

Il CNR dopo la CEP

Claudio Montani (ISTI-CNR, Introduzione e Conclusioni), Patrizia Andronico e Claudia Raviolo (IIT-CNR e ISTI-CNR, Sezioni 2 e 3), Andrea Bozzi (ILC-CNR, Sezione 4), Bruno Codenotti (IIT-CNR, Sezione 5), Carlo Meghini (ISTI-CNR, Sezione 6), Marco Sommani (IIT-CNR, Sezione 7), Leonello Tarabella (ISTI-CNR, Sezione 8), Roberto Scopigno (ISTI-CNR, Sezione 9), Ranieri Baraglia e Raffaele Perego (ISTI-CNR, Sezione 10)

Una breve [e parziale] storia di alcune tematiche ICT di successo che si sono sviluppate negli Istituti CNR di Pisa a partire dagli anni '60 e che, a giudizio degli

autori, rappresentano a buon diritto rami importanti di quell'albero rigoglioso che ha avuto le sue radici nella CEP.

Introduzione

Se da una parte non si può certo affermare che il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) abbia avuto un peso determinante nell'avventura della CEP – il CNR infatti, al pari del Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari (CNRN), si limitò a fornire un contributo economico all'iniziativa – dall'altra deve essere riconosciuto al nostro maggiore Ente Pubblico di Ricerca il merito di aver "rilevato" iniziative leader e innovative, nate e sviluppatesi autonomamente, non solo per proseguirne l'attività "ordinaria" ma per favorire, molto spesso con successo, l'esplorazione di settori nuovi o di frontiera.

È certamente il caso del Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE) trasformato da centro universitario a centro di interesse CNR nel 1962 e quindi Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI) nel 1968. È ancora il caso del Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE) passato dall'Università di Pisa al CNR nel 1974. In entrambi i casi, il merito del CNR risiede nell'aver ulteriormente valorizzato il patrimonio di ricercatori e competenze creatosi attorno alla CEP e alle iniziative scientifiche correlate. IEI e CNUCE non solo hanno contribuito in modo significativo alla formazione ed alla divulgazione della *computer science* e delle sue discipline "fondanti" ma le loro linee di ricerca sono andate via via diversificandosi dando vita a gruppi di ricerca e ad attività non propriamente "curricolari" ma spesso pionieristiche e comunque rilevanti per l'informatica nazionale e non solo. Alcune di queste attività di ricerca hanno portato, come vedremo, non solo alla formalizzazione di nuovi gruppi di ricerca ma alla creazione di veri e propri nuovi Istituti del CNR.

Diversi in questi ultimi anni sono stati i contributi di carattere storiografico che hanno fissato al '54 la nascita dell'informatica italiana con le tre esperienze dell'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo del CNR a Roma, del Centro di Calcoli Numerici del Politecnico di Milano e del Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche a Pisa. Questo contributo non ripercorre quella storia se non nel primo capitolo che si prefigge di collocare temporalmente le attività ICT del CNR. In questo scritto cercheremo piuttosto di mettere l'accento su quelle attività, quegli aspetti di ricerca, quei temi che, almeno a giudizio degli autori, sono cresciuti nel CNR pisano ed hanno contribuito in modo rilevante a mantenere a Pisa quel primato nella Computer Science e, più in generale, nell'ICT inizialmente acquisito con l'avventura CEP.

Un primato che, a nostro avviso, non deriva da vantaggi temporali quanto piuttosto dall'aver optato per la progettazione e la realizzazione di una macchina piuttosto che sugli aspetti connessi alla programmazione e utilizzo di macchine esistenti. Questo ha permesso di sviluppare conoscenze e competenze di informatica a 360 gradi, conoscenze e competenze che il CNR ha contribuito a rafforzare e diversificare.

Nella sezione 2 un breve inquadramento storico degli Istituti informatici del CNR pisano anche in relazione alle attività "di calcolo" che hanno segnato l'inizio dell'informatica nel CNR. La sezione 3 riferisce delle prime attività di formazione offerte da IEI e CNUCE e, di fatto, "propedeutiche" a quello che sarà, nell'anno accademico 1969-70 il primo corso di laurea italiano in Scienze dell'Informazione. Le sezioni 2 e 3 sono state curate da Patrizia Andronico e

Claudia Raviolo. Nella sezione 4 Andrea Bozzi fa il punto sulla linguistica computazionale e l'omonimo Istituto CNR mentre Bruno Codenotti, nella sezione 5, ripercorre le tappe principali della vita dell'Istituto di Matematica Computazionale. Le sezioni dalla 6 alla 10 sono dedicate ad alcune delle tematiche "di rilievo" cui si faceva cenno: sezione 6 – C'erano una

volta le basi di dati a cura di Carlo Meghini, sezione 7 – Da RPCNet a Internet a cura di Marco Sommani, sezione 8 – Pietro Grossi, pioniere dell'Informatica Musicale a Pisa a cura di Leonello Tarabella, sezione 9 – Computer Graphics a cura di Roberto Scopigno e sezione 10 – Calcolo vettoriale e parallelo a cura di Ranieri Baraglia.

La storia degli Istituti CNR (di Pisa)

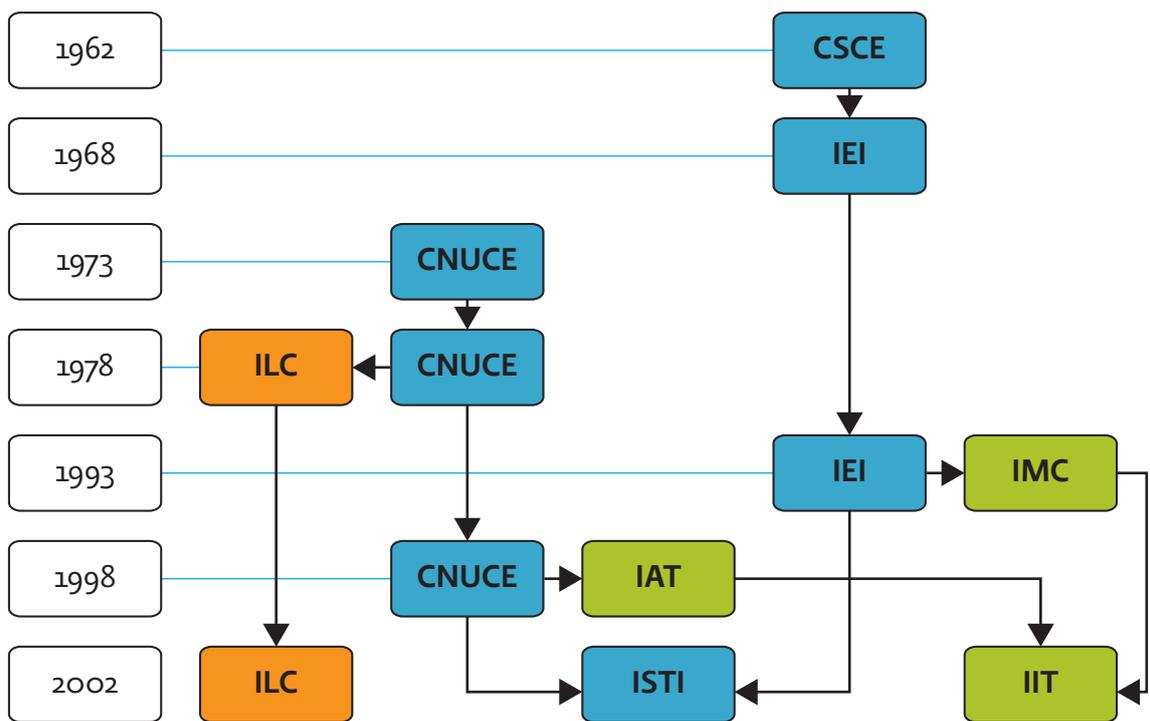
Come accennato la nascita dell'informatica italiana può essere ricondotta al '54. Tre furono gli eventi "scatenanti":

La creazione del Centro di Calcoli Numerici presso il Politecnico di Milano. Grazie al Piano Marshall per la ripresa dell'Europa dopo la seconda guerra mondiale, il Centro venne dotato di un elaboratore CRC 102A della statunitense NCR. La macchina, piuttosto scarna nelle dotazioni hardware e software e priva di assistenza da parte dei tecnici americani, venne ben presto "arricchita" dal lavoro entusiasta di giovani ricercatori del Politecnico coordinati da Luigi Dadda che ne aveva seguito le fasi di costruzione negli Stati Uniti. L'elaboratore venne principalmente dedicato alla risoluzione di problemi applicativi dell'industria nazionale;

L'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo del CNR, diretto da Mauro Picone cui

oggi l'Istituto è intitolato, acquistò un elaboratore Mark I della società inglese Ferranti. È l'inizio ufficiale dell'informatica nel CNR. Anche in questo caso giovani ricercatori italiani contribuiscono in modo rilevante all'arricchimento hardware (Giorgio Sacerdoti, Paolo Ercoli, Roberto Vacca) e software (Dino Dainelli, Enzo Aparo e Corrado Boehm) della macchina. Anche in questo caso l'elaboratore venne pesantemente utilizzato per la risoluzione di numerosi problemi applicativi proposti da istituzioni pubbliche o private.

L'inizio, all'Università di Pisa, delle diverse fasi di progettazione e realizzazione della Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), secondo i suggerimenti che Enrico Fermi aveva rilasciato a Marcello Conversi (allora direttore dell'Istituto di Fisica) e a Giorgio Salvini (ricercatore dello stesso Istituto di Fisica), durante la loro parte-



cipazione alla Scuola Internazionale di Fisica “A. Volta” di Varenna nell’estate del 1954. La storia della CEP nasce con l’istituzione, nel 1955, del Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE) che porterà, nel 1961, alla inaugurazione del primo elaboratore scientifico completamente progettato e realizzato in Italia.

A fianco della esperienza CSCE sarebbe ingiusto non citare il laboratorio di ricerca che Adriano Olivetti istituì a Pisa in quegli stessi anni – laboratorio che curerà la progettazione e quindi la realizzazione dei primi elaboratori ad uso commerciale dell’omonima società – ed ai contributi che la stessa Olivetti elargì al progetto CEP sia in termini economici che in termini di ricercatori “condivisi”.

Queste esperienze sono state fondamentali non solo per il progresso della cultura informatica nazionale e internazionale in termini di ricerca ma anche in termini di formazione e divulgazione. La vocazione al calcolo e alla matematica applicata dell’INAC (oggi IAC) e, soprattutto, l’ampio spettro di conoscenze e competenze che sono richieste per la progettazione e la realizzazione di un elaboratore piuttosto che per il suo uso, seppur pionieristico e innovativo, ha fatto sì che si possa certamente affermare che “l’Informatica CNR” sia nata e progredita dalla CEP.

Come riportato nel diagramma precedente, nel 1962, un anno dopo l’inaugurazione ufficiale della calcolatrice pisana alla presenza del Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi, il CSCE diventa centro di interesse nazionale del CNR. È diretto da Gianfranco Capriz e progressivamente si trasforma da Centro dedicato alla progettazione e realizzazione di una macchina in Istituto di ricerca in informatica. Le tre sezioni originali – logico-matematica diretta da Alfonso Caracciolo di Forino con la consulenza di Corrado Boehm dell’INAC, elettronica diretta da Giovanbattista Gerace e analisi numerica diretta da Ugo Barbuti e Bruno Forte – saranno sostituite dai cinque reparti dell’*Istituto di Elaborazione dell’Informazione (IEI)* che, nel 1968, rimpiazzò definitivamente il Centro Studi nel CNR: Architettura dei sistemi di elaborazione, Linguaggi e sistemi operativi, Tecniche per il trattamento dell’informazione, Elaborazione di segnali e immagini, Matematica computazionale (e grafica computerizzata). Decisamente un Istituto di ricerca in Computer Science!

