

# Museo delle macchine per il calcolo

## Anno zero

### Finalità, campo di azione, riflessi culturali ed economici sul territorio

Roberto Vergara Caffarelli

▷ fig. 1

Un museo contemporaneo ha il compito di recuperare, di conservare e di presentare al pubblico una collezione di oggetti, proponendo un percorso espositivo, secondo una strategia di comunicazione che, accanto al tradizionale intento di attrazione turistica, deve sviluppare tutta la potenzialità di azione culturale che gli oggetti possono esercitare sul pubblico.

Il museo che stiamo allestendo sarà quindi un centro di studio e di diffusione della conoscenza scientifica, che proporrà modelli di documentazione e di rivalutazione degli oggetti esposti, secondo schemi assai più complessi di quelli che usualmente vengono realizzati per le collezioni artistiche. Infatti gli strumenti di calcolo interessano non solo come documento di una tecnologia sem-

pre più avanzata, ma anche in quanto hanno una incidenza sociologica sul territorio e sulla società nazionale e perché, nella realtà odierna, sono divenuti un fattore di trasformazione radicale dell'attività umana.

Il visitatore deve poter recuperare il valore degli strumenti scientifici, non solo attraverso la sua azione individuale di fruizione di un bene culturale, ma cogliendo suggerimenti di tempi più ampi, che gli permettano di percepire le interconnessioni e la globalità del progresso scientifico e tecnologico, così da sentirsi in comunicazione con una cultura collettiva e superare la difficoltà dei dettagli.

È peculiare dei musei della scienza l'inserimento nel percorso di alcuni poli di interesse attivo, ove il

visitatore, trovando a sua disposizione doppiotti di strumenti esposti, cessa di essere un passivo osservatore e ha la possibilità di intervenire operativamente e di apprezzare il funzionamento e le capacità delle macchine e dei dispositivi.

Con questi preliminari è evidente che un museo moderno degli strumenti di calcolo nasce raccogliendo i prodotti attuali, esattamente come le raccolte di Palazzo Pitti, dei Musei Vaticani, del Louvre o del Prado, si sono costituite soprattutto raccogliendo i prodotti dei grandi artisti coevi ai collezionisti, fossero essi cardinali, principi, papi o sovrani.

Il nostro "museo delle macchine per il calcolo" è già in ritardo nella raccolta degli esemplari importanti: molti oggetti, che sarebbero stati preziosi per la sua completezza, sono

ormai scomparsi, divenuti specie estinte di cui è rimasta solo la documentazione iconografica.

È assolutamente urgente e necessario, senza perdere altro tempo, procedere alla raccolta del materiale sopravvissuto su tutto il territorio italiano, con la collaborazione di enti di ricerca, grandi gruppi economici, statali e privati, ministeri ecc., cercando anche la collaborazione dei fabbricanti e dei distributori. Occorre anche osare di più, allargando il campo fuori dai confini nazionali, con la cooperazione della comunità europea.

#### Finalità scientifica

Raccogliere, conservare e restaurare materiale informatico di rilevante interesse scientifico e tecnologico.

Documentare cronologicamente l'evoluzione tecnologica, illustrando i passi fondamentali che hanno prodotto le successive generazioni di calcolatori con la testimonianza delle differenti soluzioni e delle scelte alternative.

Mantenere funzionanti i più importanti strumenti di lettura, e di elaborazione dei dati, perché in prospettiva storica siano conservati alle generazioni future i mezzi per una valutazione concreta delle capacità e dell'efficienza degli strumenti con cui sempre di più "si farà scienza".

Creare e mantenere aggiornata una biblioteca, che conserverà libri e riviste specializzate nel settore, cataloghi, manuali, programmi, materiale informatico su ogni tipo di

Fig. 1. (in prima pagina) APE (Army Processor Experiment).

Questo esemplare è stato costruito a Pisa nel 1987 e può eseguire 250 milioni di operazioni al secondo.

