

In corso di stampa in *La rete dei saperi*, a cura di C. De Seta

Dal Gruppo di Cibernetica dell'Istituto di Fisica Teorica al Corso di Laurea in Informatica

Guglielmo Tamburrini¹

Nel 1958 ebbero ufficialmente inizio le attività di ricerca, seminari e didattiche nel campo della cibernetica presso la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università di Napoli. In quell'anno si costituì il Gruppo di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica diretto da Eduardo Renato Caianiello. Il fondatore della cibernetica Norbert Wiener vi fu invitato a tenere un ciclo di lezioni come *visiting professor* nel trimestre autunnale dello stesso anno. Alcuni membri del Gruppo di Cibernetica – Valentino Braitenberg, Francesco Lauria e Nello Onesto – parteciparono nel luglio del 1958 alla Settima Scuola Internazionale Estiva di Fisica della Società Italiana di Fisica (SIF) presso villa Monastero a Varenna. La scuola della SIF, interamente dedicata alla teoria dell'informazione, fu diretta da Caianiello sotto la presidenza onoraria di Wiener².

L'interesse scientifico di Caianiello per la cibernetica si era sviluppato gradualmente nel corso del decennio precedente. È particolarmente significativo ricordare la partecipazione di Caianiello a un ciclo di seminari sul calcolo automatico e sulla cibernetica, che era stato promosso da Enrico Fermi presso l'Università di Roma nel 1954. In quell'occasione Caianiello seguì i seminari tenuti da Wiener e incontrò per la prima volta Braitenberg, allora assistente volontario presso la Clinica per le malattie nervose e mentali dell'Università di Roma. Il sodalizio scientifico tra Caianiello e Braitenberg, che si consolidò con l'arrivo di quest'ultimo all'Istituto di Fisica Teorica nel 1958, fu di fondamentale importanza, come ricorderà più avanti lo stesso Caianiello, per l'avvio della «avventura napoletana della cibernetica»³.

Le politiche scientifiche perseguite dalla comunità italiana dei fisici costituiscono un altro elemento significativo per comprendere la genesi, presso un istituto universitario di fisica, di attività interdisciplinari nel settore della cibernetica. Negli anni cinquanta, i fisici esercitarono un forte impulso per realizzare dei sistemi di calcolo automatico a servizio della ricerca scientifica nazionale e per sviluppare le attinenti competenze scientifiche e tecnologiche. L'attenzione dei fisici per il calcolo automatico si sposò con gli interessi scientifici dei pionieri della cibernetica in Italia – Caianiello, Antonio Borsellino, Silvio Ceccato e Augusto Gamba – in un momento storico nel quale i

¹ Sono grato a Giovanni Criscuolo, Aldo de Luca, Giuseppe Trautteur e Settimo Termini per le stimolanti e appassionate conversazioni sull'avventura napoletana della cibernetica, il loro caloroso sostegno e le risorse bibliografiche originali che mi hanno messo a disposizione. Ringrazio vivamente Piero Bonatti, Ernesto Burattini, Silvia Caianiello, Antonino Drago, Adriano Peron e Giulio Spadaccini per le loro attente e utili osservazioni su una versione precedente di questo lavoro.

² Cfr. L. Montagnini, *Quando Wiener era di casa a Napoli*, in «Rivista on-line del Centro Studi Città della Scienza», 2016, <http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/03/quando-heisenberg-e-wiener-erano-di-casa-a-napoli/>

³ B. Preziosi, *1956-1958 Il periodo eroico*, in *Structure: from Physics to General Systems, Festschrift in honour of E.R. Caianiello on his seventieth birthday*, a cura di M. Marinaro, G. Scarpetta, Singapore, World Scientific, 1992, pp. XXI.

confini concettuali e disciplinari tra la cibernetica e la nascente informatica erano ancora molto sfumati⁴.