Negli stessi anni a livello nazionale si inizia ad avvertire l’esigenza di istituire una associazione nazionale che favorisca l’incontro e il confronto di quanti vedevano nel nuovo strumento sia la possi-

bilità di “calcolare” in modo versatile e veloce ma anche quella di “elaborare informazioni” dei settori applicativi più disparati. Nasce l’AICA, Associazione Italiana per il Calcolo Automatico, che tra le varie attività promuoverà anche la rivista *Calcolo*, importante rivista di divulgazione scientifica tuttora curata dal CNR e pubblicata dall’editore Springer.

Ma il periodo fecondo dell’informatica pisana continua con la costituzione nel 1965 del *Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE)*. Il rettore dell’Università di Pisa Alessandro Faedo riesce ad ottenere gratuitamente dall’IBM il potente elaboratore IBM 7090. Si rende quindi necessaria la costituzione di un Centro che si faccia carico di tutte le attività connesse in qualche misura alla operatività della macchina. Anche il CNUCE poco più tardi (nel 1973) confluirà nel CNR. I due Istituti CNR pisani (IEI e CNUCE), pur afferendo stranamente a Comitati Nazionali di Consulenza diversi, iniziano una proficua collaborazione che li porterà, nel 2002 alla fusione. I temi di ricerca del CNUCE si andranno progressivamente orientando verso le architetture dei sistemi di elaborazione e le reti anche se, come vedremo, non mancheranno attività di ricerca in settori di frontiera quali il calcolo vettoriale e parallelo, i sistemi informativi, la dinamica del volo spaziale, la meccanica dei materiali e delle strutture.

Tra i settori di frontiera del CNUCE deve certamente annoverarsi quello della linguistica computazionale. Il gruppo di ricerca del CNUCE che si occupa di questi temi sin dal 1967 andrà a costituire, nel 1978, l’*Istituto di Linguistica Computazionale “Antonio Zampolli” (ILC)*. Dei temi di ricerca dell’Istituto e della sua evoluzione ci racconta Andrea BOZZI nella sezione 4.

Come racconta Bruno Codenotti in sezione 5, il fermento scientifico del gruppo di Matematica Computazionale (e Grafica Computerizzata) dell’IEI e le forti pressioni del compianto Milvio CAPOVANI portarono nel 1993 alla costituzione dell’Istituto di Matematica Computazionale (IMC) quale derivazione del gruppo di ricerca omonimo dell’IEI. Bruno Codenotti ne sarà il direttore fino al 2002, anno della riforma di accorpamento degli istituti del CNR.

Nel frattempo al CNUCE gli studi nel campo delle reti di computer si fanno così rilevanti – come ben descritto da Marco Sommani in sezione 7 – che le interazioni tra il Centro e gli Stati Uniti portano il CNUCE nel 1986 non solo ad ospitare il primo nodo Internet italiano (cnuce.cnr.it), ma ad ottenere direttamente da IANA la gestione del registro dei domini

Internet, oggi al suo 25esimo compleanno. Le persone coinvolte in queste attività avvertono l'esigenza di costituire un nuovo Istituto, indipendente dal CNUCE, ad orientamento più applicativo e di servizio. Nasce l'Istituto per le Applicazioni Telematiche (IAT) con finalità di studio e implementazione di reti di computer e di gestione dei domini italiani .it.

E infine l'ultima riforma, almeno per quanto attiene la connotazione degli Istituti. La volontà dell'Ente di ridurre drasticamente i centri di spesa e quindi il numero di Istituti porta alla fusione di IAT e IMC nell'Istituto di Informatica e Telematica (IIT-CNR). L'Istituto conta oggi più di 150 u.d.p. Le sue principali linee di ricerca sono: Algoritmi e matematica computazionale, Tecnologie innovative per il web, Trustworthy and secure future internet, Ubiquitous internet.

Ancora rilevanti in IIT le attività tecnologiche e

di servizio: Gestione Registro.it; Rete telematica del CNR di Pisa; Servizi internet e sviluppo tecnologico.

In modo analogo, sempre nel 2002, CNUCE e IEI si unificano nell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo", con circa 240 unità di personale. Cinque sono le grandi aree tematiche cui possono essere ricondotte le attività di ISTI oggi: Networking (wireless networks, domotics, internet services); Software (dependable computing, formal methods and tools, software engineering, systems and software evaluation); Knowledge (human interfaces in information systems, knowledge discovery and delivery, networked multimedia systems); Visual (signal and images, visual computing); Flight and structural mechanics (mechanics of materials and structures, space flight dynamics).

[pa, cr]

La scuola di specializzazione

L'attività di formazione non fu certo una esclusiva di Pisa e dei ricercatori del CSCE prima e di IEI e CNUCE poi. Tuttavia, la formazione tenuta a Pisa non si limitò alle tecniche di programmazione dell'elaboratore, insegnamento assai diffuso laddove si era proceduto o si stava procedendo all'acquisto di un elaboratore. Negli anni 1955 e 1956 vennero attivati cicli di lezioni e seminari sui temi dell'analisi numerica, sulla teoria della programmazione, sull'aritmetica, logica e organizzazione degli elaboratori, sugli elementi di base dell'elettronica. Tali corsi ebbero una frequenza media di 10 persone, prevalentemente laureandi della Facoltà di Ingegneria.

Una delle prime lezioni di cui si ha traccia fu tenuta da Caracciolo di Forino, presso le aule di Fisica il 21 gennaio del 1955, dal titolo: "Considerazioni generali sulle moderne calcolatrici elettroniche".

Durante l'anno accademico 62/63 fu avviato il "Corso di avviamento all'uso delle calcolatrici elettroniche", riservato a laureati. Lo stesso corso fu poi riconosciuto ufficialmente dall'Università di Pisa nell'anno accademico 64/65 e denominato "Corso di specializzazione in Calcolo Automatico"; gli argo-

menti trattati furono:

- fondamenti di logica e di aritmetica con applicazioni ai calcolatori elettronici a cifre;
- struttura dei calcolatori elettronici ed elementi di codificazione;
- elementi di programmazione generale;
- linguaggi di programmazione particolari;
- analisi numerica.

La maggior parte dei docenti del corso era ovviamente di "estrazione" CSCE. Molti giovani laureati di quel periodo, specializzati al Corso, divennero ricercatori ed entrarono in seguito a far parte del corpo docente dell'Università di Pisa e di altre università italiane.

Nell'anno accademico 69/70 venne istituito a Pisa presso la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali il corso di Laurea, primo in Italia, in "Scienze dell'Informazione": esso rappresentò un riferimento per tutte le Università che negli anni successivi attivarono simili insegnamenti.

[pa, cr]

La linguistica computazionale

Quando l'Istituto di Linguistica Computazionale fu fondato come struttura scientifica del CNR nel 1978

aveva già alle spalle un lungo periodo di gestazione come sezione linguistica del CNUCE prima, e come

laboratorio di linguistica computazionale, sempre del CNUCE, in un momento successivo.

In effetti il tema delle applicazioni a fenomeni della lingua, italiana in particolare, mediante l'utilizzo di programmi di elaborazione elettronica aveva una storia ultradecennale già all'atto della fondazione dell'ILC come organismo di ricerca del CNR. Nell'immediato dopoguerra le possibilità offerte dai calcolatori elettronici dell'epoca per eseguire operazioni di spoglio di testi e creazione di indici con analisi statistica delle frequenze con cui le parole si presentano in un testo o in una collezione di testi erano state eseguite con successo. Valga, fra tutti, l'esempio più significativo offerto dal lavoro sul Corpus Tomistico, progettato ed eseguito da Padre Roberto Busa *sj*. Esso aveva un duplice scopo: eseguire operazioni statistiche per estrarre elementi quantitativi dai trattati attribuiti a San Tommaso d'Aquino, in grado di stabilire quali di essi fossero veramente opera sua; creare delle concordanze indispensabili alla valutazione dei significati e degli usi specifici delle parole, in particolare quelle di carattere teologico.

Questa esperienza, il flusso logico delle operazioni, i programmi realizzati e il risultato molto positivo che tutti riconobbero all'iniziativa suggerirono a molte istituzioni di ricerca europee ed extraeuropee di seguire quell'illustre precedente e porre nuove basi per la realizzazione di vocabolari storici utilizzando tecniche di elaborazione elettronica di dati testuali.

La collaborazione internazionale e l'interessamento dell'Europa a temi inerenti la traduzione assistita da calcolatore aprirono ulteriori settori di interesse che furono sostenuti da consistenti fonti di finanziamento comunitari. I progetti di traduzione, indipendentemente dai risultati effettivi non sempre soddisfacenti o commisurati alle risorse impiegate, ebbero tuttavia il grande merito di avere contribuito allo sviluppo eccezionale di altri settori della ricerca linguistica computazionale che erano strettamente connessi alle analisi di carattere morfologico, sintattico e semantico. In un certo senso, era indispensabile insegnare alla macchina una serie di regole di tipo grammaticale che consentisse di far ad essa riconoscere modi, tempi, persone nelle forme flesse e, grazie a questi dati, risalire al nome, verbo o aggettivo corretto dal quale ogni forma morfologicamente appartiene. Il tema si complicava per le forme cosiddette "omografe", ovvero parole che si presentano graficamente identiche, ma che appartengono ad entrate lessicali diverse, come, per esempio, nel caso dell'italiano "letto" che può essere, in alcuni

contesti, una forma del sostantivo "letto", ed in altri una forma del verbo "leggere". La disambiguazione degli omografi e la necessità di ampliare le ricerche nel settore dell'automazione in sintassi furono due forti elementi di stimolo per progettare algoritmi di analisi automatica delle concatenazioni presenti nelle frasi. Fondamentali esperienze in questo settore si ottennero con i sistemi RTN (recursive transition network) e ATN (augmented transition network), mentre, nel versante della semantica, mostravano la propria importanza i sistemi di rappresentazione della conoscenza che si potevano sviluppare grazie a nuovi linguaggi altamente logici e simbolici come PROLOG, KL-ONE, ecc.

Si può facilmente intuire come le attività connesse ai settori sommariamente elencati abbiano contribuito in maniera sempre crescente a suddividere la linguistica computazionale in sottosectori molto specialistici e, nello stesso tempo, sia avvenuto un rafforzamento della trasferibilità di ipotesi, teorie, metodi e strumenti dal mondo accademico, dove questi erano nati e si erano sviluppati, verso le applicazioni pratiche, principalmente di tipo industriale. Non per niente gli anni '80 e oltre hanno assistito alla affermazione della cosiddetta "ingegneria della lingua" che, già nella denominazione, rende conto di una realtà scientifico-tecnologica che forse più di altre ha avvicinato un settore delle Humanities a quello dell'industria e del mercato. Anzi, si potrebbe perfino affermare che questo abbraccio, se da un lato è stato foriero di fonti di finanziamento consistenti, dall'altro ha rischiato di condizionare troppo la ricerca non finalizzata e di base. E ciò è avvenuto anche perché alcuni settori industriali hanno intuito che le innovazioni introdotte dalla linguistica computazionale avrebbero portato ad allargare l'offerta di prodotti tecnologicamente innovativi in un mercato sempre più ricettivo: le aziende hanno chiesto collaborazione, hanno cofinanziato progetti e hanno spesso determinato il successo nella richiesta di finanziamento pubblico, nazionale o internazionale, spingendo le strutture di ricerca, prime fra tutte l'ILC, a contribuire alla realizzazione di applicazioni, brevetti e prodotti.

