

I documenti raccontano le storie delle CEP

Giovanni A. Cignoni*, Fabio Gadducci*, Daniele Ronco**

* Dipartimento di Informatica, Università di Pisa

** Archivio Generale, Università di Pisa

La mostra allestita al Museo degli Strumenti per il Calcolo dell'Università di Pisa [W01] in occasione del cinquantenario dell'inaugurazione della Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP) ha proposto al pubblico i risultati del lavoro di ricerca, studio e ricostruzione svolto negli ultimi anni dal progetto *Hackerando la Macchina Ridotta* (HMR, [W02]). HMR ha ripercorso la storia del progetto che realizzò le due calcolatrici pisane, la prima del 1957, la Macchina Ridotta (MR), e la seconda del 1961, la CEP Definitiva (più semplicemente CEP) basandosi su una accurata analisi documentale.

L'Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Pisa [1] conserva la maggior parte della documentazione del progetto CEP, soprattutto ciò che riguarda gli aspetti legati alla fondazione, gestione e direzione del *Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche* (CSCE). Alla Biblioteca dell'ISTI dell'Area CNR di Pisa [2] è invece stata recuperata la documentazione tecnica. Alcune lettere utili per ricostruire parte degli eventi della storia del progetto CEP sono conservate all'Archivio dello IAC del CNR di Roma [3] e sono raccolte in [Lo1]. Altro materiale, in particolare alcuni disegni fondamentali per la ricostruzione della MR, è sopravvissuto grazie alla cura di Elio Fabri [4].

Quando nel 2006, in virtù dell'interessamento di Piero Maestrini, sono iniziate le nostre ricerche alla Biblioteca dell'ISTI, la documentazione tecnica della MR era ancora in

faldoni d'epoca, ma in un ordine forse alterato durante i traslochi del CSCE prima e poi dell'IEI (l'Istituto del CNR pisano che precedette l'attuale ISTI). Grazie al prezioso aiuto di Luciano Azzarelli è stato possibile identificare il materiale di maggior interesse e, con la collaborazione del personale della Biblioteca, Silvia Giannini e Rosaria Deluca in particolare, realizzare le fotocopie sulle quali poi è proseguito il lungo lavoro di studio necessario per dare al materiale recuperato un ordine utile alla piena comprensione dei contenuti.

Via via che la documentazione veniva compresa e ordinata era anche resa disponibile in formato elettronico sulle pagine web del progetto HMR. Parallelamente iniziava l'attività divulgativa di HMR, per esempio riuscendo a cogliere, a marzo 2008, l'occasione di celebrare i 50 anni esatti del Manuale della Macchina Ridotta con un seminario al corso di *Storia dell'Informatica* [W03].

Fra il 2007 e il 2009 lo studio della documentazione è proseguito con ripetute visite agli archivi nella speranza di colmare le lacune che via via si riscontravano, specialmente nella documentazione tecnica. Assai proficue le incursioni all'Archivio Generale di Ateneo: qui è stato possibile incrociare quanto recuperato delle note tecniche con i documenti amministrativi e ottenere utili indicazioni per ricostruire fedelmente la storia del progetto CEP.



I documenti raccontano le storie delle CEP

Da marzo 2009, con gli ultimi contributi di Elio Fabri, l'archivio è stabile e accessibile in forma digitale come strumento di ricerca per HMR, i suoi collaboratori e, in generale, tutti gli interessati. Nel 2009 è iniziata la catalogazione del Fondo CSCE da parte della Biblioteca dell'ISTI. Oggi conclusa, la *Collezione CSCE* rende disponibile anche i disegni meccanici della parte IV del progetto del 1956 della MR, la documentazione tecnica della CEP Definitiva e diverse pubblicazioni e note interne degli ultimi anni del CSCE.

Rispetto ad altri lavori precedenti, la novità di HMR è di aver impostato la lettura dei documenti sulla base della piena comprensione dei contenuti e il loro meticoloso confronto con il contesto del tempo sotto ogni punto di vista, dedicando particolare attenzione agli aspetti tecnici. L'applicazione di questo metodo è stata certamente onerosa per l'impegno e le competenze richieste, ma ha permesso di recuperare fatti importanti della storia del pro-

getto CEP fino ad ora trascurati (se non ignorati) nella pur cospicua letteratura preesistente.

Fra tutti, ha sorpreso (noi per primi) la rilevanza del risultato ottenuto nel 1957 dall'Università di Pisa con la realizzazione della MR, una macchina che, finalmente compresa nella sua tecnologia e confrontata con le macchine realizzate dai più avanzati progetti americani e inglesi del tempo, si scopre ben più significativa della più nota CEP realizzata quattro anni più tardi [Lo2].

La Mostra ha esposto, in originale o riprodotti nei pannelli, i documenti e le fotografie più interessanti, sia per i fatti che riportano, sia per gli aspetti curiosi che si celano nei contenuti e che, svelati, rendono le storie anche più umane e affascinanti. Nel seguito, la storia del progetto CEP è riproposta e commentata attraverso i documenti protagonisti della Mostra.

Per la comprensione di alcuni degli avvenimenti riportati, ringraziamo la disponibilità di Elio Fabri e Giuseppe Cecchini.

Il prologo, il coinvolgimento di Fermi e la costituzione del CSCE

È ormai ben nota la storia del Consorzio Interprovinciale Universitario (CIU), dell'impegno dei Comuni e dalle Province di Pisa, Livorno e Lucca per finanziare la realizzazione a Pisa di un sincrotrone, della successiva scelta di costruirlo a Frascati, della conseguente necessità di trovare una destinazione alternativa ai fondi e, infine, della lettera di Fermi al Rettore Avanzi per sostenere la scelta di costruire un calcolatore elettronico [Lo2-Lo9].

Meno conosciuto è che della decisione del CIU di finanziare il sincrotrone si trovino pochissime tracce. Nei verbali della Giunta Esecutiva del CIU il sincrotrone viene citato solo il 20 maggio 1955 [Ao1], quando questo progetto è da tempo sfumato ed è già stata decisa la costruzione di un calcolatore. La ve-

lina riassuntiva [Ao2] cita una riunione del 20 marzo 1954 della quale non c'è traccia nei registri del CIU e nella quale, probabilmente, fu deciso l'impegno per il sincrotrone. La velina in sé tuttavia è posteriore: riporta anche la nuova ripartizione dei fondi fra la calcolatrice elettronica e lo spettrografo di massa stabilita nella riunione del 4 ottobre 1954 [Ao3].

Anche il pur attivo coinvolgimento di Enrico Fermi è stato spesso mitizzato, fino al punto di presentare il progetto CEP come un'idea dell'illustre scienziato. A volte senza eccessiva enfasi [Lo9], ma in altre occasioni affermando che l'idea del calcolatore fu proposta da Fermi "invece" del sincrotrone e direttamente all'Università di Pisa "durante una visita alla sua Alma Mater" [L10].



Una più puntuale ricostruzione dei fatti può essere dedotta dalla documentazione sopravvissuta, in particolare dagli scambi epistolari fra i protagonisti. Oltre a quello fra Fermi e il Rettore dell'Università di Pisa Enrico Avanzi [A04, A05] dell'agosto 1954, si fa riferimento all'episodio nelle successive lettere di Marcello Conversi [A06], direttore dell'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa, e di Gilberto Bernardini [A07], presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), a Mauro Picone, padre fondatore e responsabile dell'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo (INAC) del CNR di Roma.

In questi documenti si riporta di una "discussione protrattasi per giorni" a Varenna in cui la destinazione del finanziamento messo a disposizione dal CIU fu dibattuta "in un'atmosfera di spassionata obiettività e lucidità" [A07] alla fine della quale si concluse che la costruzione di un calcolatore elettronico fosse, come indica lo stesso Fermi, la scelta "fra le altre di gran lunga la migliore" [A04]. Conversi afferma anche che Fermi scrisse al Rettore "su richiesta del Prof. Bernardini e mia" [A06]. Avanzi nella risposta a Fermi [A05] si dice "lieto che i colleghi Conversi e Salvini l'abbiano intrattenuta sulla possibilità di dotare l'Università di Pisa attraverso l'Istituto di Fisica di un apparecchio scientifico di importanza nazionale", lasciando intendere che il Convegno di Varenna fosse stato considerato dall'Università di Pisa e in generale dalla comunità dei fisici italiani come il contesto ideale per discutere della nuova destinazione dei finanziamenti e arrivare a sottoporre al CIU una proposta già forte dell'autorevole parere di un buon numero di scienziati (non solo pisani).

Dalle lettere con Picone risulta evidente il ruolo di Conversi e Bernardini nelle loro posizioni istituzionali, direttore dell'Istituto di Fisica di Pisa il primo, presidente dell'INFN il secondo, anche nei rapporti che i due tennero

per convogliare sul progetto l'interesse e il sostegno dell'INAC di Roma, allora il centro più avanzato di ricerca sul calcolo in Italia e già in trattativa avanzata per l'acquisto di un calcolatore in Inghilterra.

La scelta di costruire un calcolatore appare dunque come il risultato di un'ampia discussione progettuale, più che il frutto della provvidenziale intuizione di un *genius ex machina*. Di fatto, un merito che tutti i protagonisti della vicenda condividono e che ben illustra come fossero capaci di interpretare in chiave moderna la direzione della ricerca scientifica.

Il ruolo di Fermi – ammesso che l'episodio sia necessario per definire la statura dello scienziato – non ne risulta sminuito, ma anzi più interessante per capire il contesto in cui nacque il progetto CEP. In primo luogo, Fermi fu sicuramente un sostenitore sincero della scelta sin dalle discussioni a Varenna: usava i calcolatori elettronici dai tempi del progetto Manhattan ed era pienamente consapevole della loro utilità per la ricerca.

Inoltre, la concessione del suo personale e autorevole appoggio fu quasi certamente decisiva per sbloccare le titubanze sorte nell'ambito pisano. Dai verbali risultano le riserve della Facoltà di Ingegneria [A08] e il rammarico dei politici espresso dalle parole, rispettivamente, di Pagni (Sindaco di Pisa) e di Maccarrone (Presidente della Provincia di Pisa): "il sincrotrone esercitava maggiore influsso sull'opinione pubblica" ed era "spettacolare per la propaganda che facilmente si è fatta" [A03]. Occorre ricordare che nel 1954 in Italia i *cervelli elettronici* erano in pratica sconosciuti al grande pubblico, mentre tutto ciò che era correlabile all'energia atomica era fonte di grandi suggestioni di progresso scientifico e industriale.

Nella riunione del 4 ottobre [A03] fu data lettura della lettera di Fermi e la scelta del calcolatore fu sostanzialmente approvata in quella sede, anche se qualche perplessità do-

I documenti raccontano le storie delle CEP

veva ancora essere superata e rimanevano da compiere i passi formali per avviare il progetto.

Nella riunione del 13-14 gennaio [A08] la calcolatrice è citata per la prima volta come "suggerimento del compianto prof. Fermi". Lo scienziato è morto il 28 novembre: l'attribuzione di paternità può essere un riconoscimento motivato dall'emozione per la recente scomparsa, oppure, sull'onda degli stessi sentimenti, un modo per superare gli ultimi scetticismi che ancora rimanevano internamente all'Ateneo.

A questo proposito è interessante scorrere lo scambio epistolare fra il Preside di Ingegneria Enrico Pistolesi e il Rettore Avanzi e la decisa posizione di quest'ultimo a sostegno della scelta della calcolatrice. In una lettera del 21 gennaio al Rettore, Pistolesi torna a sostenere che una "Commissione proposta dalla Facoltà di Ingegneria dovrebbe preliminarmente vagliare la opportunità e convenienza di procedere alla progettazione della macchina, argomento sul quale vari Colleghi hanno manifestato la loro perplessità" [A09]. Nella stessa lettera si svelano anche i reali interessi degli ingegneri: usare i fondi del CIU per interventi di edilizia universitaria prima di dover chiedere ulteriori finanziamenti agli enti locali. La risposta di Avanzi è però netta: il 31 gennaio ribadisce che, come deciso nelle riunioni precedenti, il controllo del progetto sarà affidato a una commissione di Ateneo e a Pistolesi "rinnova la preghiera di voler designare i rappresentanti di codesta Facoltà" [A10].

