

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-62/117 (1962)

G. Salvini: L'ELETTROSINCROTRONE: PROCEDIMENTO DEI LAVORI,
DIVISIONE DEI COMPITI, QUADRO DEI TEMPI, PRIMA FASE DELLE
RICERCHE SPERIMENTALI.

Estratto dal: Nuovo Cimento, Suppl. 24, 51 (1962)

CAPITOLO II

Procedimento dei lavori, divisione dei compiti, quadro dei tempi, prima fase delle ricerche sperimentali.

G. SALVINI

1. - Inizio dell'attività.

L'inizio delle attività che qui si riferiscono può fissarsi al febbraio 1953; fu infatti su proposta di GILBERTO BERNARDINI suo Presidente che il Comitato Direttivo dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare decise il 6 febbraio 1953 la costruzione di una macchina acceleratrice di elettroni di una energia massima uguale o maggiore di 500 MeV. Nella stessa seduta si decise di costituire al più presto un gruppo di ricercatori e di tecnici per preparare un preciso progetto, e si affidò a chi scrive questa nota (allora presso l'Università di Pisa) la direzione dei lavori.

Si iniziò così presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa la nostra prima attività.

2. - All'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa.

La caccia alle persone adatte iniziò subito, dal 10 febbraio 1953. Si decise di formare uno stato maggiore di fisici esperti, e di arruolare giovani fisici ed ingegneri di massima neolaureati, con poca preoccupazione per la loro attività precedente e naturalmente per la loro competenza specifica in elettrosincrotroni.

Un primo gruppo si formò abbastanza presto: il professor MARIO AGENO dell'Istituto Superiore di Sanità, esperto in macchine nucleari, e noto anche per il suo lavoro con l'acceleratore elettrostatico di protoni da un milione di volt del suo Istituto, accettò di studiare il problema dell'iniezione e dell'iniettore, in collaborazione con il professor RUGGERO QUERZOLI dello stesso Istituto.

Il professor ENRICO PERSICO accettò di dirigere il progetto teorico della macchina, ad una condizione: potemmo ottenere il suo fondamentale contributo al lavoro solo promettendogli di non invischiarlo in generali questioni di direzione ed amministrazione.

Il professor ITALO FEDERICO QUERCIA ritornò con deciso entusiasmo dall'India, ove aveva finito di misurare la radiazione cosmica a bassa latitudine, per assumere la responsabilità di guida del reparto elettronico e radiofrequenza.

Il professor GUIDO TAGLIAFERRI assunse la responsabilità del vuoto e della ciambella, pur restando con noi solo sino al 1954.

I lavori di progetto iniziarono a Pisa con alcune riunioni (estate 1953) del gruppo di lavoro, nelle quali si fissarono le caratteristiche di massima di un elettrosincrotrone da 600 MeV. A questi lavori partecipò il Professor MATTHEW SANDS, allora in visita all'Istituto di Fisica dell'Università di Roma dall'Istituto di Tecnologia della California (U.S.A.); egli ci portò il contributo di una diretta e viva esperienza della quale in quella fase di avviamento tutti beneficiammo.

In questo primo periodo l'attività per il sincrotrone si svolgeva, oltre che a Pisa (studio sul magnete, misure magnetiche, vuoto, elettronica, controlli), anche a Roma (gruppo teorico), a Firenze (accelerazione a radiofrequenza, presso il Centro di Microonde del CNR con il consiglio e la guida del Prof. NELLO CARRARA), a Roma ancora all'Istituto di Sanità (iniezione ed iniettore), a Milano (modelli analogici in vasca elettrolitica, presso l'Istituto di Elettrotecnica generale del Politecnico). In generale l'attività sperimentale, si potrebbe dire di allenamento, si svolgeva prendendo a guida un definito, pur provvisorio, progetto di elettrosincrotrone, con i parametri fondamentali precisamente determinati.

Nella Tabella I è data la divisione dei compiti tra i fisici ed i tecnici anziani, della Sezione Acceleratore. La divisione non va presa affatto alla lettera e si riferisce ai compiti principali di ognuno. La data in parentesi è quella dell'inizio dell'impegno di ciascuno di noi nella Sezione Acceleratore. Sin dagli inizi (1953) la Sezione Acceleratore ebbe una sua precisa struttura amministrativa, con una chiara definizione delle responsabilità e dei limiti di autonomia. Di questa chiarezza ha notevolissimo merito il Dr. ICILIO AGOSTINI, Segretario Amministrativo della Sezione Acceleratore e quindi dei Laboratori di Frascati.