Fenomeno, questo che si diceva positivo e negativo nello stesso tempo: positivo, perché esso ha contribuito ad ottenere forme consistenti di autofinanziamento in periodi nei quali il sostegno interno iniziava a decrescere costantemente e in maniera sempre più grave; negativo, perché esso ha teso ad allontanare i ricercatori dalla ricerca di base e dallo

sviluppo di nuovi modelli e paradigmi di studio.

Il rapporto con l'industria, l'utilizzo di metodi di rappresentazione dei dati secondo standard internazionali condivisi e lo sviluppo delle tecnologie connesse al web, ha portato la linguistica computazionale alla realizzazione di numerose risorse linguistiche che sono oggi una realtà affermata e riconosciuta universalmente. L'Istituto è stato il primo a credere e voler diffondere il principio dell'utilità di costruire delle risorse multilingui, soprattutto se annotate utilizzando procedure automatiche, alcune delle quali sono state indicate sopra (analizzatori morfologici, analizzatori sintattici, marcatori semantici, ecc.). Fu proprio Antonio Zampolli, il fondatore dell'ILC e colui al quale si deve lo sviluppo della linguistica computazionale non solo in Italia, che insistette sul tema delle *linguistic resources*, delle quali fanno parte non solo gli archivi dei testi intesi come fonti primarie di informazione o come archivi di dati analizzati e annotati con marcatori codificati secondo uno standard condiviso. Risorse linguistiche, infatti, sono anche i tools che effettuano le analisi e producono le marcature in forma automatica o semiautomatica, i protocolli di descrizione dei valori semantici delle parole che consentono di correlare termini appartenenti a lingue diverse a seconda del significato da esse veicolato e degli usi che di esse viene fatto in determinati contesti generici o specialistici (come, per esempio, il caso di termini di uso comune che assumono un valore specialistico se impiegati in contesti tecnici).

Quello che caratterizza oggi l'ILC, deriva sostanzialmente dalla propria storia secondo un normale ma importante processo evolutivo che si accompagna agli sviluppi del software e dell'hardware, oltre che dalla tecnologia del web che permea ormai la vita di milioni di cittadini a livello mondiale. In questo processo evolutivo e in considerazione del ruolo fondamentale che il nostro Paese gioca a livello internazionale per quanto riguarda il patrimonio di cultura scritta che ci è stato consegnato dal lontano passato, l'ILC è intervenuto con una posizione di rilievo offrendo ipotesi di lavoro che si riferiscono direttamente alla valorizzazione di questo patrimonio. Agli inizi degli anni '90, quando si iniziava appena a diffondere il valore della conversione in formato digitale di biblioteche, archivi e musei, l'ILC ha dato vita, primo in Italia, ad una serie di progetti, alcuni finanziati dalla Commissione Europea nell'ambito del III Programma Quadro, altri dal MIBAC e dal MIUR, tesi alla realizzazione di postazioni di lavoro

specializzate allo studio specialistico di documenti manoscritti antichi digitalizzati. Questi primi esperimenti hanno dato origine, successivamente, ad un nuovo settore di studi che oggi è noto col nome di "filologia computazionale" e "editoria critica dei documenti digitali di cultura". Il settore è rivolto principalmente a chi si occupa scientificamente di testi classici o medievali conservati su fonti manoscritte papiracee, pergamenee e cartacee, ma sono stati realizzati tools anche per favorire analisi di testi egizi in scrittura demotica, oltre che di testi antichi su epigrafi. Due momenti di particolare importanza hanno segnato questo specifico settore dell'ILC: il primo è rappresentato da un convegno internazionale finanziato dalla European Science Foundation, dalla Regione Toscana e dal CNRS di Parigi ("Digital Technologies and Philological Disciplines") nel 2003, che viene giudicata la data di nascita della filologia computazionale; il secondo è costituito dal progetto ERC Advanced Grant "Greek into Arabic", coordinato da un docente dell'Università di Pisa e del quale l'ILC è *associated partner*. La componente computazionale costituisce probabilmente la prima applicazione web mai realizzata per lo studio comparato di un testo filosofico greco antico e della sua traduzione araba del IX secolo d.C.

Fra i settori che al momento attuale sembrano proiettare l'ILC verso nuove frontiere di ricerca si devono senza dubbio citare quelli che collegano i modelli messi a punto dalla linguistica computazionale per descrivere, almeno da un punto di vista teorico, alcune funzioni del linguaggio umano (la morfologia, la sintassi, la semantica, ecc.) con schemi interpretativi tipici del cognitivismo e delle acquisizioni sempre più determinanti che emergono dagli studi di neurologia anche grazie alle moderne tecniche del *neuroimaging*.

Anche in linguistica computazionale come in altre discipline scientifiche, la simulazione effettuata con sistemi di intelligenza artificiale si è dimostrata molto utile a spiegare fenomeni molto complessi e che solitamente richiedono interventi diretti su chi è affetto da disturbi nel linguaggio. Si è notato, infatti, che la combinazione fra i risultati generati da modelli neurali artificiali e le evidenze ottenute sottoponendo persone affette da dislessia, disgrafia o autismo, consente di proporre protocolli terapeutici più efficaci alla riduzione o contenimento degli effetti negativi di tali fenomeni patologici che, evidentemente, aumentano se complicati da fattori di stress (ansia, depressione, ecc.). L'ILC, in questa prospettiva di for-

te sviluppo, ha favorito la costituzione di un laboratorio congiunto con l'Istituto di Fisiologia Clinica della stessa Area di ricerca di Pisa, con la Fondazione Stella Maris (al fine di eseguire sperimentazione con la nuova apparecchiature 7-TESLA) e con l'Università di Parma tramite il Dipartimento diretto da Rizolatti.

Considerando le difficoltà ormai croniche di tutti gli Enti di ricerca pubblici italiani che soffrono per mancanza di turn-over e che, quindi, hanno scarsissime o nulle possibilità di introdurre giovani ricerca-

tori in grado di mantenere elevato il livello scientifico, l'Istituto di Linguistica Computazionale ritiene che, mantenendo in un accettabile equilibrio il rapporto fra ricerche finalizzate, che sono quelle con maggiori possibilità di catturare finanziamenti esterni, e ricerche pure o di base, che sono quelle che garantiscono una qualità elevata nelle pubblicazioni scientifiche e che contribuiscono a spingere verso l'alto la valutazione dell'Istituto, sia possibile garantire ancora un futuro positivo nel lungo periodo.

[ab]

La matematica computazionale

L'Istituto di Matematica Computazionale (IMC) è stato costituito nel 1993 sulla traccia di un'attività avviata a Pisa negli anni 60 e consolidata negli anni 70, che ha portato ad ottenere notevoli risultati prima nel campo della risoluzione numerica di problemi di Ingegneria, di Fisica e di Chimica, e poi in Matematica Computazionale e Complessità Computazionale.

L'IMC ha consolidato e ampliato le attività in questi ambiti, approfondendo l'uso di strumenti matematici in informatica, ed inoltre avviando ricerche nelle applicazioni della matematica alla biologia e alle altre scienze sperimentali.

Fin dalla sua costituzione, l'IMC si è proposto di seguire lo sviluppo delle applicazioni della Matematica in campo industriale e di intervenire nelle attività di carattere strategico che il CNR intende avviare e che coinvolgono ricerche interdisciplinari tra la matematica e l'informatica.

Nell'area pisana, l'IMC è stato un punto di aggregazione per ricercatori che operano nei settori della Matematica Computazionale, della Complessità, dell'Algoritmica e più in generale della Scienza del Calcolo.

L'IMC ha contribuito alla formazione di giovani ricercatori nei campi di propria competenza e ha collaborato all'attività di formazione nei corsi di dottorato, di avviamento alla ricerca e nei corsi avanzati.

Il settore di continuità rispetto alle attività preesistenti è stato quello dell'Analisi Numerica, in particolare dell'Integrazione Numerica, Algebra Lineare Numerica e i problemi connessi con le matrici sparse. In questo ambito, furono attivate, negli anni '90, collaborazioni con B.N. Datta della Northern Illinois

University, DeKalb IL USA (algoritmi per problemi numerici in teoria dei controlli), con R. Bru e collaboratori della Universidad Politecnica di Valencia (primitive di algebra lineare su macchine universali) e con vari ricercatori dell'Università di Pisa e Parma (integrazione numerica).

Su queste attività classiche, sono poi state innestate le ricerche di complessità computazionale che hanno contraddistinto l'istituto negli anni 1998-2003, sulla Complessità di Funzioni Booleane, la Complessità della Comunicazione, il Checking di programmi e la Geometria Computazionale. Su queste tematiche, sono state sviluppate collaborazioni con P. Gemell dei Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (program checking) e J. Simon della University of Chicago (calcolo distribuito e complessità di funzioni booleane).

Nello stesso periodo, un nuovo campo di attività è stato quello del Calcolo Parallelo e Distribuito, dove si è operato su Modelli di Macchine Parallele, sulle tecniche per analizzare la Stabilità degli algoritmi Paralleli.

Nel settore del calcolo parallelo, sono state fondamentali le collaborazioni con I. Bar-On, Technion, Haifa, Israele (algoritmi paralleli in algebra lineare), con G. Bilardi, Università di Padova (fondamenti di calcolo parallelo, teoria delle macchine parallele, reti universali), con G. Cybenko, Dartmouth College, NH, USA, F. Preparata, Brown University, RI, USA (calcolo distribuito), e A. Segre, The University of Iowa, Iowa City, (algoritmi distribuiti per la predizione della struttura di proteine). Parte di questa attività venne finanziata da un progetto BRA ESPRIT.

[bc]

C'erano una volta le basi di dati

Il gruppo delle basi di dati si costituisce all'Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI) alla fine degli anni '70, per merito di Costantino Thanos, reduce da Toronto e portatore di una visione internazionale della ricerca molto prima che questa si affermasse in Italia. Al Computer Science Department dell'Università di Toronto, le basi di dati furono identificate come un settore importante dell'informatica, che si proponeva di ricercare metodi efficienti per rappresentare e gestire grossi volumi di informazioni digitali, quali quelli tipicamente trattati dalle applicazioni business e amministrative in generale. Questi dati venivano detti *formattati* per distinguerli dal testo, il cui trattamento automatico in quegli anni era oggetto di studio da parte di un altro settore dell'informatica, a cavallo tra la linguistica e l'*information retrieval*.

Le basi di dati recepiamo inizialmente i requisiti delle applicazioni di business, che avevano la necessità di gestire transazioni commerciali in modo da salvaguardare l'efficienza e l'integrità dei dati. Il Progetto finalizzato informatica, lanciato nello stesso periodo, dedicava risorse significative allo studio delle basi di dati, con unità operative che attaccavano diversi aspetti del problema, dalla modellistica (A. Albano, C. Batini, *dataid*) alla ingegnerizzazione, anche in ambito distribuito (C. Thanos, *datanet*).

