attraversassero la collina. In un certo senso è comprensibile che fosse rifiutato dal mondo accademico. Il fatto è che, dal punto di vista sperimentale, aveva notevoli capacità ed anche una competenza pratica acquisita in un periodo di studio a Livorno; aveva frequentato un Istituto Tecnico ed aveva avuto contatti con un professore che era aggiornato sulla costruzione di apparati, sulla produzione di onde elettromagnetiche e cose di questo genere. Marconi era bravo a fabbricare questa roba, poi però l'interpretazione lasciava a desiderare. Le scoperte di Marconi hanno sicuramente avuto per me un notevole peso.

Come è avvenuta la scelta universitaria?

Ho dimenticato di raccontare una cosa, avvenuta precedentemente, riguardo ai libri che ho letto e studiato. — Questa è una caratteristica della "storia orale" perché uno le cose le fa e poi le ricorda, ma certo non le mette per scritto. Ritorno all'8 Settembre ed al nostro periodo da sfollati, iniziato qualche settimana dopo. In quell'intervallo ci fu il problema di tutti i militari che rimasero sbandati. Ad Ostia c'era il Collegio 4 Novembre, per ragazzi orfani di marinai. Durante la guerra venne chiuso ed adibito — questo lo seppi dopo — a centro di formazione di giovani avieri, in preparazione di un progetto di realizzazione di un radar. Questi ragazzi seguivano un corso di Istituto Tecnico ad indirizzo elettrotecnico e venivano anche istruiti in quella che allora si chiamava radiotecnica. Dopo l'armistizio si dispersero ed alcuni, tre o quattro, vennero in un seminterrato di casa mia e sono rimasti fino a che non fu possibile procurare loro degli abiti civili. Io ero l'unico ragazzo ad abitare in quel piccolo condominio e portavo loro da mangiare; avevo circa 13 anni e loro circa 18. Non so come sia nata la cosa, ma, quando sono partiti, mi hanno lasciato dei libri ed anche il loro materiale di studio, quaderni ed appunti che ho ancora. C'era un libro di elettrotecnica, credo di Cesaro, un testo scolastico piuttosto buono. Ho passato l'inverno del '43 e l'inizio del '44 a studiarli quel libro ed a fare esercizi. Lì ho imparato l'elettromagnetismo! Parlava di motori, trasformatori, correnti trifasi, generazione di corrente alternata, linee ad alta tensione, insistendo molto sulla parte applicativa.

Questo è avvenuto dopo il vostro trasferimento a Roma?

Sì, certo. L'inverno del '43 era quello dell'occupazione tedesca, con difficoltà per circolare e pericoli. In quel periodo cominciai a frequentare l'unico liceo scientifico di Roma: il Cavour.

In quell'epoca era l'unica possibilità?

Beh, c'erano parecchi licei classici: l'Augusto, Il Giulio Cesare, il Virgilio. Nel '44, dopo la liberazione, ricomparvero i ragazzi ebrei, che ovviamente erano stati nascosti. La popolazione scolastica aumentò ulteriormente e, nel '45, fu aperto il nuovo liceo scientifico: il Righi, a Via Boncompagni. Al liceo avvenne un altro episodio che stimolò i miei interessi scientifici. Avevo in classe un ragazzo che non andava bene a scuola; era intelligente, ma probabilmente con vari problemi; il padre faceva lo "stagnaro" e lui lo aiutava a bottega. Per fare un esempio, indicativo di come ci si dovesse arrangiare a quei tempi, ricordo che prendeva vecchie batterie per auto con elementi parzialmente rovinati e, smontando e risaldando, da due batterie inservibili ne faceva una buona. Girava anche per la campagna alla ricerca di residuati bellici ed altro. Ci feci amicizia ed una parte del materiale elettronico che trovava, valvole, radio, ricetrasmittitori, lo dava a me. Questo mi fece nascere la passione per l'elettronica — un altro approccio alla fisica, se vogliamo — e cominciai ad aggeggiare per conto mio. Quando frequentai all'Università il laboratorio del terzo anno, mi trovai molto avvantaggiato rispetto agli altri colleghi in quanto ero l'unico capace di lavorare praticamente con le mani. Beh, credo di aver raccontato tutto sui "prodromi"... Ma la cosa curiosa è che tutto ciò non mi fece capire se avessi una particolare predisposizione per la fisica. Per la matematica invece sì, perché era materia scolastica, andavo bene, studiavo rapidamente ed ho anche dato ripetizioni per aiutare in casa.

Quando ho finito il liceo e sono andato all'Università, mi sono iscritto ad Ingegneria. La fisica, come materia e come corso di studio, era assolutamente sconosciuta allora.

Verissimo! La scelta di Ingegneria era del tutto naturale; moltissimi fisici hanno cominciato così: Ettore Majorana, Edoardo Amaldi, Bruno Pontecorvo...

Poi c'è il fatto che Ingegneria è una cosa che ti dà un mestiere; c'era anche quello — Questo è vero anche adesso; i ragazzi scelgono Ingegneria perché dicono che si trova lavoro; poi chi sa che lavoro si trova!. Quindi mi sono iscritto ad Ingegneria; poi al secondo anno mi sono iscritto a Matematica. Al terzo anno, dopo l'esame di "Fisiconia" — l'esame contemporaneo relativo a "Fisica 1" e "Fisica 2" — per il quale avevo studiato seriamente la fisica, mi sono deciso a passare a Fisica. Quindi: tre passaggi, generando qualche preoccupazione in casa!

L'analisi, la geometria, la fisica; chi insegnava queste materie?

Per Analisi avevo Mauro Picone. Era un po' baronale e, come ricorda Carlo Bernardini nel suo ultimo libro, si portava dietro l'assistente giovane per farsi cancellare la lavagna. Non solo! Gli faceva pure lezione sul modo giusto di cancellare la lavagna: da sinistra a destra, come le formule che scriveva lui! Le dispense erano abbastanza oscure. Devo dire che non ho avuto una grande passione per l'Analisi; può anche essere che fosse un problema

di maturità, avevo infatti 17 anni. La Geometria invece mi piacque! Il professore era Fabio Conforto, un personaggio effervescente, anche un po' attore. Per spiegare il prodotto vettore disegnava due vettori sulla pedana, poi ci si metteva sopra — era molto alto — e diceva: “Io sono il prodotto vettore”; scenette di questo tipo. Insegnava Geometria con un taglio molto intuitivo, che a me piaceva. Aldo Ghizzetti insegnava Algebra: matrici, determinanti, sistemi lineari. Ghizzetti era chiaro e preciso, un insegnante migliore di Picone.

E per la fisica?

C'erano Edoardo Amaldi e Gilberto Bernardini. Erano impegnati in varie attività sperimentali al Plateau Rosà, quindi comparivano anche supplenti, come, ad esempio, Ettore Pancini. Le esercitazioni numeriche erano fatte da Italo Federico Quercia e Brunello Rispoli, ma lasciamo perdere... Mi è capitato più volte di correggere dei loro calcoli a lezione.

Amaldi e Bernardini erano personaggi estremamente diversi. Bernardini partiva spesso per la tangente. Si infuriava terribilmente se sentiva parlare in aula; l'aula grande era strapiena perché c'erano anche gli studenti di Ingegneria ed era quindi comprensibile che ci fosse un certo brusio; si metteva a parlare dei quartetti di Beethoven, oppure abbandonava la lezione e buona notte! D'altra parte, se era in buona, nelle lezioni ci metteva dell'anima; mi ricordo delle belle lezioni sul significato delle equazioni di Maxwell. Amaldi invece era diligente, ma anche un po' piatto; parlava con tono di voce sempre eguale, era scolastico, si poteva studiare bene quello che diceva, ma non entusiasmava granché. Come ho detto, alla fine del secondo anno chiesi di passare a Fisica. Probabilmente ne parlai ai professori durante l'esame di Fisica. Allora questi passaggi erano relativamente semplici. Tuttavia c'era, come dire, un pochino di cerimonia! Venni portato a parlare con Bernardini nei locali seminterrati dell'Istituto, dove stava lavorando con Ettore Pancini e Franco Lepri. Erano dei locali dove c'era un guazzabuglio di roba: contatori Geiger, scatoloni di valvole, etc. Data la mia attività hobbistica mi fece una grande impressione. Poi ho saputo che si procuravano quel materiale dall'ARAR, un ente preposto alla distribuzione di vecchio materiale bellico. Avevo gli occhi di fuori! Per me una valvola era una cosa costosa e rara e loro invece le tenevano ammucchiate in scatoloni! L'impressione che mi è rimasta di quell'incontro è l'atmosfera informale. Gli studenti di Fisica erano trattati in modo molto diverso da quelli di Ingegneria. Per esempio, mentre gli studenti di Ingegneria, per accedere all'aula dove si tenevano le lezioni di Fisica Sperimentale, dovevano passare dalla scaletta esterna sul retro dell'Istituto, gli studenti di Fisica erano autorizzati ad entrare dalla porticina che dava all'interno, quella stessa da dove entrava il professore.

Quando lei è entrato, al terzo anno, quanti studenti c'erano?

Mi sembra di ricordare che fossimo nove.

Ricorda qualcuno dei suoi colleghi di quel periodo?

Li ricordo più o meno tutti, però non ho legato molto con loro, anche perché erano già affiatati ed io arrivavo solo al terzo anno; e poi io non ero un tipo socievole. Natural-

mente eravamo colleghi, studiavamo insieme, ci aiutavamo uno con l'altro. Ho ancora uno dei miei quaderni di appunti, forse di Meccanica Statistica, che porta delle annotazioni a matita scritte da Carlo Bernardini perché glielo devo aver prestato. Mi ricordo sia Carlo Bernardini, sia Silvia Tamburini che poi è diventata sua moglie. C'era Giorgio Cortellessa, Luciano Tau, Giustina ed Annetta Baroni, Bianca Maria Belli, Andreina Angelucci e Maria Cervasi che ha poi sposato Giuseppe Fidecaro.

A parte le fisiche, chi teneva gli altri corsi?

Le fisichette erano un po' una bolgia, ma ricordo Giulio Cortini, che allora doveva essere molto giovane e che poi ho conosciuto meglio. Nei laboratori successivi ho incontrato Lucio Mezzetti, Carlo Ballario, Alberto Gigli, Giovanni Boato e Giorgio Careri. Si faceva quello che capitava; la filosofia era quella di insegnare al fisico ad arrangiarsi. Cito una frase di Ballario: "Il fisico è uno che deve imparare a fare i buchi tondi con le lime quadre. . .", ah, ah ah! Poi c'era quello che a Roma era chiamato il "pedagogo". Lo faceva Gherardo Stoppini, che doveva essere appena laureato. Raccontava più o meno quello che faceva lui insieme ad Alessandro Alberigi Quaranta; si occupavano di elettronica. Ci teneva molto a raccontare che aveva ricostruito completamente un oscillografo della Tektronix, "er sincroscopio" come diceva lui con forte accento "romanesco". In realtà la figura del pedagogo era nata con scopi diversi, non avrebbe dovuto essere un giovane neolaureato. Avrebbe dovuto seguire un piccolo gruppo di studenti, aiutarli, dar loro consigli per lo studio. Mia moglie, che ha iniziato al primo anno di Fisica, non come me al terzo, ha avuto Mario Ageno, che era ben altra cosa!

Per Fisica Superiore chi si ricorda?

Titolare penso fosse Enrico Persico, che però in quel periodo era ancora in Canada. Le lezioni le faceva Renato Cialdea: un corso di ottica noiosissimo che non mi è servito a molto.

Altri corsi?

Un corso che mi ha influenzato è stato il corso di Fisica Teorica di Bruno Ferretti. Va detto che allora il corso di Teorica, essendo in comune anche con il Corso di Laurea in Matematica e Fisica, finiva con l'equazione di Schrödinger, senza nessuna applicazione. Poi i fisici dovevano studiarla la meccanica quantistica per conto loro. Era praticamente obbligatorio il corso di Spettroscopia, tenuto da Giacomo Morpurgo, dove si faceva della meccanica quantistica; ma Morpurgo non era molto bravo a spiegare. I teorici dovevano studiarla il Dirac, la mia passione! Le lezioni di Ferretti erano lezioni che meritavano di essere seguite; lui non era uno capace di tenere sotto controllo il livello delle esposizioni, per cui faceva osservazioni di grande profondità, faceva vedere cose che sui libri non si trovavano. Erano lezioni di cui non si potevano avvantaggiare tutti; sembra un discorso un po' aristocratico questo, ma se uno non era già a un buon livello di suo, neanche le capiva certe cose, non perché fossero difficili, ma perché erano profonde, che è una cosa diversa. Altri libri di meccanica quantistica che ho studiato erano il Persico che, per quanto importante

per la storia della meccanica quantistica, era già allora un po' superato, poi lo Schiff ed il Pauling-Wilson. A parte la meccanica quantistica, la prima cosa che ci dicevano al terzo anno era: "Ora studiatevi il Becker", un importante vecchio libro di elettromagnetismo, tradotto in italiano da Ageno. Per matematica ci sono stati i corsi di Meccanica Razionale e di Fisica Matematica tenuti da Antonio Signorini, che era un personaggio speciale. Signorini era uno che si poteva tranquillamente odiare perché era terribilmente pignolo, rigoroso, monotono; però era anche molto accurato. Devo dire onestamente che mi capita ancora adesso di andare a guardare qualcosa sul suo libro. Per Analisi Superiore c'era ancora Picone: Analisi Funzionale e Spazi di Hilbert. Va detto che l'Analisi insegnata da Picone si caratterizzava per un linguaggio antiquato.

Come è avvenuta la scelta della tesi di laurea?

Avevo deciso di fare il teorico. Ero probabilmente un po' deluso dagli insegnamenti sperimentali per la mancanza di sistematicità: "Uno si deve arrangiare, deve sapersi orientare, deve aver fiuto. . . ". Tutto questo a me non andava a genio. A riprova di ciò, il mio voto di Laboratorio 3°, un 26, è il più basso del mio curriculum. Dipese dal fatto che non si sapeva che cosa studiare e gli esaminatori non tennero conto della mia capacità pratica di laboratorio. So che la sentii come un'ingiustizia. L'attrazione per la fisica teorica non era tanto dovuta alla prevalenza della matematica. Ho detto spesso agli studenti: "Non vi fate prendere dall'idea che le difficoltà in fisica vengano dalla matematica; le difficoltà vengono dai ragionamenti fisici. La matematica è un aiuto, uno strumento, un modo di arrivare a capire le cose. Voi potete credere di aver imparato se avete seguito i passaggi di una pagina, uno appresso all'altro; probabilmente invece non avete capito niente!". Poi, se uno vi fa una domanda, cascate! Il problema è quello della struttura del discorso fisico, in cui anche gli esperimenti, come è ovvio, hanno il loro peso. Io ci ho sempre tenuto! La cosa curiosa è che credo di essere stato abbastanza incompreso anche a Pisa, in questo nostro ambiente. Un anno, nel '75, mi innamorai della relatività generale e feci una delle mie mezze pazzie; avendo il corso di Fisica Teorica, decisi di fare Relatività generale — cosa sicuramente non approvata, essendo Fisica Teorica un corso istituzionale nel quale si suppone che vengano svolti altri argomenti. In quel corso dedicai non poco tempo a descrivere alcuni esperimenti fondamentali, a descriverli sul serio: come erano stati fatti, quali erano le difficoltà, il significato, il risultato. Ho sempre avuto attenzione per la parte sperimentale della fisica — a parte il fatto che ho sempre aggeggiato con le mie mani. Ne ho conosciuti tanti di ragazzi che si schifano delle cose. . . "È bello quando uno può fare delle pure deduzioni, ragionare in termini puramente logici" poi il mondo reale è quasi un peccato che ci sia! Io non sono per niente così. Tuttavia la fisica teorica era quella dove si ragionava, dove si capiva. Basta pensare, ad esempio, a quel libretto classico di Heisenberg "*I principi fisici della teoria dei quanti*" pubblicato dalla Einaudi. Il libro inizia con una analisi di tutti gli aspetti osservativi ed operativi, l'aspetto ondulatorio e quello corpuscolare, di come si possano verificare le relazioni di indeterminazione.

Per la scelta definitiva della tesi di laurea, a quali persone si rivolse?

Fare il teorico significava Bruno Ferretti; non c'erano praticamente altri. C'era Giacomo Morpurgo, molto giovane allora, avrà avuto quattro anni più di me, ma le sue lezioni di spettroscopia non mi avevano certo entusiasmato.

Quindi andò da Ferretti.

È curioso questo fatto di Morpurgo. Non so se conosce la sua genealogia?

Non tantissimo devo dire.

Lui è figlio di Maria Castelnuovo e nipote di Emma Castelnuovo, ambedue figlie di Guido, il famoso matematico. Emma Castelnuovo l'ho conosciuta e conosco bene i suoi libri per la scuola media. Pur essendo matematica, si è preoccupata di collegare la matematica alle sue applicazioni pratiche; ha sviluppato una didattica molto diversa da quella tradizionale. Il figlio di Maria ha preso un'altra strada, ha un'altra personalità! Devo dire comunque che io non avevo la minima idea di cosa fosse la fisica teorica di punta. Si spiega con quanto detto prima; il corso di Fisica Teorica finiva con l'equazione di Schrödinger, poi, va beh, c'era il Dirac, che aveva un capitolo finale aperto verso l'elettrodinamica quantistica. Comunque il Dirac è tutto tranne che un libro dal quale si possa capire quali siano i problemi aperti. . . Quindi io mi rivolsi a Ferretti e decise lui l'argomento. Ferretti, come ricorda pure Carlo Bernardini nel suo ultimo libro, quando uno andava a chiedergli la tesi, la prima cosa che diceva era: "Bene! Allora adesso mi risolva un po' questi problemi, poi ci rivediamo". Era probabilmente un filtro per vedere cosa uno fosse capace di fare, per capirne la personalità, le attitudini. Non mi ricordo granché dei problemi che mi diede, ma, a quanto pare, ne rimase abbastanza soddisfatto. All'epoca, fine '50 o inizio '51, erano appena usciti i lavori di Richard Feynman — quelli che gli hanno valso il premio Nobel in condominio con Julian Schwinger e Sin-Itiro Tomonaga — relativi alla rinormalizzazione dell'elettrodinamica quantistica. Era invece aperto il problema delle interazioni forti; si pensava che le particelle di base fossero i protoni ed i neutroni e che i pioni fossero i mediatori dell'interazione, secondo le idee di Hideki Yukawa. Non esisteva ancora una vera e propria teoria. Il lavoro di tesi che Ferretti mi propose era quello di studiare il caso della interazione pseudoscalare pione-nucleone e tentarne la rinormalizzazione secondo la linea indicata da Feynman. — Relativamente alla mia tesi, Carlo Bernardini dice nel suo libro molte cose sbagliate, per difetto di memoria. Il caso del campo pionico, essendo pseudoscalare, era più semplice di quello trattato da Feynman per un campo vettoriale di massa nulla. Ho assolto al compito, ma non ho più neppure una copia della mia tesi! Conservo un manoscritto, quello che detti a Ferretti e sul quale fece alcune annotazioni. Mi ricordo anche che, nell'introduzione, facevo una breve esposizione del lavoro di Feynman; Ferretti mi disse che non avevo capito lo spirito essenziale del lavoro di Feynman; col tempo, dopo aver meglio studiato ed insegnato quelle cose, mi sono accorto che aveva ragione. Ero troppo giovane, troppo immaturo per capire a fondo. Però va anche detto, a mia parziale discolpa, che Ferretti non era uno che ti guidasse molto mentre facevi la tesi; ti dava l'argomento, poi stava a sentire cosa uno faceva; e buona notte, insomma!

Di questo si lamenta anche Carlo Bernardini.

Se certe cose non le avevo capite era perché nessuno si era preoccupato di farmele capire o di segnalarmi che c'erano cose da capire; insomma: un maestro ci sta per questo!

C'era un grosso salto tra la preparazione universitaria e quanto uno doveva affrontare in ambito di tesi.

Ma anche senza salto sarebbe stato un problema comunque, era una cosa completamente nuova. Fino ad allora uno si era limitato a studiare, a leggere dei libri, a fare esercizi, a ragionarci sopra. Poi va all'esame e risponde a domande più o meno difficili. La tesi è un lavoro che devi fare proprio tu; devi imparare a fare una esposizione di argomento scientifico, mica è una cosa da niente! Quando arriveremo a parlare della mia successiva attività di ricerca, verrà fuori che, a quel tempo, non ero per niente al corrente di quali fossero i reali problemi della ricerca, anche della ricerca che faceva la gente dell'Istituto. Non mi ricordo ci fossero attività seminariali e neppure un'attività di orientamento; c'era un po' lo spirito che uno dovesse arrangiarsi da sé e se era bravo lo doveva dimostrare così. La mia tesi era su un argomento ben definito: Feynman ha fatto questo, tu ora applicalo a quest'altra interazione... Perché? A che serve? Che importanza ha? Cosa sarebbe successo se uno capiva o non capiva? Silenzio! Tutto questo non fu discusso! Stiamo parlando degli anni '50, l'epoca della scoperta delle particelle strane. A laboratorio 4° ci facevano guardare le emulsioni che erano state esposte al Plateau Rosà, si guardavano al microscopio per riconoscere gli eventi e per misurarli. Si riconosceva il decadimento del pione positivo, la cattura di un pione negativo da parte di un nucleo e la produzione di una "stella".

Quelle tecniche inventate da Giuseppe Occhialini e Cecil Powell.

A Roma ci lavorava il gruppo di Annetta Baroni, Giulio Cortini, Carlo Franzinetti, Augusta Manfredini, gruppo diretto da Amaldi. Attraverso quella tecnica furono scoperte le particelle strane. Il lavoro sul τ , lavoro famoso se posso dirlo, è stato un'applicazione di quelle tecniche. Secondo me, a Roma mancava nettamente un lavoro d'istruzione dei giovani ricercatori su quali fossero i problemi importanti. Questo mi pare che fosse un limite della attività dell'Istituto; è ovvio che le persone che facevano ricerca sapevano quello che facevano nel loro particolare settore.

Ferretti fu soddisfatto del suo lavoro di tesi?

Direi di sì; fu soddisfatto perché fu fatto abbastanza velocemente; non c'erano particolari difficoltà, ma certo uno doveva inventare qualcosa, visto che l'interazione era diversa da quella studiata da Feynman; i grafici erano diversi, il tipo di divergenze anche. La tesi non fu pubblicata; immagino che allora quel tipo di conto lo stesse facendo anche molta altra gente. L'argomento della tesi non aveva alcuna prosecuzione di un qualche interesse. Anni dopo si vide che l'idea dei pioni come mediatori dell'interazione era anche sbagliata. Dopo la tesi, l'unico ulteriore lavoro di elettrodinamica che ebbi l'occasione di fare fu in collaborazione con Raoul Gatto e Rosario Liotta; era sulla diffusione fotone-fotone, ma il

lavoro non produsse niente di significativo.

Lei si è laureato nel '51; cosa è successo dopo?

Nel periodo romano feci un piccolo lavoro, il primo pubblicato. Era in italiano ed è comparso sulle Lettere al Nuovo Cimento. Si intitolava: “Teoria semiclassica della interazione pione-nucleone”. L’idea me la propose Ferretti, prendendo spunto da un librettino di lezioni di Heisenberg. Il lavoro fu pubblicato in contemporanea con un altro che affrontava lo stesso argomento; cosa che mi è capitata più volte. Poi ho avuto l’occasione di lavorare con Bruno Touschek, quando venne a Roma nel ’52. Entrò ovviamente in contatto con i giovani teorici dell’Istituto. Non so se sia stato Ferretti a proporgli di darmi qualche cosa da fare; comunque fu lui che sollevò il problema di capire perché le particelle strane, in particolare il mesone $\tau - K$, come si chiama adesso — avesse una vita media così lunga. Fu un lavoretto che comparve sulle Lettere al Nuovo Cimento e fu firmato da Touschek e da me. L’idea era sua ed io feci vari calcoletti. Si tentava di spiegare la lunga vita media del τ mediante un alto spin — in realtà bastava uno spin eguale ad uno e una parità negativa — per cui il decadimento era depresso dalla barriera centrifuga. La spiegazione, come si vide successivamente, era completamente sbagliata. Subito dopo venne fuori una idea diversa; si trattava di esplorare quali fossero i numeri quantici del τ , spin e parità, sulla base dei dati sperimentali. Il gruppo lastre aveva cominciato a raccogliere dati ed era abbastanza all’avanguardia come disponibilità di dati sperimentali. È da notare che siamo al momento della transizione, dai raggi cosmici agli acceleratori, per quel che riguarda la fisica delle particelle. Avevamo a disposizione i dati relativi ai decadimenti in tre pioni di un centinaio di τ ; si conoscevano le energie e gli angoli di emissione dei pioni. Mi chiesero di tentare di tirar fuori lo spin e la parità del τ dai dati disponibili. A che servisse, quale fosse il problema, quale fosse il suo significato, tutto questo, come al solito, non fu discusso. Io lo vidi come un problema in parte di elaborazione di dati ed in parte di meccanica Quantistica, interessante perché di meccanica quantistica relativistica. Bisogna dire che c’era già stato un lavoro di Richard Dalitz che aveva esaminato lo stesso problema con un minor numero di τ e con un modello non relativistico. Siccome l’energia cinetica disponibile dei tre pioni è di circa 80 MeV, trattarli come non relativistici non va tanto bene, non è troppo sbagliato, ma non va tanto bene. Decisi di fare il conto relativistico. Questo allora era un problema difficile perché non si sapeva niente dell’analisi dei momenti angolari di un sistema di tre particelle fatto in modo relativistico. Queste cose sono poi diventate standard, ma allora non era diffusa la conoscenza della Teoria dei gruppi ed in particolare delle rappresentazioni del gruppo di Poincaré; non erano nel bagaglio culturale dei fisici. Risolsi il problema per una strada del tutto diversa, partendo dai principi primi ed usando la meccanica quantistica relativistica. La cosa curiosa è che la parte di cui ero più fiero in questo lavoro riguardava il problema di fisica teorica dell’analisi dei momenti angolari in meccanica quantistica relativistica. Invece quello che poi è stato significativo, importante ed apprezzato, era di aver dimostrato che il K aveva spin zero e parità meno, cioè il risultato. Questo, fra l’altro, l’ho capito dopo; tanto per dire come fossi fuori dalle problematiche del tempo. Sarà pure stato a causa del mio carattere, ma mancava, da

parte dei maestri, la comunicazione delle cose, anche da parte di Touschek. La ragione per la quale il mio lavoro ha avuto fama — è stato citato, lo è ancora adesso, si trova nei libri — è che compare nel lavoro di Lee e Yang, quello in cui proponevano la non conservazione della parità e per il quale hanno avuto il Nobel. Era un lavoretto brevissimo, mi pare di due pagine e con una piccola bibliografia di sei o sette lavori; il mio è uno di questi. Cioè la fama è venuta di riflesso; ma il significato del mio lavoro era già stato colto prima, tanto è vero che fui mandato da Amaldi, nel '54, ad un meeting sulle particelle strane a Padova; insomma, ero riconosciuto, facevo parte del comitato sui mesoni τ . Però la fama a distanza di tempo è perché tanti hanno letto il lavoro di Lee e Yang e hanno trovato questa citazione. Io invece del dilemma $\tau - \theta$, relativo al decadimento in due pioni da cui emergeva una parità positiva, non sapevo nulla; questa è la cosa incredibile.

Non era completamente consapevole di tutte queste implicazioni?

Nessuno me le aveva dette. In realtà ho capito queste cose molto dopo, per conto mio e per altra strada; allora non ne sapevo nulla. Poi, quando mi sono trasferito a Pisa, ho completamente abbandonato quel filone di ricerca; non ero minimamente consapevole di aver intrapreso una strada di successo!

La cosa è comprensibile perché era un momento di notevole confusione.

Però, anche per questo motivo, se uno ci stava dentro e conosceva le cose, possiamo dire che fosse anche un momento bello. Per uno che fa ricerca, vedere risultati sperimentali imprevisi e che non capisce stimola ad avere idee nuove. È l'ideale per un giovane; però io queste cose non le avevo capite. Fra i "capi" che c'erano allora a Roma, quello che più si dava da fare per tenere i giovani in attività ed informati era Edoardo Amaldi, in confronto con altri, come Touschek e Ferretti, che non avevano questa capacità. Uno dei grandi meriti di Amaldi è stato quello di tenere insieme un gruppo, di formare una scuola, di essere un caposcuola.

Lei ha avuto qualche interazione con Amaldi?

Non particolarmente. Ricordo che una volta mi chiese di spiegare la distribuzione dei getti che emergevano dalla cattura dei pioni negativi su nuclei.

Si ricorda qualche cosa di questo convegno di Padova?

Non mi ricordo molto. Ricordo vagamente qualche persona; poi io non mi muovo bene nel parlare con la gente, nell'incontrare, nel discutere. L'unico nome che ricordo, ma per una ragione del tutto diversa, è Uri Haber-Schaim, che lavorava sui τ e veniva dagli Stati Uniti; l'ho poi ritrovato come uno dei fondatori del PSSC.

Per quanto riguarda Touschek, ha dei ricordi particolari di quel periodo?

"Marialuisa!"; girava con una strana moto a due tempi, di un colore marroncino cioccolata che lui chiamava appunto Marialuisa, con quel suo strano accento. Allora non sapevo

che bevesse molto, che fosse praticamente alcolizzato.

Non lo aveva percepito?

No, se non hai esperienza tante cose non le vedi. Era una persona simpatica, ci si stava bene insieme; poi aveva quel suo strano modo di parlare. . . Comunque nel '54 avevo sostanzialmente mollato la fisica teorica ed avevo cominciato a lavorare al progetto CEP su proposta di Conversi. Dipendeva anche dal fatto che io allora ero insoddisfatto della strada che aveva preso la fisica teorica; avevo dubbi anche sulla meccanica quantistica. Mi ricordo che ero stato abbastanza influenzato dalla lettura del libro di David Bohm, di tipo molto ortodosso, dove però c'era molta attenzione al problema della misura — quello che adesso è diventato il problema della decoerenza, il collasso di un pacchetto d'onde — , che lui analizzava dettagliatamente su qualche modello semplice; cosa che su altri libri non avevo visto e che quindi mi interessò molto. Proprio in quegli stessi anni Bohm cambiò atteggiamento e divenne il sostenitore della teoria delle “variabili nascoste”; ne è stato il primo inventore e si parla ancora del modello di Bohm.

Fu anche questo che la portò a riflettere?

Sì, ad avere dei dubbi sulla validità della meccanica quantistica, ad essere un po' in crisi. Credo che un contatto più stretto con i maestri probabilmente mi avrebbe fatto superare la crisi; invece io lo rimuginavo fra me e me e ciò mi ha portato a dire: “Qui non si combina niente, non va bene!”.

Ne ha parlato con Touschek?

Non credo. Ma non credo che Touschek fosse poi molto sensibile a queste cose.

E riguardo alla teoria dei campi?

Allora la teoria dei campi era in una fase abbastanza ingenua; in fondo era recente la scoperta della rinormalizzazione.

Quella aveva dato un grande senso di solidità.

Sulla teoria dei campi ho sempre avuto una posizione oscillante; il calcolo relativo al momento magnetico anomalo dell'elettrone, fatto da Schwinger utilizzando la rinormalizzazione, tornava con l'esperimento ed era un risultato impressionante. Il calcolo fu poi rifatto con maggior precisione; nel libro di Feynman “QED ” compare con 12 cifre significative. Come fa uno, davanti a una teoria che prevede un risultato sperimentale con tale precisione, a dire che non va? Non puoi certo dire che sia fundamentalmente sbagliata. Dopo però abbiamo altre interazioni, le interazioni forti ad esempio. E non parliamo delle interazioni deboli, nelle quali non si sapeva andare oltre il primo ordine perturbativo. Si volevano costruire queste teorie sul modello dell'elettrodinamica. Ma chi lo ha detto che debba essere tutto uguale. . . Mi riviene in mente che una delle prime letture indicate da Ferretti come preparazione alla tesi fu quello che chiamavano il “Libro Giallo del Papa”. Il Papa era naturalmente Fermi; il libro Giallo del Papa era l'articolo di rassegna sul *Reviews*

of Modern Physics del '32. Quello era la Bibbia; tutto era modellato su quella struttura di base. La teoria di Yukawa, sui pioni come mediatori delle interazioni forti, era costruita su quel modello.

I problemi sono venuti dopo, quando si sono arricchite la fenomenologia e le scoperte. Quando sono usciti fuori prima tre e poi quattro quarks, ma siamo ormai negli anni '60 e '70. Però io avevo i miei dubbi, non ero convinto. I dubbi sulla meccanica quantistica li ho abbandonati, adesso penso che il problema non sia lì; la meccanica quantistica, nell'ambito in cui è nata, è la cosa giusta. Ho 80 anni di età... Nel frattempo le scale, sia di energia che di dimensioni spaziali, sono andate oltre la scala atomica non so di quanti ordini di grandezza; non si può mica pensare che la meccanica quantistica debba continuare a funzionare sempre e per forza. Bisogna farsi venire il dubbio! Anche le recenti teorie, come quella delle stringhe, in ultima analisi, accettano la meccanica quantistica come base. I modelli teorici, siano essi il Modello Standard, la Quantum Chromodynamics, le stringhe, poggiano sempre sulla meccanica quantistica. Il mio problema è che ho dei dubbi sul fatto che questa base di appoggio sia ovunque valida. È vero che, ragionando in termini newtoniani, la meccanica è andata avanti per tre secoli e che sono passati solo 80 anni per la meccanica quantistica. Ma c'è stata una grande accelerazione nel lavoro di ricerca; forse servirebbe inventare qualcosa di nuovo, servirebbe un altro Heisenberg... Anche la gente che studia la Quantum Gravity, in ultima analisi quantizza... operatori... relazioni di commutazione... Nessuno si immagina qualcosa di diverso. Cosa? Io naturalmente non lo so, non solo non lo so, ma non ho più l'età!

In quel periodo non me la sono sentita di continuare. C'entra anche una certa mia volubilità; non sono stato mai stato capace di restare molto a lungo in un filone di ricerca.

Tende ad incuriosirsi di altre cose; dicendo "volubile" uno dà un senso implicitamente negativo.

Sì, d'accordo, però bisogna dire che è una cosa che danneggia. Alcune volte, quando ho presentato dei lavori per un concorso, per esempio, di fisica teorica, mi hanno detto che alcuni non erano pertinenti, quindi: buttali via! Non contano!

Parliamo ora del suo trasferimento a Pisa. Per quale ragione lasciò Roma?

Come capita spesso nella vita sono coincise due cose; la prima era legata alla scontentezza ed ai dubbi riguardanti gli indirizzi presi della fisica teorica, la seconda era legata a Conversi ed al progetto della "calcolatrice pisana". Non credo che Conversi sapesse quello che mi passava per la mente quando mi propose di andare a Pisa, né io mi rendevo conto che il lavoro sui K fosse la cosa che, ancora adesso, la gente considera come quella più importante da me fatta; un po' curioso veramente... ma sono in gran parte conosciuto per quel lavoro lì. Conversi si era messo alla ricerca di persone per questa nuova impresa della calcolatrice.

Che nasceva dal suggerimento di Fermi sull'utilizzo dei fondi inizialmente dedicati al sincrotrone.

Sì, perché inizialmente sembrava che il sincrotrone dovesse essere fatto a Pisa; infatti il gruppo “sincrotrone” ha cominciato a lavorare qui. C’era stato uno stanziamento da parte del Comune di Pisa e delle provincie vicine, messo a disposizione dell’Università, in particolare per la fisica. Una volta presa la decisione di fare il sincrotrone a Frascati, rimanevano questi soldi da spendere; “Che ci facciamo?”. Io non ho partecipato a questa fase iniziale; sembra che effettivamente ci sia stato un suggerimento di Fermi — venuto in Italia nel ’54, per la scuola di Varenna — di fare un calcolatore, anzi allora si diceva una “calcolatrice” perché i “calcolatori” erano gli uomini che facevano i calcoli; il nome corrispondeva addirittura ad un ruolo del CNR; poi c’erano le calcolatrici, almeno quelle meccaniche ed elettromeccaniche.

Come è stato fatto partire il progetto “calcolatrice”?

Conversi raccolse questa idea di Fermi; avrà parlato evidentemente della cosa con i colleghi di Facoltà e con il Rettore a Pisa. Si doveva decidere come utilizzare questi fondi — erano 120 milioni di lire, probabilmente corrispondenti a 2.5 milioni di euro odierni —, una cifra abbastanza rilevante. Fu presa la decisione, probabilmente in Senato Accademico, di istituire un comitato tecnico composto da tre professori universitari. Uno era Marcello Conversi, un altro era Alessandro Faedo — il matematico docente di Analisi che si era sempre interessato agli aspetti applicativi delle Matematiche —, il terzo era Ugo Tiberio — professore della Facoltà di Ingegneria —, quello che forse ne sapeva di più. Lo stato delle competenze in Italia, in materia di calcolatori, non era certo molto elevato. Tiberio entrò nel comitato perché, una volta costruito il calcolatore, questo avrebbe potuto essere utile agli ingegneri. Era comunque un comitato di supervisione; nessuno dei membri aveva l’intenzione o la pretesa di partecipare al progetto. Dovettero quindi affrontare il problema di reperire un gruppo di persone che ci lavorasse. Da vari documenti risulta che la Facoltà di Ingegneria, in particolare, temeva che le forze disponibili in ambito universitario fossero insufficienti e probabilmente inadeguate. Loro pensavano di non saperne molto e che, grosso modo, nell’Università non ne sapesse molto nessuno. Sottolineavano quindi la necessità di appoggi in ambito industriale. Ciò si concretizzò nella collaborazione con l’Olivetti. Quella della collaborazione è una storia complicata ed io non ne so molto; ero troppo giovane e nemmeno molto interessato alle questioni politiche e alla interazione fra i vari enti. In concreto la Olivetti mise a disposizione del personale assunto ad hoc, non personale con esperienza di calcolatori, anche perché la Olivetti non se ne era mai occupata. Ma decisero di investire in quella direzione e di buttarsi in questa impresa. La Olivetti era specializzata in macchine da scrivere e in macchine calcolatrici di tipo elettromeccanico. Il personale assunto fu distaccato presso una struttura universitaria chiamata CSCE — *Centro Studi Calcolatrici Elettroniche* — e, nello stesso tempo, fu messo in piedi un laboratorio a Barbaricina, nei pressi di Pisa, con altro personale. In quel laboratorio l’Olivetti aveva l’intenzione di progettare un’altra macchina — all’epoca i calcolatori erano visti come oggetti specializzati — orientata verso le applicazioni commerciali, la contabilità, l’uso nelle banche. Quindi dicevano: “Voi fate il vostro calcolatore scientifico e noi facciamo un calcolatore che possa essere venduto alle industrie; non si possono fare

macchine che vadano bene per ambedue le cose”. Fra i due gruppi avrebbe dovuto esserci collaborazione, ma in realtà non c’è stata perché lavorarono su cose ed indirizzi abbastanza diversi. Il contributo importante della Olivetti fu quindi di mettere a disposizione del personale e questo ebbe un peso rilevante; era gente che lavorava! La scelta dei fisici per il progetto fu fatta da Conversi. Attinse a Roma dove, essendo romano, conosceva parecchie persone; poi si sarà consultato con qualcuno; non so veramente. Reclutò tre persone, tutti fisici, ma molto diversi fra loro. Questa fu una buona cosa che ha comportato una certa ampiezza di vedute, punti di vista, conoscenze, esperienze, atteggiamenti molto vari. Una ero io, il secondo era Alfonso Caracciolo di Forino — scomparso qualche anno fa —, un fisico, a dire il vero, piuttosto anomalo, perché era più interessato ai fondamenti della fisica, alla filosofia, alla storia. Ho conosciuto anche altre persone come lui che, quando devono studiare la fisica sul serio, fare i conti, risolvere i problemi, etc. non ne hanno voglia e magari stentano agli esami, faticano e vanno male. Caracciolo era un tipo così, un tipo molto più interessato alla filosofia della scienza, alla logica, che non alla fisica; però queste sue conoscenze, soprattutto nel settore della logica, erano utili. Tanto per dire: da lui io ho sentito parlare per la prima volta del teorema di Gödel e della macchina di Turing; poche persone, anche fra i matematici, conoscevano queste cose, perché la tradizione matematica italiana era più rivolta alla analisi ed alla geometria algebrica e meno alla logica. Viceversa Caracciolo era uno che, quando si parlava di aspetti concreti, era completamente al buio perché i suoi studi di fisica li aveva fatti male. La terza persona era Sergio Sibani, l’esatto opposto di Caracciolo, un fisico sperimentale come formazione, molto concreto ed indirizzato verso una fisica di tipo ingegneristico; non gli piaceva affrontare questioni di principi e grandi problemi. Se non mi sbaglio, si era laureato con Enrico Persico, poi però aveva fatto esperienza a Milano, al CISE — Centro Informazioni Studi ed Esperienze; consorzio fondato con il sostegno di Adriatica di Elettricità, Falck, Fiat, Montecatini e Pirelli — centro privato che si è occupato di energia nucleare. Sibani aveva lavorato in elettronica con l’ingegner Emilio Gatti e da lui aveva imparato quel po’ di elettronica digitale che si faceva allora: il multivibratore, il circuito di coincidenza, etc. Le sue conoscenze furono preziose. Stiamo parlando del ’54 quando i calcolatori erano veramente una impresa scientifica; è quasi impossibile adesso capire come si lavorasse allora. I progetti di calcolatori, non solo il nostro, ma anche quelli fatti dalle industrie, venivano pubblicati sulle riviste, non erano affatto considerati cose coperte da segreto industriale. Noi infatti ci ispirammo parecchio al progetto del calcolatore IBM701, apparso sui “Proceedings of the IEEE” — Institute of Electrical and Electronics Engineers —, che, anzi, allora si chiamava IRE — Institute of Radio Engineers. Sulla rivista c’erano gli schemi dei circuiti, la struttura generale, insomma tutte le parti della macchina. Inoltre, all’epoca, non c’era nulla di standardizzato, sia dal punto di vista della architettura generale, che dei circuiti e delle memorie. Queste cose ora sono molto più standardizzate; se uno compra un “chip” di memoria, basta chiedere di quanti “Megabytes” debba essere e quale sia il suo tempo di accesso. La nostra macchina era da pensare da zero: l’organizzazione generale, il tipo di istruzioni, la velocità e, dal punto di vista elettronico, quali componenti usare. Allora si faceva tutto a valvole!

Le dimensioni quindi erano megagalattiche! Ah, ah, ah!

Beh, poi, in corso d'opera, le cose cambiarono. Noi decidemmo di costruire la macchina in due stadi. Il primo stadio era chiamato "macchina ridotta" cioè un modello di prova che fosse relativamente piccolo e non impegnasse tutti i fondi disponibili. Si trattava di verificare la fattibilità generale, che i criteri fossero sensati, che si fosse presa la strada giusta. La seconda fase sarebbe stata la macchina definitiva. Fra la costruzione del modello di prova e l'inizio della macchina definitiva emersero i transistor! Una sfortuna in un certo senso, che ha provocato problemi e discussioni all'interno del progetto CEP. La macchina ridotta era completamente a valvole e, sebbene di piccole dimensioni, aveva un migliaio di valvole!

Quindi c'era il problema del riscaldamento?

Certo, per ogni filamento ogni valvola si mangiava 2 W, un totale di 2 kW, in più c'era la dissipazione anodica; si trattava quindi di ingegneria "pesante".

La costruzione poneva problemi a moltissimi livelli: come alimentare i circuiti e raffreddarli, come costruirli in piccola serie. Ogni elemento di memoria, alcune centinaia, era una scatolone con due valvole, questo solo per un "bit". Ora sarebbe un elemento di pochi micron quadrati su un chip. Io non ho conservato nulla, ma al Museo degli Strumenti di Calcolo c'è ancora qualcosa.

Conversi l'ha invitata a partecipare al progetto, ma cosa l'ha veramente attirata verso questa impresa?

Difficile dire; evidentemente lo stimolo a fare una cosa nuova. Come ho già anche detto, fin da ragazzo, dal liceo, avevo cominciato a coltivare l'"hobby" della radio e dell'elettronica; avevo un certo interesse per queste cose. Era sicuramente una cosa affascinante passare da questo insieme di elementi logici, concepito a livello puramente astratto, ad un oggetto rispondente ai requisiti e che doveva poi esser fatto funzionare. Era una sfida interessante!

Però comportava anche lo spostamento a Pisa.

Ovviamente; lo spostamento definitivo a Pisa, con armi e bagagli, l'ho fatto nel '55. Ma noi tre cominciammo a lavorare al progetto già nel '54.

Il gruppo di lavoro era costituito da sole tre persone?

In realtà, quasi immediatamente, a questo gruppo si sono aggiunte altre due persone: Giuseppe Cecchini e Gian Battista Gerace. Cecchini era un ingegnere assunto dalla Olivetti e comandato a lavorare con noi; Gerace, anch'egli un ingegnere, fu preso con una borsa di studio e più tardi divenne dipendente del CSCE. Erano diversi; Cecchini non aveva alcuna conoscenza dell'elettronica digitale; aveva lavorato sui ponti radio, quindi aveva conoscenza di elettronica generale, anzi, a quel tempo si diceva "radiotecnica". Gerace aveva esperienza di telefonia, allora cosa abbastanza ibrida; esistevano principalmente dei

congegni elettromeccanici, ma esistevano anche gli amplificatori per rigenerare il segnale sulle grandi linee di comunicazione intercontinentale; Gerace quindi conosceva un po' di elettronica, ma certo non quella digitale. Quando loro due si sono aggiunti a Pisa, noi tre, che avevamo cominciato a Roma, avevamo già fatto le scelte di base, disegnato il tipo di organizzazione del calcolatore e fornito quindi l'impostazione iniziale. Prendemmo ispirazione da quanto già pubblicato ed aggiungemmo idee nostre. I calcolatori erano un campo nuovo ed aperto, con infinite possibilità di ricerca, di scelta di soluzioni a tutti i livelli, sia di struttura logica che relativamente agli elementi circuitali.

Ho descritto sommariamente le caratteristiche di Caracciolo e di Sibani; le mie sono state espone nel corso dell'intervista. Io, in un certo senso, stavo nel mezzo; ero un fisico teorico con interessi anche verso la logica e la filosofia della scienza; mi ero interessato agli aspetti concreti dell'elettronica e della radio. Quindi riuscivo ad interagire abbastanza bene con tutti e due mentre loro due, tra di loro, interagivano meno. Il lavoro fu interessante e divertente; mi ci buttai a pieno tempo e, come dicevo, ad Agosto nel '55 feci due cose: mi spostai a Pisa e mi sposai, in un colpo solo. Cambiai praticamente mestiere e, cambiando attività, ho messo su famiglia. Nei primi tempi a Pisa avevo uno stipendio totale di ottantamila lire al mese — uno stipendio universitario ed una integrazione dal CSCE . Non c'era da scialare, ma noi due si tirava avanti; poi, dopo due anni, vennero i figli. Lo stipendio era relativo ad un incarico universitario; era una posizione assolutamente precaria, che doveva essere rinnovata di anno in anno dal Consiglio di Facoltà. Il corso era quello di Fisica Superiore, lasciato libero da Salvini che si era spostato a Roma. Avevo 25 anni e la responsabilità del corso era una cosa abbastanza impegnativa. Allora il corso di Fisica Superiore era un corso importante; nel secondo biennio i corsi cardine di Fisica erano Fisica Superiore e Fisica Teorica.

Il corso di Fisica Superiore ha sempre avuto una certa libertà nella scelta degli argomenti.

Sì, c'era una certa libertà. Infatti fu per me motivo di imbarazzo il fatto che Salvini mi avesse lasciato in eredità anche degli esami da fare ed io non mi raccapezzavo molto con il programma da lui svolto. Organizzai il primo corso essenzialmente su due basi: meccanica analitica e relatività. Poi, dopo alcuni anni, ho cambiato un po' le cose. Tuttavia, quando ancora più tardi, con uno dei miei ghiribizzi tipici, mi saltò il ticchio di non fare più relatività, ma di fare termodinamica, Conversi e Radicati mi chiamarono e mi fecero una ramanzina: "Sì, va bene, il corso, la libertà, ma la relatività i fisici la devono sapere...". Quindi: il programma non era completamente libero! Come ho detto, il corso era abbastanza impegnativo; c'erano tipicamente una trentina di studenti, non solo del Corso di Laurea in Fisica, ma anche studenti del Corso di Laurea in Matematica e Fisica. A ripensarci adesso, quando più maturo, probabilmente non ho tenuto il corso con il taglio più appropriato. Come fanno quasi sempre i giovani teorici, ero molto affascinato dagli aspetti formali e costruivo delle strutture anche troppo rigorose. Poi, agli esami, a volte gli studenti soffrivano. Avevo come studenti molti normalisti: Italo Mannelli, Carlo Rubbia, Luigi Picasso, Bruno Barsella, Vittorio Silvestrini, Giorgio Bellettini, Renato Santangelo.

Erano tutti ragazzi in gamba e c'erano anche studenti bravi, ma non normalisti; tuttavia c'erano anche studenti piuttosto scadenti con difficoltà a capire le cose più basilari. Ma allora c'era molta meno attenzione e preoccupazione verso gli studenti; c'era molto più l'atteggiamento: "Se ce la fai, bene! Se non ce la fai, peggio per te!". Ora le cose sono abbastanza cambiate.