Fig. 2. Il supercalcolatore CRAY AMP-14. Questa macchina, che è del 1986, ha una configurazione vettoriale e può eseguire 400 milioni di operazioni in virgola mobile al secondo.

Fig. 3. Il calcolatore APE. La versione installata a Pisa, ridotta rispetto a quella di Roma, era per questo motivo familiarmente chiamato «APETTO».

Fig. 4. La calcolatrice elettrica FRIDEN SRW10, acquistata dal prof. Marcello Conversi, direttore dell'Istituto di Fisica, e introdotta nell'inventario il 10 novembre 1953. Costò lire 865.440. Era la prima macchina dell'Istituto con cui si poteva calcolare la radice quadrata. Poco prima (il 30 luglio) era stata acquistata per 339.796 lire una FRIDEN modello SW8, che poteva fare oltre alle quattro operazioni, anche moltiplicazioni del tipo  $X \times X \pm A \times B$

(continua dalla prima pagina)

supporto (schede perforate, nastri perforati, nastri magnetici, dischetti e dischi rigidi, ecc.), disegni di macchine, dati scientifici di esperimenti rilevanti conservati elettronicamente ecc.

#### Finalità didattiche e divulgative

Come complemento della fase espositiva proporre alcuni poli di interesse attivo, in cui doppiati di strumenti siano messi a disposizione del visitatore per un suo intervento operativo che gli permetta di arrivare ad un apprezzamento del funzionamento e delle capacità delle macchine.

Presentare in maniera sistematica, secondo linee evolutive, alcune parti rilevanti isolate, estratte dallo strumento di cui erano parte integrante, per rendere visibili e apprezzabili le maniere e le forme concrete date, di volta in volta, alle funzioni essenziali dei calcolatori e degli apparati ad essi connessi: sistemi di lettura dati, sistemi di memoria (tubi elettronici, anelli magnetici, a transistor, disco rigido, floppy disk, mass storage ecc.), sistemi di stampa ecc. In alcuni casi potrà essere possibile illustrare anche l'architettura interna dei calcolatori.

#### Attività Culturale

Promuovere conferenze, convegni, seminari, corsi di aggiornamento per insegnanti, su temi connessi con la storia dell'informatica. Utilizzare il laboratorio di restauro e l'archivio del museo per la preparazione di ricercatori, con eventuale assegnazione di borse di studio. Organizzare visite guidate di gruppi di studenti delle scuole secondarie.

#### Diffusione a livello nazionale della cultura scientifica

Il contatto quotidiano con apparecchiature informatiche avrà riflessi notevoli sulla cultura delle prossime generazioni. Per quanto riguarda la raccolta, l'accesso e l'uso di informazioni nei più svariati campi, vi saranno relazioni problematiche tra stato e cittadino, tra centri di potere economico e politico, tra gruppi sociali. L'informazione è l'arma vincente in tutte le relazioni.

È prevedibile un crescente interesse sulle tematiche del museo, a cui può essere data una risposta con convegni validi. L'interesse del visitatore va correttamente indirizzato verso una conoscenza non schematica dell'impatto che ha con la società civile il complesso delle realizzazioni dell'informatica, in maniera che venga garantito un giusto ed equilibrato rapporto tra i diritti dell'individuo e quelli della collettività.

Si potrà ottenere su questa tematica, anche su scala nazionale, un vivo interesse per il museo, la cui capacità di diffusione della cultura scientifica deve essere mantenuta al massimo livello.