Il reparto ha seguito l'evoluzione delle basi di dati per almeno un decennio, quando queste, recependo altri requisiti provenienti dal mondo della progettazione su larga scala (quali per esempio CAD/CAM), e associandosi a un analogo percorso culturale in ambito Artificial Intelligence e Linguaggi di Programmazione, si indirizzarono verso una cattura maggiore della semantica delle applicazioni e sfociarono nelle basi di dati a oggetti. Sulle basi di dati a oggetti il reparto ha dato un contributo significativo, collaborando con gruppi prestigiosi sia in Europa, con progetti di ricerca di base (FIDE) e di trasferimento (una valanga), che negli Stati Uniti (MCC).

Verso la metà degli anni '80, il reparto, sempre su idea di Costantino, comincia a guardare alle due aree limitrofe alle basi di dati: da un lato la rappresentazione della conoscenza, anche attraverso una collaborazione con il gruppo di Artificial Intelligence del Computer Science Department dell'Università di Toronto, guidato dal Prof. John Mylopoulos; e dall'altro l'*information retrieval*, sia tradizionale sia sull'informazione multimediale, che in quegli anni cominciava a essere trattata automaticamente, attraverso una collaborazione con il gruppo di Information Retrieval

del Computing Science Department dell'Università di Glasgow, guidato dal Prof. Keith van Rijsbergen.

Scaturivano da questi due filoni numerosi lavori di ricerca, che qualche volta si intrecciavano, qualche altra volta procedevano in maniera indipendente:

- Il filone della *knowledge representation* "pura" è tuttora attivo (U. Straccia), con alcuni lavori teorici e soprattutto con le ricerche sulle logiche fuzzy, che hanno portato un membro del reparto a contribuire agli standard del semantic web.
- Dal multimediale "puro" in quegli anni è iniziato un settore che prosegue tuttora, ed è quello della ricerca di strutture di memoria secondaria efficienti per il recupero delle immagini in base al contenuto (partendo dal progetto HERMES fino ad arrivare a VISITO Tuscany, l'ultimo nato di questo filone).
- Infine, dall'*information retrieval* "pura", affrontata con i metodi del *machine learning*, è scaturita un'altra costola del laboratorio (F. Sebastiani) che oggi opera con un suo gruppo di ricerca.

L'intreccio tra rappresentazione della conoscenza e *information retrieval* multimediale ha portato a risultati di rilievo, in particolare al lavoro sulla modellizzazione che ci ha portato sul Journal dell'ACM e poi sull'enciclopedia dei sistemi informativi.

Mentre tutto ciò accadeva, Costantino, verso la metà degli anni '90, ha dato inizio alle Biblioteche Digitali, seguendo un trend che si stava affermando negli Stati Uniti, sull'onda delle "information highways" e del web. Le Biblioteche digitali erano a cavallo tra varie discipline, prime fra tutte la computer e l'information science, quest'ultima definita come un settore interdisciplinare che si occupa dell'analisi, classificazione, manipolazione e discovery dell'informazione. L'information science trova la sua area applicativa nei sistemi informativi di biblioteche e negli archivi. Pur essendo una disciplina molto anteriore alla computer science, l'information science, almeno in Europa, è arrivata all'appuntamento cruciale con le digital libraries completamente sprovvista di strumenti, metodi, conoscenze, curricula. Le digital libraries pertanto, in Europa, sono nate come un settore applicativo della computer science.

La nascita e lo sviluppo iniziale delle digital libraries in Europa si deve alle iniziative di C. Thanos, che dopo aver creato gruppi che osservavano e iniziavano

a interagire con la controparte americana e con la rete di eccellenza DELOS, sanciva la formazione di una comunità scientifica europea sulle digital libraries. La rete di Eccellenza DELOS è stata finanziata dalla Commissione Europea in due successive edizioni, entrambe coordinate da Thanos, la seconda delle quali raccoglieva 58 gruppi di ricerca nei vari settori di influenza delle biblioteche digitali. Arrivavano nel frattempo molti progetti, e arrivava il contributo a Europeana. Questo filone è ancora attivo, ricordiamo solo che il CNR ha dato un contributo scientifico decisivo alla definizione del modello di Europeana: ospita attualmente gli EuropeanaLabs ed è l'unico partner italiano e l'unico partner di Computer Science nell'attuale progetto Europeana version 2.0. A Europeana l'ISTI ha anche contribuito con il progetto ASSETS, che ha portato a Europeana servizi sviluppati da 4 diversi gruppi dell'istituto, inseriti in due diversi laboratori.

L'IEI andava nel frattempo a formare l'ISTI insie-

me al CNUCE, e nasceva l'Area della Ricerca di Pisa.

Una parte del gruppo di digital libraries, guidata da Donatella Castelli, verso il 2004 ha iniziato a interessarsi di infrastrutture della ricerca (Research Infrastructures), avendo intuito le potenzialità di questo settore e avendo saputo cogliere le opportunità che le venivano offerte. Inizia così l'attività in un settore per noi nuovo, ma decisamente strategico. All'inizio la piattaforma di riferimento era naturalmente il Grid, mentre adesso, ovviamente ci si sta interessando al Cloud. Attraverso numerosi progetti, la maggior parte acquisiti presso l'Unità di Research Infrastructures, è stata costituita una solida base di conoscenze, mentre il laboratorio si dà supporto alla gestione di un ampio insieme di dati proveniente dai settori più disparati (dati del mare, ecc.). Questa attività ha posto il laboratorio in posizione strategica ideale per affrontare le sfide dei Big Data, percepiti al momento come un trend fondamentale.

[cm]

Da RPCNet a Internet

RPCNET

La storia dell'impegno degli istituti informatici di Pisa nelle reti può essere fatta risalire al quadriennio 1974-77. Già in precedenza a Pisa c'era chi faceva studi teorici o realizzazioni pratiche nel campo della trasmissione dati, ma quello fu il quadriennio del progetto "REte di ELaboratori" (REEL Project), dal quale nacque la "Reel Project Computer Network", meglio nota come RPCNET.

Come era avvenuto negli ultimi anni '50 per la Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), anche questa volta si puntava alla progettazione e alla realizzazione di un prototipo, non solo a scopo dimostrativo, ma anche con l'intento di mettere a disposizione della comunità scientifica un nuovo strumento. Così come al progetto CEP aveva partecipato l'Olivetti, il progetto REEL fu portato avanti dal CNUCE in cooperazione con il Centro Scientifico IBM di Pisa. Ci fu anche un contributo, sia pure più ridotto, di altri partecipanti: Università Statale di Torino, Centro Scientifico IBM di Venezia, CSATA di Bari. Il loro contributo fu particolarmente intenso durante la sperimentazione finale, eseguita su una rete che comprendeva gli elaboratori di ciascuno dei gruppi partecipanti.

Sul piano architetture, RPCNET non aveva niente da invidiare alle altre soluzioni che erano in via di sviluppo nello stesso periodo, come la rete ARPA, SNA (della IBM), DECNET (della Digital Equipment Corporation). Era una rete a commutazione di pacchetto, che adottava un modello a più livelli, analogo all'OSI. A livello applicativo c'erano il login remoto, l'invio di files o messaggi di posta, una specie di chat e un Network File System un po' rudimentale. C'era inoltre una libreria di API, con cui "chiunque" avrebbe potuto sviluppare nuove applicazioni. Alla IBM va riconosciuto il merito di aver lasciato piena libertà ai suoi dipendenti che partecipavano al progetto. Il prodotto finale, anche se per alcuni aspetti si ispirava a concetti di SNA, se ne differenziava radicalmente, rigettandone in blocco gli aspetti gerarchici. Se la SNA dei primi tempi era un'architettura pensata per permettere ad un vasto parco di terminali di comunicare con l'elaboratore centrale, RPCNET era una rete di elaboratori priva di distinzioni gerarchiche, accogliendo, da questo punto di vista, le idee di ARPA e DECNET. Addirittura, RPCNET usava un protocollo di routing dinamico, simile al RIP, adottando una soluzione opposta a quella dei percorsi predefiniti di SNA.

Pur trattandosi di un prototipo, dal 1978 al 1985 RPCNET fu la soluzione utilizzata nel CNR per "mettere in rete" i suoi centri elaboratori di Torino, Milano, Pisa, Firenze, Roma e Frascati. Furono inserite in rete anche due sedi extra-CNR: il laboratorio INFN di San Piero a Grado e il CED dell'Università di Palermo.

Fra tanti pregi, RPCNET aveva anche i suoi difetti, principalmente dovuti all'esiguità delle forze del gruppo che l'aveva realizzata. L'unica implementazione veramente funzionante fu quella per il sistema operativo VM, per cui il CNR poté adottarla solo nei centri di calcolo che usavano quel sistema. Per mettere un VM in RPCNET erano necessarie pesanti modifiche al sistema operativo e ad ogni nuova versione del sistema era necessario riscrivere varie parti del codice RPCNET. Strumenti di Network Management erano totalmente inesistenti e in caso di inconvenienti gli unici strumenti disponibili erano quelli per il *debug* forniti dal sistema operativo stesso. Per "risvegliare" le trasmissioni bloccate, talvolta era necessario modificare direttamente il valore di alcuni bit in memoria, rischiando, in caso di errori di digitazione, di far saltare l'intero sistema. Queste operazioni di "alta chirurgia" erano compito dal gruppo pisano ma, quando dovevano essere eseguite su un sistema remoto momentaneamente irraggiungibile, era necessarie lunghe interazioni telefoniche con i colleghi delle altre sedi.

Dall'esperienza di RPCNET discendono i gruppi pisani che svolgono ricerche sulle reti e quelli tuttora impegnati nella progettazione e nella gestione delle reti della ricerca. All'interno del CNR pisano, appartengono alla prima categoria i gruppi "Ubiquitous Internet" dello IIT e, nell'ISTI, quelli dell'area tematica "Networking Science and Technologies". Altri protagonisti o eredi dell'esperienza di RPCNET sono nel "Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione: Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni" dell'Università di Pisa. La presenza di persone che avevano partecipato al progetto RPCNET fu anche una delle ragioni che convinsero la società Tecsiel SpA ad aprire la sua sede più grande proprio a Pisa nella metà degli anni '80.

Analogamente all'esperienza gestionale di RPCNET va fatto risalire il ruolo che il CNR di Pisa ha successivamente avuto nello sviluppo delle reti di Università e Ricerca in Italia. La stessa presenza del registro ".it" all'interno dello IIT è una conseguenza indiretta di quelle antiche vicende.

La gestazione di Internet

Dunque, all'inizio degli anni '80 nel CNUCE si erano consolidati due gruppi: quello di chi studiava le reti (i "ricercatori") e quello di chi cercava di farle funzionare (i "gestori"). I primi concentrarono i loro studi sulle due principali architetture di rete non proprietarie: l'OSI, promosso da ISO e ITU e il TCP/IP, promosso dalla Defence Advanced Projects Research Agency (DARPA). Anche al CNUCE, come del resto in tutto il resto del mondo (compresi gli Stati Uniti), tutti erano convinti che le reti del futuro si sarebbero basate sull'OSI e che il TCP/IP era al più un simpatico esercizio. Grazie alla sua tradizione di pragmatismo, però, il CNUCE ebbe il buon senso di non unirsi al coro europeo dei demonizzatori del TCP/IP, ma di sfruttarlo laddove poteva essere utile. Per esempio, il TCP/IP fu usato nel progetto Stella, che all'inizio degli anni '80 mise a punto una soluzione per trasferire grandi quantità di dati via satellite fra il CERN e il laboratorio INFN di San Piero a Grado. Assai più importante, dal punto di vista delle ricadute a lungo termine, fu la decisione, presa nel 1981, di inviare a DARPA, tramite il nostro Ministero della Difesa, la richiesta di collegare il CNUCE e il CAMEN (Centro Applicazioni Militari dell'Energia Nucleare, oggi CISAM) alla rete allora denominata ARPANET e che ora conosciamo con il nome di Internet. Dopo un lunghissimo iter fra i meandri dei Ministeri/Dipartimenti della difesa sui due lati dell'Atlantico e dopo lunghe trattative con SIP, ASST e Telespazio, la richiesta portò finalmente i suoi frutti nel maggio 1986, quando il CNUCE diventò la prima sede italiana (la quarta europea) collegata a Internet.