Poco dopo, il 9 marzo [A11], sarà formalizzata l'istituzione del CSCE, demandandone la gestione a un comitato che rappresenta pariteticamente le componenti dell'Ateneo interessate: Fisica (con Conversi, protagonista fin dalle prime battute), Matematica (rappresentata da Alessandro Faedo) e Ingegneria (con Ugo Tiberio). Dato che ormai il progetto è ufficiale e accettato, nel rituale riassunto di apertura, la scelta della calcolatrice è sempli-

cemente descritta come il risultato della discussione "al Congresso di Fisica tenutosi a Varenna anche con i colleghi stranieri".

Il "suggerimento di Fermi" compare quindi nei verbali una sola volta, in [A08], probabilmente con uno scopo preciso. Non c'è negli opuscoli informativi pubblicati nel 1958 [A12, A13] né nelle pubblicazioni divulgative [L11] o scientifiche [L12] di quegli anni. Non c'è nel discorso del Rettore Avanzi, protagonista dei fatti, tenuto in occasione dell'inaugurazione dell'a.a. 1958/59 dove pure il CSCE è ricordato insieme a suoi primi successi ottenuti con la Macchina Ridotta [L13].

Il sostegno di Fermi è usato anche nelle lettere mirate a vincere l'iniziale opposizione del INAC di Roma. In una preoccupata lettera a Conversi, Aldo Ghizzetti riporta le dure parole di Picone alla notizia del progetto pisano "Deploro l'iniziativa Pisana della costruzione di una macchina calcolatrice elettronica... mi opporrò con tutte le mie forze allo sperpero di denaro che si farebbe con la riuscita dell'iniziativa Pisana" [A14]. Nelle già citate lettere a Picone di Conversi [A06] e di Bernardini [A07] è evidente la citazione della seconda parte della lettera Fermi ad Avanzi, sia nel ricorso al fisico romano come nume tutelare del progetto sia nella diplomatica deferenza con cui si dichiara la macchina di Pisa come "buona seconda" rispetto al Ferranti in via di acquisto da parte dell'INAC. Per la cronaca, la storia avrà un epilogo felice: le posizioni di Picone cominciano a stemperarsi già a dicembre [A15] e in seguito l'INAC collaborerà fattivamente al progetto CEP in più occasioni.

Per riassumere i fatti, conviene farlo con le parole che si trovano in una nota interna del CSCE del 1958, probabilmente una bozza di [L11] e [L12]: la scelta di costruire un calcolatore fu il risultato delle "consultazioni che i professori di Fisica dell'Università di Pisa ebbero a Varenna nel luglio 1954 con vari fisici

di fama internazionale, tra i quali è doveroso ricordare, in particolare, il nome di Enrico Fermi” [A16].

Tuttavia, il progetto CEP come “ultimo dono di Fermi all’Italia” (una frase attribuita a Giulio Racah e riportata spesso, per esempio

in [Lo4, Lo5, Lo8]) diventerà un *topos* dell’informatica italiana, rafforzato nel tempo nella retorica delle cerimonie ufficiali [L14, L15], nelle commemorazioni [L16] e persino nei ricordi (a distanza comunque di molti anni) dei testimoni dei fatti [L17].

La partecipazione di Olivetti

Il contributo portato dalla Olivetti al progetto CEP fu il risultato di una lunga trattativa. L’interesse dell’azienda di Ivrea al nascente settore dei calcolatori elettronici risaliva almeno al 1949, quando Olivetti aveva stipulato un accordo per commercializzare in Italia i prodotti della Bull francese.

Dal 1950 iniziano anche i contatti di Olivetti con l’INAC di Roma per avviare un progetto italiano di costruzione di un calcolatore. In tale ambito si colloca la partecipazione di Michele Canepa al viaggio in USA dei ricercatori dell’INAC per visitare fra l’agosto e l’ottobre 1950 i più importanti progetti statunitensi. Al termine della missione Canepa rimane in USA tenendo contatti sia con Ivrea che con i ricercatori romani (numerose tracce epistolari sono raccolte in [Bo1]). Nel 1952 Dino Olivetti, allora presidente della Olivetti Corporation of America, affida a Canepa la direzione del laboratorio che l’azienda apre a New Canaan.

I tentativi dell’INAC per la realizzazione di un calcolatore italiano collaborando con i centri di ricerca USA continuano fino al 1954 e in un paio di occasioni sembrano sul punto di concretizzarsi, prima con Harvard, con Picone che propone ad Aiken di battezzare il progetto Mark V [A17], e poi con il National Bureau of Standards [A18]. In entrambi i casi, Olivetti è presentata come il partner industriale dell’INAC. Tuttavia nessun progetto riuscì a partire e, per non accumulare ulteriore ritardo nelle competenze sull’uso di questi nuovi strumenti,

nel 1954 l’INAC decise infine di acquistare un Ferranti Mk1 inglese.

Risulta quindi naturale che Olivetti fosse assai motivata a partecipare all’opportunità che si era creata a Pisa. Nella riunione del gennaio 1955 [A08] si trova già traccia dei contatti con Mario Tchou e nel verbale del 9 marzo [A11] è annunciata la manifestazione di grande interesse da parte di Olivetti con “la possibilità di utilizzare Tchou quale consulente” e la disponibilità a fornire gli apparati di ingresso/uscita “che probabilmente cederà gratis” – i calcolatori allora comunicavano tramite telescriventi e lettori di banda perforata per uso telegrafico: prodotti elettromeccanici che Olivetti realizzava già da tempo.

Per formalizzare la collaborazione, un primo accordo era stato raggiunto sul testo di una convenzione che avrebbe dovuto essere siglata il 7 dicembre 1955 [A19], e fino a pochissimi giorni prima si lavorava perché tutto fosse pronto per la cerimonia [A20].

Ma all’ultimo momento la firma fu bloccata dall’Università perché, come in seguito annunciato ufficialmente da Marcello Converse, il CSCE aveva “condotto a termine il progetto dettagliato di una moderna calcolatrice elettronica a cifre” [A21]. Se l’Università aveva già ultimato il progetto, allora Olivetti avrebbe contribuito solo alla fase di realizzazione e, di conseguenza, andavano ridiscussi i termini della proprietà intellettuale dei risultati per “chiedere alla Società Olivetti un contributo,



Fig. 1. Olivetti (seduto a sinistra) e il rettore Avanzi (seduto a destra) durante la firma della convenzione fra Università e Olivetti.

stabilendo che tutto il lavoro si svolga sotto la guida dell'Università" [A22].

In realtà, durante il 1955 il CSCE aveva soprattutto studiato, acquisito competenze, accumulato esperienze, eseguito esperimenti, verificato la fattibilità dell'impresa, ma ancora non aveva un progetto di una macchina pronta per essere costruita. Il "progetto dettagliato" incluso in [A23] conta una dozzina di pagine nelle quali sono tracciate le specifiche generali della macchina, un'analisi dei costi per i materiali e il piano gestionale per organizzare in quattro anni le attività del CSCE. Piano al quale, fra l'altro, avevano contribuito anche Tchou e altri esperti prestati dall'Olivetti e citati in [A22] come (unici) membri della Sezione Ingegneria del CSCE. In una nota di luglio 1955 [A24] compare qualche elemento tecnico più concreto, ma la datazione è incerta e la nota, che onestamente è intitolata "progetto di massima", è una relazione su un certo numero di ipotesi e di soluzioni adottabili, ancora molto distante da un progetto dettagliato di un calcolatore pronto ad essere realizzato.

La dichiarazione di Conversi era probabilmente rivolta ai finanziatori interni, dato che non è immaginabile che in Olivetti non fosse a conoscenza della effettiva situazione del progetto. Questo retroscena rimane tuttavia un interessante esempio di gioco delle parti che mostra due attori decisi a lavorare insieme, ma senza niente cedere, e con il settore pubblico particolarmente determinato a sfruttare ogni occasione di trattativa.

La convenzione [A25] sarà poi firmata a maggio 1956. Olivetti si impegnò a fornire "almeno due ingegneri o fisici, consulenza nei limiti del possibile, macchine e apparecchi e quant'altro occorresse nella misura e nel genere da Olivetti liberamente valutati" e, aggiunta più rilevante rispetto al testo di dicembre, un contributo di 10 milioni di lire all'anno concesso in riconoscimento del ruolo dell'Università. Il contributo sarà mantenuto fino al 1961, arrivando a fine progetto a un totale di 60 milioni [A26].

Nel frattempo però Olivetti aveva installato a Pisa, in una villa a Barbaricina, anche una propria struttura di ricerca e sviluppo: il Laboratorio Ricerche Elettroniche (LRE). Fu un



Fig. 2. Ancora Olivetti e Avanzi, evidentemente soddisfatti dopo la firma.

ulteriore investimento, anche importante per il personale impegnato, che Olivetti intraprese per convertire immediatamente le competenze sviluppate insieme all'Università nella realizzazione di un calcolatore da produrre commercialmente. Il LRE, diretto da Tchou, funzionò da



Fig. 3. Avanzi e Marcello Conversi allora presidente del Comitato Consultivo del CSCE.

centro di reclutamento e formazione dei primi informatici della nascente Divisione Elettronica Olivetti, collaborò con il CSCE e, praticamente in competizione con il progetto CEP, realizzò il primo calcolatore tutto Olivetti: la Macchina Zero, poi ribattezzata ELEA 9001.

La realizzazione della Macchina Ridotta

Il Comitato del CSCE ebbe essenzialmente funzione di controllo e di interazione con gli organi accademici e di relazione con il mondo scientifico in generale, ruolo per lo più svolto da Conversi nella sua carica di Presidente. L'attività di studio, ricerca e progettazione fu invece condotta da un gruppo di ricercatori costituito per l'occasione.

Inizialmente, gli esponenti principali di questo gruppo furono Alfonso Caracciolo, Giuseppe Cecchini, Elio Fabri e Sergio Sibani. Tchou partecipò in una prima fase, ma poi fu totalmente preso dalla direzione del LRE di Barbaricina.

Caracciolo, Fabri e Sibani provenivano dall'Istituto di Fisica di Roma, ed erano stati contattati a fine 1954 da Conversi (anch'egli, benché ormai pisano, di scuola romana). I tre ricercatori furono presenti sin dalla riunione del gennaio 1955 [A08] dove, a sostegno della discussione, fu presentata l'esautiva relazione sullo stato dell'arte dei calcolatori che Carac-

ciolo era stato incaricato di preparare [A27]. Cecchini era invece un ingegnere Olivetti. Formalmente, Caracciolo fu inquadrato nel CSCE sin dalla sua costituzione, Fabri e Cecchini dal giugno 1955 e Sibani dal successivo settembre; Caracciolo e Fabri come dipendenti dell'Università, Cecchini e Sibani dell'Olivetti, inizialmente "in prestito" e poi ufficialmente "distaccati" dopo la firma della convenzione. I quattro si divisero anche i ruoli: Caracciolo e Fabri si occuparono della progettazione logica e architetture della macchina, Cecchini e Sibani di progettare l'implementazione elettronica. Per maggiori dettagli sulle competenze, inclinazioni e attitudini dei quattro rimandiamo volentieri ai ricordi di Fabri (si veda "Gli inizi, il CSCE e la Macchina Ridotta", *infra*). Negli anni successivi il personale del CSCE crescerà arrivando a contare nel marzo 1958 oltre trenta persone fra ricercatori, collaboratori, tecnici e amministrativi, come documentato dall'appendice in [A16].

I documenti raccontano le storie delle CEP

Il primo anno di attività del CSCE fu in sostanza un periodo di studio: i ricercatori furono impegnati principalmente ad acquisire le competenze necessarie. Come la relazione [A28] sottolinea in apertura, non mancò qualche difficoltà economica dovuta ai ritardi nell'erogazione dei finanziamenti.

Dai primi mesi del 1956, tuttavia, le attività si fanno intense con numerosi esperimenti di fattibilità. Come risulta da [A28], gli esperimenti riguardarono il pilotaggio dei nuclei di memoria (a cura di Cecchini e Filippazzi), la progettazione delle reti logiche a diodi (di Sibani e Galletti), il progetto elettronico e meccanico della memoria (di Cecchini e Gerace), lo studio per la realizzazione dei registri (di Sibani) e, in particolare, la costruzione e la prova dell'addizionatore a 6 bit (ancora di Sibani) nella realizzazione del quale furono anche messi a punto i criteri di progettazione meccanica dello *chassis* e dei telaietti per i montaggi dei componenti. Le collaborazioni con Filippazzi e Galletti sono la testimonianza di un rapporto fattivo, per quanto limitato nel tempo, con il personale del LRE Olivetti di Barbaricina. Giovan Battista Gerace era arrivato al CSCE con una borsa di studio a dicembre del 1955: il lavoro sulla memoria è il suo primo contributo al progetto CEP.

