

# VITA AL TEMPO DEL SINCROTRONE

Carlo Bemporad

*15/11/2016*

Sono poche le persone ancora in giro che abbiano avuto il privilegio di operare nei Laboratori Nazionali di Frascati nel loro primo periodo di funzionamento. C'è comunque una estesa letteratura che documenta quegli anni: dalla prima fase del progetto, alla costruzione del sincrotrone, ai risultati iniziali [1, 2, 3, 4]. Sono documenti di natura scientifica ai quali ho poco da aggiungere. Quello che mi sembra invece utile è il tentare di rievocare il clima di lavoro e di entusiasmo intorno a quella iniziativa.

Stiamo ora attraversando un periodo di crisi economica che ha provocato licenziamenti e difficoltà a trovare un qualsiasi lavoro; ciò ha particolarmente penalizzato le giovani generazioni. Inoltre, a mio parere, la crisi ha intaccato lo stesso vivere civile, degradato la scuola, diffuso un sentimento di generale scontentezza.

Nei primi anni cinquanta, dai quali inizio la mia storia, si usciva da una pesante sconfitta e da un terribile periodo di privazioni, di lutti, di persecuzioni. Il Paese si trovava impegnato in un generale sforzo di ricostruzione, dopo il ventennio fascista e la guerra, nel quale ci siamo tutti trovati immersi. C'era la speranza di un miglioramento e i primi segni visibili di una diffusa ripresa. Oggi considero un privilegio l'esser vissuto in quel periodo, ma mi chiedo quanto fossimo allora coscienti della sua unicità e della sua implicita forza trainante.

I miei anni di studio universitario sono stati quelli compresi fra il 1954 e il 1959, l'anno di laurea; ovviamente non ero granché

cosciente di quanto fosse in corso: i primi anni dell'INFN <sup>1</sup>, il progetto del sincrotrone, la costituzione di un gruppo sperimentale a Pisa (Fig. 1), i primi prototipi. Tuttavia nei corridoi se ne parlava. La fisica delle particelle era ancora tutta collegata con gli esperimenti di raggi cosmici. Su consiglio di un mio professore, Carlo Franzinetti, cercai una tesi associata con uno degli esperimenti in preparazione per il sincrotrone. Contattai perciò Lucio Mezzetti che insieme a Beneventano stava preparando un esperimento di fotoproduzione di pioni. Mezzetti però affidò me e il mio collega Sergio Tazzari a Luis Osborne, un fisico americano ospite per un anno a Roma. Osborne era un fisico esperto, ma che si considerava sostanzialmente in vacanza. Ci dette però un'idea per un piccolo esperimento di fotoproduzione di  $K^+$  in soglia, da eseguire senza l'uso di uno spettrometro magnetico.

Ci impegnammo moltissimo nella sua costruzione per circa sei mesi e poi tentammo con Osborne di metterlo in funzione in un breve periodo di prova col sincrotrone appena avviato, all'inizio del 1960. Fu un insuccesso a causa dei grandissimi fondi elettromagnetici e dovemmo rinunciare [5]. Ne fui molto deluso ed inoltre, per la verità, non apprezzavo granché Osborne. Tuttavia quel periodo non andò totalmente perso in quanto feci una certa pratica nell'uso dei primi contatori a scintillazione e dell'elettronica rapida.

A seguito della delusione accettai una precedente proposta di Carlo Franzinetti che mi offriva di trasferirmi a Pisa per partecipare, da Pisa, ad un esperimento per la misura dell'“effetto Primakoff”<sup>2</sup>. Carlo non intendeva partecipare all'esperimento, ma stava cercando di formare un gruppo di elettronica per eseguire esperimenti a Frascati, che presto comprese: Giorgio Bellettini, da Roma, Carlo Bemporad, da Roma, Lorenzo Foà, da Firenze e, un po' più tardi, Pierluigi Braccini, da Pisa. La formazione del nuovo gruppo