L'inizio del suo profondo interesse per la relatività risale probabilmente a quel periodo.

Avevo cercato di approfondire lo studio della relatività generale e, mentre stavo a Roma, avevo letto alcuni libri classici quali: Einstein, *Il Significato della Relatività*, Møller, *The Theory of Relativity*; in seguito avevo anche studiato il Landau, *The Classical Theory of Fields*. Ma con tutto ciò sentivo di non averla capita. Bruno Ferretti aveva insegnato Relatività ristretta nel suo corso di Fisica Teorica; aveva fatto tutto in quattro lezioni! Naturalmente gli studenti non ci avevamo capito assolutamente nulla. Dovetti rispiegare il tutto durante le esercitazioni e quella fu la mia prima prova di insegnamento della Relatività. Poi ho continuato ad insegnarla, in una forma o nell'altra, con maggiore o minore ampiezza, per tutto il tempo che ho tenuto il corso di Fisica Superiore. Questo è quello che ho fatto come didattica, mentre il lavoro di ricerca era tutto concentrato sul progetto della CEP. Sulla calcolatrice ci sarebbero un sacco di cose da dire, ma quello che vale la pena di riprendere è "il dramma del transistor". Infatti, mentre eravamo a metà del lavoro, cominciarono a diffondersi i transistor, all'inizio poco affidabili, molto delicati; i primi transistor erano al germanio, solo dopo si è affermato il silicio. Il germanio non sopporta alte temperature, quindi già saldare i terminali ad un circuito era cosa difficile perché bisognava tenere il transistor con delle pinzette se si voleva evitare di scaldare troppo il germanio; poi avevano tensioni inverse molto basse; erano oggetti antipatici! Ma avevano l'enorme vantaggio di essere oggetti piccoli e di dissipare quasi niente. Inoltre, per il tipo di funzionamento, erano più adatti alla elettronica digitale. Tutto ciò sfociò in un conflitto grave e serio fra le varie persone del progetto: sul come ci si dovesse comportare. Il dubbio era se convenisse mandare avanti il progetto così come era nato — quindi sapendo come concluderlo senza problemi, pur nascendo tecnologicamente arretrato — oppure se ci si riconvertiva, si abbandonavano le valvole, si ricominciava con una tecnica nuova della quale non sapevamo niente, buttando via il tempo già speso, assumendo grossi rischi. Le posizioni erano fortemente diverse. Sfociarono in una specie di strano compromesso per cui la CEP venne fatta un po' a valvole ed un po' a transistor, un ibrido. Ognuno ha fatto il pezzo di sua responsabilità come credeva meglio, quindi la macchina è nata così; questo ha fortemente limitato le sue possibilità di sviluppo; era una cosa né carne né pesce.

Lei che ne pensava di questa innovazione?

Io ero decisamente nel filone conservatore; mi sembrava che fosse più importante concludere secondo la linea prescelta ed essere sicuri di arrivare in fondo. L'originalità della macchina era nella sua struttura logica, praticamente indipendente dalla parte "hardware". Non pensavo valesse la pena di rischiare e perder tempo; inoltre avevamo un budget limitato, con il quale si doveva anche pagare il personale; se ci fossero stati dei ritardi,

avremmo dovuto cercare finanziamenti integrativi.

Mi sembra di capire che lei desse più importanza alla organizzazione logica della macchina, mentre tutto il resto avrebbe potuto essere migliorato nel tempo.

C'entra probabilmente anche il fatto che tutte le mie conoscenze di elettronica erano basate sulle valvole e me ne sentivo abbastanza padrone. Riguardo ai transistor non sapevo quasi niente, poi, nel tempo, e per altre ragioni, me ne sono occupato. L'elettronica a transistor è abbastanza diversa da quella a valvole; i transistor sono molto meno riproducibili delle valvole e quindi un circuito a transistor deve essere compensato con tecniche di controreazione, che bisogna conoscere. Tutto si può fare e tutto si impara, ma allora era ancora tutto da scoprire! Le scoperte sono state fatte, poi si è visto come sia stata rapida l'evoluzione della elettronica a transistor, quindi, attaccarsi ai transistor di allora avrebbe prodotto qualcosa che sarebbe invecchiato comunque in circa dieci anni.

C'era poi un altro aspetto presente nel nostro conflitto. Man mano che passava il tempo, la gente che lavorava ai calcolatori nel mondo inventava memorie di tipo diverso, le macchine diventavano sempre più veloci. Quindi nasceva il problema: "Facciamo la rincorsa? Cerchiamo di tenerci sempre al "top" della tecnologia?" Io pensavo che fosse inutile correre sempre dietro alle novità, con il rischio di non finire mai la nostra macchina, di non arrivare mai in fondo.

Chi di voi spingeva per l'innovazione?

Ce ne erano due che, curiosamente, erano anche due persone molto diverse: Cecchini e Caracciolo. Cecchini si capisce bene; era ingegnere e per interessi professionali ci teneva a tenersi aggiornato su strumenti, componenti, tecniche. Caracciolo invece più per ragioni di carattere; era un tipo che non amava mai che uno dicesse: "Basta! questo è deciso!". Preferiva rimettere sempre tutto in discussione, tenersi aperto a nuove possibilità.

In pratica raggiungete quel compromesso di cui ha parlato.

Questo però fu un compromesso forzato, con disaccordi che finirono anche sul piano personale e ciò ha nociuto allo sviluppo del Centro. Per queste ragioni, io ho abbandonato il progetto abbastanza presto, prima che la CEP fosse finita. Ho partecipato fino in fondo alla costruzione della macchina ridotta. Fu messa in funzione e l'ho anche utilizzata. Feci dei lavori, poi pubblicati, con alcuni ragazzi giovani, e questo mi porta a toccare il problema della cultura scientifica. Come ho già detto, la gente in Italia non sapeva assolutamente nulla di calcolatori, non solo dal punto di vista della costruzione, ma anche dal punto di vista di come si potessero utilizzare. A noi è toccato anche fare opera di divulgazione, cioè parlare con fisici, chimici, ingegneri, matematici e spiegare, con esempi, il possibile impiego di un calcolatore. Se si confronta quello che si poteva fare allora con quello che si fa oggi, viene veramente da ridere; comunque era meglio che fare i conti a mano.

Che tipo di risposta avete avuto da questa opera di divulgazione?

Varia naturalmente. Io e Caracciolo partecipammo a dei seminari organizzati dalla Facoltà di Scienze a questo scopo, cioè descrivere cosa fosse un calcolatore, come fosse fatto, cosa ci si potesse fare. Il settore che diede la risposta più attiva fu quello dei chimici teorici, che allora si chiamavano chimici fisici. Erano interessati a calcoli complicati di strutture e di molecole; avevano da diagonalizzare matrici grosse, quindi sentivano il problema. Ci furono alcuni che cominciarono, fin da allora, a interessarsi, a lavorare e ad imparare. Un altro lavoro ci fu proposto da un mineralogista. Era quello di fare una trasformata di Fourier tridimensionale per ricostruire, da una figura di diffrazione ottenuta con raggi X, la densità elettronica del minerale. Una cosa banale ora, la si trova dappertutto, ma allora andava inventata. Meno risposte vennero del settore dell'Ingegneria; qui a Pisa era piuttosto chiuso; non capivano i problemi né dal punto di vista dell'elettronica, né dal punto di vista del calcolo.

Non erano interessati neppure alla macchina?

Facendo un passo indietro, c'è da notare come questa cosa sia nata da un suggerimento di Fermi, sia stata presa in mano da Conversi, poi Conversi è venuto a Roma ad assumere giovani fisici per fare questo lavoro. Insomma: come fisici, vantiamoci un po' di questo! A quell'epoca gli informatici non esistevano ancora, nemmeno la parola; ma i matematici, per la matematica e la logica, gli ingegneri per l'elettronica, avrebbero potuto interessarsi. Non ci fu in realtà alcuna iniziativa, né si manifestò una qualche sensibilità.

Allora l'elettronica digitale era sconosciuta; i soli che sapessero qualcosa di elettronica digitale, senza rendersene conto, erano i fisici; conoscevano i circuiti di coincidenza e di anticoincidenza, i discriminatori, i multivibratori, etc. Questo fu insegnato anche a me, ma mica mi dicevano che era "elettronica digitale", era "elettronica degli impulsi", cioè, non quella delle forme d'onda analogiche. I fisici, d'altronde, non ricevevano alcun insegnamento in materia di logica o di problemi di calcolabilità, sulle ricerche di Turing o di Church. C'era però una certa apertura mentale. Era una caratteristica del fisico di allora — perché adesso ho l'impressione che sia già un po' diminuita —, questa grande capacità di buttarsi su un problema nuovo e affrontarlo. Ciò spiega perché la calcolatrice sia nata in un ambiente di fisici. Poi gli ingegneri ed i matematici hanno partecipato. Il lavoro sulle trasformate di Fourier, ad esempio, l'ho fatto con Luciano Guerri, che era un giovane matematico.

Le prime persone competenti nel campo dell'Informatica sono stati i giovani fisici; molti neolaureati, 10 o 15 anni fa, avendo lavorato per la tesi con i calcolatori, avevano acquistato con questi una certa familiarità.

Ormai l'uso dei calcolatori è diffusissimo, ma basta andare a 30 anni fa ed era appena agli inizi. Saltando di palo in frasca, posso citare un esempio; sarà stato intorno agli anni '80 e, occupandomi di astronomia, scopersi che nell'ambito dell'astronomia teorica, dove ci sono calcoli complessi e la necessità di trattare grandi masse di dati, la conoscenza dei calcolatori non c'era. Gli astronomi non ne sapevano niente, erano molto conservatori; per fare un esempio, la Meccanica Celeste veniva trattata con tecniche molto antiquate. Io mi

misi a lavorare in quel campo e poi la cosa si è piano piano diffusa. Ormai in astronomia tutti i telescopi sono controllati da calcolatore e questo viene usato sia per elaborazione di dati che per elaborazione di immagini. Dopo la nascita dei calcolatori, ci sono voluti decenni prima che fossero effettivamente diffusi, anche fra le persone con preparazione scientifica. Potrei capire per i medici, che non hanno una formazione fisico-matematica, ma gli astronomi. . . Eppure così sono andate le cose; mi pare una osservazione interessante per la storia della scienza: l'introduzione di nuove idee e nuovi strumenti non si travasa facilmente e rapidamente tra specializzazioni diverse, anche se vicine. Possono passare anni, a volte anche decenni.

Ritornando alla CEP, io non ho partecipato all'ultima fase. Era una macchina obiettivamente nata un po' vecchia. Quando è entrata in funzione nel '60 c'erano certamente macchine molto più potenti e veloci. La CEP aveva soluzioni interessanti nell'ambito della struttura logica, ma non si sono diffuse perché il centro CSCE, forse per incapacità sua, ma anche perché le sue dimensioni erano troppo piccole sul piano della diffusione scientifica, non è riuscito a farsi conoscere ed a farsi capire. Nel frattempo si è instaurato il monopolio dell'IBM e, più in generale, degli Stati Uniti. Questo è stato un problema non soltanto per noi, ma, ad esempio, anche per l'Inghilterra. Riguardo ai calcolatori, la ricerca e l'industria erano all'avanguardia — parliamo degli anni '50 — , più avanzata addirittura di quella americana; la Ferranti era grande ed importantissima, ma alla fine degli anni '50 non ha più retto alla potenza economica ed industriale americana; la costruzione e la vendita di calcolatori è finita negli Stati Uniti e soprattutto all'IBM. A Pisa, benché avessimo il CSCE ed un calcolatore in funzione ed in uso, è nato il centro scientifico IBM. Quando è stato creato il CNUCE — *Centro Universitario di Calcolo Elettronico* — questo è andato avanti con macchine IBM. È stata una scelta di Alessandro Faedo, nel frattempo divenuto Rettore, che ha indirizzato tutta la politica riguardante i calcolatori. In sostanza Faedo valutava che non si potesse contare sul CSCE come polo di sviluppo significativo, probabilmente a ragione. Siccome però a Pisa si era formato un gruppo di persone capaci e competenti, ritenne opportuno facilitare l'insediamento del centro scientifico IBM e del centro universitario CNUCE. A quel punto la nostra macchina CEP è finita in magazzino.

Però ha avuto una sua importante funzione come battistrada.

Io ho nominato solo le cinque persone presenti all'inizio del progetto CEP, ma il personale aumentò di parecchio in seguito. Un contributo importante lo dette la Olivetti assumendo come tecnici dei diplomati dell'Istituto Tecnico Industriale, dei periti elettronici, dei ragazzi veramente in gamba, giovani, entusiasti, pieni di voglia di lavorare, contenti di fare cose nuove; con loro si collaborava benissimo!

Quindi così si formarono i primi specialisti. . .

Poi, man mano, sono cominciate ad apparire anche dei giovani laureati, quindi persone che avevano conoscenze e competenze; da questo nucleo è nato il Corso di Laurea di

Scienze dell'Informazione.

Quando partì questo corso di laurea?

Mi pare intorno al '69, quindi parecchio dopo; comunque è stato, non a caso, il primo in Italia. Poi le cose presero un indirizzo diverso perché gli informatici si sono sempre più orientati nella direzione del "software", sistemi operativi e reti. L'"hardware" è stato relegato in secondo piano. Da qualche anno si è aggiunto un Corso di Laurea in Ingegneria Informatica. Il problema dell'"hardware" era relativo a che cosa mai si potesse fare. Fabbricare circuiti integrati è roba per l'industria; ci vogliono impianti costosissimi, richiedenti grandi investimenti, con rendimenti certi solo in caso di produzione di grandi quantità. Ora li fanno i giapponesi ed i coreani; anche gli Stati Uniti sono fuori gioco. Gli informatici si sono orientati di conseguenza. Il Dipartimento di Informatica è esattamente sopra quello di Fisica; non so se ci sia ancora qualcuno dei tempi della CEP. Come capita spesso, si parla della storia della CEP, ma non nel modo in cui l'ho raccontata io, per la semplice ragione che qui la conosco solo io. Dei pionieri che ho nominato, Caracciolo è scomparso, come pure Gerace; Giovan Battista Gerace si era convertito all'Informatica, è stato Direttore del Dipartimento ed ha raggiunto una certa fama; gli è stata dedicata una strada qui a Pisa. Cecchini e Sibani sono ormai pensionati e li ho persi di vista; a Pisa sono rimasto io solo¹³. Anche fra le persone un po' più giovani, qualcuno è scomparso, qualcuno ha cambiato mestiere, qualcuno se ne è andato. Qualcuno che, in tempi recenti, ha fatto la tesi in Informatica, si è occupato della storia della CEP, ma l'ha raccontata dal punto di vista degli informatici. La storia la raccontano anche quelli della Olivetti, ma la Olivetti ha esclusivamente lavorato alla sua macchina ELEAxxx — con dei numeri xxx che ne caratterizzavano le versioni successive; per la Olivetti la storia è quella.

Che decisione prese la Olivetti riguardo ai transistor?

Credo che abbiano scelto di convertirsi direttamente ai transistor. Loro sostengono che l'ELEA sia entrata in funzione prima della CEP; non ricordo se sia vero, anche perché, nel '59, ho abbandonato il lavoro sulla CEP e non ero più informato. La Olivetti, raccontando la storia dell'Informatica italiana, mette l'accento sulla macchina da loro costruita, lasciando in ombra la CEP e quello che è stato fatto nel CSCE. Insomma, io sono rimasto l'unico che ricorda... Non solo, ma dietro alle mie spalle c'è quel mucchietto di carte contenente il progetto CEP, gli schemi, i reports interni; la testimonianza del lavoro di quei tempi! Sono documenti personali, ma in qualche archivio ci saranno pure documenti simili. Il CSCE non esiste più; poi a Pisa è stato creato l'IEI — *Istituto per l'Elaborazione dell'Informazione*, oggi ISTI, *Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione*, un istituto del CNR. Probabilmente ha ereditato tutte le scartoffie e gli archivi del CSCE. Non ho parlato del personale. In parte furono assunti dall'IEI; quelli originariamente assunti dalla Olivetti

¹³Nota del 2010: l'anno scorso a Pisa si è tenuto un convegno per celebrare i 50 anni della CEP, dove sono stato invitato a tenere una relazione. In quell'occasione ho avuto il piacere di reincontrare qualcuno dei "vecchi".

furono riassorbiti da quella stessa ditta; non mi risulta che qualcuno sia stato buttato fuori.

Ricordava di aver abbandonato la CEP nel '59. Cosa ha determinato questo cambiamento?

In larga misura sono stati i dissensi che si erano prodotti; poi c'è entrato il mio carattere ed una mia caratteristica, che non chiamerei "virtù", anche se talvolta ha dei risvolti positivi: non riesco a lavorare a lungo sulla stessa cosa; ad un certo punto mi annoio e voglio cambiare!

Evidentemente c'era qualcosa di nuovo che la incuriosiva molto.

Sono tornato a fare il fisico teorico ed ho conservato l'insegnamento di Fisica Superiore fino al '63; il mio principale interesse fu, per parecchi anni, il tema delle simmetrie.

Un tema che giustifica la sua curiosità!

Il tema delle simmetrie era diventato importante in fisica, non come ai tempi in cui mi sono laureato. Io ne sono diventato un po' uno specialista: simmetrie in fisica teorica, in teoria dei campi, in teoria dei gruppi. L'attività di ricerca ed una parte della attività didattica l'ho dedicata a questo, nei limiti permessi dal mio corso istituzionale. Ma ho anche tenuto corsi sulle simmetrie alla Scuola Normale e per dei corsi di perfezionamento. Mi sono anche occupato di Teoria Assiomatica dei Campi. Le simmetrie e la teoria assiomatica, perché? Sempre per quella incertezza, quella difficoltà nei confronti della fisica teorica e della teoria dei campi, che si era già manifestata quando stavo ancora a Roma. Le simmetrie sono, in un certo senso, indipendenti dall'esatto tipo di teoria.

Sembravano più affidabili?

In un certo senso sì; era qualcosa su cui si poteva lavorare utilmente anche se non c'era una teoria veramente convincente dietro. Similmente la teoria assiomatica dei campi, della quale mi sono occupato intorno agli anni '60, si proponeva di capire quanto si potesse dire di molto generale, senza fare particolari modelli, ma solo enunciando dei principi di base — questo va al di là delle simmetrie però —, principi come la località e l'invarianza relativistica. Naturalmente non avevo inventato niente; erano settori nei quali già lavoravano personaggi di grande rilievo come Arthur Wightman. In quel periodo c'è stata la collaborazione con Luigi Picasso; ci siamo ad esempio occupati delle rotture spontanee delle simmetrie; per capirle, la teoria dei campi va esaminata da un punto di vista molto generale; una visione assiomatica aiuta. Incidentalmente, questo mi ha richiesto di curare un po' anche il rigore matematico, di fare una matematica pulita. In passato i fisici teorici erano meno rigorosi: "Se un integrale diverge, beh, lo aggiustiamo...". Ad un certo punto è nata l'idea che il rigore matematico potesse anche far capire meglio la fisica che c'era dietro.

Come era nata questa collaborazione con Picasso?

Come è nata? Bella domanda! Mica lo so. Ho avuto Picasso come studente nel '55, poi è rimasto in Istituto come fisico teorico. Uscito dalla CEP, io sono divenuto membro del gruppo di fisica teorica; forse attraverso lezioni e seminari, avremo trovato degli interessi comuni. Abbiamo collaborato abbastanza a lungo, anche oltre il '70. Nel '63 lasciai il corso di Fisica Superiore che tenevo come incaricato esterno — significava che non avevo alcun rapporto stabile con l'Università; gli assistenti invece, pur non avendo istituzionalmente la responsabilità di un corso, potevano avere un incarico interno; incaricato esterno significava che uno poteva essere rimosso in qualsiasi momento. Se avessi voluto sarei potuto divenire assistente, ma non ci tenevo particolarmente e quando ci fu un concorso, che avrei certamente vinto, non mi presentai, cosa che mi fu perfino rimproverata! Dovetti lasciare Fisica Superiore quando arrivò a Pisa Gherardo Stoppini come professore e il corso fu affidato a lui. Ebbi poi un incarico di Meccanica Quantistica e poi quello di Istituzioni di Fisica Teorica, che avrei tenuto volentieri a lungo, ma dal quale fui scalzato da Franco Bassani, chiamato come professore a Pisa nel '66. Quando Luigi Radicati, disgustato dai moti studenteschi del '68, passò dall'Università alla Scuola Normale, mi fu affidato il corso di Fisica Teorica, da lui tenuto fino ad allora; ne ebbi prima l'incarico e poi dal '73 la cattedra; lo tenni fino a circa l'80.

Nel frattempo avevo fatto in tempo a cambiare un'altra volta interessi, e mi ero appassionato all'astronomia, in realtà un interesse nato intorno al '68. Ad un certo momento presi anche l'incarico di Astronomia. A Pisa, per tradizione e da tempi antichi, era stata tenuta da matematici. In un lontano passato era anche stata tenuta da Giuseppe Armellini. In tempi più recenti era stata tenuta da Pier Giorgio Bordoni, un fisico matematico che avevo conosciuto a Roma come assistente di Antonio Signorini — il padre, Ugo, era quello che si occupava di ultrasuoni. Poi, ancora, da Silvio Ballarin, un professore di Geodesia ad Ingegneria. Io presi il corso ed anche la direzione dell'Istituto di Astronomia. Con questa operazione, non contrastata dai matematici, Astronomia divenne un corso del Corso di Laurea in Fisica. I corsi precedentemente tenuti da questi personaggi erano andati scivolando verso un programma noioso: trasformazioni di coordinate, trigonometria sferica e poco altro. Io ristrutturai completamente il corso e cercai anche di mettere in piedi un gruppo di ricerca in astronomia. A posteriori, tuttavia, il gruppo non ha funzionato granché e non ha prodotto risultati significativi; o non siamo stati bravi noi o l'idea non era buona. Devo dire che il gruppo lentamente si è evoluto, esiste tuttora, ma si è dedicato alla Astrofisica.

Come era stato organizzato il corso?

Ero partito dall'assunto che non dovesse essere un corso di cultura generale per astronomi, ma un corso specialistico per fisici; volevo presentare i problemi dell'astronomia come parti, storicamente importanti, della evoluzione della fisica. Ho cominciato con il problema dei sistemi di riferimento; D: "Cosa è un riferimento inerziale?" R: "Uno in quiete rispetto alle stelle fisse." D: "Che vuole dire, visto che le stelle fisse non esistono?" In concreto: come viene definito un sistema di riferimento in astronomia? Che lavoro c'è dietro? Quali sono le definizioni operative? Lo stesso approccio per il problema del tempo.

Fino a non molto tempo fa la base operativa della misura del tempo era astronomica, a cominciare dalla definizione dell'unità di tempo. La prima idea è stata quella di utilizzare la rotazione terrestre. "Ma sarà un moto uniforme? Che vuol dire uniforme? Che senso ha domandarsi se la rotazione della terra è uniforme se non ho un altro orologio con cui confrontarla?". Quindi c'è questo tipo di problemi da discutere; a me pare siano problemi di base della Fisica, non solo di un settore specialistico. C'è da notare che il problema del tempo è stato svincolato dall'astronomia, perché i campioni di tempo sono ora basati sugli orologi atomici. Altra cosa importante nel corso era la meccanica analitica; la meccanica celeste è la seria applicazione della meccanica analitica; la meccanica analitica è nata a questo scopo e si possono anche capire le ragioni delle denominazioni quali: perturbazioni secolari, determinante secolare, etc. Sono le perturbazioni secolari del moto dei pianeti. Incidentalmente, si scopre che Heisenberg non avrebbe inventato la meccanica delle matrici se non avesse conosciuto bene la meccanica celeste. Anche importante era l'ottica, sempre molto trascurata nell'insegnamento ai fisici. Quando uno fa l'astronomo, l'ottica gli serve; deve capire uno strumento come il telescopio. Un telescopio è un capolavoro di tecnologia; è un oggetto estremamente massiccio e pesante e, nello stesso tempo, deve garantire l'esattezza delle superfici riflettenti a frazione di lunghezza d'onda. Come si fa una cosa del genere? Che effetto hanno le deformazioni delle superfici? E la diffrazione? E la presenza dell'atmosfera? Poi è iniziata la storia dei telescopi su satellite. Nella costruzione di un telescopio ci sono vari problemi, come mettere d'accordo cose che apparentemente fanno a pugni: una grande luminosità ed una buona risoluzione. Insomma tutto questo faceva parte del corso di Astronomia. Ebbe un certo successo all'inizio; fu seguito abbastanza; alcuni studenti hanno poi fatto ricerca in quella direzione. Poi, piano piano, è declinato; si è diffusa la convinzione che l'astronomia fosse una cosa vecchia e che la cosa moderna fosse l'astrofisica.

Ho continuato ad insegnare Astronomia; mi sono trasferito su quella cattedra e l'ho mantenuta fino a quando sono andato fuori ruolo. Ho però cambiato il contenuto del corso insegnando essenzialmente Relatività generale. Ora il corso di Astronomia non c'è più, ci sono invece due corsi di AstroFisica tenuti da Paolo Paolicchi e Steve Shore. Nel corso di Paolicchi, Umberto Penco tiene una parte delle lezioni su argomenti di astronomia classica e meccanica celeste. Penco è stato a lungo mio collaboratore. Il lumicino dell'Astronomia è ancora acceso attraverso miei appunti elaborati con Penco e reperibili in rete. C'è anche da dire che l'astronomia è diventata una cosa di una complicazione spaventosa. La strumentazione è divenuta sempre più precisa, come anche in altri campi della fisica. Più gli strumenti sono precisi, più bisogna tener conto di molti effetti che venivano precedentemente trascurati. Un esempio è la deflessione gravitazionale della luce; si facevano esperimenti ad hoc per studiarla. Ora invece, quando si fa un'osservazione di una stella è necessario tenerne conto, perché la sensibilità della misura è ormai a quel livello. Bisogna quindi anche avere qualche nozione di Relatività generale. L'ho fatto notare durante le mie lezioni ed è un fatto tipico della storia della scienza. C'è un fenomeno importantissimo che viene scoperto e vengono fatti esperimenti raffinati e complicati per studiarlo in

dettaglio; poi, da un certo punto in poi, diviene qualcosa di assodato e consolidato, non se ne discute neppure più, ma devi tenerne conto... L'insegnamento della astronomia si è ristretto, l'ottica astronomica non la sa più nessuno, le coordinate astronomiche, la trigonometria sferica non servono più; è un'epoca di superspecializzazione; il computer punta il telescopio ed uno chiede e riceve delle osservazioni in un periodo di tempo che gli è stato assegnato. In tutti i campi le cose sono divenute assai complicate e nessuno le padroneggia più tutte completamente; di qui la superspecializzazione: io voglio sapere come funziona quella tal stella e non come funziona il telescopio! A me questo dispiace; è ovvio per tutto quello che ho detto. Il fatto che mi sia occupato di tante cose e che abbia cambiato tante volte mestiere indica una mia tendenza eclettica a voler sapere un po' di tutto; però è sicuro che oltre certi limiti uno non ci va!

Ritorniamo alle simmetrie. Il grande interesse nasce negli anni '60; lei aveva già affrontato questi problemi; un suo articolo del '59 ha avuto origine dal suo famoso lavoro sui K .

Era quando mi stavo interrogando sul significato del momento angolare in meccanica quantistica relativistica. All'epoca non sapevo nulla sulla teoria dei gruppi, non l'avevo mai studiata. Mi ricordo che apparve un lavoro, che lessi con grande meraviglia, in cui si cominciava a parlare delle rappresentazioni del gruppo di Poincaré.

Stiamo parlando della fine degli anni '50.

Sì, sì. Poi uscì una serie di lavori del russo M.I. Schirokov che fece una classificazione delle rappresentazioni del gruppo di Poincaré; apparvero su una rivista russa, ma poi anche in traduzione inglese. Un altro lavoro importante è quello di Theodore Newton e Eugene Wigner del '49, in cui viene introdotta l'idea di "sistema elementare" come rappresentazione irriducibile del gruppo di Poincaré. Poi c'è il famoso lavoro di Gian Carlo Wick, Arthur Wightman, Eugene Wigner. Questi lavori catturarono la mia attenzione.

Quindi dovette iniziare da zero e studiarci la teoria dei gruppi?

Sì, ma divenne presto anche lavoro didattico. Sto ora facendo una operazione che potrei chiamare "operazione nostalgia" riordinando lezioni che feci nel '65 alla Scuola Normale sulla teoria dei gruppi, sulle rotture spontanee delle simmetrie, etc.¹⁴

Sono molto interessata a tutto ciò che lei produce su questi argomenti, quindi la prego di tenermi al corrente.

L'ho chiamata operazione nostalgia, ma forse non è solo questo. Arrivati ad una certa età si comincia a dimenticare le cose ed uno sente il bisogno di riprenderle e di reimpararle. La cosa curiosa è che, leggendo queste lezioni di 40 anni fa, mi dico: "Ma caspita! Come sapevo male queste cose!" Ora conosco più matematica di allora e probabilmente formulerei tutto in maniera diversa. Sulle simmetrie ho svolto lezioni abbastanza di re-

¹⁴Nota del 2010: si possono trovare in <http://www.df.unipi.it/fabri/sagredo/invar>

cente, circa 10 anni fa, per la Scuola di Perfezionamento. A Pisa si era sviluppato un po' di interesse per la teoria dei gruppi; se ne era occupato anche Luigi Radicati e poi Luigi Picasso, laureato con lui sulla teoria delle interazioni deboli. In Italia tutto ciò non era molto coltivato; c'era invece un interesse sulla teoria assiomatica dei campi, per esempio da parte di Sergio Doplicher e Giovanni Gallavotti. Io e Picasso abbiamo fatto dei lavori sui gruppi, l'ultimo nel '69. Ad un certo punto iniziò la moda delle simmetrie unitarie; feci un lavoro su SU6 insieme a Luigi Picasso e Giampaolo Cicogna. Erano cose che poi non hanno avuto alcun seguito, però ci fu la moda di SU2, SU3, SU4, SU6, tutti gli SU... In quel periodo ero sempre critico e poco convinto circa la validità degli approcci alla fisica teorica delle particelle, ma ricordo che mi colpì parecchio, in senso positivo, il successo di SU3 nella scoperta dell' Ω^- ; mi obbligò un po' a ripensare sulle cose.

Fu davvero un successo eclatante!

C'erano già le formule di massa di Gell-Mann ed Okubo, relazioni semplici ma che potevano essere un po' dei trucchetti; invece c'è il decupletto, ci manca qualcosa, e zac! viene fuori; qualcosa di buono ci doveva essere; però era sempre nell'ambito delle simmetrie, non c'era una vera e propria teoria. Successivamente si è aperto per me il periodo dell'Astronomia. Ero partito con un progetto ambizioso, che tuttavia non ha portato a niente. Allora l'astronomia era parecchio orientata verso i grandi telescopi e ce n'erano molti sparsi per il mondo; il più grande in Italia era ad Asiago, 1.6 metri di diametro; si era poi parlato di farne uno in Basilicata, chiamato GALILEO, ma non è mai andato avanti. Lavorare ai grandi telescopi ha gli stessi inconvenienti del lavoro alle grandi macchine acceleratrici. Bisogna fare i turni, bisogna presentare proposte a dei comitati giudicanti; uno è fortemente condizionato dal tipo di macchina disponibile, bisogna poi trovare collaborazioni, sponsors, etc. Mi ero proposto di vedere se non si potesse, non dico reagire, ma per lo meno compensare questo indirizzo, cercando di scovare dei lavori di ricerca che avessero un interesse scientifico serio, ma che potessero essere fatti con mezzi molto più modesti; individuai un paio di argomenti e facemmo dei tentativi, ma non ce l'abbiamo fatta a produrre dei risultati veramente significativi. Il gruppo lavorava su un programma di astronomia osservativa; era formato da cinque persone oltre me: Umberto Penco, Bruno Barsella, Carlo Madella, Enrico Iacopini, Franco Angelini. Dopo circa due anni ed in assenza di risultati il gruppo si è dissolto. Io mi sono piuttosto indirizzato verso questioni di astronomia teorica. Mi sono occupato, nel '75, di riduzione automatica di fotografie astronomiche. Verso gli anni '80 ho fatto un lavoro abbastanza curioso quando mi accorsi che gli astronomi erano ancora agganciati alla trigonometria sferica ed a tecniche di calcolo astronomico che risalivano all'800; non avevano ancora scoperto il calcolo vettoriale, l'uso delle matrici; la rappresentazione di una rotazione mediante una matrice ortogonale 3×3 . Se si prendeva un testo di meccanica celeste molto diffuso, il Brouwer e Clemence, si vedeva che i vettori erano ignorati e si procedeva mediante relazioni fra componenti, come avrebbe fatto Laplace! Inoltre la trigonometria sferica è macchinosa, complicata, scomoda, con alcune difficoltà matematiche legate a posizioni singolari quali gli angoli 0° e 180° . Quindi decisi di trattare il problema delle precessioni, un problema fondamentale della

astronomia sferica, mediante l'uso delle coordinate cartesiane. Si possono fare obiezioni — superabili — anche all'uso delle coordinate cartesiane; nelle osservazioni di astronomia la distanza non conta, si lavora sulla sfera celeste, quindi bastano due coordinate angolari, ad esempio: ascensione retta e declinazione; se si usano coordinate cartesiane ce ne vogliono tre: "Ah! Ma allora sono ridondanti!". È vero sono ridondanti! Ma se si lavora convenzionalmente su una sfera di raggio uno, il fatto che le coordinate siano ridondanti ti dà un vantaggio: ti permette delle verifiche. Al termine di calcoli complicati e di approssimazioni, si può controllare che la somma dei quadrati delle coordinate sia rimasta uno. Anche dal punto di vista dell'efficienza di calcolo in un programma, ci sono dei vantaggi a non avere in giro funzioni trigonometriche. Completai la cosa con una iniziativa a "pentola matta", come faccio io... Decisi che tutti i calcoli sarebbero stati fatti semplicemente usando, non un calcolatore, ma un calcolatorino tascabile come il Texas TI58, che non era nemmeno particolarmente potente; permetteva di fare conti con 12 cifre significative. In conclusione si ottenevano risultati completi ed in maniera semplice. Sebbene per me fosse stato una specie di divertimento, il lavoro non è stato inutile. Ricordo che fu citato in una rassegna di articoli sul problema della precessione ed entro breve tempo questa tecnica si è affermata: finalmente la gente ha capito che era meglio usare le coordinate cartesiane e le matrici; se uno prende il libro di meccanica celeste di A.E. Roy, uscito in quegli anni, vede che i vettori e le matrici sono usati.

Verso gli anni '80 c'è stata da parte mia la riscoperta della relatività generale. Come ho già detto, avevo studiato i testi classici di relatività generale, ma con una insoddisfazione di fondo, l'impressione di non averla capita completamente. Credo di aver letto "Il Significato della Relatività" quando non ero ancora laureato; non era un libro divulgativo, devo averlo studiato e devo aver fatto anche dei conti; mi era rimasta un po' la sensazione che sì, tanti conti, tanto formalismo, ma poi il rapporto con i fenomeni, con le misure, questo spazio, questo tempo come si vedono? come si acchiappano!? Il cambiamento notte/giorno è stato quando è uscito il libro "Gravitation" di Charles Misner, Kip Thorne e John Wheeler, nel '72. Per me quel libro è stato una rivelazione. Sapevo qualcosa di Wheeler e mi era parso un tipo piuttosto strano e credo che non venisse preso molto sul serio in certi ambienti fisici. Si scopre però che Wheeler ha contribuito in vario modo alla fisica; intanto è stato il maestro di Richard Feynman e c'è un lavoro importante che hanno fatto insieme, quello sull'azione a distanza in elettromagnetismo; poi Feynman ha preso un'altra strada. "Gravitation" non l'ha scritto Wheeler da solo, ma c'erano Misner e Thorne, gente più giovane e con i piedi per terra; avevano la padronanza della matematica necessaria e sapevano coniugare bene le intuizioni e le visioni di Wheeler con calcoli concreti ed il confronto con gli esperimenti. Quando ho avuto in mano quel libro, me lo sono studiato — non tutto: sono ben 1400 pagine! — finché ho avuto la sensazione di aver veramente capito la relatività generale. Nel '75 presi la bella decisione di insegnare relatività generale come programma del corso di Fisica Teorica. Mi sono attirato parecchie critiche: "Ecco il solito matto! Il corso di Teorica è un corso istituzionale; tu improvvisamente prendi e ti metti a fare una cosa di cui non importa niente a nessuno". Va detto che 30 anni fa, ai fisici della relatività generale proprio non gliene importava un fico secco. Era considerata esoterica, roba da

quattro gatti, non si capiva bene se avesse davvero applicazioni; se ce le aveva, le aveva in una regione di ordini di grandezza ben diversi da quelli di cui si occupavano di solito i fisici. Credo di aver fatto questo tipo di lezioni per due anni; poi ho lasciato il corso di Fisica Teorica. Mi ricordo che spesi tutta una estate a progettare il corso. La sua struttura è sopravvissuta in altri corsi, come quello di Astronomia o di Cosmologia o come Introduzione alla Relatività Generale, che ho continuato ad insegnare fino a quando sono andato in pensione. Ora anche i fisici considerano importante la relatività generale; ci sono le astroparticelle, ci sono le onde gravitazionali. In ben cinque corsi del Corso di Laurea in Fisica si fa almeno qualche accenno alla relatività generale. Va detto che sul modo di intendere la relatività generale esistono due partiti; uno di maggioranza, che vede la relatività generale come una teoria di campo e di cui il rappresentante canonico è Steven Weinberg; uno di minoranza, relativo ad una geometrizzazione della gravità, secondo gli scritti iniziali di Einstein ed ora anche quelli di Wheeler e compagni. Questo è cosa che non riguarda solo noi in Italia, ma tutto il mondo. Comunque la storia della relatività è complicata; ad esempio, quando Einstein ha tentato di produrre una teoria unificata l'ha pensata anche lui come teoria di campo. Devo dire che l'approccio via la teoria di campo non mi convince a pieno; uno continua a mantenere lo spazio-tempo come entità indipendente e poi ci infila dentro il campo gravitazionale e le sue interazioni e ciò, per come è fatto, simula un cambiamento della struttura geometrica dello spazio-tempo. Invece nell'approccio del primo Einstein e di Wheeler è l'entità primaria che viene modificata, deformata, alterata; è lo spazio-tempo e basta. Tra l'altro questo porta anche a una discussione di tipo filosofico, fra una visione "sostanzialista" oppure "relazionista" riguardo allo spazio-tempo; se lo spazio-tempo c'è come un'entità esistente, oppure se è solo un modo per descrivere le interazione tra i corpi. Chiaramente le teorie di campo si avvicinano al punto di vista relazionista; il punto di vista di Wheeler è sicuramente sostanzialista; lo spazio-tempo è, esiste! Io ho accettato la posizione di Wheeler nel mio approccio, però, come ho detto prima, sono nettamente in minoranza. La cosa curiosa è che, notoriamente, i fisici non hanno in genere una grande sensibilità filosofica; anche in casi come questo, dove ci sono differenze di punti di vista, queste non vengono illustrate agli studenti. Penso che il corso abbia avuto un certo successo; veniva seguito da studenti bravi, inclusi molti normalisti.

In questi ultimi anni non ho fatto molto lavoro di ricerca: qualcosa sulla relatività generale, cercando di "riscoprire" il "calcolo di Regge" attraverso tesi che ho assegnato a degli studenti. Il lavoro originale di Tullio Regge è stato pubblicato nel '61 e credo che sia nato per i contatti che Regge ha avuto con Wheeler a Princeton. Il calcolo di Regge è stato riscoperto in anni recenti come tecnica di calcolo per la risoluzione numerica delle equazioni di Einstein, che sono uno scoglio brutto dal punto di vista numerico per il loro carattere non lineare. Il calcolo di Regge è una discretizzazione che porta a vedere lo spazio-tempo come una specie di traliccio invece del sistema continuo usuale. Utilizzando il traliccio, si possono ottenere delle equazioni discrete, che quindi possono essere risolte. Il problema è come raffinare questa prima approssimazione; cosa molto più complicata che ridurre semplicemente il passo del traliccio. Abbiamo lavorato su queste

cose, ma non abbiamo prodotto molto. Forse ero troppo vecchio... In realtà non ero completamente preso da queste cose; avevo anche interessi di altro genere. Questi ragazzi, chi per un motivo, chi per l'altro, non avevano abbastanza grinta da buttarsi da soli ed hanno cambiato campo di ricerca. Questa è stata la mia ultima attività di ricerca; come ho detto, non ha prodotto molto, ma mi ci sono divertito, abbiamo ragionato un po', abbiamo imparato alcune cose, ma non abbiamo risolto alcun problema fondamentale.

Da tutto quello che ha detto, emerge molto chiaramente che l'approfondimento e le riflessioni trovavano un loro sbocco naturale anche a livello di didattica; la ricerca e la didattica sembrano andare di pari passo.

Ho tralasciato di dire una cosa. Se si va a guardare il riassunto di questi 50 anni di lavoro, si potrebbe dire che ho combinato poco... Ci sono persone della mia età che possono esibire 200 lavori; io arrivo a malapena a 50; non sono mai stato molto fecondo come quantità di pubblicazioni. Ma ci sono non poche cose che non sono mai apparse: studi, tentativi, lavori iniziati e non finiti, fogli di carta, manoscritti che non hanno portato a niente a causa di errori o di difficoltà. In alcuni di questi lavori sono state coinvolte anche altre persone. Questa è forse obiettivamente la mia colpa più grave; ci sono state persone e collaboratori che hanno speso del tempo con me e poi non hanno tirato fuori nulla. Ciò ha fatto loro male ed ha certamente danneggiato meno me di loro. Voglio citare almeno una delle iniziative poi abbandonate; risale grosso modo al periodo fra il '60 ed il '70. Mi ero messo in testa di voler capire perché le equazioni relativistiche delle particelle, tipo Dirac, Schrödinger relativistica e Klein-Gordon, siano locali; con locali intendo: equazioni differenziali alle derivate parziali, che richiedono di fare uso della funzione d'onda in un intorno infinitesimo, senza che ci sia bisogno di conoscere la funzione d'onda a distanze finite. Ritenevo che, per avere una equazione locale, il prezzo da pagare fosse quello di avere anche energie negative, quelle interpretate da Dirac ed ottenute dalla sua equazione. Invece, ad esempio, se si vuole fare la meccanica quantistica di una singola particella relativistica, usando la corretta relazione fra impulso ed energia, ed imponendo che lo spettro degli autovalori dell'energia sia positivo, l'equazione che si ottiene risulta non locale. Con Giovanni Morchio abbiamo cominciato a lavorare su questi problemi ed è emerso che per capire le cose bisognava far intervenire delle strutture algebriche che normalmente non trovano impiego nella fisica teorica. Non terminammo il lavoro. È un esempio di un tipo di ricerca basata su una intuizione, forse anche sbagliata, sulla quale ho fatto lavorare un ragazzo e che non ha portato a nulla. La questione non è mai stata ripresa da nessuno ed io continuo a pensare che non fosse completamente sballata. Ormai non riesco più a affrontare questi problemi; forse, magari tra 50 anni, qualcuno li riscoprirà, capita sempre!

Dunque, andiamo avanti col racconto di quegli anni.

Vorrei parlare di un filone di ricerca, che avevo dimenticato di ricordare e che mi ha impegnato per parecchio tempo, con tre o quattro lavori pubblicati. Rientra in quella che oggi si chiama "fisica computazionale".

Di che anni stiamo parlando?

Sono gli anni '60, la fine degli anni '60. Mi venne l'idea di un metodo, che penso fosse originale non avendolo visto usato da altri, per trovare l'espressione delle autofunzioni e degli autovalori di un sistema quantistico; poteva essere un atomo o un nucleo; era un procedimento iterativo di un tipo diverso dal solito. Certi vantaggi li aveva: una convergenza piuttosto veloce ed una determinazione più accurata delle autofunzioni. I procedimenti più usati, di tipo variazionale, sono buoni per determinare gli autovalori dell'energia, ma non altrettanto buoni per le autofunzioni; quindi sono insoddisfacenti se uno è interessato ad aspetti diversi dall'energia, come ad esempio i fattori di forma. Ho sviluppato il metodo in collaborazione con Giotto Fiorio, con il quale ho fatto anche altri lavori, e con un ragazzo, Dario Cabib, che si era appena laureato in fisica dei solidi con Bassani. Le applicazioni furono a due tipi di sistemi. La prima fu a nuclei semplici come il trizio e l'elio 4; era interessante valutare i fattori di forma, visto che erano allora recenti gli esperimenti di Hofstadter sulla diffusione di elettroni da nuclei. Il lavoro sul trizio è pubblicato; quello sull'elio 4 non fu invece portato a termine. Occorre notare che questi calcoli richiedevano un grosso impegno di calcolatore; quello che avevamo a quel tempo era un IBM 7090; aveva una memoria ridicola rispetto alle dimensioni odierne; il calcolo era massiccio e ricordo che non si poteva tenere il programma e l'insieme dei dati contemporaneamente in memoria; c'era un gran traffico di montaggio e smontaggio di nastri! Stiamo parlando di 40 anni fa ed era una delle macchine di punta dell'epoca. La seconda applicazione, alla quale era interessato Cabib, era lo studio di eccitoni immersi in un intenso campo magnetico, un problema ancora non risolto. Bassani ed altri se ne erano occupati, ma, a seconda del metodo di approssimazione usato, venivano ottenuti risultati completamente diversi. Noi ottenemmo qualcosa di meglio e lo pubblicammo.

Ma come era venuta fuori l'idea iniziale?

Mah? Come problema di iterazione, concepito in modo piuttosto astratto: spazio di Hilbert, funzioni, convergenza di successioni di operatori. Infatti nei lavori pubblicati la teoria è esposta in termini astratti. Ci sono poi delle applicazioni, con problemi pratici di calcolo numerico. Date le caratteristiche dei calcolatori dell'epoca, si dovevano fare rapidamente dei compromessi: numero di punti calcolati, velocità del calcolo, etc.; uno finiva per dover occupare la macchina per ore. Quella era la macchina di tutta l'Università; era importante riuscire a fare il calcolo in un tempo ragionevolmente breve. I risultati ottenuti, a parte quelli non completati, furono pubblicati su *Nuclear Physics* e su *Solid State Communications*. Insomma, non sono poche le cose di cui mi sono occupato e che sono rimaste un po' per aria.

Magari per altri interessi emersi nel frattempo...

Non lo so! Intendiamoci; a volte questa è una cosa normale; chiunque faccia ricerca può fare dei tentativi che non vanno in porto e la cosa quindi finisce lì.

In genere, quando si fa storia, i vicoli ciechi tendono a essere un po' censurati; non se ne parla. Sarebbero invece interessanti per capire l'evoluzione di un pensiero.

No, non solo! La cosa ha anche un interesse scientifico perché se io sapessi che su un problema che mi è venuto in testa ci si sono già rotta la testa dieci persone e hanno trovato difficoltà e non le dicono perché non le hanno pubblicate... io poi rifaccio gli stessi errori! Purtroppo di solito uno pubblica i risultati, non va a pubblicare un articolo in cui dice: "Ho provato a fare questo, ma non ci sono riuscito!" Ah, ah, ah! Non solo; direi che, più passa il tempo, e più la gente cerca di fare cose ristrette e di scarso interesse, ma che permettano con sicurezza di pubblicare qualcosa!

Mi diceva che, quando venne a Pisa, molto presto ebbe un corso di Fisica Superiore e lo tenne per otto anni. Un grosso impegno quindi; come affrontò questa attività diversa da quella di ricerca?

Il corso di Fisica Superiore era, tutto sommato, non tanto piacevole; era un corso istituzionale, che trattava la fisica che non si faceva da altre parti: elettromagnetismo avanzato, relatività, corpo nero, meccanica analitica; quindi preparazione alla fisica quantistica. Ora le cose sono completamente cambiate e questi argomenti sono finiti in corsi istituzionali ed in molti casi sono stati anticipati. Questo, secondo me, è una cosa un po' assurda. Dopo la riforma "tre+due" si tenta di fare al secondo cose che prima si facevano al terzo o al quarto anno, come se adesso gli studenti fossero maggiormente in grado di capire; anzi, forse è il contrario; sono aumentati i numeri e gli studenti sono meno selezionati; inoltre la scuola secondaria dà, anche ai migliori, una formazione più debole di quella di prima.