Tra il 20 luglio e il 10 settembre 1953, G. BERNARDINI e G. SALVINI compirono un viaggio negli Stati Uniti visitando le macchine acceleratrici esistenti o in costruzione. In questa visita, attraverso la discussione con tecnici esperti in grandi macchine e con alcuni tra i migliori fisici americani nel campo dell'alta energia (siamo in particolare grati al Prof. W. PANOFSKY, ed al Prof. R. WILSON), ci si convinse della opportunità di innalzare l'energia massima della macchina in progetto ad almeno mille MeV, e ci si orientò definitivamente verso un elettrosincrotrone, rispetto all'alternativa che ancora era nell'aria di un acceleratore lineare per elettroni.

Il periodo dal novembre 1953 alla fine del 1954 è quello delle decisioni irreversibili: si arrivò allora, attraverso discussioni in generale lunghe e piuttosto analitiche, alle decisioni di massima sulle caratteristiche della nostra macchina, sul sito, sulla generale configurazione dei laboratori.

TABELLA I. - *Divisione dei compiti durante la costruzione dell'elettrosincrotrone tra i fisici, gli ingegneri ed i tecnici anziani della sezione acceleratore (divenuta Laboratori Nazionali di Frascati nel 1958). La data indica l'anno di inizio dell'impegno di ciascuno.*

Magnete	Radiofrequenza, elettronica	Vuoto
Ing. F. AMMAN, 1953 Dr. G. BOLOGNA, 1956 Dr. G. DIAMBRINI, 1954 Sig. G. DI STEFANO, 1955 Dr. G. GHIGO, 1954 Dr. P. G. MURTAS, 1957 Ing. G. SACERDOTI, 1953 Prof. G. SALVINI, 1953 Dr. G. SANNA, 1954 Ing. R. TOSCHI, 1954	Prof. A. ALBERIGI, 1956 Sig. C. DARDINI, 1955 Sig. D. FABIANI, 1954 Sig. A. LUPOLI, 1955 Dr. A. MASSAROTTI, 1956 Ing. M. PUGLISI, 1953 Prof. I. F. QUERCIA, 1953	Sig. P. CLOZZA, 1954 Dr. G. CORAZZA, 1953 Dr. S. SIRCANA, 1956
Iniettore	Gruppo teorico	Laboratorio criogenico
Prof. M. AGENO, 1953 Dr. U. BIZZARRI, 1957 Prof. G. CORTELLESSA, 1954 Prof. R. QUERZOLI, 1953	Prof. E. PERSICO, 1953 Dr. C. BERNARDINI, 1953 Dr. P. G. SONA, 1953 Dr. A. TURRIN, 1953	Prof. G. CARERI, 1954 Dr. G. MONETI, 1956 Dr. V. MONTELATICI, 1957 Sig. E. SOLINAS, 1955
Edifici, laboratori, servizi generali	Amministrazione	
Ing. R. CERCHIA, 1957 Sig. L. DELLA SANTA, 1955 Sig. R. DE SIMONE, 1955 Prof. M. LADU, 1957 Sig. L. PECCHI, 1954 Ing. G. SCACCIA, 1953 Sig. S. STIPCICH, 1953	Dr. I. AGOSTINI, 1953	

Quanto all'elettrosincrotrone in sè, vi erano dubbi tra la focalizzazione forte e la debole: notevoli i vantaggi della prima, ma maggiori le incertezze. Nel primo capitolo della parte terza diamo gli argomenti che ci portarono alla decisione di un elettrosincrotrone a focheggiamento debole. Comunque si elaborò allora un progetto a focheggiamento debole (il progetto Tiburtino [1]) che è piuttosto vicino alla nostra macchina attuale.