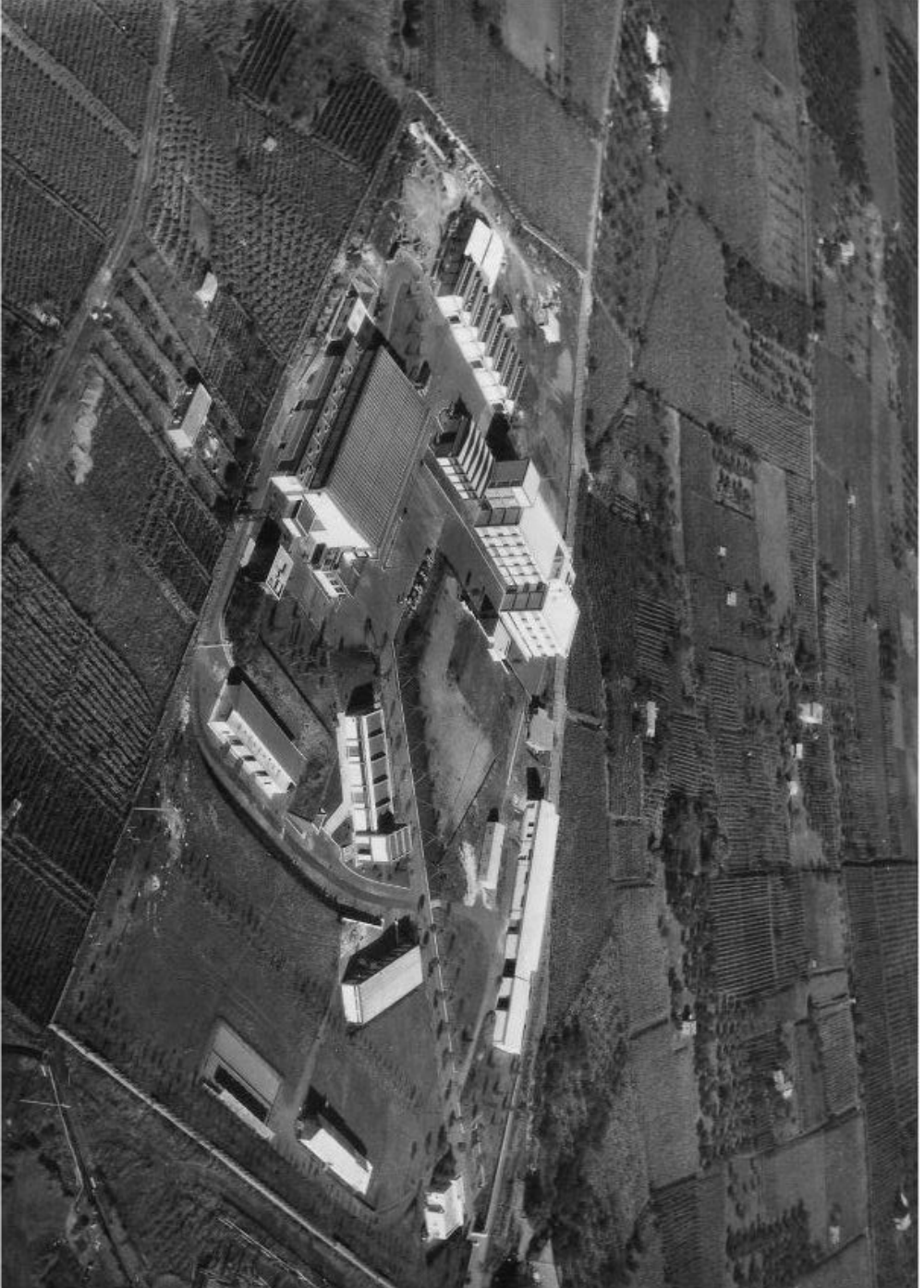
---

<sup>1</sup>Fondazione dell'INFN: 8 Agosto 1951, creazione della sezione “Sincrotrone” a Pisa: primavera 1953, trasferimento della sezione “Sincrotrone” a Frascati: Maggio 1955.

<sup>2</sup>Creazione della sezione INFN di Pisa: Luglio 1956; mio trasferimento a Pisa: Luglio 1960; mia sperimentazione al Sincrotrone: 1959-1964.



Figura 1: *Il gruppo originario a Pisa (nel cerchio: il Prof. Italo Federico Quercia). Giorno del trasferimento a Frascati del gruppo e del materiale (1955).*



*Figura 2. I Laboratori dei Frascati (Ottobre 1958).*

era resa necessaria dal fatto che sia Giorgio Salvini che Marcello Conversi si erano trasferiti a Roma con i loro gruppi; si era pure trasferito a Frascati tutto l'iniziale Gruppo Sincrotrone dove, dopo molte discussioni, si era deciso di costruire la macchina.

Descriverò più avanti e molto brevemente i programmi sperimentali al sincrotrone; parlerò un po' più in dettaglio dell'esperimento che preparammo a Pisa perché ovviamente lo conosco meglio, ma anche perché, nel suo spirito, lo vedo adesso come un tutt'uno con lo sforzo, più o meno contemporaneo, intorno alla costruzione della macchina. Era perseguito nello stesso spirito e con lo stesso entusiasmo che circondava tutta l'impresa nel suo complesso.

Il trasferimento a Pisa rappresentò per me un passo importante anche dal punto di vista strettamente personale. Lasciavo infatti la famiglia e la casa dove avevo vissuto fino ai 24 anni; lasciavo anche una città che, dal punto di vista culturale, per la disponibilità di teatri e concerti, per le sue bellezze, per la vivacità di un grande centro, era certamente insostituibile. Però il trasferimento a Pisa rappresentò una forma di liberazione; non che mi trovassi male in casa, padre, madre, tre figli e due nonni, ma il clima familiare era sul severo e la mia vita abbastanza controllata. Insomma: ad una certa età è bene uscire di casa e vivere una vita più libera, sollecitato dal contatto con ambienti diversi. Divenni totalmente padrone del mio tempo, immediatamente concentrato sul lavoro, ma per il resto frequentando e stabilendo relazioni con molte persone di età simile alla mia e gravitanti sulla università e sulla Scuola Normale.

La città mi piacque per le sue bellezze artistiche e per la sua collocazione; il mare e i monti erano prossimi e facilmente raggiungibili. Pisa mi appariva abbastanza "addormentata" rispetto a Roma, ma la sua calma, la possibilità di attraversare la città da un capo all'altro in poco tempo, la scarsità di traffico e il vivere una vita fra giovani con aspirazioni e problemi simili, mi apparivano come aspetti positivi. A lungo ho vissuto in camere di affitto o addirittura in albergo; questa ultima sistemazione era possibile nei mesi invernali, quando il flusso dei turisti era ridotto al minimo.