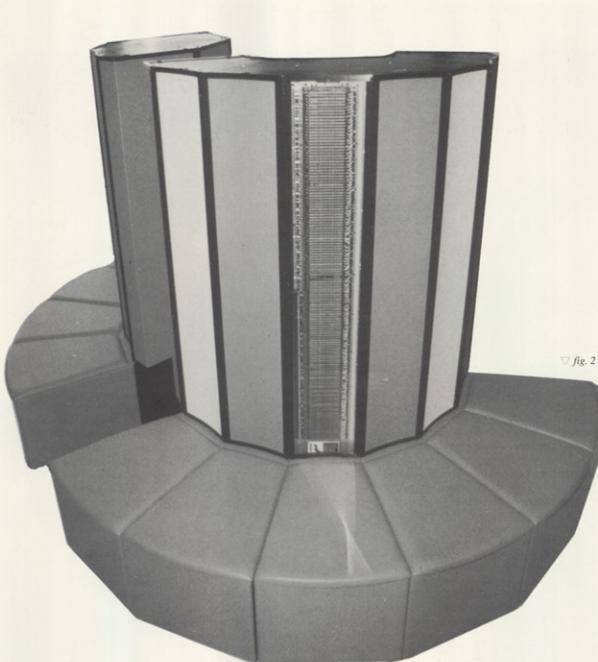


Fig. 2

## Dal compasso di Galileo alla Calcolatrice Elettronica Pisana (C.E.P.)

Roberto Vergara Caffarelli

Galileo si deve il primo strumento commerciale per il calcolo. Il suo "compasso geometrico e militare" è un vero calcolatore analogico, che può eseguire radici quadrate e cubiche e molte altre operazioni. Dal suo meccanico di Padova Galileo se ne fece costruire un centinaio di copie, che vendette nel corso degli anni. Quaranta anni dopo Blaise Pascal inventa una macchina per il calcolo aritmetico funzionante mediante una serie di ruote, corrispondenti alle unità, alle decine, alle centinaia ecc., collegate da ingranaggi che fanno progredire discontinuamente una ruota di un passo, quando la precedente, compiendo dieci ha completato una rotazione. Questo sistema di automatizzazione del ripeto fu adottato da tutti le macchine meccaniche fino ai giorni nostri.

Gotfried W. Leibniz costruì nel 1671 una macchina che realizza la moltiplicazione mediante addizioni ripetute del moltiplicando secondo i differenti ordini decimali. Il veneziano Giovanni Poleni nel 1709 descrive una macchina basata sull'azione di pesi scorrevoli.

Tutte le macchine finora ricordate non hanno avuto diffusione commerciale, ed è Charles-Xavier Thomas de Colmar che realizza la prima macchina calcolatrice prodotta in serie, "l'aritmetometro", di cui vengono costruite tra il 1820 e il 1890 alcune migliaia di esemplari: mediante un sistema di tamburi con denti diseguali la macchina effettua automaticamente moltiplicazioni e divisioni.

Un altro francese, Léon Bollée,

costruisce una macchina moltiplicatrice capace di eseguire la moltiplicazione direttamente, evitando il sistema delle addizioni ripetute. Grandissima diffusione ebbe anche la "millionaire" basata sui principi di quella di Bollée: dal 1894 al 1935 ne furono venduti 4600 esemplari. Charles Babbage è ritenuto il pioniere dei moderni calcolatori per la sua "macchina alle differenze", che è in grado di eseguire automaticamente un compito fisso: la sua costruzione, iniziata nel 1823 con un investimento di 17.000 sterline da parte del governo britannico, non fu

mai portata a termine. Poiché sono stati conservati tutti i disegni, in base ad essi la macchina è stata recentemente costruita, funziona ed è visibile allo Science Museum di Londra. Babbage in seguito progettò una "macchina analitica", che poteva essere programmata mediante schede perforate, del tipo di quelle introdotte da J.M. Jacquard per l'automazione dei telai per la tessitura.

Il calcolo di formule mediante una sequenza di operazioni, era predisposto nelle schede: era previsto un repertorio di operazioni fondamentali (l'unità aritmetica), una memoria, un reparto di elaborazione dei dati e infine i dispositivi di ingresso e di uscita dei dati. La durata delle operazioni era valutata nella maniera seguente: per l'addizione e la sottrazione occorreva un secondo mentre si doveva poter eseguire in un minuto la moltiplicazione e la divisione di due numeri di 50 cifre. La memoria doveva poter contenere fino a 1000 numeri di 50 cifre.