Fisica Superiore, a differenza del corso di Fisica Teorica, che ho fatto dopo e che corrisponde a una materia meglio definita, era composto da una varietà di argomenti. Come ho già detto, un anno dedicai il corso alla termodinamica. Onestamente credo che sia stato un esperimento abbastanza infelice. Comunque, questo era tipico del mio carattere; non ho mai potuto soffrire di tenere un corso per diversi anni e fare sempre la stessa cosa. Ci sono in Istituto persone che tengono lo stesso corso da 30 anni. Il corso di Fisica Superiore aveva però il vantaggio di poter cambiare il modo in cui uno presentava gli stessi argomenti. Quando ho cominciato a farlo, avevo 25 anni e non potevo ancora avere una grande cultura e maturità; una certa impronta personale comunque ce la mettevo. C'è stata certamente una evoluzione. Riguardo, ad esempio, alla teoria della Relatività, ciò che non mi piaceva e che trovavo sempre meno utile ed interessante era l'approccio cosiddetto storico — rimasto tradizionale per tantissimo tempo — ripercorrendo la strada fatta da Einstein: critica del concetto di simultaneità, critica del concetto di tempo, postulati di base, principio di relatività, invarianza della velocità della luce e poi i vari effetti, paradossi, etc. L'approccio storico non mi soddisfaceva più; avrei voluto trattare la relatività come qualcosa che discendesse anche da fatti sperimentali e, possibilmente, non immediatamente trasferita in equazioni ed aspetti formali. Questa esigenza veniva fuori da un approccio che chiamerei più fisico. Sembrerebbe adesso che giudico il lavoro di Einstein come "non fisico" ah, ah, ah! Il fatto è che questo naturalmente succede sempre con i "ripetitori", cioè: Einstein ha scritto quel lavoro nel 1905, poi è stato trascritto nei libri

seguendo quella linea, poi ci sono stati i ripetitori... La stessa differenza che c'è fra Aristotele e gli aristotelici. Alla fine si perde il senso rispetto a quello che c'era in partenza. Una volta, ad esempio, ho introdotto la dinamica relativistica basandomi sugli acceleratori e sul comportamento di una particella in campo magnetico. Non farei più neanche questo. Va inoltre tenuto presente che, all'epoca, Fisica Superiore era frequentata dai fisici, ma anche dagli studenti del corso di laurea in Matematica e Fisica, un corso di laurea piuttosto ibrido, in origine concepito per la formazione degli insegnanti liceali, appunto di matematica e fisica. Tenere il corso di Fisica Superiore fu un notevole impegno; era il corso cardine del terzo anno ed uno aveva una responsabilità abbastanza grande, dovendo fare le ossa agli studenti su svariati argomenti. Mi ricordo ancora che alle prime lezioni — racconto questo come aneddoto — sentivo spesso gli studenti ridacchiare. Poi quando sono entrato in maggior confidenza, mi hanno detto che io avevo un forte accento romano e mi prendevano in giro quando, ad esempio, dicevo “probbabilità” con almeno quattro b!

Gli studenti devono trovare dei momenti di ilarità!

Ma poi non è che sia male, non è nemmeno un segno di scarsa considerazione, anzi a volte succede il contrario, proprio quelli che studiano di più trovano talvolta anche motivi per ridere. A parte la questione dell'accento “romanesco”, il trasferimento da Roma a Pisa mi ha richiesto un certo adattamento; i toscani sono gente difficile da trattare specie sul terreno della presa in giro, della battuta; talvolta sembrano fare un discorsino innocuo e poi alla fine sparano una battuta che ti gela; io restavo spesso spiazzato! Non ero allenato a queste cose.

Oltre a Fisica Superiore ha tenuto in parallelo altri corsi?

No; c'è da dire che durante i primi tre o quattro anni a Pisa ero impegnato nella progettazione della CEP — Calcolatrice Elettronica Pisana; l'impegno pesante era quello lì, poi svolgevo il corso; mi sembra di aver fatto esami di Fisica 1 e Fisica 2 anche ad Ingegneria.

Quale era il programma di Fisica Teorica?

Come ho già detto, il programma l'ho cambiato spesso. Fra l'altro quando, nel periodo finale, ho cominciato ad occuparmi di astronomia e non più di fisica teorica, ebbi una specie di crisi morale, perché mi sembrava opportuno che Fisica Teorica fosse insegnata da uno che facesse ricerca in quel campo. Nei primi anni, gli argomenti che svolgevo a Fisica Teorica erano quelli standard: meccanica quantistica relativistica e teoria dello scattering. Poi volli fare una cosa diversa, cioè un approccio all'elettrodinamica quantistica senza passare per la teoria dei campi. Avevo scoperto quel libretto “*Quantum Electrodynamics*” pubblicato da Benjamin: era una serie di lezioni dove Feynman usava la tecnica dei diagrammi, presa come punto di partenza, discostandosi quindi dallo sviluppo storico. Tradizionalmente l'elettrodinamica quantistica è vista come una teoria di campo quantizzato; si parte dalla lagrangiana, attraverso lo spazio di Fock si arriva agli operatori di creazione e distruzione; allora i diagrammi di Feynman sono visti semplicemente come

una rappresentazione grafica del calcolo perturbativo ai diversi ordini. Nell'approccio di Feynman invece, i diagrammi erano la rappresentazione basilare degli eventi fondamentali, tanto è vero che se uno si va a leggere l'articolo che gli ha fruttato il Nobel — *Space-time approach to quantum electrodynamics* —, c'è proprio un discorsino in cui spiega che quando uno ha un grafico relativo ad un elettrone ed un positrone che si annichilano, il positrone può esser visto come un elettrone che viaggia all'indietro nel tempo. Provai a trattare l'elettrodinamica seguendo la linea indicata da Feynman, senza la teoria dei campi. Oggi l'idea dei "path integrals" è uno strumento fondamentale della fisica teorica, ma perché venisse capita c'è voluto parecchio tempo. Funziona! Si riesce a far tutto ed a calcolare tutte le cose di interesse. Mi ricordo come gli studenti fossero abbastanza scombuscolati, perché non ritrovavano le cose che forse stavano studiando da altre parti!

Questi metodi alla Feynman sono stati introdotti rapidamente nella didattica universitaria?

Non direi, anzi credo che sia cosa relativamente recente, 20 anni forse. Le idee di Feynman sono state prese seriamente solo dopo che Dyson ha pubblicato un lavoro dimostrante l'equivalenza fra l'approccio di Feynman e quello di teoria dei campi. È strano, ma c'è una specie di parallelismo con la storia dello sviluppo della meccanica quantistica: gli approcci alla Schrödinger e alla Heisenberg; sono partiti come due cose completamente separate, poi Schrödinger, mi sembra, ne ha dimostrato l'equivalenza. Dirac ha poi rielaborato il tutto.

Ci sono altre questioni riguardanti la didattica?

Quando si parla di didattica io intendo anche una cosa diversa, cioè tutto il lavoro che ho svolto in ambito extra universitario. La cosa decisiva è stata quando sono stato coinvolto nel PSSC — *Physical Science Study Committee*. Non è stata neppure una scelta mia, ma è chiaro che il mio interesse per il lavoro didattico universitario preparava il terreno. La cosa deve essere emersa quando ero ancora a Roma e mi sono trovato a rispiegare la teoria della Relatività che Ferretti aveva svolto troppo velocemente. Il corso era anche per studenti del corso di laurea in Matematica e Fisica; c'erano ragazzi ai quali era veramente difficile far capire le cose; inoltre, all'epoca, se uno veniva bocciato poteva ripetere l'esame anche quattro o cinque volte, quindi alcune persone erano ben conosciute da me e da Ferretti. Quando si ripresentavano si sperava sempre che dicessero qualcosa che permettesse di dargli finalmente un 18. Il mio primo successo didattico è stato quando sono riuscito a far capire a questi ragazzi qualcosa di relatività, riuscendo a far loro raggiungere il famoso 18. Quando mi sono trasferito a Pisa nel '55, Ferretti, quasi contemporaneamente, si trasferì a Bologna. È stata una sua iniziativa, insieme alla moglie, quella di far partire un programma PSSC in Italia. Erano in contatto con Uri Haber-Schaim e Francis Friedman negli Stati Uniti ed avevano anche contatti con il Ministero della Pubblica Istruzione. Furono loro ad avere l'idea di coinvolgermi; accettai la proposta e la cosa sfociò nel fatto che sono stato il direttore del primo corso pilota PSSC in Italia. La scuola estiva per la formazione degli insegnanti fu tenuta a Spoleto nel '62; ero il Direttore ed avevo 32 anni.

Parteciparono una ventina di insegnanti, quasi tutti molto più vecchi di me, sui 40, 50 anni. Erano persone sperimentate e conosciute, nel senso che la scelta degli insegnanti fu fatta da un ispettore del ministero. A quel tempo gli ispettori ministeriali giravano l'Italia, visitavano le scuole e sapevano quali erano le persone più preparate e più competenti. Mi sono trovato a fare questo lavoro quando ero molto giovane. Il che naturalmente aveva qualche controindicazione; a me è spesso successo, devo dire, di trovarmi a fare le cose quando ero più giovane del giusto; adesso lo capisco, allora no, non lo capivo. È bello essere giovane, ma ha degli inconvenienti perché non capisci tante cose, non ti rapporti sempre in modo corretto con le persone, specialmente con le persone più anziane. Infatti ho avuto qualche scontro con l'ispettore ministeriale; era un matematico che aveva un passato di attività di ricerca nel campo delle probabilità, poi si era messo a fare l'ispettore; era una persona abbastanza anziana. Lui di fisica non capiva un accidente e sosteneva che non lo rispettava: "Io sono anziano, sono un ispettore ministeriale, una figura ufficiale; questo ragazzo qua, come si permette!"; tanto per fare un esempio.

L'esperienza di questo primo corso fu positiva?

Mi capita ancora adesso di parlarne; credo sia stata la cosa migliore che sia stata fatta nella scuola italiana in questi ultimi 50 anni. È un peccato che sia tutto finito. Le cose possono sempre evolvere nel tempo, ma questo significa cogliere gli aspetti positivi e correggere quelli negativi; invece è tutto finito; ha lasciato qualche traccia, ma molto meno di quanto sarebbe stato possibile. Come esperienza di lavoro, io ho imparato veramente molto. Non si è trattato solo di fare un corso di un mese a Spoleto; tutti insieme a lavorare mattina e pomeriggio. Questi insegnanti li ho poi seguiti nell'anno scolastico successivo. Facevamo riunioni periodiche, ci trovavamo insieme a discutere su come andava il lavoro, le difficoltà che incontravano, i risultati; c'erano le prove intermedie, i test che si davano e che poi si esaminavano. Io andavo a visitare le classi; ho girato un bel po' per l'Italia. Ho stabilito dei rapporti con gli insegnanti che sono durati nel tempo, anche rapporti personali e di amicizia. Purtroppo la maggior parte era più anziana di me ed alcuni di loro sono ormai scomparsi. L'esperienza del PSSC è continuata per alcuni anni; il grosso dell'impegno, questo è giusto dirlo, era centrato su Bologna. Ho nominato Ferretti, il cui contributo principale fu il film sul secondo principio della termodinamica, ma più fortemente impegnata era la moglie Maria che insegnava al liceo Fermi di Bologna. Tutto l'Istituto di Bologna era impegnato perché questa fu una scelta strategica del direttore Giampiero Puppi. Ricordo i colleghi Protogene Veronesi e Nella Grimellini-Tomasini.

In tutto ciò ha avuto un qualche ruolo anche Bruno Rossi che veniva spesso in Italia dagli Stati Uniti e che, a quell'epoca, ha contribuito a pubblicizzare il PSSC.

Non saprei; Rossi non l'ho mai conosciuto. Mi ricordo solo che, laureato da poco, scopersi con grande piacere il suo libro di ottica; lo trovai un libro bellissimo e da quello ho capito un sacco di cose non capite in precedenza. È possibilissimo che lui si sia dato da fare per introdurre il PSSC in Italia, dove, fra l'altro, incontrò non poche resistenze.

Intanto c'era la burocrazia ministeriale con la sua routine e questa cosa tutta nuova,

tutta diversa, in cui bisognava cambiare gli orari, bisognava introdurre degli esperimenti ad hoc, c'era il film, ci voleva il tecnico, etc. tutte cose che sconvolgevano! Anche solo far capire cosa si faceva e perché, non era facile. La ragione formale per cui il PSSC è venuto in Italia è che l'Italia era vincolata a un organismo internazionale che si chiamava OCSE — Organization for Economic Cooperation and Development — fondato nel dopoguerra per promuovere lo sviluppo economico, del quale facevano parte gli Stati Uniti e vari paesi europei. Fu questo organismo che si impegnò per diffondere il PSSC in Europa. L'Italia si trovò un po' forzata a partecipare; però, a livello ministeriale, non c'era entusiasmo. Poi c'erano resistenze anche nell'ambiente universitario. Edoardo Amaldi a Roma e Piero Caldirola a Milano furono molto critici. Tra l'altro, sia Amaldi che Caldirola erano anche autori di libri di testo per le scuole secondarie con impostazione molto diverse; entravano quindi in conflitto col PSSC. A me il PSSC era piaciuto per l'approccio innovativo; mi sono trovato a scrivere articoli in risposta a varie obiezioni.

E il grosso della critica da che cosa veniva?

Quello che forse dava più fastidio era il carattere apparentemente più spicciolo della trattazione, niente matematica o quasi. In quanto poco formalizzato sembrava più superficiale. In realtà la profondità dei contenuti del PSSC era ben superiore a quella di qualsiasi libro di testo italiano dell'epoca. La critica di Amaldi era essenzialmente che il PSSC distruggeva la tradizione italiana e la scuola di fisica italiana. Naturalmente c'è del vero. Ma l'Italia, nella formazione dei fisici, era molto legata alla tradizione tedesca. Molti dei testi di base, come il Becker, il Sommerfeld o l'*Handbuch der Physik* — summa della sapienza fisica — erano tedeschi ed erano in parte tradotti. La tradizione della scuola europea, e particolarmente di quella tedesca, si contrapponeva alla scuola americana che era più nuova, con un approccio più empirico, meno formalizzato. A livello di didattica secondaria, gli americani avevano fatto la scelta deliberata di fare a meno della matematica o più esattamente dell'algebra. Facevano invece largo uso dei grafici, curve, grafici spazio-tempo, grafici velocità-tempo, gli urti studiati facendo vedere i grafici che si incrociano etc.; non c'erano calcoli ed equazioni, a parte cosine da poco. Invece di una equazione con simboli algebrici, uno scriveva ad esempio: "Velocità moltiplicato tempo eguale spazio". Evidentemente avevano fatto questa scelta perché conoscevano i loro polli; sapevano che i loro ragazzi avevano difficoltà, non avendo una sufficiente capacità di astrazione. L'ironia della storia è che ci hanno anticipato, nel senso che questo succede adesso anche qua.

Quindi l'opposizione di Amaldi era essenzialmente legata all'aspetto della tradizione culturale?

Sì, ma ricordo anche questioni di dettaglio che toccano l'epistemologia; faceva delle critiche al modo nel quale veniva trattata la dinamica; diceva: "Con questo esperimento si vuole arrivare alla seconda legge della dinamica, ma è sbagliato perché, se si analizza, dentro c'è pure la terza legge". Si capisce facilmente la critica di Caldirola, il cui testo era agli antipodi: un approccio deliberatamente assiomatico della fisica. È curioso invece che Amaldi, fisico sperimentale, non cogliesse il valore di un approccio induttivo. È sba-

gliato credere che il corso PSSC pretenda di ricavare $F=ma$ dagli esperimenti sui carrelli; da esperimenti come quelli si ricavano delle indicazioni, che suggeriscono una legge; poi si deve rafforzarla con altri esperimenti sempre più raffinati, verifiche, etc. Ma questo è sempre stato vero; tutta la fisica che conosciamo non sta in un esperimento o in un altro, ma sta nel quadro complessivo, nel modo nel quale la teoria lega le cose fra di loro, in tutte le convalide che si ricavano dal complesso degli esperimenti. Proprio in risposta a questo tipo di critiche tenni, nel 1968 a Milano, una conferenza intitolata “Induzione e deduzione nell’insegnamento della meccanica” poi rielaborata e pubblicata come articolo di “*La Fisica nella Scuola*” nel 1977 e, più di recente, nel volume “*Guida al Laboratorio di Fisica*” (Zanichelli 1995). Debbo dire che le critiche mi sono sempre sembrate poco approfondite. Bisogna ricordare che il PSSC è stata un’impresa di grande mole, per la quantità e la qualità dei collaboratori (inclusi alcuni premi Nobel). Certamente c’era una scelta, una filosofia diciamo, che si poteva più o meno condividere, ma non era certo improvvisata. Inoltre il progetto andava valutato nel suo insieme: il testo, i problemi, il materiale di laboratorio, le guide per gli insegnanti, i films. Va anche detto che il PSSC, anche in USA, ha avuto numerose edizioni ed esiste tuttora; ma è stato ampiamente riveduto nell’ordine degli argomenti e forse nella visione d’insieme.

Chi l’ha pubblicato in Italia? Zanichelli?

Non a caso a Bologna, proprio dalla Zanichelli, sotto lo stimolo di Puppi. Alla Zanichelli c’era, come proprietario e direttore, Giovanni Enriques, il figlio del matematico Federico, che mise tutta la casa editrice ad appoggiare il progetto e si occupò di tutti i lavori di traduzione. Io sono stato impegnato anche nel lavoro di traduzione che è stato una opera collettiva; ho fatto la revisione della terza parte e la traduzione dei film — scegliendone solo una parte fra tutti quelli disponibili — insieme ad altri due colleghi. Questi film circolano ancora e recentemente la Zanichelli ne ha fatto una versione DVD.

Quindi, secondo lei, è stata una operazione valida come proposta didattica?

Ha degli aspetti che andrebbero rivisti, essendo passati 40 anni. La fisica è cambiata; per dirne una: i laser non esistevano, tanto meno come strumento didattico; non è una cosa da poco. Poi c’è che il PSSC era forse un po’ troppo orientato verso la fisica delle alte energie. Ma è grazie al PSSC che le leggi di conservazione della quantità di moto, dell’energia, del momento angolare, hanno preso piede nell’insegnamento secondario. E poi i sistemi di riferimento. Dare come idea base il fatto che esistano diversi sistemi di riferimento e di cosa succeda se uno cambia sistema di riferimento. Chiaramente è una preparazione alla Relatività, anche se questa non c’era in quel corso; c’era nella parte avanzata, nelle così dette “*Advanced topics*”. Un altro lascito del PSSC è la tecnica didattica delle foto stroboscopiche. Alcune di queste foto si trovano ora su tutti i libri: quella della chiave inglese che trasla e ruota, quella del grave che cade verticalmente o lungo una parabola, anche se nessuno forse ricorda più da dove vengano. Un’altra innovazione interessante fu la seguente; come ho già detto il PSSC era abbastanza orientato verso la fisica delle particelle; la scelta che fecero, nella parte relativa all’elettromagnetismo, fu di

usare fin dall'inizio l'idea della carica elementare; per cui non c'era una unità arbitraria di carica come il Coulomb. Gran parte del discorso si basava sull'osservazione che esiste una carica elementare, quella dell'elettrone, e sulla sua misura da parte di Millikan. Si restava poi a livello microscopico, con molto spazio dato al comportamento degli elettroni in campi elettrici e magnetici; invece la solita elettrostatica era molto ridotta di peso ed era sostanzialmente centrata attorno ai due bei film di Eric M. Rogers "La Legge di Coulomb" e "La Costante della Legge di Coulomb". Rogers era un personaggio divertentissimo; non solo era un bravo insegnante, ma era anche divertente come attore; quei film sono ancora usati e sono piacevoli da vedere. I film del PSSC, specialmente quelli di Rogers ed il famoso "Sistemi di riferimento" hanno avuto grande successo; oltre ad avere un contenuto serio, sono spettacolari, lasciano sensazioni.

Vorrei anche parlare, con una certa tristezza di fondo, della straordinaria capacità che hanno gli americani quando si dedicano ad un progetto. Il PSSC è stata una impresa di enormi dimensioni per il numero di persone coinvolte e la qualità dei contributi. Ci hanno lavorato per qualche anno centinaia di persone; avevano deciso che dovevano fare qualcosa e ci hanno messo tutte le energie e, d'amore e d'accordo, hanno prodotto questo lavoro quantitativamente rilevante ed una tappa importante nella didattica della fisica. La tristezza consiste nel saper bene che in Italia non saremmo mai stati capaci e non siamo tuttora capaci di fare niente del genere. Lasciamo perdere le analisi di quali siano le ragioni; possiamo criticare gli americani su vari aspetti, ma sul PSSC bisogna levarsi tanto di cappello; quando decidono di fare una cosa, si mettono insieme, collaborano e sono capaci di mettere da parte le gelosie, le invidie, i protagonismi!

In conclusione: ho lavorato al PSSC il primo anno; nel terzo fui invitato da Arturo Loria a svolgere le lezioni sulla dinamica — la terza delle quattro settimane del corso — poi fui di nuovo direttore del quarto corso nel '65. Non furono fatti altri corsi ed il PSSC è andato ad esaurimento. Per prima cosa sono state tolte le due ore addizionali che erano state assegnate all'inizio. Con una tale riduzione c'è poco da fare, o fai tagli pesanti al programma o rinunci a gran parte del lavoro di laboratorio; in entrambi i casi il progetto risulta compromesso. Poi gli insegnanti che avevano le classi pilota le hanno mantenute, ma pian piano qualcuno è andato in pensione, altri sono divenuti presidi o ispettori o sono stati trasferiti; così il progetto si è estinto senza che ne venisse mai dichiarata ufficialmente la chiusura. Soprattutto, senza che, a livello ministeriale, sia mai stato pronunciato un giudizio, sia stata fatta una sintesi, sia stato pubblicato un documento di valutazione. Lo stesso è successo alle altre numerose sperimentazioni che si sono avute dopo il PSSC, anche se nessuna della stessa ampiezza: tanta gente ci ha lavorato, ma cosa abbiano fatto e se abbiano avuto successo non si sa! Il merito storico del PSSC è stato quello di introdurre in Italia l'idea che si potesse fare sperimentazione nell'insegnamento, che si potessero introdurre idee completamente diverse, che la fisica potesse essere insegnata in modo non codificato e ossificato. Almeno questo!

Era anche un elemento di rottura che spezzava le vecchie tradizioni.

Però le fasi successive delle sperimentazioni sono state fatte in maniera un po' selvaggia, senza fare granché tesoro dell'esperienza del PSSC. Un'altra cosa che il PSSC ha prodotto, e questo poi mi ha impegnato parecchio, è stata la nascita e l'avvio dell'AIF — Associazione per l'Insegnamento della Fisica. L'associazione è stata, all'inizio, costituita praticamente da insegnanti-pilota del PSSC che hanno anche fondato una rivista.

Ritorniamo all'AIF. Mi diceva che è nata da un gruppo di persone che avevano partecipato al PSSC.

In realtà l'AIF esisteva già; era stata fondata a Torino nel '61 da un gruppo di insegnanti e dal Preside di un Istituto Tecnico. Successe che il gruppo degli insegnanti-pilota provenienti dal PSSC prese il controllo dell'AIF; infatti, per i primi anni, i presidenti dell'AIF furono tutti insegnanti provenienti dal PSSC; il primo è stato Alberto Foà — il padre di Lorenzo Foà, che è ora professore alla Scuola Normale — uno degli insegnanti più anziani. Il secondo presidente della AIF è stato Savino Melone, seguito poi da Ettore Orlandini. Poi, piano piano, le cose sono cambiate perché quella generazione è andata in pensione. L'AIF aveva una rivista che si chiamava “*Bollettino dell'AIF*”, una cosettina abbastanza alla buona; poi è diventata una rivista rispettabile — “*La Fisica nella Scuola*” — ed era ed è, di fatto, l'unica rivista didattica della fisica che esista in Italia. Dico questo ben sapendo che c'era il “*Giornale di Fisica*” della SIF — Società Italiana di Fisica. Allora il *Giornale di Fisica* non poteva essere considerata una rivista didattica. Adesso le cose potrebbero esser cambiate, essendo cambiata la direzione; staremo a vedere. Qui non posso fare a meno di esprimere il mio giudizio tutt'altro che favorevole sull'impegno della SIF in ambito didattico. Non è il caso di dilungarsi, ma basta il confronto con l'Unione Matematica Italiana, col rispetto e la considerazione che l'UMI ha sempre mostrato per i matematici che si dedicano a questa attività. “*La Fisica nella Scuola*” non sta certamente al livello di alcune riviste di didattica della fisica che ci sono in giro per il mondo, soprattutto americane ed inglesi; hanno un'altra tradizione; la rivista dell'AIF è però dignitosa.

Quali sono le riviste che lei considera particolarmente valide fra quelle internazionali?

L'“*American Journal of Physics*” anche se, forse, è una rivista didattica per modo di dire, essendo un po' più a carattere universitario. Poi “*Physics Teacher*”, “*The Journal of Physics Education*”, il “*Bullettin de l'Union des Physiciens*”; ce ne sono di tedesche, che però ho più difficoltà a leggere. Incidentalmente, non è che sia di grande importanza, ma il nome della rivista “*La Fisica nella Scuola*” l'ho dato io. Ho fatto parte del Consiglio Direttivo dell'AIF per varie volte; poi ne sono uscito perché ritengo che una associazione di quel genere è meglio sia governata da gente non universitaria, preferibilmente da insegnanti secondari. Qui ci sarebbe un altro discorso da fare: quello dei rapporti tra insegnanti secondari e universitari, che non sono mai stati buoni. Io mi sono sempre considerato una quasi eccezione; credo di essere un universitario che capisce e conosce i problemi della scuola secondaria molto di più di molti colleghi universitari. Tuttavia sono un professore e questo può pesare; alla fine sei sempre quello che fa le lezioni, che spiega le cose agli altri; anche se uno non lo vuole far pesare, finisce sempre per venire fuori il: “Ma io ne so

di più”.

Sono però convinto che si debba riconoscere all'insegnante secondario una sua specificità. Io stesso l'ho detto più volte; non penso che sarei stato bravo a fare l'insegnante secondario, mi mancano certe capacità, certe attitudini, certe qualità. Magari, se l'avessi cominciato a fare quando ero giovane, forse le avrei acquisite. Naturalmente per quello che riguarda la padronanza e la conoscenza della fisica è un altro discorso. Ma l'atteggiamento che è diffuso, non solo a Pisa, ma in tutta Italia, è condensabile in: “Io sono un professore universitario, quindi ne so di più, quindi se solo avessi voglia di fare quel mestiere lì, lo farei meglio di tutti quelli che lo fanno, etc.”. E l'insegnante secondario queste cose le sente, anche attraverso i rapporti che si trova ad avere coi professori universitari come genitori; si crea così un muro di diffidenza che è difficile rimuovere.

Ho fatto numerosi corsi di aggiornamento e lavorato a scuole estive di vario tipo. C'è sempre da domandarsi quale effetto abbiano, quanto pesino, quanto significhino. Alle scuole, ad esempio a quella dell'Aquila, dove ho insegnato per tre anni, vengono per una settimana di attività intensa una quarantina di insegnanti; non si tratta del solito corso di aggiornamento, dove il professore universitario arriva, fa la sua lezione e poi scappa via; lì si lavora tutto il giorno, si mangia insieme, si chiacchera durante il tempo libero; inoltre, dopo la scuola, si continua ad interagire. Io ormai conosco tanti insegnanti; si possono sicuramente contare a parecchie centinaia le persone con cui ho avuto contatti; tuttavia gli insegnanti di fisica sono sicuramente delle migliaia; hanno partecipato alle scuole solo quelli più motivati, più interessati, più attivi. Non si ha modo di interagire con tutti gli altri. Il problema della formazione e della riqualificazione degli insegnanti esce sempre fuori. In realtà nessuno sa veramente come affrontarlo. Qualche anno fa, all'epoca del piano nazionale per l'informatica, si volevano fare dei corsi per formare dei “formatori”; poi questi, nelle loro provincie, avrebbero dovuto formare altre persone e così via. Ma le cose non funzionano così; nella trasmissione le cose si perdono! L'idea è spuntata fuori di nuovo in tempi recenti col nome di ISS — Insegnare Scienze Sperimentali — ; ancora un progetto basato su formatori, presidi, etc. Io non ho mai partecipato a queste iniziative, perché non ci credo. Naturalmente il problema non è solo italiano. Da noi si fanno discorsi del tipo: “Dobbiamo metterci alla pari con l'Europa...” come se ci fossero dei modelli di riferimento. Comunque nessuno fa lo sforzo di andare a vedere sul serio! Come funzionino le scuole in altri paesi, cosa insegnino, quante ore abbiano, che lavoro facciano gli insegnanti, insomma tutti questi aspetti, in concreto, non li conosce praticamente nessuno. Ricordo che ci fu un lavoro fatto in una delle innumerevoli strutture che si inventano, il COASSI — Comitato delle Associazioni Scientifiche Italiane; furono pubblicati dei quaderni sull'insegnamento delle scienze in Francia, Germania ed Inghilterra, con informazioni dettagliate sugli orari, sulla distribuzione delle materie, sulle procedure per la formazione degli insegnanti, sui programmi. Tutto ciò fu fatto circa 20 anni fa, poi più niente! E le cose sono certamente cambiate da allora!

Lei ha sempre molto riflettuto su questa materia ed ha pubblicato articoli e lavori.

Riprendo il discorso sul rapporto fra la didattica e l'attività di ricerca. Ho sempre

tenuto un atteggiamento un po' diverso da quello più corrente nell'ambiente. Esistono un po' di persone, sparse per l'Italia, che pur stando nell'ambito universitario, si sono dedicate a tempo pieno a quella che si chiama ricerca didattica; ad esempio, quando esisteva l'indirizzo didattico, prendevano quei corsi di insegnamento, scrivevano lavori sull'argomento, seguivano tesi sul tema. Io ho sempre cercato di tenere il piede in due staffe, facendo anche ricerca nel campo della fisica teorica, della teoria dei campi ed infine in astronomia. In parallelo ho lavorato con gli insegnanti secondari ed ho svolto corsi di aggiornamento. Il mio stesso carattere mi ha portato ad occuparmi di tante cose. Ritengo inoltre che occuparsi solo di ricerca didattica possa essere pericoloso, si rischia di restare indietro, di perdere il contatto con l'avanzamento della fisica, uno può rinchiudersi ed isterilirsi. In parte per questo — ma non solo; il discorso sarebbe lungo — nell'ambiente universitario, chi si occupa esclusivamente di ricerca didattica tende ad essere considerato un fisico di serie B; il retropensiero è: “Si occupa di quello perché non è capace di fare niente di meglio”. Io ci ho sempre tenuto a non essere incasellato in questo modo. Il rovescio della medaglia è che occuparsi insieme di due cose, anche eterogenee, riduce la produttività, in un campo o nell'altro. Alla ricerca didattica o comunque all'impegno verso la didattica non universitaria mi ci sono dedicato progressivamente, in modo crescente nel tempo. Anche impegni limitati nel tempo, come lezioni o corsi, richiedono a monte un lungo periodo di preparazione, mesi ed anni. Un esempio tipico è questo “*Quaderno di Relatività*” che le mostro. Questo progetto ha un approccio non tradizionale, segue la linea di Wheeler ed unifica Relatività ristretta e generale. Per parecchio tempo ho avuto difficoltà a farlo accettare; ora sembra che il vento sia cambiato. Il materiale è stato preparato per una scuola estiva nel 2000, ma dietro c'era lavoro accumulato in un periodo di circa venti anni sulla didattica della Relatività. Un'altra attività didattica di un certo respiro, che mi ha impegnato attorno a trenta anni fa, è stato il “*Progetto Cascina*” — dal nome della cittadina toscana. Durante il periodo delle sperimentazioni fu creata a Cascina una scuola sperimentale superiore, molto libera nel definire il suo programma di corsi e materie. Io mi occupai della parte riguardante la fisica. Vittorio Checcucci, pisano, da tempo scomparso, si occupava della matematica. Per la fisica sviluppai un'attiva collaborazione con Riccardo Bagnolesi, anche lui prematuramente scomparso, che insegnava appunto fisica nella scuola di Cascina. Aveva allora 30 anni; insieme facemmo un progetto completamente originale di insegnamento della fisica nel biennio. Due temi portanti furono l'astronomia e l'ottica. Alcune idee di quel progetto sono rientrate in un'altra delle scuole estive dedicata all'ottica ed intitolata “*Ottica nel Mondo Reale*”. Questo è stato un caso di una ricerca didattica che mi ha dato soddisfazione. La collaborazione con Bagnolesi è stata molto vicina a quello che considero l'ideale: io costruivo la linea generale del progetto e scrivevo il testo da proporre ai ragazzi; lui lo discuteva, chiedeva modifiche per renderlo più accessibile; molte volte ideò esperimenti adatti allo scopo ed all'età dei ragazzi. Insieme ridiscutevamo, realizzando la giusta fusione tra le idee portanti e la traduzione in materiale utilizzabile. So che può sembrare banale che questo debba essere lo stile di lavoro, ma la mia lunga esperienza mi dice che invece accade molto raramente. Da un lato il ricercatore universitario tende, come ho già detto, a ritenersi superiore; dall'altro l'insegnante è poco abituato a mettersi in

discussione, ad accettare idee esterne e verifiche del suo lavoro. Il progetto era indirizzato al primo anno di scuola superiore, cioè su ragazzini che uscivano dalla scuola media. Tra gli scopi del progetto c'era il far vedere in che modo la matematica funzioni come strumento concettuale per la fisica; dare una prima idea, nel caso dell'ottica geometrica, di cosa sia una teoria fisica e quale sia il suo rapporto con gli esperimenti. Sul Progetto Cascina non è stato pubblicato niente; però in anni più recenti è stato ripreso con successo al liceo Vallisneri di Lucca. In direzione delle classi superiori, a parte il lavoro di relatività cui ho accennato, mi sono occupato di un'introduzione alla fisica quantistica, ma con risultati meno soddisfacenti. A livello dei ragazzi, la relatività attira di più, forse perché si parla di cose che sembrano più vicine al senso comune, come velocità, propagazione della luce, gravità, tempo; oppure grandiose ed affascinanti: universo, galassie, espansione. Di conseguenza anche gli insegnanti sono più ricettivi perché sono interessati a rispondere agli interessi dei ragazzi. Invece i fenomeni quantistici riguardano un mondo molto lontano dall'esperienza, quindi bisogna avere già una capacità di vedere e pensare a cose che non si toccano. D'altra parte la fisica quantistica sta alla base del mondo d'oggi. È fin troppo facile dire: "Ragazzi, dovete pensare che moltissimi oggetti di uso comune, dai laser ai computer e ai telefonini, senza la fisica quantistica non funzionerebbero; i telefonini non esisterebbero! Se volete avere una minima idea di cosa c'è — non dico di come siano fatti dentro — ma quali siano le basi sulla quali si è andata costruendo questa tecnologia, per la fisica quantistica dovete passare".

Dal punto di vista didattico c'è una differenza: la Relatività è più autosufficiente; è più facile fare un discorso sulla Relatività perché ha meno prerequisiti. Se uno esamina i primi quattro o cinque capitoli del mio libretto, sembra che si stia parlando di meccanica classica, tanto che chi legge potrebbe chiedersi: "Ma la relatività quando comincia?". In realtà si è già cominciato a parlare di relatività quando si è parlato di sistemi di riferimento, del principio di relatività galileiana, della misura del tempo e di che cosa sia un buon orologio. Nei soliti libri di testo, la relatività viene trattata a parte, magari come ultimo capitolo. Secondo me invece la relatività va preparata fin dai primi capitoli della meccanica, sia spendendo tempo sui sistemi di riferimento, sia discutendo la misura del tempo e gli orologi. Questi sono argomenti del tutto trascurati nell'insegnamento secondario. Ma come si fa a parlare di orologi in campo gravitazionale, oppure del moto relativo, se non si è spiegato come facciamo a decidere se un orologio funziona bene o male o perché alcuni orologi siano più affidabili di altri? E inoltre: come sono fatti gli orologi di precisione? Cos'è un orologio atomico? Riassumendo: la relatività è più autosufficiente, ma richiede, a monte, una lunga preparazione. Invece la fisica quantistica è molto più intrecciata con l'ottica, con la chimica, con la meccanica statistica. Purtroppo l'insegnamento tradizionale della fisica quantistica si concentra su aspetti quali il dualismo onda/corpuscolo o il principio di indeterminazione. Ci si concentra su aspetti più filosofici che propriamente fisici, lasciando poco spazio agli esperimenti ed a tutti gli aspetti che chiamerei "positivi". Questa è una polemica che io faccio continuamente: "Presentate la Fisica quantistica come se fosse un mondo dove non si sa di che cosa si parli — non si può sapere questo, non si può misurare quello, non si sa se è un'onda o una particella... —

Ma insomma! Noi fisici che lavoriamo dentro la fisica quantistica ormai da quasi un secolo, di che cosa ci occupiamo secondo voi? Di fantasticherie? Di cose che non si sa che cosa siano? Di esperimenti che sono indeterminati, quindi non si può mai sapere? Ma allora!?”.

Viene fuori una'immagine del tutto fuorviante!

Io sono solito fare un'obiezione ovvia: abbiamo tantissimi oggetti e strumenti costruiti in base alla fisica quantistica, che funzionano esattamente come previsto da chi li ha progettati. Come si potrebbe spiegare questo se davvero il mondo fosse indeterministico nel senso banale in cui se ne parla in tanta divulgazione e, purtroppo anche, in tanti testi scolastici? Se non si può essere sicuri di niente, come mai poi le cose funzionano? Sarebbe auspicabile che chi si mette a parlare di queste cose riflettesse un po' più seriamente sull'argomento! Proprio per questi motivi, nel mio lavoro sulla didattica della fisica quantistica ho deciso di capovolgere completamente il discorso, partendo dai fatti. So bene che già su questa paroletta “fatti” si possono fare lunghi discorsi epistemologici, che i fatti sono “carichi di teoria”, etc. etc. Ma qui siamo ad un livello molto più elementare. Il punto è che, prima di mettersi a parlare degli aspetti sofisticati della Meccanica Quantistica, bisogna avere delle nozioni fattuali di base, per restare coi piedi per terra. Quanto sono grandi gli atomi? Quanti ce ne sono in un litro d'aria? E poi consideriamo un fatto di esperienza comune: l'aria è trasparente alla luce, come mai? Lo si può spiegare considerando i livelli energetici degli atomi in confronto con l'energia dei fotoni nel visibile. Non occorre aver dietro una teoria completa, questa verrà in seguito. Ma se accettiamo la quantizzazione dei livelli e la regola di Bohr, che lega la variazione di energia nella transizione alla frequenza della luce emessa o assorbita, ecco che si spiegano numerosi fatti, di cui la trasparenza dell'aria è solo un esempio. Se poi prendiamo la stessa aria e la mettiamo in un tubo a scarica, ecco che emette luce; come mai? Ragionando su queste cose, ci si familiarizza con gli ordini di grandezza: lunghezza d'onda della luce visibile ed energia dei fotoni; si prende confidenza con l'eV come unità di misura dell'energia.

Un altro grande tema, troppo trascurato nell'approccio alla fisica quantistica nella scuola secondaria, sono gli aspetti statistici. Riprendiamo la trasparenza dell'aria: gli atomi di azoto e ossigeno hanno livelli eccitati le cui differenze di energia stanno nel visibile; dato che l'agitazione termica porta ogni tanto qualche atomo in un livello eccitato, ecco che questo potrà assorbire nel visibile. Ma il problema è quantitativo: quanti sono gli atomi eccitati a temperatura ambiente? Si prende la distribuzione di Boltzmann, si fa il conto e si trova che una frazione inconcepibilmente piccola degli atomi è in uno stato eccitato; ecco perché l'aria è trasparente, mentre nelle atmosfere stellari le cose vanno in tutt'altro modo. E questo era solo un esempio. Ma se gli aspetti statistici non vengono tenuti in conto, della fisica quantistica non si capisce niente. Non a caso, molti lavori di Einstein, Relatività a parte, hanno un fondamento statistico.

Nel mio progetto c'era poi un terzo tema, intitolato “ampiezza”, che intendeva affrontare la meccanica quantistica vera e propria seguendo la linea di Feynman, come è descritta nel libretto “QED” che riporta quattro conferenze divulgative. La parte iniziale: interferenza, aspetti corpuscolari e ondulatori... sono riuscito a svilupparla senza problemi;

ma poi mi sono imbattuto in una seria difficoltà per ricavare da qui gli stati stazionari e quindi i livelli energetici degli atomi. Così il progetto è rimasto incompleto in questa parte. Debbo dire che a questo ha anche contribuito la scarsa ricettività degli insegnanti, probabilmente motivata da quello che dicevo sopra: una corretta introduzione della fisica quantistica nella scuola secondaria ha dei prerequisiti molto più pesanti della relatività, e un insegnante, anche di buona volontà, forse non si sente all'altezza. . .

Conclusione: tutto questo lavoro è stato oggetto di una scuola estiva, nel 1999, e di due tesi di laurea; è disponibile in internet, ma non è mai stato pubblicato.

Ho riassunto abbastanza i grossi filoni di ricerca a cui mi sono dedicato. Passiamo ad un altro discorso. Come ho già detto, intorno agli anni '70, c'era un certo numero di persone nelle Università che si occupavano di ricerca didattica. Ci sono stati tentativi di organizzarle e di metterle insieme; per un certo periodo è esistito un gruppo nazionale del CNR — quando il CNR era articolato in gruppi — , che si chiamava: “*Gruppo Nazionale di Didattica della Fisica*”, il GNDF. A Roma ne facevano parte Giulio Cortini, Matilde Vicentini e Franco Dupré. Il gruppo nazionale significava un finanziamento comune da dividere tra le diverse unità; sia per questo, sia per discutere sull'attività da svolgere, si facevano riunioni ed un congresso annuale. Un esempio interessante del lavoro che si faceva è il progetto, detto dei “*contenuti minimi*” diretto da Cortini e mirato a fornire al Ministero della Pubblica Istruzione una base per i programmi, cioè: gli argomenti e le conoscenze minime in materia di fisica.

Fu una iniziativa utile perchè provocò discussioni, scambi di idee ed anche dissensi. Ma in realtà invece dei contenuti minimi si arrivò a dei contenuti massimi, perchè, cosa tipica italiana, ognuno rimane affezionato alle cose sue, quindi: “Mettiamoci questo, mettiamoci quello. . . ”.

Questo era il primo germe di una difficoltà che si sarebbe vista anche in seguito e che alla fine mi spinse ad abbandonare il gruppo: la scarsa capacità di mettersi insieme, dovendo rinunciare a certi punti di vista o scelte che ciascuno poteva ritenere importanti; interessarsi a quello che facevano gli altri, per contribuire magari in modo critico. Per esempio, a quel tempo io avevo iniziato il lavoro sia sulla relatività che sulla fisica quantistica, e, nelle riunioni, facevo, come gli altri, la mia esposizione dei risultati e delle difficoltà; ma non ricordo di aver mai sentito qualche contributo, anche critico: “Questo non mi convince per la tale e tale ragione”. Posso citare un caso ancora più chiaro. Sull'insegnamento della fisica quantistica lavoravano diversi gruppi, a Milano, a Torino; forse anche altri. Al convegno annuale del 1991, che si tenne a Pisa, nella mia relazione introduttiva posi delle domande: “Si deve insegnare la fisica quantistica nella scuola secondaria?”, “Si può insegnare la fisica quantistica?”, “Come va insegnata?”. Naturalmente esposi le mie risposte. Ma la discussione che ne seguì fu per me deludente: solo interventi generici, ma nessun vero interesse ai problemi che avevo sollevato. Insomma, l'atteggiamento prevalente era: ognuno fa quello che gli sembra utile e interessante fare, ma perchè andare a mettere il naso nel lavoro degli altri? Inutile spendere parole per spiegare quanto sia dannoso un simile atteggiamento proprio per il progresso della ricerca!

Per il mio lavoro, io avevo il controllo degli insegnanti con cui mi capitava di collabo-

rare, e la risposta, più o meno positiva, dei ragazzi; ma dai colleghi non mi è mai riuscito di ottenere alcuna risposta, positiva o negativa che fosse.

Credo di aver dato un quadro complessivo della ricerca didattica che ho fatto. Ci ho speso tempo ed energie, ma anche qui, nell'ambiente pisano, le reazioni non sono mai state molto incoraggianti. Questo è successo un po' dappertutto. Ora c'è stato un risveglio di interesse per la didattica e per il rapporto con la scuola secondaria, e tutti fanno esperimenti, laboratori, visite guidate per studenti. Perché? Per il calo degli studenti! È l'unica ragione. Associata a tutto ciò c'è molta improvvisazione. In questo ambiente io mi sono sempre sentito estremamente isolato; ho avuto alcuni collaboratori, ed erano persone con cui avevo avuto rapporti a lungo perché spesso si erano laureate con me. Ma da parte della quasi totalità dei colleghi il mio lavoro è stato ignorato; credo che pochissimi sappiano quello che ho fatto. Ma il problema è più generale. Ho già ricordato che esiste una grande differenza di atteggiamento tra matematici e fisici. I matematici hanno sempre sostenuto l'impegno di persone come Giovanni Prodi e Vinicio Villani nella didattica della matematica. Invece l'appoggio della generalità dei fisici alla didattica della fisica è sempre mancato. Ciò ha danneggiato la disciplina e la sua presenza nella scuola. Per fare un esempio, mi ricordo che Vinicio Villani, Presidente dell'Unione Matematica Italiana, in un discorso ad una tavola rotonda, calcolò che un'ora di insegnamento di matematica in meno significava 4000 insegnanti in meno, quindi 4000 laureati in matematica in meno! È un aspetto estremamente concreto e, se vogliamo, corporativo; ma battersi per un'ora di insegnamento di fisica in più significa dare lavoro a 4000 persone che sono state formate e preparate da noi, che andranno a diffondere delle conoscenze ed una cultura. Tra i fisici non sono invece rare posizioni di tipo aristocratico: "La fisica al liceo è insegnata talmente male che, se venisse soppressa, sarebbe meglio; tanto all'Università siamo costretti a ricominciare da capo"; dimenticando, fra l'altro, la grandissima maggioranza dei cittadini che della fisica, dopo la scuola secondaria, non sentono più parlare.

Beh, ho parlato veramente a lungo. Chiudiamo qui.

Lorenzo Foà¹⁵

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 π^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 η , 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 π e K nella regione "space-like" e del π 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 μ ; 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". 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.

¹⁵Registrazione del 10 e 11 Marzo 2009.

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. E 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 micragnosa! 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 π , K , mesoni e così via e si vuole metter su un gruppo a Pisa per studiare una di queste particelle, il π^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 π^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 π^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 π^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 π^0 , il quale istantaneamente ridecadeva in due fotoni, perché il π^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 π^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 π^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'estero 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' η , con precisamente gli stessi numeri quantici del π^0 .

Infatti l' η 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' η 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 π^0 . Si poteva quindi ripetere lo stesso esperimento per l' η — l' η ha una massa di 550 MeV, mentre il π^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 pubbli-

cato i risultati per l' η ripetendo però anche una misura per il π° . 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' η 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, che di solito non è particolarmente eccitante. A quei tempi eravamo ancora piccini... e ci si era iscritti per andare a presentare il nostro risultato: la vita media dell' η tramite l'effetto Primakoff. Toccava a me di andare e, come spesso succede, ero l'ultimo della giornata. Inoltre l'organizzazione dei congressi SIF lasciava spesso a desiderare. Ci è mai stata?

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

Di solito l'organizzazione perdeva i pezzi, i tempi si dilatavano; se c'era qualcuno che parlava troppo, nessuno lo fermava e così via! 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 rivelatori 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 rivelatori, 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 π 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 protosincrotoni! 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: "Foà 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 σ_{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 σ_{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/Ψ .

Dopo che a SLAC hanno visto la J/Ψ , 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/Ψ 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/Ψ 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 σ_{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 cominciò 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/Ψ ! La J/Ψ 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/Ψ , 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 π^0 o l' η — 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 contatori 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 alcune 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 è 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 qui in poi, c'è stata una valanga di queste cose qui.

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/Ψ 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, π, 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 rilevatori 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! Veramente 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 π^0 , l’ η 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, viaggetti 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 prese la responsabilità di fare le camere esterne per misurare i μ ; 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 μ si ricostruivano benissimo; solo dei μ 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 μ , 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 5σ 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, con 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: me! 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, dovetti 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 ed 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 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 raccattare 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!

Adalberto Giazotto¹⁶

Adalberto Giazotto nasce a Genova l'1 Febbraio del 1940. Durante il periodo bellico vive a Cogne in Val d'Aosta, poi si trasferisce a Milano ed infine a Roma. Ha precocemente mostrato interesse per "il costruire", in particolare cose riguardanti le comunicazioni, i trasmettitori, le radio. Svolge i primi studi a Milano e Roma e si iscrive a Fisica nell'Università di Roma, laureandosi nel 1964 con una tesi teorica seguita da Rosario Liotta. Benché il suo primo impegno lavorativo sia nel campo della fisica sperimentale, mostra sempre grande interesse per i problemi teorici, raggiungendo in questi un livello di approfondimento non comune per un giovane sperimentale. Collabora nel gruppo di Edoardo Amaldi e Gherardo Stoppini ad esperimenti di elettroproduzione ed allo studio dei fattori di forma dei mesoni. In conseguenza dei ben noti problemi sorti a Frascati negli anni '68 e seguenti, parte del gruppo si trasferisce in Inghilterra con le apparecchiature ed inizia una collaborazione con gli inglesi del laboratorio di Daresbury, eseguendo uno dei migliori esperimenti di elettroproduzione effettuati in quegli anni. Sono stati in particolare misurati il fattore di forma assiale del nucleone ed il fattore di forma del mesone π^+ . Al termine di queste misure il gruppo partecipa agli esperimenti di Pisa NA1 e NA7 al CERN. Vengono misurati i fattori di forma nella regione space-like dei mesoni K e π e le vite medie di alcune particelle "charmate". Nel periodo dal 1981 al 1984 Adalberto Giazotto ha dei gravi problemi di salute che ne limitano l'attività; nello stesso tempo si risvegliano i suoi precedenti interessi riguardanti la Relatività Generale e lentamente matura l'intenzione di effettuare esperimenti per la rivelazione delle onde gravitazionali in modo complementare a quello delle antenne a barra allora esistenti. L'interesse è quello di sviluppare una grande sensibilità su un largo spettro, visto che le sorgenti attese emettono preferibilmente a frequenze più basse di quelle esplorabili con i rivelatori a barra. Viene formato il nucleo di quello che sarà poi il gruppo VIRGO, iniziando gli studi per la riduzione attiva del rumore sismico. Vengono inventati e perfezionati i cosiddetti "superattenuatori", adottati successivamente anche in altri esperimenti. Viene lanciato il progetto italo-francese per la realizzazione del grande interferometro VIRGO, progetto approvato nel 1993. È una delle più ambiziose, raffinate e promettenti imprese lanciate dall'INFN e realizzata con il contributo di un eccezionale gruppo di fisici e tecnici principalmente in ambito pisano. L'esperimento è ora in fase di presa dati e fa parte di un "network" fra diversi esperimenti, per una rivelazione coerente delle onde gravitazionali.