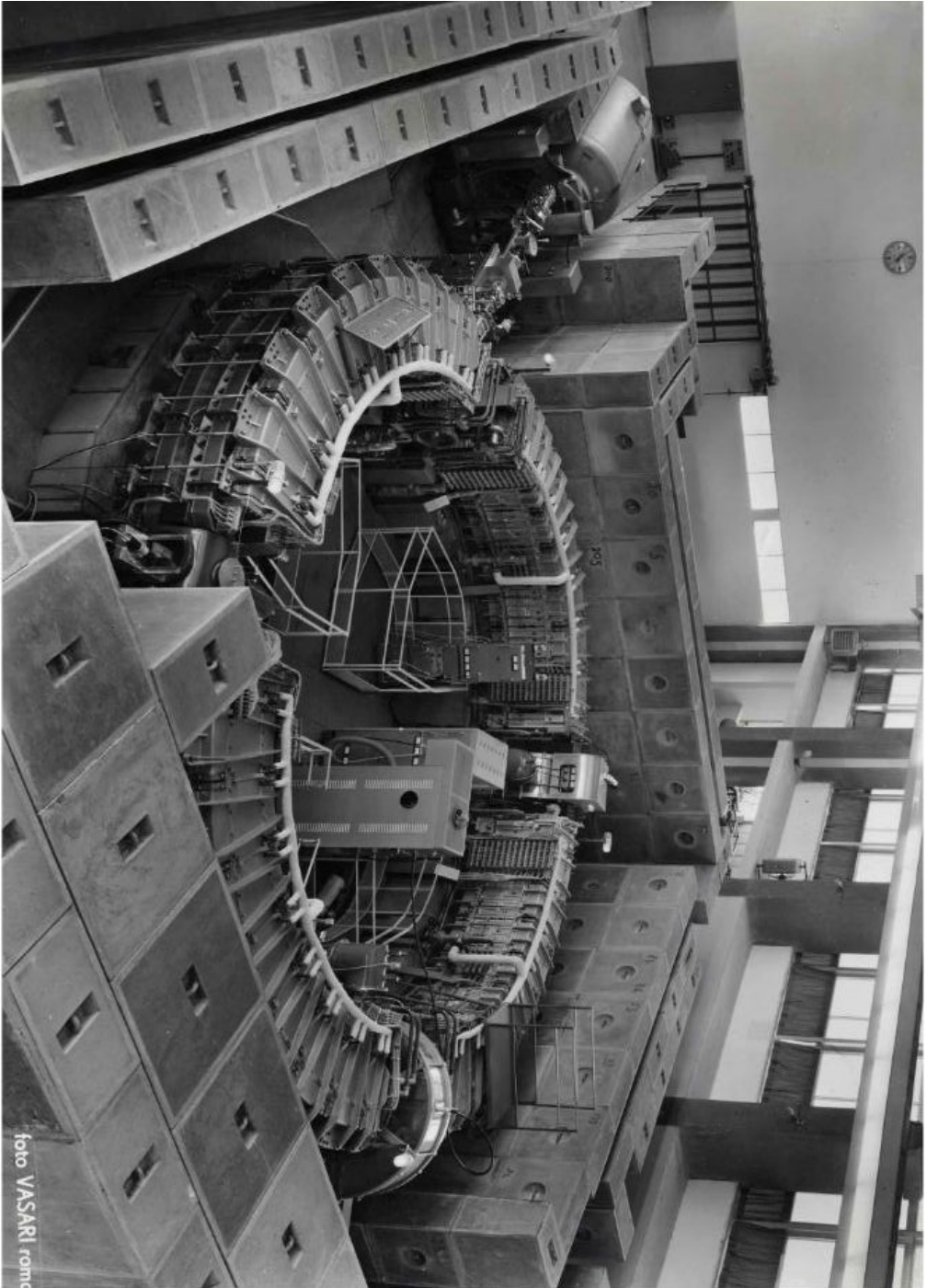


Figura 3: Il sincrotrone completato (Aprile 1959).

foto VASARI romo





Figura 4: *Sezione della bobina del sincrotrone, trasformata in soprammobile...Materiali: araldite, cavi di alimentazione in rame, tubi di raffreddamento in rame.*



Figura 5: *Il Gruppo Sincrotrone a Frascati al termine della costruzione.*





Figura 6: Davanti al sincrotrone. Da sinistra: Pierluigi Braccini, Alberto Bechini, Carlo Betti, Antonio Mariotti, Lorenzo Foa, Carlo Bemporad, Giorgio Bellettini; all'estrema destra: Italo Federico Quercia e Edmondo Gradl.

Mangiavo a pranzo e a cena presso la trattoria “Il Cucciolo” vicinissima alla Sapienza; si era formata una combriccola di universitari di diversi indirizzi: fisici, matematici, letterati, etc. Di quel periodo ricordo Vincenzo di Benedetto, Francesco Orlando, Giorgio Torelli, Jacopo Tomasi, Salvatore Settis, Bruno Barsella, Giotto Fiorio e alcuni altri. Molte di quelle persone si sono poi spesso affermate nei rispettivi campi.

Qualche volta di sera si andava a mangiare in trattorie nei dintorni di Pisa. Durante i weekend si sono fatte gite al mare e in montagna. Tutto più facilmente raggiungibile che non a Roma. Piano piano ho poi scoperto degli affascinanti aspetti della città. Ad esempio l’esplorazione della “Sala delle Stagioni”, l’immensa galleria d’arte messa su da Fernando Vallerini; la visita e più tardi gli acquisti dai vari negozi di antiquariato, molti dei quali ormai scomparsi. A Pisa mi ero portato la mia “Vespa” e questo mi permetteva le esplorazioni della Toscana vicina. C’era però un problema: a Roma avevo lasciato una ragazza che avevo iniziato a frequentare. . . Durante la permanenza a Pisa, mi sembra per circa un anno, cominciai a passare spesso i fine settimana a Roma; quando poi la nostra attività di fisici si trasferì per lunghi periodi a Frascati, le cose diventarono molto più semplici.

Come ho già detto, il nostro primo esperimento preparato a Pisa per il sincrotrone era quello relativo alla misura dell’“Effetto Primakoff” [6] cioè il mettere in evidenza la fotoproduzione di mesoni  $\pi^0$  nel campo coulombiano di nuclei pesanti; ciò avrebbe permesso la misura della vita media del mesone, ancora non ben conosciuta. Era anche il tentativo di mettere in evidenza un processo elettrodinamico ben calcolabile, sul mare magnum delle interazioni forti poco comprensibili. L’esperimento era difficilissimo ed era stato suggerito per Frascati dal fisico teorico, amico di Franzinetti, Giacomo Morpurgo. Morpurgo, basandosi su una idea di Primakoff, aveva sviluppato una serie di calcoli del processo e dei suoi fondi, valida per le energie disponibili a Frascati [7]. Un precedente tentativo di misura sperimentale era stato fatto da Luis Osborne e

Dave Luckey negli Stati Uniti, però senza successo. Noi eravamo un piccolo gruppo di persone largamente inesperte, con anzianità di laurea fra i due e i tre anni. Che ci cimentassimo in una misura iniziale così difficile può forse dare un'idea della volontà di emergere e della ambizioni che ci animavano. L'esperimento, primi al mondo, riuscì; ciò ci dette confidenza nelle nostre capacità e stimolo ad affrontare sfide future, esattamente nello spirito generale circondante l'impresa del sincrotrone.