Ai progetti di Babbage si ispirarono lo svedese Georg Scheutz e poi suo figlio Edvard che riuscirono a costruire una "macchina alle differenze" funzionante. La macchina oltre alla parte di calcolo era in grado di stampare i risultati: un esemplare fu acquistato dall'Osservatorio astronomico di Albany nello stato di New York, e usato per il calcolo delle effemeridi. Un secondo esemplare venne costruito in Inghilterra per il General Register Office. Queste macchine erano in grado di calcolare e stampare tavole numeriche, ma non avevano un vero interesse com-



Fig. 3



Fig. 4

merciale, perché occorrevano macchine più duttili.

L'americano D.E. Felt inventò nel 1884 il "Comptometer" (la macchina è esposta alla mostra) in cui il meccanismo di esecuzione diviene più rapido: le cifre vengono impostate mediante tasti e non con manovelle che agiscono su ruote. Felt realizzò anche una versione stampante, che ha un meccanismo analogo a quello della macchina da scrivere.

W.S. Burroughs costruì nel 1889 una macchina in grado di stampare gli addendi oltre che i risultati; la sua diffusione è straordinaria.

H. Hollerith in previsione del censimento del 1890 inventa un sistema per registrare nome, età, sesso, indirizzo ed altri dati di ogni persona mediante una opportuna perforazione di schede di cartone con un pantografo. La lettura si compie elettricamente con una tabulatrice che ha un meccanismo ad aghi: l'ago passa nel foro e immergendosi nel mercurio chiude il circuito, facendo scattare un contatore.

Fino alla seconda guerra mondiale si assiste ad un notevole perfezionamento delle cosiddette macchine meccanografiche, che operano attraverso schede perforate di forma standardizzata. L'elaborazione meccanografica prevede le fasi di perforazione delle schede, di inserimento e calcolo, infine di uscita dei risultati sotto forma di scheda. Le macchine perforatrici di solito scrivono anche il testo nella parte superiore della scheda. Vi sono speciali macchine calcolatrici che possono eseguire in modo automatico le quattro operazioni e poi dare il risultato sotto forma di scheda perforata. La perforazione è trasformata in impulsi elettrici, mediante spazzolini di lettura che si inseriscono nei fori ed azionano i relé elettromagnetici in tempi dell'ordine del centesimo di secondo. La macchina, in cui di solito vi sono anche contatori e memorie, può eseguire operazioni diverse, secondo gli opportuni contatti stabiliti nel quadro di comando.

Nello stesso tempo si perfezionano le macchine aritmetiche, secondo vari principi. Le più note sono le svedesi Brunsviga, commercializzate a partire dal 1892, e la Monroe.

La Monroe del 1926 presente in mostra fu acquistata dall'Istituto di Fisica per 6500 lire. Delle due Friden elettriche del 1953 acquisite dal prof. Conversi, quella che esegue la radice quadrata costa lire 865.440 lire.

Abbiamo anche alcuni esemplari di Marchant, la macchina usata in America nel 1952 da Enrico Fermi nel calcolo delle sezioni d'urto totale dei poli di idrogeno (sapeva farlo in 20 minuti).

Le macchine calcolatrici meccaniche hanno un apparato di impostazione a leve o a tastiera, per operazioni numeriche e entrano nelle operazioni; il totalizzatore, che registra i risultati e il contagiri che compone il

(segue a pag. 3)



△ fig. 5

moltiplicatore o riporta il quoziente.

Nel 1941 *K. Zuse* costruisce in Germania la macchina *Z3* che utilizza la numerazione binaria, una memoria formata da 1400 relé (aperti o chiusi), una unità di calcolo con 600 relé. La durata media di ogni operazione si aggirava intorno ai 3 secondi. La macchina, che andò distrutta nel 1944, è stata ricostruita ed è conservata al Deutsches Museum di Monaco. Le istruzioni venivano immesse con pellicola cinematografica perforata.

Nel 1944 viene costruito alla Harvard University il Mark 1: è composto di 78 calcolatrici elettroniche che collegate tra loro, messe in azione mediante 3.300 relé. Il calcolo programmato, nel sistema decimale a virgola fissa, segue questa procedura: i dati vengono immessi attraverso nastri forati di carta e nella stessa maniera vengono lette le istruzioni e stampati i risultati. La macchina poteva moltiplicare due numeri di 23 cifre in sei secondi.