Alla fine di questo periodo di fattibilità, il CSCE ottenne il primo importante risultato: il completamento del concreto progetto [A29] di un calcolatore elettronico, la Macchina Ridotta. Firmano il progetto Caracciolo, Cecchini, Fabri e Sibani, ovvero il nucleo originario dei ricercatori del CSCE; nei ringraziamenti sono citati Baldeschi (autore dei disegni tecnici), Gerace e Sabbadini (altro ingegnere Olivetti arrivato a luglio 1956).

In [A29, A30, A31] si concentrano la maggior parte delle informazioni tecniche che abbiamo sulla MR. La numerazione delle Note Interne del CSCE è frutto di catalogazioni suc-

cessive: al tempo della loro redazione il CSCE non aveva un archivio organizzato e i documenti, come nel caso di [A29], spesso mancano anche della data. Questa Nota, datata per riscontro con altri documenti, risale alla fine di luglio 1956 ed è il commento alla voluminosa raccolta di disegni [A30] che completa la prima versione del progetto della MR. I disegni che accompagnano la Nota 26 sono stati recuperati completamente, anche la tavola dello schema generale MR/S/1 [A32], grazie a Fabri che ne aveva conservato una copia.

La Nota di aprile 1957 [A31] precede di pochi mesi il completamento della MR. Documenta le numerose e sostanziali modifiche introdotte rispetto al primo progetto del 1956, principalmente per aumentarne l'usabilità e la possibilità di essere connessa con più dispositivi di ingresso e uscita. La Nota è firmata dalla sezione logico-matematica del CSCE: Caracciolo e Fabri. Infatti, la maggior parte delle modifiche, anche se sostanziali, furono di carattere architettonico e non richiesero variazioni alle soluzioni elettroniche adottate per l'implementazione delle reti logiche. Nella Nota sono anche citate numerose nuove tavole che, purtroppo, non sono presenti nei fondi dell'Università di Pisa o del CNR. Ne è stata recuperata solo una, fondamentale per la comprensione della MR: lo schema generale MR/S/2 [A33], fortunatamente conservato da Fabri.

La MR (Fig. 4) sarà pronta nel luglio 1957, come risulta da una circolare di Conversi [A34] indirizzata ai colleghi delle Università italiane. Oltre a dare notizia dell'importante traguardo raggiunto, è interessante notare come Conversi prospetti subito la possibilità di utilizzare la MR per servizi di calcolo esterni al CSCE, mettendola, di fatto, a servizio della ricerca dei colleghi e iniziando a cercare casi di studio sui quali provare le capacità e le prestazioni del calcolatore.

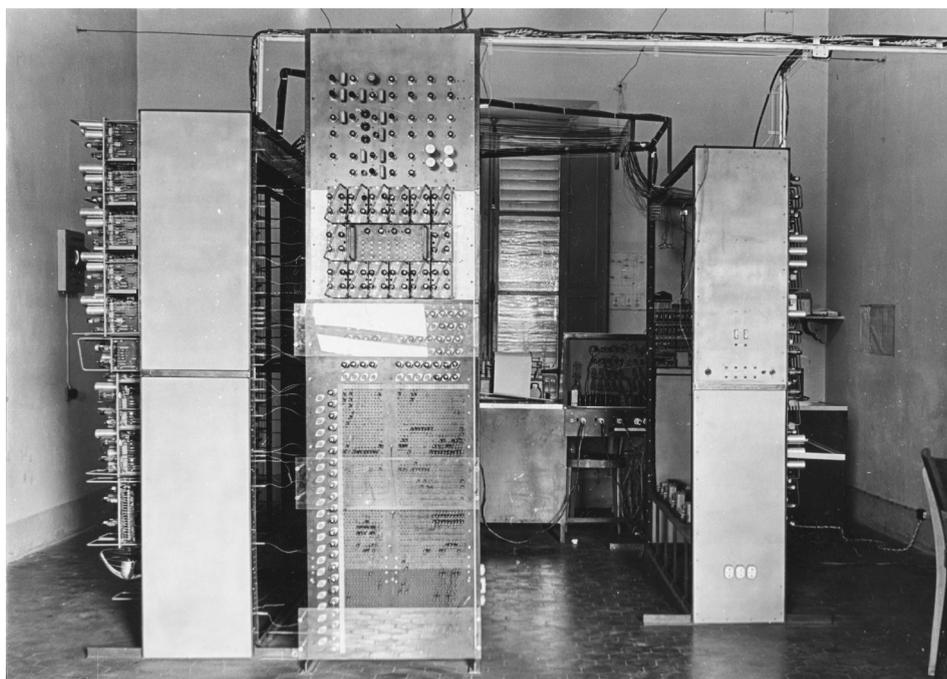


Fig. 4. Vista complessiva della MR.

Il manuale [A35] è una viva testimonianza della presenza di utenti della MR. Nel 1958 si unirono al CSCE quattro ricercatori provenienti da più sedi dell'INFN con l'obiettivo di acquisire competenze sulle tecniche di programmazione dei calcolatori elettronici. Per inciso, come risulta da [A16], al gruppo INFN appartenevano Elisabetta Abate e Marisa Romè: a buon diritto le prime due informatiche italiane. Questa consistente presenza femminile non è certamente rappresentativa della situazione italiana del tempo, ma è un'eccezione che vale comunque la pena sottolineare, non fosse altro perché Abate ebbe il compito di redarre il manuale utente della MR. L'impostazione pratica e concisa qualifica il documento proprio come testo dedicato a chi si occupava solo di scrivere algoritmi nel linguaggio macchina della MR (come ricorda Fabri, cfr. *infra*, in un caso almeno la MR fu programmata da ricercatori completamente esterni al CSCE). Nel

documento sono invece assenti le indicazioni per operare la macchina: evidentemente era un compito che si accollavano gli stessi progettisti e tecnici che avevano costruito la MR e che non avevano bisogno di un manuale.

Le tavole AD/L/1 [A36] e AD/Ed/2 [A37] sono due esempi del corposo insieme di disegni che, fra reti logiche, circuiti elettronici e supporti meccanici (rispettivamente identificati come parti II, III e IV) e raccolti in una cartella allegata [A30]), costituiscono il progetto dettagliato della MR del 1956 descritto dalla Nota [A29] (che ne è la parte I).

La tavola AD/L/1 descrive la rete logica di uno stadio dell'addizionatore, cioè la funzione booleana che calcola il risultato della somma di due bit e l'eventuale riporto da propagare allo stadio successivo. La rete logica era implementata elettronicamente da circuiti nei quali le operazioni booleane elementari erano realizzate tramite diodi e tubi termoionici (le

famose valvole). Nella MR, la rete logica di uno stadio dell'addizionatore era frazionata in due circuiti, uno dei quali, quello che calcola il riporto, è descritto nella tavola AD/Ed/2. Ogni circuito era infine alloggiato in uno dei telaietti standard studiati per dare, alla MR prima e alla CEP poi, quella modularità costruttiva necessaria per agevolare i frequenti interventi di manutenzione che caratterizzavano tutte le macchine del tempo.

La scelta di esporre alla Mostra queste due tavole, fra i tanti disegni ritrovati, non è casuale. Anzitutto, l'addizionatore è un classico della didattica dell'informatica. Poi, questi disegni sono le principali fonti usate per la costruzione della replica hardware dell'addizionatore a 6 bit, una delle prime componenti realizzate nei primi mesi del 1956 per dimostrare la fattibilità del progetto [A28]. Sono, infine, un esempio dell'utilità di spingere l'analisi della documentazione fino alla piena comprensione tecnica e di come tale impegno sia ricompensato dalla scoperta di nuovi e affascinanti dettagli da aggiungere alla storia del progetto CEP.

Per esempio, la datazione dei disegni è contraria alle attese: la tavola della rete logica (il progetto) è datata 11 luglio 1956, quelle dei circuiti elettronici (l'implementazione) sono invece precedenti, 16 giugno per il circuito di riporto e 20 giugno per quello di somma. Nelle due distinte tavole dei circuiti elettronici (redatte a pochi giorni di distanza) le porte logiche sono implementate interpretando la notazione della tavola di progetto diversamente: in un caso i triangoli bianchi sono por-

te AND e i triangoli neri porte OR, nell'altro il contrario. Ancora: i circuiti elettronici, se realizzati secondo i disegni, hanno un piccolo difetto che però preclude il funzionamento in cascata dei diversi stadi dell'addizionatore. Sono tutti problemi che, ovviamente, furono risolti, ma che non lasciarono traccia nella documentazione (almeno in quella giunta fino a noi). Aggiungono tuttavia molte sfumature di umanità al lavoro svolto dai pionieri pisani. Per certi versi, confermano che, riguardo alla documentazione di progetto, le cattive abitudini degli informatici hanno radici lontane.

Infine, le due tavole rivelano uno degli elementi più interessanti per raffrontare la MR con la tecnologia dell'epoca e per comprendere il percorso di acquisizione di competenze che affrontarono i ricercatori pisani. La rete logica di uno stadio dell'addizionatore non è realizzata classicamente con due semi-addizionatori in serie, ma con uno schema più sofisticato che riduce i livelli di porte logiche e, quindi, i tempi di calcolo. Questa soluzione fu pubblicata nel 1953 in un articolo che descriveva l'unità aritmetica dell'IBM 701 [L18]. Il confronto delle tavole del CSCE con i disegni apparsi sulla rivista scientifica non lascia spazio a dubbi sulle fonti alle quali i progettisti della MR si ispirarono. La parentela (peraltro non dichiarata, dato che l'articolo o comunque la provenienza IBM della soluzione adottata non sono mai citati nelle note del CSCE) con il "defense calculator" arricchisce ulteriormente la storia della MR e del progetto CEP.

Il primato della MR

Nei primi mesi del 1958 la MR iniziò a essere utilizzata a servizio della ricerca in vari campi. Diverse sono le testimonianze sull'uso della MR anche per fini esterni al CSCE e al proget-

to CEP. Il primo servizio di calcolo fu richiesto dall'Istituto di Mineralogia dell'Università di Pisa per una ricerca di cristallografia. Il lavoro fu completato nell'aprile 1958 [A38], e l'esecuzio-

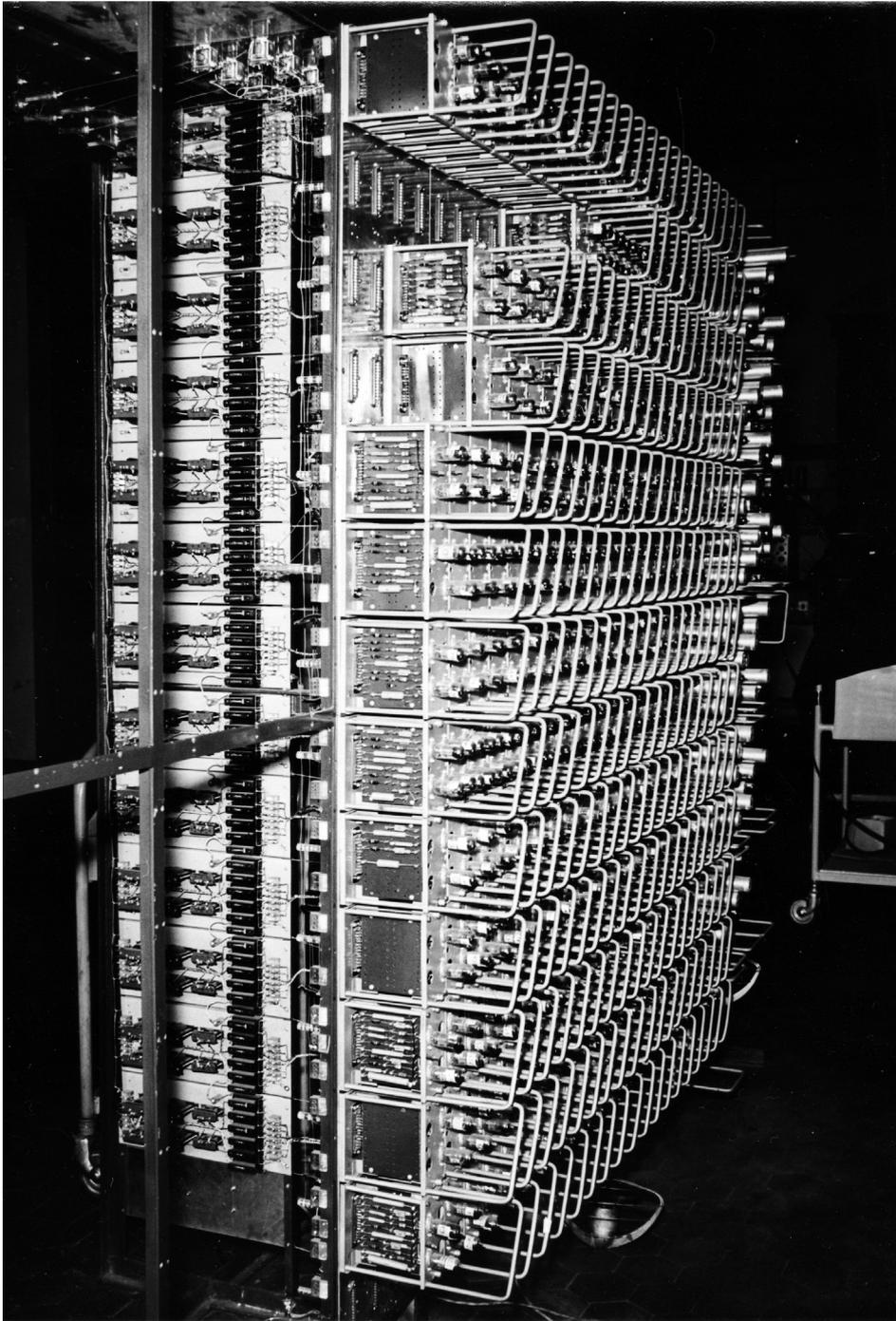


Fig. 5. Dettaglio del rack dell'unità aritmetico-logica.