Il lavoro per la definizione del Tiburtino si svolse in varie direzioni:

a) lavoro teorico sul confronto tra un elettrosincrotrone a focheggiamento forte ed uno a focheggiamento debole;

b) lavoro sperimentale con particolare riguardo alle misure magnetiche su modelli (in queste fasi collaborò con noi l'Ing. C. CANARUTTO), ed alla preparazione di strumenti adeguati alle precisioni richieste. Ovviamente il progetto Tiburtino era in questo riguardo essenzialmente un punto di riferimento preciso per una sperimentazione comunque necessaria;

c) indagine economica e primi rapporti con l'industria nazionale.

Nell'autunno del 1954 si decise per il focheggiamento debole, e si avviò lo studio e la redazione particolareggiata del progetto definitivo che portò al sincrotrone attuale.

Ormai (ottobre 1954) si sapeva quel che si voleva, e bisogna dire che lo si voleva in modo piuttosto deciso.

Dall'ottobre 1954 all'aprile 1955 proseguirono in Pisa i lavori e gli studi per l'elaborazione del progetto definitivo; valori dei parametri, criteri di struttura e montaggio, scelta dei materiali e delle « norme obbligatorie » che le Ditte dovevano seguire nell'elaborazione delle offerte. Si intensificarono gli scambi con l'industria nazionale e si aprirono i concorsi all'appalto per la costruzione delle varie parti della macchina: magneti, alimentazione, banchi di condensatori, impianti di vuoto.

Come è stato detto, appartengono al nostro primo periodo di attività (1953-54) le ricerche circa la sede definitiva della macchina e l'estensione dei Laboratori: Pisa, Bologna, Milano, Roma erano le soluzioni più probabili, e le Università, i Comuni, le Province gareggiarono tra loro simpaticamente, ma con fermezza, per avere il privilegio del sincrotrone, mentre i progettisti (e le mogli e le fidanzate) badavano a mantenersi isotropi ad ogni preferenza ed attendevano con qualche curiosità di sapere dove avrebbero alla fine dovuto fissare, e per non pochi anni, la loro sede. Le discussioni si conclusero nell'aprile del 1954 con la decisione di fare sorgere il laboratorio del sincrotrone su di un terreno ceduto dall'Amministrazione Comunale di Frascati. Un terreno incolto, a vegetazione bassa di un verde scuro, ondulato, senza acqua, con una sola strada carrareccia, bellissimo nei tramonti, molto più di adesso, civilizzato, e con strade e con acqua.

Nella seconda metà del 1954 (si veda per una più ordinata cronologia la Tabella II, nella quale è dato il quadro dei tempi) cominciano a definirsi nelle linee essenziali le caratteristiche del centro scientifico di Frascati. Si è ormai lontani dallo schema di una macchina nucleare direttamente appoggiata ad un Istituto Universitario. Frascati sarà un centro interuniversitario con servizi indipendenti, quindi con laboratori, officine e servizi propri. I fisici italiani si impegnano in un comune sforzo per mantenere ad un alto livello di rendimento scientifico questa nuova istituzione.

Occorre dire che da allora e costantemente il personale del Sincrotrone ha goduto il privilegio della fiducia, della simpatia e della critica che questa attenzione comporta.

3. - Trasferimento all'Istituto di Fisica dell'Università di Roma e quindi a Frascati.

Nel maggio 1955 la Sezione Acceleratore si trasferì a Roma, ospite dell'Istituto di Fisica dell'Università. In tal modo si potevano anche seguire da vicino i lavori per la realizzazione del complesso edilizio di Frascati, che esigevano ormai decisioni specifiche alle quali i fisici erano strettamente interessati.

È giusto ricordare anche qui la liberalità e la larghezza di idee con le quali il Direttore Prof. AMALDI mise a disposizione i mezzi dell'Istituto di Roma, ed il vivo interesse ed il prezioso consiglio con i quali egli seguì in ogni occasione il nostro lavoro.

Nella seconda metà del 1955 era ormai appaltata la costruzione delle varie parti del magnete e della sua alimentazione presso l'industria nazionale, e si fece quindi più stretta la collaborazione colle Ditte prescelte, allo scopo di studiare le soluzioni definitive. Presso i laboratori di Roma si mettevano a punto le apparecchiature per la misura del campo magnetico del sincrotrone in continua ed in alternata, facendo misure su modelli sperimentali (v. Parte III, Cap. V, Sez. 2) e studiando su questi circuiti di correzione del campo magnetico. Nello stesso tempo si proseguì lo studio del sistema acceleratore a radiofrequenza, mettendo a punto alcune cavità di prova e quindi costruendo la prima catena RF_1 .