Il primo calcolatore a circuiti elettronici della storia fu costruito dall'Università della Pennsylvania per militari: funzionava con un sistema di 18.000 tubi elettronici a vuoto, che memorizzavano le cifre secondo se accessi o spenti (flip flop), 70.000 resistenze, 10.000 condensatori. L'ENIAC poteva effettuare 300 moltiplicazioni al secondo, oltre alle divisioni e alle radici quadrate. Pesa-va 30 tonnellate, consumava 150 Kw e occupava 180 metri quadrati. Entrato in funzione nel 1946, era sprecato nel solo calcolo delle traiettorie balistiche.

Il matematico di origine ungherese *J. von Neumann* nel 1945 sviluppa l'EDVAC, che è un calcolatore completamente moderno con istruzioni e dati codificati in numeri: i numeri immessi venivano automaticamente trasformati in rappresentazione binaria. La memoria utilizzava linee di ritardo, costituita da tubi riempiti con mercurio chiusi da cristalli di quarzo che convertivano gli impulsi elettrici in ultrasuoni che si propagano lungo il tubo per essere poi convertiti di nuovo in impulsi elettrici. In ogni linea di ritardo potevano essere memorizzati fino ad otto numeri di 13 cifre decimali. La memoria aveva una capacità di 1024 numeri, inoltre vi era una memoria ausiliaria con capacità per 20.000 numeri, ma, con un tempo di accesso molto più lungo, costituita da fili di bronzo che si magnetizzavano. La macchina iniziò a funzionare nel 1952.

Nel 1948 l'IBM produce il SSEC, che ha 21.400 relé e 12.500 tubi elettronici e può eseguire 3.500 operazioni al secondo.

Un contributo notevole alla teoria dei calcolatori è stato dato dall'inglese *A.M. Turing*, che progetta una macchina universale, poi costruita a Manchester (il Ferranti Mk1).

Nel 1951 a Washington inizia a funzionare l'UNIVAC I.

Per quanto riguarda la produzione IBM, citiamo in rapida successione: l'IBM 701, che poteva eseguire 16.000 addizioni o 2.200 moltiplicazioni in un secondo; l'IBM 650 e l'IBM 704 con memoria a nuclei magnetici, capace di eseguire 42.000 addizioni in un secondo. L'IBM 705 nasce nel 1954, con accessori potenti come la stampante da 1.000 righe al minuto, da 120 caratteri e le unità a nastro magnetico IBM 727 capaci di leggere fino a 15.100 caratteri al secondo. Il sistema del 1956 IBM RAMAC è dotato di memoria ausiliare a dischi magnetici, la prima in assoluto, che permette di raggiungere l'informazione in tempi brevissimi.



△ fig. 6

mi, contrariamente al nastro che occorre svolgere tutto dall'inizio fino alla posizione del dato cercato. Altri prodotti sono la perforatrice IBM 024, le Tabulatrici IBM 419 e 421 che hanno la velocità di 100 schede al minuto, il calcolatore IBM 604 ecc. Alla fine degli anni 50 entra in funzione l'IBM 650 e nel 1958 l'IBM 705, capace di leggere o scrivere su nastro 60.000 caratteri al secondo.

Qui termina la nostra rassegna degli elaboratori della prima generazione: con i transistor inizia una nuova era. La CEP, inaugurata nel 1961 oltre a 3.500 tubi ha già 2.000 transistori e 12.000 diodi al germanio.

#### Le origini della calcolatrice elettronica pisana

Nel 1954 le Provincie e i Comuni di Pisa, Livorno e Lucca offrono un contributo di 150 milioni perché fosse realizzato a Pisa, l'elettrosincrotrone da 4 Gev, che poi fu costruito a Frascati.