I documenti raccontano le storie delle CEP

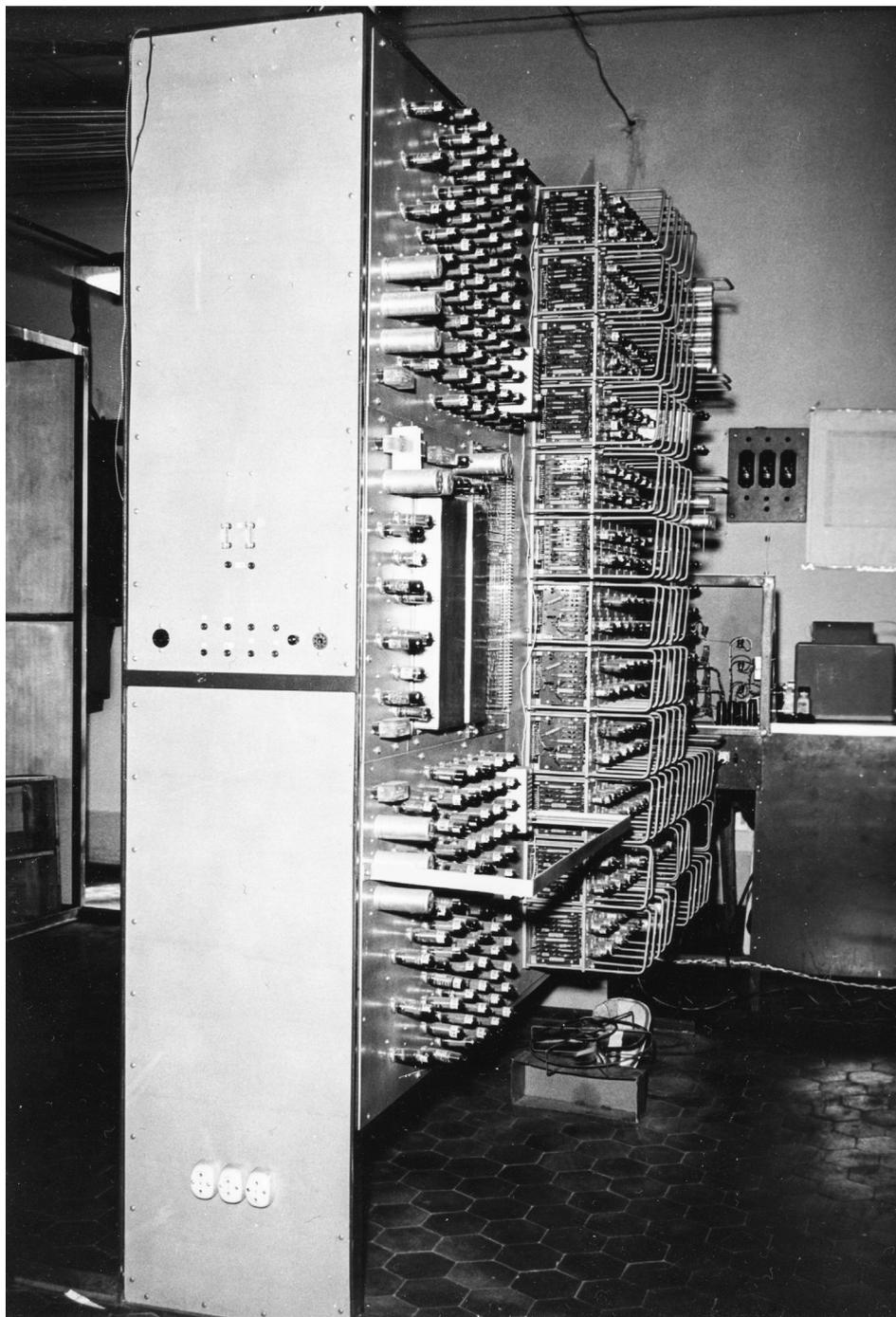


Fig. 6. Dettaglio del rack della memoria.

ne del programma richiese un'ora e venti minuti di tempo macchina. Altri impieghi sono riportati in un articolo pubblicato su *Il Nuovo Cimento*, rivista della Società Italiana di Fisica [L19]; fra gli altri, un servizio di calcolo svolto per l'Università di Roma nell'ambito di una ricerca sulle frequenze radio nella ionosfera, richiese circa 60 ore macchina organizzate in più sessioni.

Interessante per la particolarità della soluzione software è il lavoro di Fabri e Abate [L20], del quale [A39] è una prima stesura. Si tratta di una ricerca sulla determinazione esatta delle autofunzioni del momento angolare degli elettroni. I programmi che furono eseguiti sulla MR fecero uso di calcolo simbolico: è una testimonianza della versatilità della MR, ma anche di come fu usata per muovere i primi passi nella ricerca di nuove tecniche di programmazione. A consuntivo, la MR totalizzò circa 150 ore di servizi per l'esterno per un valore che "può stimarsi intorno a 8 milioni di lire", come affermato in una relazione [A40] databile alla fine del 1958 in base a una lettera di accompagnamento [A41].

La costituzione del CSCE era già stata registrata nel 1956 come notizia sulla newsletter curata dal Centro ricerche della Marina americana [L21]. Ma la pubblicazione dei primi lavori sui risultati ottenuti con la MR destò un maggiore interesse. Proprio alla scadenza del suo lungo mandato, al Rettore Avanzi giunse la richiesta dell'*attaché* scientifico dell'Ambasciata americana a Roma di poter visitare il CSCE [A42]. La riunione si svolgerà con soddisfazione a Palazzo alla Giornata il 30 ottobre [A43]. Al di là del primato cronologico, già il consistente uso per servizi di calcolo rende difficile definire la MR un semplice prototipo. Ma ancora più stimolante è confrontare la MR con la tecnologia del periodo. La MR adottò infatti soluzioni allo stato dell'arte che non era facile trovare presenti, contemporaneamente, sulle macchine del suo tempo.

Tali caratteristiche erano:

1. elaborazione parallela dei bit; ai tempi della MR la maggior parte dei calcolatori erano "seriali", cioè, i bit di una parola di memoria erano elaborati uno alla volta in cicli di macchina successivi; la MR è invece "parallela", cioè capace, come i calcolatori di oggi, di elaborare tutti i bit di una parola in un solo ciclo di macchina (cfr. Fig. 5);
2. memoria a nuclei di ferrite; sui calcolatori coevi della MR erano ancora adottate diverse tecnologie per la memoria principale, dai tamburi magnetici, alle linee di ritardo acustiche, ai tubi Williams; i ricercatori del CSCE, puntando sui nuclei di ferrite, scelsero una tecnologia nuova, emergente proprio in quegli anni, ma destinata a dominare per un paio di decenni (cfr. Figg. 6 e 8);
3. controllo microprogrammato; l'idea è unanimemente riconosciuta come un risultato del gruppo di ricerca di Cambridge, pubblicata sin dal 1953 [L22] e poi pienamente realizzata sull'EDSAC 2 [L23]; sulla MR la microprogrammazione fu basata su una tecnologia meno sofisticata (diodi inseribili invece di nuclei di ferrite) e resa più semplice dalle poche istruzioni (32) tutte eseguite in due microistruzioni (una di *fetch* e una di *execute*, senza cicli, un RISC puro diremmo oggi), tuttavia è un fatto che la MR divenne operativa qualche mese prima del calcolatore inglese, che fu completato solo all'inizio del 1958 (cfr. Fig. 7).

A conferma di quanto la MR fosse innovativa, è sufficiente dire che nessuna delle tre soluzioni era presente sugli altri due calcolatori che al tempo esistevano in Italia, il CRC102 del

I documenti raccontano le storie delle CEP

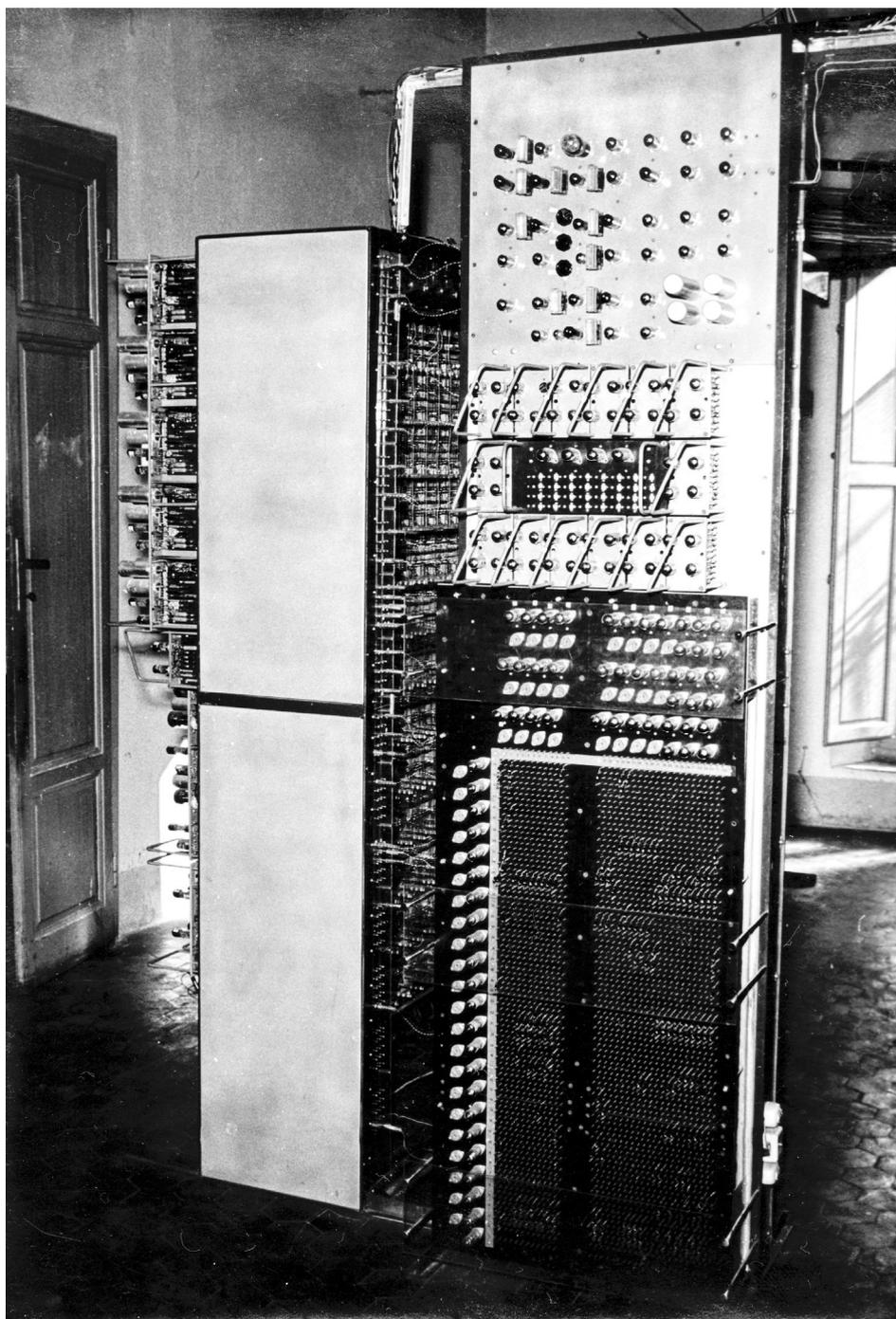


Fig. 7. Dettaglio del rack del controllo microprogrammato.