Il gruppo ciambella e vuoto definì il suo progetto dopo una lunga serie di prove tecnologiche su varie possibili soluzioni. Ancora entro il 1955 si realizzarono i primi lavori edili in Frascati: portineria ed edificio liquefattore. Intanto nel settembre 1955 erano iniziati i lavori per la costruzione dell'edificio sincrotrone (v. Parte IX, Cap. I).

Nella primavera del 1956 si installò in Frascati il liquefattore di elio e di idrogeno: è questo il primo impianto funzionante dei laboratori di Frascati [2]. Le condizioni di questo impianto e dei suoi immediati servizi, tutti di livello piuttosto alto, erano ancora in stridente contrasto con il generale ambiente di Frascati, ancora sprovvisto di acqua, di strade, di servizi igienici. Ma probabilmente non fu un errore portare in Frascati le ricerche appena possibile, anche in condizioni ancora difficili.

Nel maggio 1956 si iniziarono le misure meccaniche e magnetiche su di un modello del magnete in scala uno a uno, cioè su un segmento di esso lungo un metro (il « metro campione »). Queste prove si fecero presso la Ditta costruttrice del magnete e proseguirono per tutto il 1956. A questo scopo un gruppo di ricercatori e tecnici si trasferì a Genova portando con sé le apparecchiature di misura e le attrezzature preparate presso i nostri laboratori. Fu questo un periodo di delicata indagine, che portò a profonde modifiche sulla bobina di alimentazione, determinandone la definitiva, non usuale struttura. La costruzione del magnete iniziò alla fine del 1956.

Nella prima metà del 1957 si fece più intenso il lavoro inteso alla sistemazione del complesso edilizio, in modo da permettere al più presto il trasferimen-

mento dei laboratori, delle officine, degli uffici. Nello stesso periodo si completò la prima cavità a radiofrequenza e la sua alimentazione: una parte quindi che si mise in tranquilla attesa del resto in un corridoio dell'Istituto di Roma.

Il trasferimento nella sede finale di Frascati avvenne nel luglio del 1957.

Si era partiti da Pisa con un autocarro e rimorchio, ma questa volta occorsero circa dieci viaggi, con apparecchi e modelli, e con parti già costruite. È in questa data che la Sezione Acceleratore si trasforma nei Laboratori Nazionali del Sincrotrone dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. I successivi blocchi del magnete, già da noi misurati in Genova per le proprietà magnetiche e di geometria, arrivavano gradualmente in Frascati, anche se attraverso la succitata carrareccia che non era ancora stata sostituita dalla nuova strada in costruzione. Alla fine del 1957 il magnete colle sue bobine era montato.

L'anno 1957 si chiude con le seguenti realizzazioni od attività in corso:

a) Magnete del sincrotrone montato: sono in corso gli allineamenti magnetici fini, le misure del campo.

b) Alimentazione del magnete montata ed in fase ancora iniziale di messa a punto.

c) Iniettore Cockroft e Walton arrivato in Frascati ed in fase di messa a punto.

d) Camera a vuoto per il sincrotrone: costruzione quasi ultimata.

e) In corso di realizzazione la cavità acceleratrice a frequenza fissa (RF_2); ultimata la RF_1 :

f) In costruzione i molti circuiti di correzione del campo magnetico (più di quanti non ne usiamo, naturalmente).

g) In corso avanzato di studio gli apparecchi ed i circuiti per il controllo d'insieme del sincrotrone.

h) Approntati l'edificio sincrotrone, la stazione di trasformazione, le officine, il laboratorio criogenico. Il progetto di questi edifici e la loro realizzazione, anzi tutto il complesso edilizio dei Laboratori di Frascati, furono affidati sin dagli inizi all'Ing. GIOVANNI SCACCIA SCARAFONI dell'Istituto Superiore di Sanità.

4. - L'entrata in funzione dell'elettrosincrotrone.

La sintesi tra le parti iniziò nel 1958. Ogni pezzo arrivò all'edificio del sincrotrone e venne montato, e ci si preparò gradualmente alla ricerca del fascio; primi giri, prima accelerazione, accelerazione finale. Non c'era ormai più tempo per pentimenti e confronti (c'è da dire che non ve ne furono), si pensava a fare funzionare le cose, dimenticando rapidamente (quanto rapidamente) i progetti alternativi, i calcoli non più necessari, quelle caratteristiche delle macchine altrui che erano state intensamente presenti sino ad allora.