Avevamo quasi tutto da imparare: sull'elettronica veloce, sui rivelatori, sul disegno meccanico, su come schermare e proteggere un'esperimento, su come eseguire una misura, prima in laboratorio e più tardi al sincrotrone. Avevamo il sostegno di Franzinetti che aveva voluto creare un gruppo di elettronica a Pisa e l'interessante suggerimento di Morpurgo —mentre l'impegno principale dell'Istituto era concentrato sull'uso della camera a bolle [8].

Inizìo un periodo di attività intensissima, di apprendimento accelerato, di continue e accese discussioni fra di noi su come procedere al meglio. In aggiunta a tutto ciò eravamo studenti della scuola di perfezionamento. Nulla di così sistematico come le scuole di dottorato di oggi, ma pur sempre dei corsi interessanti tenuti da Elio Fabri, Ernesto Corinaldesi, Alfonso Caracciolo, Eduardo Caianiello ed altri. Le lezioni di elettrodinamica di Corinaldesi risultarono utilissime per comprendere a fondo il problema al quale ci eravamo dedicati. Noi eravamo degli “apprendisti stregoni” molto determinati. Il supporto tecnico fornito da Pisa era forse sufficiente per le realizzazioni meccaniche, ma era inadeguato per l'elettronica veloce; i componenti elettronici in magazzino erano praticamente assenti e fummo noi a formare i tecnici elettronici di gruppo, tutte persone anch'esse giovanissime e con voglia di imparare<sup>3</sup>. Prima di addentrarmi di più nel periodo di preparazione, voglio mettere in evidenza il fatto che la nostra proposta sperimentale fu accettata a Frascati, senza particolari problemi. Fra l'altro dovemmo imparare

---

<sup>3</sup>Claudio Cerri, Alberto Bechini, Carlo Betti, Alberto Bonucci, Antonio Mariotti.

a scrivere un buona proposta sperimentale, avendo pochi esempi sul “come si fa. . .”. Con gli occhi di oggi, che un gruppetto come il nostro avesse accesso e poi tempo macchina all’elettrosincrotrone più performante al mondo mi appare miracoloso. Che Giorgio Salvini avesse potuto realizzare quella macchina era stato anch’esso un miracolo, ma qui si parla di una comunità di fisici abbastanza aperta da lasciare spazio a dei giovani volonterosi e dar loro la possibilità di cimentarsi!

Questa è stata la principale eredità e lo spirito del gruppo formato per la costruzione del sincrotrone. In più scritti, lo stesso Salvini ha ricordato come il criterio per la selezione dei membri del gruppo “sincrotrone” fosse stato: alcuni fisici “maturi”, ma comunque di età intermedia, e un grande numero di persone appena laureate, ma scelte, ingegneri e fisici, fra i “primi della classe”. Tutti poi, cimentandosi nella costruzione di una nuova macchina, senza precedenti esperienze, avrebbero dovuto imparare in corso d’opera, con il massimo di dedizione e di impegno.

Oggi questo è impensabile. Il costo della sperimentazione è tale che il progetto, la realizzazione, la conduzione di un esperimento richiedono dei grandi gruppi e, dietro ai gruppi, delle strutture adeguate. Tutto deve essere portato ad un livello tale da essere praticamente perfetto e inattaccabile. Tuttavia, in qualche modo, in ogni grande progetto si possono ancora adesso intravedere alcune idee vincenti, portate spesso avanti da pochi giovani di valore. . .

Ho un po’ illustrato le caratteristiche del nostro gruppo, ma come erano gli altri?

Prima di entrare in dettagli, l’impressione che avevo e che confermo ancora oggi è che si trattasse di un insieme di fisici di notevole inesperienza! . . . Intorno al sincrotrone operavano tre o quattro esperimenti alla volta, utilizzando le diverse linee di fascio. Al completamento di una fase di misure, gli esperimenti erano poi sostituiti da altri. Oltre alla componente pisana, formata da persone giova-



nissime, c'erano, ad esempio, tre gruppi di Roma: quello di Salvini e Querzoli, quello dell'Istituto di Sanità, quello di Stoppini e Tau. Erano presenti i gruppi di camera a diffusione e di camera a bolle di Genova e Pisa. In tutte queste collaborazioni c'erano persone di età intermedia e con esperienza di fisica, ma essenzialmente di fisica dei raggi cosmici. Salvini aveva precedentemente lavorato in USA ed anche Stoppini aveva una qualche esperienza fatta presso piccole macchine universitarie. Ma ora si trovavano tutti ad una macchina di "grande energia" e di "grande intensità" quindi con problematiche in qualche modo nuove. Tutti si "arrabattavano" cercando di risolvere i vari problemi al meglio. C'era un notevole cameratismo, anche fra gruppi diversi. Si discuteva delle difficoltà e del modo nel quale erano state superate; insomma si cresceva insieme e l'impegno di tutti mi appariva notevole. Gli scambi erano aiutati dal fatto che la sala di conteggio era unica; i vari esperimenti avevano l'assegnazione di alcuni racks per il montaggio dell'elettronica. Ma eravamo tutti lì e ci si parlava continuamente!.

Istruttive erano anche le periodiche riunioni per la suddivisione del tempo macchina fra i vari utenti. Sotto la gestione Salvini del laboratorio, gestione un po' "dittatoriale" — ma credo che andasse bene così. . . , c'erano queste aperture democratiche come appunto le riunioni di divisione del tempo macchina. Lì c'era veramente competizione, ma se si avevano difficoltà bisognava onestamente dichiararle e dire come si sperava di superarle, garantendo poi un buon uso del fascio. La ripartizione veniva fatta senza troppi traumi, ma, come ho detto, in uno spirito competitivo. E si compete anche con Salvini, Querzoli, Stoppini, Mezzetti, etc. cioè con i nostri ex professori. In queste discussioni piano piano emersero naturalmente dei giocatori più abili. Per il gruppo di Pisa, la capacità dialettica, ed anche la mole, di Giorgio Bellettini certamente aiutavano. C'era poi l'effettiva utilizzazione dei fasci. Molti degli esperimenti avevano bisogno di un lungo periodo di prove, durante le quali si cercava di introdurre miglioramenti. Essendo l'elettrosincrotrone una macchina ricca di fondi elettromagnetici, gli schermaggi in piombo erano il nostro pane quotidiano, sia di giorno che di notte. Le ton-

nellate di piombo che noi e gli altri gruppi abbiamo dovuto spostare all'inizio della sperimentazione ci hanno costretto ad una ginnastica con guantoni di cuoio— dato che il piombo è velenoso— spostando centinaia di panetti  $20 \times 10 \times 5 \text{ cm}^3$ , una diecina di chiletti ognuno. Divenimmo tutti esperti in “muri piombo”.