Politecnico di Milano (di fatto il primo arrivato in Italia, nell'ottobre 1954) e il Ferranti MK1 inglese dell'INAC. Queste macchine, poiché geograficamente vicine e funzionanti in strutture di ricerca pubbliche, avrebbero potuto essere facilmente studiate e prese a modello dai ricercatori del CSCE. Furono invece intraprese, non senza un certo rischio, strade nuove che, in pochissimo tempo, produssero un risultato d'eccellenza.

Anche sul piano delle prestazioni la MR era una macchina di tutto rispetto. Grazie a un'accurata messa a punto, in confronto alle stime di progetto il tempo di esecuzione delle istruzioni venne abbassato del 30% ottenendo prestazioni che, nelle parole di Conversi, la rendevano "superiore a tutte le macchine esistenti sul mercato, ivi compresa la 704 IBM che si trova a Parigi" [A44]. Il riferimento è all'IBM 704 installato nel 1957 nella sede francese dell'IBM e che era ritenuto il calcolatore più potente d'Europa (e largamente pubblicizzato come tale). È curioso notare che nella versione dattiloscritta del verbale la macchina americana è citata come "Fote IBM": un errore del trascrittore che ha così interpretato il "704" a pagina 6 del manoscritto [A45].

Obiettivamente bisogna rilevare che la "superiorità" di Conversi riguarda solo la velocità di macchina: il 704 aveva molta più memoria, periferiche più flessibili e, soprattutto, era dotato di un compilatore *Fortran*. Tuttavia, battere l'IBM di Parigi sul *benchmark* più schietto era comunque un risultato di una certa soddisfazione.

Sempre per dovere di imparzialità, bisogna anche notare una pecca della MR: benché prevedesse l'uso di sottoprogrammi non aveva una istruzione di salto specifica. All'epoca la soluzione comunemente utilizzata era il *Wheeler Jump*, anch'esso frutto del lavoro del gruppo di Cambridge. Noto fin dal 1951 [L24], sarebbe stato implementabile sulla MR con minimi

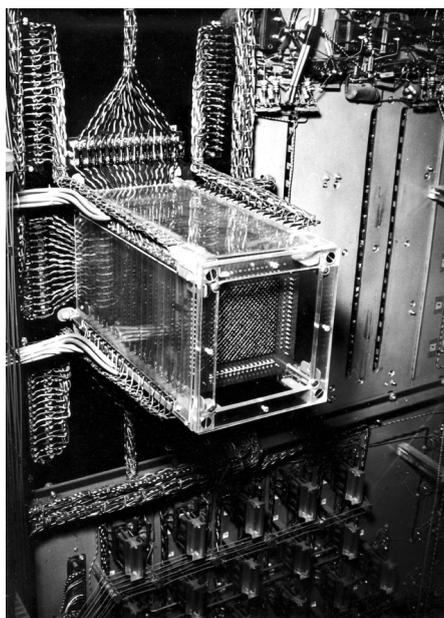


Fig. 8. Particolare della memoria a nuclei di ferrite.

interventi hardware, ma, evidentemente, sfuggì ai ricercatori pisani, nonostante per altri aspetti (la microprogrammazione) avessero ben noti i risultati dei Britannici dell'EDSAC. Ci pare l'unico difetto riscontrabile in una macchina che, sebbene ridotta per memoria e periferiche, come soluzioni adottate concentra le tecnologie più avanzate del suo tempo reggendo il confronto con i migliori esponenti internazionali, come i progetti del MIT [L25] o quelli già citati di IBM e di Cambridge.

Può stupire che il primato cronologico e tecnologico della MR sia stato finora dimenticato. Alla MR sono dedicate poche righe [Lo3], oppure sparisce del tutto in lavori anche recenti [Lo8], fino ad sostenere in [Lo9] che nella storia del progetto CEP "il 1957 e il 1958 non sono caratterizzati da episodi particolari". Anche quando viene ricordata come primo calcolatore realizzato in Italia [Lo4-Lo6], nessuno aveva finora compreso appieno il valore che la realizzazione della MR ebbe nel contesto

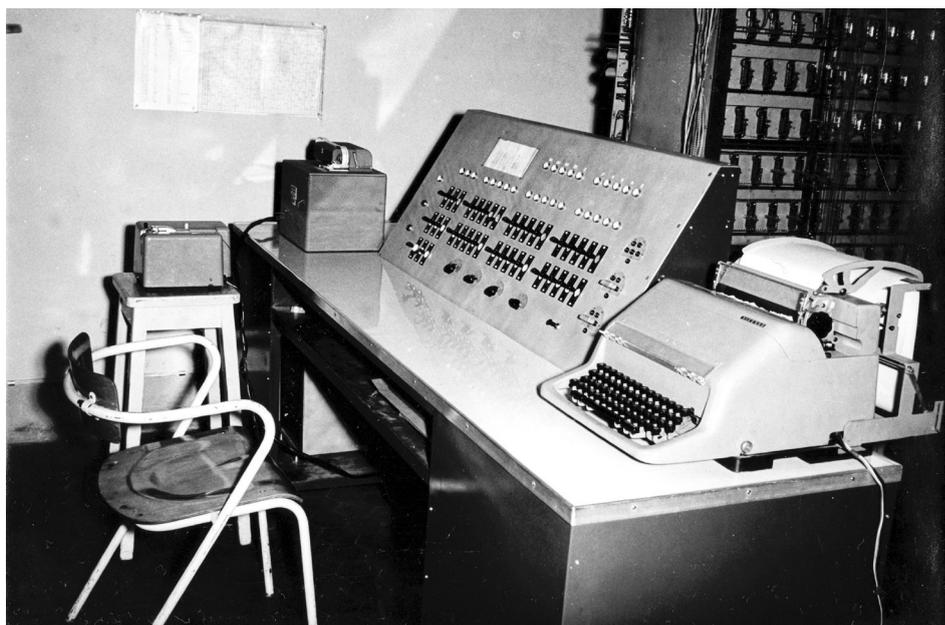


Fig. 9. Il quadro di controllo manuale.

tecnologico del suo tempo. A difesa di chi ci ha preceduto, si può dire che a tale oblio hanno concorso più cause diverse fra loro:

1. fra i quattro progettisti della MR, solo Caracciolo rimarrà al CSCE per un certo tempo, e comunque solo fino ai primi anni Settanta; Fabri aveva lasciato il CSCE a inizi 1959, Sibani già a febbraio 1958 [A46], e mentre il primo tornò ad occuparsi del suo principale ambito di ricerca, l'astrofisica, il secondo rientrò in Olivetti, così come farà Cecchini nel 1961; rimarranno a Pisa invece le persone protagoniste del secondo periodo del progetto CEP;
2. della MR non è rimasta nessuna traccia fisica, fu completamente smontata per riutilizzare i materiali elettronici nella costruzione della CEP definitiva;
3. non ci fu nessuna inaugurazione o presentazione ufficiale della MR, che fu completata e utilizzata in un perio-

do di contrasti fra Università e Governo; per protesta, a Pisa, non si tenne la tradizionale cerimonia di inaugurazione dell'anno accademico 1957/58 [A47]; la MR sarà ricordata solo l'anno successivo [L13], quando ormai era già stata smantellata;

4. nel piano presentato dal CSCE al CIU come obiettivo per il biennio 1956/57 non si parla di una prima macchina, ma del "nucleo centrale della macchina, ossia dell'intera macchina esclusi gli organi ausiliari: tamburo magnetico e sistemi veloci di entrata e uscita" [A23].

Fra tutti i motivi che hanno concorso alla perdita della memoria della MR, forse il più determinante è proprio la dichiarazione della MR come "nucleo centrale" della macchina definitiva, da realizzare in una prima fase di un piano delle attività che non prevedeva un periodo iniziale di studio e sperimentazione. For-

se, un modo per far apparire il progetto meno rischioso ai finanziatori.

Questa dichiarazione sarà ripresa, per obbligo di coerenza, in diversi documenti ufficiali successivi, per esempio anche in [A34]. A distanza di tempo, interpretando la MR come una parte incompleta della CEP definitiva, è stato automatico sottovalutarne l'importanza.

In realtà, dall'analisi attenta dei documenti tecnici, la MR fu una macchina diversa, e ben poco di essa migrò nella macchina definitiva. Già dall'esame dello schema generale MR/S/2 [A33] sono evidenti le differenze architetturali con la seconda CEP. Andando nel particolare e considerando per esempio la memoria, uno dei componenti forse più facili da riusare con poche modifiche, si può constatare che questa fu riprogettata completamente: i 18 piani 32x32 della MR diventeranno 18 piani 64x64. I costosi nuclei di ferrite furono sicuramente riutilizzati, ma uno per uno in un'architettura di memoria diversa (nella quale cambiò anche la logica dell'indirizzamento). E questo è solamente l'esempio più evidente: dal controllo microprogrammato all'elettronica dell'addizionatore, le differenze fra la MR e la CEP definitiva sono numerose e notevoli.

Alcuni autori, ricostruendo la storia del progetto CEP, hanno citato la MR con maggiori dettagli [Lo4-Lo6], ma invece di descrivere la macchina effettivamente realizzata nel 1957 hanno presentato quella del primo progetto del 1956. È il progetto del quale, negli archivi, si trova più documentazione, ma è solo la prima stesura: descrive una macchina più semplice, sostanzialmente diversa e meno interessante di quella poi realizzata, differenze che oggi si possono apprezzare confrontando le due versioni degli schemi generali [A32] e [A33]. Si erano così dimenticate le soluzioni introdotte fra la prima e la seconda versione

del progetto, notevoli come l'aggiunta di altre periferiche (una seconda telescrivente, il perforatore di nastro, un secondo lettore di nastro) e la loro gestione più flessibile, e probabilmente originali, come il *boot* del software di sistema con una tecnica che oggi diremmo *direct memory access*, il meccanismo di *hot breakpoint* per il *debugging* dei programmi. Altri miglioramenti sono sul fronte della usabilità e si riflettono nell'organizzazione del quadro di comando manuale e nella visualizzazione di *feedback* sullo stato della memoria e sul valore del contatore di programma.

Oltre alle soluzioni in sé, il confronto fra le due versioni della MR dimostra il notevole lavoro di studio e maturazione svolto dai ricercatori del CSCE fra il '56 e il '57. Un processo che testimonia l'importanza della MR nella vicenda del progetto CEP e, in generale, nella formazione dei primi informatici italiani.

Della MR ci è giunta pochissima documentazione fotografica, sufficiente comunque a raccontarci la macchina dal punto di vista visivo e spaziale. In Fig. 4 si identificano i tre *rack* che componevano la macchina, da sinistra: l'unità aritmetico-logica, il controllo microprogrammato, la memoria. In secondo piano, sotto la finestra si intravede il retro del quadro di controllo. All'estrema destra della foto, in primo piano si nota la seconda postazione telescrivente, con il perforatore di nastro.

Alcune curiosità sono degne di rilievo. Come piace sottolineare a diversi protagonisti dei fatti, è da notare la ricca dotazione di mezzi testimoniata dalla postazione di lavoro alla telescrivente perforatrice (all'estrema destra in Fig. 9) o dal supporto del lettore di nastro Olivetti (a sinistra in Fig. 9). Merita altrettanta attenzione anche l'originale sistema di raffreddamento a "ventilatori sdraiati" (in basso in Fig. 5 e in Fig. 6).

Gli anni difficili, i transistor e il sorpasso di Olivetti

Con il successo della MR terminò la prima fase del progetto; nel periodo che seguì il CSCE subì diversi cambiamenti. Dei quattro progettisti che avevano firmato la Macchina Ridotta rimasero Caracciolo e Cecchini. Tuttavia al CSCE si erano aggiunti altre figure: il progetto stava facendo "scuola" accogliendo altri ricercatori (fra i quali oltre a Gerace e Sabbadini, citiamo Böhm, Denoth, Falleni, Guerri, Pistelli [A46]), tesisti e neolaureati (fra i quali Andronico, Maestrini).