Si era deciso sin dall'inizio, sulla base della esperienza raccolta nelle visite in U.S.A., specialmente a Brookhaven, di misurare il campo del magnete molto bene, sia in eccitazione continua che in eccitazione alternata. Si può dire che si mantenne fede a tale programma, ma non ci mancò di scoprire alcune pecche nelle nostre previsioni, ed in particolare nei riguardi del campo magnetico alle sezioni diritte. È questa una regione dove i gradienti del campo intorno all'orbita di equilibrio pesano in modo elevato sul valore medio di n (per circa il 10 per cento) e dove una simmetria (la radiale) si perde gravemente, con conseguenze notevoli, tra l'altro, anche di riscaldamento del magnete. La situazione fu risolta, con un pizzico di fortuna, in un modo che ancora oggi ci soddisfa (v. Parte III, Cap. VIII).

Intanto nell'Istituto di Sanità, con la direzione del Prof. AGENO, si ultimava la preparazione del delicato sistema ottico di iniezione, e di quella parte fondamentale e di estremo impegno che è il deflettore, con la sua alimentazione ed i suoi telecomandi meccanici. È notevole il fatto che questo insieme è rimasto circa invariato dai primi giorni di funzionamento ad oggi.

Era ormai in avanzata fase di messa a punto l'iniettore Cockcroft-Walton, ma si andava delineando un'alternativa: innalzare l'energia di iniezione (il che era sicuramente un vantaggio nei riguardi dell'intensità del magnete e di tutta la stabilità di funzionamento della macchina) rivolgendosi ad un iniettore di Van de Graaff ormai disponibile sul mercato, dedicando il Cockcroft-Walton ad altre ricerche a bassa energia, per le quali era anche particolarmente indicato.

Si decise di impiegare il Cockcroft-Walton nelle prime ricerche del fascio, mentre si attendeva un Van de Graaff da 3 MeV.

La ciambella e le scatole di vuoto vennero montate nell'estate del 1958. Nello stesso periodo si mise a punto sull'alimentazione del magnete il sistema di sincronizzazione principale, e si completò il sistema di controllo e comando delle correnti di correzione.

Il Cockcroft-Walton fu allineato con l'ottica di iniezione, si chiuse, si fece il vuoto, ed alla fine di settembre del 1958 si iniziò ad una energia di circa 1200 keV una prima ricerca del fascio, nella classica cadenza di queste cose: un quadrante, due, tre quadranti, un giro, due giri. Non si voleva di più, a quella energia di iniezione, e non si poteva pretendere di andare più in fretta. Il 15 ottobre si chiusero queste prove, e si passò all'insieme dei lavori necessari per l'insediamento del Van de Graaff. L'oggetto arrivò nel novembre e subito iniziarono le modifiche per ottenere il funzionamento a impulsi di corrente come da noi richiesto, e per asservire alla tensione della Van de Graaff l'istante di iniezione (v. Parte VI, Cap. I).

Il primo dicembre 1958 si iniziò la ricerca del fascio, con la sola prima cavità acceleratrice inserita.

Superata rapidamente la fase di puntamento dell'iniettore e di passaggio del deflettore, si riuscì in pochi giorni a fare compiere agli elettroni circa venti

giri di spiralizzazione. A questo punto si accese la prima cavità di radiofrequenza, e si raggiunsero prima 47 MeV di energia massima degli elettroni, successivamente (il 19 dicembre) 300 MeV, forzando la tensione ed il tempo di eccitazione della cavità. Le condizioni generali di tutto l'impianto sembrarono soddisfacenti.

Non restava ormai che inserire nella sezione diritta la seconda cavità risonante, mettere a punto la relativa catena, ed eccitare anche essa. Dopo il ripristino del vuoto in ciambella, e le consuete operazioni preliminari (si stava imparando tutto, e ci si dimenticava regolarmente di premere una certa percentuale dei bottoni di comando), la seconda cavità venne messa in funzione il 6 febbraio. Il 9 febbraio si partì per provare il funzionamento definitivo. Quella sera stessa si arrivò ad accelerare gli elettroni a 1000 MeV e ad una intensità già elevata. Si andò a cena tutti insieme a Frascati.