EARN/BITNET

Nel frattempo, il gruppo dei "gestori" non era rimasto con le mani in mano. Nel 1983, grazie a finanziamenti IBM, era arrivata in Europa con il nome EARN (European Academic and Research Network) la rete nordamericana BITNET. Dal punto di vista tecnico EARN/BITNET era soluzione assai primitiva: una sola applicazione, nota col nome di "Network Job Entry", nativa sui sistemi IBM (VM e MVS). Il "Network Job Entry" permetteva ad un utente di un sistema collegato alla rete di inviare file agli utenti degli altri sistemi. La tecnica usata per trasferire i file dall'origine alla destinazione potrebbe essere definita a "commutazione di file": un sistema di transito, situato sul cammino dall'origine alla destinazione, prima riceveva per intero il file, salvandolo in memoria

non volatile, e poi lo inviava al sistema successivo. Due sistemi adiacenti erano collegati da un circuito dedicato, generalmente a 9.600 bps, sul quale veniva trasmesso un file alla volta. Il trasferimento di un file dall'origine alla destinazione richiedeva in genere tempi lunghi, ma aveva alte probabilità di successo, nettamente superiori a quelle ottenibili con le reti a commutazione di pacchetto dell'epoca, più sofisticate ma penalizzate dalla scarsa affidabilità dei circuiti e dei sistemi dell'epoca.

Il collegamento del CNUCE con EARN/BITNET avvenne nel 1984, in seguito all'attivazione di un circuito dedicato fra il sistema VM del CNUCE e il principale nodo europeo della rete, situato presso il Centro Scientifico IBM di Roma. Per un caso fortunato, l'applicazione "Network Job Entry" era una delle applicazioni disponibili su RPCNET, per cui, contemporaneamente al CNUCE, entrarono automaticamente in rete anche tutti gli altri nodi di RPCNET. Verso la fine degli anni '80 diventò possibile fare "Network Job Entry" attraverso la rete Internet, cosa che permise ad EARN/BITNET di sopravvivere fin verso la metà degli anni '90. Anche fuori del CNR, EARN/BITNET ebbe una discreta diffusione in Italia, tant'è vero che in poco tempo il numero delle sedi collegate superò il centinaio.

Con tutti i suoi limiti tecnici, EARN/BITNET ebbe il merito di far comprendere l'utilità delle comunicazioni via rete anche ai non specialisti: anche gli studiosi di discipline umanistiche scoprivano che la loro produttività aumentava se usavano la rete per scambiare idee e documenti con altri studiosi.

EARN/BITNET richiedeva un forte coordinamento, non solo di tipo tecnico, a livello internazionale. Alcune persone del CNUCE entrarono così nei comitati di coordinamento: accanto ai "ricercatori" e ai "gestori" delle reti, nascevano anche i "politici". Va precisato, comunque, che non ci fu mai una netta separazione fra le tre categorie, tant'è vero che la stessa persona molte volte partecipava alle attività di più di una categoria. Per tutto il periodo di vita della rete il CNUCE ne curò il coordinamento nazionale e rappresentò l'Italia nei comitati internazionali. Questo impegno "politico" del CNR continua tuttora, per esempio con la presenza di persone dello IIT in iniziative come ICANN, ISOC, IGF, CENTR.

HEPNET/SPAN

Più o meno nello stesso periodo in cui fu in auge EARN/BITNET, gli studiosi italiani potevano servirsi anche di un'altra rete internazionale, basata sull'architettura DECNET. A livello internazionale questa rete era nota come HEPNET/SPAN e serviva NASA, ESA e i fisici delle alte energie. Sul piano architeturale era pienamente allineata con le soluzioni più evolute del tempo: commutazione di pacchetto, una ricca gamma di applicazioni e, soprattutto, la possibilità di inserirsi perfettamente nelle LAN Ethernet. Di difetti, a parte quello di essere una soluzione proprietaria (difetto all'epoca comune a tutte le soluzioni veramente funzionanti), c'era il problema dello spazio di indirizzamento a 16 bit, già allora troppo piccolo per una rete globale: da questo punto di vista EARN/BITNET aveva possibilità di sviluppo assai maggiori, perché identificava i nodi con stringhe alfanumeriche di otto caratteri. L'INFN, che coordinava la parte italiana di HEPNET/SPAN, era tuttavia riuscito ad accaparrarsi un sedicesimo dell'intero spazio di indirizzamento: 4.096 dei 65.536 valori possibili. Ciò rese possibile in Italia ciò che fu impossibile negli altri paesi: la diffusione di HEPNET/SPAN anche fuori della comunità dei fisici. Col tempo, furono connessi a HEPNET/SPAN quasi tutti gli elaboratori della Digital Equipment Corporation presenti nelle università e negli enti di ricerca italiani. Perfino il CNUCE, tradizionale roccaforte IBM, dal 1987 ebbe i suoi nodi HEPNET/SPAN. In breve, nel 1987 nelle università e negli enti di ricerca italiani gli elaboratori IBM erano su EARN/BITNET e quelli DEC su HEPNET/SPAN. L'idea di usare altre reti internazionali era poco realistica; per motivi tecnici e politici, meglio spiegati nel seguito, un allargamento di Internet dal CNUCE al resto della comunità scientifica italiana era improponibile. Sui sistemi unix l'unica soluzione percorribile era quella di installare emulatori (il più delle volte difettosi), che permettessero di usare, magari con funzionalità ridotte, una delle due reti. Era tuttavia già in funzione un sistema nazionale di gateway di posta elettronica, grazie al quale lo scambio di mail avveniva senza problemi anche fra reti diverse.

Fu in questo contesto che nel 1987, fra CNR (rappresentato dal CNUCE), INFN, ENEA, CINECA, CILEA e CSATA iniziarono le trattative che portarono alla nascita del Gruppo Armonizzazione Reti della Ricerca (GARR) e della rete omonima, inaugurata ufficialmente nel 1991.

Il decollo di Internet

Nel 1986, con l'attivazione del collegamento Internet, il compito di occuparsi di ciò che riguardava il TCP/IP passò dal gruppo dei "ricercatori" a quello dei "gestori". Quasi tutti gli elaboratori del CNUCE ed anche qualche PC ebbero il loro indirizzo IP e furono messi in rete. Fra questi, anche il sistema VM con il nome `cnucevm.arpa` e l'indirizzo `192.12.192.2`. L'Internet italiana si allargò anche fuori dal CNUCE, ma mai fuori dall'isolato: vi vennero inseriti alcuni elaboratori dell'IEI e del Dipartimento di Fisica, ma poi l'espansione ebbe una pausa di circa un anno. C'erano difficoltà politiche: il controllo di Internet era ancora delle mani del Dipartimento della Difesa USA, che imponeva di tenere un registro di tutti gli individui a cui veniva permesso l'accesso a Internet. Altre difficoltà erano di ordine economico, perché i router avevano ancora costi proibitivi. C'erano infine seri problemi tecnici: i soli protocolli di routing disponibili erano l'EGP e il RIP, poco adatti a reti di grandi dimensioni; il DNS era già stato definito, ma era ancora assai poco usato e si preferiva copiare a mano su ogni computer il file "hosts.txt" con la lista di tutti gli host di Internet; non erano rari i blocchi totali della rete, dovuti ad alcune ingenuità nella definizione iniziale del protocollo TCP; la capacità dei circuiti dell'epoca (tipicamente 9.600 bps) penalizzava fortemente il TCP/IP, che utilizza i collegamenti non solo per lo scambio dei dati applicativi ma anche per molte funzioni di controllo; di tutte le applicazioni utilizzabili su una rete TCP/IP, le uniche veramente interessanti per gli utenti restavano il trasferimento dei file e la posta elettronica, disponibili, sia pure sotto altre forme, anche su EARN/BITNET: c'era in più il login remoto, ma erano assai pochi quelli che avevano bisogno di fare login su un sistema di là dall'Atlantico. In aggiunta a queste difficoltà, il problema più serio era rappresentato dalle scarse prestazioni del collegamento intercontinentale: una banda satellitare da 64 Kbps condivisa fra

sette stazioni terrestri.

Fortunatamente, i cambiamenti successivi furono abbastanza rapidi. Già nel 1987 furono stabiliti chiari confini fra la porzione di rete di competenza del Dipartimento della Difesa (la cosiddetta "Milnet") e il resto di Internet, cosa che liberò la rete dai condizionamenti dei militari. Fu allora che cadde in disuso il nome ARPANET a vantaggio di quello, più corretto, di Internet. Alla fine dell'anno la responsabilità del dominio ".it" fu assegnata al CNUCE. Nello stesso tempo comparvero sul mercato i primi router dai costi abbordabili: i primi tre router Cisco venduti in Italia furono acquistati da CNUCE, DIST di Genova e Politecnico di Torino. Un vero passo in avanti avvenne nel 1989, quando l'IBM finanziò un collegamento a 1,5 Mbps fra il CERN e la Cornell University: a quella data erano già funzionanti i collegamenti GARR a 2 Mbps fra CERN e Bologna e fra Bologna e Pisa; parte della banda su quei collegamenti fu dedicata al TCP/IP, che finalmente cessava di essere una semplice curiosità ma diventava un vero e proprio strumento di lavoro. Da allora il gruppo dei "gestori" si dedicò intensamente alla diffusione della cultura IP ed alla evoluzione della rete nella comunità scientifica italiana. Questo compito è svolto tuttora dal gruppo "Reti" dello IIT (ciò che resta del vecchio gruppo dei "gestori" del CNUCE), per esempio con la promozione del protocollo IPv6.

Infine, nel 1991, il CNR decideva di usare il solo protocollo TCP/IP sulla sua rete. La decisione fu resa operativa nel corso dell'anno successivo, proprio nel periodo in cui il web cominciava a prendere piede anche fuori dal CERN.

Per chiudere, una domanda: con i sistemi odierni di finanziamento e valutazione della ricerca, quali probabilità avrebbe di essere approvato un progetto come RPCNET? Probabilmente nessuna, eppure le ricadute positive di quell'iniziativa degli anni '70 sono ancora davanti ai nostri occhi.

[ms]

Pietro Grossi, pioniere dell'Informatica Musicale a Pisa

In una sera di primavera del 1970 davanti ad una oceanica platea che occupava una delle due grandi aule del Biennio di Ingegneria dell'Università di Pisa, il Maestro Pietro Grossi raccontava dell'esistenza di una nuova disciplina artistico/tecnologica attraverso l'ascolto guidato di significativi e suggestivi esempi registrati su nastro magnetico relativi a sonorità

musicali generate mediante l'uso di un calcolatore. Si trattava della presentazione ufficiale al mondo accademico pisano della Computer Music, ultima frontiera della storia della Musica, sul doppio binario dell'evoluzione degli strumenti musicali e dei linguaggi espressivi.