Come tutti i progetti di calcolatori di quel periodo, anche a Pisa si trovarono di fronte al repentino cambio di scenario provocato dai transistor. Come componenti esistevano già da diversi anni: William Shockley, John Bardeen e Walter Brattain avevano realizzato il primo transistor nel 1947 ai Bell Labs e per questo avevano ricevuto nel 1956 il premio Nobel. Shockley aveva fondato una propria società per commercializzare l'invenzione, ma senza grande successo [L26].

Ma a metà del 1958, quasi improvvisamente, la produzione di transistor divenne industriale con garanzie di disponibilità e affidabilità. Il cambio di scenario fu il risultato di una serie di eventi che culminarono, nel 1957, con l'incontro fra i mezzi finanziari della Fairchild e le competenze del gruppo dei *traitorous eight* fuoriusciti dall'azienda di Shockley [B27]. La nuova società, la *Fairchild Semiconductor*, iniziò la produzione di massa dei suoi *mesa transistor* fra luglio e settembre 1958. Nel volgere di pochi mesi, da tecnologia dominante, le valvole furono rese obsolete dalla possibilità di usare transistor di ridotte dimensioni, bassi consumi elettrici e conseguenti minori esigenze di dissipazione del calore. Chi nel 1958 progettava e costruiva calcolatori dovette fronteggiare la novità e i costi che ne derivavano. Al livello di reti logiche non cambiava niente, ma l'imple-

mentazione elettronica doveva essere riprogettata e, ovviamente, andavano acquistati i nuovi componenti.

Per il CSCE fu un momento particolarmente delicato: dopo il risultato della MR, pochissimo pubblicizzato, ma sicuramente esaltante per i protagonisti, ci si avviava alla progettazione e alla realizzazione della CEP definitiva. Ma, oltre al repentino cambio tecnologico, si doveva affrontare anche l'approssimarsi dell'esaurimento del finanziamento originario.

Le speranze di trovare nuovi fondi parevano rosee. In un verbale del CIU di aprile 1960 [A48], per incoraggiare i tentativi di Conversi presso il Ministero e il CNR, si ricorda "che mentre lo Stato fornirà alle altre università delle calcolatrici elettroniche già costruite, Pisa è l'unica che ha provveduto alla costruzione di una grossa calcolatrice elettronica senza avere chiesto nulla allo Stato". Il riferimento è ai diversi Atenei che in quegli anni avevano già cominciato ad acquistare grandi calcolatori (fra essi Torino, Padova, Napoli).

Tuttavia il merito di Pisa di non aver acquistato tecnologia estera, ma di aver studiato, progettato e costruito in proprio, per di più con finanziamenti locali, non ebbe riconoscimenti. Il CSCE, proprio nel momento in cui, con la MR, aveva dimostrato la capacità di prendere il passo dei più avanzati progetti internazionali, non riuscì a ottenere ulteriori finanziamenti. E, secondo le spietate regole di ogni corsa tecnologica, fu costretto a rallentare il ritmo e perdere terreno.

La conversione ai transistor non fu possibile. Tuttavia, per non rinunciare alla sperimentazione e per fornire almeno una dimostrazione di capacità tecnologica, furono usati nella realizzazione del controllo microprogrammato della seconda CEP che impiegò anche la soluzione a nuclei di ferrite proposta dall'EDSAC₂ inglese.

Ai ritardi nella realizzazione dell'hardware si aggiunsero i costi dello sviluppo del software. Nel piano di lavoro della sezione logico-matematica [A49] era già stato previsto notevole impegno per la realizzazione delle librerie software. Il CSCE toccava con mano come la programmabilità delle macchine, insieme alle grandi possibilità d'uso, implichi anche nuovo lavoro: costruito l'hardware, non si finisce mai di scrivere il software. In un verbale del febbraio 1961 [A50] si registra che per la macchina mancano ancora solo pochi collaudi, ma preoccupa il ritardo del software: finché l'hardware non è pronto lo sviluppo del software solo su carta, senza la possibilità di verificare i programmi eseguendoli, è estremamente difficoltoso. Per questo motivo, in precedenza il CSCE aveva chiesto l'aiuto dell'INAC di Roma per realizzare un simulatore della CEP sul Ferranti Mk1 e iniziare a mettere a punto il software della CEP prima del completamento dell'hardware. Ma anche il simulatore romano era in ritardo.

La seconda CEP fu comunque una macchina interessante. Osservatori stranieri come Isaac L. Auerbach [L27] e Nelson L. Blachman [B28], molto attenti nel valutare i potenziali concorrenti della ricerca e dell'industria statunitense, non mancarono di riconoscere le interessanti caratteristiche della CEP, fra le quali la velocità di calcolo, la microprogrammabilità, il meccanismo di modifica delle istruzioni per il passaggio dei parametri ai sottoprogrammi. Ma alcune di esse, come microprogrammabilità e prestazioni, erano già presenti sulla MR e, come sottolinea Blachman nel suo rapporto, la seconda CEP, purtroppo, arrivò tardi.

L'importanza della costanza degli investimenti nella ricerca moderna si misura anche confrontando la storia del CSCE con quella del suo partner, l'Olivetti. L'occasione ce la offre un curioso aneddoto. A fine 1960, insieme agli auguri di Natale i ricercatori del CSCE

annunciano al Rettore che la CEP definitiva è "funzionante maggioranza sue istruzioni" [A51]. La generosità autocelebrativa ha portato a usare il telegramma per anticipare al 1960 il completamento della CEP [Log], ma sappiamo che a febbraio dell'anno successivo [A50] mancavano ancora dei collaudi, del resto il testo degli auguri annuncia che la CEP funziona per la maggioranza delle istruzioni: il traguardo è vicino ma non ancora raggiunto.

Una lettura più attenta del telegramma svela invece un amaro sorpasso e offre un interessante spunto di riflessione sui mezzi necessari alla ricerca tecnologica. Più importante del testo è infatti lo spazio pubblicitario: Olivetti, il partner della prima ora, già affidava a un mezzo di comunicazione di massa (come allora era la cartolina dei telegrammi) la promozione del proprio marchio associandolo alla produzione di calcolatori elettronici – adottando, fra l'altro, la terminologia moderna: calcolatore e non calcolatrice.

Mentre il CSCE soffriva la mancanza di finanziamenti, Olivetti, evidentemente forte della propria situazione economica, aveva investito enormi risorse e accelerato il passo: l'elettronica della Macchina Zero fu completamente riprogettata utilizzando i transistor, il primo prototipo ELEA 9002 fu installato presso la sede Olivetti di Milano e presentato al Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi l'8 novembre 1959. La produzione di serie, con il nome di ELEA 9003, fu annunciata negli stessi giorni alla Fiera di Milano. I primi due 9003 di serie furono consegnati nel 1960 alla Marzotto di Valdarno e al Monte dei Paschi di Siena (questo esemplare è ancora oggi conservato integro all'ISIS Fermi di Bibbiena [W04]).

Il risultato di Olivetti è rimarchevole e ben descrive l'impegno economico richiesto per partecipare a una corsa tecnologica: per rimanere al passo, l'azienda di Ivrea sostenne una serie di investimenti impressionanti. Dopo

I documenti raccontano le storie delle CEP

l'osservatorio di New Canaan, la partecipazione al progetto CEP e il primo LRE a Pisa, Olivetti ingrandì e trasferì i suoi laboratori a Borgolombardo prima e poi a Pregnana Milanese, dove la nuova Divisione Elettronica ebbe il personale e gli spazi per iniziare la produzione di serie. Inoltre, per ridurre i costi di approv-

vigionamento dei nuovi componenti elettronici, Olivetti fondò insieme a Telettra la *Società Generale Semiconduttori* [L30] (la SGS che, dopo vari passaggi, è oggi STMicroelectronics [W05]) e concluse accordi con la Fairchild per produrne su licenza i transistor.

L'inaugurazione della CEP e l'inizio di una nuova storia

La CEP fu inaugurata il 13 novembre 1961 alla presenza dell'allora Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi. In realtà si sarebbe voluto inaugurarla prima, appena pronta, in aprile. Come si legge in una lettera di Conversi [A52] al Rettore Faedo, c'erano dei bandi in scadenza ed era opportuno "dare al successo della nostra impresa un po' di risonanza in tempo utile per ottenere, dagli Enti esterni all'Università, ulteriori finanziamenti".

Gli impegni del Presidente fecero però slittare la cerimonia ad autunno. I comunicati e

le pagine diffuse in quell'occasione [A53, A54] ripercorrono la storia di un progetto entusiasmante che vide il finanziamento di Enti Locali capaci di scommettere, il sostegno di un grande scienziato, giovani ricercatori provenienti da più parti d'Italia, la partecipazione di un industriale lungimirante.

Nei ricordi dei protagonisti però, l'indomani dell'inaugurazione fu un periodo difficile, in cui raggiunto l'obiettivo e terminati i fondi non era ben chiaro cosa sarebbe successo. A dicembre 1961 viene redatto un nuovo statuto per il CSCE e si spera che possa essere approvato dal CNR che aveva "dimostrato molto interesse per il nostro CSCE" [A55]. A luglio 1962 è firmata la convenzione [A56] che inizia il processo di transizione: il CSCE diventa "Istituto del CNR presso l'Università di Pisa". Il CNR si fa carico del personale, l'Università delle spese per le strutture e il funzionamento. La gestione è demandata a un organo che



Fig. 10. L'ingresso nella sala della CEP.



Fig. 11. Spiegazioni durante la visita.



Fig. 12. Ordinaria manutenzione.

vede rappresentanze paritarie dell'Università di Pisa e del CNR nazionale. La convenzione non è permanente, ma è valida per 4 anni e rinnovabile. Il CSCE diventerà definitivamente istituto del CNR nel 1968 con la denominazione Istituto per l'Elaborazione delle Informazio-

ni (cfr. Montani *et alii*, *infra*).

Nel gruppo di ricerca ci saranno avvicendamenti e nuovi arrivi, ma il Centro raggiunge così quella stabilità che permetterà di continuare il lavoro di ricerca, di sviluppare ulteriormente la CEP (sarà raddoppiata la memoria,

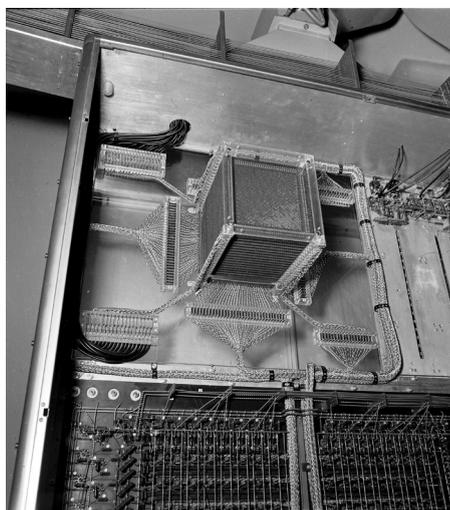


Fig. 13. La memoria a nuclei di ferrite della CEP.



Fig. 14. Il controllo microprogrammato della CEP.