Iniziamo da alcune informazioni di base: nato a Pisa?

No a Genova.

Da famiglia genovese, o era un caso che i genitori si trovassero a Genova?

Era abbastanza un caso. Io sono nato in mezzo alla guerra per cui ho la percezione di alcune cose di tipo visivo, tipo il bombardamento di Genova; però non mi ricordo molto altro. Essendo nato il primo febbraio del '40 ero proprio sotto la guerra; come dicevo, non ricordo molto, so solo che mio padre e mia madre abitavano a Genova. Mio padre

¹⁶Registrazione effettuata a Pisa, 18 Dicembre 2006.

faceva il giornalista, credo che lavorasse al Secolo XIX. Era musicologo ed è lui quello che ha composto — sicuramente lo conosce — l'adagio per archi ed organo che va sotto il nome di Albinoni. Remo Giazotto ha scritto un gran numero di libri di ricerca su autori sconosciuti, tra cui Tommaso Albinoni; aveva trovato questo basso continuo di Albinoni sul quale ha composto tutta la melodia: l'adagio Giazotto-Albinoni quindi; ne prendo ancora i diritti d'autore! Ricordo molto bene il bombardamento di Genova e l'andare nei rifugi; i miei genitori mi hanno poi detto che questi rifugi erano i sotterranei della Banca Nazionale del Lavoro. Dopo non ricordo più niente; scappammo da Genova e con i miei genitori andammo a Cogne in Val d'Aosta.

Come mai andaste lì? Avevate dei parenti?

Noi abbiamo una casa lì. Dopo il trasferimento nella nostra casa di Cogne, i partigiani la occuparono e questo ci costrinse ad andarcene. I miei genitori erano molto amici di Angelo Costa, il papà di tutte le crociere Costa; la famiglia Costa, genovese, grandi armatori, aveva una casa a Cogne ed Angelo Costa ci chiese se potevamo andare a abitare a casa loro per evitare ruberie. Naturalmente dopo pochi giorni che eravamo lì ci sono arrivati i nazisti in casa; avevamo quindi fatto una scelta sbagliata! Nessuno di noi è morto in quell'occasione, però ricordo ancora scene molto drammatiche.

Che tipo di problemi sono nati all'arrivo dei nazisti?

Beh, nacquero immediatamente! C'erano i nazisti perché Cogne era un covo di partigiani; ho dei ricordi "flash"; avevo 4 anni, ricordo case incendiate con i lanciafiamme; erano soldati austriaci, non tedeschi. Uno di questi mi voleva bene, mi dava caramelle perché aveva un figlio più o meno della mia età — questo me lo ha raccontato la mamma successivamente. Invece mi ricordo di uno che trattava malissimo, con la pistola in pugno, mia sorella e mia madre. Ricordo molto bene le partenze dei camion con i partigiani che andavano a minare i ponti. Eravamo amici di certi Elter ed uno dei loro figli, Giorgio, era partigiano e morì fucilato dai tedeschi perché aveva fatto saltare un ponte. A Cogne credo che esista un villaggio Elter, a ricordo di questo ragazzo. Finita la guerra, le ragazze dell'albergo, che stava davanti alla casa che abitavamo, furono tutte rapate; evidentemente avevano, in qualche modo, collaborato con i tedeschi.

Tutta questa vita irregolare è andata avanti fino a quando esattamente?

Fino a quando, finita la guerra, sono andato a stare in un posto vicino a Milano, di proprietà dei Melzi d'Eril; era una tenuta chiamata Monticelli, dove ho affinato il mio gusto per costruire le cose... Era piena campagna, c'erano i trattori, le galline, le oche; molto grande come posto. Con mio cugino, figlio della sorella di mia madre, vivemmo avventure divertentissime, come fanno tutti i bambini che si trovano in queste situazioni. Rimanemmo lì fino al '46; poi andammo a Milano — ricordo pochissimo di quel periodo — ed infine a Roma nel '50, l'anno del giubileo. Avevo iniziato le scuole elementari a Monticelli, vicino a Montebello della Battaglia. Ho continuato le scuole a Milano e Roma

fino a frequentare il liceo scientifico dei Fratelli delle Scuole Cristiane.

Come mai la scelta del liceo scientifico?

Ho sempre avuto la passione per il “costruire”; avevo un grande amore per tutto ciò che era radio, trasmissione, possibilità di comunicare; costruivo trasmettitori e radio, questo fino verso ai 18 anni. Mi sono divertito moltissimo facendo queste cose, anzi ci guadagnano anche, perché in parte le vendevo. A 19 anni, mi sembra, mi sono iscritto a fisica e ho abbandonato le costruzioni.

È stata un po' una scelta naturale, ma fino a un certo punto; in quegli anni Fisica era una Facoltà che veniva vista come molto legata ad una carriera d'insegnamento.

C'erano due persone con cui avevo parlato a lungo: Paolo Camiz e Marco Cassandro. Ci incontravamo perché tutti andavamo in vacanza a Cogne. Devo dire che mi hanno molto influenzato; erano un po' più vecchi di me e ricordo che facevo sempre domande. . . Gli rompevo molto le scatole domandando: “Ma com'è, come non è. . .?”. Però chiaramente la mia testa era lì: l'idea di costruire cose strane. . . Questo era il concetto. Camiz e Cassandro hanno avuto una notevole influenza sulla mia scelta.

A quell'epoca ha cominciato a fare delle letture?

Non molto, perché ho cominciato a costruire le radio intorno ai 9 anni; avevo tutti libri che parlavano di radio e valvole. Ho studiato, ho imparato come funzionavano gli schemi; quello era un po' il tipo di cose che mi piaceva: elettrotecnica, radiotecnica, ricevitori, trasmettitori. Ho odiato la scuola; odiavo veramente la scuola in tutte le sue manifestazioni. La maturità l'ho fatta bene; ho avuto per caso una medaglia d'oro; ero stato bocciato un anno e poi ho fatto due anni in uno; questo per dire quanto amassi la scuola! Però, alla fine, volevo finire ed ho recuperato quell'anno e vinto la medaglia.

Quindi l'iscrizione a Fisica è avvenuta con una certa consapevolezza. Come è stata presa dai genitori?

Sì, sì. Molto bene, mio padre e mia madre erano persone estremamente aperte!

Che tipo di stimoli pensa di avere avuto da loro?

Molti a livello umano ed intellettuale. Per mio padre la musica era la cosa più importante: musica, musica, musica! Il canale della musica è divenuto estremamente importante anche per me; in particolare la musica pianistica — mio padre suonava molto bene il pianoforte — in questo sono stato sicuramente influenzato da papà. Però nessuno di loro era lontanamente in contatto con il mondo della fisica; la scelta di fisica è stata proprio una mia decisione, credo molto dettata dallo studiare il funzionamento di quelle cose complicate che, a quei tempi, erano le radio. È emerso il mio primo amore per la costruzione delle cose un po' strane.

In che anno è approdato all'Università di Roma?

Nel '59. Mi sono laureato nel '64.

Chi teneva i corsi di Fisica Generale?

Edoardo Amaldi. Il terrore nostro era il corso di “Fisichetta” di Francesco Bella e poi quello di Chimica di Vincenzo Caglioti; Chimica l’ho lasciata come ultimo esame. Invece corsi che ho seguito con grande facilità erano le Analisi I e II con Gaetano Fichera. Non ho mai sofferto più di tanto a fare gli esami, a studiare; mi ricordo di aver studiato con una persona molto molto brava; specialmente per Analisi I mi ha aiutato lui, Claudio Procesi, che sembrava avere la scienza infusa! Era un fisico del mio corso che poi è passato a Matematica; era veramente bravissimo. Vedevo spesso Sergio Doplicher con il quale ho cominciato a interessarmi anche ai problemi della fisica teorica. Ho cominciato a leggere libri un po’ complicati tipo quello di Nishijima, libri che trattavano la teoria dei campi a livello assiomatico. Discutendo con Doplicher, io, fisico sperimentale, gli facevo domande per conoscere un po’ meglio i metodi che usavano i teorici per trattare questi problemi complessi. Ricordo Giovanni Gallavotti, anche lui molto bravo e Massimo Cerdonio.

Chi teneva i corsi di Fisica Teorica e Fisica Superiore?

Ho seguito il corso di Fisica Teorica di Enrico Persico ed un altro corso svolto da Rosario Liotta. Io ho fatto la tesi con Liotta e mal me ne incolse! Rosario Liotta aveva inventato una teoria dei campi basata sui funzionali di stato; era una cosa estremamente complessa ed evidentemente non proprio fruttifera... Ho svolto una tesi su questo ed ho anche cominciato ad entrare un po’ nel meccanismo di SU3; le masse, la catalogazione delle particelle; era il momento di Murray Gell-Mann. Ho studiato i libri di Heitler e di London sulla elettrodinamica quantistica. Con quella sconsigliata tesi di laurea ebbi un voto basso, tuttavia sopra al cento, avendo una media piuttosto alta. Quella tesi fu un disastro; mi era stata consigliata da Ezio Ferrari, allora un giovane teorico. Mi consigliò questa tesi con Rosario Liotta: “In questo momento è la cosa più avanzata che abbiamo in Istituto”.

Come mai una tesi in fisica teorica?

Mi interessava molto ed inoltre volevo capire in profondità le cose. Ero affascinato dai problemi complessi; erano anche gli anni in cui si cominciava a capire qualcosa della fisica delle particelle... Molto su di giri, andai a parlare con Rosario Liotta: “Vorrei fare la tesi con lei...”. Ne fu molto contento; poi ho anche fatto un esame con lui con ottimo risultato. Però questa sua teoria dei funzionali era una cosa arrampicata sugli specchi; mi è servita ad ampliare le mie conoscenze ed a maneggiare problemi teorici connessi con altri campi senza troppo soffrire. Non sono un teorico, sono uno sperimentale che si è fatto una cultura teorica, tale da poter trattare problemi senza dover sempre andare a chiedere lumi a qualcun altro. Ero inoltre affascinato dalla meccanica quantistica, della sua totale assurdità che però funziona! Quindi ripeto: la tesi è stata un disastro, però è servita veramente ad aprirmi al mondo della fisica teorica.

Dopo la tesi ha cominciato a lavorare presso i Laboratori di Frascati. Come è avvenuto?

Dopo laureato non avevo un lavoro. Andai a parlare con Amaldi che in quel momento si occupava di elettroproduzione; non aveva però un posto disponibile. Contattai Bruno Brunelli chiedendogli quale fosse la situazione a Frascati; mi suggerì di fare un concorso. Feci il concorso e vinsi per il laboratorio dei “Gas Ionizzati”. Riandai quindi da Amaldi per comunicargli la vincita del concorso; mi accettò nel suo gruppo affidandomi a Gherardo Stoppini che collaborava con lui nell’esperimento di elettroproduzione.

Qual’era l’interesse per questo tipo di fisica a metà degli anni ’60?

L’interesse principale era lo studio del fattore di forma del mesone π^+ ; a quel tempo, non si sapeva nulla sulle dimensioni e la forma dei mesoni; lo studio dei fattori di forma è stata la prima indagine volta a capire come fossero fatti questi oggetti.

C’era già stato il lavoro pionieristico di Hofstaedter negli anni ’50 che aveva aperto la strada. . .

Sì, sì, però le caratteristiche dei mesoni erano ancora sconosciute. Noi scegliemmo l’elettroproduzione perché l’approccio alternativo, quello dello studio della diffusione elastica pione-elettrone nella regione “space-like”, utilizzando un fascio di π^+ , sarebbe stato molto più difficile. Devo dire che lo studio dei fattori di forma è servito solo per un limitato numero di anni, fino all’introduzione dei quarks e dei gluoni, suggerita dai dati sperimentali provenienti da SLAC; si è capito che la struttura è determinata da questi oggetti.

Per quanto tempo ha lavorato in gruppo con Amaldi e Stoppini?

Fino al ’68. . . Tutti sanno cosa è successo: la contestazione e la paralisi dell’Italia, in particolare della ricerca. La sindacalizzazione degli istituti di ricerca ha generato problemi infiniti. Forse non è stata l’unica ragione, ma io penso che i maggiori problemi per un ente come il CNR siano nati in quel periodo. Quando la parte sindacale ha cominciato ad interferire con i programmi di ricerca, i ricercatori non hanno più potuto operare liberamente ed utilmente. In quel periodo si fermò tutto; noi, in collaborazione con gli inglesi, avevamo messo su un nuovo grosso esperimento di elettroproduzione, con nuovi magneti giganteschi, tutto nuovo. . . Le apparecchiature erano state in parte portate dall’Inghilterra insieme ad un gruppo da NINA, la macchina del laboratorio di Daresbury; tutto era già stato spostato nei laboratori di Frascati. Dopo il ’68, in una notte, decidemmo di andar via e di trasferirci a Daresbury, dove era stata appena completata una macchina di energia cinque volte maggiore di quella di Frascati. I nostri amici inglesi ci hanno ospitato ed abbiamo alla fine fatto il più importante esperimento di elettroproduzione al mondo.

Quindi vi siete spostati proprio tutti!

Sì, sì, partimmo in blocco; eravamo: Lello Stefanini, Alberto Del Guerra, Marcello Giorgi ed io, quattro fisici.

Quindi tutto il lavoro avviato a Frascati fu interrotto!

Chiudemmo e tutto fu riportato in Inghilterra; in una notte abbiamo deciso di partire; Amaldi invece è voluto rimanere e secondo me ha fatto male. Un libro della Springer Verlag a firma di Amaldi e Fubini venne in seguito dedicato all'elettroproduzione; contiene praticamente solo i nostri risultati.

Ma loro andarono avanti?

Sì, dopo un certo tempo, ma di fatto fecero solo "piccolo cabotaggio" in quanto il Sincrotrone di Frascati aveva un'energia di 800 MeV mentre a Daresbury ne avevamo 5000. Noi abbiamo misurato per la prima volta il fattore di forma assiale del nucleone, cosa praticamente irraggiungibile in altro modo; avrebbe richiesto lo studio della diffusione di neutrini su nucleone, con una sezione d'urto inesistente. Noi lo potemmo misurare immediatamente. Facemmo moltissime misure. I principali risultati furono quello relativo al fattore di forma assiale del nucleone e quello sul fattore di forma del π^+ . Tirammo fuori una pletora di risultati sperimentali.

Quindi questa esperienza inglese è stata molto positiva!

Estremamente positiva! Siamo stati in Inghilterra per quattro anni, dal '69 al '73; poi NINA è stata smantellata; era stata una macchina fatta praticamente su misura per noi.

Al di là di questi risultati sperimentali, certo molto interessanti, che opportunità di evoluzione, anche a livello personale, le ha dato questo soggiorno inglese?

Mi ha dato... Mah, non tanto devo dire! Non ho mai creduto molto nei risultati che ho ottenuto. Avendo visto quali siano i risultati veramente fondamentali, non ho mai avuto la sensazione di stare facendo cose veramente importanti, a livello, tanto per fare un esempio, di quelle riguardanti la meccanica quantistica. Facevo una specie di lavoro, una specie di catalogazione; cose che vanno fatte e che avrebbero potuto evolvere successivamente in altre cose. Era comunque l'unico tragitto che ero riuscito a trovare per fare della fisica sperimentale. Potevo eventualmente pensare anche ad altri problemi; lo facevo, per esempio, pensando a questioni relative alla gravitazione, però in modo ancora estremamente embrionale.

Quindi, in qualche modo, era già nato l'interesse per la gravità?

Ma sì, c'era un interesse per la relatività generale, questa teoria matematicamente così complessa. L'interesse era già nato a livello della laurea ed ogni tanto ci ritornavo sopra. Il periodo inglese è stato estremamente interessante anche dal punto di vista umano; ci ho vissuto con due figli, uno dei quali nato a Manchester; ora si trova in Inghilterra e ci lavora. Dal punto di vista scientifico sono sempre rimasto su un atteggiamento "So what... ", mai soddisfatto, al punto da dire: "Noi abbiamo fatto questo!". Forse è nella mia natura pensare che le cose non vadano prese troppo sul serio. Tutto sommato, non bisogna dargli importanza più di tanto!

Dopo l'Inghilterra quale è stata la successiva evoluzione?

Dopo lo smantellamento della macchina di Daresbury, siamo tornati tutti indietro. Io sono entrato nel gruppo di Lorenzo Foà, che si chiamava FRAMM. L'esperimento studiava diverse reazioni al protosincrotone del CERN; sono state fatte cose molto importanti, direi più importanti di quelle fatte in Inghilterra nel gruppo PEP — π ElectroProduction — in particolare: la misura della vita media dei D , i fattori di forma nella regione time-like del K e del π^+ . Però questo gruppo era troppo grande per i miei gusti; prima eravamo solo in quattro fisici, più i tecnici.

Siamo andati avanti a fare esperimenti al CERN fino a verso l'inizio degli anni '80. La vita media del D è stata fatta mediante un nuovo metodo di misura e l'impiego dei rivelatori a stato solido, fatti a strisciole di silicio drogato. Marcello Giorgi, che veniva come me dal gruppo PEP, è stato quello che ha dato il maggiore contributo allo sviluppo di questi rivelatori; ora sono usati in tutto il mondo; sostanzialmente non c'è esperimento che non abbia introdotto questi sistemi.

Lo sviluppo di questi rivelatori era importante anche al di fuori delle vere misure di fisica.

Direi che questo è stato uno dei risultati più importanti uscito da questa saga del gruppo FRAMM al CERN.

Quando era nato il gruppo FRAMM? Esisteva già quando ci siete entrati?

Sì esisteva già; era un gruppo eterogeneo, fatto di persone che avevano lavorato precedentemente al CERN. Noi invece eravamo un po' "stranieri"; ci siamo buttati in questo gruppo perché era l'unico che facesse delle cose che stavano partendo in quel momento. Molto spesso le scelte sono anche un po' obbligate... Se uno non ha ancora pensato un nuovo esperimento, ma non vuole rimanere fermo per degli anni, è positivo aggregarsi ad un gruppo esistente, perché è sempre fondamentale avere una attività sperimentale.

Come si collocavano nel panorama generale le misure di FRAMM?

Le nuove particelle "charmate" erano molto importanti e se ne misurava la vita media per la prima volta. Anche molto interessante è stato lo studio sperimentale dei fattori di forma dei π e dei K nella regione "space-like", mediante la diffusione di adroni su elettroni atomici.

Nei primi anni '60 era cominciata la sperimentazione ai collisionatori e^+e^- ; mi chiedo come si raccordasse questo tipo di ricerca con quello che facevate voi al CERN.

Come dicevo, abbiamo determinato i fattori di forma dei K e dei π nella regione "space-like". Poi abbiamo potuto misurare il fattore di forma del π nella regione "time-like" inviando un fascio di positroni contro gli elettroni atomici e producendo delle coppie $\pi^+\pi^-$. Questo è stato l'ultimo esperimento che ho fatto fino al 1981, perché poi, fra il 1981 e il 1984 mi sono totalmente bloccato per ragioni di salute. Ero gravemente malato e non sapevo se ce l'avrei fatta! Questa valutazione drammatica è servita a farmi covare

l'idea di fare VIRGO. Stavo così male che mi dissi: "Cerchiamo di vedere se uno riesce a fare ancora qualcosa".

Come è avvenuto il passaggio tra il tipo di fisica, che era stato il suo pane quotidiano fino al giorno prima, e questi nuovi interessi?

È avvenuto con grande fatica perché stavo molto male! Non andavo neanche più a lavorare, non potevo guidare, non potevo fare più niente; per cui, ad un certo punto, ho ricominciato a pensare alle cose che mi piacevano da tanti anni, da quando avevo cominciato l'Università. La ricerca delle onde gravitazionali era, in quegli anni, perseguita mediante le antenne a barra; io volevo cercare di fare qualcosa di molto più avanzato e scrissi un "report" sull'argomento che è servito molto. Fu letto per la prima volta da Adriano Di Giacomo, il teorico di Pisa. Essendo persona molto stimata nell'ambiente, il suo giudizio positivo su questo report ha contribuito ad aprire le porte di Pisa a questo tipo di fisica, in qualche modo ortogonale all'usuale campo delle alte energie. Cominciai a metter su delle attività sperimentali mediante l'iniziativa IRAS. Era un interferometro per la riduzione attiva del rumore sismico; gli specchi di un interferometro devono purtroppo essere appesi a qualcosa e questo qualcosa non deve portare rumori dall'esterno. Avevamo l'enorme problema di realizzare un isolamento totale, come se fossimo stati nello spazio cosmico. Quello è stato l'inizio; con pochi ricercatori dell'Università di Pisa si è cominciato a mettere su questo esperimento.

Lei ha scritto questo report che analizzava lo stato dell'arte nella rivelazione delle onde gravitazionali. Quanto ha dovuto studiare? Come è avvenuto questo cambiamento di campo? Che processi di elaborazione ha dovuto affrontare?

Sono partito veramente da zero! Pensi che non sapevo neanche che Amaldi avesse un'antenna criogenica; ero rimasto a quando Amaldi si occupava di elettroproduzione. Mi ero chiesto: "Quale è la cosa più difficile da fare in questo momento, più elusiva, che potrebbe tuttavia dare informazioni fondamentali non disponibili oggi?". Sapevo di queste antenne gravitazionali progettate da Joseph Weber; ma ormai, onestamente, la gente non ci credeva neanche più alle antenne di Weber, a causa dei molti falsi segnali che producevano. Un giorno andai all'INFN per parlarne con un po' di gente. Mi ricordo che Gianpaolo Bellini, allora membro della giunta, mi disse: "È una cosa ottima se si trova una alternativa alle antenne!". Joseph Weber è stato il primo che ha inventato queste antenne; era persona di ingegno rimarchevolissimo, eccezionale, sottostimato ed in qualche modo ostracizzato dagli americani e da tutta la comunità scientifica. In realtà è stato il primo a capire come si potessero rivelare le onde gravitazionali; partendo da zero, ha ideato queste antenne a barra. Ne ha sviluppato la teoria facendo vedere come le onde gravitazionali interagiscano con un corpo e vi depositino energia; ha fatto vedere come tale energia possa essere misurata. Per questo lavoro Weber avrebbe meritato il premio Nobel. Weber ha inventato una quantità di cose importanti! Basti vedere le sue idee relative ai masers ed ai lasers.

Il campo relativo alla rivelazione delle onde gravitazionali ha avuto momenti travagliati,

ma ha un enorme potenziale per la conoscenza dell'universo; personalmente questa è la cosa che mi interessa di più. Mi sono quindi chiesto quale fosse la via giusta per fare una indagine in quella direzione con una certa probabilità di successo! Ho cominciato a pensare agli interferometri ottici e mi sono convinto che fosse la cosa migliore per affrontare questo campo: interferometria ottica di altissimo livello, di livello parossistico... Mi hanno anche preso in giro per questo!

Pisa è un posto dove se uno ha delle idee riesce a portarle avanti; è molto duro perché è un posto dove uno viene esaminato continuamente, cioè anche prima di presentarsi alle commissioni nazionali. In qualche modo, si viene analizzati in modo attento da tutta la comunità circostante, con la quale uno discute e scambia opinioni. L'atteggiamento dei colleghi è sempre stato estremamente positivo nei miei confronti e per queste idee. C'è, come dire? un tacito accordo: "Vai pure avanti per la tua strada, basta che non ci rompi le scatole su quello che stiamo facendo noi!". Pisa è probabilmente il più grosso centro di fisica in Italia; se uno va a vedere gli esperimenti che sono stati fatti a Pisa si resta sbalorditi; la gente ha dato contributi fondamentali, al CERN ed a Fermilab, per esempio; tutta gente degli acceleratori, io rappresentavo una mosca bianca, in questa mia nuova veste. Probabilmente è servito moltissimo il biglietto da visita delle alte energie; il fatto che uno delle alte energie si fosse buttato su questo nuovo campo rendeva probabilmente la cosa più accettabile. Sono stato accettato molto bene e mi è servito!

Come è evoluta l'attività in questo campo così nuovo?

Uno dei punti sul quale avevo espresso il mio interesse, perché era poco studiato, era quello relativo alla sospensione degli specchi. Tutti i precedenti rivelatori di onde gravitazionali funzionavano da frequenze molto alte in su; pensavo invece che fosse interessante avere gran parte della sensibilità nella zona delle basse frequenze. Ho perciò inventato degli oggetti chiamati "superattenuatori". Sono oggetti spaventosi! Permettono di sostenere gli specchi e se c'è una vibrazione a 4 Hz — una frequenza impensabile per gli interferometri, tanto è bassa — se il terreno, ad esempio, vibra a 4 Hz, lo specchio risente della vibrazione del pavimento riducendo il rumore di 10^{12} volte! Uno non si rende conto di quanto sia bassa una frequenza di 4 Hz e di quanto sia difficile fare sistemi di attenuazione a queste frequenze; farli a 1000 Hz non ci vuole niente, bastano pochi oscillatori armonici in cascata. Come dicevo, prima dell'invenzione dei superattenuatori, i normali interferometri funzionavano dai 100 Hz in su. Ora, la zona non coperta, quella delle basse frequenze, è ricca di sorgenti di onde gravitazionali: pulsars, sistemi binari coalescenti, buchi neri... Fino ad ora ci si era occupati solo di frequenze alte; i rivelatori a barra sono tipicamente sintonizzati su frequenze di circa 1000 Hz, utili per la rivelazione di supernovae. L'astrofisica più interessante, che dà informazioni su come sia fatto un buco nero dentro, su come interagiscano due buchi neri... insomma tutta l'astrofisica dei sistemi coalescenti, degli oggetti che girano uno intorno all'altro emettendo onde gravitazionali fino alla coalescenza, avviene a frequenze molto più basse dei 1000 Hz. La zona delle basse frequenze era troppo allettante per non andare ad esplorarla mediante qualcosa di nuovo!

Abbiamo cominciato con l'esperimento IRAS. Era un interferometro per lo studio della

riduzione attiva del rumore sismico. Si voleva capire quali potessero essere i modi di sostenere gli specchi in maniera da eliminare il più possibile il rumore sismico. Abbiamo fatto di tutto e di più, provando cose incredibili, per esempio, utilizzando la stoffa dei gommoni per realizzare sistemi elastici che potessero anche reggere alla pressione atmosferica. Riesaminato oggi, abbiamo fatto anche molte cose ridicole, ma il tutto è alla fine sfociato nell'apparato VIRGO, nel quale sono ampiamente usati i famosi superattenuatori, delle macchine pazzesche! Se farà un giro dentro gli edifici di VIRGO vedrà questi oggetti alti circa dieci metri. Una cosa fondamentale che abbiamo infine capito è stata che, per realizzare le attenuazioni mostruose da noi desiderate alle basse frequenze, si devono costruire sistemi a molti stadi nei quali, ogni stadio deve essere capace di attenuare nei sei gradi di libertà del corpo rigido. Per fare un esempio, prima di allora si pensava che, siccome gli specchi non devono potersi muovere in orizzontale, uno potesse fare una successione di masse su un filo e quindi produrre un'attenuazione del moto in orizzontale; non ci si curava del fatto che, lungo il filo, in verticale, il rumore fluiva perché il filo era rigido. Può sembrare stupido, ma nessuno l'aveva ancora capito che, per arrivare alle altissime attenuazioni, ogni elemento del sistema dovesse attenuare nei 3+3 gradi di libertà, cioè: le tre traslazioni e le tre rotazioni del corpo rigido. Noi costruiamo i primi due superattenuatori — ora montati da qualche parte in VIRGO — secondo questo concetto; ne dimostriamo il funzionamento e questa è stata la nostra grande “vittoria”. Avevamo portato qualcosa di nuovo nel “mercato” delle cose per la rivelazione delle onde gravitazionali. I più grandi interferometri allora esistenti erano quello di 40 metri di Caltech e quello di 30 metri, a linee di ritardo, di Monaco di Baviera.

Di che anni stiamo parlando?

Più o meno gli anni fra l'85 e l'87. Le prime prove dei superattenuatori credo che fossero nel 1987, il primo risultato importante ottenuto. Eravamo in pochissimi: Raffaele Del Fabbro, Angela Di Virgilio, Adalberto Giazotto, Hans Kautzky, Vinicio Montelatici, Diego Passuello, pochissimi! Questo oggetto mostruoso fu montato a S. Piero a Grado, tutto è successo a S. Piero.

Come si era aggregato il gruppo di persone intorno a questo progetto?

La forza di coesione fu l'interesse a lavorare su cose estremamente avanzate per fini molto difficili da raggiungere. . .

Erano tutte persone che venivano dalle alte energie oppure anche da altri settori?

Montelatici veniva dall'ENEA; Kautzky, Del Fabbro, Di Virgilio venivano tutti dalle alte energie. Sì, alla fine eravamo quasi tutti alti energetisti; la differenza tra gli alti energetisti e gli ottici, mettiamola così, è che gli alti energetisti sono capaci di costruire cose grandi, invece gli ottici no. Adesso dirò una cosa cattiva che rimarrà registrata per sempre. . . Se uno deve fare esperimenti che implicano la costruzione di cose grandi, deve chiamare gente che ha lavorato a cose grandi. Noi abbiamo avuto dei problemi a VIRGO, del tipo: cose grandi fatte da gente che non era abituata a costruire cose grandi; hanno

funzionano molto male! Invece, per farle bene, bisogna essere abituati a costruire cose grandi.

Come vi collocava nel panorama internazionale il risultato da voi ottenuto?

Eravamo gli unici al mondo ad avere dimostrato sperimentalmente che era possibile ottenere attenuazioni dell'ordine di 10^{10} volte a circa 10 Hz. Con Virgo non siamo certi di poter arrivare a scendere a queste frequenze così basse, perché il rumore non entra solo tramite la sospensione degli specchi, ma entra attraverso i controlli, attraverso infinite altre cose; sono quelli che noi chiamiamo "rumori tecnici". Dobbiamo risolvere il problema dei rumori tecnici, ma sappiamo almeno che i nostri sistemi di sospensione degli specchi funzionano già perfettamente. Questo è stato il risultato chiave; sulla sua base, l'Italia ha approvato VIRGO.

A quello stadio del progetto non avevate ancora nulla, stavate semplicemente portando avanti degli studi di fattibilità.

Intorno al 1987, se non ricordo male, c'è stato un incontro fondamentale. Come ho già detto, noi eravamo gli unici al mondo in grado di costruire una macchina capace di funzionare a frequenze molto basse; ci furono dei contatti con Karl Maischberger del Max Planck Institut, ove avevano un interferometro di 30 metri funzionante a linee di ritardo. I francesi vennero a conoscenza del fatto che noi stavamo intavolando trattative con i tedeschi per un grande interferometro; mi inviarono, tramite l'INFN, un messaggio nel quale mi dicevano che sarebbero stati interessati a costruire questo grande interferometro in società con noi. Questo è stato un elemento chiave, perché ha fatto cambiare il progetto da uno basato sulle linee di ritardo ad uno basato su cavità di Fabry-Perot. Nelle linee di ritardo la luce percorre un cammino unico lungo la linea; nella cavità invece la luce passa moltissime volte lungo lo stesso cammino. Demmo ai francesi una risposta chiaramente positiva! I colloqui furono intavolati con Philippe Tournenc, un astrofisico molto bravo, ma che, poverino, era paraplegico. Precedentemente avevo conosciuto anche Alain Brillet ad un *Marcel Grossman Meeting* nel 1986 ed avevamo cominciato a parlare un po' della possibilità di fare qualcosa insieme, con loro che avrebbero potuto occuparsi della parte ottica della cavità, mentre noi ci saremmo occupati di tutta la parte della sospensione degli specchi. Noi siamo stati i primi a proporre un interferometro di grandi dimensioni ed i francesi si sono uniti a noi. La morale della storia è che decidemmo di andare avanti nel progetto basato sull'uso di cavità Fabry-Perot, che in realtà sono poi quelle usate anche in altri interferometri come, ad esempio, LIGO negli Stati Uniti. Le cavità hanno rappresentato una via di uscita al problema dei fondi associati all'uscita del fascio di luce dal sistema ottico. Nelle cavità, se risonanti, il fascio corre lungo la cavità anche per 100.000 volte, caricando la cavità; solo una piccola frazione della luce fuoriesce dal foro di uscita praticato negli specchi, generando così solo un basso fondo. I tedeschi, a loro volta, hanno formato una collaborazione con gli inglesi — Karl Maischberger era da poco morto di tumore — e si erano anche resi conto che l'approccio a linea di ritardo introduceva troppo rumore. Vedendo che anche l'interferometro di Caltech veniva basato su un Fabry-Perot, decisero

di costruire un interferometro Fabry-Perot: GEO600 ad Hannover. Non si collegarono più con noi.

Quindi questa è l'organizzazione finale che emerge?

Sì, in qualche modo le cose si sono organizzate o disorganizzate, non so bene... Fatto sta che noi siamo rimasti molto soli in Europa; siamo rimasti solo noi ed i francesi, perché i tedeschi sono prima andati con gli inglesi, poi, insieme, si sono uniti agli americani di LIGO. E va beh!

Noi siamo stati approvati nel '93. Ho la lettera di Maiani il quale mi dice: "VIRGO è stato approvato". VIRGO è stato promosso dal carissimo Nicola Cabibbo, quando era Presidente dell'INFN; gli piaceva VIRGO ed in qualche modo è stato accettato in modo scientificamente ben motivato da Nicola Cabibbo al quale è succeduto poi Maiani. Maiani l'ha portato all'approvazione nel '93. Poi, nel corso degli anni, siamo andati avanti in mezzo ai comitati, una cosa allucinante! Comitati di tutti i tipi, messi su dal CNR, dall'INFN per lo studio della fattibilità, dei costi, etc.

Cosa prevedeva esattamente il progetto?

C'era una parte di infrastrutture enorme, che costava un sacco di soldi; VIRGO è stato approvato con un finanziamento di 76 MegaEcu, quindi poca roba alla fine, perché l'Ecu valeva circa 1500 lire. Voleva dire più o meno 100 miliardi di lire per un oggetto gigantesco, lungo sei chilometri, composto di strutture pesanti. La cosa bella è che abbiamo rispettato, più o meno, quel preventivo. Siamo rimasti in quella cifra anche perché poi si è passati dall'Ecu all'euro ed un Ecu è diventato un euro, cosa che ci ha favorito. Siamo rimasti nel "budget" e d'altronde sull'esperimento è stato esercitato un controllo ferreo da parte sia del CNRS che dell'INFN.

Un sacco di aspetti noiosi per la ricerca!

Sì, sì, assolutamente! Abbiamo fatto una indigestione di meetings di tutti i tipi; una quantità infinita di commissione d'esame dell'INFN, del CNRS e miste... Un cammino dolorosissimo!

Come avete proceduto da un punto di vista pratico, passando dal periodo di S. Piero a Grado all'organizzazione ed alla costruzione? Che tipo di problemi avete dovuto affrontare?

La questione della costruzione era uno dei grandi punti che veniva continuamente affrontato dai nostri detrattori; perché abbiamo avuto anche noi i nostri detrattori! Uno di questi era Piero Dal Piaz, che lei certamente conosce. Devo dire che è stato recentemente molto carino! Quando ho presentato i dati di VIRGO, mi ha chiesto scusa, dicendo di essersi sbagliato. È stato molto carino, un atto di lealtà come non sempre capita!

La costruzione è stata effettivamente una cosa estremamente complessa; ha avuto una organizzazione di tipo militare. Io ero stato nominato "Project Leader" e l'idea era di farlo alternativamente tre anni io e tre anni Alain Brillet, essendo l'iniziativa binazionale.

Gli edifici furono progettati da Raffaello Bartelletti, un ingegnere di Pisa; il secondo lotto è stato invece progettato da Massimo Carmassi, per la parte relativa ai tunnel ed agli edifici terminali. Ho dovuto fare indagini di tutti i tipi in particolare per la questione degli espropri; devo dire che l'INFN mi ha molto aiutato dandomi, nelle varie fasi, il supporto di avvocati ed ingegneri.

Il rischio era ovviamente che non riuscissimo a far funzionare questa macchina; una cosa che non era mai stata costruita prima. Anche LIGO, negli Stati Uniti, era in costruzione in quel momento; erano stati approvati nel '99.

Anche al tempo del primo anello di accumulazione ADA, si diceva: "I fasci non si incontreranno mai!".

Qui era lo stesso: "Non riusciranno mai a fare risuonare le cavità, a tenere fermi gli specchi, a lavorare a frequenze così basse". In America ci avevano predetto che non avremmo mai potuto fare funzionare la nostra macchina, mai! Ne abbiamo sentite di tutti i colori! La verità è che abbiamo della gente qui di un livello elevatissimo. Uno di questi, ad esempio, è Diego Passuello, una persona geniale! Ha contribuito anche al progetto del supercalcolatore APE. Diego si è occupato di tutta la parte di controllo di VIRGO, sostanzialmente del sistema di sospensioni. Diciamo che eravamo messi molto bene dal punto di vista della creatività e dell'innovazione. Ero riuscito a metter su un gruppo molto grande e molto articolato con competenze diversificate. San Piero a Grado è stato per noi una vera fucina. Abbiamo cominciato in un ambiente piccolissimo — veniva chiamato la chiesina — era una stanza di 4x4 metri quadri dove avevamo messo quel primissimo IRAS del quale le ho parlato prima. Poi abbiamo costruito qualcosa di più grande, poi di più grande ancora; è stato necessario introdurre dei carroponi. Il tutto è stato formativo, la gente del gruppo ha seguito, stadio per stadio, tutta l'evoluzione; è cresciuta insieme al progetto. Per esempio, se uno vede come è fatto dentro un superattenuatore, si rende conto che è di una complicazione spaventosa. Tutto questo è stato fatto a Lucca, con i nostri giovani fisici che andavano quasi a dormire lì durante la preparazione dei pezzi: infiniti pezzi, preparazione dei pezzi, assemblaggio dei pezzi, tutto in camere pulite, tutti coperti da vestiti speciali. Tutti i pezzi di VIRGO sono stati montati in camere pulite per non inquinare gli specchi; è stata una impresa veramente epica!

Un cammino molto difficile! Ci sono stati momenti di grande svolta durante l'avanzamento del progetto nel corso degli anni? Talvolta delle particolari soluzioni ai problemi rappresentano un salto di qualità da un punto di vista scientifico-tecnico.

Per la verità quando noi abbiamo presentato il progetto per l'approvazione finale, il progetto era già estremamente dettagliato; inoltre tutto veniva seguito dalle commissioni che controllavano che facessimo esattamente quanto scritto. Non c'era alcuna possibilità di fare cambiamenti dell'ultima ora. L'ultimo cambiamento epocale, chiamiamolo così, che ha dato una vera svolta è stato il passaggio dalle molle a gas compresso alle molle di tipo meccanico — è un dettaglio tecnico importantissimo, però è semplicemente un dettaglio tecnico. Questa è stata una decisione che ha eliminato un sacco di difficoltà; abbiamo

sfruttato un suggerimento degli australiani, che avevano cercato realizzare i nostri superattenuatori ed erano immediatamente passati a molle meccaniche. Quando ho visto che le molle a gas mi creavano dei problemi: c'erano problemi di "feedback", il gas si espandeva con la temperatura, gli oggetti erano piuttosto instabili... da un giorno all'altro ho detto: "Basta!". Ho progettato insieme a Fabrizio Raffaelli, che è uno dei migliori ingegneri dell'INFN di San Piero, l'attuale disegno dei superattenuatori. Questa decisione è stata un salto fondamentale, che ha gettato l'INFN nello sconforto! Proprio perché ogni passo era controllato. Il cambiamento del sistema di molle fu in parte preso come un riconoscere un grosso problema nel progetto. Naturalmente abbiamo avuto dei detrattori violenti: "Ecco, vedi, non sono capaci di farlo, etc.,etc.". A quel punto però potemmo far vedere, mediante grafici, che avevamo raggiunto un livello di attenuazione molto maggiore con queste molle meccaniche. È stato un progresso fondamentale per VIRGO.

Quindi, non solo avete sviluppato un sistema più controllabile, ma avete anche ottenuto un miglioramento di prestazioni.

Sì è stata una doppia conquista, ma tutto questo ha provocato del panico a livello INFN; mi ricordo ancora che c'era gente molto preoccupata! Poi, piano piano, è rientrato tutto.

Il progetto era stato estremamente ben preparato; per questo abbiamo dovuto aspettare ben dieci anni per essere approvati! Avevamo un "final design" che non era mai veramente finale, ci ha preso tempo, ritardando l'approvazione. Naturalmente è stata una cosa lunghissima anche dal punto di vista politico, perché un progetto a due nazioni è sempre una cosa molto complicata.

Come avevate diviso il lavoro fra voi ed i francesi?

Abbiamo fatto una divisione molto semplice: loro si sono occupati dell'ottica, noi della meccanica; eravamo completamente separati. Non c'erano particolari punti di contatto; questo, secondo me, ha complicato le cose, perché non abbiamo avuto alcun controllo sulle parti che facevano loro e viceversa. Non ne avevamo la possibilità; eravamo troppo pochi e le parti che dovevamo fare erano veramente molto grandi ed impegnative. In realtà, quando abbiamo messo le cose insieme non abbiamo avuto grossi problemi. I problemi hanno riguardato il funzionamento di alcuni oggetti particolarmente sofisticati quali il banco di iniezione del laser che abbiamo dovuto quasi rifare interamente per introdurre i "Faraday Isolators", oggetti che impediscono alla luce che ritorna dal "beam splitter" all'indietro verso il laser, di interagire con il laser stesso. Questo è stato un problema che ha creato non poche difficoltà alla collaborazione, anche a livello della reciproca accettazione Francia-Italia. Sapevamo fin dall'inizio che questa grande collaborazione per la costruzione di Virgo avrebbe dovuto affrontare problemi estremamente sofisticati non solo dal punto di vista ottico e meccanico, ma anche dal punto di vista politico. Ne abbiamo avuti e ce ne saranno sicuramente di nuovi in futuro. Ad ogni modo considero l'unione con la Francia all'origine del successo di Virgo

Dal punto di vista scientifico era lei stesso che aveva promosso questa unione.

Ognuno ha fatto la sua parte. L'Italia aveva cinque gruppi: Pisa, Firenze, Napoli, Roma, Perugia. I francesi avevano: Orsay LAL (il laboratorio di alte energie) dove prima stavano gli ottici, Nizza, dove poi si sono spostati gli ottici, Annecy, Lione e poi un laboratorio di Parigi. Ai gruppi italiani si è poi aggiunto il gruppo di Eugenio Coccia. Recentemente sono entrati in VIRGO anche gli olandesi; non hanno contribuito con finanziamenti di ingresso; bisognerà vedere come la collaborazione con loro evolverà.

Lei aveva fatto un accenno ad una cosa interessante: l'idea della rete che unisce tutti gli esperimenti di onde gravitazionali.

Questa idea del "network" è una cosa fondamentale perché la probabilità di rivelare qualcosa è estremamente piccola. Bisogna avere più esperimenti e usarli per fare quello che si chiama la "rivelazione coerente". Non la rivelazione coincidente! Quella coincidente significa che ogni macchina deve avere il suo segnale e poi si verifica che i segnali dei vari esperimenti siano avvenuti più o meno allo stesso tempo. La rivelazione coerente invece non richiede che ogni esperimento abbia visto un suo segnale; è un modo di aumentare la sensibilità dell'insieme degli esperimenti. Non so se sono riuscito a spiegarvi. . . Provo a ripetere meglio. Supponiamo di avere tre esperimenti e di lavorare in "coincidenza"; ognuno degli esperimenti deve aver rivelato un suo impulso; gli impulsi vengono poi confrontati in ampiezza e tempo, per vedere se c'è una possibilità che vengano tutti da una stessa sorgente. Ma ognuno degli esperimenti deve avere una sensibilità sufficiente a rivelare un suo impulso. Quando si lavora in modo coerente con tre esperimenti, può succedere che uno od anche due esperimenti non vedano un loro segnale; ma l'insieme degli esperimenti rivela qualcosa, si vedono dei segnali che non si vedrebbero col metodo delle coincidenze. Con le coincidenze si perde il concetto di "fase"; invece, quando si fa una rivelazione di tipo coerente la fase non viene persa, per cui può succedere che, quando si analizzano i dati dell'insieme delle tre macchine, si possa avere un impulso risultante non visto nelle macchine separate. Le tre macchine diventano un'unica apparecchiatura! Avevo elaborato e portato avanti questo concetto in alcuni congressi sulle onde gravitazionali svolti all'Isola d'Elba nel 2001 e seguenti; volevo creare una "single machine". All'inizio gli americani, sempre un po' superbi, non ne hanno voluto parlare. Loro avevano due macchine e noi solo una. . . Poi, un anno fa, ci hanno detto che ci avevano ripensato e che consideravano molto importante mettersi insieme! Ora abbiamo messo a punto un "Memorandum of Understanding" che sta per divenire operativo. È chiaro che noi abbiamo un problema; dobbiamo recuperare quei quattro anni di differenza fra la loro approvazione nel '99 e la nostra nel 2003. La sensibilità del nostro esperimento deve essere molto migliorata; si può certo riuscirci, ma ci vogliono degli anni! Non c'è niente da fare! Per arrivare alla sensibilità di disegno si devono far passare gli anni; la natura non ti fa nessuno sconto. Noi adesso siamo già molto vicini, dai 500 Hz in su, alla sensibilità di disegno; dobbiamo invece guadagnare un fattore dieci alle basse frequenze. Alle basse frequenze i rumori sono terribili ed il loro rigetto non dipende dalla qualità delle nostre sospensioni, ma da cose come gli effetti della luce diffusa. . .

Quindi avete ancora molto lavoro da fare per realizzare pienamente l'idea della "macchina unica".

Esatto! Per fare in modo di essere equipollenti alla sensibilità degli americani. Per cui stiamo morendo per il troppo lavoro! Ah, ah, ah!

Credo che a questo punto ci sia poco da aggiungere; considererei l'intervista conclusa. . .

Italo Mannelli¹⁷

Italo Mannelli nasce a Firenze nel 1933. Dopo i primi studi a Firenze vince il concorso di ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa. Si laurea a Pisa nel 1957. Svolge la tesi, sulla non conservazione della parità nel decadimento della Λ^0 , con Marcello Conversi, interagendo anche con Jack Steinberger allora visitatore a Pisa. Svolge un primo esperimento presso il nuovo sincrotrone di Frascati studiando, con un gruppo di Pisa, la polarizzazione del protone di rinculo nella fotoproduzione di π^0 , mediante una camera a bolle a ciclo rapido riempita di propano. Passa il periodo dal 1961 al 1963 presso l'MIT di Boston ed il laboratorio di Brookhaven, prima come borsista NATO e poi come Research Associate. Effettua esperimenti di diffusione di adroni su protoni, di produzione di risonanze, di studio di reazioni con scambio carica, utilizzando le prime camere a scintilla e continuando la collaborazione anche dopo il suo rientro a Pisa. Gli esperimenti di diffusione sono poi proseguiti al CERN e a Serpukhov. Una fruttuosa collaborazione di Pisa con un gruppo di Saclay ha permesso di effettuare al CERN i primi esperimenti di diffusione con scambio carica su bersagli di idrogeno polarizzato. Dal 1976 al 1985 è al CERN, in congedo dall'Università di Pisa. Partecipa ad un interessante esperimento agli ISR, con tecniche calorimetriche ad Argon liquido, nel quale vengono studiate le coppie elettrone-positrone ad alta massa e la produzione di π^0 e γ ad alto momento trasferito. Successivamente inizia una serie di esperimenti di precisione, tuttora in corso, all'SPS del CERN. Viene studiata la violazione di CP nei decadimenti di K neutri e carichi; nel 1987 viene messa in evidenza per la prima volta la violazione diretta di CP; vengono inoltre studiati alcuni decadimenti rari dei K .