Tra le Arti, la Musica è infatti quella che mag-

giormente vede legata la sua storia alla storia del pensiero scientifico e della tecnologia: la Musica soprattutto si fa con gli strumenti musicali che, proprio perché *arnesi meccanici*, nelle loro fattezze, nei principi funzionali e nelle modalità d'uso sono il risultato del complesso di conoscenze del periodo storico che li ha generati. La storia della musica è anche la storia degli strumenti musicali. E decisivo in questo è stato l'apporto della matematica in relazione alla scelta delle note musicali dal continuum frequenziale percepibile dall'orecchio umano, inizialmente operata con rapporti di numeri interi (scala pitagorica) e più recentemente, dopo l'introduzione del concetto di logaritmo (Nepero, 1615), del temperamento equabile, base di tutta la musica occidentale a partire da Bach. La musica elettro-acustica nasce con l'elettronica stessa nel momento in cui ci si accorge che i dispositivi elettronici (altoparlante, circuiti oscillanti, filtri, etc...) nati allo scopo di riprodurre a distanza e nel tempo voce e musica, potevano essi stessi essere usati come generatori di originali sonorità. Negli anni '60 la musica elettronica diventa musica informatica (o computer music).

In Italia l'interesse per l'impiego del calcolatore nel campo musicale si sviluppa concretamente a cavallo degli anni 60-70 sotto la spinta di iniziative personali. I nuovi metodi di lavoro furono subito sperimentati e condivisi dal Maestro Pietro Grossi con promettenti obiettivi intravisti e perseguiti efficacemente a Pisa dove si erano costituiti i primi importanti centri scientifici per il calcolo elettronico: il CSCE (Centro Studi sulla Calcolatrice Elettroniche) che aveva progettato e realizzato la Calcolatrice Elettronica Pisana CEP, e il CNUCE (Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico).

Pietro Grossi (Venezia, 1917 – Firenze, 2002) diplomato in violoncello, entra giovanissimo come violoncello nell'orchestra del Maggio Musicale Fiorentino. Docente di violoncello presso il Conservatorio Cherubini di Firenze, inizia la ricerca e la sperimentazione nel campo della musica elettroacustica. Nel 1963 fonda lo Studio di Fonologia Musicale progettando e facendo costruire un apparato di sintesi ed elaborazione del suono basato sull'elettronica analogica valvolare. Subito dopo ottiene l'istituzione della prima Cattedra di Musica Elettronica presso lo stesso Conservatorio di Firenze. Nel 1966 è all'Indiana University di Bloomington dove viene a conoscenza delle prime esperienze dell'uso del computer nel settore della musica elettronica. Verso la fine degli anni cinquanta, infatti, presso i Laboratori Bell di

Murray Hill, New Jersey, venivano svolte attività di ricerca rivolte all'applicazione di metodologie e tecnologie digitali al settore della telefonia pubblica per soddisfare la domanda di un'utenza in crescita numerica vertiginosa che i tradizionali sistemi di commutazione elettro-meccanica a rotore non erano più in grado di supportare. Il trattamento del suono vocale in formato digitale aveva infatti suggerito anche l'idea di riprodurre le funzionalità di un sintetizzatore musicale analogico per mezzo di procedure scritte in un linguaggio di programmazione. E fu proprio anche con suoni sintetici preparati presso i Bell Labs che Pietro Grossi aveva animato quella storica serata al Biennio di Ingegneria.

Tornato in Italia, Pietro Grossi si era presentato a Guido Torrigiani, Direttore del neo-nato Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico, chiedendo ospitalità presso il centro per eseguire ricerche sulla musica con l'uso del computer. Guido Torrigiani, personalità scientifica di rilievo e di grande cultura anche musicale ed umanistica (ero solito nella normale conversazione citare i classici rigorosamente in latino ed in greco) accettò immediatamente con grande entusiasmo la proposta di Grossi mettendo a disposizione tecnici ed operatori della Sala Macchine del Centro di Calcolo. Grossi apprese da subito l'arte della programmazione algoritmica *sforando* letteralmente pagine e pagine di tabulati di codice in linguaggio FORTRAN che si andavano via via configurando in veri e propri linguaggi musicali di composizione e di esecuzione musicale: il PLAY1800, operante su calcolatore IBM1800 che si avvaleva del calcolatore di processo System-7 per la generazione sonora, e il DCMP (Digital Computer Music Program) operante sulle architetture IBM 360-370.

Entrambi i linguaggi consistevano di due componenti principali: quella di generazione sonora a micro-livello e quella compositiva a macro-livello. Vale la pena ricordarne le funzionalità essenziali perché testimoni e frutto di una precisa scelta della filosofia operativa di Grossi, scelta che determinò anche il corso dell'attività di ricerca degli anni successivi e che vide il coinvolgimento dell'altro centro di ricerca, l'Istituto di Elaborazione dell'Informazione, nelle figure di Gianfranco Capriz e Franco Denoth.

Si tratta di questo. Le esperienze che Grossi aveva conosciuto negli Stati Uniti, focalizzavano l'attenzione sull'aspetto timbrico della musica e cioè relativo alla complessità delle forme d'onda del segnale. Le potenze di calcolo dei computer degli anni '60 erano tuttavia troppo basse per produrre suoni com-

plexi in tempo-reale perché, anche accontentandosi di una banda audio di 10Khz come è quella della radio in FM, la generazione dei campioni del segnale digitale richiede (come recita il teorema di Shannon/Nyquist) una frequenza di campionamento di 20-25 mila campioni al secondo. Questo significa che un singolo valore del segnale audio deve essere calcolato (mentre il precedente viene convertito in analogico) in circa 40 microsecondi che per i calcolatori dell'epoca corrispondeva a qualche decina di istruzioni macchina del tutto insufficienti per il calcolo di una forma d'onda complessa e men che mai di più forme d'onda relative a più strumenti diversi e simultanei. La soluzione al problema consisteva allora nel generare il segnale complesso e completo relativo a un brano musicale in una quantità di tempo molto superiore alla durata effettiva del brano stesso, accumulando su una memoria di massa (nastri magnetici) i singoli campioni via via calcolati che in un secondo momento venivano rilette alla giusta frequenza di campionamento e senza interruzioni. Si trattava della modalità operativa cosiddetta del *tempo differito*.

Ma Pietro Grossi, fin dalle prime esperienze nell'uso dei calcolatori aveva fatto la scelta del *tempo reale*. Era solito dire: "voglio sentire musica un attimo dopo avere premuto il tasto RETURN!". ...e poco importava quale fosse la qualità timbrica del risultato sonoro. Il linguaggio PLAY1800 sviluppato per il sistema IBM1800 (con una memoria RAM di appena 10K) generava suono attraverso il Sistema7 equipaggiato di un convertitore Digitale/Analogico appositamente realizzato presso il CNUCE. Era possibile definire una forma d'onda che veniva letta con frequenza di campionamento fissa e passo di scansione variabile proporzionale alla frequenza voluta con il risultato di una sola voce con timbrica a spettro statico. Il sistema IBM1800 venne poi trasferito all'INFN di S. Piero a Grado (Pisa) e per Grossi cominciò (erano i primi anni '70) una nuova fase di progettualità da affrontare sul sistema IBM360/30 e poi sui mainframe IBM360/67 e IBM370/168. Tutte le funzionalità del PLAY1800 furono recuperate (proprio perché scritte in FORTRAN) ed estese per realizzare il DCMP, Digital Computer Music Program.

Nella nuova situazione la generazione del suono avveniva tramite la transizione 0-1 del bit 0 di un registro della CPU con la tipica timbrica della risultante onda quadra edulcorata alla buona con un filtro analogico passa basso: giocando sui tempi di

ritardo della transizione si ottenevano tutte le frequenze volute. Il sistema 360/30 era mono-utente e quindi, una volta "prenotato", Grossi lo usava per la sua attività di ricerca e di produzione musicale. Ma quando si trattò di passare al sistema 360/67 e successivamente al 370/168 che servivano in time-sharing contemporaneamente più di 100 utenti collegati per mezzo di terminali remoti, succedeva che tutta l'attività della sala macchine del CNUCE si fermava affinché la transizione di quel solo bit di quel solo registro della CPU potesse operare senza interruzioni assicurando così la corretta esecuzione musicale. Ovviamente il tutto avveniva concordando orari e giorni sufficientemente poco affollati dalla normale utenza del personale del CNUCE stesso e della "rete" delle sedi universitarie della città che nel frattempo si era creata.

Tutto questo in relazione al micro-livello di generazione sonora di cui si erano occupati i sistemisti ed i programmatori del CNUCE che, con affettuoso rispetto, avevano anche dato a Grossi il nomignolo di "Piripò" onomatopeico della timbrica tipica dell'onda quadra che pervadeva la sala macchine durante quei momenti in cui tutto il centro di calcolo era "monopolizzato" dal Maestro.

Utilizzando questi drivers (si direbbe oggi) essenziali alla generazione sonora, Grossi aveva sviluppato in maniera del tutto autonoma il PLAY1800 e il più recente ed evoluto DCMP che era in grado di accettare trascrizioni di partiture musicali con una codifica testuale alfanumerica delle note del pentagramma nelle sue informazioni primarie di altezza e durata. Gli autori della tradizione presi in considerazione furono principalmente Bach e Scarlatti e le esecuzioni di quelle musiche generate con il 360/67 ed il 370/168 furono il materiale per realizzare un disco di vinile LP prodotto dallo stesso Istituto CNUCE.

Ma dove il DCMP esprimeva appieno le idee innovative di Grossi, era nella parte di generazione automatica mediante l'esecuzione di procedure FORTRAN che lui stesso concepiva e sviluppava in modo del tutto originale in grado di produrre e combinare insiemi numerici nelle più fantasiose modalità algoritmiche che solo alla fine del processo prendevano significato acustico/musicale con la "chiamata" alla routine di generazione sonora ottenuta con la transizione 0-1 di quel bit. In questo modo operativo, alla figura tradizionale di compositore di musica, Grossi aveva sostituito quella di *compositore di algoritmi* che componevano musica. Abolite le regole di composi-

zione dell'armonia classica con un solo colpo di spugna, la composizione musicale algoritmica era ora in grado di generare senza sosta sequenze di eventi sonori che avevano tra loro solo e soltanto relazioni aritmetiche e geometriche del tutto nuove e del tutto impossibili anche soltanto ad essere immaginate e ad essere eseguite con lo strumentario musicale della tradizione. Era come essere passati dalla tradizionale pittura fatta di paesaggi e figure umane riconoscibili, alle mille e mille combinazioni delle forme geometriche degli arabeschi. Ogni algoritmo generativo era una sorta di caleidoscopio musicale che produceva tessiture melodiche e ritmiche completamente avulse da ogni riferimento melodico, armonico e ritmico della musica della tradizione. Una nuova avanguardia! Un vero balzo in avanti nell'evoluzione della musica che ben si collocava nei canoni della recente Arte Concettuale del settore delle arti visive dove *[wikipedia]* si rifiuta di identificare il lavoro dell'artista con la produzione di un qualsiasi oggetto di più o meno rilevante qualità estetica e ritiene che l'essenza dell'arte sia invece nell'idea, nel concetto che precede e conforma l'opera. Si trattava anche e soprattutto di un vero valore aggiunto che solo l'uso del computer consentiva nell'esplorazione di nuovi territori espressivi artistici sia dal punto di vista della "progettualità" compositiva sia dal punto di vista esecutivo che nessun virtuoso di un qualsiasi strumento musicale della tradizione sarebbe stato mai in grado di sostenere.