Anche il primo lavoro scientifico del Gruppo di Cibernetica apparve sulla principale rivista della fisica italiana: pubblicato a firma congiunta di Caianiello e dei tre membri del gruppo che avevano partecipato alla Scuola estiva di Varenna, esso verteva su un modello funzionale delle reti neurali⁵. Le ricerche successive del gruppo continuarono a concentrarsi sui modelli di reti neurali artificiali ed ebbero come loro punto di riferimento un lavoro di Caianiello che fu pubblicato sul «Journal of Theoretical Biology»⁶. In quell'articolo fu introdotto un modello innovativo di reti neurali basato sulla distinzione tra dinamica veloce e dinamica lenta di una rete. In conformità con questa distinzione, nel modello figurano un'equazione 'neuronica' e un'equazione 'mnemonica'. L'equazione neuronica governa il cambiamento di stato di ogni neurone in funzione dei segnali provenienti dai neuroni presinaptici a esso accoppiati, sotto l'ipotesi che i cambiamenti di stato siano tanto veloci da poter assegnare un valore costante ai coefficienti di accoppiamento (detti anche pesi) tra neuroni. L'equazione mnemonica governa le variazioni dei pesi tra neuroni in funzione delle loro storie congiunte di attivazione, sotto l'ipotesi che tali variazioni siano più lente dei cambiamenti di stato dei neuroni (ipotesi adiabatica dell'apprendimento).

Nel 1964 fu pubblicato un fascicolo dei «Quaderni de "La ricerca scientifica"» del CNR, che offre ampia testimonianza del rapido sviluppo e della varietà delle indagini cibernetiche condotte presso l'Istituto di Fisica Teorica a partire dal nucleo scientifico aggregante costituito dai modelli matematici di reti neurali. Il fascicolo presenta, come recita il titolo, un *Rendiconto delle ricerche teoriche e sperimentali di cibernetica svolte nell'anno accademico 1961-62 nel Laboratorio di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica teorica dell'Università di Napoli per conto del Consiglio Nazionale delle Ricerche*⁷. È da notare che nel fascicolo si identifica già l'originario Gruppo (e poi Centro) di Cibernetica con un Laboratorio del CNR, prima che questa denominazione fosse ufficialmente assunta nel 1968 dalla struttura diretta da Caianiello. Il laboratorio era formato da tre reparti: Gruppo teorico, Laboratorio di neuro-anatomia e fisiologia, Laboratorio di elettronica.

Nella premessa ai rapporti contenuti nel Quaderno del CNR, Caianiello illustra sinteticamente la sua concezione della Cibernetica come «studio del comportamento di sistemi dinamici complessi, funzionanti mediante scambio di informazione tra le parti componenti, a prescindere dalla loro natura specifica (cervelli, organismi sociali, reti logiche,...)»⁸. In questa cornice molto generale si collocano le ricerche descritte nei singoli rapporti. Furono sviluppate indagini neuroanatomiche e neurofisiologiche su reti di neuroni biologici⁹ e sul cervelletto come organo di controllo di movimenti

⁴ Cfr. C. Bonfanti, *Mezzo secolo di futuro. L'informatica italiana compie cinquant'anni*, in «Mondo digitale», n. 3 (2004); A. Restivo, *Gli esordi scientifici*, in *L'informatica*, a cura di F. Luccio, volume VI dell'opera *Lo sviluppo economico in Italia*, Firenze, Edifir 2007.

⁵ Cfr. V. Braitenberg, E.R. Caianiello, F. Lauria, N. Onesto, *A system of coupled oscillators as a functional model of neuronal assemblies*, in «Il Nuovo cimento», 11, 1959, pp. 278-282.

⁶ Cfr. E.R. Caianiello, *Outline of a theory of thought-processes and thinking machines*, in «Journal of Theoretical Biology», 1, 1961, pp. 204-235.

⁷ Cfr. *Ricerche teoriche e sperimentali di cibernetica*, a cura di V. Braitenberg, E. R. Caianiello, C. Crocchiolo, G. Gambardella, F. Lauria, M. Saffiotti, C. Taddei, G. Trautteur, U. Vota, in «Quaderni de "La ricerca scientifica"», 11, 1964, Roma: CNR.

⁸ *Ivi*, p. 9.