La macchina, almeno inizialmente, aveva anche lunghi periodi di interruzione, dovuti principalmente alla “cinghia del Van de Graaff”, l'iniettore del sincrotrone, o a problemi di “radiofrequenza”. Di giorno queste interruzioni erano sopportabili, di notte erano un vero tormento perché si doveva restare vigili e pronti a riprendere le misure. Il mio record è stato quello di restare sveglio per 32 ore filate. Ebbi la sensazione che fosse prudente arrestarsi prima, se si volevano evitare possibili incidenti dovuti alla stanchezza . . . Durante il funzionamento della macchina si cercava poi una ottimizzazione della intensità del fascio. Si faceva quindi pressione sugli operatori perché cercassero di fornire il massimo delle prestazioni del sincrotrone. La macchina era controllata in modo analogico, agendo su voltaggi, correnti, vuoto, etc.; quindi era tutto un girare di potenziometri a molti giri, i famosi Helipots, passando dall'uno all'altro secondo la personale ricetta di ogni operatore. E ce ne erano di quelli con le mani d'oro o forse con una maggiore buona volontà. Perché, a distanza di più di cinquant'anni mi rivengono in mente dei nomi favoriti? : Ed Gradl, Piero Bellagotti, Armando Gandini, Silvestro Voci. . . Ora quasi tutte le apparecchiature che ci circondano sono di tipo “digitale”<sup>4</sup>.

Una scuola di scienza sono stati gli annuali “Congressini di Frascati”. Sono riuscito a procurarmi la raccolta delle comunicazioni dal 1960 al 1965 che danno un chiaro panorama della fisica fatta in quegli anni. Anche illuminante è la relazione del “teorico del laboratorio” Giacomo Morpurgo sugli esperimenti in corso e in progetto

---

<sup>4</sup>La sensazione di un controllo analogico a molti parametri l'ho riavuta recentemente operando al Cockcroft-Walton del nostro attuale esperimento MEG. L'ottimizzazione delle sue prestazioni è molto simile a quanto era richiesto dal sincrotrone.

a Frascati [9, 10, 11, 12, 13].

Almeno inizialmente i congressini sono stati introdotti e guidati da Gilberto Bernardini, uno dei migliori fisici italiani. Aveva insegnato e lavorato in USA e, con Amaldi, è stato un elemento essenziale nella ricostruzione della fisica italiana nel periodo post bellico. Ambedue erano stati determinanti nel lanciare la proposta per il sincrotrone e nell'affidare il progetto a Giorgio Salvini.



Figura 7: *Edoardo Amaldi e Gilberto Bernardini durante un congresso.*

Bernardini era veramente capace nel gestire quei primi congressi, nel vivacizzare le discussioni, nello stimolare l'uditorio con commenti e domande appropriate; coinvolgeva anche le persone più giovani nel dibattere le questioni allora calde della fisica; e ricordo

questo per esperienza personale e diretta. . .

Cosa si studiava? Ne farò una breve panoramica nell'ultima parte di questo scritto, accompagnandola con un personale giudizio su quanto realizzato in quegli anni.

In relazione all'uso della macchina aggiungo alcune note "di colore" e non posso non citare il famoso sistema dei "birilli". Si trattava di una rastrelliera nella quale era inserita una diecina di birilli; ogni birillo chiudevava un contatto elettrico; se un birillo veniva estratto il sincrotrone si arrestava. Ogni volta che un ricercatore voleva accedere alla sala sperimentale, a livello della macchina e raggiungibile dalla sala di controllo mediante una ripida scaletta, era tenuto ad estrarre un birillo e a portarselo dietro fino al suo ritorno. Questo per evitare ogni possibile esposizione alle radiazioni. Su questi birilli si è molto favoleggiato. Salvini li aveva imposti ed era attentissimo al rispetto delle sue disposizioni in materia. Alcuni trasgressori sono stati sottoposti a sfuriate memorabili. Comunque al di là delle "leggende" io stesso mi ricordo di vari episodi divertenti. Se, per esempio, si andava in sala per costruire il tipico muro di piombo, il proprio birillo veniva poggiato da qualche parte. . . Alla fine dell'operazione si riscendeva nella sala controllo e se il birillo non era rimesso al suo posto la macchina non poteva essere riavviata; era tipico l'aver dimenticato il birillo nella sala sperimentale, chissà dove però. . . ; doveva essere ricercato, spesso impiegando un tempo notevole, irritando tutti gli altri utilizzatori. È anche successo che, a fine turno, un ricercatore si portasse in tasca un birillo fino a casa, impedendo quindi la ripresa delle misure. Bisognava ricercare il collega e recuperare il birillo; non c'erano birilli sostitutivi!

Altra operazione svolta in sala sperimentale era l'orientamento del fascio verso l'esperimento. Si sapeva dove era il fascio, ma si usavano dei pesanti collimatori conici di rame e piombo per cercare di ridurre i fondi collegati con le code del fascio di bremsstrahlung. Queste ottimizzazioni venivano fatte "alla casalinga" raramente usando teodoliti e livelle, per ragioni di rapidità. Pren-



demmo l'abitudine di farlo ad occhio, letteralmente guardando dentro il collimatore e puntandolo verso l'esperimento. La procedura era folle, non fosse altro per le ignote dosi di radioattività alla quale ci assoggettavamo: il collimatore era senza alcun dubbio uno degli oggetti più radioattivi nella sala sperimentale!