*Enrico Fermi*, consultato a Varenna nell'estate del 1954 da *Marcello Conversi*, allora direttore dell'Istituto di Fisica, e da *Giorgio Salvini* circa le varie possibilità di impiego della somma, indicò, come di gran lunga la migliore tra tutte, quella di costruire in Pisa una mac-

china calcolatrice elettronica. Ricordiamo l'argomento fondamentale del suo parere: «Essa costituirebbe un mezzo di ricerca di cui si avvantaggerebbero in modo, oggi quasi inestimabile, tutte le scienze e tutti gli indirizzi di ricerca».

Il Rettore *Enrico Avanzi*, dopo aver raccolto le informazioni necessarie, il 4 ottobre successivo invitò a riunirsi sotto la sua presidenza i rappresentanti delle Provincie e dei Comuni che avevano fatto la generosa offerta, il preside della Facoltà di Scienze e i professori *Conversi*, *Salvini* e *Ezio Tongiorgi*.

Ad essi lesse la lettera di *Fermi* e la propria risposta con la quale proponeva l'acquisto di una macchina calcolatrice. In proposito il Rettore ricordava un suo recentissimo colloquio con il prof. *Gilberto Bernardini*, allora presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, il quale lo aveva informato che anche a Roma si era pensato ad acquistare una macchina del genere ma, poiché la spesa risultava molto superiore alle possibilità, ne avrebbero comprato una di limitata portata. Ciò significava che l'acquisto di un calcolatore avanzato rimaneva un problema nazionale.

Il prof. *Bernardini* aveva fatto presente che se la macchina fosse stata costruita in Italia, la spesa si sarebbe aggirata intorno ai 120-140 milioni,



△ fig. 7

mentre per l'acquisto sarebbe stato necessario disporre del quadruplo.

La personale opinione del Rettore quindi era quella di procedere all'acquisto di una macchina calcolatrice elettronica. Nella sua relazione *Avanzi* prospettò tutte le fasi, dalla progettazione alla costruzione, ricordando che *Bernardini* si era dichiarato disposto a dare annualmente un contributo per il funzionamento della macchina (25-30 milioni).

*Conversi* confermò l'analisi del Rettore *Avanzi*; ricordò che nel mondo scientifico si pensava che le possibilità di sviluppo di una nazione sarebbero ormai dipese dal numero di macchine elettroniche disponibili; aggiunse che una calcolatrice sarebbe stata di utilità per tutti gli Atenei italiani, non solo per la fisica teorica e sperimentale ma anche per la chimica, l'ingegneria, la biologia, l'economia, la statistica, il commercio. Fece infine presente che scegliere una macchina calcolatrice elettronica invece del sincrotrone non era una soluzione di ripiego: se per i fisici era più importante il sincrotrone, per le molteplici utilizzazioni da parte di varie branche scientifiche era certamente più utile la calcolatrice.

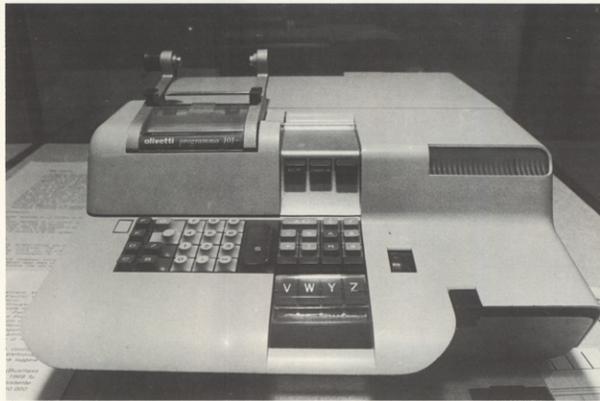
Insomma, anche per l'entusiastico appoggio del presidente della Provincia di Pisa (*Antonio Maccarone*) tutti gli altri partecipanti alla riunio-

ne aderirono e il 16 ottobre con decreto rettoriale veniva messa a disposizione del prof. *Conversi* la somma di un milione per far fronte alle spese di urgente necessità per l'organizzazione dei piani di studio relativi alla costruzione della calcolatrice e di uno spettrometro di massa, apparecchio che interessava soprattutto il prof. *Tongiorgi* per le ricerche nel campo della paleontologia, ma che aveva interesse per la chimica fisica, la biologia e la geologia. Per la macchina fu costituito un comitato presieduto da *Conversi*, di cui facevano parte il prof. *Alessandro Fieschi* per la matematica e il prof. *Ugo Tiberio* per l'elettronica.