⁹ Cfr. il rapporto di Valentino Braitenberg e Uja Vota, in *Ivi*, pp. 43-49.

volontari¹⁰. I dati delle ricerche neurobiologiche furono utilizzati anche allo scopo di controllare e raffinare alcuni modelli logici e matematici di reti neurali¹¹. Furono sviluppati modelli di macchine in grado di simulare il funzionamento di reti di neuroni biologici e di manifestare delle capacità di apprendimento per quanto riguarda il riconoscimento di forme¹².

I progetti *Educanda* e *Procuste*, ai quali contribuirono vari ricercatori del Laboratorio con la collaborazione tecnica di Mario Saffiotti e di Antonino Pirri, erano specificamente dedicati allo sviluppo di macchine in grado di simulare il comportamento di reti di neuroni biologici. La macchina sviluppata nel quadro del progetto *Educanda* consisteva di una rete di circa 100 neuroni artificiali realizzati con valvole e relè elettromeccanici. I collegamenti tra neuroni erano realizzati tramite potenziometri che definivano l'architettura della rete. Partendo da vari ingressi esterni e configurazioni delle resistenze, si studiarono sperimentalmente i comportamenti ciclici della rete, detti anche 'riverberi'¹³. Lo schema progettuale di *Educanda* fornì la base per la successiva progettazione di *Diana*, una macchina (*DIgitale-ANAlogica*) nella quale le valvole erano state sostituite da transistor. *Diana* fu costruita nel 1969-1970 da Ernesto Burattini e Francesco Marciano, con la collaborazione di Antonino Pirri, presso una nuova struttura autonoma del CNR diretta da Caianiello e distaccatasi dall'Istituto di Fisica Teorica (vedi oltre).

Il Laboratorio di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica acquisì tempo macchina per gli scopi del progetto *Educanda* dagli impianti IBM, che quest'ultima noleggiava presso l'Italsider di Bagnoli, poiché l'Università di Napoli non aveva ancora un sistema di calcolo adeguato alle necessità del progetto. L'ateneo iniziò ad acquisire rilevanti risorse proprietarie di calcolo digitale proprio in quel periodo: nel 1962 un calcolatore Bendix G-20 fu collocato presso la Facoltà di Ingegneria, seguito poco dopo da un IBM 1620 presso la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali¹⁴. La fase sperimentale del progetto *Procuste* – che riguardava lo sviluppo di una macchina in grado di imparare a riconoscere forme geometriche e linguistiche¹⁵ – fu invece avviata in collaborazione con il Centro Studi Calcolatrici Elettroniche (CSCE) dell'Università di Pisa¹⁶.

Altre attività che non sono menzionate nel Quaderno del CNR contribuiscono a far apprezzare il respiro e il carattere innovativo delle ricerche cibernetiche condotte in quella fase pionieristica presso la sede dell'Istituto di Fisica Teorica. Le ricerche sulla neurofisiologia della rana, con particolare attenzione alla struttura e alle funzioni del tetto ottico, furono portate avanti da Braitenberg, dapprima in collaborazione con Vota e Umberto Sada, e poi con Milena Kemali e Vittorio Guglielmotti. Un'ampia panoramica

¹⁰ Cfr. il rapporto di Cloe Taddei, in *Ivi*, pp. 51-56.

¹¹ Cfr. i due rapporti di Lauria, in *Ivi*, pp. 23-39.

¹² Cfr. i due rapporti di Caianiello e di Calogero Crocchiolo, in *Ivi*, pp. 15-22.

¹³ Cfr. il rapporto di Caianiello, Giuseppe Gambardella e Giuseppe Trautteur, in *Ivi*, pp. 59-61. Si veda a questo proposito anche G. Gambardella, G. Trautteur, *Experimental observations of an active small network*, in «Kybernetik», 3, 1966, pp. 8-13.

¹⁴ Cfr. B. Fadini, *50 anni di informatica nell'Università degli Studi di Napoli*, relazione al Convegno *50 anni di informatica nell'Ateneo Federico II*, Relazione tenuta il 21 dicembre 2005 presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli Federico II, Aula Scipione Bobbio.

¹⁵ Cfr. il rapporto di Caianiello e Crocchiolo, in *Ricerche teoriche e sperimentali di cibernetica*, cit., pp. 15-18.