Altre follia fu quella associata al campo magnetico della macchina, oscillante a 20 Hz; Giancarlo Sacerdoti, il responsabile del Gruppo Magneti, ci aveva fatto notare come, se si inseriva la testa fra i poli del magnete del sincrotrone, la visione diveniva anch'essa in strano modo oscillante. . . . Tutti abbiamo sperimentato il fenomeno e c'è da chiedersi se non ci fosse il pericolo di cuocersi letteralmente il cervello in caso di prolungamento delle osservazioni!

Nella sala conteggio di tanto in tanto si potevano avere anche periodi di relativa calma e le ore allora passavano lente. Di notte poi non era sempre facile mantenersi svegli, particolarmente nelle ore direttamente antecedenti il sorgere del sole. Il "fenomeno" è ormai ben noto a chi abbia fatto turni di notte al sincrotrone di Frascati, ma poi a qualsiasi altra macchina. . . Nei casi di calma mi è capitato di essere spettatore di esecuzioni violinistiche del duo Pierluigi Braccini-Vittorio Sivestrini; si narra anche che il prof. Alberigi Quaranta si lanciasse, di tanto in tanto, in esecuzioni di pezzi d'opera; a me, per la verità non è capitato di ascoltarlo. . .

C'erano però anche periodi più tormentati. Era una disgrazia fare turni sovrapposti alla presa dati da parte dei gruppi di camera a bolle; le espansioni delle camere erano rumorosissime e potevano durare per molte ore; uno dei "colpevoli" era, ad esempio, un gruppo di Pisa— con le sue 5 espansioni al secondo.

La gestione del laboratorio, particolarmente durante il periodo di Giorgio Salvini, era improntata ad uno stile severo e rigoroso. C'era certamente una grande attenzione alla spesa e alla riduzione degli sprechi. L'impresa dei laboratori di Frascati era costosa e Sal-

vini si sentiva gli occhi addosso da parte dei politici <sup>5</sup>. Nel laboratorio circolavano auto piuttosto modeste, ma in questo parco macchine apparve improvvisamente una giuletta sprint acquistata da Vittorio Silvestrini, nostro coetaneo e persona in seguito ben nota. Salvini gli fece una paternale perché un'auto così "vistosa" avrebbe richiamato l'attenzione sul laboratorio e sui suoi ricercatori, in maniera giudicata inopportuna <sup>6</sup>. Lo stesso Vittorio Silvestrini—era all'epoca uno dei membri del gruppo di Salvini, quindi sempre a portata di mano... — fu di nuovo rimproverato perché aveva preso in prestito una chiave inglese del laboratorio per effettuare una riparazione in casa. *“La chiave inglese è proprietà del laboratorio e quindi dello Stato; è inconcepibile che possa essere asportata per scopi non di interesse per il laboratorio”*. Visto che sto spettegolando su altri, preciso che io ho potuto acquistare una prima auto (usata), una cinquecento, solo dopo il mio matrimonio, a 26 anni, nel 1962; vivevamo in un periodo di ristrettezze! Per completare i pettegolezzi: anche Giorgio Bellettini acquistò una giuletta... ma, dopo Salvini, si era passati alla direzione Quercia, personaggio certamente più rilassato. Con la giuletta di Giorgio abbiamo fatto infiniti viaggi Pisa-Frascati, molte ore di guida lungo l'aurelia, in un'epoca che precedeva l'inaugurazione dell'autostrada del sole (1964). Una volta mi trovavo solo con Giorgio quando arrivammo ai laboratori. L'ingresso dei laboratori, con la portineria a lato, era decisamente molto stretto e provvisto di sbarra, normalmente lasciata aperta. Giorgio in un suo stato che definirei "azzardato-temerario", decise che sarebbe entrato nei laboratori a tutta velocità senza preoccuparsi di possibili auto procedenti in senso inverso. Entrammo; appena dentro io balzai fuori dall'auto bestemmiando come un turco e fuori della grazia di Dio. Giorgio ha sempre sostenuto che lui sarebbe stato pronto a frenare..., ma non è da crederci!

---

<sup>5</sup>Vale la pena ricordare il caso "Ippolito" riguardante l'energia nucleare, esploso nell'estate del 1963.

<sup>6</sup>Mi chiedo perchè Carlo Bernardini, sempre sistemato in magnifiche Citroen DS, provviste di avveniristiche sospensioni idromeccaniche, l'avesse fatta franca...

Una prova evidente del successo dei laboratori è stata data dal continuo flusso di visitatori da molti paesi, ma essenzialmente dagli Stati Uniti. Erano tutti fisici con esperienza pluriennale ad acceleratori esistenti in USA, sia piccole macchine universitarie che progetti in diretta competizione col sincrotrone di Frascati <sup>7</sup>. Inoltre il livello generale della fisica americana era ben superiore a quello italiano; molte persone avevano partecipato ai programmi di sviluppo dell'energia nucleare, alla costruzione dei reattori, a varie ricerche belliche quali il radar e le atomiche. La politica delle "porte aperte", evidentemente messa in opera da Salvini, mi colpisce ancora adesso. Delle persone passate per Frascati ricordo: Karl Berkelman, John De Wire, Martin Deutsch, Ricardo Gomez, Boyce McDaniel, Al Odian, Louis Osborne, Vincent Peterson, Matthew Sands, Al Silverman, Robert Walker, Alan Watterberg, Robert Wilson. Rimanevano periodi più o meno lunghi, con un impegno variabile e talvolta alternando il lavoro con periodi di vacanza. . . . Alcuni hanno partecipato alle esperienze; con molti di loro, noi giovani di Pisa, abbiamo avuto pochi contatti, a parte seminari e congressini. Con qualche eccezione: Odian, ad esempio era un tipo estroverso assai simpatico; parlava discretamente italiano e con lui gli scambi sono stati frequenti. Fu proprio Odian a progettare a Frascati i primi prototipi di circuiti a semiconduttori, in un periodo nel quale tutti usavano ancora pesantemente le valvole. Il suo esempio mi spinse a lanciarmi nella stessa direzione e a progettare con semiconduttori tutta la nuova elettronica per l'esperimento Primakoff.