Nel 1955 sorse il Centro Studi Calcolatrici Elettroniche, con l'appoggio del C.N.R. Nello stesso anno fu sottoscritta con l'istituzione una convenzione di collaborazione da cui nacque contemporaneamente alla C.E.P. il calcolatore commerciale ELEA, presentato nel 1959, il primo calcolatore completamente transistorizzato costruito in Europa, di cui furono venduti 170 esemplari, il cui costo allora oscillava dai 300 ai 500 milioni.

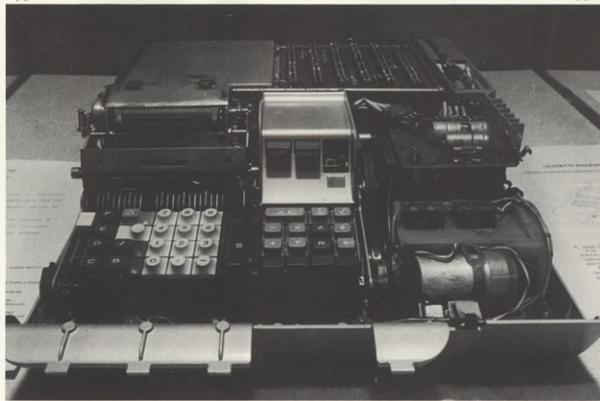
Inizialmente fu costruito un prototipo ridotto della C.E.P.: la macchina vera e propria fu pronta solo alla fine del 1960, e venne inaugurata dal Presidente della Repubblica *Giovanni Gronchi* nel novembre del 1961.

Questo episodio di storia della scienza è stato uno splendido esempio di collaborazione tra Comuni e Provincie che si sentivano «legati all'Università da vincoli indissolubili» e «interessati al suo sviluppo e al suo progresso», e di uomini previdenti che seppero cogliere il saggio consiglio di *Fermi*, creando in Italia una scuola di informatica, che è la grande rivoluzione tecnico-scientifica del nostro secolo.



△ fig. 10

▽ fig. 11



**Fig. 5.** Macchina calcolatrice meccanica EXACTA mod. 1150. Alla macchina è stato tolto il coperchio per rendere visibile l'apparato di impostazione dei numeri e il carrello scorrevole, che porta il tonalizzatore e il contigiri.

**Fig. 6.** È parte della «2385 storage module» della IBM, originariamente installata al CNUCE di Pisa. Ogni modulo conteneva sei dischi. Vi sono 4 meccanismi di accesso. I dati sono registrati serialmente. Il modulo aveva una capacità di memoria di 11 Mbyte.

**Fig. 7.** Calcolatrice elettrica MONROE, acquistata dall'Istituto di Fisica successivamente alle due FRIDEN. Permette l'esecuzione di moltiplicazioni con reimpostazione semi-automatica del moltiplicando.

**Fig. 8.** Il minicomputer NOVA 4S del 1981, con 64 Kbyte di memoria, dotato di terminale video (non grafico), stampante, disco fisso di memoria e disco mobile, ciascuno di 5 Mbyte.

**Fig. 9.** Televisore Olivetti in dotazione alla CEP.

**Fig. 10.** PROGRAMMA 101 della Olivetti. Dal 1965, quando fu presentata al Business Equipment Manufacturers Association Show di New York, fino al 1969 fu al mondo l'unico elaboratore personale elettronico programmabile. La macchina è stata realizzata dall'ing. Pier Giorgio Perotto, mentre il design della carrozzeria è dell'arch. Mario Bellini.

**Fig. 11.** Interno della PROGRAMMA 101.