¹⁶ Cfr. R. Cordeschi, T. Numerico, *La cibernetica*, in *Il contributo italiano alla storia del pensiero – Le scienze*. Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, 2013. ([http://www.treccani.it/enciclopedia/la-cibernetica_\(Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Scienze\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/la-cibernetica_(Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Scienze))).

del lavoro svolto sul sistema nervoso della rana è offerta dallo *Atlas of the Frog's Brain*¹⁷. In collaborazione con Taddei, Braitenberg condusse studi sul sistema visivo della mosca e sulla sua reazione di atterraggio indotta dallo stimolo visivo. Gambardella e Trautteur – in collaborazione con V.A. Rapisarda dell'Università di Catania e con il supporto dell'ingegnere Saffiotti – utilizzarono delle sinapsi d'argento per sviluppare una realizzazione elettrochimica di connessioni sinaptiche variabili a imitazione di un apprendimento conforme alla legge per l'apprendimento neurale proposta dallo psicologo Donald Hebb nel 1949¹⁸. Aldo de Luca e Luigi Maria Ricciardi lavorarono allo sviluppo di modelli matematici di reti neurali anche di tipo probabilistico¹⁹ e scrissero congiuntamente *Introduzione alla cibernetica*, che fu pubblicato in tre edizioni successive²⁰. Sulla base di modelli fisici, Ricciardi studiò le correlazioni tra aree distinte del sistema nervoso del cervello²¹. Giorgio Ghigo, Antonino Drago e, successivamente, Stefano Levialedi affrontarono problemi di riconoscimento automatico di forme. Giacomo della Riccia elaborò modelli matematici di transistor nell'ambito dell'elettronica analogica e digitale.

Le attività seminari e didattiche su tematiche d'ispirazione cibernetica ebbero inizio nel 1958 con le già ricordate lezioni di Wiener, il quale tenne un altro ciclo di lezioni nel 1960²². La riorganizzazione delle attività didattiche nell'ambito dei corsi di laurea in Fisica favorì l'ulteriore sviluppo della didattica cibernetica a Napoli. Dal 1961 fu possibile introdurre vari indirizzi (generale, didattico e applicativo) all'interno di uno stesso corso di laurea in Fisica. Caianiello colse tempestivamente questa opportunità per accendere l'orientamento cibernetico all'interno dell'indirizzo applicativo del corso di laurea in Fisica dell'Università di Napoli.

Nel 1962 si tenne il corso *Cybernetics of neural processes*, al quale parteciparono come docenti Donald M. MacKay, Gordon Pask e altri cibernetici di primo piano nel panorama internazionale. Gli atti, che furono pubblicati nella serie dei «Quaderni de "La ricerca scientifica"» del CNR²³, contengono anche il testo della prolusione al corso che Wiener tenne con il titolo "The history and prehistory of Cybernetics". Ancora nel 1962, Wiener tenne un ciclo di lezioni nell'ambito del corso universitario di Cibernetica tenuto da Braitenberg²⁴. Gli appunti ciclostilati del corso di Cibernetica per l'anno accademico 1962-1963²⁵ attestano l'ampio spettro di temi trattati nelle lezioni e lo spirito interdisciplinare che le animava: reti neurali artificiali, cenni di elettrofisiologia delle cellule neurali, cenni di logica e di teoria degli automi, modelli analogici dei neuroni, morfologia dei neuroni, cenni di acustica fisiologica e problemi di percezione della forma nei sistemi biologici e nelle macchine. Un ulteriore capitolo delle dispense

¹⁷ Cfr. M. Kemali, V. Braitenberg, *Atlas of the Frog's Brain*, Berlin-Heidelberg, Springer, 1969.

¹⁸ Cfr. G. Gambardella, V.A. Rapisarda, G. Trautteur, *Electrochemical variable resistors*, in «Alta frequenza», 34, 1965, pp. 556-559.

¹⁹ Cfr. A. de Luca, L.M. Ricciardi, *Formalized neuron: Probabilistic description and asymptotic theorems*, in «Journal of Theoretical Biology», 14, 1967, pp. 206-217.