Noi di Pisa abbiamo avuto la fortuna di collaborare a lungo con Edmund (Ted) Bellamy che Franzinetti aveva invitato a Pisa e che fece parte del nostro gruppo. Ted era professore a Glasgow ed aveva lavorato al locale sincrotrone; era più anziano di noi e aveva molta più esperienza di ricerca e di pratica di laboratorio. Quindi, all'inizio delle nostre attività, il suo consiglio ed il suo aiuto sono stati molto positivi; questo senza troppa invadenza, visto che eravamo

---

<sup>7</sup>L'Elettrosincrotrone di Frascati è stato preceduto, in USA e in Europa, da macchine simili di minore energia o minore intensità dei fasci: Caltech (520 MeV), Cornell (300 MeV), Glasgow (350 MeV), Ge.Elec.Co. (1.3 GeV).

assai gelosi della nostra indipendenza. Ha partecipato ad alcune nostre misure al sincrotrone—non alla misura dell'effetto Primakoff però. Rientrato in Inghilterra, il suo legame con Pisa è durato anche dopo il periodo di Frascati, in vari esperimenti al CERN.

Oltre al passaggio dei fisici, il laboratorio è stato frequentemente visitato da personaggi famosi; il sincrotrone era divenuto per l'Italia una specie di fiore all'occhiello. E così oltre al Presidente Gronchi e ai politici nostrani, venne a trovarci il principe Filippo di Edimburgo, il quale, forse con sua sorpresa, si trovò a parlare per un po' con l'inglesissimo Ted Bellamy; vennero anche Grace e Ranieri di Monaco, poi i reali di Thailandia Bhumibol e Sirikit . . .

Uno strano episodio, nel quale fummo pienamente coinvolti fu quello relativo allo scoppio di una targhetta di idrogeno liquido; lo racconto perché mi è stato detto recentemente da Franco Scaramuzzi, all'epoca responsabile del gruppo criogenico, che è stato l'unico evento di questo tipo verificatosi nel laboratorio. Per fortuna il bersaglio ad idrogeno da noi realizzato conteneva una quantità minima di idrogeno, forse qualche decina di centimetri cubici. Si trattava di un bersaglio speciale di piccolo spessore, circa 1 centimetro di idrogeno liquido, che però doveva essere mantenuto rigorosamente piatto mediante delle sacche di gas a pressione, davanti e dietro. Lo scoppio avvenne, solo parzialmente per nostra colpa, perché esistevano due procedure indipendenti per lo svuotamento della targhetta, in realtà incompatibili fra loro— e senza che questo fosse stato sufficientemente chiarito. L'operazione di svuotamento fu iniziata e portata a termine da due persone diverse, che, sfortunatamente procedettero secondo le due procedure incompatibili. Io mi ritrovai a cavallo della targhetta al momento dello scoppio e mi presi un bello spavento, non tanto per gli effetti dello scoppio in sé, quanto per il fumo che si sviluppò quando i liquidi andarono a finire nelle varie pompe da vuoto. L'incidente, di scarso effetto a parte la necessità di ricostruire la targhetta, generò parecchie reazioni nel laboratorio. Il direttore, I.F.Quercia ci costrinse a nominare un preciso responsabile per le operazioni intorno al bersaglio. . .



Non ho dubbi sul fatto che, al di là dei risultati di fisica ottenuti, i laboratori di Frascati ed il sincrotrone siano stati la palestra nella quale si sono allenati molti fisici delle particelle provenienti dalle università e dall'INFN [14, 16, 17, 18]. Questa preparazione è stata essenziale per il successivo sviluppo dell'INFN e per tutte le iniziative che alcuni di noi hanno poi preso in altri laboratori: al CERN, in USA, in Germania, in Russia.

Quale sono stati i temi di fisica esplorati presso il Sincrotrone? Principalmente i processi fotomesonici relativi ai  $\pi$  e  $K$ , sia produzione singola che produzione doppia di mesoni. Se ne studiavano le distribuzioni angolari, l'andamento delle sezioni d'urto in funzione dell'energia, la polarizzazione dei protoni di rinculo. Con tutte queste informazioni, peraltro lontane dall'essere statisticamente soddisfacenti, si cercava di determinare i numeri quantici delle varie risonanze pione-nucleone, le costanti di accoppiamento pione-nucleone, utilizzando i vari modelli disponibili; alcuni esempi di questi studi sono riportati in: [19],[20],[21],[22]. E ci si confrontava con le difficoltà associate a processi notoriamente non perturbativi: l'inizio dello studio delle "interazioni forti". Le risonanze esplorate erano essenzialmente le prime tre del sistema pione nucleone, con energia del fascio gamma fino a 1100 MeV. Solo molto più tardi e con statistiche più ricche emerse che il numero di risonanze nascoste in quella stessa zona di energie era assai maggiore. . .

Alcuni risultati interessanti sono stati ottenuti nello studio dei canali di decadimento dei mesoni [23].

Altro importante capitolo era quello dello studio dei processi elettrodinamici: produzione di coppie di elettroni e muoni fino ai massimi impulsi trasferiti raggiungibili; annichilazione di positroni e diffusione ( $e^+e^-$ ) e ( $e^-e^-$ ), alla ricerca di possibili violazioni dell'elettrodinamica [24]. Non mi sembra che questi ultimi esperimenti abbiano raggiunto risultati molto rilevanti, a parte forse un controllo sperimentale delle correzioni radiative sulle quali allora si

discuteva. Di molto maggiore interesse i contemporanei risultati ottenuti, in un campo diverso, all'acceleratore lineare di Stanford e le sistematiche esperienze di Hofstadter relative alla diffusione di elettroni su nucleoni e nuclei [25].

È forse più opportuno evidenziare alcune iniziative, particolarmente fruttuose nel tempo, che sono chiaramente emerse al di sopra di molta buona fisica di carattere più normale. Darò ancora qualche indicazione bibliografica, senza pretese di completezza.