5. - Inizio e proseguimento delle ricerche.

A) L'intensità della macchina apparve subito molto elevata, maggiore di un fattore 4÷6 dei record esistenti per gli elettrosincrotroni di uguale mole. Occorreva ormai al più presto mettere la macchina a disposizione degli sperimentatori, e questo significava provvedere a:

- la stabilità di funzionamento e l'allenamento del personale teorico adibito al regolare continuo funzionamento della macchina;
- la forma e la durata dell'impulso di fascio γ , e la posizione dei bersagli interni;
- il cambiamento di energia della macchina, sempre delicato nel caso di un magnete eccitato in risonanza;
- la schermatura definitiva della macchina e della sala sincrotrone (come ci si attendeva, non si può stare in sala esperienze quando la macchina è in funzione), e il dispositivo di misura e di controllo delle radiazioni.

Questi problemi arrivarono tutti a una prima soddisfacente soluzione nella prima metà del 1959, che è l'epoca di transizione tra la fase di costruzione e l'attività di ricerca nucleare. Nelle varie parti di questa monografia, per evitare l'indugiare su situazioni superate, si descrivono le soluzioni definitivamente scelte, che non differiscono sostanzialmente dalle prime adottate.

B) La macchina fu posta sistematicamente a disposizione degli sperimentatori a partire [3] dal 15 maggio 1959. Per 50 ore in maggio, 200 in giugno, 450 in novembre, secondo l'istogramma di Fig. I.II.1.

A. SILVERMAN, da Cornell, che era in visita da noi nel gennaio 1959, lo aveva detto: « pay attention, una mattina vi sveglierete e avrete un fascio, un bel fascio intensissimo ». Quindi secondo lui occorreva essere pronti con le prime esperienze, per non avere una macchina pronta ma non immediatamente utilizzabile.

Infatti la macchina entrò in funzione così, in modo improvviso e sicuro, e noi con le esperienze eravamo pronti solo a metà. Questo è già più di quanto normalmente non avvenga quando una macchina parte in modo facile; comunque vi era moltissimo da fare.

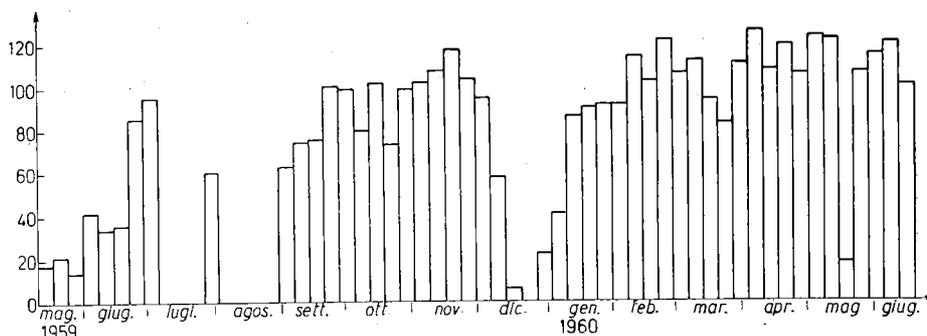


Fig. I.II.1. — Funzionamento dell'elettrosincrotrone nel primo anno di attività. In ordinata il numero di ore macchina messe a disposizione degli sperimentatori, per settimana.

Già nel 1956, 1957, 1958 vi erano state, in particolare curate dall'I.N.F.N. e da Frascati, alcune riunioni dedicate alla discussione ed alla scelta delle esperienze da fare con le macchine. Erano piuttosto accademiche, se vogliamo, in mancanza di dati precisi e di informazioni sulla intensità e sulle caratteristiche del nostro fascio, ma oggi possiamo dire che esse ebbero una loro utilissima, anzi necessaria funzione; infatti sulla base delle esperienze scelte:

- si costruirono i primi magneti;
- si iniziò la costruzione in laboratorio dei rivelatori plastici, e dei rivelatori Čerenkov; si avviarono le tecniche di elettronica veloce;
- si iniziò la costruzione dei bersagli a idrogeno liquido.