Tempo reale e automazione dei processi creativi erano dunque i due pilastri su cui si fondava la filosofia operativa dell'informatica musicale di Pietro Grossi. *Sound Life, Unending music* erano i titoli di quelle composizioni di cui Grossi era il meta-compositore. Con le registrazioni su disco e su nastro magnetico di quelle musiche e a volte anche dal vivo in collegamento remoto con il CNUCE, Pietro Grossi tenne molte conferenze e dimostrazioni; non mancarono citazioni e articoli sulle pagine culturali dei maggiori quotidiani nazionali ed in trasmissioni radiofoniche e televisive. Insomma, grandi risultati personali e occasioni di grande visibilità per lo stesso CNUCE che nel frattempo era diventato Istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Furono quelli gli eventi che dettero la spinta alla successiva fase evolutiva della ricerca di Grossi e che si tradusse nella sostanza nel coinvolgimento dell'IEI per la progettazione e la realizzazione di un sintetizzatore di suoni che fosse in grado di generare più voci simultanee con timbrica definibile a programma: il Terminale Audio TAU2.

L'Istituto di Elaborazione dell'Informazione era

diventato Istituto del CNR come evoluzione del precedente CSCE che aveva dato vita negli anni '50 alla CEP; nell'istituto erano perciò presenti tutte le competenze ed i laboratori per poter progettare e realizzare apparati elettronici in virtù della reale struttura ancora esistente costituita da fisici, matematici, ingegneri, programmatori e montatori che erano in grado di progettare l'elettronica analogica e digitale necessaria, fino allo sbroglio e alla realizzazione fisica dei circuiti stampati, al montaggio dei componenti e all'assemblaggio finale. Figure chiave per l'operazione furono il Direttore dell'IEI Gianfranco Capriz e Franco Denoth che aveva maturato competenze di tecniche digitali-analogiche nell'ambito di ricerche d'avanguardia nel settore biomedico. A Franco Denoth fu affidata la responsabilità del progetto e della realizzazione pratica con un gruppo di lavoro formato essenzialmente da Graziano Bertini, Massimo Chimenti e Luigi Dall'Antonia. L'attività che portò alla realizzazione del TAU2 si svolse tra il 1970 e 1975.

Dopo una prima realizzazione di quello che veniva chiamato "Terminale Audio" come voleva la terminologia dell'epoca per cui ogni periferica di calcolatore era un "terminale" e che servì essenzialmente per chiarirsi le idee tra quello che si poteva fare con la tecnologia del momento e le richieste operative più propriamente musicali di Grossi, si passò alla progettazione e alla realizzazione del TAU2, un'apparecchiatura ibrida e cioè digitale nel controllo e nella comunicazione con il mainframe IBM370/168 e analogica nella sintesi audio. Il TAU2 era un'apparecchiatura di sintesi audio polifonica e politimbrica in grado di produrre simultaneamente 12 suoni (o voci musicali) con timbrica basata sul modello di sintesi armonica altrimenti detta "di Fourier" per analogia con il ben noto teorema. Si trattava perciò di uno speciale terminale collegato come una qualunque altra periferica all'IBM370 che tramite opportuna programmazione di canale sviluppata da esperti del Centro Scientifico IBM, all'epoca "dirimpettaio" del CNUCE in via Santa Maria, poteva essere usata assieme al normale lavoro del sistema time-sharing e finalmente senza interrompere l'attività dell'utenza remota del CNUCE.

Nella seconda metà degli anni '70 il Maestro Grossi promosse all'interno del CNUCE l'istituzione della Divisione Musicologica di cui fecero parte Mario Milani, Silvio Farese e due giovani borsisti CNR: Tommaso Bolognesi e io stesso, Leonello Tarabella. Per la gestione del TAU2 si procedette alla stesura di un nuovo software di gestione che prendeva le mos-

se dal già collaudato DCOMP che veniva ora ampliato per il trattamento di brani musicali polifonici: il TAUMUS. In special modo Bolognesi e io ci occupammo di contribuire all'aspetto più vicino alla tematica cara a Grossi dell'automazione dei processi creativi sviluppando nuove funzionalità basate sui processi stocastici delle Catene di Markov e dei frattali di Mandelbrot. Fu anche istituito un corso di "Applicazioni musicali" come parte del normale calendario corsi sulle tecniche di programmazione che il CNUCE offriva, il cui svolgimento era di solito affidato a noi "giovani reclute" (Bolognesi e me).

La presenza del TAU2 significò anche l'intensificarsi di quell'attività divulgativa attraverso seminari e dimostrazioni remote già iniziata negli anni precedenti con il linguaggio DCOMP; questo significò anche un grosso impegno per l'arricchimento del linguaggio di gestione TAUMUS in termini di funzionalità per l'automazione dei processi creativi cui tutti partecipammo in forze e soprattutto per l'arricchimento dell'archivio di brani di autori classici: Paganini (Capricci), Stravinsky (Sagra della Primavera), Handel (WaterMusic), Bach (Clavicembalo ben temperato, L'arte della fuga, Offerta musicale, etc...), Scott Joplin ed altri, utilizzati per l'edizione di molti altri dischi LP a cura del CNUCE.

Per una decina d'anni a cavallo fra gli anni '70 e '80, furono molte le occasioni di dimostrazioni remote nelle più disparate occasioni congressuali o eventi di arte contemporanea, in conservatori italiani ed anche all'estero. Per le realizzazioni di questi interventi veniva sempre coinvolta la SIP per l'installazione di una linea telefonica dedicata per quello che riguardava il collegamento del terminale TTY con il sistema IBM370 e la RAI per quello che riguardava il segnale audio tramite un ponte radio che tecnici della RAI approntavano posizionando un'antenna parabolica nel cortile dell'IEI puntata sui ripetitori del Monte Serra ed una seconda antenna parabolica nei pressi del luogo della manifestazione puntata sul più vicino ripetitore Radio-TV della RAI stessa. Un altro esperimento ufficiale del servizio che Grossi definiva

"telematica musicale" fu effettuato nel giugno 1985 durante la manifestazione "La luce a Venezia" dove la stazione remota locale al luogo della manifestazione — che io stesso realizzai — era costituita da un Commodore64 usato sia come terminale TTY remoto del sistema IBM370 dove era attivo il TAUMUS, sia come esecutore sonoro utilizzando il sintetizzatore SID interno al Commodore stesso.

Quelle esperienze e l'osservazione attenta di quello che stava maturando anche all'interno dell'attività di ricerca del CNUCE sulle reti di dati, facevano dire a Grossi con lucida lungimiranza che "un giorno la musica transiterà sulle reti e sarà possibile scambiarsi e scaricare musica da grosse banche dati" ... quello che in effetti è poi accaduto con la musica on-demand e il cloud.

Alla fine degli anni '80 il TAU2, che fino ad allora era stato mantenuto in perfetta efficienza da Graziano Bertini, fu dismesso dal servizio e musealizzato, dapprima al Conservatorio di Firenze e poi definitivamente presso il Museo degli Strumenti di Calcolo nell'Area dei Vecchi Macelli a Pisa.

Con la comparsa sulla scena dei computer personal, il Maestro Pietro Grossi iniziò una nuova avventura creativa rivolta questa volta alla grafica riversando su questo nuovo fronte artistico tutte quelle competenze e tutta l'esperienza maturata negli anni nello sviluppo di programmi di meta-composizione algoritmica verso quella che egli definì la HOMEART.

Ho potuto scrivere queste pagine sulla figura e sull'avventura creativa di Pietro Grossi avendo vissuto in prima persona ogni sua fase a partire dal 1970, in molte delle quali partecipando anche in maniera diretta ed operativa. Grazie all'originale e coraggiosa iniziativa di Pietro Grossi in quei pionieristici momenti, ho potuto in seguito sviluppare, come attività di ricerca all'interno del CNUCE e dell'ISTI, nuove tematiche dell'informatica musicale che l'evoluzione della tecnologia via via consentiva e stimolava a perseguire ... ma questa è un'altra storia.

[It]

Computer Graphics

Le attività nel settore della computer graphics tridimensionale iniziarono all'IEI verso la fine degli anni '70 con lo sviluppo dei primi algoritmi per la generazione di mappe tematiche di un territorio e per la rappresentazione e modellazione di dati ter-

ritoriali. L'attività di ricerca si sviluppò nell'ambito del Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" promosso e gestito dal CNR.

I primi anni Ottanta videro il consolidarsi della disciplina Computer Graphics ed il suo passare da

pura tecnologia di servizio ad una caratterizzazione scientifica autonoma. In tale contesto di sviluppo, in cui il motore era sicuramente statunitense, il CNR si distinse con i primi nuclei di laboratori attivi sul tema in Italia, nuclei inizialmente insediatisi a Genova e Pisa. Il CNR assunse quindi un ruolo nettamente pionieristico in un contesto in cui la disciplina stentava ad essere riconosciuta a livello universitario.

Nella seconda metà degli anni '80, evento anticipatore della fusione che sarebbe avvenuta tra IEI e CNUCE solo molti anni dopo, si formò il gruppo di ricerca *Visual Computing Lab* che riuniva la componente computer graphics di IEI e quella dell'Istituto CNUCE. Il Visual Computing Lab trovò un terreno molto fertile di lavoro in un settore, le metodologie e tecnologie per la visualizzazione scientifica, che visse una vera e propria stagione d'oro verso la fine degli anni '80. Erano gli anni in cui, da un lato venivano introdotti, sia nel settore medicale che scientifico, strumenti di indagine che producevano risultati in forma di immagini (2D e 3D, questi ultimi detti dati volumetrici) mentre, dall'altro, iniziava ad emergere con forza il settore della simulazione al computer, i cui risultati richiedevano nuovi strumenti di integrazione e di analisi dei risultati, molto spesso direttamente collegabili a concetti o strutture visualizzabili in 2D o in 3D.

In tale fertile contesto, il Visual Computing Lab si guadagnò una buona visibilità internazionale mediante lo sviluppo di nuove metodologie di rappresentazione di dati volumetrici e di nuovi algoritmi per la loro visualizzazione efficiente e flessibile. Il campo di applicazione principale di questi primi risultati fu la gestione di dati da sistemi di tomografia (ad esempio TAC o RMN medicali) o di dati da simulazioni (ad esempio fluidodinamica).

Essendo la computer graphics una disciplina nuova e priva di una scuola consolidata a livello nazionale, la fase di creazione di un gruppo che aspirava a divenire un punto di riferimento nazionale ed internazionale fu una azione complessa e rischiosa. I primi anni del laboratorio furono caratterizzati da grossa difficoltà di reperimento di finanziamenti. Tale problematica era aggravata dal fatto che la computer graphics in quegli anni era una disciplina costosa in quanto le strumentazioni di calcolo avevano prezzi proibitivi; questa difficoltà diede tuttavia grossi stimoli, anche di tipo scientifico, orientando la ricerca a percorrere strade che andassero verso una ottimizzazione delle risorse da dedicare al processing grafico ed alla ricerca di soluzioni innovative

caratterizzate da bassa complessità computazionale e basso costo.

A metà degli anni '90 una serie di lavori scientifici relativi alla tematica della semplificazione geometrica ed alla gestione di tecniche multi-risoluzione assicurarono al laboratorio Visual Computing ottima visibilità internazionale; tali soluzioni furono di fatto figlie di un trend orientato alla riduzione della complessità ed al rendere possibili prestazioni interattive su dataset anche di grande dimensione, appoggiandosi nello stesso tempo a piattaforme economiche di calcolo.