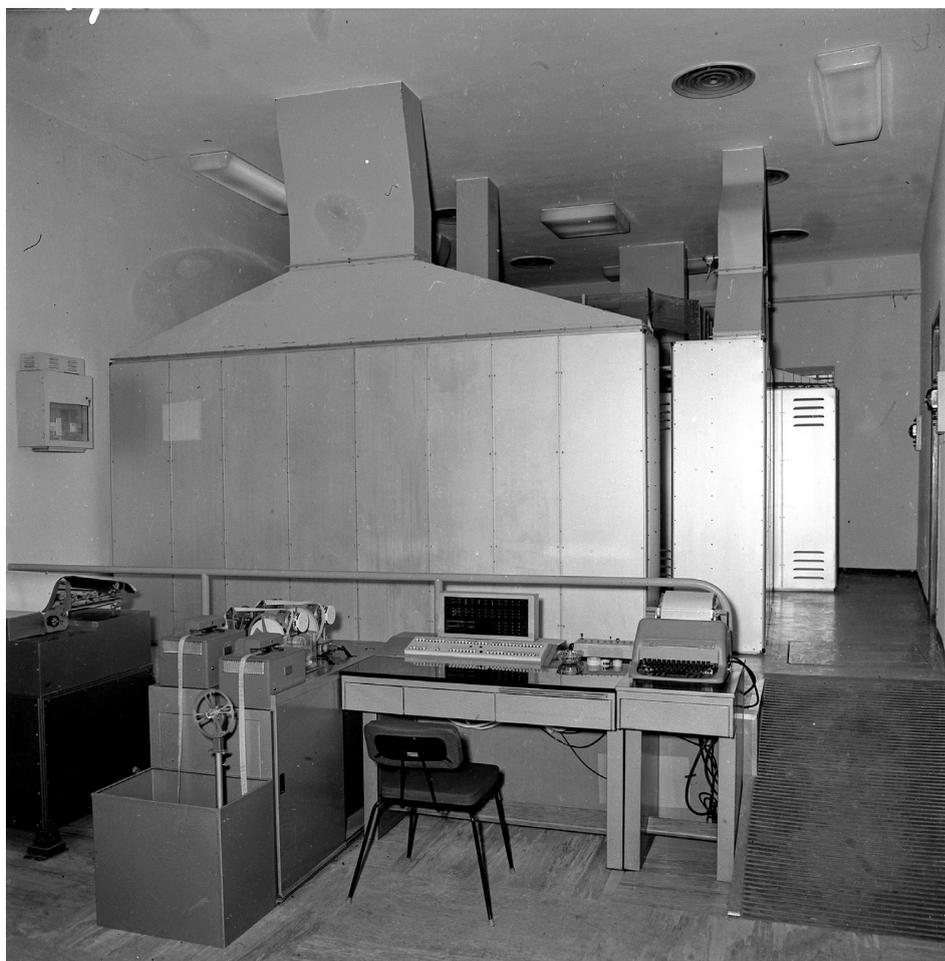


Fig. 15. La CEP, vista d'insieme.

saranno aggiunte le unità a nastro magnetico), soprattutto di usarla sia per fare ricerca sul versante software (sarà finalmente realizzato il compilatore Fortran) sia per fare servizi di calcolo all'esterno. La seconda CEP avrà vita lunga, rimarrà in funzione fino alla fine degli anni Sessanta, lavorando giorno e notte. Ancora nel 1966, nelle rendicontazioni dei servizi [L31] si registrano medie di più di trecento ore macchina al mese con picchi di quasi cinquecento: in marzo la CEP lavorò per 496 ore, 170 delle quali per utenti esterni al CSCE.

Senza dubbio, l'investimento del CIU aveva dato il via a un progetto il cui principale risultato, a distanza di 10 anni, era ancora utile a "tutte le scienze e tutti gli indirizzi di ricerca", senza contare "i vantaggi per gli studenti e gli studiosi" [A04].

L'inaugurazione della CEP [A57] fu un evento per la città di Pisa. Fu ampiamente documentata dalla stampa, annunciata [L32-L34] e ripresa [L35-L38] da quotidiani economici e nazionali. Anche la documentazione fotografica è molto ricca. Fra le tante foto

scattate ai vari personaggi, protagonisti del progetto o rappresentanti di autorità cittadine o nazionali, ne sono proposte alcune particolarmente significative.

La foto dell'ingresso di Gronchi (Fig. 10) ben rappresenta la storia del progetto CEP. A destra con il presidente entra Conversi, che fu l'iniziatore e il responsabile del CSCE. Al suo fianco, subito dietro Gronchi, c'è Caracciolo, che ne fu dall'inizio la principale guida scientifica e l'elemento di continuità fra il periodo della MR e quello della CEP definitiva. Sulla soglia si affaccia Gerace che, di lì a pochi mesi, assumerà l'incarico di direttore e sarà la guida scientifica e il personaggio di riferimento del CSCE negli anni successivi e, per molti altri a venire, uno dei protagonisti della scena informatica pisana.

In Fig. 11 viene ripreso un altro momento, piuttosto affollato, dell'inaugurazione, con Gerace intento a spiegare. È presente anche la MR, sebbene solo in due ritratti appesi alla parete. Dai tempi del primo importante risultato del progetto CEP sono passati quattro anni: un'epoca, nella scala temporale della storia

dell'informatica e di quegli anni in particolare.

Una delle foto più note [f13], a quanto pare ampiamente distribuita all'epoca, ritrae la CEP in una pausa di manutenzione, con i pannelli dell'unità di controllo delle periferiche aperti e Luigi Pistelli al lavoro con l'oscilloscopio (di spalle forse è Luciano Azzarelli). Il quadro ci ricorda quanto affidabili siano le macchine di oggi.

Le foto in Figg. 12-14 mostrano viste e dettagli della CEP. Sono utili a rendersi conto visivamente di quanto fosse distante la seconda CEP dalla MR. I piani della memoria 64x64 anziché 32x32 (cfr. Fig. 12 con Fig. 8), la diversa tecnologia dell'unità di controllo (cfr. Fig. 14 con Fig. 7) sono gli aspetti più evidenti.

La Fig. 16 non riguarda la CEP, ma la concorrenza in casa: è l'arrivo del 7090 che l'IBM consegnò all'Università di Pisa a condizioni molto vantaggiose e che costituirà la prima macchina del *Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico* (CNUCE), centro di ricerca e di servizi informatici che nasce a Pisa nel 1965 per iniziativa dell'Ateneo e che, negli anni a venire, rafforzerà ulteriormente il primato informatico della città. La nascita del CNUCE è un frutto diretto dell'esperienza del progetto CEP: IBM in quegli anni promosse una politica di collaborazione con i più prestigiosi centri di ricerca europei, e se Pisa fu scelta insieme a Londra e Copenaghen [L15] il merito va al prestigio acquisito con i risultati del progetto CEP.



Fig. 16. L'arrivo dell'IBM 7090.

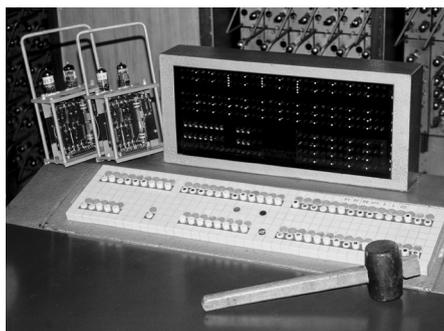


Fig. 17. Il martello diagnostico.

I documenti raccontano le storie delle CEP

L'ultima foto (Fig. 17) è dedicata al martello di gomma che veniva usato (con estrema delicatezza) per indurre vibrazioni e, con l'aiuto di un programma diagnostico, trovare i falsi

contatti che producevano malfunzionamenti transitori. È anch'esso una misura del tempo che è passato.

La didattica

Il CSCE, fin dall'inizio, fu impegnato nella didattica: quanto studiato, sperimentato e progettato nell'ambito del progetto CEP era immediatamente usato a beneficio del trasferimento della conoscenza. L'impegno didattico fu stabilito fin dall'inizio: il riassunto della riunione del gennaio 1955 [A08] si conclude proprio con il calendario dei seminari sulle Calcolatrici Elettroniche che sarebbero stati svolti dai ricercatori del costituendo CSCE a partire dal 28 gennaio 1955.

Nella relazione sulle attività fino a luglio 1956 [A28] è documentata anche l'attività didattica svolta in seguito: Fabri e Caracciolo tennero lezioni sull'architettura e la programmazione dei calcolatori elettronici, Cecchini e Sibani sugli aspetti di progettazione elettronica. I corsi furono tenuti fra marzo e maggio 1956 e furono frequentati da una decina di studenti, in maggioranza laureandi in Ingegneria. La dispensa delle lezioni di Fabri [A58] è con ogni probabilità il primo testo didattico di informatica realizzato e usato in Italia (la dispensa non ha una data, ma in base a [A28] è collocabile nel periodo fra marzo e maggio 1956, durante il quale si svolsero tali lezioni).

Sempre la MR, una volta realizzata, fu protagonista del primo esempio di formazione specialistica in informatica tenuta a Pisa, in virtù dei quattro ricercatori che, come abbiamo già ricordato, a partire dal dicembre 1957 [A16] furono distaccati dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (dalle sedi di Milano, Padova, Pisa e Roma) presso il CSCE per imparare a usare la MR che, in quel momento, era la

macchina sicuramente più avanzata presente in Italia.

Come ultimo esempio del contributo fornito dal progetto CEP a gettare le basi della formazione in informatica a Pisa è interessante leggere il registro delle lezioni [A59] del corso tenuto da Corrado Böhm nell'a.a. 1958/59. Böhm collaborava con il CSCE tramite il *Centro Calcoli Numerici* del Politecnico di Milano [A60], e negli anni a venire sarà uno dei nostri informatici di levatura internazionale: il teorema che porta il nome suo e di Giuseppe Jacopini è uno dei fondamenti della teoria dei linguaggi di programmazione [L39].

Il titolo del corso, *Calcoli Numerici e Grafici*, sembra specialistico, ma in realtà, leggendo con attenzione i temi trattati dalle lezioni, tocca molti temi dell'informatica sia teorici, come le lezioni del 17, 18 e 19 febbraio dedicate alla Macchina di Turing e alle funzioni calcolabili, sia pratici, come le lezioni del 3, 4 e 5 marzo dove, rispettivamente, si presentano le caratteristiche delle macchine più recenti e si propongono esercizi di programmazione.

Il corso di Böhm può considerarsi come una delle prime tracce di una certa idea riguardo alla completezza della formazione: attenta alle sfide tecnologiche del momento, ma fondata su solide basi concettuali per fornire la capacità di continuare a studiare. Una delle caratteristiche sulle quali, qualche anno più tardi, nel 1969/70, sarà impostato a Pisa il corso di Laurea in Scienze dell'Informazione, allora l'unico in Italia e fra i primi in Europa (cfr. Montanero, *infra*).

Riferimenti

Per semplicità di organizzazione e di reperibilità, e per la preponderanza delle fonti archivistiche, i riferimenti sono stati suddivisi in documenti di archivio, riproposti integralmente in forma digitale su [Wo2], e bibliografia. Sono preceduti dall'elenco degli archivi consultati e seguiti dalla sitografia web.

Archivi consultati

- [o1] Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Pisa, *Fondo CSCE*, in riordino.
- [o2] Biblioteca dell'Istituto di Scienze e Tecnologie dell'Informazione, CNR Pisa, *Collezione CSCE*.
- [o3] Archivio dell'Istituto per le Applicazioni del Calcolo, CNR Roma.
- [o4] Archivio privato di Elio Fabri.

Documenti di archivio

- [A01] Verbale della Giunta Esecutiva del CIU, dal registro, 20 maggio 1955, p. 59 e p. 73, in [1].
- [A02] Velina riassuntiva dei finanziamenti degli Enti Locali di Pisa, Livorno e Lucca, senza data [ma posteriore a ottobre 1954], in [1].
- [A03] Verbale della riunione del CIU in Rettorato, 4 ottobre 1954, in [1].
- [A04] E. Fermi, Lettera ad E. Avanzi dell'11 agosto 1954, trascrizione dattiloscritta, in [1].
- [A05] E. Avanzi, Lettera a E. Fermi del 24 agosto 1954, minuta, in [1].
- [A06] M. Conversi, Lettera a M. Picone del 12 ottobre 1954, in [3].
- [A07] G. Bernardini, Lettera a M. Picone dell'11 novembre 1954, in [3].
- [A08] Riassunto della riunione all'Istituto di Fisica del 13-14 gennaio 1955, 20 gennaio 1955, in [1].
- [A09] E. Pistolesi, Lettera al Rettore Avanzi del 21 gennaio 1955, in [1].

- [A10] E. Avanzi, Lettera al Preside Pistolesi del 31 gennaio 1955, in [1].
- [A11] Verbale della riunione in Rettorato, 9 marzo 1955, in [1].
- [A12] Informazioni generali sul Centro di Studi sulle Calcolatrici Elettroniche, Università di Pisa, 1959, in [1].
- [A13] General information concerning the Center of Research on Electronic Computers, Nota Interna CSCE 1 47, Università di Pisa, 1959, in [2].
- [A14] A. Ghizzetti, Lettera a M. Conversi del 26 ottobre 1954, in [3].
- [A15] M. Picone, Lettera a G. Bernardini del 30 dicembre 1954, in [3].
- [A16] Notizie concernenti il CSCE dell'Università di Pisa, possibile bozza di [L11, L12], 26 marzo 1958, in [1].
- [A17] M. Picone, Lettera ad H.H. Aiken del 20 febbraio 1952, in [3].
- [A18] M. Salvadori, Lettera a M. Picone del 26 ottobre 1953, in [3].
- [A19] Bozza della convenzione con Olivetti, 7 dicembre 1955, in [1].
- [A20] E. Avanzi, Lettera a R. Olivetti, minuta, 5 dicembre 1955, in [1].
- [A21] M. Conversi, Lettera al Comitato Consultivo del CSCE, 19 dicembre 1955, in [1].
- [A22] Verbale della riunione all'Università sulla progettazione della Calcolatrice Elettronica, 22 dicembre 1955, in [1].
- [A23] Relazione sulle attività del CSCE al 22 dicembre 1955, in [1].
- [A24] A. Caracciolo, E. Fabri, Caratteristiche fondamentali del progetto di massima logico-strutturale della Calcolatrice Elettronica, Nota Interna CSCE 1 1, 31 luglio 1955, in [2].
- [A25] Convenzione con Olivetti, 7 maggio 1956, in [1].
- [A26] Bilancio riassuntivo del CSCE, 30 giugno 1961, in [1].
- [A27] A. Caracciolo, Rapporto sulle moderne calcolatrici elettroniche, 1954, allegato a [A08], in [1].