Dobbiamo osservare che i ricercatori del nostro paese erano nella maggioranza nuovi ai problemi tecnici e sperimentali delle ricerche con grandi macchine: la ricerca nucleare in Italia si era sviluppata nel 1954-1958 essenzialmente utilizzando i fasci di altre macchine acceleratrici all'estero, e quindi essenzialmente con la tecnica delle lastre nucleari. Occorreva dunque acquistare una nuova esperienza che ci mancava, particolarmente nel campo dell'elettronica dei tempi brevi. Oggi la situazione è migliorata, e la nostra tecnica di preparazione elettronica è confrontabile con quella dei centri internazionali maggiori, ma questo è stato un cammino non facile e non senza errori.

Si può dire che, pur non conoscendo ancora la effettiva situazione della macchina, la scelta ed i progetti del 1957-58 si dimostrarono notevolmente realistici [4]. Ricordiamo ad esempio, dai quaderni di allora, le seguenti proposte:

- La misura della fotoproduzione singola dei π^+ , con particolare riguardo ai piccoli angoli, ed impiegando contatori di Čerenkov a gas.

- La misura in una sezione diritta dell'urto elastico elettrone-protone.
- La misura della polarizzazione dei nucleoni di rimbalzo nei processi di fotoproduzione singola.

Le prime misure iniziarono nel maggio del 1959; al convegno internazionale di Kiev del luglio 1959 si portarono già i risultati sulla ricerca del mesone φ^0 [5]. Si può stimare che la seconda, definitiva fase dei Laboratori di Frascati inizia decisamente nel settembre 1959: la macchina comincia a lavorare di giorno e di notte, ed i tecnici ed i ricercatori scoprono quanto debbono, loro, servirla: si inizia quella campagna di ricerche che ormai va quasi senza interruzioni, con avvicendamento puntuale di gruppi diversi, con un ritmo un « tempo » non abituali alla meditazione scientifica.

Nella Tabella III diamo un quadro delle misure in corso all'elettrosincrotrone nel giugno 1960.

TABELLA III. - Ricerche in corso con l'elettrosincrotrone di Frascati, nel Giugno 1960.

<i>Titolo</i>	<i>Istituto o Laboratorio</i>
Fotoproduzione di mesoni neutri $\gamma + p \rightarrow \pi^0 + p$	Istituto Superiore di Sanità
Polarizzazione del protone nella fotoproduzione di mesoni neutri	Frascati, Pisa, Roma
Fotoproduzione singola di mesoni π^+	Roma
$\gamma + p \rightarrow \pi^+ + n$	Genova
Fotoproduzione singola e multipla di mesoni π in H_2 ed in D_2	Bologna
Conservazione della parità nella fotoproduzione doppia	Bologna, Frascati, Roma, Trieste
Fotoproduzione di coppie di mesoni μ	Frascati
Irraggiamento da elettroni di alta energia in un monocristallo	Padova, Roma
Fotoproduzione dei mesoni K^+	



6. - Alcune osservazioni.

Conviene soffermarci su un punto fondamentale e caratteristico della nostra breve storia, un punto peraltro non nuovo alle imprese nel campo della ricerca nucleare di questi anni: questo è l'ingrandimento progressivo ma rapido di ogni dimensione, dal numero di persone all'energia della macchina alle aree coperte, rispetto ai piani scientifici ed economici iniziali. Un ingrandimento al di là di ogni previsione, e che se previsto ci avrebbe un po' raggelato, nel confronto con le effettive possibili garanzie finanziarie. Si partì ad esempio pensando che la macchina non avrebbe superato l'energia di 500 MeV, date le disponibilità economiche dell'I.N.F.N., e si finì sui millecento; si iniziò pen-

sando ad un'area coperta di 1500 metri quadrati e vicino a qualche esistente Istituto, e si è ormai ad un centro interuniversitario indipendente in ogni servizio e di notevole ampiezza.

Questa è naturalmente una ben nota storia, caratteristica delle iniziative nucleari, ma raramente le incertezze finanziarie sono state tante in partenza per una impresa finita bene, e tra l'altro un anno prima che fosse varato quel complesso di leggi sulle quali si doveva contare per il regolare finanziamento del nostro lavoro.