Italo Mannelli diviene professore ordinario a Pisa nel 1968; si trasferisce poi alla Scuola Normale Superiore nel 1987. Nel periodo dal 1971 al 1975 dirige l'Istituto di Fisica e la locale sezione dell'INFN. Ha progettato, costruito e poi provveduto ad avviare il nuovo laboratorio di S. Piero a Grado nel quale si sono trasferite tutte le attività sperimentali dell'INFN; il laboratorio è stato fondamentale nel permettere i successivi positivi sviluppi della fisica delle particelle elementari a Pisa. Nel corso degli anni Italo Mannelli svolge un numero veramente notevole di incarichi di gestione della ricerca scientifica nei più diversi ambiti. È Presidente della "Electronic Experiment Committee" del CERN durante il periodo di avvio del laboratorio di S. Piero a Grado. Dal 1976 al 1979 è vicepresidente dell'INFN e membro del comitato scientifico CERN-Serpukhov. Negli anni 1979-1981 è Direttore di Ricerca del CERN e nel periodo 1980-1984 fa parte dell' "Extended Scientific Council". È membro dal 1985 dell' "Extended Scientific Council" di DESY. Nel triennio 1981-1983 è primo membro e poi Presidente della "Commission on Particles and Fields" della IUPAP. È membro della "Scientific Policy Committee" del CERN, divenendone il Presidente nel triennio 1988-1990.

Ordine del Cherubino dell'Università di Pisa. Premio triennale per la Fisica della Fondazione Somaini. Premio Tartufari per la Fisica della Accademia dei Lincei. Premio Fermi della Società Italiana di Fisica. Panofsky Prize in Experimental Particle Physics della American Physical Society. Socio della Accademia Nazionale dei Lincei.

Lei è nato a Firenze il 17 luglio del 1933...

E sono vissuto a Firenze per 20 anni. Non credo di sbagliarmi dicendo che la prima volta che ho messo un piede a Pisa è stato all'inizio di settembre del 1953. Per un motivo

¹⁷Registrazione effettuata a Pisa, 23 e 24 Ottobre 2006.

o per un altro prima di allora non ero venuto a Pisa, malgrado che Firenze sia vicina e ci fossi passato accanto più volte.

Quindi lei è di famiglia fiorentina!

Sì, mio padre era un artigiano, un falegname. Era nato nel 1896 e dopo aver partecipato alla prima guerra mondiale, abbastanza presto riuscì a mettersi in proprio. Gli piaceva il suo lavoro, ma per lui l'idea di lavorare in un posto in cui c'era un orario specifico — per cui uno doveva essere lì quando suonava la campanella — la trovava difficile da sopportare! Naturalmente andava a finire che la sera tornava a casa alle nove, però lavorava per conto suo. Come mia madre, lui era originario di Signa, che è un paese a 17 chilometri da Firenze, in direzione di Pisa; all'epoca era famoso per i cappelli di paglia. La maggior parte dei cappelli di paglia — certo quelli di fattura più fine — erano infatti prodotti dalle donne di Signa; ricordo che sapevano fare una treccia a partire da questi fili di paglia sottilissimi e c'erano quelle che riuscivano a utilizzare 23 fili alla volta e mentre lo facevano chiacchieravano fuori dalla porta di casa. Mettevano poi insieme questi nastri e alla fine producevano dei cappelli pregiati, veramente molto belli. L'altra attività prevalente all'epoca era la costruzione di mobili. Dopo c'è stata un'evoluzione e, in un certo periodo, a Signa erano diventati tutti produttori di maglieria, specialmente per bambini. Anche questa attività si svolgeva in casa; ciascuno aveva la sua macchina. Dopo è diventata più industrializzata e coinvolgeva così in attività economiche quelli che non facevano gli agricoltori e tutta la loro famiglia. Mia padre e mia madre si erano trasferiti a Firenze più di 10 anni prima che io nascessi. Io ero il terzo di quattro figli, due maschi e due femmine, di cui purtroppo, se faccio il bilancio adesso, sono l'unico che sopravvive. Mio padre riteneva che l'istruzione fosse molto importante; lui aveva fatto solo la sesta, anche se allora, da quello che mi diceva, la sesta non la facevano tutti! La maggior parte dei ragazzi cominciava a lavorare dopo aver fatto la terza. Lui mi ha sempre lasciato libero nelle mie scelte e ha sempre cercato di darmi tutto il supporto che poteva garantirmi. Da ragazzo io passavo comunque una buona parte dei pomeriggi nella bottega di mio padre, perché mi divertivo a seguirne l'attività e davo anche volentieri una mano nel limite di quello che può fare un ragazzo. Prima della guerra mio padre realizzava mobili che erano disegnati in buona parte da architetti, quindi erano mobili di un certo pregio, ma dopo la produzione di questi mobili si è espansa e per un artigiano era difficile reggere la concorrenza, così mio padre cominciò a fare mobili più semplici, mobili da cucina, essenzialmente. Durante la guerra facemmo dei giocattoli, in scala uno a venticinque, ed altre cose del genere. A questo lavoro collaborava a volte un po' tutta la famiglia. Mio fratello, di due anni più anziano di me, era veramente molto abile. I disegni erano relativamente semplici e con delle piccole macchine per falegnameria si potevano costruire con facilità; poi venivano smaltati, si mettevano le maniglie... e venivano venduti a quelli che passavano.

Cosa ricorda degli anni di guerra?

Ricordo nettamente di aver ascoltato il discorso di Mussolini in piazza, a Signa, all'inizio di giugno del 1940. Io non avevo ancora sette anni ed ero in vacanza dal nonno e dalle

zie che continuavano ad abitare a Signa. Un bel giorno si viene a sapere che nel pomeriggio ci sarebbe stata la diffusione in piazza di un discorso importante e quindi sentii questo esaltato che indicava la strada per la gloria dell'Italia... Insomma! Dopo, la guerra l'ho vissuta in un modo assai traumatico. Firenze è vero, non fu bombardata in modo esteso come altre città, però per la popolazione civile fu tutt'altro che facile. I giovani come me erano ancora troppo piccoli per essere coinvolti attivamente, però non è che gli si potessero risparmiare esperienze veramente traumatiche. Infatti ci fu tutta una serie di episodi come i rastrellamenti degli uomini fatti dai tedeschi, che li andavano a cercare casa per casa e poi in buona parte li ammassavano nelle scuole Leopoldine. Io abitavo sull'angolo proprio tra Via della Scala e Piazza Santa Maria Novella, dal lato che sulla piazza confina con l'edificio delle scuole Leopoldine e che ha di fronte il portico del Brunelleschi, con tutti i rosoni del Della Robbia. In quella scuola lì venivano ammassati i poveretti che poi erano buttati su dei camion, con scene a volte strazianti delle madri e delle sorelle a cui erano strappati, per essere trasportati in Germania e "nobilitati" dal lavoro che si supposeva dovessero fare. Però ho visto anche episodi simili a quelli successi in Emilia, che sono raccontati nel libro di Giancarlo Panza; non l'ho letto, ma credo che lo comprenderò. Ho visto con i miei occhi che per un certo numero di giorni intorno al 15 agosto del '44, quando Firenze fu liberata dai tedeschi, gli americani lasciarono fare e lì bastava che a qualcuno per la strada venisse l'idea di indicare: "Quel tale lo riconosco, è un delinquente fascista!" Allora veniva messo al muro e la gente applaudiva! Questo purtroppo dalle mie finestre si vedeva molto bene, perché c'è un posto proprio di fianco alla chiesa che era stato scelto per queste esecuzioni. Solo una piccolissima parte corrispondeva effettivamente a casi in cui qualche pazzoide di franco tiratore, dai tetti sparava addosso alla gente — allora si poteva capire — ma in alcuni casi erano addirittura piccole vendette personali. Comunque, la guerra è un'esperienza che naturalmente non auguro a nessuno di passarci attraverso, ma che insegna anche molte cose, veramente tante cose!

In tutto questo trambusto, come si svolse la sua vita scolastica?

Dopo le scuole elementari, iniziai a frequentare le scuole medie nel momento in cui c'erano, appunto, gli allarmi. Tra l'altro, fui costretto a scegliere come lingua straniera il tedesco, perché non c'era l'opportunità di scegliere altre lingue; devo dire però che fummo fortunati, perché almeno c'era un insegnante serio, un certo professor Ciulich, di origine tedesca, il quale ci insegnò abbastanza... Ma c'era anche una certa resistenza, perché era stata un'imposizione. All'epoca poi si insegnava ancora, non solo a leggere la stampa gotica, ma la scrittura in gotico corsivo, che stava andando in disuso anche fra i tedeschi, mentre da noi bisognava ancora scrivere in gotico corsivo! Dopo la scuola media fu deciso — ed io ero ben d'accordo, ed i miei genitori anche — che avrei fatto il geometra e quindi frequentai l'Istituto Tecnico per Geometri. Mi trovai molto bene; devo dire che mi divertivo; mi lasciava abbastanza tempo per passare buona parte del pomeriggio nella bottega di mio padre. Fra gli insegnanti c'era almeno un insegnante eccezionale, e questo credo sia importante che succeda a tutti i giovani. Venne solo a cominciare dalla terza classe. Era a un livello talmente diverso dagli altri, che noi rimanemmo come folgorati... Eravamo una

classe di tipi un po' turbolenti, un po' zotici, così che quando arrivò questo tipo dall'aria giovanile, trovò una classe un po' sciatta; ma ci mise immediatamente a posto: tutti zitti ed in piedi quando entra il professore! Era l'insegnante di italiano. Si chiamava Umberto Olobardi, purtroppo è deceduto giovane in conseguenza di una malattia che aveva contratto durante la guerra. Era tenente degli alpini, era stato prigioniero dei tedeschi in condizioni molto dure. Quando leggeva un canto di Dante a una classe di geometri non volava una mosca! Eravamo incantati a sentirlo. Naturalmente però, quando correggeva i nostri compiti, i tre e i quattro erano all'ordine del giorno. Tuttavia riconoscevamo tutti che era una persona di classe ed eravamo anche molto interessati al suo impegno civico ed al suo coinvolgimento nella politica attiva. E fu così che io presi il diploma di geometra...

Quali erano i suoi rapporti con le materie scientifiche?

Erano buoni, anche se i professori non mi ispiravano particolarmente. Però certi aspetti erano interessanti, perché per esempio, uno imparava a calcolare quale fosse la resistenza di una trave con certe sollecitazioni ed era stimolato a andare forse anche un po' oltre quelli che erano i programmi scolastici. Devo dire che mi piaceva! Quello che poi successe, è che all'epoca, chi aveva il diploma di geometra con i cervellotici regolamenti di allora, poteva accedere a un solo corso di laurea se voleva andare all'Università, cioè: Economia e Commercio. Io avevo apprezzato tutto, fuorché i rudimenti di contabilità che insegnavano ai geometri. Ho dimenticato di dire che c'era anche un professore di diritto, che era un tipo fantasioso, ma che per esempio, prendeva uno e gli diceva: "Tu vai in biblioteca, vai dove ti pare, ma tu tra 15 giorni devi chiarire alla classe la differenza tra concetto di possesso e concetto di proprietà". Quindi ti trovavi in condizione di studiare delle cose, ed in un modo che non credo succedesse in tutte le classi nella stessa maniera. A posteriori ho scoperto che Gilberto Bernardini era geometra anche lui, lei lo sapeva?

No, non sapevo nulla del suo periodo scolastico.

Si era diplomato geometra nello stesso Istituto Tecnico Galileo Galilei di Via Giusti dove mi sono diplomato io, ma l'ho saputo solo all'inizio degli anni '90, un giorno in cui François Mitterand fece una visita a Cortona. A Mitterand piaceva Cortona, piaceva Venezia. Quell'anno Mitterand decise appunto di fare una visita a Cortona, dopo essere stato a Venezia. Doveva essere in incognito: arrivò con due ore di ritardo, con gli elicotteri davanti e dietro, però ufficialmente in incognito! La famiglia Passerini possedeva a Cortona quello che viene chiamato comunemente "il Palazzone", un palazzo appunto che il cardinale Passerini mise a posto nel '500, in previsione di una visita papale — c'è anche un affresco di Luca Signorelli che era di Cortona — ma, non avendo più i mezzi per poterlo mantenere, ed essendo monumento nazionale, l'ultimo erede lo concesse in proprietà alla Scuola Normale, che ci tiene, fra l'altro, i corsi d'orientamento universitario. Io ero partito qui da Pisa — Bernardini era già in pensione — ed in quell'occasione passai a prenderlo a casa sua, vicino Firenze. Lungo la strada cominciammo a parlare e mi raccontò questo fatto, che lui appunto, era geometra, però all'epoca le regole evidentemente erano sufficientemente flessibili, per cui lui poté partecipare al concorso per la Scuola Normale. Dopo

aver dimostrato che era capace, entrò alla Scuola Normale con solo il diploma di geometra, anche se non ci si poteva iscrivere all'Università, negli anni '50, senza un diploma di liceo. All'epoca, le prospettive economiche della famiglia erano migliorate e mio padre disse: "Se tu vuoi andare all'Università e vuoi veramente continuare a studiare, fallo pure!". Allora decisi che avrei provato a ottenere il diploma di liceo scientifico, che all'epoca era una impresa non trascurabile perché bisognava dare l'esame su tutte le materie, anche quelle che finivano al second'anno e in particolare, naturalmente, c'erano alcune materie che non erano mai state studiate nel corso per geometri, per esempio: Storia dell'Arte, Filosofia, Latino! Però volli provarci e devo dire che è stato un anno di studio molto intenso, ma di grande soddisfazione, perché me lo sono potuto organizzare a modo mio. Evidentemente uno a 18 anni ha una maturità diversa che a 14 o 15; quindi, studiando da autodidatta, si potevano godere certe cose che altrimenti, nel curriculum ordinario, probabilmente si sarebbero perse. Presi alcune lezioni private, solo di latino, ma prima di cominciare questo studio, chiesi un parere al mio professore, a Umberto Olobardi. Lui mi disse: "Perché no! Perché no!". Tra parentesi, era stato un caso strano che all'esame di maturità per geometri avessi avuto nove in italiano! Mi disse anche di provare a sentire un giovane molto bravo, un assistente universitario di latino, che forse era disposto a darmi qualche lezione: "Vai a trovarlo!". Ricordo che andai a casa sua e lui mi chiese: "Ma tu sai il latino?" Ed io: "L'ho fatto alle scuole medie". Prese il *De Bello Gallico* e mi fece leggere qualche frase; dopo di che si mise le mani nei capelli! Decisi ugualmente di andare avanti. Ricordo quando arrivai al momento di fare domanda per l'esame di stato, come privatista. Alcuni mi consigliavano: "Chi te lo fa fare di fare l'esame a Firenze, tu come privatista puoi scegliere, vai a San Miniato che è a mezza strada tra Firenze e Pisa, perché lì c'è un liceo scientifico dove sono probabilmente più indulgenti". Ma l'idea di andare a San Miniato non mi sorrideva; allora dissi: "Io provo a fare l'esame qui a Firenze". E feci l'esame. Ci fu un poco da ridere! Non per vantarmi, ma fui l'unico in tutto il liceo scientifico di Firenze che prese otto in latino alla maturità; perché mi ero divertito! Adesso non saprei leggere una lapide! Leggere Socrate e Platone era stato estremamente interessante, mi ero anche divertito da pazzi a leggere il Don Chisciotte in spagnolo. Dovetti infatti studiare una lingua straniera e mi rifiutai di studiare il tedesco e fare l'esame di Tedesco e decisi di studiare Spagnolo. Per fortuna conobbi il vice console spagnolo a Firenze e lui mi dette un po' di istruzioni su come si studia lo spagnolo in pratica; io lo feci e lessi in spagnolo, con grande gusto! Alla maturità successe che i miei voti più scadenti furono in fisica; se ben ricordo furono l'unico sei o sette che presi alla maturità, perché, in realtà, io mi ero letto il libro di Fermi per i licei, e non lo avevo capito a fondo, ma avevo tante altre cose da studiare di cui non sapevo nulla, e soprattutto, devo dire, feci una fatica non trascurabile, anche perché lì non ebbi nessuno che mi istruisse minimamente. Il testo che io studiai, di matematica per i licei, e che trovai per caso, spiegava effettivamente il concetto di limite, derivata e integrale in generale, insomma spiegava il calcolo in una maniera che a posteriori non mi è piaciuta per nulla. Quindi apprendere quei concetti da solo, battendo la testa sulle definizioni del libro, non fu banale. Fu forse la cosa più difficile, ma alla fine una delle più divertenti, perché mi dava uno strumento per fare delle cose che prima non sapevo fare.

Che progetto aveva in mente?

Io volevo fare il costruttore di ponti; avendo fatto il geometra volevo fare l'ingegnere civile, questo era quello che avevo in testa! Dopo il risultato positivo dell'esame di stato, quell'assistente di latino che mi aveva dato lezione disse che effettivamente aveva perso la fiducia nella capacità degli insegnanti di giudicare, ed io, fra me e me, gli diedi ragione. Comunque andai a trovare Umberto Olobardi il quale in quel momento — non me lo aveva mai detto prima — mi disse dell'esistenza della Scuola Normale e che lui ne era stato allievo. "Visto che sei andato così bene", mi disse, "perché non provi il concorso alla Scuola Normale?". Tutto questo avvenne alla fine di luglio del '53 ed all'inizio di settembre io venni a Pisa. Ricordo che allora la Scuola era veramente ai minimi termini come numero delle persone addette, e aveva anche molti pochi soldi per funzionare, come ho capito dopo. Comunque c'era un unico impiegato di segreteria ed un cosiddetto economo, che insieme si occupavano di tutta l'amministrazione. Il segretario Mariotti mi promise di fare copia di alcuni temi che erano stati dati ai concorsi precedenti e con quello me ne tornai a casa e cercai di capire quali fossero i quesiti; ricordo quelli un po' più ostici, che si riferivano alla termodinamica, ai concetti di entropia e così via. Però li feci da solo quei compiti e dopo venni a fare il concorso e non ebbi difficoltà particolari a fare gli scritti. Quell'anno, all'inizio di novembre del '53, non erano moltissimi quelli che fecero le prove scritte; direi meno di quaranta. A posteriori si può dire però che fu un anno eccezionale. Dopo gli scritti, se uno si trovava ammesso all'orale, era naturalmente tutto contento. All'epoca il concorso era per l'ammissione alla Classe di Scienze nel suo complesso, quindi non si distingueva tra chi voleva fare Matematica, chi voleva fare Fisica, chi voleva fare Scienze Naturali, chi Chimica, oppure Antropologia.

Cosicché all'orale c'erano quesiti su tutte queste discipline. Ricordo che di Matematica c'era un certo professor Francesco Cecioni, una persona molto brava che insegnava all'Università di Pisa, di Chimica c'era Camillo Porlezza, di Scienze Naturali Mario Benazzi e poi di Fisica c'era Giorgio Salvini. Questa era la commissione che ci esaminò. L'episodio che ricordo meglio e che mi fece subito conoscere uno degli aspetti del carattere di Giorgio Salvini, fu il seguente. Dopo aver fatto l'orale delle altre materie, feci l'orale di Matematica, e dopo mi acchiappò Giorgio Salvini per la Fisica. Domande di qua, domande di là, alla fine mi chiese: "Ma tu come sei andato a Matematica?" E io gli risposi: "Mah, insomma, più o meno me la sono cavata, però non è che abbia saputo rispondere a colpo, perché erano domande che cercavano di far ragionare la persona". Si infuriò terribilmente! Non ricordo le parole precise, ma rimasi sbalordito. Ho capito poi che lui aveva parlato con il professore di matematica il quale gli aveva detto che ero andato molto bene. Questo implicava allora che io dicessi volutamente che ero andato male, e giù mi fece una sciacquata di quelle che lasciano di gesso! Il suo ragionamento era che io dicevo ipocritamente che ero andato male, invece dovevo sapere per forza di essere andato bene! Non so per quale scopo perverso io avrei dovuto comportarmi così, ma comunque... Alla fine il risultato fu molto buono. Devo dire che superare il concorso ha segnato la mia vita e così è stato anche per parecchi di quelli che vinsero il concorso nello stesso momento! C'erano: Giorgio

Bellettini, Vittorio Silvestrini, Carlo Rubbia. C'era tutta una serie di altre persone come: Bruno Barsella e Luigi Picasso; c'erano anche dei matematici, c'era almeno un chimico, in totale c'erano, mi pare, 10 posti, perché all'epoca tipicamente entravano appunto una decina per classe. Normalmente avveniva una specie di decimazione durante il primo anno, per cui, tipicamente, ne rimanevano solo due o tre al secondo anno. Per esempio: dei due anni precedenti al mio, erano rimasti come fisici solo Sergio Focardi e Paolo Franzini. L'anno precedente erano rimasti solo due matematici e un fisico, Sergio Rosati; erano numeri di questo genere al secondo anno. Al contrario, quell'anno lì, successe che al secondo anno passarono direi tutti; l'unico che non riuscì fu un amico che adesso è professore di astrofisica a Roma Tor Vergata. Fu quindi effettivamente una fluttuazione positiva, assai straordinaria.

La cosa curiosa — quella Carlo Rubbia non l'ha mai perdonata — successe appunto all'epoca del concorso, quando lui era già brillante com'è sempre stato in vita sua. Era però abbastanza evidente che pretendeva di sapere anche le cose che non aveva approfondito e devo dire che fu proprio questo che a Salvini non andò giù, tant'è vero che lui fu l'undicesimo classificato quando c'erano dieci posti; il dodicesimo corrispose ad un altro amico che poi è andato a Modena. Carlo Rubbia entrò alla Scuola solo dopo Natale, perché erano stati buttati fuori altri due dell'anno precedente. A Carlo non è bastato il premio Nobel per liberarsi dal considerare un'offesa il fatto che qualcun'altro fosse stato piazzato meglio di lui nel concorso mentre lui invece era un recuperato!

Anche Fermi non aveva mai perdonato la commissione che non gli aveva fatto vincere la cattedra di Fisica Matematica a Cagliari; fortunatamente, perché poi invece vinse quella di Fisica Teorica a Roma, creata su misura per lui. Forse perché queste sensazioni, legate a situazioni emotivamente importanti, restano per sempre.

Ma la cosa curiosa è che Carlo ne continua a fare — anche se solo scherzosamente — una colpa, non tanto alla commissione esaminatrice, ma a quelli che erano stati classificati meglio di lui!

Comunque resta il fatto che eravate un gruppo brillante e vi stimolavate a vicenda.

Fu molto stimolante. Se ho imparato qualcosa — e forse sono ingeneroso nel dirlo — non l'ho imparato tanto dai professori, quanto dalle continue discussioni, dalla dialettica durissima che avevamo fra di noi su qualunque argomento, vivendo insieme dalla mattina alla sera per quattro anni. E poi avevamo a disposizione, fin dall'inizio, la possibilità di discutere e di apprendere da quelli, anche se erano pochi, che erano venuti prima di noi e che ne sapevano infinitamente di più. Se uno aveva una cosa che doveva capire, se la girava in testa quanto voleva, ma al momento in cui voleva controllare se quello che lui aveva sistemato nella sua testa, corrispondeva alla accezione comune per quei problemi, che fosse di notte o di giorno, trovava quello che gli poteva dare l'informazione giusta. Quella fu una gran cosa, non certo le lezioni formali che venivano fatte, anche se alcune erano di ottimo livello, per esempio: quelle di Fisica Teorica di Elio Fabri e di Luigi Radicati. Per carità, non voglio diminuire l'impatto dell'insegnamento in aula, ma quello che era vera-

mente formativo al massimo era il contatto e la dialettica con gli altri, perché quando uno considera di essere sullo stesso piano, lo scambio è molto più efficace, diciamolo pure!.

Nel corso degli studi universitari, quali sono stati gli aspetti che hanno avuto particolare rilevanza rispetto ai suoi interessi?

Non ebbi difficoltà particolari e una persona che apprezzai molto, perché insegnava bene, era Carlo Cattaneo. Lui veniva dalla scuola di Antonio Signorini, da Roma; teneva il corso di Meccanica Razionale. Era un didatta accurato, molto accurato.

C'era Radicati che faceva il corso di Fisica Teorica...

Radicati arrivò quando noi eravamo al terzo anno e tenne il corso di Istituzioni di Fisica Teorica al terzo e quarto anno, mentre per la Fisica Sperimentale, da qualche anno, c'era Marcello Conversi, venuto dopo Luigi Puccianti e poi Salvini, ma per un periodo breve, perché poi andò via da Pisa, alla fine del '54. C'era anche un'altra persona che ha fatto del lavoro eccellente, veramente bravo, ma con cui all'epoca avevo pochi rapporti: Adriano Gozzini. Io ho seguito il corso di Fisica Sperimentale di Conversi al primo e al secondo anno. Il corso non aveva nulla di sperimentale; al primo anno si usava il libro di Bernardini ed al secondo quello di Amaldi.

Quindi era la Fisica Generale.

Sì, la Fisica Generale come si faceva dappertutto. I due professori ordinari si alternavano; chi capitava un certo anno dispari seguiva con Conversi tutti e due gli anni; chi capitava nell'anno pari lo faceva con Salvini. Successivamente, a Pisa è venuto Gherardo Stoppini, con cui sono stato molto amico, ma è venuto più tardi, direi intorno al '64, quindi non ha influito sul corso. Tra i professori più significativi oltre a Conversi, per quanto mi riguarda, c'è stato Elio Fabri, che faceva una specie di corso di Fisica Superiore, che però consisteva in Meccanica Analitica e anche in certi aspetti di Relatività; e poi, come ho detto, Carlo Cattaneo e Luigi Radicati. Mentre un disastro fu Ugo Bordoni, ma stette solo un anno o due, intorno al '55. Credo venisse da Roma, aveva fatto qualche cosa per cui era diventato all'improvviso molto noto; aveva avuto la cattedra, ma aveva un caratteraccio e avvennero degli episodi un po' spiacevoli perché ricordo che questo signore costringeva l'assistente a seguire le sue lezioni, cosa che a Pisa non si era mai vista. Inoltre, per sua sfortuna, si trovò ad avere tra gli allievi un gruppo di persone come quelle che ho ricordato, e lui pretendeva di dimostrare teoremi mentre farfugliava cose che non quadravano. Non tutti fra di noi erano disposti a perdonargli il fatto che non quadrassero, non so se mi spiego! Da qui il grandissimo imbarazzo dell'assistente che veniva chiamato in causa e che, poverino, non sapeva che parte prendere. Bordoni aveva preso in antipatia tutto il nostro gruppo, cosicché, arrivati all'esame, inventò uno scritto in cui erano proposti dei problemi che nessuno aveva mai visto nemmeno lontanamente, quindi, arrampicandoci sugli specchi, più o meno tutti rispondemmo qualcosa. Alla fine si poté prendere la sua "vendetta", perché, per poter restare in Normale bisognava prendere una media del 27, ma soprattutto non prendere un voto inferiore al 24. Al povero Giorgio Bellettini alla fine

diede 23, proprio calibrato, per dimostrare che lui se lo poteva permettere, tant'è vero che poi Giorgio, per l'ultimo anno, venne a Roma e fece una tesi con Eolo Scrocco. Quello fu senz'altro il nostro peggiore professore. Non solo perché aveva il carattere che lo induceva a fare delle cose di quel genere, ma proprio perché era chiaro che non si preparava e non era scientificamente tollerabile quello che diceva.

Oltretutto non era assolutamente adeguato alla situazione!

No! Poi invece, al momento della tesi, devo dire che ci furono delle circostanze particolarmente favorevoli. Molti di noi fecero la tesi con Marcello Conversi naturalmente; per esempio: Carlo Rubbia fece una tesi sulla ricerca di una particella che sembrava essere stata intravista — 550 masse elettroniche — andando su e giù al rifugio dei Sabbioni, alla diga; alla fine si scoprì che la particella non esisteva, dopo tanta fatica! Però nel '56 Jack Steinberger aveva preso un anno sabbatico e ne passò una parte a Bologna e una parte a Pisa, essendo un grande ammiratore di Marcello Conversi. Era anche un grande ammiratore di Gian Carlo Wick e di Enrico Fermi di cui era stato allievo nel '48 a Chicago. Però Jack era veramente impressionato da Gian Carlo Wick, come uomo e come scienziato, soprattutto come uomo, e da Marcello Conversi. Fu infatti proprio in conseguenza dell'esperimento di Marcello Conversi, Ettore Pancini e Oreste Piccioni che da teorico decise di diventare sperimentale. All'epoca Jack era assistente di Gian Carlo Wick a Berkeley e fu poi il primo a provare che il decadimento del mesone μ non era a due corpi, perché lo spettro di energia dell'elettrone era continuo. Seppe dell'esperimento Conversi-Pancini-Piccioni direttamente durante un seminario fatto da Fermi a Chicago, in cui spiegò come appunto, con questa misura, si potesse escludere che questo fosse il mesone postulato da Yukawa quale portatore dell'interazione tra i nucleoni: non escludendolo approssimativamente, ma per un fattore 10^8 ! Gli piacque tanto che qualcuno avesse individuato un esperimento che permetteva, in una botta sola e con mezzi così semplici, di ottenere un risultato così solido, che fu indotto a dedicarsi alla fisica sperimentale piuttosto che a quella teorica. Credo che già allora lui avesse fatto un calcolo che riguarda la vita media del π^0 con il così detto diagramma triangolare, calcolo che ha ancora una sua validità.

Appena divenne disponibile la tecnica della camera a bolle a Brookhaven e a Berkeley, Jack la utilizzò per fare delle esposizioni, ad energie di poco più di un GeV, per lo studio delle interazioni pione-protone. Prima e durante il tempo che trascorse in Italia, furono effettivamente fatte delle esposizioni a Berkeley e al Cosmotrone di Brookhaven — dove all'epoca c'era anche Piccioni — e furono spediti in Europa molti dei rotoli di film che erano stati presi. Jack convinse Conversi e Giampiero Puppi che era opportuno dedicarsi alla analisi di questi fotogrammi; allora Paolo Franzini, che era un po' più anziano di noi, si diede da fare per costruire un sistema di riproiezione delle immagini che consentisse di fare delle misure, naturalmente manuali — non esistevano computer; avevamo solo una macchina calcolatrice meccanica "Friden". Tutto fu in realtà fatto con i regoli calcolatori.

Era venuto fuori da poco il risultato sbalorditivo che le interazioni deboli, almeno quelle che coinvolgevano i neutrini, non rispettavano l'invarianza sotto riflessione spaziale

e lì ci fu subito un quesito che si poteva porre molto chiaramente: nelle interazioni deboli, che non coinvolgono neutrini e quindi che non coinvolgono particelle di massa zero le quali hanno una chiralità definita, è vero che la parità è conservata? Oppure no? In altre parole: la non invarianza per riflessione spaziale è una proprietà generale delle interazioni deboli o è una peculiarità dei neutrini? Io ebbi la fortuna di contribuire a rispondere a questo quesito con la mia tesi, che era appunto parte dello studio fatto con Conversi, interagendo anche con Jack Steinberger. Era lo studio della non conservazione della parità nel decadimento della Λ . La Λ era prodotta da un'interazione forte e può essere prodotta polarizzata; la sua polarizzazione, se non è zero, è comunque perpendicolare al piano di produzione. Dopo uno può studiare quale sia la distribuzione angolare dei prodotti di decadimento rispetto alla perpendicolare al piano di produzione. Questa distribuzione risulta asimmetrica e ciò è effettivamente una prova inconfutabile che la violazione della parità nelle interazioni deboli accade anche quando non ci sono neutrini. Il lavoro fu graduale, perché bisognava raccogliere una statistica sufficiente. Gli eventi erano stati divisi fra più laboratori; Jack Steinberger coordinava i dati mettendoli poi insieme. Il risultato fu raccontato alla conferenza di Padova-Venezia nel '57. Così io mi laurea alla fine del '57 su quell'argomento. Era facile rimanere affascinati da tutto ciò ed aver potuto dare, sia pure in piccola parte, un contributo anche con mezzi relativamente semplici. Questa misura ha avuto un impatto molto forte sul mio modo di vedere come operare in fisica sperimentale in generale; quello era un caso specifico.

Ma lei era partito con l'idea di fare l'ingegnere, come mai poi decise di studiare fisica?

Perché quando entrai alla Scuola Normale non c'era Ingegneria, quindi uno si doveva iscrivere alla Facoltà di Scienze o rinunciare al posto in Normale. Io fui un po' incerto, ma dissi: "Chi me lo fa fare? Così effettivamente sono anche indipendente finanziariamente dalla famiglia". Per cui mi dissi: "No, io resto in Normale". Mi informai e mi iscrissi a Matematica, perché venne fuori che forse per un qualche motivo di esercitazioni, sarebbe stato più semplice. Io in realtà pensavo: al secondo anno, o alla fine del biennio, vado a fare Ingegneria. Sono stato iscritto a Matematica per un anno. Dopo di che però, stando vicino a tutti questi altri che avevano le idee più chiare di me sulla fisica, mi sono convertito. Forse non è così strano perché, il tipo di ingegneria che volevo fare io, avrebbe comportato comunque di capire le cose in profondità. Insomma: come costruire un ponte serio, che non sia inutilmente sovrappeso, ma che possa garantire di resistere anche se ci passa sopra l'esercito in marcia alla frequenza di risonanza! Per cui c'era affinità; ad un certo momento decisi: "Intanto facciamo Fisica". E così cambiai e mi spostai a Fisica. Il mio gusto per certe cose ingegneristiche ho avuto modo a volte di esercitarlo nella costruzione di oggetti che hanno a che vedere con la strumentazione; non ho mai esercitato come progettista di ponti o edifici.

La scelta di una tesi sperimentale come avvenne?

Steinberger venne a visitare Conversi, gli lasciò alcune foto, ma su carta fotografica, non c'erano i fotogrammi originali. Forse Conversi era a corto di idee, comunque un giorno

mi disse: “Guarda, prendi questa foto. Secondo te cosa c'è in questa foto?”. Io cercai di capire quelle tracce che cosa potessero rappresentare e da lì partì il discorso, perché poi, con Franzini, si cominciò a costruire questo proiettore. Si capì che ci poteva essere più di un buon argomento di tesi, perché su quelle stesse foto, oltre a misurare le proprietà relative alla inversione spaziale, furono misurati anche gli spin, le distribuzioni angolari e varie cose di questo genere. Mi trovai così coinvolto. Lavorammo molto duramente a partire dall'autunno del '56; avevo finito gli esami circa un anno prima della fine del quarto anno e quindi, a partire dalla seconda parte del '56 e per tutto il '57, mi potei dedicare alla tesi.

Perché poi gli articoli sulla non conservazione della parità vennero fuori tra l'autunno del '56 — quello di Lee e Yang — e l'inizio del '57.

Una prima pubblicazione, con la partecipazione del gruppo di Pisa, è venuta fuori prima della tesi che fu discussa a metà dicembre. D'altronde a Pisa, c'era stato già da prima, da parte soprattutto di Giuseppe Martelli e di Luciano Bertanza, un interesse verso le camere a bolle; in realtà più verso la costruzione delle camere che verso le problematiche di fisica. Oltre al lavoro di analisi dei fotogrammi cercammo poi di sviluppare delle camere a bolle di uso semplice e con possibilità d'impiego in esperimenti fattibili con i mezzi a disposizione allora. Volevamo, ad esempio, progettare una camera che potesse funzionare a circa la temperatura ambiente, mentre le camere a propano funzionano a circa 55° Celsius e quelle ad idrogeno a circa 20 °K, richiedendo perciò una delicata criogenia.

Ad un certo momento, in vista di un esperimento all'elettrosincrotrone che stava per entrare in servizio, decidemmo che la temperatura adatta per noi era quella dell'acqua dall'acquedotto di Frascati; non scherzo! Sviluppammo una piccola camera a bolle che era riempita di propano ed etano e che si poteva far funzionare alla frequenza di 5 volte al secondo. A questo ritmo elevato, però, ci voleva un sistema di compressione e espansione assai grosso, per cui fu necessario acquistare un compressore da 60 KW. L'idea era che adoperando una cameretta di questo genere, ricca in nuclei di carbonio, e che poteva espandersi all'incirca 5 volte al secondo, si potesse fare qualcosa di utile all'elettrosincrotrone, nel '59.

I protoni possono essere prodotti da reazioni di fotoproduzione; se un fotone interagisce con un protone producendo un mesone π^0 , il protone stesso rincula. Il protone di rinculo può essere polarizzato ortogonalmente al piano di produzione, anche se la parità in questo caso è conservata e pur partendo da protoni inizialmente non polarizzati. Se questi protoni polarizzati urtano un nucleo di carbonio vengono diffusi più a destra o più a sinistra a seconda della entità della loro polarizzazione. Allora, se ho dei protoni che hanno il loro spin orientato in una certa direzione ortogonale a un certo piano e questi collidono con un nucleo di carbonio, c'è una diversa probabilità che siano diffusi a destra oppure a sinistra, in funzione della entità della polarizzazione. Questo è quello che viene chiamato il potere analizzante della polarizzazione, proprio del carbonio. In una camera a bolle gli eventi di diffusione possono essere osservati. Era necessario prendere le foto solo in presenza di effettive interazioni, altrimenti si sarebbe sprecata una quantità eccessiva di film. Siccome

la camera a bolle deve essere espansa prima che arrivino le particelle, l'unica cosa che si può fare è di non sparare il flash per non impressionare la pellicola se si sa che non si è prodotto alcun evento d'interesse. Per far fronte a questo problema — in particolare con il contributo di Paolo Franzini, il più esperto fra noi in elettronica — costruimmo un sistema formato da un magnete e da alcuni rivelatori, che seguiva la traiettoria dei protoni di rinculo derivanti dalla fotoproduzione fino all'ingresso della camera a bolle; in caso di eventi considerabili dei buoni candidati, sparavamo il flash. Dopo abbiamo studiato le foto e abbiamo messo in evidenza l'asimmetria attesa.

E già questa fu una collaborazione di dimensioni apprezzabili. In realtà erano solo persone provenienti da Pisa; avevamo però un ospite sudafricano, il professor Pieter H. Stoker, venuto per un anno in Italia dalla Cape Town University. Fu un'esperienza interessante, una delle prime esperienze a Frascati.

Perché alla fine del '59 la lunga attesa era finita, il sincrotrone di Frascati era entrato in funzione e si potevano fare esperimenti. Che tipo di interesse aveva un esperimento di questo genere?

Mah, non so ben giudicare. Era un effetto collegato allo spin. Non credo che ci fossero teorie capaci di predirlo e che, a seconda del risultato, sarebbero state invalidate. Il fatto è che mancavano le informazioni, quindi era una informazione utile; si è potuta ottenere con mezzi modesti e l'esperimento aveva una sua logica. Secondo me fu molto istruttivo per noi che partecipavamo a quella attività; credo che fosse anche abbastanza utile per il laboratorio. Mi riviene in mente un episodio che può servire ad illustrare un tratto tipico del carattere di Giorgio Salvini! Un bel giorno Paolo Franzini, Vittorio Silvestrini ed io andammo a Frascati per renderci conto della situazione della macchina e del laboratorio. Erano le prime prove di funzionamento del sincrotrone. Arrivammo lì la mattina. Parla con questo, parla con quest'altro... Incontrammo Gianfranco Corazza, Gian Paolo Murtas e Giordano Diambrini. A un certo momento smisero di far le prove, andammo allora nella sala dove avrebbe dovuto essere installato il nostro dispositivo. Più tardi, verso l'ora di pranzo, andammo a presentare i nostri rispetti al Direttore del Laboratorio. Ci riceve, tranquillamente, si chiacchiera, ci fa alcune domande, qui e là... Non sapevamo di stare per cadere in un tranello! Lui ci aveva adoperato come cavie — l'ho capito dopo — per testare se le sue disposizioni draconiane sulle regole d'accesso alla sala sperimentale fossero state effettivamente rispettate oppure no! Quando gli si disse che avevamo visto la zona dove doveva essere installato il nostro dispositivo, Salvini si fece scuro in volto e si bloccò tutto; venne fatta una chiamata generale: Icilio Agostini, Giorgio Ghigo, Romano Toschi, Gianfranco Corazza; almeno questi quattro me li ricordo con i miei occhi, lì, sull'attenti! a rispondere del fatto: "Come si erano permessi di non aver imposto agli operatori l'utilizzazione dei *birilli*?" I birilli erano stati istituiti da pochissimo; consegnandone, anche uno solo, ad un visitatore, si rendeva impossibile il funzionamento della macchina. Chiunque andasse nella sala sperimentale superiore, nella zona in cui si poteva essere esposti alle radiazioni, doveva prendere uno di questi oggetti con sé. Noi non li avevamo presi! Però la regola, tanto per non saper né leggere né scrivere, doveva applicarsi comunque! Una

scena incredibile! Ci sentivamo nei confronti di questi altri, come dei delatori, come delle spie! Insomma: questo fu il nostro primo impatto con il Laboratorio di Frascati!

Dopo di che, invece, tutto fu abbastanza tranquillo, l'esperimento funzionò bene. Passavamo a volte delle notti intere a prendere dati; non tutte erano sempre efficienti; a volte ci siamo goduti Alessandro Alberigi Quaranta a cui piaceva cantare dei pezzi di lirica da un esperimento accanto; il suo canto era sperimentalmente l'unico modo per far tacere i grilli alloggiati nel canalino dei cavi dove facevano il loro coro nel mezzo della notte, malgrado le rumorose espansioni della camera a bolle: pum-pum-pum-pum, cinque volte al secondo. Una notte ci eravamo fatti preparare un thermos di caffè e ci fu detto, verso mezzanotte, che il sincrotrone non avrebbe potuto funzionare fino al giorno dopo; allora, prima di andare via, ci bevemmo il caffè e quella fu una volta in cui non abbiamo dormito per nulla perché non ci eravamo resi conto che, alla mensa del laboratorio, il thermos lo avevano riempito con tanti espresso. Bevemmo caffè in così grande quantità, come se fosse il caffè fatto con l'orzo durante la guerra. Per noi fu una bomba di caffeina!

Questo fu il periodo più o meno meno successivo alla laurea. Quale era la sua posizione?

La situazione era completamente diversa da quella del giorno d'oggi, perché altrimenti non sarei rimasto. Avrei fatto qualche altra cosa, mi sarei dedicato di nuovo all'Ingegneria od a sfruttare il mio diploma di geometra; tutti gli ex compagni di scuola hanno fatto soldi e stanno benissimo. No, io mi laureai nei primi giorni di dicembre e già dal 15 dicembre fui incaricato di un corso di Laboratorio di Fisica. Come professore incaricato, mi trovai ad insegnare e a fare esami anche a persone ben più anziane di me, perché allora gli studenti del biennio erano tutti insieme, anche gli ingegneri, e molti erano ritardatari. Inoltre, non immediatamente, ma direi un anno dopo, fummo associati all'INFN e diventammo rapidamente R5. Naturalmente poteva benissimo succedere che, alla fine dell'anno, non ci venisse rinnovato il contratto di professore; erano contratti temporanei, però esistevano! All'epoca, l'insieme dei professori e degli assistenti dell'Istituto di Fisica si contava sulla punta delle dita; ma no, non ci volevano tutte e due le mani, ne bastava poco più di una, mettendoci tutti gli assistenti; quindi non si poteva giudicare quali fossero le possibilità di sviluppo. Quello che successe è che, verso la fine del '60, fu chiamato Carlo Franzinetti a Pisa e contemporaneamente andò via Marcello Conversi, che rientrò a Roma. Quello fu un evento importante, perché Franzinetti giustamente ci disse: "Non dovete essere provinciali, la prima cosa che dovete fare è conoscere il mondo! Andate all'estero!". Aveva perfettamente ragione, anche se questo presentava qualche incognita. A me consigliò di fare il concorso per una borsa per gli Stati Uniti, denominata "Borsa Nato", che mi fu effettivamente assegnata. Franzinetti aveva preso contatto con Bernard Feld al MIT; io sapevo solo che sarei andato lì per utilizzare questa borsa. Dal MIT David Frisch — con il quale poi ho lavorato e che è anche stato veramente un buon amico — mi mandò il fotogramma di un oggetto che si faceva molto fatica a capire cosa fosse. In effetti era una camera a scintilla, invece che una camera a bolle. Il grosso vantaggio di una camera a scintilla è che si può decidere, a posteriori, dopo che si è prodotto l'evento, se effettuarne

o no la registrazione sparando l'alta tensione che provoca le scintille, invece che espandere a priori. Quello fu il grosso progresso dovuto a James Cronin. Allora di questo oggetto c'era solo una immagine; cercai di capire di cosa si trattasse. Poi l'oggetto lo vidi effettivamente perché, nell'ottobre del '61, armato di moglie e di un figlio non ancora in grado di camminare, andai a Brookhaven, dove il gruppo del MIT lavorava. Ci siamo rimasti un po' più di due anni; dopo ho proseguito dall'Italia la collaborazione con il gruppo perché, proprio mentre stava finendo il periodo di estensione per un secondo anno della borsa, si era trovato un promettente filone di ricerca; i colleghi americani mi diedero quindi la possibilità di continuare a lavorarci sopra, andando per periodi di due o tre settimane per volta a prendere i dati; contemporaneamente a Pisa misi su un gruppo che potesse farne l'analisi.

Quindi fu un'esperienza molto preziosa, che oltretutto la inserì in un circuito internazionale.

Sì, quello fu un periodo molto molto interessante; ci permise di fare del lavoro in competizione con il CERN, ed anche, da un certo punto di vista, vincente. All'epoca in Europa non c'era altrettanta esperienza che negli Stati Uniti e l'AGS, pur entrando in funzione parecchi mesi dopo il PS, riuscì a fare della fisica nettamente più significativa di quella fatta al CERN. Questo, secondo me, è avvenuto perché negli Stati Uniti c'erano capacità ancora non presenti in Europa. Dopo anche l'Europa è progredita, per carità, ma si sta parlando dell'inizio degli anni '60 e gli Stati Uniti avevano tradizioni di lunga data.

È stata per me un'esperienza molto positiva anche perché, tornato in Italia e mandando avanti l'analisi di questi dati, riuscimmo ad arrivare prima di un gruppo di Saclay impegnato nello stesso tipo di ricerca: lo scattering con scambio carica dei pioni. Successivamente, dopo una prima fase, decisero che sarebbe stato interessante ed anche un test cruciale della "Teoria di Regge" — che allora andava per la maggiore — studiare sempre lo scambio carica pione-nucleone, ma utilizzando una targhetta di idrogeno polarizzata, per uno studio degli effetti di spin; secondo la teoria di Regge, non ci sarebbe dovuta essere dipendenza dallo spin. Il cambiamento di polarizzazione nella targhetta avrebbe permesso la misura degli effetti di spin.

Questa targhetta polarizzata sarebbe stata disponibile attraverso il gruppo di Saclay, perché la tecnica era stata sviluppata da Anatole Abragam proprio a Saclay. Abragam aveva inventato il sistema di pompaggio nel quale la polarizzazione statica degli elettroni, imposta da un forte campo magnetico, veniva trasmessa gradualmente ai protoni; bastava cambiare di pochissimo la radiofrequenza applicata alla targhetta per produrre una inversione della polarizzazione. Allora, senza perturbazioni apprezzabili, ma semplicemente invertendo la polarizzazione, uno poteva mettere in evidenza gli effetti di spin in un modo praticamente immune da errori sistematici. Il gruppo di Saclay era all'epoca ben dotato di mezzi strumentali; Saclay era un laboratorio importante anche per fini al di fuori della ricerca di base. In particolare aveva la disponibilità di questa targhetta che poi fu adottata anche dal CERN. Loro furono abbastanza gentili e invece di fare le cose in modo autarchico, visto che avevamo fatto esperienze di scambio carica a Brookhaven, mi invitarono a lavorare con loro, insieme al piccolo gruppo che si era costituito a Pisa. Fu nel '65 e

poi naturalmente sono rimasto molto amico con queste persone ed abbiamo collaborato a lungo insieme.

Quindi siete stati tra i primi gruppi completamente esterni che hanno lavorato al CERN.

Il gruppo di Saclay, era stato il primo in assoluto a fare una misura al PS del CERN senza collaboratori appartenenti al personale del CERN; poi la continuazione con la targhetta polarizzata fu il secondo caso in cui un gruppo esterno al CERN, che non aveva né fisici né tecnici del CERN, ebbe la possibilità di fare un esperimento al PS. Fino ad allora il criterio adottato dal laboratorio era che gli esperimenti venissero fatti dallo staff del CERN, non dai gruppi esterni. Ciò era forse giustificato nel caso della costruzione di grosse camere a bolle, che richiedevano mezzi ed avevano difficoltà tecniche molto considerevoli. Adesso le cose sono cambiate. Quello fu comunque il primo caso in cui la direzione scientifica venne convinta ad accettare proposte da gruppi completamente esterni al CERN, impegnandosi solo a fornire il fascio.

Come riusciste a convincere il CERN? Chi erano i vostri interlocutori?

Era la così detta divisione EP — “Experimental Physics” — i cui responsabili erano abituati a vedere le esperienze fatte solo dai loro colleghi del CERN. Io credo che lì contò molto il fatto che Saclay avesse le spalle grosse e che in particolare possedesse questa tecnica delle targhette polarizzate. Il CERN l’ha poi importata, assumendo anche personale di Saclay che ci aveva lavorato sopra; non erano oggetti banali. . . Naturalmente una volta aperta una strada proficua, si va avanti!

Quindi in questo senso siete stati pionieri. . .

In un certo senso, nella sociologia degli esperimenti, sì! Il numero di persone era limitato: 5 o 6 persone da Saclay con i loro tecnici e 3 o 4 da Pisa. Questi erano i numeri, come per tutti gli esperimenti precedenti. Ciò permise di farsi un’esperienza, di acquistare una certa fiducia in noi stessi, di capire come si costruiscano certi strumenti e come si possa definire una linea di ricerca relativamente autonoma. È risultato importante che il CERN sia stato disponibile a fornire il fascio.