Il laboratorio Visual Computing, dovendo far di necessità virtù, fu tra i primi a livello internazionale a passare dalle workstation UNIX dedicate alla grafica 3D alla piattaforma PC Windows. Fu quindi tra i pionieri di un trend che doveva dimostrarsi vincente grazie all'impressionante aumento di potenza di calcolo delle GPU per piattaforma PC cui si è assistito nel corso dell'ultimo decennio, accompagnato da una altrettanto significativa riduzione dei costi. Le applicazioni operative a metà degli anni '90 su workstation del costo di circa 100KEuro sono oggi alla portata di un qualsiasi tablet o smartphone. È ovvio l'impatto che ciò ha avuto sulla democratizzazione delle tecnologie e sull'impiego del medium tridimensionale nelle applicazioni.

È importante sottolineare come una scommessa vinta dal gruppo sia stata anche quella di privilegiare l'acquisizione di risorse umane piuttosto che di strumentazione tecnologica: da sempre l'aggiornamento tecnologico — prima workstation e successivamente sistemi di scansione 3D — ha avuto priorità più bassa della possibilità di offrire borse o contratti a termine ai tanti giovani che hanno partecipato con entusiasmo e dedizione alle attività di ricerca del laboratorio. La collaborazione con tanti di questi eccellenti giovani è stato il motore che ha portato ai risultati scientifici ed alla visibilità odierna.

Tornando ai risultati scientifici, le attività del laboratorio sono state caratterizzate da una progressiva evoluzione delle tematiche di ricerca, che ha seguito sia i trend internazionali che gli specifici interessi personali. Dopo un primo periodo orientato alla visualizzazione scientifica e un secondo alla gestione della complessità dei dati, gli ultimi quindici anni hanno visto una progressiva focalizzazione sulle tecniche di digitalizzazione 3D (anche nota come 3D scanning). In tale contesto il laboratorio ha sviluppato soluzioni algoritmiche innovative per la gestione ed elaborazione dei dati prodotti dai sistemi di

scansione 3D, includendo in ciò tutte le fasi algoritmiche del processo di elaborazione geometrica, ma anche la gestione del processo di campionamento delle caratteristiche di riflessione delle superfici (in parole povere, il colore degli oggetti scannerizzati) e le tecniche necessarie a garantire una buona mappatura del colore o decoro pittorico sui modelli digitali 3D prodotti.

Già dalla fine degli anni '90 il settore delle applicazioni ai Beni Culturali fu quello prescelto come settore prioritario di intervento per le tecnologie di scansione 3D. Le tecnologie sviluppate dal Laboratorio Visual Computing hanno in gran parte una ampia orizzontalità di potenziale applicazione. Ma le applicazioni al patrimonio culturale racchiudono al loro interno una molteplicità di requisiti e una complessità tale da rendere questo contesto ideale ad attività di sperimentazione, validazione e disseminazione delle tecnologie sviluppate.

Inoltre è sempre più evidente come il settore dei Beni Culturali stia mutuando metodologie e pratiche dallo spazio della scienza e della tecnologia. L'evoluzione è trainata dalle rivoluzioni del *remote sensing* in archeologia, delle tecniche non invasive nel restauro e nella archeologia, delle tecnologie di scansione 3D, delle tecnologie di documentazione integrata multimediale per lo studio e la caratterizzazione dell'opera d'arte, delle tecnologie di presentazione virtuale sia nei musei che su web. Tutte queste tecnologie stanno cambiando radicalmente le modalità di studio, di analisi e di presentazione al pubblico. In questo contesto di evoluzione epocale il Laboratorio Visual

Computing sta contribuendo in modo sostanziale, sviluppando tecnologie, mettendole a disposizione del pubblico e degli operatori — il sistema *MeshLab* distribuito liberamente o in open source, totalizza svariate migliaia di utenti nel mondo — ed infine collaborando con gli operatori del settore Beni Culturali in specifici progetti di ricerca e di applicazione, come ad esempio nel settore del restauro assistito al computer. In tale contesto da anni l'obiettivo del laboratorio è di consolidare il settore della grafica 3D non come mero produttore di *belle immagini*, da usare come riempitivo allettante per documenti o monografie, bensì come fornitore di *strumenti digitali* che possano espandere le possibilità di analisi dell'operatore — storico dell'arte, archeologo, restauratore, curatore — e generare suo tramite nuova conoscenza.

Rispetto al paio di ricercatori dei primi anni '80, oggi il Visual Computing Lab conta oltre 20 ricercatori e numerose linee di ricerca riconducibili a tre temi principali:

- **Interactive Graphics:** metodologie per il rendering interattivo e fotorealistico, modelli e metodi per grafica 3D su web e su piattaforme mobile;
- **3D graphics for Cultural Heritage:** metodologie di scansione 3D, applicazioni ai Beni Culturali e di ausilio al restauro;
- **Geometric Processing:** metodologie di gestione evoluta di modelli geometrici, shape-based reasoning, shape characterization.

[rs]

Calcolo vettoriale e parallelo

Il gruppo Calcolo Parallelo, primo embrione dell'attuale *High Performance Computing Laboratory*, si costituisce per merito di Domenico Laforenza a metà degli anni 80 con la partecipazione dell'Istituto CNUCE al progetto strategico CNR *Calcolo Parallelo*. In quegli anni la ricerca internazionale nel settore del calcolo parallelo vive una stagione di entusiasmo e cambiamento. I progressi della tecnologia VLSI da una parte, e iniziative americane quali il *Caltech Concurrent Computation Program* diretto da Geoffrey Fox per la realizzazione di architetture parallele distribuite per la Cromodinamica quantistica, e *ParaScope* di *Rice University* per gli strumenti assistiti per la programmazione parallela di codici scientifici, stimolano il progresso della ricerca e gli investimenti nella

tecnologia. È in questo periodo che vengono alla luce i più importanti sistemi altamente paralleli quali Intel iPSC, nCUBE, Meiko CS, Connection Machine, e successivamente Cray T3D/T3E.

In questa realtà internazionale il gruppo Calcolo Parallelo conduce le prime esperienze di progettazione di software parallelo con i sistemi di calcolo installati al CNUCE: un mainframe vettoriale e parallelo IBM 390/VF e una manciata di processori di tipo *Transputer* della INMOS. Contemporaneamente consolida la sua presenza a livello nazionale con la partecipazione al progetto finalizzato del CNR *Sistemi informatici e Calcolo Parallelo*. La ricerca ha inizialmente una connotazione applicativa con la collaborazione con gruppi di ricerca quali il Dipartimento di

Chimica dell'Università di Perugia e la Scuola Normale Superiore di Pisa. La cooperazione tra esperti di modelli e algoritmi paralleli da una parte, e di metodi numerici e computazionali dall'altra, permette lo sviluppo di codici di simulazione scalabili e veloci. Le esperienze svolte permettono di definire approcci metodologici e modellistici innovativi che vengono pubblicati a livello internazionale anche in collaborazione con il gruppo del Prof. Marco Vanneschi del Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa.

L'attività di supporto svolta dal gruppo Calcolo Parallelo nel progetto finalizzato incrementa la sensibilità e la conoscenza della comunità tecnico-scientifica nazionale sul calcolo scientifico ad alte prestazioni. Risultati significativi a questo riguardo sono l'organizzazione a Pisa del primo corso italiano sul calcolo vettoriale e parallelo in collaborazione con la società americana *Pacific-Sierra Research Corporation*, e, nel 1990, il convegno internazionale *Supercomputing Tools for Science and Engineering* che vede la partecipazione di oltre 350 iscritti. Il *know-how* acquisito nel settore fa sì che nel 1991 il CNR doti il CNUCE del *multicomputer* nCUBE/2 6400 con 128 processori, prodotto dall'americana *nCube Corporation*. Questo *multicomputer* a ipercubo, varie workstation, e, all'epoca, alcuni dei più avanzati strumenti software per lo sviluppo di applicazioni parallele costituiscono il *Laboratorio per il Calcolo Parallelo* messo a disposizione dal CNUCE, insieme alle competenze dei suoi ricercatori, a molti gruppi di ricerca della comunità scientifica nazionale ed internazionale. Nascono e si consolidano le collaborazioni con i ricercatori italiani del settore ma, nel contempo, iniziano le collaborazioni con gruppi internazionali quali il centro di calcolo CNUSC di Montpellier, il *Paderborn Center for Parallel Computing* dell'omonima Università tedesca, l'inglese *Meiko Scientific Corporation*, alcuni partner di HPF e MPI Forum, il FORTH greco, ecc.

La disponibilità di pacchetti software che permettono la programmazione di applicazioni portabili sia su *supercomputer* che su reti eterogenee di computer stimola la ricerca di nuovi strumenti che

semplifichino la progettazione di soluzioni efficienti e scalabili. Risultati significativi ottenuti in questi anni sono il sistema per la gestione di reti di computer MOL (*Metacomputer OnLine*), proposto in collaborazione con l'Università di Paderborn, e taskHPF, una estensione verso il *task parallelism* del linguaggio *data-parallel* HPF.

Il nuovo secolo porta la rivoluzione di Internet, nasce l'Area della Ricerca di Pisa, il CNUCE e l'IEI confluiscono nell'ISTI. Nel mondo il *Data Deluge* conseguente alla crescita del Web 2.0 e della e-economy propone nuove sfide per il calcolo ad alte prestazioni. Il gruppo Calcolo Parallelo cambia il proprio nome in *High Performance Computing Laboratory* (HPC Lab) e contribuisce in maniera significativa alla ricerca in *Grid Computing*, *Data Mining* e *Web Search*. La partecipazione a numerosi progetti italiani (ad esempio Grid.it, Griglie Computazionali, *Enhanced Content Delivery*, Escogitare, ecc) ed europei (CoreGrid, NextGrid GridComp, XtremOS, Sapir, ecc.) permette a HPC Lab di crescere in competenze e numerosità. L'attività di ricerca si focalizza su algoritmi e sistemi di informazione data-intensive per la soluzione di problemi di rilevanza scientifica, economica, o sociale, in applicazioni basate sulla conoscenza. Efficienza computazionale, tecniche scalabili di ricerca di informazioni e di apprendimento automatico sono sfruttate per far fronte alla crescita esponenziale di utenti e dati.

Anche oggi i problemi e le sfide che motivano gli interessi di ricerca del laboratorio HPC sono legati ai progressi delle tecnologie informatiche che permettono la raccolta di enormi volumi di dati di natura eterogenea, acceduti e gestiti indipendentemente dai confini geografici e amministrativi in infrastrutture scalabili ed elastiche quali il *Cloud*. La domanda di soluzioni per sintesi, analisi, comprensione e monitoraggio di tali dati è in continua crescita e la missione del gruppo di ricerca è lo sviluppo di modelli, strutture dati ed algoritmi efficienti per le infrastrutture e i servizi dei nuovi e moderni sistemi informativi di grandi dimensioni.

[rb, rp]

Conclusioni

E certamente altre ancora sarebbero le linee di attività "non istituzionali" che hanno avuto una crescita importante, grazie alle persone che le hanno portate avanti ma grazie anche al CNR che ha creato le con-

dizioni per un loro sviluppo e potenziamento. Questo contributo non vuole certo essere una classifica delle attività di ricerca di frontiera che meritano o hanno meritato un approfondimento storico

Il CNR dopo la CEP

e critico. Nelle scelte operate ha inciso anche una componente affettiva che non andrebbe considerata in ambito tecnico/scientifico ma che inevitabilmente

prende piede quando ci capita di aver vissuto molto da vicino eventi che giudichiamo importanti.