Questo dell'ingrandimento delle dimensioni iniziali è un nostro peccato originale; non si può dire che le conseguenze siano state sinora gravi, anche se in generale i servizi si sarebbero avvantaggiati di piani in partenza più ampi. Certo ci si può rallegrare oggi del fatto che le imprese finanziarie equivalenti alle nostre potranno nel futuro procedere con piani di previsione meno fortunosi ed incerti.

Difficoltà comunque, tutte queste, in buona parte superate per la coraggiosa inesorabile fermezza e chiarezza di atteggiamento del Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, e particolarmente del Segretario Generale prof. FELICE IPPOLITO. Anzi è da dire che avremmo torto a lamentarci troppo e che siamo stati favoriti e fortunati: è anche a causa delle incertezze e delle difficoltà nel fare una pianificazione completa che i lavori per la realizzazione dei laboratori e della macchina si sono svolti con tanta determinazione e con tanto divertimento insieme, e con tanta simpatia esterna verso il nostro gruppo.

Una simpatia esterna della quale conviene sottolineare in questa sede anche i vantaggi obiettivi, tecnici e scientifici: nella ricerca del personale presso le Università e gli Istituti Scientifici; nell'uso delle attrezzature tecniche di ogni laboratorio italiano, nella chiarezza di ogni rapporto tecnico e scientifico con le ditte, a volte anche quando il dire e il consigliare tornava a manifesto svantaggio economico di esse.

Sotto certi riguardi, per circostanze di tempo più che per merito particolare nostro, l'esperimento di Frascati ha del nuovo in Italia: questo è l'incontro in stretta collaborazione di fisici e di ingegneri, in un campo di lavoro che non si poteva pensare senza gli uni e senza gli altri. Ormai la questione non è più nuova nel 1961 quanto nel 1953-1956: ma è da notare che la nostra esperienza ci ha convinto che il binomio fisico-ingegnere ha caratteristiche di completezza che garantiscono straordinariamente la possibilità di qualunque realizzazione, dalla fase dell'ispirazione iniziale a quella del progetto, dell'esecuzione, dell'esercizio. Le ragioni sono in parte ovvie, in parte più riposte; tra le maggiori può essere quel biennio comune di matematica e di fisica che stabilisce una comune cultura.

Più in generale è da dire che un grosso nostro costante problema è stato la ricerca del personale tecnico di ogni ordine. La scuola italiana ha cominciato a versare sul mercato del lavoro i nuovi giovanissimi diplomati solo dal 1956-57

e le difficoltà iniziali sono state notevolissime. Comunque si è puntato subito ad avere tecnici di alta capacità e di elevata preparazione, nella convinzione che essi erano una assoluta condizione di successo. Molti istituti scientifici vantano i loro tecnici e sentono di dovere ad essi moltissimo; noi non esitiamo a metterci primi in questa lista.

Una caratteristica dei nostri laboratori è una non precisa demarcazione tra i costruttori della macchina ed i ricercatori che fanno le esperienze. Alcune tra le ricerche più significative di questo periodo sono curate dagli stessi che hanno realizzato il sincrotrone. Questo ha portato alcuni notevoli vantaggi: non vi è stata una crisi di conversione di attività a macchina ultimata, e non vale da noi (favoriti anche dalla media mole della nostra macchina) la temuta regola che i costruttori di macchine, fatta una macchina, un'altra subito ne pensano e vogliono, perchè altro non sanno volere.

I fisici italiani possono quindi senza ansia e indebite pressioni meditare sul meglio delle iniziative future, in un'epoca in cui ogni scelta nel campo dell'alta energia non è ovvia, ma anzi difficile e costosa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Relazione no. G 14 dei Laboratori Nazionali di Frascati (1955).
- [2] G. CARERI, G. MONETI e J. REUSS: *La Ricerca Scientifica*, 29, 1593 (1959).
- [3] Notiziario no. 7 dei Laboratori Nazionali di Frascati (1959).
- [4] Vedi i verbali e gli atti distribuiti a cura del Servizio Documentazione dei Laboratori Nazionali di Frascati: *Esperienze in progetto con l'elettrosincrotrone, I* (1956); *Esperienze in progetto con l'elettrosincrotrone, II* (1957); *Meeting Roma Frascati «after Gen va»* (1958).
- [5] G. BERNARDINI: *Ninth International Annual Conference on High-Energy Physics* Kiev, 1959, vol. 1 (Moscow, 1960), p. 13.