Come era composto il gruppo di Pisa?

Era un gruppo piccolo: c’ero io con quattro o cinque giovani, tutti laureati con me. C’era Franco Sergiampietri e c’era Angiolino Scribano. Mah! Bisognerebbe che riguardassi la lista degli autori. . . C’era Giuseppe Pierazzini naturalmente, il mio primo laureando.

Come si era formato il gruppo nel tempo?

Si era formato dal momento in cui io ritornai a Pisa con i dati raccolti a Brookhaven, alla fine del ’63. Fu messo su un sistema di misura specifico per contribuire in maniera importante all’analisi dei dati raccolti a Brookhaven. A Pisa, rispetto al gruppo del MIT, avevamo più esperienza nell’analisi dei dati di camera a bolle e potemmo utilizzare dei

sistemi di misura già esistenti, semplificandoli ed adattandoli per la camera a scintilla. Fu anche molto utile il fatto che esistesse già una vera organizzazione e “scanners” esperti.

In precedenza aveva accennato al fatto che due persone si erano già occupate di camere a bolle a Pisa.

Uno era Luciano Bertanza — che ora viene di rado perché è in pensione, pure mantenendosi in contatto — e l'altro era Giuseppe Martelli.

Come avevano iniziato questa attività?

L'avevano sviluppata in proprio! Per maggiori dettagli bisognerebbe sentire Bertanza. Ricordo bene che la camera a bolle fu scoperta nel '53. Era un nuovo rivelatore con grande potenzialità che poteva essere costruito con varie dimensioni e caratteristiche. Precedentemente a Pisa avevano anche costruito una camera di Wilson per ricerche sui raggi cosmici, ma non sono al corrente di alcun risultato significativo. Quando arrivai in Istituto c'era già questo gruppo — di cui Martelli era la persona più anziana — con Bertanza che cercava di definire un progetto per una camera a bolle. In Istituto c'era anche una forte attività per il sincrotrone perché una parte della progettazione e delle idee ebbero origine a Pisa. Alcuni cercavano di fare delle cose pratiche; per esempio qui a Pisa c'era la Saint Gobain e ho visto prototipi di ciambella per la camera a vuoto del sincrotrone fatti di vetro metallizzato. Io ho seguito un corso di elettronica svolto da Italo Federico Quercia prima del trasferimento a Frascati; c'era anche Franco Lepri che lavorava sull'elettronica. Insomma: una buona parte dell'attività, per lo meno nel '54, era concentrata nell'Istituto di Piazza Torricelli. Un contributo di interesse storico alla fisica sperimentale delle particelle a Pisa è dovuto a Luigi Puccianti che sviluppò le “lenti magnetiche” utilizzate nell'esperimento di Conversi, Pancini e Piccioni; la prima vera attività in questo campo è stata proprio quella della camera a bolle.

So che Conversi a metà degli anni '40 era ancora interessato ai raggi cosmici e credo che avesse fatto costruire una camera a nebbia. Ma la camera a bolle è nata proprio qui, localmente, con queste due persone che lei ha nominato.

Esatto! L'attività è proseguita per molti anni come analisi di dati. L'unico esempio di camera a bolle costruita a Pisa e che è servita per una vera esperienza di fisica — ne fu costruita anche un'altra che però non fu mai utilizzata — è quella camera a bolle a ciclo rapido portata a Frascati per misurare la polarizzazione del protone di rinculo nella fotoproduzione di mesoni π^0 .

E lei, personalmente, a parte il primo periodo in cui ha acquisito una competenza in questo settore, che contributi aveva introdotto nel miglioramento di questo tipo di dispositivi?

Discutevamo fra di noi. Io sono sempre stato uno a cui piacciono anche le cose concrete e non ho paura di sporcarmi le mani “aggeggiando” ed anche cercando di pensare a come si possa costruire un certo dispositivo. Ma all'epoca c'erano delle trasformazioni profonde;

io avevo messo insieme circuiti mediante tubi a vuoto, che adesso praticamente non si usano più. La prima elettronica veloce la vidi progettata da Paolo Franzini, realizzando delle coincidenze mediante speciali valvole ad emissione secondaria. Poi uno impara tante cose... A Frascati una tecnica deliziosa da imparare me la insegnò il buon Guido Finocchiaro; è la tecnica che permette di visualizzare le traiettorie delle particelle mediante un filo sottile, la conosce? Se la può immaginare! Si prende un filo e lo si attacca in un punto; si mette una carrucolina a una certa distanza ed al filo si attacca un pesetto in maniera da dare al filo sottilissimo e di peso trascurabile una certa tensione; poi ci fa circolare una corrente. Allora, se il filo è immerso in un campo magnetico, assume una forma esattamente simile a quella della traiettoria di una particella, purchè la corrente, la tensione e l'impulso siano in una certa relazione. Il magnete che noi utilizzavamo per deflettere verso la camera a bolle le particelle dell'impulso voluto era di forma complicata a con espansioni polari non piatte; allora, invece di fare tanti calcoli, ne studiammo le proprietà con questa tecnica. Ma come si visualizzavano le traiettorie? Nella maniera più semplice di questo mondo: bastava usare una lampada che proiettasse la luce in verticale, introdurre un piano di plexiglas e metterci sopra un foglio di carta trasparente, su cui si disegnava la traiettoria. Uno aveva visualizzato le traiettorie delle sue particelle! Questo era il tipo di cose che mi piaceva!

Questo può più o meno descrivere il tipo di attività svolta fino alla seconda fase che iniziò verso il '67. Facemmo delle proposte per lo studio di reazioni oltre a quelle di scambio carica. Richiedevano la costruzione di grandi camere a scintilla ad alto Z , che facemmo qui a Pisa; ci fu molto lavoro di progettazione meccanica, elettrica ed anche ottica, per la registrazione fotografica degli eventi. Insomma: a quei tempi un gruppo faceva tante cose anche se era composto da poche persone. Noi prendemmo una grandissima quantità di dati, registrati scegliendo apposta una pellicola invertibile, cioè quella in cui, dopo il trattamento di sviluppo, l'immagine risulta invertita: una scintilla luminosa risulta trasparente mentre il fondo risulta nero. Questo facilitava la digitalizzazione della posizione di queste scintille; le misure furono fatte a Bologna, con un oggetto che era stato costruito come uno sviluppo tecnico, ma che non era mai stato usato da nessuno. Aveva infatti una risoluzione inadeguata per le camere a bolle, ma che a noi bastava. Indovini dove fu sviluppata la pellicola, lo sa dove? A Cinecittà! Uno si doveva dare da fare per seguire tutti questi aspetti. Prendo ad esempio la macchina fotografica. Non esisteva una macchina fotografica che potesse mettere sullo stesso fotogramma l'immagine di quattro oggetti diversi; dovemmo progettare tutto un sistema di specchi, che riportasse tante immagini diverse nello stesso obiettivo. Inoltre la stessa macchina fotografica doveva prendere più foto in ogni singolo breve periodo di emissione del fascio dal protosincrotrone del CERN. Doveva quindi avanzare a scatti di 20 centimetri per volta, più di un metro di film in un secondo, qualcosa che non esisteva! Abbiamo dovuto progettare e costruire tale macchina, con tutto il suo sistema di comando. Poi dovemmo provare che effettivamente, con tutto questo sistema, si potesse fare della fisica. Le prove le facemmo a Pisa, perché avevamo anche un grosso numero di tecnici. La ragione era che la Fiat stava ridimensionando lo stabilimento di Marina di Pisa dove, prima della guerra, aveva costruito gli idrovolanti per

la famosa trasvolata atlantica verso il Brasile. Dopo la guerra a Marina venivano prodotte parti di ricambio per auto. Ci fu un periodo in cui licenziarono molti operai, in particolare quelli che erano iscritti a dei sindacati considerati nemici della Fiat. Una buona parte di questi operai licenziati furono assunti all'Istituto di Fisica, soprattutto per opera di Adriano Gozzini. Quando nel '73 fui direttore dell'Istituto di Fisica, mi ritrovai con un numero di tecnici superiore a 90, quando normalmente gli altri Istituti dell'Università di Pisa avevano due o tre tecnici, non so se mi spiego... Questo dava una serie di problemi, come si può immaginare; però, avendo una certa capacità progettuale che riguardava la meccanica, questa forza lavoro fu utilizzata per costruire le camere a scintilla ad alto Z. Questa capacità per la meccanica è stata utilizzata da più esperimenti, perché in parallelo a quello che facevo io, ci fu anche l'attività del gruppo di Giorgio Bellettini, Carlo Bemporad, Pierluigi Braccini e Lorenzo Foà che fecero a Frascati la misura dell'“Effetto Primakoff”, poi si trasferirono in parte a DESY, con successivi sviluppi. Pisa divenne sede di un numero notevole di fisici sperimentali ed anche di alcuni teorici. C'era un congruo numero di “scanners” per l'analisi delle foto delle camere a bolle, e molti tecnici meccanici ed elettronici. A proposito di tecnici elettronici, conosce la storia della CAEN? La CAEN è l'unica industria italiana che produca elettronica per la fisica delle altre energie. Nacque dall'iniziativa di due tecnici pisani: Piero Salvadori e Marcello Givoletti. Salvadori, quasi da ragazzo, cominciò a lavorare all'Istituto di Fisica. Givoletti era un perito tecnico, una persona di gran classe, con grande iniziativa, grande capacità di costruire rapporti umani. Inizialmente, dopo aver preso il diploma, Marcello andò a lavorare alla Olivetti. Nel '72 la Scuola Normale ebbe la possibilità di assumere un tecnico — io all'epoca svolgevo un corso là, ma come professore incaricato esterno — però non sapevano come poterlo utilizzare. Mi dissero allora: “Tu potresti impiegare utilmente un tecnico; se sì, noi possiamo mettere a concorso il posto”. Risposi: “Senz'altro!”. Fu fatto il concorso e tra i vari concorrenti fu selezionato questo signor Marcello Givoletti che lasciò l'Olivetti dove svolgeva dei lavori noiosi, per venire alla Scuola Normale. All'epoca la Normale non aveva alcuna attività sperimentale, per cui Givoletti venne a lavorare nel nostro gruppo in Istituto; fu associato all'INFN e fu così che per la prima volta mise piede al CERN. Dopo ha lavorato con il mio gruppo nel periodo di Serpukhov e poi gradualmente, lui e Piero Salvadori cominciarono a costruire dell'elettronica artigianalmente. Adesso la CAEN da loro creata ha, credo, più di 70 ingegneri elettronici a Viareggio; è l'azienda leader mondiale per quanto riguarda la produzione dei sistemi di alimentazione per l'elettronica dei grandi esperimenti. Credo che sia lo “spin-off” più importante dell'INFN. Io, nei limiti di quello che era corretto, li ho favoriti in pieno perché mi piace quel tipo di mentalità e d'iniziativa. Siamo rimasti in ottimi rapporti. Questo per dirle che abbiamo avuto il supporto di tecnici meccanici ed elettronici di qualità; un contributo davvero notevole!

*Forse è il caso di fermarsi e riprendere domani, è già tardi.
Non ho guardato l'orologio, sono cose che riaffiorano...*

Riprendiamo. Quando ha avuto la cattedra?

L'ho avuta nel '68, dopo aver conseguito la libera docenza nel '64.

Poi è stato anche Direttore dell'Istituto...

Quando io ebbi la cattedra fui anche fortunato, perché fui chiamato immediatamente a Pisa. Era un concorso standard per ordinario in cui venivano nominate tre persone, uno era Filippo Ferrero, che andò a Torino, l'altro, Carlo Bernardini, andò a Lecce. . . . Io mi meravigliai della sua scelta, ma allora non sapevo che fosse di Lecce. Io fui infine chiamato a Pisa. Ero il terzo della terna, quindi dovevo aspettare che gli altri avessero avuto il posto, ma lo trovarono subito. All'Istituto di Fisica c'erano solo quattro posti di professore di ruolo — adesso credo che siano ben più di trenta; erano: Nestore Bernardo Cacciapuoti, Gherardo Stoppini, Adriano Gozzini e Franco Bassani che si era appena trasferito a Roma; potei usufruire del suo posto lasciato libero. Così, dopo essere stato assistente di ruolo dal '62, nel '68 fui chiamato come ordinario di Fisica delle Particelle Elementari.

Poi nel '73 si è spostato verso il CERN e c'è rimasto alcuni anni.

Al CERN avevo partecipato agli esperimenti con Saclay ed ebbi molti altri rapporti quando fui nominato Presidente della “*Electronic Experiment Committee*”. Ebbi anche un certo ruolo, all'inizio degli anni '70, nelle discussioni per la finalizzazione del progetto dell'SPS ed in particolare delle sale sperimentali. Furono fatte, in due anni successivi, riunioni dedicate dell'ECFA a Tirrenia, che io organizzai, in vista delle decisioni che portarono a definire il progetto dei fasci di neutrini e la localizzazione dei grandi rivelatori quali BEBC, CDHS, etc. Per me questo fu un modo per rimanere in diretto contatto con il CERN, anche se in quel periodo buona parte dell'attività la stavo facendo a Serpukhov. L'acceleratore di Serpukhov ebbe, per alcuni anni, i fasci migliori e di più alta energia al mondo e c'erano accordi specifici che permettevano al CERN o a gruppi dei suoi stati membri di accedere alla sua sperimentazione. Noi abbiamo collaborato molto bene con colleghi di Karlsruhe e di Vienna nel gruppo diretto da Yuri Prokoshkin facendo esperimenti lì; in parallelo i francesi avevano installato la grande camera a bolle Mirabelle sul fascio di neutrini. Era ancora il periodo di Breznev!

Questo periodo di Serpukhov avvenne in che anni?

Fu negli anni dal '72 al '74.

Prima raccontava di essere stato membro di un comitato del CERN.

Sì, ero nel comitato che organizzò le riunioni di Tirrenia dell'ECFA nelle quali furono definiti orientamenti importanti per l'utilizzazione dell'SPS. Ricordo che John Adams era molto prudente; ad esempio: una cosa importante che fu discussa il primo anno, a suo parere, implicava un certo rischio. Riguardava la costruzione del fascio di neutrini; sarebbe stato utile costruire una caverna, nelle immediate vicinanze dell'anello della macchina; secondo John Adams, questo scavo poteva avere delle ripercussioni sulla stabilità della macchina. Ci furono varie altre decisioni importanti che furono prese sull'organizzazione delle sale sperimentali e sulle possibilità pratiche di fare della fisica al CERN con questo

nuovo acceleratore.

In pratica lei, dopo l'originaria collaborazione con il gruppo di Saclay, ha poi continuato ad avere a che fare con il CERN.

Dopo Saclay, ho collaborato con un gruppo di Karlsruhe e di Vienna andando poi insieme in Russia. Nel frattempo ho mantenuto i rapporti con il CERN, come "Chairman" del comitato EEC. Poi dal '75 sono stato al CERN per 10 anni a tempo pieno, esercitando funzioni diverse e continuando a fare fisica.

A questo punto lei era ormai un veterano del CERN, ma come mai ha poi deciso di spostarsi lì a pieno tempo?

Sì, per un periodo, a causa di un insieme di fatti che non abbiamo evocato ieri, che vanno da circa il '68 fino al '75. A parte l'attività di ricerca in Russia coincidente con una parte di questo periodo, nel '68 avevo avuto la cattedra a Pisa e dopo circa 2 anni mi fu chiesto di fare il Direttore di Sezione; accettai e quasi contemporaneamente divenni anche Direttore dell'Istituto di Fisica, non perché avessi fame di cariche di tipo amministrativo, ma perché il ricoprire entrambe le posizioni mi permise di essere più efficace nel rendere possibile la costruzione del nuovo edificio; un edificio distaccato dell'Università di Pisa, a S. Piero a Grado, a qualche chilometro di distanza dalla sede storica di Piazza Torricelli.

C'è una storia complessa relativa alla vicenda della costruzione di un nuovo edificio per l'Istituto di Fisica. Credo che una delle prime volte in cui fu menzionata ufficialmente questa esigenza fu nel 1964, quando ci furono le celebrazioni galileiane. Alessandro Faedo, il Rettore dell'Università di Pisa, dichiarò che ancora non era riuscito a mettere la prima pietra, ma che tutto il necessario per iniziare la costruzione del nuovo Istituto — collocato alla "cittadella", vicino alle mura di Pisa — era già stato fatto, anzi lo aveva già battezzato Istituto Galileo Galilei. Questo progetto fu in realtà il secondo o terzo progetto elaborato; per una serie di motivi insondabili erano stati tutti affossati. Veniva riconosciuto che perché l'Istituto di Fisica potesse svilupparsi, era necessario riorganizzare i locali in Piazza Torricelli od altri da reperire nelle immediate vicinanze. Il problema fu posto alla Facoltà, che, ad un certo momento, iniziò anche a considerare un'espansione generale, piuttosto che del solo Istituto di Fisica. C'era un terreno messo a disposizione della Facoltà di Scienze e dei laboratori del CNR nella zona di San Cataldo; ora ospita la cittadella del CNR a Pisa. Ci si rese conto che non avrebbe potuto soddisfare le esigenze di tutti ed in un modo alquanto travagliato — doveva essere la fine del '68 o l'inizio del '69, eravamo nel mezzo dell'inverno — durante una riunione di Facoltà fu deciso che tutta la Facoltà si sarebbe spostata in un terreno che costeggia la strada che da S. Piero va verso Livorno, appartenente al Demanio dello Stato ed in uso alla Facoltà d'Agraria. Era lungo 4 chilometri e largo più di 300 metri e si prevedeva che il vecchio "trammino", che andava da Pisa a Livorno passando per la costa, Marina di Pisa e Tirrenia — che era stato chiuso e sostituito con delle linee di autobus — sarebbe stato rimesso in funzione, trasformandolo in una specie di metropolitana leggera con un percorso parallelo alla strada. Ciò avrebbe

reso il posto facile da raggiungere da parte degli studenti abitanti in città. Inoltre, lì vicino, già passava l'autostrada; l'aeroporto era ad un chilometro in linea d'aria.

Veramente un bel progetto! C'era qualche riserva da parte dei matematici, perché loro non vedevano la necessità ineluttabile di doversi spostare, ma volevano semplicemente avere un maggiore spazio in città. Tutti gli altri corsi di laurea decisero che gradualmente si sarebbero spostati, cominciando da Fisica. È chiaro che creare un campus era un progetto ambizioso che implicava anche la creazione di tutta una serie di servizi. Se ci fosse stata la concordia e la determinazione da parte di tutti probabilmente si sarebbe potuto fare. Un possibile ostacolo fu eliminato da un'azione molto concreta di Alessandro Faedo. Il terreno era formalmente destinato ad attività agricole dell'Università. Approfittando del fatto che c'erano altri ampi terreni adatti per questo scopo, Faedo fece approvare una legge vera e propria che ne cambiava la destinazione, permettendone l'uso a scopo scientifico da parte di tutte le Facoltà dell'Università. Per farla breve: quello che successe alla fine è che fu costruito un edificio per l'Istituto di Fisica, specificatamente per il Laboratorio di Fisica Sperimentale — perché poi nemmeno tutti i fisici si trasferirono lì; i teorici e quelli di struttura della materia rimasero in città — e a tutt'oggi, in quel pezzo di terreno c'è solo questo edificio universitario, poi affiancato da un edificio dell'INFN. Fu l'Università che costruì il primo edificio su terreno del demanio, con fondi propri destinati all'edilizia. L'INFN non contribuì per nulla alla costruzione, solo ad una parte dell'arredamento. Siccome era previsto che fino al 30% del costo delle murature poteva essere utilizzato per attrezzature e arredi degli edifici, l'Università erogò anche questo 30%. Per cui gli impianti, le macchine, perfino una calcolatrice elettronica, furono comprati con i soldi dell'Università. Tutto ciò favorì molto l'attività sperimentale, senza troppa distinzione tra l'Università e INFN.

È chiaro che essere contemporaneamente membro della Facoltà, Direttore dell'Istituto, Direttore della Sezione INFN, mi permetteva di vedere le cose un po' in modo unitario, e questo aiutò molto. Ma non fu banale, ad esempio, ottenere l'assenso al trasferimento da parte dei tecnici. Si ricorda la storia che non c'erano più spiccioli in Italia? E quando si andava al casello dell'autostrada si poteva pagare con un assegno circolare da 50 lire? Mi hanno raccontato il perché: le monete dovevano essere coniate dalla Zecca e la Zecca aveva costruito, poco fuori Roma, un nuovo stabilimento in cui bastava pigiare un bottone e veniva fuori una cascata di monete; però nessuno degli impiegati della Zecca si voleva spostare... Così, per un lungo periodo, il Paese rimase a corto di spiccioli. La cosa fu risolta mandando, ad un certo punto, dei militari a pigiare i bottoni delle macchine! Io non avevo la possibilità di far funzionare l'Istituto con i militari e relativamente allo spostamento a S. Piero ricevevo dai tecnici domande come: "Ma come si fa? Ma dove è la mensa? Io abito in città, come faccio a andare lì?". Oppure affermazioni come: "La cosa non funzionerà!". Presi allora alcune precauzioni per prevenire possibili scuse. Una vale la pena di essere raccontata. Scoprii per caso che ogni due anni alla Camera di Commercio facevano dei corsi per conduttori di impianti di riscaldamento e di caldaia a vapore; io seguii questi corsi e sono uno dei pochissimi patentati ufficiali; tanto è vero che poi mi telefonavano a casa i proprietari dei condomini per sentire se ero disposto a

condurre le loro caldaie! Io non ho mai esercitato come conduttore di caldaie, però tutti sapevano che avevo la patente e che se un giorno il riscaldamento fosse stato dichiarato non funzionante avrebbe funzionato lo stesso, e quindi il riscaldamento ha sempre funzionato! Poi facemmo accordi con la mensa degli studenti dell'Università e via via molti problemi furono risolti. Infine tutti si resero conto che finalmente lì c'era la possibilità di lavorare in una maniera corretta con spazi e attrezzature adeguate. Queste sono state poi utilizzate per il contributo che la Sezione ha dato alla sperimentazione ad ADONE ed a tutta l'attività per Fermilab; molte parti grosse sono state costruite proprio lì a S. Piero. Poi, con il secondo edificio, c'è stata una attività molto intensa verso LHC e per lo sviluppo dei laboratori dedicati ai rivelatori al silicio. Quello fu un periodo in cui, effettivamente e con una certa soddisfazione, mi dovetti occupare di questioni organizzative.

Siamo ormai arrivati ad un momento un po' scottante. A Roma, il periodo del '68 è stato, come sappiamo tutti, un periodo terribile. Qui come stava andando? Lei poi aveva addosso questi incarichi di responsabilità!

È stato un periodo di una certa difficoltà; ad un certo punto, le cose si calmarono temporaneamente; poi però riscoppiarono. Uno dei nostri studenti fu Franco Piperno, il famoso Piperno, che poi è andato in Canada per un certo numero di anni e che ora credo insegna alla Università della Calabria. Lui, dopo un primo anno in cui apprese a fare il capopopolo, decise che aveva raggiunto una dimensione sufficiente per andare in una città più grande; si spostò a Torino, e così facendo liberò un po' Pisa! Dopo sono sorti problemi con "Lotta Continua". Ci fu anche un ben noto episodio in cui, purtroppo, in uno scontro con la polizia, morì Franco Serantini. Quindi sì, non erano momenti facili! Anche il fatto che noi avessimo questi 90 meccanici, che venivano da una storia di licenziamenti dalla Fiat, ebbe conseguenze dentro l'Istituto. Comunque non ci furono problemi maggiori. Una sola volta la polizia dovette intervenire in Istituto, ma non ci furono né morti, né, che io sappia, feriti, per lo meno feriti a un livello significativo. Arrivati più o meno al '74, l'attività era tranquillamente efficiente; non c'erano problemi particolari; il lavoro a Serpukhov si stava concludendo. Allora, essendo in relazione con il CERN nella mia qualità di Presidente del Comitato degli "esperimenti con tecniche elettroniche", quando mi fu offerto di passare un periodo al CERN, decisi di accettare. Lavorai con il gruppo di Bill Willis, con grande piacere perché — non so se lei l'ha conosciuto, probabilmente no, ma avrà forse sentito parlare di lui, si tratta di un fisico veramente molto bravo. Ha lavorato a Yale ed a Brookhaven, poi si è trasferito al CERN. Ha inventato almeno due nuove tecniche utili per la fisica delle alte energie: una è la calorimetria a gas nobili liquefatti e l'altra è il riconoscimento degli elettroni fra le altre particelle più massive tramite la radiazione di transizione.

In quel periodo Bill Willis stava mettendo su un apparato per lavorare all'Intersecting Storage Ring del CERN, allora la macchina di punta. Mi fece piacere unirmi al suo gruppo in cui ho imparato parecchie cose.

Chi faceva parte di questo gruppo?

Per un periodo c'è stata una sovrapposizione anche con Giancarlo Moneti, originariamente di Roma, che era stato il responsabile della camera a elio liquido a Frascati, ma che poi dopo andò a Brookhaven e successivamente a Syracuse ed è diventato cittadino americano; è rimasto con la famiglia a Syracuse. Ma lì, la personalità di gran lunga più significativa era quella di Bill Willis, coadiuvato molto bene da un giovane austriaco, Chris Fabjan, e poi via via c'erano dei visitatori; lui aveva mantenuto i contatti con Yale; c'erano dei "graduate students" da Yale che venivano a fare i loro PhD e c'erano anche dei giapponesi. Fu un periodo interessante.

Quali furono le problematiche affrontate inizialmente?

Le esperienze che avevo fatto sulle reazioni di scambio carica dei pioni erano utili, perché uno dei quesiti a cui si poteva cercare di dare risposta con l'apparato sperimentale montato nella intersezione "8" dell'ISR era quello relativo alla produzione di adroni, in particolare quella dei mesoni π^0 a grande impulso trasverso; questi erano indicativi di una costituzione a quark dei protoni e che poi rivelarono anche la struttura a jet delle particelle che si formavano. Il primo problema immediatamente posto fu quello di separare l'eventuale produzione di fotoni singoli molto energetici, dai fotoni di decadimento dei mesoni π^0 ; se i costituenti dei protoni erano effettivamente i quark, come si cominciava a considerare seriamente, allora questi quark, essendo carichi, potevano produrre una radiazione elettromagnetica nelle collisioni dure — ad alto momento trasverso — i fotoni singoli appunto. Sul problema dei fotoni singoli hanno lavorato almeno tre gruppi agli ISR; però — e credo di affermare il giusto — il gruppo che vide questi fotoni singoli in modo più chiaro, anche nel caso di una loro bassa percentuale rispetto a quelli derivanti dai decadimenti del π^0 , fu il gruppo di Bill Willis e compagni. C'era anche Edoardo Amaldi, con un altro esperimento che cercava di mettere in evidenza le annichilazioni di possibili monopoli magnetici in un gran numero di fotoni e Ugo Amaldi e collaboratori che studiavano anch'essi π^0 e fotoni ad alto impulso trasverso. Eventi con tanti fotoni prodotti contemporaneamente avrebbero rappresentato una possibile segnatura della produzione di monopoli magnetici — previsti teoricamente da Dirac — che però nessuno finora ha mai visto. E non li videro nemmeno loro... ma era un modo nuovo di cercarli. Gli ISR raggiungevano per la prima volta un'energia nel centro di massa mai prima ottenuta in laboratorio; era una occasione per vedere se i monopoli venissero prodotti in maniera rilevabile. Non successe! Successe invece un'altra cosa. La capacità di vedere i fotoni di alta energia con alta efficienza di rivelazione era anche utile per rivelare elettroni; accoppiata ai rivelatori a radiazione di transizione — con la capacità di distinguere bene l'elettrone da altre particelle — fece sì che si potessero rivelare coppie di elettroni e positroni corrispondenti al decadimento della Υ . Fu la prima volta che tale decadimento fu visto. La Υ era stata scoperta nella primavera del '75 da Leon Lederman a Fermilab, nel modo di decadimento in due mesoni μ . Noi, nell'aprile del '75, avevamo già dati che contenevano il decadimento di questo stesso oggetto in una coppia elettrone-positrone, però l'analisi di questi dati fu fatta con una certa calma... Forse sbagliammo! Ma c'era, mi ricordo, il Carlo Rubbia che imperversava per avere priorità nell'uso del centro di calcolo del CERN! — C'è chi è più competitivo e

chi è più tranquillo — lì, nel nostro gruppo, non c'erano persone troppo nervose... Poi a luglio, qualche mese dopo che la cosa fu annunciata, completammo l'analisi e vedemmo un certo numero di eventi che erano molto ben isolati dal fondo. Sarebbe stata una prima importante; insomma: è uno degli elementi che a Lederman ha fruttato il premio Nobel! Comunque, quello non tolse nulla alla soddisfazione di essere capaci, nell'"environment" dell'ISR, di isolare questa produzione e questi decadimenti; se vuole: è stata la prima conferma sperimentale di quello che era stato trovato a Fermilab.

Io non sono mai stato particolarmente accanito nel cercare di ottenere funzioni di tipo amministrativo o rappresentativo, però a volte è successo e quando è successo all'interno di una certa logica, di un certo ambiente, se non c'è un motivo valido per dire proprio di no, perché non accettare?! È quello che avvenne intorno al '78; una somma di situazioni a cui dire di sì, però anche di altre a cui dire di no... Perché "il troppo stroppia" e comunque non ci devono essere sovrapposizioni fra la funzione di "controllato" e quella di "controllore". In quel periodo, malgrado io fossi già da un certo tempo al CERN, fui nominato Vice Presidente dell'INFN. Era allora Presidente Alberto Gigli che si dimise quando fu nominato Rettore dell'Università di Pavia, da cui proveniva. Informalmente mi fu chiesto se io sarei stato disponibile a fare il Presidente; io dissi di no. Fare il Presidente è una responsabilità molto grossa e uno deve essere convinto di potere riuscire a farlo bene. Ma dissi di no anche perché, essendo lì al CERN, erano venute fuori delle indicazioni che poi pienamente maturarono. Il CERN aveva allora due direttori generali: c'era John Adams, come direttore generale del laboratorio che aveva costruito l'SPS, e Leon Van Hove come direttore del laboratorio, diciamo così, tradizionale. Successivamente i due laboratori furono riuniti. A un certo punto Adams e Van Hove mi chiesero di far parte del direttorato, insieme al teorico Sergio Fubini ed a Volker Soergel; la ragione era connessa ad un ampliamento del programma sperimentale. Infatti il CERN aveva deciso di seguire la proposta fatta da Carlo Rubbia per trasformare l'SPS in un anello di collisione per protone-antiprotone, con tutte le conseguenze molto positive che ne sono derivate. Seguire il resto del programma sperimentale era una cosa che mi sentivo di poter fare con una certa competenza. Ma come avevo fatto prima ed ho sempre continuato a fare quando ho avuto responsabilità gestionali, ho continuato anche a fare il mio mestiere! Trattandosi sempre di responsabilità in campo scientifico, è secondo me indispensabile che una persona continui a produrre scientificamente. All'infuori di giorni in cui c'erano delle riunioni che duravano tante ore, al CERN, la mattina, io ero disponibile per tutte le questioni che si riferivano al programma di ricerca; nel pomeriggio continuavo ad andare agli ISR interessandomi alle mie ricerche, a cui magari contribuivo meno efficacemente... Però in quel modo lì, uno rimaneva veramente in contatto e non c'era nessun trauma, né tanto meno un dramma, quando uno cessava di svolgere certe responsabilità amministrative e continuava a fare quello che era effettivamente legato alla sua professione di fisico. Perché, se uno era destinato a fare il manager, forse avrebbe avuto più spazio e chissà, anche più soddisfazione, se fosse andato da qualunque parte tra le tante industrie, servizi, enti, consorzi di questo mondo! Ah, ah, ah! Decisi che no: il Presidente non lo avrei fatto. In realtà, il giorno prima di accettare l'incarico di far parte del direttorato per la ricerca

del CERN, mi dimisi da Vice Presidente. Non era imposto, però mi sembrò ragionevole e corretto farlo. Dopo un certo periodo di tempo finì il mio incarico come membro del direttorato di ricerca perché cambiò il Direttore Generale. Herwig Schopper doveva bilanciare la composizione dei vari corpi che costituiscono l'insieme gestionale del laboratorio; non poteva avere su 5 o 6 persone, 3 o 4 italiani o cose di questo genere, ah, ah, ah! È evidente! Sono poi rimasto al CERN come "staff member" fino al 1986, continuando a fare il fisico. A partire dall'80 — e lì ho trovato effettivamente molta soddisfazione — ho avuto l'opportunità di contribuire in modo efficace allo studio sperimentale della violazione di CP. Ciò ha occupato i successivi 25 anni della mia attività scientifica e sta ancora proseguendo.

È un problema di enorme interesse!

È un problema indubbiamente affascinante da molti punti di vista. La prima scoperta di una situazione sperimentale in cui questa simmetria era violata fu nel '64, ma, guarda caso, il Nobel premiò ciò solo nel 1980. Perché? Come al solito ci sono tanti motivi per l'assegnazione o non assegnazione di qualunque premio, tanto più del premio Nobel, ma questa scoperta fu straordinaria e con altri esperimenti che seguirono a breve termine, fu confermato che, nell'evoluzione e/o nel decadimento di questi mesoni K neutri, la violazione di CP interveniva in modo essenziale. La storia poteva essere divisa in due parti: una che riguardava l'evoluzione temporale del sistema e una che riguardava cosa avvenisse all'istante del decadimento. Tutti gli effetti che furono osservati potevano essere attribuiti alla sola evoluzione temporale, senza dover chiamare in causa il decadimento. Ma questo voleva dire che la rottura di simmetria sotto CP non era così evidente come nel caso della violazione della parità, in cui uno può considerare, almeno in linea di principio, due sistemi che sono l'uno lo speculare dell'altro e che poi, nella successiva evoluzione, cessano di esserlo. Qui bisognava ammettere che un mesone K neutro non fosse una particella ordinaria, ma un oggetto fatto dalla sovrapposizione di due stati che si mescolano e che nel loro mescolamento si verifica una asimmetria. Ci vuole la meccanica quantistica! Per capire qualunque cosa ci vuole la meccanica quantistica se uno va veramente a fondo, ma questo è un effetto in cui la meccanica quantistica gioca un ruolo essenziale; ci sono altri casi di simmetria in cui non è questione di meccanica quantistica, il sistema è simmetrico o non è simmetrico. Questo non era un caso del genere! Inoltre, nessuno era venuto fuori con delle teorie o dei modelli convincenti. Negli anni '70, con lo sviluppo del Modello Standard, uno si cominciò a domandare: "Ma questa violazione di CP può essere inquadrata all'interno del Modello Standard? Oppure è una cosa che è al di fuori?". Abbiamo discusso ieri la questione della violazione della parità. Inizialmente ci si domandava: "Ma avviene solo in presenza dei neutrini, o è, più in generale, una proprietà delle interazioni deboli?". Per i K neutri la questione era di nuovo: "La violazione di CP è solo in questo processo di mescolamento, o è una proprietà generale delle interazioni deboli?". Ci si rese conto — furono Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa, prima ancora che fossero scoperte le particelle charmate — che se il modello a quark aveva una validità e se le famiglie di quarks erano almeno tre — due non bastavano, ce ne volevano almeno tre — allora si poteva introdurre un parametro caratterizzante la violazione di CP, estendendo il modello

di Nicola Cabibbo e Luciano Maiani. Si poteva infine capire che la violazione di CP è una proprietà generale della interazione dei quark, che però si manifesta con una intensità e in un modo diverso a seconda del valore degli elementi di una certa matrice unitaria — chiamata di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa. Quindi, a fine anni '70 ritornò l'interesse a sperimentare di nuovo nel campo della violazione di CP, un capitolo che era stato considerato concluso, seguendo lo stimolo della nuova prospettiva teorica e fu dato il premio Nobel a chi aveva scoperto il fenomeno *in primis*. La sfida era di evidenziare sperimentalmente una specifica conseguenza di questa interpretazione teorica.

Ed effettivamente, nell'ambito del Modello Standard con tre famiglie di quarks, doveva essere proprio una cancellazione accidentale quella che avrebbe indotto la violazione di CP ad essere apparente solo nel mescolamento e non nel decadimento. Ci si rese anche conto, in base ai primi calcoli che furono fatti, alle prime predizioni — e ancora oggi i teorici non sono capaci di fare conti molto precisi sull'argomento — che sì, ci doveva essere, a meno di cancellazioni improbabili, un effetto nel decadimento; questo fu chiamato: “la violazione diretta di CP ” invece dell'altra, indiretta, nel mescolamento. Ma il valore di questa asimmetria diretta ci si aspettava potesse essere molto piccolo, quindi era una sfida sperimentale quella di immaginarsi delle possibilità di rivelazione di questi processi, che garantissero, innanzi tutto, l'osservazione di un numero sufficiente di eventi e poi il controllo dei problemi sistematici, in maniera tale che uno non prendesse fischi per fiaschi. Quando un effetto è così sottile, bisogna che uno parta da basi solide. Qualunque principio va veramente studiato perché quasi mai viene rispettato al 100%; uno deve valutare quali siano le conseguenze se viene rispettato solo al 99.9%; cosa gli cambia. Però si deve partire da una situazione, in cui, lavorando il più accuratamente possibile ed al riparo dalla possibilità di grossi errori, si possa arrivare a stabilire effettivamente se “sì” o “no”; e se sì, quanto grande è questa mancanza di simmetria.

Quindi la sfida come l'avete affrontata?

Sperimentalmente c'era da scegliere un metodo che migliorasse di un grosso fattore quello che era stato fatto prima, perché negli esperimenti precedenti agli anni '80 erano state fatte alcune misure che avrebbero messo in evidenza l'effetto solo se fosse stato molto grosso. Queste misure però soffrivano del fatto che, quando si misurano i decadimenti di questi mesoni K , in cui l'oggetto di partenza è neutro e, per esempio, si disintegra in due mesoni π^0 ed entrambi poi si disintegrano in due fotoni, c'è il problema che uno deve rivelare questi numerosi fotoni in una condizione tale da poter ricostruire quale sia la loro origine.

C'è voluto che si sviluppassero gradualmente delle tecniche adeguate — sia specifiche dei rivelatori, sia dell'elettronica che segue i rivelatori veri e propri — per poter registrare la quantità di dati per evento e il numero di eventi che sono necessari per raggiungere questa precisione. All'inizio del 1980, un certo numero di veterani dello studio precedente della violazione di CP, che includeva Heinrich Wahl, Jack Steinberger e poi alcuni molto bravi dal punto di vista della costruzione di fasci, come Niels T. Doble etc., si misero insieme e io mi unii a loro, nel pensare come fare. Dal punto di vista della fenomenologia era già stato

chiarito che il modo più promettente per affrontare questo problema era quello di misurare un certo parametro chiamato ϵ' , perché ϵ era il parametro che caratterizzava la violazione di CP nel mescolamento e ci si aspettava che ϵ' fosse una frazione molto piccola di quell' ϵ , perciò la scelta di questo nome. In certe condizioni, uno avrebbe potuto misurare una quantità proporzionale al rapporto tra ϵ' e ϵ ; quindi, se $\epsilon' = 10^{-6}$ ed $\epsilon = 10^{-3}$, uno deve misurare solo 10^{-3} , anche se, per misurare 10^{-3} , ci vogliono almeno un milione di eventi con due π^0 . Uno dei primi esperimenti vide in totale qualche cosa come 48 oggetti che potevano essere interpretati come esempi di decadimenti di questo genere... ma qui si trattava di averne centinaia di migliaia o meglio milioni. Quindi bisognava avere un esperimento che avesse una grossa accettazione. Questo rapporto ϵ'/ϵ veniva espresso come una specie di doppio rapporto, cioè una frazione in cui al numeratore ci sono il numero di eventi di due categorie, al denominatore lo stesso: due diverse categorie; quattro categorie di eventi ed una opportuna combinazione di questi numeri è proporzionale a $1 - \epsilon'/\epsilon$. Allora uno deve evidentemente inventare un sistema in cui la normalizzazione assoluta non è influente — se si moltiplica per uno stesso fattore tutto questo numero di eventi non succede nulla — però uno deve essere sicuro che quando scrive un numero al numeratore lui abbia al denominatore esattamente la stessa accettazione! Insomma: deve essere sicuro che i numeri corrispondano effettivamente a situazioni perfettamente sotto controllo.

Allora la prima fondamentale scelta, che poi abbiamo mantenuto anche nel secondo esperimento, fu quella di assicurarsi di prendere i dati non guardando mai una sola categoria di eventi, ma almeno due, meglio ancora se quattro contemporaneamente. Il principio, da un certo punto di vista, è banale. Mettiamo che le dimensioni longitudinali dei rivelatori siano trascurabili rispetto alle loro distanze; ad alta energia, se il vertice di decadimento di una particella è qui, il rivelatore è a 100 metri di distanza... si cerca di conoscere molto bene le dimensioni trasversali di questi rivelatori, o meglio: il rapporto tra dimensioni trasversali e le distanze lungo il sistema. In queste condizioni, supponiamo di avere un evento che viene da uno stato di questi K^0 , chiamato K_S , e un altro evento che va esattamente nello stesso stato finale, ma che viene dal K_L . Supponiamo inoltre che ambedue i decadimenti provengano esattamente dalla stessa posizione e corrispondano a mesoni K della stessa energia. Allora, siccome io non ho cambiato nulla nel rivelatore tra gli istanti in cui ho osservato il K_S ed il K_L , il rapporto tra il numero di eventi K_S e K_L di questo tipo lo posso dedurre dalla mia conoscenza relativamente al fatto che fosse un K_S un K_L . Il rivelatore non lo sa, e quindi rivela gli eventi con la stessa probabilità. Applicando il metodo a tutti i membri di questa frazione uno può sperare che, con questo principio, uno sbaglio più grosso di un certo tanto non sia possibile. Poi, certo, restano problemi di fondi, di piccole correzioni, etc. E allora, sempre in entrambi gli esperimenti NA31, NA48, è stata sfruttata la tecnica di misura dei fotoni con calorimetri a gas nobile liquefatto; nel primo caso era argon. Lavorando con l'argon però, e volendo contenere lo spessore del rivelatore, non si può semplicemente adoperare un grande contenitore di argon, anche perchè, per poter assorbire lo sciame bisognerebbe fare un oggetto di diversi metri, almeno 5 metri di lunghezza. Ed è quello che fanno in ICARUS, per intendersi, Carlo Rubbia e compagni. È più pratico introdurre delle lastre di materiale ad alto Z , per

esempio piombo. Uno può contenere così le dimensioni del rivelatore, anche se il segnale utile è solo quello che si forma nell'argon, quindi risulta ridotto ed ha un errore maggiore. Poi c'è tutta la questione di come organizzare la lettura di questi depositi di energia per ionizzazione; uno può misurare le proiezioni X e Y dei depositi di energia mediante celle di dimensioni trasverse pari a quelle del rivelatore, oppure può misurare effettivamente i depositi in cellette di piccole dimensioni caratterizzate dalle loro coordinate (X, Y) e piccole rispetto alla dimensione trasversa del rivelatore. Però è chiaro che se uno ha cento celle per ciascuna di due proiezioni, ne ha diecimila in due dimensioni, quindi il tutto diventa più complesso dal punto di vista tecnico.

E va beh! Il secondo rivelatore, che è stato poi costruito per NA48, invece che usare argon ha usato il krypton, che è molto più denso ed ha un alto Z , per cui, in poco più di un metro, si assorbe completamente lo sciame elettromagnetico. Ha lo svantaggio del costo, ma quello è "una tantum" e forse uno può anche sperare di rivenderlo. Sarebbe stato possibile adoperare anche lo xenon, ma costava troppo; ci dovemmo rinunciare perché costava dieci volte tanto! Il problema del krypton è anche che deve essere superpuro perché altrimenti non funziona per nulla; una specifica era, non tanto la purezza chimica, quanto proprio la misura di un parametro legato direttamente alla "performance" di questo krypton liquido per lo scopo dell'esperimento; alla fine ce lo potemmo procurare acquistandolo in Russia — a metà del costo commerciale in Occidente — e costò più di 4 milioni di franchi svizzeri. Questo krypton è ancora lì tranquillo... Naturalmente, solo che se qualcuno cercasse di venderlo, quando avremo finito di utilizzarlo, lo deve fare con una certa cautela perché rappresenterebbe una quantità pari a circa il 50% della produzione annuale mondiale di krypton, quindi, se vuole venderlo tutto insieme, rischia di perturbare il mercato... Ah, ah, ah! Il krypton è usato, allo stato gassoso, solo per alcune applicazioni. Le principali, che io sappia, sono due: per riempire certi tipi di lampadine, oppure viene adoperato per delle indagini mediche, sfruttando il fatto che il krypton 85 è leggermente radioattivo, ma, essendo un gas nobile, può essere usato senza pericoli di effetti indesiderati di natura chimica.

Come mai lo prendevate dalla Russia?

Perché il krypton lo si ottiene dalla distillazione frazionata dell'aria, allorché si liquefa una grande quantità di aria. E chi lo faceva? Le grandi industrie siderurgiche — ma adesso lo fanno in modo diverso — per alimentare gli altiforni con ossigeno liquido. Se si liquefa l'aria e se si ritiene opportuno, uno può installare delle prese che catturano quella piccolissima frazione dell'atmosfera costituita da gas nobili; si utilizza una distillazione frazionata. Quindi una parte dal prodotto grezzo, che può ottenere da questi grossi stabilimenti siderurgici, se lo deve raffinare con vari procedimenti, in maniera tale da essere sicuro che abbia tipicamente meno di una parte di ossigeno su 10 milioni, se no non funziona per nulla! In Italia non c'erano gli stabilimenti siderurgici e comunque qui non se ne sarebbero curati, la maggiore parte non se ne curava. C'erano, si sapeva, degli stabilimenti siderurgici in Sud Africa dove l'Air Liquide aveva installato dei grossi liquefattori per ossigeno, ma allora c'era l'embargo con il Sud Africa. E poi c'erano grossi impianti in

Russia ed i russi avevano fame di valuta pregiata. Misero su un sistema per purificare il krypton a Ekaterinburg, e questo, in tante bombole ad alta pressione, fu spedito al CERN, dopo averne controllato il grado di purezza.

I russi collaborarono anche alla costruzione della parte esterna del criostato — il krypton è liquido a $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ — mentre la parte interna venne fatta dalla Zanon a Schio; tra parentesi, il tutto su disegno di un nostro ingegnere: il bravo Fabrizio Raffaelli, un giovane estremamente capace e di gran classe che riuscì a introdurre in questo progetto quanto richiesto da tutte le norme di sicurezza ed a produrlo in maniera tale che potesse essere eseguito sulle macchine della Krunicev, l'industria che produce i razzi Proton, che ha anche prodotto tutte le navicelle Sojuz che vanno nello spazio. Fu uno dei primi casi in cui la Krunicev si aprì all'esterno. Non so se lo sa; il tutto fu stimolato da una iniziativa da parte degli Stati Uniti, Giappone e Unione Europea che cercavano, in qualche modo, di dare un'occupazione a quegli ingegneri e tecnici russi che precedentemente avevano costruito armi di distruzione di massa. Allora questo consorzio ICST, mi pare si chiamasse, chiese se c'erano dei progetti in cui l'"expertise" di queste persone potesse essere utile, e poi finanziò i costi per poter dare uno stipendio a persone che si erano ritrovate praticamente disoccupate. Era meglio che le loro capacità fossero indirizzate a produrre qualcosa di stimolante tecnicamente, ma che non avesse scopi deleteri. E va beh! Il contenitore esterno del criostato fu costruito in questo contesto.

In particolare quali erano gli aspetti in cui lei è intervenuto in modo più significativo?