Il fatto di aver costruito una macchina quasi dal nulla ha permesso la formazione di un gruppo di "macchinisti" capaci di sviluppare il programma degli anelli di accumulazione  $e^+e^-$ : ADA ed ADONE. Questa linea di ricerca, sviluppata sotto lo stimolo del geniale Bruno Touschek e iniziata in Italia, è stata importantissima a livello mondiale per la fisica delle particelle [26],[27].

Gli esperimenti, iniziati e perseguiti da Giordano Diambrini ed altri, sugli effetti di coerenza nella bremsstrahlung e nella produzione di coppie  $e^+e^-$  da cristalli [28]. La messa a punto di fasci di gamma fortemente polarizzati e quasi monoenergetici ha permesso, sia a Frascati, che successivamente in altri laboratori, una conoscenza più completa delle reazioni di fotoproduzione.

Lo studio dell'effetto Primakoff già menzionato, la produzione di  $\pi^0$  nel campo coulombiano del nucleo. Suggesto da G. Morpurgo [7], ci trovò coinvolti in prima linea. Permetteva di determinare la vita media del  $\pi^0$  ancora mal nota [6]. L'esperimento era, in qualche modo, fuori del "main stream", ma con scopi ben chiari, cosa non sempre vera per molte altre iniziative.

L'inizio degli esperimenti utilizzando la radiazione di sincrotrone [29]. Questo è stato un campo nel quale si è avuta una esplosiva evoluzione che ha portato alla costruzione di acceleratori dedicati. La ricerca utilizzando la radiazione di sincrotrone ha riguardato la Fisica Atomica, la Fisica dello Stato Solido, lo studio di strutture

biologiche, la microlitografia, etc. [30].

Alcuni esperimenti ( $ee'p$ ) per lo studio dei modelli nucleari a shell [31].

Nell'humus dei laboratori di Frascati ha avuto inizio lo studio della fisica dei plasmi e quello della struttura della materia, poi sviluppatasi in laboratori indipendenti.

Concludo notando che il nostro gruppo di Pisa ha contribuito alla ricostruzione del paese anche in altro modo. Abbiamo tutti iniziato a lavorare per la sperimentazione al sincrotrone come quattro giovani scapoli. Alla fine dei primi esperimenti eravamo tutti felicemente sposati ed avevamo alacramente prolificato. . .



# Bibliografia

- [1] G. Salvini *et al.*, L'Elettrosincrotrone e i Laboratori di Frascati, Editore Zanichelli (1962).
- [2] G. Battimelli *et al.*, L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Storia di una comunità di ricerca, Ed. Laterza, (2001)
- [3] G. Battimelli *et al.*, L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, La ricerca italiana in fisica subatomica, Ed. Laterza, (2003)
- [4] G. Salvini, C. Bernardini *et al.*, La Nascita dei Laboratori Nazionali di Frascati e della Comunità Scientifica, in ANALYSIS, Rivista di Cultura e Politica Scientifica,(2008).
- [5] Attività dei Laboratori Nazionali di Frascati, LNF-60/19, (1960)
- [6] G. Bellettini *et al.*, Nuovo Cimento A, **40**, 1139 (1965).
- [7] G. Morpurgo, Nuovo Cimento, **31**, 569 (1964).
- [8] Vedi: Italo Mannelli, Luciano Bertanza, in Storie di Uomini e Quarks, Ed.: Società Italiana di Fisica (2012)
- [9] Raccolta delle Comunicazioni del Congresso 1960 sulla Fisica e la Ricerca di Alta Energia, LNF-61/19, (1961)
- [10] Raccolta delle Comunicazioni del Congresso 1962 sulla Fisica e la Ricerca di Alta Energia, LNF-62/37, (1962)
- [11] Raccolta delle Comunicazioni del Congresso 1963 sulla Fisica e la Ricerca di Alta Energia, LNF-63/47, (1963)

- [12] Raccolta delle Comunicazioni del Congresso 1965 sulla Fisica e la Ricerca di Alta Energia, LNF-66/34, (1965)
- [13] G. Morpurgo, Nuovo Cimento Suppl. **16**, 17 (1960).
- [14] V. Valente, Strada del Sincrotrone Km12, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, (2007)
- [15] L. Brown and M. Dresden , Pions to Quarks, Particle Physics in the 1950s Cambridge University Press, (1989)
- [16] L. Bonolis e M.G. Melchiorri, Fisici italiani del tempo presente, Ed. Marsilio, (2003)
- [17] L. Bonolis, Maestri e allievi nella fisica italiana del Novecento, Ed. La Goliardica Pavese, (2008)
- [18] L. Bonolis e C. Bemporad, Storie di Uomini e Quarks, Ed. Società Italiana di Fisica, (2012)
- [19] M. Beneventano *et al.*, Nuovo Cimento, **28**, 1464 (1963).
- [20] C. Bacci *et al.*, Nuovo Cimento, **45**, 983 (1966).
- [21] R. Querzoli *et al.*, Nuovo Cimento, **19**, 53 (1961).
- [22] L. Bertanza *et al.*, Nuovo Cimento, **24**, 734 (1962).
- [23] C. Bacci *et al.*, Phys.Rev.Letters, **11**, 37 (1963).
- [24] G. Torelli *et al.*, Nuovo Cimento, **29**, 1215 (1963).
- [25] R. Hofstadter *et al.*, High Energy Electron Scattering, DOE Technical Report AECU-3104 (1955).
- [26] G. Isidori Ed, Bruno Touscheck and the Birth of  $e^+e^-$  Physics, Ed. Laboratori Nazionali di Frascati, (1998)
- [27] C. Bernardini, ADA: The first Electron-Positron Collider Physics in Perspective, **6**, 156 (2004).

- [28] G. Diambrini, *Rev. Mod. Phys.*, **40**, 611 (1968).
- [29] G. Missoni *et al.*, *Phys. Rev. Letters*, **18**, 887 (1967).
- [30] H. Winick & S. Doniach, *Synchrotron Radiation Research*, Plenum Press (1980).
- [31] U. Amaldi *et al.*, *Physics Letters B*, **25**, 24 (1967).