I documenti raccontano le storie delle CEP

- [A28] Relazione sulle attività del CSCE dal 23 dicembre 1955 al 31 luglio 1956, in [1].
- [A29] A. Caracciolo, G. Cecchini, E. Fabri, S. Sibani, Progetto dettagliato di una prima calcolatrice elettronica (Macchina Ridotta), Nota Interna CSCE 1 26, [luglio 1956], in [2].
- [A30] Disegni tecnici allegati alla Nota 26, cartellina, in [2].
- [A31] A. Caracciolo, E. Fabri, Complementi e variazioni al progetto logico dettagliato della Macchina Ridotta, Nota Interna CSCE 1 36, 26 aprile 1957, in [2].
- [A32] MR/S/1, Macchina Ridotta, parte di [A30], in [4].
- [A33] MR/S/2, allegato a [A31], in [4].
- [A34] M. Conversi, Circolare ai colleghi, 24 luglio 1957, in [1].
- [A35] E. Abate, Prescrizioni fondamentali per l'uso della Macchina Ridotta, Nota Interna CSCE 1 38, 1 marzo 1958, in [2].
- [A36] AD/L/1, Addizionatore, parte di [A30], in [2].
- [A37] AD/Ed/2, Circuito di riporto dell'addizionatore, parte di [A30], in [2].
- [A38] M. Conversi, Lettera a E. Avanzi, Presidente del CIU, 3 aprile 1958, in [1].
- [A39] E. Abate, E. Fabri, Impiego di una calcolatrice elettronica nella ricerca delle autofunzioni del momento angolare orbitale in accoppiamento di Russell-Saunders, Nota Interna CSCE 1 65, 1958, in [2].
- [A40] Sommario dei lavori svolti presso il CSCE nel 1958 e indicazione dei programmi di lavoro per il 1959, 13 novembre 1958, in [1].
- [A41] A. Gozzini, Lettera al Rettore, 13 novembre 1958, in [1].
- [A42] W. Ramberg, Lettera a E. Avanzi, 23 ottobre 1959, in [1].
- [A43] E. Avanzi, Lettera a W. Ramberg, 26 ottobre 1959, in [1].
- [A44] Verbale della Riunione della Commissione Consultiva del CSCE, 16 aprile 1958, in [1].
- [A45] Verbale della Riunione della Commissione Consultiva del CSCE (versione manoscritta), 16 aprile 1958, in [1].
- [A46] Personale del CSCE, 12 marzo 1959, in [1].
- [A47] Delibera del Senato Accademico circa l'inaugurazione dell'a.a. 1957/58, novembre 1957, in [1].
- [A48] Verbale della Giunta Esecutiva del CIU, 8 aprile 1960, p. 58, in [1].
- [A49] Programmi e organizzazione del lavoro nella sezione logico-matematica nel I semestre, 1959, in [1].
- [A50] Verbale della Riunione della Commissione Consultiva del CSCE, 17 febbraio 1961, in [1].
- [A51] Telegramma di auguri al Rettore, 23 dicembre 1960, in [1].
- [A52] M. Conversi, Lettera ad A. Faedo, 15 marzo 1961, in [1].
- [A53] "La calcolatrice elettronica e il Centro Studi dell'Università di Pisa", Comunicato stampa dell'Ateneo, 10 novembre 1961, in [1].
- [A54] "Inaugurazione Calcolatrice Elettronica per Ricerche Scientifiche", Comunicato ANSA n. 86, 13 novembre 1961, in [1].
- [A55] Verbale della Riunione della Commissione Consultiva del CSCE, 15 dicembre 1961, in [1].
- [A56] Convenzione con il CNR, 31 luglio 1962, in [1].
- [A57] Programma di massima per la cerimonia inaugurale dell'a.a. 1961/62, 14 settembre 1961, in [1].
- [A58] E. Fabri, Appunti dalle lezioni di Introduzione alla Programmazione di una Calcolatrice Elettronica, Nota Interna CSCE 1 35, marzo-maggio 1956, in [2].
- [A59] C. Böhm, Registro delle lezioni di Calcoli Numerici e Grafici, a.a. 1958/59, in [1].
- [A60] Relazione e documentazione sulle attività del CSCE nel 1958 e programma per il 1959, in [1].

Bibliografia

- [Lo1] A. Guerraggio, M. Mattaliano, P. Nastasi (a cura di), *Per l'archivio della corrispondenza dei matematici italiani – La lunga marcia di Mauro Picone (1855-1977)*, Quaderni P.RI.ST.EM. n. 15, Università Bocconi, 2010.
- [Lo2] G.A. Cignoni, F. Gadducci, "Rediscovering the Very First Italian Digital Computer", in *Third IEEE History of Electro-technology Conference (HISTELCON 2012)*, IEEE, 2012.
- [Lo3] G. De Marco, G. Mainetto, S. Pisani, P. Savino, "The Early Computers of Italy", *IEEE Annals of the History of Computing* v. 21, n. 4, 1999, pp. 28-36.
- [Lo4] P. Maestrini, "La Calcolatrice Elettronica Pisana, una storia che sembra una leggenda", in L. Dadda (a cura di), *La nascita dell'informatica in Italia*, Polipress, 2006, pp. 83-96.
- [Lo5] A. Andronico, "Quando il computer parlava italiano: la nascita dell'informatica a Pisa negli anni '50", in A. Peruzzi (a cura di), *Pianeta Galileo 2007*, Regione Toscana, 2007, pp. 105-139.
- [Lo6] O.G. Mancino, R. Sprugnoli, *CEP La Calcolatrice Elettronica Pisana – Scenario, storia, realizzazione, eredità*, Edizioni Plus, 2011.
- [Lo7] C. Bonfanti, "Mezzo secolo di futuro, l'informatica italiana compie cinquant'anni", *Mondo Digitale*, v. 3, n. 3, 2004, pp. 48-68.
- [Lo8] E. Vesentini, "Gli anni '70 e la Scuola Normale", *Archeologia e Calcolatori*, n. 20, 2009, pp. 11-15.
- [Lo9] T. Paladini, "La macchina «CEP», come noi ci siamo abituati a chiamarla – L'avventura pisana nell'indagine storiografica delle carte d'archivio", in M. Vanneschi (a cura di), *La CEP: storia scienza e umanità dell'avventura informatica pisana*, Felici, 2009, pp. 9-34.
- [L10] F. Filippazzi, ELEM 9003: storia di una sfida industriale, nid.dimi.uniud.it/history/papers/filippazzi_o8.pdf [ultimo accesso 8 aprile 2013].
- [L11] M. Conversi, "Il centro studi e il calcolatore elettronico in costruzione all'Università di Pisa", *La Provincia Pisana*, n. 2, 1959, pp. 1-4.
- [L12] M. Conversi, "Il Centro di studi sulle calcolatrici elettroniche dell'Università di Pisa", *La Ricerca Scientifica*, v. 1, n. 1, 1961, pp. 59-66.
- [L13] E. Avanzi, "Inaugurazione dell'a.a. 1958/59, 15 novembre 1958", in *Annuario dell'Università degli Studi di Pisa, a.a. 1958/59*, 1960.
- [L14] A. Faedo, "Inaugurazione dell'a.a. 1961/62 e della CEP, 13 novembre 1961", in *Annuario dell'Università degli Studi di Pisa, a.a. 1961/62*, 1963.
- [L15] A. Faedo, "Inaugurazione del CNUCE, 13 novembre 1965", in *Annuario dell'Università degli Studi di Pisa, a.a. 1965/66*, 1967.
- [L16] G. Salvini, "Enrico Fermi il maestro sperimentale e teorico del secolo ora trascorso. Alcuni personali ricordi", *Il Nuovo Saggiatore*, v. 17, nn. 5-6, 2001, pp. 20-23.
- [L17] G. Salvini G, "La nascita dei laboratori nazionali di Frascati e della comunità scientifica", *Analysis*, nn. 2-3, 2008, pp. 3-11.
- [L18] H.D. Ross, "The Arithmetic Element of the IBM Type 701 Computer", *Proceedings of the IRE*, v. 41, n. 10, 1953, pp. 1287-1294.
- [L19] E. Fabri, L. Guerri, "Impiego della macchina ridotta del CSCE di Pisa nella soluzione di alcuni problemi", *Il Nuovo Cimento*, v. XII, n. 2, 1959, pp. 138-143.
- [L20] E. Abate, E. Fabri, "Use of an Electronic Computer for the Construction of Exact Eigenfunctions of Orbital Angular Momentum in L-S Coupling", *Il Nuovo Cimento*, v. XIV, n. 1, 1959, pp. 29-47.
- [L21] "Computer Overseas – Centro Studi Calcolatrici Elettroniche (CSCE), Pisa, Italy", *Digital Computer Newsletter*, v. 8, n. 4, 1956, p. 15.

I documenti raccontano le storie delle CEP

- [L22] M.V. Wilkes, B. Stringer, "Microprogramming and the design of the control circuits of an electronic digital computer", *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, v. 49, n. 2, 1953, pp. 230-238.
- [L23] M.V. Wilkes, "EDSAC 2", *IEEE Annals of the History of Computing*, v. 14, n. 4, 1992.
- [L24] M.V. Wilkes, D.J. Wheeler, S. Gill, *The Preparation of Programs for an Electronic Digital Computer*, Addison-Wesley, 1951.
- [L25] J.W. Forrester, R.R. Everett, "The Whirlwind computer project", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, v. 26, n. 5, 1990, pp. 903-910.
- [L26] G.W. Brock, *The second information revolution*, Harvard University Press, 2003.
- [L27] B. Lojek, *History of semiconductor engineering*, Springer, 2007.
- [L28] I.L. Auerbach, "European Electronic Data Processing - A Report on the Industry and the State of the Art", *Proceedings of the IRE*, v. 49, n.1, 1961, pp. 330-348.
- [L29] N.M. Blachman, "The State of Digital Computer Technology in Europe", *Communications of the ACM*, v. 6, n. 6, 1961, pp. 256-265.
- [L30] R. Olivetti, "La Società Generale Semiconduttori", *Notizie Olivetti*, maggio 1963.
- [L31] G. Capriz, "CSCE Pisa, Attività svolta nel 1966", Supplemento a *La Ricerca Scientifica*, v. 36, n. 2, 1968, pp. 87-94.
- [L32] "A Pisa una grande calcolatrice elettronica per ricerche scientifiche", *Il Sole*, 11 novembre 1961.
- [L33] "La nuova calcolatrice elettronica all'Università di Pisa", *24 Ore*, 12 novembre 1961.
- [L34] "La calcolatrice elettronica del Centro Studi di Pisa", *Il Globo*, 12 novembre 1961.
- [L35] "La calcolatrice elettronica del Centro Studi di Pisa", *Il Globo*, 14 novembre 1961.
- [L36] "Inaugurata la calcolatrice elettronica di Pisa", *24 Ore*, 14 novembre 1961.
- [L37] "Gronchi inaugura a Pisa il 618° anno accademico", *Il Mattino*, 14 novembre 1961.
- [L38] "Il grande calcolatore elettronico inaugurato da Gronchi a Pisa", *Giornale di Sicilia*, 14 novembre 1961.
- [L39] C. Bohm, G. Jacopini, "Flow Diagrams, Turing Machines and Languages with Only Two Formation Rules", *Communications of the ACM*, v. 9, n. 5, 1966, pp. 366-371.

Siti Web

- [W01] *La CEP prima della CEP*, cep50.di.unipi.it.
- [W02] *Hackerando la Macchina Ridotta*, hmr.di.unipi.it.
- [W03] *Storia dell'informatica*, storia.di.unipi.it.
- [W04] *Istituto Secondario di Istruzione Superiore Fermi*, Bibbiena (AR), www.isisfermi.it.
- [W05] *STMicronics*, www.st.com.