È difficile distinguere il contributo di uno da quello di un altro, perché in questi esperimenti che cosa succedeva? Tutte le settimane ci vedevamo ogni pomeriggio a S. Piero ed oltre a quello che uno faceva per conto suo, si discuteva; quindi le idee passavano naturalmente dall'uno all'altro. Ecco un caso che mi ricordo molto bene e che derivava addirittura dalla mia esperienza fatta con le camere a bolle; ne ho discusso parecchio con Jack Steinberger che qualche volta pensava di sapere già la risposta e quindi in una discussione si poteva benissimo addormentare... tanto poi si svegliava alla fine! Ah, ah, ah! Un caso in cui, al momento del risveglio, si accorse che veniva contraddetta la risposta che aveva in testa, fu il seguente: c'era il problema di paragonare, come dicevo prima, gli eventi dei due tipi che vengono da K_S o da K_L , che devono essere raggruppati in maniera tale che si confrontino tra di loro quelli che provengono dallo stesso posto e che hanno la stessa energia di partenza. Però non è che questi eventi viaggino con un cartellino... Sai: "Io vengo esattamente da 100 metri e ho l'energia di 79.5 GeV...". Bisogna, questi cartellini, attribuirglieli a partire dai dati che uno ha registrato; ma nell'attribuzione di questi cartellini, che ne identificano le proprietà interessanti per lo scopo che ci proponevamo, si possono fare degli sbagli; ci possono essere degli sbagli sistematici o anche sbagli di altro tipo. Comunque, uno dei requisiti essenziali che emerse è esposto in quanto segue. Ci sono quattro tipi di decadimento, più precisamente: due tipi di decadimento da due tipi di particelle. I due tipi di decadimento sono: o due pioni carichi di carica opposta o due pioni neutri. I pioni carichi uno li rivela con sistemi di tracciatura delle loro traiettorie; questi sono completamente diversi dai calorimetri in cui uno rivela i fotoni. Però, non era

solo necessario che due eventi, uno K_S e uno K_L , entrambi decadenti in due pioni carichi o neutri, fossero paragonati quando provenienti dallo stesso punto di decadimento e con la stessa energia, ma analizzando bene la situazione, era anche indispensabile che il valore dell'energia attribuita a un evento $\pi^+\pi^-$, fosse, il più esattamente possibile, nella stessa scala di energia valida per gli eventi $\pi^0\pi^0$. E questo era un problema, perché, mentre nei carichi, uno vede le due traiettorie e quindi il vertice di origine, per i neutri è tutto molto più indiretto. Però, in realtà, c'erano delle possibilità e c'erano dei vincoli che uno poteva applicare, per cui — sembrerà strano — ma alla fine venne fuori che la precisione nella misura dell'energia e la capacità di definire i vertici, in buona parte dei casi, erano migliori per i $\pi^0\pi^0$ che per i $\pi^+\pi^-$. Questo, sfruttando delle proprietà cinematiche che, alla fine, sono sicuro sarebbero venute fuori e sarebbero state utilizzate; però, all'inizio dell'esperimento, non erano state viste nell'importanza che invece avrebbero avuto! Cioè: uno i requisiti per fare un esperimento li capisce via via... Uno fa un esperimento reale, non semplicemente un esperimento ideale... Chiarire quali siano le esigenze effettive e dimostrare fino a che punto, con la sua scelta dell'apparato sperimentale, uno soddisfi quelle esigenze è un processo che prende del tempo e attraversa fasi successive.

Per esempio, se mi ricordo bene, nella prima lettera di intenzione queste esigenze a) non era stato messo in evidenza che fossero necessarie e b) non era stato capito che c'era un modo per soddisfarle. Allora può capitare che sia uno piuttosto che un altro che lo fa notare e lo mette in evidenza; poi succede... — e lì per lì c'è soddisfazione — che, alla fine, costretto a ascoltare la cosa da sveglia, uno dica: “Sì, è così!”. Tutto ciò rientra nella dialettica dell'esperimento; è uno dei tanti elementi, ed episodi così ne sono accaduti più d'uno; per cui nessuno può dire che sia il padrone intellettuale dell'esperimento! Quello che è vero è che, per tradurre in pratica e realizzare queste cose, ci vuole il contributo di tante persone e tutte devono riuscire a mantenere la loro attenzione su quegli aspetti che determinano la qualità dei dati che uno prende. Per tutta la durata della costruzione di NA31, io ero ancora al CERN ed ero direttamente in contatto con chi costruiva in pratica il calorimetro ad argon liquido. C'era anche un gruppo, ma loro erano assai indipendenti, sotto la responsabilità dell'ingegner Giovanni Muratori, che costruì le camere per i decadimenti carichi. Allora il CERN disponeva di adeguato personale — allora: perché ora il personale è stato veramente molto ridotto — ed aveva capacità tecniche di ottimo livello. Alcuni colleghi e tecnici pisani parteciparono in pieno a questo primo esperimento, in particolare con il contributo personale di Claudio Cerri e con la realizzazione del sofisticato sistema di trigger.

L'esperimento partì nel 1980 e i risultati finali sono stati pubblicati nel '92; ma il risultato che, per la prima volta, fornì una indicazione significativa per l'esistenza della “violazione diretta” di CP — ma ancora chiamato “first evidence” — fu raccontata da me nel 1987, alla conferenza internazionale di Amburgo. Quello che successe è che il gruppo americano che, dopo poco, venne fuori con risultati di una precisione paragonabile, trovò un risultato compatibile con zero, mentre noi vedevamo un effetto ad un livello di tre deviazioni standard. Tirare una conclusione definitiva in queste condizioni era difficile; naturalmente uno discute e cerca di capire cosa hanno fatto gli altri; gli altri cercano di

capire quello che hai fatto tu, per vedere i punti deboli e i meriti relativi; però, alla fine, non è che se io studio l'esperimento di un altro, in generale possa arrivare a scoprire qualcosa dalle informazioni — che sono molto parziali e che io posso avere — tale da dire: “No! Per forza avete sbagliato! Dovete modificare questo...” È poco probabile! Uno arriva a capire meglio la loro filosofia, la loro strategia, ma non riesce ad andare oltre. Per cui sarebbe rimasta lì l'incertezza su questo punto specifico, che era poi quello che aveva motivato le misure. Questo, a meno di non fare dei nuovi esperimenti con maggiore precisione!

Quindi a quel punto ripartiva un po' la sfida...

Esattamente, esattamente! E dopo un certo periodo, furono concepiti due nuovi esperimenti, uno di qua e uno di là dell'Atlantico, con caratteristiche che erano migliorate rispetto agli esperimenti precedenti e con capacità di analisi che teneva conto di tutta l'esperienza accumulata.

Quindi le novità effettive quali erano?

Da un punto di vista strumentale, mentre prima riuscimmo a fare tutto con camere e calorimetri soltanto, nel secondo esperimento fu anche introdotto un magnete, che era stato tradizionalmente usato da tutti gli altri. Poi il calorimetro fu trasformato dall'essere proiettivo all'essere invece proprio bidimensionale; questo rappresentò una grossa sfida, una cosa che ha impegnato tutta la collaborazione, meglio: una buona parte della collaborazione, perché non succede mai che tutti si concentrino su una sola cosa. In particolare devo dire che ha impegnato il gruppo di Pisa, ma con la cooperazione importante, in certe fasi, soprattutto di Saclay e di Torino. Quando io ritornai a Pisa, alcune delle persone che avevano già lavorato con me su NA31 continuarono a farlo e si aggiunse qualche altro; ma è sempre rimasto un gruppo di una diecina di persone; d'altronde credo che sia una tradizione nell'INFN che la vera “lunghezza di coerenza” superi di poco quella che può caratterizzare un gruppo più o meno locale. L'INFN non è stato capace di fare imprese che coinvolgessero veramente in modo coerente e costruttivo un gran numero di persone. Grande pregio, ma anche limitazione dell'INFN, è quello di avere stimolato l'iniziativa di tutti, nei limiti del possibile; dire di sì, salvo poi controllare naturalmente come vadano le cose, ma non cercare di imporre quella coesione che si può realizzare, per esempio, in un grosso laboratorio come il CERN o in altri grossi laboratori. Non credo che ci siano riusciti nemmeno a Frascati e tanto meno nelle sezioni. Se uno guarda il numero di esperimenti in cui sono coinvolti i pisani, è un numero straordinario rispetto al numero delle persone; sarebbe, da molti punti di vista, più razionale che ci fosse una maggiore concentrazione. Però questo vorrebbe dire “pianificazione dall'alto”, che è difficile da mantenere e da imporre. Insomma: non credo che i gruppi di ricerca in fisica delle particelle siano così complicati come un “sistema paese”, ma sappiamo che cercare di dirigere tutto centralmente non riesce. Bisogna sì, coordinare; bisogna cercare di fare in modo che le tendenze mutualmente distruttive siano ridotte; però l'iniziativa e la libertà delle persone di esprimersi è importante. Io ero tornato a Pisa e il mio impegno più grosso, a parte contribuire come al solito all'analisi dell'esperimento e a tutti gli altri aspetti, fu in relazione alla progetta-

zione e costruzione del calorimetro a krypton liquido, di cui ci prendemmo essenzialmente la responsabilità. Questo perché avevamo anche l'esperienza necessaria, visto che, oltre a me che avevo lavorato direttamente su questo tipo di calorimetri, qui a Pisa c'erano altre due persone; una era Franco Sergiampietri, che fu uno dei miei primi laureandi e che aveva lavorato con me anche a Serpukhov. A Serpukhov uno dei nostri contributi fondamentali fu quello di costruire un qualcosa che era specificamente utile per quell'esperimento, cioè una targhetta a idrogeno liquido in cui si poteva determinare la posizione in cui una particella incidente faceva una interazione; siccome poi i prodotti erano tutti neutri, questa particella produceva luce Cherenkov dal momento in cui entrava nell'idrogeno liquido fino al momento in cui interagiva, e poi smetteva di produrre luce Cherenkov. Allora, raccogliendo la luce Cherenkov prodotta nell'idrogeno liquido e misurandone la quantità, si poteva determinare la posizione dell'interazione e quindi aumentare la precisione di misura — la targhetta era di 40 centimetri di lunghezza con una risoluzione di qualche centimetro sulla posizione dell'interazione. Sergiampietri era quello che si era preso la responsabilità primaria di questa targhetta a idrogeno. Ma poi, sa come sono le cose? Essendosi abituato a lavorare in quel laboratorio, continuò a farlo anche dopo la fine dell'esperimento e riuscì ad attrarre Claudio Cerri, che era un elettronico, ma anche laureato in Fisica; una persona estremamente brava e assolutamente competente, in particolare per l'elettronica analogica a basso rumore. Questi due signori avevano assorbito tutto quello che si sapeva sulla calorimetria a gas nobili liquefatti e ne avevano sviluppati vari aspetti. Tanto che a Serpukhov fu costruito un enorme rivelatore ad argon liquido, buona parte con le loro mani, che sarebbe dovuto servire per fare fisica dei neutrini. Purtroppo, che io sappia, non è mai stato utilizzato, per vari motivi che non hanno nulla a che fare con le loro capacità. Quando questa fase di cercare di utilizzare questo enorme oggetto a Serpukhov fu finita, uno di loro, Franco Sergiampietri, ha continuato a lavorare, ed è ancora impegnato su ICARUS con Carlo Rubbia; l'altro invece, Claudio Cerri, che aveva lavorato su NA31, essendo stato un anno o due al CERN durante la costruzione del calorimetro, continuò poi con NA48. Quello che successe a un certo momento è che rientrò a Pisa dopo esser stato assunto da poco, Fabrizio Raffaelli, l'ingegnere di cui parlavo prima — che per qualche tempo era stato monopolizzato a Fermilab. Lavorarono quindi sul progetto Fabrizio Raffaelli, con un altro giovane ingegnere per la parte meccanica e criogenica e Claudio Cerri, con un tecnico, Gianfranco Pagani, che purtroppo ci ha lasciati. Io ho passato due o tre anni in cui, tutti i pomeriggi, ci vedevamo per un paio d'ore, per mandare avanti in tutti i dettagli questo progetto che ha coinvolto molti aspetti complessi. Ad esempio, per questioni di stabilità temporale e di riduzione del rumore, l'elettronica del calorimetro — il "front end", quella che produce la prima amplificazione dei segnali — è all'interno del kripton liquido stesso, quindi del tutto inaccessibile. Il calorimetro è stato chiuso ormai dieci anni fa e non è mai stato riaperto; ci sono 13.500 segnali che devono venire fuori; questo senza che entri minimamente ossigeno perché altrimenti si rovina tutto! Insomma, tutta una serie di problemi, che però è stato possibile affrontare solo dopo aver superato il problema principale: cioè il capire che struttura di elettrodi potesse essere inventata, che avesse le caratteristiche che dicevo prima, cioè che permettesse di misurare il vertice

in cui avveniva il decadimento del K° , misurarne l'energia, etc. con la precisione dovuta. Inizialmente noi avevamo fatto le nostre proposte, riportate nella lettera di intenzione, sulla base della quale fummo approvati; c'era solo uno schema di principio, quindi "un sogno" di come si potesse fare; ma tradurlo in pratica era tutta un'altra cosa; c'erano veramente delle questioni che non sapevamo come risolvere e, ad un certo momento, ci dovemmo prendere una pausa... Poi ci fu un momento decisivo nel '94, ad un meeting in Austria — c'era anche un gruppo austriaco che partecipava a un nostro esperimento — a Gmunden, sul bordo di uno splendido lago; sulla riva opposta a quella dove eravamo noi c'era una bellissima villa che si chiamava: "Toscana"; perché questo? Perché i granduchi di Lorena, costretti a lasciare Firenze al momento della unificazione con l'Italia, se ne andarono lì, e nostalgici, sul lago di Gmunden, fecero costruire la "Toscana".

In quella occasione io mostrai ai miei colleghi quali fossero esattamente i requisiti che questi elettrodi dovevano avere; ero pronto, in quel momento lì, a tornare indietro a una soluzione proiettiva piuttosto che bidimensionale, ma sempre con il kripton liquido, perché non riuscivo a vedere una soluzione che corrispondesse a tutti i necessari requisiti... Quindi io dissi: "Egredi signori, qui dobbiamo fare qualche cosa e dobbiamo essere realisti; io, per prima cosa, voglio raggiungere l'obiettivo che l'esperimento si propone e vi posso dimostrare che lo si può raggiungere anche con una geometria proiettiva". Però era vero che, se uno avesse potuto realizzare una struttura bidimensionale, allora sarebbero state aperte tante altre possibilità, che poi abbiamo sfruttato e stiamo anche adesso sfruttando. Per cui devo ringraziare il coraggio, anche se lo giudicai cieco, dei miei colleghi, che dissero: "No, non c'è nulla da fare! Bisogna farlo bidimensionale". Però nessuno sapeva come farlo... Quindi un bel discorso! Non so se mi spiego! Quando, oltre tutto, c'era una soluzione soddisfacente per lo scopo primario dell'esperimento; ma l'ambizione, specie di chi non era direttamente coinvolto a doverlo inventare, giustamente lo portava a dire: "No... no..." Per cui, dopo il meeting di Gmunden, ci fu un periodo in cui io non ci dormivo sopra ed ero incerto se dire: "Bene signori! Io ho dato il mio contributo, vi ho trovato anche una soluzione che potrebbe funzionare; se non vi piace, fatelo voi l'esperimento!". Ma, in realtà, poi, pensandoci, vennero fuori certe idee e devo dire che lì ci fu una collaborazione di molti. Come succede spesso per le cose non banali, non è che ci sia stata l'idea che immediatamente ha risolto tutto; un'idea indica una strada; su cui però c'erano delle difficoltà; se cercavi di svilupparla lì per lì, ti accorgevi che non si poteva fare! Ci vuole quindi una serie di idee, per poter poi costruire un prototipo in cui provare con sicurezza che si raggiungesse quanto voluto; ciò fu fatto e, devo dire, con grande soddisfazione!

D'altronde, che ci fosse bisogno dei requisiti che io avevo specificato in quella riunione, ce ne eravamo resi conto solo qualche mese prima, perché non erano tutti evidenti se non si tenevano in considerazione molto accuratamente certe caratteristiche dello sviluppo degli sciami elettromagnetici. Sembrava inizialmente che le tolleranze che si sarebbero dovute rispettare fossero abbastanza lasche. E invece no! Erano molto più strette di quanto avessimo pensato. La soluzione che fu alla fine trovata permise anche di incorporare una caratteristica non prevista originariamente e che passo a spiegare. Ciascuna delle celle bi-

dimensionali è lunga 1,25 metri e tipicamente i fotoni provengono da 100 metri di distanza; essendo il calorimetro di 1,25 metri di spessore, è chiaro che quando i fotoni arrivano con un certo angolo, l'asse di questi fotoni non corrisponde all'asse della cella. Però ci rendemmo conto che poteva essere adottata una soluzione ottimale; quello è stato proprio il caso in cui una idea risultò giusta, non costò nulla e poté essere adottata istantaneamente! Ma è rarissimo che ciò succeda! Quello che fu fatto riguardava i nastri di rame-berillio che determinavano le dimensioni e la localizzazione di queste celle; questi erano tenuti spazati accuratamente con una specie di fogli di vetronite lavorati con delle "slots" in cui passano questi nastri. Ne risultava una specie di ricamo, perché sono sei metri quadri di superficie perforata da 26.000 "slots" che dovevano essere realizzate con delle frese numeriche. Le frese permettono di realizzare lavorazioni che sarebbero difficili per un operatore. Se ad un operatore tu gli dici: "Mi fai 100 incisioni a un centimetro l'una dall'altra", lui ha la scala in centimetri, si sposta, uno, due, tre centimetri, non si sbaglia e fa le cose per bene... Se però gli dici: "Me le fai a 0,95 centimetri ed ogni volta 2,5 decimi in meno, quel povero operatore si deve mettere lì, fare i calcoli, ogni tanto sbaglia e ci mette il triplo del tempo! Nelle macchine numeriche no! C'è un solo parametro che dice il passo dell'operazione da fare e la macchina la ripete 200 volte per ogni linea e questo passo, io gli posso dire: "Il primo è 1 centimetro, il secondo è 0,995, il terzo punto è... L'aggiunta di fatica e tempo è praticamente zero. In questo modo le celle bidimensionali vennero fatte in maniera tale che puntassero tutte ad un "fuoco" ideale a 100 metri di distanza, invece di essere parallele tra di loro. Insomma: una idea da nulla, a cui però i nostri colleghi americani a) non avevano pensato e b) non l'avrebbero potuto implementare, per lo meno senza grossi problemi, perché invece di usare il liquido e questi nastri, loro usavano dei cristalli. E fare i cristalli tutti differenti complica molto. L'esperimento si può fare anche senza questa proprietà, ma con questa proprietà si riduce di molto la possibilità di un certo errore sistematico. Questo è un esempio di come, a volte effettivamente... Ah, ah ah! L'applicabilità delle idee dipende proprio dagli sviluppi tecnici: con le macchine ordinarie non si poteva fare, con le macchine numeriche sì. Nel nostro campo di ricerca sperimentale, quello che si poteva fare è quasi sempre già stato fatto! Quindi, uno deve essere in grado di sfruttare via via gli ultimi sviluppi tecnologici, avvenuti in generale per ragioni del tutto indipendenti ed esterne al nostro campo di ricerca.

Quindi, quando è stato che avete avuto dei risultati significativi rispetto agli obiettivi che vi eravate posti?

C'è voluto fino al 2001, 2002 per ottenere risultati finali, e questa volta coerenti fra i due lati dell'Atlantico; per cui ora il risultato è dato per acquisito, non solo da noi, ma dalla comunità internazionale. Poi noi abbiamo continuato, applicando sempre questi principi; questa volta abbiamo cercato di non fare errori grossi nel paragonare i decadimenti dei K carichi positivi rispetto a quelli negativi. Prima erano i due modi di decadimento dei K neutri e adesso è il confronto fra decadimenti di K carichi di carica opposta. Il fatto è che il Modello Standard prevede che, in questo caso, si possa misurare solo l'equivalente di ϵ' , cioè non si può dividere per ϵ e questo rende tutto molto più difficile! Però nessuno

dice che il Modello Standard sia la teoria finale; ci potrebbero essere delle deviazioni che, per esempio, Gino Isidori e tanti altri hanno esaminato. Quindi noi abbiamo deciso — visto che si poteva implementare modificando di poco l'apparato e modificando sostanzialmente il fascio — di adottare una strategia sperimentale analoga a quella precedente, tutta mirata a vedere differenze molto piccole. Questa volta abbiamo raccolto non milioni ma bilioni di dati; abbiamo 10^9 eventi; Elio Fabri e compagni ne avevano un campione di soli 53, però quei 53 costituirono un indizio che venne preso in seria considerazione da Lee e Yang nel loro lavoro sulla violazione della parità nelle interazioni deboli. Non abbiamo trovato effetti di violazione di CP al momento; stiamo continuando nelle nostre analisi e abbiamo in compenso scoperto un effetto, su cui ha lavorato Nicola Cabibbo da un punto di vista teorico. Ciò ha implicato una interazione diretta tra me e Nicola; negli ultimi mesi di un periodo in cui lui è stato al CERN, abbiamo lavorato proprio fianco a fianco... esperimento e teoria!

Sì, sì, io l'ho visto molto entusiasta di quel periodo!

E questo dipende dalla capacità dell'apparato di vedere certi tipi di eventi; cosa che, tra parentesi, non è stata particolarmente apprezzata da Luciano Maiani, nel senso che è stato molto riluttante ad approvare la nostra proposta di esperimento. Lui riteneva di sapere già la risposta... In un certo senso, a posteriori, ha avuto ragione. Maiani pensava che gli effetti di violazione di CP sarebbero stati troppo piccoli perché li potessimo osservare, malgrado che noi avessimo un numero di eventi di molti ordini di grandezza superiore a quello di qualunque esperimento precedente. Il tutto sarebbe costato molto poco al CERN, ma lui, nella sua politica di Direttore Generale, pensava forse che non fosse opportuno deflettere dalla razionalità teorica più dura che era: "Che si sapeva già la risposta...". Per cui non abbiamo riscosso grande interesse per questa seconda fase dell'esperimento; però non era di peso.

Invece quali erano le vostre motivazioni per andare avanti?

Le nostre motivazioni erano proprio di poter fare una misura anche se sapevamo che le previsioni teoriche erano tali da non permettere di controllarle direttamente; ma naturalmente nessuno impedisce che ci sia qualcosa che sia sfuggito nel calcolo teorico! L'apparato ha continuato a funzionare, il gruppo è rimasto insieme ed è stata fatta una proposta — che ora è in discussione — per misurare un certo tipo di decadimento super raro, per cui bisogna aggiungere alcune parti all'apparato; ma il calorimetro resta lì — è un capitale dell'INFN — e questa proposta non c'è teorico che non la consideri perfetta dal punto di vista strettamente teorico; cioè: quella è una misura che non si sa come farla... però è una misura che s'ha da fare! Dal punto di vista dei teorici abbiamo la benedizione... Il fatto è che il problema non è mai stato quello di fare una proposta o di fare accettare una proposta ad un comitato; il problema è di ottenere poi i risultati che uno si era prefisso; quello è l'impegno che ci vuole, il resto è ordinaria amministrazione.

C'è un altro caso in cui si è dimostrato saggio non abbandonare immediatamente la cosa, finito l'obiettivo principale di misurare e' . È quello che, guarda un po', coinvolge

adesso come ricercatore, il Presidente dell'INFN; infatti insieme a Roberto Petronzio, Antonio Masiero e Paolo Paradisi, un giovane ricercatore, l'anno scorso, hanno pubblicato un articolo teorico in cui discutono la possibilità che il rapporto tra due modi di decadimento dei K carichi, uno $K \rightarrow e\nu$, l'altro $K \rightarrow \mu\nu$, che la teoria standard prevede avere il valore di $2.45 \cdot 10^{-5}$ possa differire da quel valore lì anche di qualche per cento. Esisteva solo una misura fatta nel '76. Io l'avevo fatta rifare in via accessoria, in parallelo al nostro programma principale, da un giovane che ha preso il PhD alla Scuola Normale l'anno scorso e che ora è a Cambridge. La precisione ottenuta risultò migliore di almeno un fattore 2 rispetto alla misura precedente. In questi giorni stiamo per chiedere di avere il fascio disponibile durante l'anno prossimo in modo da migliorare di molto la precisione ed arrivare nella zona interessante per le previsioni di Petronzio, Masiero e Paradisi. Questo mentre aspettiamo che siano fatte le prove preliminari e che possano essere effettivamente assicurati i finanziamenti per fare le modifiche necessarie all'esperimento. È l'esperimento che tutti i teorici vogliono che si faccia! È per questo che ci divertiamo ancora portando avanti queste cose!

Ed LHC? Come lo vede?

LHC lo vedo come un'impresa che, personalmente, non mi attrae più di un certo tanto; è una grossa sfida tecnologica; aprirà sicuramente, come è successo per tutte le macchine, dei nuovi orizzonti di fisica. È il progetto che appunto "tira", che estende al massimo quello che si può fare al CERN. Quindi, da questo punto di vista, è il progetto giusto, è giusto che ci sia attenzione a non fare cose di ordinaria amministrazione. Però, in un certo senso, sono troppo vecchio perché la sociologia di questi gruppi con migliaia di persone mi attragga e devo dire che non deve essere facile dare un contributo significativo. Insomma: sono cambiamenti proprio epocali, cambiamenti di stile! Mentre su un esperimento come il nostro, in linea di principio, ciascuno di noi può sapere tutto, o almeno, qualcuno che si avvicina a saper tutto c'è... In un esperimento per LHC, via via uno deve aspettare che ognuno faccia il proprio gioco, etc.,etc. Dovrò vedere come riusciranno a mettere tutto in funzione...

È un'impresa di una enorme complessità... È stata paragonata, credo, ad un'impresa di media grandezza che produca però un prototipo unico, per il quale le varie parti provenivano da tutto il mondo. In questi giorni leggo — lo stavo leggendo proprio ieri l'altro — le difficoltà che hanno con l'Airbus 380 da un punto di vista tecnico — a parte le difficoltà politiche che possono essere predominanti — ma addirittura, da un punto di vista tecnico, poiché metà della fusoliera è assemblata, con tutti i cablaggi, ad Amburgo; la portano poi a Tolosa e... non la sanno mettere insieme! Viene fuori che i primi aerei prodotti dovranno avere ciascuno un manuale diverso perché proprio lì, a metà aeroplano, gli cambia il colore del tale cavo... Questo può essere causa di un disastro, che... ucciderebbe l'Airbus Industries. Cose di quel genere lì, dentro LHC, ce ne sono a decine. Io credo che il "management" del CERN non abbia fatto completamente il proprio dovere in quanto, secondo me, ha accettato di costruire la macchina in condizioni quasi proibitive. Ma devo riconoscere che era una questione di sopravvivenza per il laboratorio. Inoltre, nella scelta

delle dimensioni e della complessità degli esperimenti, sempre secondo me, il CERN, più specificatamente la direzione di ricerca del CERN, doveva essere più vigilante. Doveva cercare di introdurre degli elementi di semplificazione invece di accettare complicazioni non sempre indispensabili.

Però mi sembra che lei sia fiducioso perché dice: “È una nuova macchina che, comunque, aprirà nuove strade”.

Questo è scontato! Lì si troveranno delle cose che non si capiranno sulla base delle conoscenze attuali e quindi ci sarà un ulteriore sviluppo delle conoscenze nel nostro campo. Questo lo do per scontato!

Ma abbiamo visto le traversie che sono successe! A me è capitato anche di essere un po' coinvolto come membro dell'ERC — *“External Review Committee”*. È stata una analisi assai esauriente ed alla fine il progetto è andato avanti senza rivoluzioni eccessive. La saggezza del “management” è stata messa un po' in discussione in vari casi, ma obiettivamente, il contributo maggiore alle difficoltà in cui si è trovato il CERN fu dato dalla Germania, mi pare proprio nel '97, quando impose un taglio nel “budget” del CERN nel momento in cui ci si aspettava, secondo le regole, esattamente il contrario.

Il sistema con cui il costo del CERN è ripartito tra gli stati membri segue criteri ben precisi. In certe condizioni specifiche, per un determinato stato membro, queste regole possono essere modificate temporaneamente a suo favore. Questo fu fatto, in particolare al momento in cui la Germania Federale ha assorbito la Germania dell'Est; però, dopo 5 anni, era previsto che la Germania dovesse rientrare nelle regole. Essendo aumentato il prodotto nazionale lordo — perché non sarà stato così grande quello della Germania dell'Est, ma sicuramente il totale aumentava — uno si doveva aspettare un aumento del contributo della Germania. . . In quel momento lì, imposero semplicemente, con una pistola sul banco, una riduzione invece che un aumento. E quale poteva essere lo Stato che diceva: “Ma io sono ricco così tanto che tu, Super Germania, paghi meno di quello che devi secondo le regole e io pago di più di quello che dovrei. . .” Impossibile, no?! Politicamente, non fu ritenuto opportuno rendere edotti tutti di quali fossero le conseguenze della riduzione imposta. Dopo di che, dopo due anni, sono apparse evidenti le reali conseguenze! Secondo me, quello fu effettivamente l'atto che più ha contribuito alle difficoltà emerse successivamente. Forse lo stesso “management” del CERN non se ne rese pienamente conto; ci fu chi pensava che ci fossero ancora delle riserve, che si potessero fare dei tagli, etc. . .

In aggiunta, il Council ha imposto delle regole draconiane soprattutto sul numero di persone. Se lo scopo è di mantenere sotto controllo il budget di un laboratorio e questo indipendentemente dagli scopi e dai risultati, imporre un limite al personale è un metodo sicuro. È stata effettivamente adottata questa politica e diminuito il personale di 650 unità su circa 3.000 in totale; e questo durante la costruzione! Sapendo benissimo che, diminuendo il personale in questo modo, bisognava poi mandare fuori tante attività — ma si trattava di attività uniche, non oggetti o prestazioni che si possono comprare direttamente sul mercato.

Quindi il tutto è stato inefficiente e hanno dovuto utilizzare persone che erano andate in pensione per mandarle a controllare cosa succedeva all'Ansaldo, perché solo loro avevano l'esperienza necessaria! Questo ha portato ad interminabili ritardi ed è chiaro che un progetto che dura un anno di più costa di più; se non altro devi pagare il personale per quell'anno, no!? Ma non importa tanto che il progetto sia gestito in modo inefficiente e che costi di più. . . perché il budget annuale, comunque, si mantiene a un certo livello costante! Sembra che nel Council insistano ancora per continuare nella riduzione. . . Questo potrebbe veramente rendere difficile anche l'utilizzazione di LHC, tanto più che questi esperimenti sono stati esagerati nella loro complessità. Il 99% della fisica si sarebbe potuto ottenere con una complessità ridotta e quindi anche con maggiore efficienza e maggiore rapidità.

In ogni modo, tornando alla sociologia: tutte le epoche hanno i loro modi di funzionare. Quando io ho cominciato a lavorare, i computer non c'erano; il primo "statement", forse glielo ho detto, $A = A+B$ l'ho sentito da Elio Fabri, nel '55 probabilmente. Uno ha dovuto imparare che aveva un senso non aritmetico; voleva dire che A veniva sostituito, nella sua cella di memoria, con $A+B$. Però, per quanto uno impari, chi è nato con queste tecnologie già diffuse in casa, i computer li maneggia in una maniera molto più efficace e così avviene con le telecomunicazioni, con tutto insomma! Niente di male! I giovani fisici sperimentali ora si trovano in gruppi di 2.000 persone e si devono affermare in quel contesto; prima c'erano solo tre gatti. . . Era tutto differente! Ma il giovane brillante lo si riconosce anche ora. Certo c'è il rischio che qualcuno si trovi confinato a fare cose eccellenti, ma in un angolo così specifico, che poi. . . Quindi, può darsi che dei giovani siano un po' scoraggiati da questi fatti; e poi c'è la questione delle prospettive di carriera. Per chi vuole fare ricerca è sempre stato un azzardo. Anche nel passato nessuno garantiva che uno avrebbe avuto un posto. L'importante è che ci sia una società che riesca a utilizzare le competenze e l'educazione che queste persone hanno effettivamente maturato. Non sentirsi dire: "Vai! tu non puoi fare il ricercatore al CERN, allora, per conseguenza, ti devi demoralizzare, non sei buono a niente, non ti vogliamo a fare nulla!"

È importante che ci siano persone con delle competenze e che possano dare alla società un contributo derivante proprio dalle loro capacità!

D'altronde persone che imparino a usare la testa sono utili in qualunque attività umana.

L'importante è che ci siano persone, con formazione scientifica, che poi vadano in giro per il mondo. . .

Tra parentesi, riflettendoci, a quanto pare è più facile che questo succeda nell'ambito delle lettere; se guardo, anche adesso, alla Scuola Normale siamo sempre tre gatti. Anche prima era così. . . Ma dico: Amato, Ministro degli Interni, D'Alema Ministro degli Esteri, Mussi etc. Fino a poco tempo fa c'era Ciampi, Presidente della Repubblica. Tutti della Classe di Lettere, Mussi è un filosofo, non so se mi spiego! Ma, della Classe di Scienze, persone che abbiano avuto anche un impatto paragonabile nella politica e nella società non ne conosco!

È per questo che dicevo che sarebbe importante che persone con una forte formazione scientifica abbiano poi un peso nella società, al di là del mondo riguardante strettamente la ricerca.

Forse la base che io guardo è troppo ristretta per poter fornire una prova, ma come ho detto, ho l'impressione che i letterati se la cavino meglio, se non altro perché loro sanno parlare e sanno scrivere; e poi il tipo di argomenti che sono abituati a sviluppare è diverso, è più flessibile; la logica della politica, si fa per dire, è tutt'altro che la logica della scienza; se uno cerca di traslare certi aspetti della scienza nella politica, ti dicono: "Ma sei nato ieri? Non duri un giorno!"

Ma non è detto che si debba proprio avere l'ambizione di fare i politici...

No no, però ci sono effettivamente delle cose che fa rabbia vedere nel nostro paese. Per esempio, andando da Pisa a Roma in treno, quando il treno passa vicino a Montalto di Castro — non so quale reazione susciti in lei la vista dei cantieri per la fantomatica centrale elettrica — io mi sento ribollire! E lo stesso quando, viaggiando in macchina, mi trovo davanti a cartelli del tipo: "Comune denuclearizzato!"

Non sanno neanche loro cosa vogliono dire. Se uno lo chiede agli abitanti, non sanno bene che cosa significhi.

Abbiamo chiacchierato più di quanto avevamo preventivato...

Un record: due ore, 5 minuti e 29 secondi.

Accidenti! Beh, fermiamoci qua!

Erseo Polacco¹⁸

Erseo Polacco è nato a Brindisi nel 1929. Dopo i primi studi svolti a Brindisi e a Catanzaro nel periodo bellico, concorre e vince nel 1948 il concorso per la Scuola Normale Superiore. Si laurea in Fisica nel 1952 con una tesi di spettroscopia a microonde seguita da Adriano Gozzini. È un periodo nel quale è fortemente impegnato politicamente. Sono anche gli anni di un notevole rilancio della fisica a Pisa a seguito della presenza di Adriano Gozzini e Giorgio Salvini. Continua la sperimentazione con le microonde studiando l'effetto Cotton-Mouton, un tema che si ripresenta nel corso degli anni. Studia effetti di fisica non lineare mediante l'assorbimento di due fotoni delle microonde. Passa un periodo in Francia all'Istituto Henri Poincaré esistendo da tempo rapporti di collaborazione fra Adriano Gozzini ed Alfred Kastler. Successivamente passa un periodo in Inghilterra occupandosi di transizioni a due fotoni con laser di potenza a rubino. Tali esperienze proseguono nei primi anni '60 dopo il suo rientro in Italia. Inizia una collaborazione con Mimmo Zavattini e Gabriele Torelli utilizzando fasci di muoni per lo studio della struttura iperfina degli atomi mesici, la spettroscopia di emissione e lo studio del Lamb Shift dell'idrogeno muonico. Passa per questo un periodo al CERN dal 1974. Nei primi anni '80 si occupa con Vincenzo Cavasinni ed Enrico Iacopini di una verifica del principio di equivalenza e dello studio della cosiddetta "quinta forza" usando metodi di interferometria ottica. Ritorna a collaborare nei primi anni '90 con Mimmo Zavattini iniziando un lungo impegno nell'esperimento PVLAS nel tentativo di evidenziare effetti di birifrangenza del vuoto; PVLAS è installato da tempo nei Laboratori Nazionali di Legnaro e le misure di questo difficile esperimento sono tuttora in corso. Recentemente è tornato ad occuparsi del principio di equivalenza, collaborando con Anna Nobili alla preparazione dell'esperimento GG — Galileo Galilei — da effettuare nello spazio.

La curiosità ed i suoi interessi hanno portato Erseo Polacco a lavorare anche in campo biofisico; è stato per alcuni anni il Direttore del Dipartimento di Biofisica ed ha fondato la prima Scuola di Specializzazione in Fisica Sanitaria a Pisa.

Erseo Polacco ha svolto una notevole attività didattica, curando nel corso degli anni gli insegnamenti di Laboratorio 3, di Struttura della Materia, di Ottica.

Eccoci nel suo studio; vorrei cominciare col registrare un po' dei suoi ricordi. Lei è nato a Brindisi, mi pare.

Sì a Brindisi, però gli studi di Liceo li ho fatti a Catanzaro. Sono venuto a Pisa per fare il concorso alla Scuola Normale; l'ho vinto, non so come, perché la preparazione dei licei del Sud era sicuramente molto inferiore a quella ottenuta in Toscana o nel Nord. Comunque allora c'erano poche domande; la Scuola Normale era poco nota. In quell'occasione ho conosciuto Luciano Bertanza perché vincemmo insieme il concorso. Questo fu nel '48; erano anni di intensa attività politica; tutti i giovani se ne occupavano; c'erano anche quelli che pensavano quasi solo a studiare, ma erano relativamente pochi. Comunque i miei studi li ho fatti. La situazione all'interno dell'Istituto di Fisica era un po' confusa. C'erano pochi insegnanti; ad esempio, i corsi di Fisica Generale venivano fatti con primo e secondo anno alternati perché c'era un solo professore; quindi, chi arrivava un certo anno faceva prima Meccanica e Termodinamica, chi arrivava l'anno successivo faceva Ottica ed

¹⁸Registrazione del 10 e 11 Luglio 2009.

Elettricità.

Ancora un po' di emergenza nel periodo del dopoguerra. Come mai ha scelto Fisica?

Mi piaceva l'idea. . . Qualche piccola cosa che si era vista e mi aveva colpito in laboratorio, ma per dire la verità, quando sono arrivato alla Scuola Normale mi piaceva anche la matematica; ero addirittura incerto se fare Scienze Naturali o Fisica. Ho fatto il concorso per Fisica e ne sono stato contento, nel senso che mi sono sempre divertito, facendo le cose che mi piacevano, magari con qualche arrabbiatura. . . Perché, insomma, anche in questo dipartimento — al contrario di quello che dice Carlo Bemporad — di gente litigiosa ce ne è stata tanta; tra l'altro, anche io ho fatto la mia parte, da giovane ho fatto i miei litigi! Luciano Bertanza, ad esempio, è stato sempre uno che non ha mai litigato con nessuno, proprio un serafico. . . Mi ricorda la figura del Pio Enea.

Quindi avete seguito gli studi insieme?

Sì, sì, fino alla tesi di laurea che ognuno ha scelto nel suo campo.

Tornando un po' agli insegnamenti, chi svolgeva il corso di Fisica Generale?

Il Professor Nello Carrara, che era un docente dell'Accademia Navale di Livorno; non era professore ordinario; teneva un corso anche a Pisa. Diventò ordinario dopo; fondò a Firenze il Centro di Microonde che poi divenne l'Istituto delle Onde Elettromagnetiche. Lo ha diretto per molti anni Giuliano Toraldo di Francia, ora è diretto da Tito Arcchi. C'erano poi i professori Tullio Derenzini e Cosimo De Donatis, che erano piuttosto anziani e che tenevano i corsi di laboratorio. Poi c'era la signorina Marianna Ciccone, che andò presto in pensione, e che teneva i corsi di Spettroscopia e di Laboratorio 3°; nonostante la grande tradizione spettroscopica del Prof. Puccianti, lei, come fisica, era rimasta alla fisica pre-quantistica. Il corso di Fisica Teorica era tenuto da Derenzini e il professor Giulio Chella teneva il corso annuale di Fisica Generale per il biennio, seguito da studenti di Fisica, Ingegneria, Chimica, etc. Un'aula zeppa di gente!

Quindi non c'era una particolare attenzione per i fisici. . .

No, no, per nulla!

In quanti eravate? Perché dovevate essere pochissimi. . .

Mi pare fossimo quattro normalisti ed altri quattro o cinque; non arrivavamo a dieci studenti di Fisica. A parte Bertanza, ricordo Paolo Mittner, figlio di Ladislao Mittner, un famoso germanista. C'era anche Paolo Schiaffino, che poi andò ad insegnare a Milano. Enrico Pellegrini invece, dopo due anni come normalista, passò ad Ingegneria che lo interessava maggiormente.

Eravate proprio pochi. . . C'era qualcuno in Normale che si occupasse particolarmente dei fisici?

Mah... sempre Derenzini; era l'unico che facesse Fisica, ah, ah, ah! Inoltre la Scuola Normale in quel periodo curava di più la Matematica. C'era Landolino Giuliano che faceva per noi un corso supplementare di Matematica.

I corsi di Matematica avevano buoni insegnanti?

Sì, la Matematica aveva basi più solide, nel senso che c'era stata la presenza di Leonida Tonelli. Poi ci sono stati Aldo Ghizzetti — proveniente dall'Istituto di Calcolo di Roma — che è stato mio insegnante, ed infine Alessandro Faedo. I matematici erano molto presenti: meccanici razionali, geometri, analisti. C'era stata una grande tradizione matematica; quella in Fisica si era un po' dissolta.

I corsi specialistici e più avanzati da chi erano tenuti?

Ho già parlato di Fisica Teorica; Fisica Superiore era in mano ai matematici, più precisamente in mano ai meccanici razionali; infatti tenne il corso il professor Carlo Cattaneo, anche lui venuto da Roma e che è stato qui diversi anni. Fece un tentativo di tenere un corso sulla Relatività Generale; il fatto è che la studiava anche lui in quegli anni e, data la mentalità matematica, trattò di calcolo tensoriale, ma di fisica non ne ha quasi mai parlato... Ah, ah, ah!

Quale è il corso universitario che, secondo lei, ritiene sia stato più formativo ed interessante?

Forse alcuni corsi di laboratorio anche se non c'era molta strumentazione. In quello fatto dalla signorina Ciccone ci facevano almeno toccare gli strumenti, si ragionava, si discuteva, si trattava la teoria degli errori; certo la strumentazione era un po' antiquata. C'erano dei vecchi galvanometri molto belli e si imparava a fare le misure di basse correnti; era abbastanza istruttivo e poi dello strumento si studiava tutta la dinamica, l'equipaggio mobile, l'equipaggio fisso.

Siamo arrivati ai primissimi anni '50 ed alla tesi di laurea. Marcello Conversi insegnava qualche corso?

Conversi, appena arrivato, prese il corso di Fisica Superiore. Io avevo seguito quello di Cattaneo; poi forse seguì anche quello di Conversi. Conversi fece un bel corso, molto moderno; cominciò ad introdurre la fisica moderna a Pisa.

In quel periodo è arrivato a Pisa anche Salvini.

Sì, ma dopo il '52, quando ero già laureato. Io presi la tesi con Gozzini, forse anche per ragioni politiche perché allora ero un fanatico comunista; lo era anche lui e credo che questo abbia condizionato la scelta!

Cosa le propose come argomento?

Una tesi con la tecnica delle microonde. Si lavorava con strumenti più o meno recuperati a Camp Darby, la base americana a Tombolo; si comprava un mucchio di roba e

poi qualcosa funzionava e qualcosa no. Ho fatto una tesi di spettroscopia a microonde che però non si riuscì a concludere. Volevamo studiare lo spettro di rotazione del cianuro di bromo e la cosa strana è che non si riusciva ad averlo. In quel periodo non era in commercio e ce lo dovevamo fare da noi; la preparazione sembra non fosse complicata, ma bisognava passare attraverso l'acido cianidrico. Noi non sapevamo fare nulla; Gozzini non era un chimico e quindi facemmo ricorso ai chimici. Questi ci spiegarono tutto e ci prestarono alambicchi, provette, beute. Solamente che i chimici non avevano molta fiducia in Gozzini e tanto meno in me; allora aggiungevano sempre delle piccole quantità di reagenti per evitare che si formasse troppo acido cianidrico. In conclusione non riuscivamo a preparare il nostro composto; sabotavano! Pensavano alla nostra salute più che alla Fisica! Gozzini aveva lavorato precedentemente sull'effetto Faraday alla risonanza; voleva studiare l'effetto Faraday anomalo con le nuove tecniche a microonde. Alla tesi è associato un episodio, quello dei "pesci rossi", indicativo delle preoccupazioni dei chimici che ci istruivano. A quel tempo, nel cortile dell'Istituto di Fisica c'era una vasca con i pesci rossi curata da Otello Serraglini, che era il portiere, factotum, falegname... Curava un mucchio di cose. Era uno dei personaggi importanti dell'Istituto di Fisica. Insomma, dopo non essere riusciti a fare le nostre reazioni chimiche, siamo andati talvolta a lavare le provette alla fontanella della vasca dei pesci rossi. Una mattina venne Otello, con gli occhi di fuori, dicendo: "Avete avvelenato i pesci rossi!" "Ma no, non abbiamo fatto nulla!" Poi, gira e rigira, venne fuori che avevamo lavato i nostri vetri... Ah, ah, ah! Insomma, i chimici avevano ragione a preoccuparsi! La mia tesi rimase un po' monca! Ah, ah, ah! Feci comunque qualcosa di concreto. Avevamo un gruppo veramente piccolo: Gozzini, io ed Arriguccio Battaglia, che insegnava al liceo e che veniva nel pomeriggio. Ogni tanto venivano anche dei vecchi allievi di Gozzini o dei vecchi amici. Poi il gruppo si ingrandì. Feci del lavoro sull'effetto Cotton-Mouton, studiando con le microonde la birifrangenza indotta da un campo magnetico in prossimità di una risonanza. Racconto questo perché, in vecchiaia, ho ristudiato l'effetto Cotton-Mouton nei gas, per cercare poi di mettere in evidenza la birifrangenza del vuoto, cosa che non ci è riuscita; i corsi e ricorsi...

Quale era il progetto di fondo di Gozzini a quell'epoca?

Gozzini aveva tante idee, ma non credo avesse un vero e proprio progetto di fondo. Aveva idee sul momento; era anche molto interessato alla strumentazione. Fu uno dei primi che cercò di fare della fisica non lineare; mise insieme due klystron per cercare di provocare transizioni a due fotoni, con i fotoni delle microonde. Venne fuori un discreto lavoro, uno dei primi nel campo della fisica non lineare. Io poi sono stato un po' in Francia; al ritorno abbiamo continuato. Gozzini aveva stabilito dei contatti in Francia con Alfred Kastler ed il suo gruppo; io sono andato da loro a Parigi, con una borsa di studio per un periodo di quattro mesi. Fu la prima volta che ebbi qualche soldo in tasca, essendo ancora perfezionando della Scuola Normale. L'esperienza fu molto bella; non sapevo una parola di francese, ma andavo a teatro, uscivo. Ho anche lavorato, per la verità. Mi colpì una cosa. Io ufficialmente ero un borsista all'Istituto Henry Poincaré ed il Direttore era ancora il principe Louis de Broglie, persona straordinaria e timidissima. Vestiva in una

maniera ottocentesca ed era evidente che teneva a vestirsi in quel modo... Ogni anno teneva un corso di Meccanica Quantistica al quale andavano tutti i professori del Poincaré ed anche quelli dei dintorni di Parigi. Era una cosa terribile perché, essendo timidissimo, non guardava mai il pubblico e leggeva il suo libro di meccanica ondulatoria, proiettando ogni tanto una trasparenza e non cambiando mai il tono di voce; una cosa di una noia mortale! Quando aveva finito quasi scappava via. Gli fui presentato e sembrava che il professore, per la sua timidezza, quasi si vergognasse.

Era un po' obbligatorio andare al suo corso!

Sì, io però non ci andai più e questo non fu molto apprezzato... Ah, ah, ah! Per quel che riguarda la mia attività, mi è rimasto un elenco delle pubblicazioni. Quasi tutti i lavori sono stati fatti con Gozzini. Il primo fu quello sulla birifrangenza mediante l'effetto Cotton-Mouton. Poi abbiamo cercato di sviluppare delle tecniche per fare delle misure di assorbimento; Gozzini l'aveva inventata, ma, nel periodo in cui ci ho lavorato io, era ancora in una fase un po' grossolana; in seguito si sviluppò molto. Facemmo anche due lavoretti teorici, in collaborazione con i francesi, su problemi di paramagnetismo, pubblicati sui *Comptes Rendus*. Al mio ritorno a Pisa, cercammo di studiare la trasmissione di microonde in gas ionizzati, ma non ne tirammo fuori molto.

Ha accennato al fatto che Gozzini aveva un forte interesse per lo sviluppo di nuovi rivelatori e di nuove tecniche; per lui aveva altrettanto interesse che lo studio di un problema fisico. Ciò, in un certo senso, fa parte della tradizione pisana.

Sì, amava costruirsi le cose. Ha anche lavorato con Conversi sullo sviluppo dei "flash tubes" per la rivelazione di particelle. Quello fu un lavoro interessante che ebbe successo.

Anche Conversi sviluppava la sua strumentazione. In fondo erano persone della vecchia guardia, che erano abituate a doversi far da soli i rivelatori per un esperimento.

Successivamente gli interessi di Gozzini cominciarono a spostarsi in altra direzione. Seguendo la scuola francese, voleva fare esperimenti per cercare di mettere in crisi il principio di indeterminazione; era più o meno seguace delle idee di Einstein, ma non ebbe molta fortuna.

Cosa lo aveva stimolato ad affrontare questo tipo di problemi?

Credo il fatto di frequentare gli ambienti francesi; anche de Broglie aveva questo pallino.

Nelle relazioni internazionali Gozzini era molto legato alla Francia; come era nato questo collegamento con la Francia?

Perché, quando ero giovanissimo, Kastler era venuto a Pisa e lui e Gozzini avevano stabilito un rapporto. Quando Kastler pubblicò il suo libro di ottica — era l'edizione rivista del vecchio testo di Georges Bruhat; si chiamava ancora così, ma era stato completamente riscritto da Kastler; cosa che era avvenuta anche per il testo di ottica di Born: il Born e Wolf — ci mise dentro anche la descrizione dell'esperimento di Gozzini sull'effetto Faraday

anomalo. Kastler partecipò anche alle discussioni sui “flash tubes”.

Come proseguì l'attività?

Per la verità un po' a balzelli... Abbiamo rifatto delle esperienze di transizioni a due fotoni mediante microonde. A un certo punto ebbi delle discussioni con Gozzini e cominciai a lavorare per conto mio. Avevo sviluppato un piccolo strumento che dovetti pubblicare sui rendiconti del CNR, perché Gozzini non volle che lo pubblicassi su riviste più serie, anche se forse era un lavoro che valeva; ma insomma, pazienza! Dopo andai in Inghilterra. Le discussioni con Gozzini non erano propriamente nate da problemi scientifici, ma quando i rapporti si guastano, si guastano del tutto.

Da dove era nata l'idea di andare a lavorare in Inghilterra?

Forse per conoscere il mondo anglosassone, che chiaramente ragiona in maniera completamente diversa dalla nostra; un po' anche perché c'era un amico che già ci lavorava: Mario Iannuzzi.

Restai per un anno in Inghilterra occupandomi di spettroscopia con laser di potenza. Pensavo che in Inghilterra avrei trovato officine e laboratori più attrezzati dei nostri, invece tutti i ricercatori erano costretti a farsi tutto da soli, lavorando, per esempio, vari pezzetti al tornio; c'erano i torni e uno doveva lavorarci, talvolta chiedendo aiuto ad un tecnico. Io ho provato, ma riesco a fare ben poco! Ad esempio, le cellette ottiche si facevano partendo da tubicini ai quali dovevano poi essere applicate le finestre; allora, usando il cosiddetto “rossetto inglese”, si dovevano rendere piane le superfici strofinando piano piano, poi si appoggiavano dei dischetti di vetro e questi restavano attaccati per adesione, in modo molto più stabile che non con una saldatura. Naturalmente io non ci riuscivo! Ah, ah, ah! La cosa strana è che ci ho perso un bel po' di tempo! Con Iannuzzi facemmo un esperimento sulle transizioni a due fotoni in antracene mediante un laser di potenza a rubino. Tornato in Italia, abbiamo continuato. Avevamo un piccolo gruppo composto da Giuseppe Fornaca, da Salvatore Carusotto e da me. Utilizzando laser di potenza, facemmo alcuni studi di ottica, ad esempio sulla coerenza della luce. Nei primi anni '60 i laser cominciarono ad essere abbastanza diffusi anche se erano molto cari.

Tornando un attimo indietro, la ricerca che faceva Gozzini non era granché fatta a quei tempi in Italia; si studiavano di più le particelle elementari, i raggi cosmici, la fisica nucleare, secondo tradizioni antiche.

C'erano però dei gruppi che facevano studi di risonanza magnetica, ad esempio: a Pavia. Anche a Palermo, dove lavoravano i coniugi Palma. I nostri obiettivi di ricerca erano principalmente lo studio dell'ottica non lineare e le transizioni a due fotoni. Esistevano nel mondo gruppi ben più grandi del nostro, tuttavia facemmo anche noi cose abbastanza interessanti. Devo dire che, ad imitazione dei cambiamenti di nome del corso di Fisica Generale — Fisica, Fisica Sperimentale, etc. — io mi definivo “fisico generico” perché non ho mai proseguito in un campo abbastanza a lungo da divenirne uno specialista.

Ma lei era soddisfatto del suo lavoro? Oppure era alla ricerca di una nuova strada?

Sì, sì, un po' cercavo la mia strada, ma in realtà forse ero un po' incosciente! In quel periodo erano già finiti tutti gli interessi politici, mi erano sbolliti completamente e non me ne occupavo più molto; sostanzialmente io ero contento perché mi piaceva quello che facevo giorno per giorno, ma non ero uno che avesse le idee chiare sulle prospettive! Non sono stato così lucido, questo no! Ah, ah, ah! Vivevo abbastanza alla giornata. Poi una volta, chiacchierando e discutendo con Gabriele Torelli e Mimmo Zavattini, che stavano studiando la struttura iperfina degli atomi mesici prodotti mediante fasci di muoni, gli proposi di mettersi a studiare invece il "Lamb Shift" nell'idrogeno muonico. Ne parlammo abbastanza a lungo, l'idea piacque e cominciammo ad occuparcene. Andai a Ginevra per un paio di anni, un anno ufficialmente pagato dal CERN e poi, l'anno successivo, più o meno in congedo pagato da Pisa; la differenza nei quattrini era notevole. . . Il primo anno sono stato assai bene, il secondo ho dovuto tirare un po' la cinghia. Il nuovo esperimento mi è piaciuto molto e mi ci sono appassionato. Abbiamo fatto parecchi lavoretti. Era una fisica che non conoscevo assolutamente; c'erano gli acceleratori, i fasci di μ o di π^- , i bersagli di idrogeno o di elio. Cominciammo a studiare la spettroscopia di emissione dell'idrogeno muonico, poi cercammo di vedere se era possibile creare lo stato 2s metastabile, per poi esaminare la transizione dal 2s al 2p. L'esperimento permise di vedere, ma appena, appena, una delle righe di transizione. Io poi dovetti ritornare a Pisa e non volli continuare quel tipo di attività.

Inserendovi in quel gruppo, qual è stato il contributo che Pisa ha potuto dare?

Nella prima parte dell'esperimento abbiamo imparato le loro tecniche, come le questioni del trasferimento dei μ dall'idrogeno ad altri gas quali l'argon. Si esaminavano poi le righe di emissione della serie di Lyman, che però andavano a cadere tutte nella regione dei keV; loro avevano i rivelatori per questi raggi X. Il tentativo di rivelare le transizioni dal 2s al 2p invece implicava l'uso di lasers, di cui eravamo noi gli esperti, perché i fotoni andavano a cascare nella regione dell'infrarosso. Non voglio fare il professore e spiegare tutta la teoria del "Lamb Shift", ma mentre nell'atomo normale la transizione dal 2s al 2p cade nella regione delle microonde intorno a $\lambda \approx 3$ cm, nel caso dell'atomo muonico cade nell'infrarosso; inoltre viene emessa in coincidenza una riga da 1.9 keV; per ragioni di riduzione del fondo è importante richiedere la coincidenza fra i due fotoni. Bisognava per questo, lavorare a bassissima intensità di μ . A noi sembrò di aver visto questa riga in coincidenza. Poi Zavattini e Torelli continuarono l'esperimento e la videro ancora meglio. Il lavoro fu abbastanza criticato; credo che qualcuno ci creda e qualcuno no. C'è chi sostiene che una volta formato lo stato 2s questo non possa sopravvivere a lungo secondo quanto previsto dal calcolo teorico, perché ci sono interazioni che potrebbero distruggerlo; lo stato 2s metastabile potrebbe anche non esistere. Ognuno dice la sua e credo che la cosa non sia stata ancora risolta. Io poi, rientrando a Pisa, lasciai queste cose.

Di cosa si è occupato a Pisa?

Beh, ho ancora cambiato campo, ah, ah, ah! Mi sono occupato del principio di equi-

valenza; era diventata di moda la cosiddetta “quinta forza”. Uno schema di esperimento mi fu proposto da Enrico Iacopini — che ora è professore a Firenze, ma prima era a Pisa — e da Vincenzo Cavasinni. Si discusse abbastanza a lungo su come realizzarlo, e decidemmo, per ragioni strane, di farlo a Ginevra. Uno dice perché a Ginevra? Da una parte perché effettivamente al CERN c’era la possibilità di realizzare alcune cose più facilmente; i maligni dicono perché così si potevano anche fare delle missioni, ah, ah, ah! Certamente, per i più giovani c’era anche questa componente. Tirammo fuori un discreto risultato, ma quando lo pubblicammo, c’erano già degli esperimenti migliori.

Che cosa l’aveva attratto verso questo tipo di esperimenti?

Mah, forse dagli studi universitari, mi era rimasta un po’ di curiosità sulla questione della equivalenza fra massa inerziale e massa gravitazionale, che avevamo trattato nel corso di Fisica Generale. Era un bel problema e mi ci sono appassionato abbastanza. Il risultato del nostro esperimento non fu buono quanto avevamo sperato, inoltre l’idea di farlo a Ginevra non giocò a nostro favore; l’esperimento, infatti, era lontano dagli interessi del CERN; ci fu lasciato spazio, ma non fummo aiutati e non avemmo alcun supporto tecnico. Cercammo di fare l’esperimento per via ottica e l’idea era abbastanza nuova; poi anche altri hanno fatto così, facendolo perfino meglio di noi. C’era un disco fatto di due parti, una di alluminio e l’altra di berillio; ai lati c’erano dei “retroreflectors”, che hanno la caratteristica di riflettere, esattamente in direzione opposta, un fascio di luce che li colpisca. I due percorsi della luce facevano parte di un interferometro di Michelson modificato; se l’accelerazione di gravità fosse stata più grande per uno dei due metalli, o il berillio o l’alluminio, il disco avrebbe ruotato un pochino, il cammino ottico dei due rami sarebbe stato leggermente cambiato e uno avrebbe dovuto osservare uno spostamento delle frange di interferenza nell’interferometro. Il principio era semplicissimo, ma ci furono dei problemi meccanici che non eravamo riusciti a risolvere sufficientemente bene. Quando il disco veniva sganciato, per dei difetti del sistema di sgancio, il disco non cadeva veramente in caduta libera ed aveva dei moti strani. Come ho già detto nessun meccanico ci aveva aiutato ed i risultati non furono particolarmente brillanti. Avremmo potuto continuare in Italia, ma il sistema di sgancio avrebbe dovuto essere completamente riprogettato; secondo me eravamo giunti al limite raggiungibile con il nostro apparato sperimentale.

Questa esperienza la sentiva un po’ come conclusa?

Sì, in maniera amara, perché avrei voluto farla meglio! Mi rendo conto che sto facendo un po’ la storia degli esperimenti che non sono riuscito a fare... Ah, ah, ah! Dopo l’esperimento sulla quinta forza sono tornato su un problema che forse non ho citato prima: quello della birifrangenza del vuoto. Era una delle cose che mi piaceva perché i fisici delle alte energie la interpretano come potenzialmente dovuta a delle nuove particelle; io la vedevo piuttosto come un limite delle equazioni di Maxwell. La meccanica quantistica infatti prevede che le equazioni di Maxwell non possano essere totalmente vere perché non prendono in considerazione la creazione virtuale di coppie di positroni ed elettroni. Gli effetti quantistici sono tuttavia piccolissimi! Questo tipo di sfide mi è sempre piaciuto.

Era un mio pallino, anche se su queste cose non ho poi concluso molto. La cosa è stata in qualche modo connessa ad una precedente collaborazione con Zavattini, quella sulla misura del Lamb Shift dell'idrogeno muonico. Loro avevano continuato l'esperimento; io, ad un certo punto me ne ero staccato. Sono un tipo piuttosto litigioso ed in uno stesso gruppo non resisto a lungo... Devo cambiare. Ci eravamo, per parte del tempo, occupati della misura della variazione degli indici di rifrazione in campo magnetico; di qui cominciammo a pensare alla misura della birifrangenza del vuoto. Per tarare i nostri strumenti introducevamo nel vuoto un po' di gas studiando perciò l'effetto Cotton-Mouton nei gas, tornando a dei miei precedenti interessi. A un certo punto si decise di ripartire con un progetto totalmente nuovo da realizzare nei Laboratori Nazionali dell'INFN di Legnaro.

Se ne discusse abbastanza. Il gruppo di Zavattini cominciò subito a lavorarci; loro avevano fatto un tentativo precedente in America, utilizzando un grande magnete. Infatti, per indurre la birifrangenza serve un forte campo magnetico; la ragione è che gli e^+ ed e^- delle coppie virtuali prodotte posseggono un momento magnetico che quindi ruota nel campo magnetico; quando le coppie si ricompongono, questo deve corrispondere ad una rotazione del piano di polarizzazione della luce, cosa assolutamente non prevista dalle equazioni di Maxwell nel vuoto — nella materia invece, gli effetti previsti dalle equazioni di Maxwell sono assai più complessi. La luce deve essere mantenuta a lungo nel campo magnetico. Loro avevano realizzato ciò mediante un sistema "multipass"; la luce veniva introdotta, attraverso un forellino, in un sistema di due specchi concavi; veniva pertanto riflessa molte volte, facendo un percorso a zig-zag ed allungando quindi il percorso. Io feci allora la proposta di usare un interferometro di Fabry-Perot, cioè proposi l'utilizzazione di una cavità del tipo di quelle ormai usate per i laser; il percorso della luce viene enormemente aumentato. Nella nostra cavità lunga sei metri, con specchi dielettrici parzialmente trasparenti ma ad altissimo coefficiente di riflessione, e una radiazione di lunghezza d'onda circa 1 micron, il percorso è equivalente a circa 100.000 riflessioni. Nel sistema "multipass" la luce fa invece una cinquantina di passaggi al massimo. Nel nostro sistema la sensibilità all'effetto avrebbe dovuto essere molto più elevata. L'idea era buona e il Fabry-Perot ha funzionato bene, ma il sistema ottico complessivo era affetto da un rumore troppo elevato, probabilmente a causa delle possibili vibrazioni meccaniche dell'esperimento. Come ho detto, gli specchi della cavità erano distanti sei metri e fra gli specchi c'era un magnete superconduttore ruotante, lungo circa un metro, per poter osservare un effetto dinamico e non un effetto statico. In conclusione il fondo risultava troppo elevato e quindi la sensibilità raggiunta dell'esperimento non era granché. Tuttavia, a un certo punto ci è sembrato di vedere un segnale; non era certamente collegato con la birifrangenza magnetica del vuoto, perché la nostra sensibilità era inadeguata, però vedevamo un segnale. Nel gruppo ci furono molte discussioni e alla fine fu pubblicato un articolo in cui si diceva che probabilmente avevamo visto un effetto dovuto ad un'assione, secondo un punto di vista "particellare". Io sarei stato molto più prudente nel pubblicare questi risultati, ma, insomma, quando uno sta in un gruppo, deve sottostare alle opinioni della maggioranza! In sostanza, non era tanto che mi disturbasse il fatto che

avessimo detto di aver visto un segnale; se uno vede un segnale deve avere il coraggio di dirlo, ammettendo anche che forse si sia fatto un errore sperimentale. Quello che non mi è piaciuto di quell'articolo è che sia stato associato un errore molto piccolo al segnale che vedevamo; questo, secondo me, non è stato del tutto corretto scientificamente; sempre secondo me l'errore era più grosso. . . Talvolta la natura umana può spingere a fare passi falsi! In realtà discutemmo a lungo. Avevamo fatto moltissime misure, quindi la statistica era molto elevata. Forse il problema è stato dovuto al fatto di aver combinato tali misure assumendo una statistica di tipo gaussiano; ciò non era confermato da un esame attento dei dati, e l'errore fornito dalla statistica gaussiana era probabilmente sottostimato. In conclusione, noi pubblicammo questo articolo. . . Ah, ah, ah! Dicemmo di aver visto gli effetti di un'assione e l'affermazione fece abbastanza scalpore anche perché era un risultato completamente in disaccordo con altri esperimenti che ricercavano gli assioni. Dopo un'annetto, abbiamo dovuto ammettere che effettivamente c'erano degli errori sistematici associati al campo magnetico. Anche di ciò si era a suo tempo discusso, ma non tutti eravamo d'accordo; il capogruppo era Zavattini, la maggioranza era d'accordo con Zavattini e quindi questi errori furono sottovalutati e si affermò che l'errore delle nostre misure era molto piccolo. Il fatto è che i magneti superconduttori sono molti belli, ma hanno un po' un difetto; quando uno lavora a campi magnetici molto elevati, sopra i 30.000 gauss, il ferro satura e non è più in grado di contenere le linee di forza del campo, che non sono quindi più localizzate e se ne vanno da tutte le parti. Noi lavoravamo appunto a campi fino a 60.000 gauss, il doppio di quello che sarebbe stato prudente usare; avevamo quindi dei campi parassiti che non eravamo in grado di controllare. Purtroppo, questo ci ha falsato un po' le misure. . . Un'altra esperienza non andata a buon fine! Ah, ah, ah!

Le sfide comportano anche un rischio.

L'esperimento mi ha interessato ed anche divertito. Tuttavia mi dispiace che non si sia concluso positivamente. La differenza con altri esperimenti che ho fatto è che talvolta altri ricercatori hanno fatto meglio di noi; in questo caso, pazienza! Ma quest'ultimo esperimento ha usato una nuova tecnica, mai usata da altri; è stato un lavoro sul quale siamo rimasti a lungo. Io ne sono uscito dopo un paio d'anni dalla pubblicazione. L'esperimento sta andando avanti, anche se, da circa un anno è morto Zavattini che, per esperienza ed autorità, era sicuramente il capogruppo. Morto lui, sono nate delle discussioni all'interno del gruppo, che si è addirittura spaccato in due.

Alcuni problemi nati nel gruppo erano legati alla personalità di Zavattini?

Sì, indubbiamente sì. Zavattini era certamente un ottimo fisico, ma negli ultimi anni voleva forse fare l'esperimento cruciale della sua vita e voleva concluderlo positivamente. . . Questo atteggiamento può talvolta portare a fare degli errori più grossi. Quando si fanno delle misure, si può sbagliare e di errori ne abbiamo fatti tanti! Ma, se si parte condizionati, c'è la possibilità che si facciano errori più grossi.

Nell storia della fisica ci sono molti episodi di questo tipo. Talvolta si è visto quello che si desiderava vedere...

Zavattini era, come ho già detto, un ottimo fisico; forse precedentemente era stato più lucido e più critico. Io non partecipo più all'esperimento ed i due gruppi che si sono formati dopo la morte di Zavattini seguono due strade diverse. Quello che sta seguendo la strada, secondo me, più promettente, è veramente ripartito ab ovo. Stanno analizzando tutti gli errori in dettaglio e, dopo aver rimontato un prototipo di esperimento, stanno cercando di ottenere errori che siano prossimi a quelli teorici previsti. Hanno montato sistemi di riduzione delle vibrazioni e introdotto modifiche delle tecniche. Se infatti uno si discosta troppo dal livello di rumore teorico previsto è inutile continuare! Stanno ottenendo risultati comprensibili ed interessanti. Sarebbe giusto che gli fosse permesso di andare avanti. L'altro gruppo ha ripetuto un po' le stesse cose, ma secondo me, senza una vera linea guida.

Ritornando all'esame delle sue attività, come ripensa retrospettivamente al percorso da lei fatto?

Beh, ho sempre cercato di scegliere esperimenti che, prima di tutto, mi divertissero e mi piacessero... Mi è stato spesso proposto di entrare in esperimenti al CERN che non mi avrebbero divertito molto; i gruppi sono formati da centinaia di persone e ciò non corrisponde certo alla mia natura. Recentemente sono tornato ad occuparmi del principio di equivalenza; ogni tanto collaboro con dei gruppi discutendo. Poi mettono la mia firma sui lavori anche se il mio contributo è stato solo qualche chiacchierata e qualche discussione, perché ormai sono troppo vecchio per lavorare. Quello che si vorrebbe fare è un tentativo di studiare il principio di equivalenza nello spazio. Nello spazio, almeno in teoria, si dovrebbero raggiungere sensibilità maggiori, con una possibilità di vedere effetti molto più piccoli di quelli che si studiano sulla terra. I vantaggi della sperimentazione nello spazio sono essenzialmente due. Sulla terra, la componente che dovrebbe violare il principio di equivalenza è circa un millesimo della forza di gravità essendo quella parte dovuta alla forza centrifuga; invece nello spazio la parte associata alla possibile violazione è la quasi totalità. Nello spazio, inoltre, tutte le sospensioni, le parti meccaniche, etc. possono esser fatte molto più sottili e di bassa massa; i sensori, in assenza di gravità, potrebbero essere molto più delicati e sensibili.

Forse è rilevante dire che ho avuto anche altri interessi. Prima ero nel gruppo CNR di Struttura della Materia, poi sono passato a quello di Elettronica Quantistica e Plasma; ad un certo punto mi sono anche occupato di Biofisica, facendo il Direttore del Dipartimento di Biofisica; mi sono occupato anche un pochino di Fisica Sanitaria. Molti interessi... Ah, ah, ah! Vedo che mi guarda con aria sorpresa!

Beh, in un certo senso ho simpatia per i tanti interessi; anch'io sono incuriosita da moltissime cose, ma non sono mai riuscita ad occuparmene con profitto...

Mi sono interessato di Fisica Sanitaria più che altro per ragioni sociali, cioè ritenevo giusto che nascesse una attività di Fisica Sanitaria perché avevo l'impressione, giustificata o no, che l'uso della strumentazione da parte dei medici non fosse sempre prudente. Un

esempio è quello delle tecniche radiologiche; una volta si faceva grande uso della radioscopia che era veramente pericolosa. Cercai di far nascere qualcosa nel campo della Fisica Sanitaria e l'occasione fu il fatto che per un anno dovetti fare il Direttore dell'Istituto di Fisica; in quel periodo riuscii a far partire una Scuola di Specializzazione. I colleghi fisici non erano entusiasti perché consideravano questa fisica applicata un po' di seconda categoria! Per fare nascere una Scuola di Specializzazione era necessario ci fosse un professore ordinario che ne facesse il direttore e lo dovetti fare io... Ah, ah, ah! Dovetti perderci abbastanza tempo per l'organizzazione, ma personalmente, non ho mai fatto ricerca in fisica sanitaria. Ho però cercato di scegliere persone capaci; insomma, sul piano sociale mi sembrava giusto promuovere questa attività. Ora Alberto Del Guerra si occupa di questa scuola ed ha fatto tutta una sua carriera in quel campo. Sempre zig-zagando, come mio solito, sono poi tornato ad occuparmi del principio di equivalenza. C'è a Pisa una attività, coordinata dalla professoressa Anna Nobili, che si propone di portare un esperimento nello spazio per studiare questo tipo di fisica. Anna Nobili ha lavorato molti anni nel Dipartimento di Matematica, ma è una fisica. Ora è di nuovo nel Dipartimento di Fisica e la sua ricerca è finanziata dall'INFN. È anche una mia parente acquisita. Le sue idee sono interessanti e sono anche promettenti per quel che riguarda il funzionamento. Io ho discusso con lei a lungo e ho cercato di convincerla a realizzare un prototipo di esperimento terrestre. La comprensione dei problemi sperimentali, prima della realizzazione dell'esperimento spaziale, si può ottenere con più sicurezza da un prototipo di esperimento terrestre piuttosto che dai soli calcoli cartacei o dalle simulazioni mediante calcolatore. Oltre al progetto dell'esperimento GG — Galileo Galilei — nello spazio, Anna Nobili ha quindi realizzato un piccolo esperimento GGG — Galileo Galilei on Ground. GGG è stato finanziato dall'INFN, invece la richiesta per l'esperimento spaziale GG è stata presentata all'ASI, l'ente spaziale italiano. Anna Nobili si aspetta una notevole sensibilità da questo esperimento. C'è anche una proposta concorrente per lo studio del principio di equivalenza, anch'essa non ancora realizzata; si tratta della proposta STEP, finanziata dall'ESA, l'ente spaziale europeo.

Le iniziative nel campo della Fisica Sanitaria e della Biofisica erano in fondo una novità. A Roma le cose erano forse partite un pochino prima per iniziativa di Giorgio Careri. Chi aveva cominciato ad interessarsi di biofisica a Pisa?

Il primo ad occuparsene è stato il Professor Carlo Franzinetti, che costituì un primo gruppo di ricerca a cui si aggregò subito il dottor Giovanni Checcucci, un medico che lavorava a Pediatria. Non era molto soddisfatto del lavoro a Pediatria e fu contento di lavorare in questo nuovo campo come dipendente del CNR. C'era poi Petracchi, un vecchio militare probabilmente laureato, che collaborava per parte del tempo. Quando Franzinetti lasciò Pisa, la responsabilità di questo gruppo passò a Gozzini per alcuni anni. Il gruppo di ricerca si è poi trasformato in un Centro del CNR e la direzione passò allora a Checcucci. Invece di essere ospitati all'Istituto di Fisica ebbero una loro sede in Via Filippo Buonarroti, in una zona dove c'erano anche le suore Alessandrine con un loro asilo. I locali erano pochi e la convivenza non fu facilissima; c'erano parecchi chimici che, con le loro

preparazioni, producevano odori non piacevoli e questo creava problemi alle suore ed ai bambini dell'asilo. Dopo, Checcucci, che era fiorentino, volle ritornare a Firenze, ed allora divenni Direttore io per tre o quattro anni.

Come mai si è fatto coinvolgere in questa attività? Era cosa molto diversa da quanto fatto prima.

In realtà forse non lo so bene nemmeno io... Una ragione era di tipo economico; il CNR pagava una indennità e questo era un aiuto perché ero appena divenuto professore ordinario e le mie entrate erano diminuite, non potendo più avere un incarico di ricerca. Il CNR però eliminò l'indennità dopo un paio d'anni in seguito ad una nuova legge; non avvertirono neppure! Le strutture del CNR non funzionavano molto bene, certamente molto peggio di quelle INFN. Ho fatto il Direttore per quattro anni ed ho anche cercato di fare un po' di ricerca in Biofisica aggregandomi ad un gruppetto. Scaduti i quattro anni di direttorato, abbandonai il Centro di Ricerca. Avevo dato un mio contributo cercando una nuova sede che fu approntata mentre ero Direttore; il trasferimento fu però fatto quando ero ormai andato via.

Lei ha contribuito alla formazione di persone che hanno potuto continuare a lavorare in Biofisica.

Sì, c'era un gruppo discreto di biochimici o di chimici biomolecolari; poi c'era un gruppo che si occupava di microorganismi e al quale mi ero aggregato. Ricordo un tecnico, Pier Alberto Benedetti, che era anche uno studente di fisica. Era bravo ed aveva sviluppato delle attrezzature molto apprezzate per l'analisi automatizzata di vetrini di microscopio; la cosa all'epoca aveva un certo rilievo. Successe una cosa strana: alcuni studenti di Fisica fecero la tesi con lui; si trovò perciò nella condizione, piuttosto imbarazzante, di dover fare il relatore pur essendo ancora uno studente di Fisica. Non ricordo come fu risolta la questione, ma ci furono discussioni.

Dopo di lei, Gozzini continuò per molto tempo a lavorare in questo settore?

No, si distaccò perché nel frattempo era nato il laboratorio CNR di Fisica Atomica e Molecolare; Gozzini si dedicò a quello, molto più legato ai suoi interessi. In relazione alla Scuola di Fisica Sanitaria doveti spendere parecchie energie. Cercando di farla nascere, ho dovuto occuparmi delle pratiche con il Ministero, degli statuti, della ricerca di fondi, etc.,etc. All'epoca la Fisica Sanitaria si occupava essenzialmente di radioprotezione; c'erano in giro molti fisici nucleari che sarebbero stati molto più adatti di me; senonché nessuno di loro volle occuparsene. I fisici dell'Istituto la consideravano una fisica di seconda categoria; la facesse chi la voleva fare, ma loro non volevano. Insomma, il Direttore lo feci io per qualche anno, poi fu chiamato a Pisa il professor Arnaldo Stefanini, il figlio del grande chirurgo; fu chiamato nella Facoltà di Medicina e diventò naturalmente il Direttore della Scuola.

Quali sono state le sue esperienze nel campo della didattica?

All'inizio ho cambiato spesso corso; ero un professore incaricato esterno, diventando interno dopo essere stato nominato assistente di ruolo. Ho insegnato fisica agli agrari, ai medici, ai chimici. Poi ho insegnato per un anno Struttura della Materia, in quanto mancava il titolare. In seguito ho insegnato il Laboratorio III e sono infine stato chiamato su quella cattedra come professore ordinario. Molto più tardi riuscii ad avere un corso di Ottica, che ho tenuto per molti anni. Era l'argomento che mi piaceva di più. Recentemente ho cominciato a far fatica a preparare le lezioni ed ho perciò deciso di andare fuori ruolo anticipatamente. Sono stato fuori ruolo per tre anni e sono andato in pensione quasi insieme a Bertanza, che era rimasto in servizio.

Come ha influito il suo insegnamento sulla sua attività di ricerca e viceversa?

Ho sempre dedicato parecchio tempo alla preparazione delle lezioni; cercavo di farle in maniera accettabile, se non ottimale. Il mio corso di Ottica era molto legato alla mia attività di ricerca. Avevo la possibilità di contattare alcuni studenti che poi venivano a fare la tesi con me; questo mi è stato molto utile.

Vorrei chiederle se ha partecipato a convegni, congressi, scuole e se tutto ciò ha avuto importanza per lei.

Ho partecipato, nei primi anni '60, a due Scuole di Varenna abbastanza importanti. Adriano Gozzini era il Direttore responsabile e, fra gli invitati, c'erano Townes e Kastler, futuri premi Nobel. Erano dedicate alla Spettroscopia, in particolare a quella a radiofrequenza. Fu presente, per qualche giorno, anche il vecchio Pauli. Stette lì, ma non disse una parola! Pauli ha sempre frequentato molto l'Italia; aveva dei legami. . . . Quella volta non disse niente, ah, ah, ah! Si vede che era già abbastanza stanco. In complesso io sono andato a pochissimi congressi, sia ad ascoltare che a parlare. Per carattere, non sono mai stato molto attirato da queste cose. Quindi sono rimasto spesso tagliato fuori dalle novità e le acquisivo, con ritardo, per altra via, ah, ah, ah! Quando non erano più cose così nuove. . . . È stato uno dei miei limiti.

Nella sua attività, caratterizzata da un notevole numero di interessi, c'è stata attenzione sia agli aspetti teorici che a quelli sperimentali. Era cosa comune in passato, ma considera ciò normale nel periodo in cui lei ha operato?

Ho sempre fatto vari tentativi per impadronirmi anche degli aspetti teorici. Come studente avevo delle grosse lacune, sia sul piano teorico che nella preparazione in fisica generale. Quindi ho studiato, via via, le cose che consideravo importanti e che mi interessavano. Ora ad esempio sto approfondendo argomenti di relatività generale. In passato ho studiato anche gli aspetti teorici delle interazioni a due fotoni. Ho cercato di aggiornarmi e di approfondire vari argomenti, ma forse ero troppo ignorante per riuscire a realizzare pienamente questo programma, ah, ah, ah! In fin dei conti, gli argomenti ai quali mi sono più dedicato sono stati il principio di equivalenza e l'elettromagnetismo classico delle equazioni di Maxwell, e per questi non è stato necessario un grande processo di aggiornamento.

Credo di aver raccontato sufficientemente gli aspetti rilevanti del mio lavoro a Pisa; credo che potremmo fermarci qua. . .

INDICE DEI NOMI

- Abragam, Anatole, 200
Adams, John, 205, 210
Ageno, Mario, 102, 103
Agostini, Icilio, 198
Alberigi Quaranta, Alessandro, 102
Alberigi Quranta, Alessandro, 199
Amaldi, Edoardo, 1, 5, 17, 21, 48, 50, 51, 53, 54, 56, 63, 100, 101, 105, 107, 132, 171, 174–176, 178, 194, 209
Amaldi, Ugo, 15, 153, 209
Amato, Giuliano, 224
Amendolia, Salvatore, 158
Angelini, Carlo, 89
Angelini, Franco, 123
Angelucci, Andreina, 102
Arecchi, Tito, 227
Armellini, Giuseppe, 120

Bagnolesi, Riccardo, 137
Baldini, Alessandro, 65, 68, 89, 91
Baldo Ceolin, Massimilla, 90
Ballarin, Silvio, 120
Ballario, Carlo, 102
Barbaro Gualtieri, Lina, 6, 14, 16
Barbiellini, Guido, 60
Barish, Barry, 65, 66
Baroni, Annetta, 102, 105
Baroni, Giustina, 6, 102
Barsella, Bruno, 113, 123, 193
Bartelletti, Raffaello, 183
Bassani, Franco, 120, 127, 205
Battaglia, Arriguccio, 229
Bedeschi, Franco, 26, 34, 36
Bella, Francesco, 174

Bellamy, Edmund, 7–9, 146
Bellazzini, Ronaldo, 78
Bellettini, Giorgio, 1, 22, 25, 53–57, 61, 71, 76, 82, 92, 113, 145, 146, 148, 149, 151–154, 158, 162, 163, 165, 193, 194, 204
Belli, Bianca Maria, 102
Bellini, Gianpaolo, 178
Bemporad, Carlo, 7–9, 11, 21, 47, 53, 55, 76, 91, 146, 148, 149, 152, 204, 227
Benazzi, Mario, 192
Benedetti, Pier Alberto, 238
Beneventano, Marcello, 52
Bernardini, Carlo, 25, 59, 70, 97, 100, 102, 104, 105, 205
Bernardini, Gilberto, 101, 144, 152, 190, 194
Bertanza, Luciano, 52, 84, 197, 202, 226, 227, 239
Bertelli, Roberto, 88
Bertolucci, Sergio, 26
Betti, Carlo, 58
Beusch, Werner, 47, 63, 72
Biancastelli, Roberto, 60
Bigi, Armando, 88, 89
Boato, Giovanni, 102
Bohm, David, 108
Bonucci, Alberto, 71
Bordoni, Pier Giorgio, 120
Bordoni, Ugo, 120, 194
Braccini, Pierluigi, 7, 11, 54, 57, 146, 148–150, 152, 204
Bradaschia, Carlo, 54, 80
Brillet, Alain, 181, 182
Brunelli, Bruno, 175

Bucci, Pietro, 5
 Cabib, Dario, 127
 Cabibbo, Nicola, 63, 182, 212, 221
 Cacciapuoti, Nestore Bernardo, 54, 88, 95, 98, 205
 Caglioti, Vincenzo, 174
 Caldirola, Piero, 132
 Calvetti, Mario, 60, 72
 Camiz, Paolo, 173
 Cappuccio, Carmelo, 144
 Caracciolo di Forino, Alfonso, 111, 113, 115, 116, 118
 Careri, Giorgio, 102, 237
 Carmassi, Massimo, 183
 Carrara, Nello, 85, 227
 Carrara, Raffaello, 86
 Carrara, Raffaello, 88
 Carusotto, Salvatore, 231
 Casali, Roberto, 88, 89
 Cassandro, Marco, 173
 Castagnoli, Carlo, 5, 6, 10
 Castelnuovo, Emma, 104
 Castelnuovo, Guido, 104
 Castelnuovo, Maria, 104
 Cattaneo, Carlo, 5, 194, 228
 Cavasinni, Vincenzo, 226, 233
 Cecchini, Giuseppe, 112, 115, 118
 Cecioni, Francesco, 192
 Cei, Fabrizio, 65, 68
 Cerdonio, Massimo, 174
 Cerri, Claudio, 55, 216, 218
 Cervasi, Maria, 102
 Charithers, Bill, 34
 Charpak, George, 71, 72
 Checcucci, Giovanni, 237, 238
 Checcucci, Vittorio, 137
 Chella, Giulio, 227
 Chiarelli, Giorgio, 33, 36
 Cialdea, Renato, 102
 Ciampi, Carlo Azelio, 224
 Ciampi, Gino, 72
 Ciccone, Marianna, 85, 227, 228
 Cicogna, Giampaolo, 123
 Cini, Marcello, 6, 50, 51
 Clementel, Ezio, 16, 17
 Cobal, Marina, 29, 32
 Coccia, Eugenio, 185
 Cocconi, Giuseppe, 1, 10, 11, 13, 30, 39, 62, 64, 77, 151, 154
 Coli, Bisio, 72
 Conforto, Fabio, 101
 Conversi, Marcello, 22, 52–54, 59, 72, 84–88, 91, 92, 96, 108–113, 116, 187, 194–196, 199, 202, 228, 230
 Corazza, Gianfranco, 85, 198
 Corbo, Matteo, 74
 Cordelli, Marco, 26
 Corinaldesi, Ernesto, 54
 Cortellessa, Giorgio, 102
 Cortini, Giulio, 102, 105, 140
 Corucci, Luigi, 72
 Costa, Angelo, 172
 Costantini, Flavio, 60, 72
 Cresti, Marcello, 88, 89
 Cronin, James, 200
 Curalli, Nicolino, 74
 D'Alema, Massimo, 224
 Dal Piaz, Piero, 182
 Dalitz, Richard, 96, 106
 Dante, Angelo, 72
 de Broglie, Louis, 229, 230
 De Donatis, Cosimo, 54, 85, 227
 Declais, Yves, 67, 69
 Del Colletto, Fernando, 72
 Del Fabbro, Raffaele, 180
 Del Guerra, Alberto, 175, 237
 Del Prete, Tarcisio, 54
 Dell'Orso, Mauro, 28, 32
 Derenzini, Tullio, 54, 85, 94, 227, 228
 DeWire, John, 52
 Di Giacomo, Adriano, 178
 Di Giugno, Giuseppe, 60

Di Lella, Luigi, 7, 37, 52, 53, 151
 Di Sacco, Andrea, 68
 Di Virgilio, Angela, 180
 Diambrini Palazzi, Giordano, 198
 Dick, Louis, 151, 152
 Diddens, Bert, 10
 Dirac, P. A. M., 102, 104, 126, 130, 209
 Doble, Niels T., 212
 Doplicher, Sergio, 123, 174
 Drago, Antonio, 86
 Drell, Sidney, 163
 Dupré, Franco, 140
 Dyson, Freeman, 130

 Egidi, Alberto, 52
 Einstein, Albert, 98, 114, 125, 128, 139
 Elter, Giorgio, 172
 Enriques, Federico, 133
 Enriques, Giovanni, 133

 Fabjan, Chris, 209
 Fabri, Elio, 54, 96, 193, 194, 221, 224
 Faedo, Alessandro, 110, 117, 206, 207, 228
 Fantechi, Riccardo, 89
 Fausto, Giuseppe, 68
 Favati, Mario, 72
 Feld, Bernard, 199
 Fermi, Enrico, 49, 51, 83, 88, 96, 108–110, 116, 131, 187, 191, 193, 195
 Ferrari, Ezio, 174
 Ferrero, Filippo, 205
 Ferretti, Bruno, 96, 102, 104–108, 114, 130, 131
 Ferretti, Maria, 131
 Feynman, Richard, 104, 105, 108, 124, 129, 130, 139
 Feynmna, Richard, 104
 Fichera, Gaetano, 174
 Fidecaro, Giuseppe, 102
 Finocchiaro, Guido, 5, 13, 14, 52, 53, 203
 Fiorini, Ettore, 65, 68, 70
 Fiorio, Giotto, 127

 Flamini, Vincenzo, 88, 89
 Foà, Alberto, 135
 Foà, Lorenzo, 7, 9, 11, 26–28, 32, 53–57, 62, 76, 135, 142, 143, 146, 152, 204
 Focardi, Sergio, 193
 Fornaca, Giuseppe, 231
 Franchetti, Simone, 145
 Franzinetti, Carlo, 1, 5–7, 9, 22, 47, 48, 50–54, 56, 80, 87, 88, 90, 92, 105, 150, 199, 237
 Franzini, Paolo, 52, 86–88, 193, 195, 197, 198, 203
 Friedman, Francis, 130
 Frisch, David, 56, 199
 Fubini, Sergio, 176, 210

 Galeotti, Stefano, 65
 Gallavotti, Barbara, 34
 Gallavotti, Giovanni, 123, 174
 Gatti, Emilio, 111
 Gatto, Raoul, 105
 Gell-Mann, Murray, 174
 Gennaro, Gianni, 87
 Gerace, Gian Battista, 112, 113, 118
 Gherarducci, Fabio, 65, 68
 Ghigo, Giorgio, 198
 Ghizzetti, Aldo, 101, 228
 Giannetti, Paola, 28, 32
 Giannini, Gianrossano, 60, 65, 68
 Giazotto, Adalberto, 171, 180
 Giazotto, Remo, 172
 Gigli Berzolari, Alberto, 64, 93, 102, 210
 Giorgi, Marcello, 158, 175, 177
 Giromini, Paolo, 18–20, 23, 25, 26
 Giuliano, Landolino, 228
 Givoletti, Marcello, 204
 Glaser, Donald A., 86
 Glashow, Sheldon Lee, 154
 Gomez, Ricardo, 52
 Gozzini, Adriano, 54, 72, 85, 92, 194, 204, 205, 226, 228–231, 237–239
 Graffi, Aldo, 3

Grannis, Paul, 14, 34
 Grassi, Marco, 65, 68, 80
 Grassmann, Hans, 29
 Grimallini-Tomasini, Nella, 131
 Guerri, Luciano, 116
 Guidi, Carlo, 72

 Haber-Schaim, Uri, 107, 130
 Hart, Edward, 89
 Heisenberg, Werner, 103, 106, 109, 121, 130

 Iacopini, Enrico, 123, 226, 233
 Iannuzzi, Mario, 231
 Iarocci, Enzo, 18, 19, 22, 65, 66, 78, 79
 Iliopoulos, John, 154
 Iona, Silvia, 49
 Isidori, Gino, 70, 221

 Jenschke, Willibald, 56
 Jostlein, Willibald, 14

 Kastler, Alfred, 226, 229–231, 239
 Kautzky, Hans, 180
 Kephard, Robert, 14
 Kirsten, Till, 65
 Kobayashi, Makoto, 211, 212
 Koshiba, Masatoshi, 82

 Lariccia, Paolo, 72, 89
 Laurelli, Paolo, 18
 Lederman, Leon, 23, 209, 210
 Lee, Tsung Dao, 107, 197, 221
 Lefrançois, Jacques, 167
 Leone, Sandra, 29
 Lepri, Franco, 101, 202
 Liotta, Rosario, 105, 171, 174
 Llewellyn Smith, Chris, 72, 165
 Loizzo, Paolo, 49
 Loria, Arturo, 134

 Madella, Carlo, 123
 Maestrini, Piero, 82
 Maiani, Luciano, 154, 162, 165, 182, 212, 221
 Maischberger, Karl, 181
 Majorana, Ettore, 53
 Mandò, Manlio, 142, 144, 145
 Manfredini, Augusta, 6, 105
 Mangano, Michelangelo, 30
 Mannelli, Italo, 5, 52, 61, 62, 68, 80, 82, 86, 87, 91–93, 113, 165, 187
 Marconi, Guglielmo, 96, 99
 Mariotti, Antonio, 71, 72
 Martelli, Giuseppe, 85, 86, 197, 202
 Masiero, Antonio, 222
 Maskawa, Toshihide, 211, 212
 McDaniel, Boyce, 52
 McIntyre, Peter, 19
 Melissinos, Adrian, 72
 Melone, Savino, 135
 Menzione, Aldo, 26, 27, 32, 36, 158
 Mezzetti, Lucio, 5, 13, 47, 51–53, 102
 Michelini, Aldo, 47, 63, 72
 Milburn, Richard, 47, 57
 Millikan, Robert, 134
 Miscetti, Stefano, 26
 Misner, Charles, 124
 Mitterand, François, 190
 Mittner, Ladislao, 227
 Mittner, Paolo, 227
 Moneti, Giancarlo, 209
 Montelatici, Vinicio, 180
 Morchio, Giovanni, 126
 Morpurgo, Giacomo, 54, 102, 104, 150
 Moruzzi, Giuseppe, 80
 Muratori, Giovanni, 216
 Murtas, Gian Paolo, 198
 Mussi, Fabio, 224

 Nappi, Aniello, 89
 Newton, Theodore, 122
 Nicolò, Donato, 65, 68
 Nishijima, Kazuhiko, 174
 Nobili, Anna, 226, 237
 Occhialini, Giuseppe, 105

Odian, Allen, 52
Olobardi, Umberto, 190
Orlandini, Ettore, 135
Orsini, Antonio, 68
Osborne, Luis S., 52

Pagani, Gianfranco, 218
Palma, Beatrice, Ugo, 231
Pancini, Ettore, 101, 195, 202
Paolicchi, Paolo, 121
Paoluzi, Luciano, 49, 51, 59, 65
Papa, Angela, 68
Paradisi, Paolo, 222
Passuello, Diego, 180, 183
Pauli, Wolfgang, 239
Pazzi, Roberto, 65, 66, 68, 89, 91
Peccei, Roberto, 16
Pellegriani, Claudio, 16
Pellegriani, Enrico, 227
Penco, Umberto, 121, 123
Perkins, Donald, 69
Persico, Enrico, 6, 50, 51, 102, 111, 174
Peterson, Vincent, 87
Petri, Carlo, 89
Petronzio, Roberto, 222
Pettracchi, ?, 237
Picasso, Luigi, 113, 119, 120, 123, 193
Picasso, Luigi Ettore, 92
Piccioni, Oreste, 195, 202
Picone, Mauro, 100, 101, 103
Pierazzini, Giuseppe, 89, 201
Pieri, Giovanni, 68
Piperno, Franco, 208
Polacco, Erseo, 226
Pontecorvo, Bruno, 66, 91
Porlezza, Camillo, 192
Powell, Cecil F., 105
Procesi, Claudio, 174
Prodi, Giovanni, 141
Prokoshkin, Yuri, 205
Puccianti, Luigi, 194, 202, 227
Puglisi, Mario, 70

Punzi, Giovanni, 32, 36
Puppi, Giampiero, 131, 133, 195

Quercia, Italo Federico, 51, 70, 71, 101, 202
Querzoli, Ruggero, 51

Racah, Giulio, 144
Radicati di Brozolo, Luigi Arialdo, 85, 88,
92, 94, 113, 120, 123, 169, 193, 194
Raffaelli, Fabrizio, 184, 215, 218
Regge, Tullio, 11, 12, 23, 125
Richter, Burton, 35, 154
Rispoli, Brunello, 51, 70, 101
Ristori, Luciano, 26–28, 32–34, 36, 158
Rogers, Eric M., 134
Rosati, Sergio, 193
Rossi, Bruno, 131
Rossi, Valerio, 49
Roy, A. E., 124
Rubbia, Carlo, 6, 18, 19, 29, 37, 52, 71, 92,
113, 156, 193, 195, 209, 210, 213,
218

Saitta, Biagio, 90
Salvadori, Piero, 87, 204
Salvini, Giorgio, 5, 16, 22, 23, 48, 51–54, 57,
59–61, 64, 84, 85, 92, 113, 148, 156,
159, 192–194, 198, 226, 228

Samios, Nicholas, 84, 87, 88
Santangelo, Renato, 92, 113
Santucci, Sergio, 87
Schaerf, Carlo, 52, 57
Schiaffino, Paolo, 227
Schirokov, M.I., 122
Scholberg, Kate, 66
Schopper, Erwig, 211
Schopper, Erwin, 64
Schrödinger, Erwin, 102, 104, 126, 130
Schueller, Erich, 72
Schwinger, Julian, 104, 108
Sciuti, Sebastiano, 51
Scribano, Angelo, 201
Scrocco, Eolo, 5, 195

Serantini, Franco, 208
 Sergiampietri, Franco, 201, 218
 Serraglini, Otello, 229
 Shore, Steve, 121
 Shutt, Ralph, 87
 Sibani, Sergio, 111, 113, 118
 Signorini, Antonio, 103, 120, 194
 Silverman, Albert, 52
 Silvestrini, Vittorio, 5, 86, 92, 113, 193, 198
 Soker, Pieter, 86
 Soldi, Mario, 89
 Stalio, Stefano, 68
 Stefanini, Arnaldo, 175, 238
 Steinberg, Richard, 73
 Steinberger, Jack, 63, 72, 82, 86, 160, 162, 167, 169
 Stoppini, Gherardo, 60, 89, 102, 120, 171, 175

 Tallini, Bruno, 86
 Tamburini, Silvia, 102
 Tau, Luciano, 70, 102
 Tazzari, Sergio, 49, 51, 52
 Tazzioli, Aldo, 65
 Thorne, Kip, 124
 Tiberio, Ugo, 110
 Ting, Samuel, 23–26, 62, 81, 154, 159
 Tolaini, Sergio, 68
 Toller, Marco, 12, 52
 Tonelli, Guido, 158
 Tonelli, Leonida, 228
 Toraldo di Francia, Giuliano, 227
 Torelli, Gabriele, 52, 54, 226, 232
 Turrenc, Philippe, 181
 Tuschek, Bruno, 6, 16, 51, 59–61, 96, 106–108
 Townes, Charles H., 239
 Trautteur, Giuseppe, 49

 Van der Meer, Simon, 19
 Van Hove, Leon, 58
 Van Hove, Leon , 58

 Veronesi, Protogene, 131
 Vicentini, Matilde, 140
 Villani, Vinicio, 141
 Villi, Claudio, 93
 Vitale, Sandro, 60, 61

 Walker, Robert, 52
 Weber, Joseph, 178
 Weinberg, Steven, 125
 Wetherell, Alan, 10
 Wheeler, John, 124, 125, 137
 Wick, Giancarlo, 122
 Wightman, Arthur, 119, 122
 Wigner, Eugene, 122
 Willis, William, 89
 Wilson, Robert, 52
 Wu, Sau Lan, 24

 Yang, Chen Ning, 107, 155
 Yukawa, Hideki, 104, 109

 Zacutti, Anna, 86
 Zanello, Dino, 88
 Zavattini, Domenico , 226, 232, 234–236
 Zichichi, Antonino, 22, 54, 59, 63, 64, 66, 93, 151

Finito di stampare
nel mese di maggio 2012
Stylgrafica Cascinese - Cascina (PI), Italy