²⁰ A. de Luca A., L.M. Ricciardi, *Introduzione alla Cibernetica*, Milano, Franco Angeli, 1971.

²¹ Cfr. L.M. Ricciardi, H. Umezawa, *Brain and physics of many body problems*, in «Kybernetik», 4, 1967, pp. 44-48.

²² Cfr. P.R. Masani, *Norbert Wiener 1894-1964*, Basel, Birkhäuser Verlag, 1990, p. 373.

²³ Cfr. *Cybernetics of neural processes*, course held at the Int. School of Physics, a cura di E.R. Caianiello, sponsored by NATO at the Istituto di Fisica Teorica of Università di Napoli (April 26-May 13, 1962), in «Quaderni de "La ricerca scientifica"», 31, 1965.

²⁴ Cfr. R. Cordeschi, T. Numerico, *op. cit.*; L. Montagnini, *op. cit.*

²⁵ Cfr. V. Braitenberg, *Appunti del corso di Cibernetica per l'anno accademico 1962-63*, ciclostilato, Università di Napoli, 1962.

raccoglie gli appunti delle lezioni tenute da Drago sul problema del riconoscimento automatico di forme.

Insieme al corso di Cibernetica, tenuto da Braitenberg dal 1961 al 1968, poi da de Luca fino al 1973, altri insegnamenti di schietta matrice cibernetica furono inseriti nel corso di laurea in Fisica della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. Tra questi, il corso di Teoria dell'informazione tenuto inizialmente da Della Riccia, al quale subentrò poi Trautteur, e il corso di Calcolo operativo inizialmente tenuto da Lauria. Drago tenne il corso di Teoria degli automi dal 1964 al 1967. Indice di un forte interesse per le problematiche metodologiche ed epistemologiche è l'attivazione di un insegnamento di Epistemologia nell'ambito del corso di perfezionamento in fisica, che lo stesso Drago tenne negli anni 1968-1973. Pantaleo Aloisio tenne vari seminari sulla teoria della calcolabilità, sulla logica matematica e sui teoremi limitativi di indecidibilità e incompletezza. Le relazioni tra reti neurali, automi finiti, sistemi logici e macchine di Turing furono al centro delle problematiche scientifiche trattate nel corso sulla teoria degli automi²⁶, che fu organizzato e diretto da Caianiello nel quadro istituzionale della International School of Physics. Nella prefazione al volume che raccoglie i contributi dei numerosi relatori, Caianiello evidenziò la crescente importanza delle ricerche sugli automi per vari settori scientifici: logica, linguistica, elettronica, programmazione di sistemi informatici e robotici, ma anche neurofisiologia e studi più propriamente cibernetici, in quanto rivolti allo sviluppo di modelli del sistema nervoso sotto forma di automi astratti²⁷.

La lista dei docenti e degli argomenti trattati offre una vivida testimonianza della grande qualità scientifica della scuola di Ravello del 1964, del suo carattere innovativo sul piano della ricerca internazionale e del suo ruolo di stimolo creativo per i giovani studiosi che la frequentarono. Martin Davis presentò alcuni dei suoi risultati sulle relazioni tra equazioni diofantee e insiemi ricorsivamente enumerabili che sono stati decisivi per arrivare alla soluzione negativa del decimo problema di Hilbert fornita da Yuri Matiyasevich nel 1970; Michael Rabin illustrò risultati recenti e problemi aperti della nascente teoria degli automi probabilistici; Claude Berge, Marcel-Paul – più familiarmente noto a molti come Marco – Schützenberger e Maurice Nivat presentarono risultati e problemi aperti della teoria dei codici e dei linguaggi formali; John Holland descrisse una cornice formale per lo studio dei sistemi adattativi che pose le basi per la sua teoria degli algoritmi genetici; J. Richard Büchi sviluppò un approccio algebrico allo studio matematico del feedback nei sistemi discreti deterministici; Michael Arbib affrontò problemi di complessità delle dimostrazioni formali legati alla nascente teoria della complessità di Manuel Blum; Corrado Bohm e Wolf Gross presentarono un linguaggio funzionale di programmazione – battezzato CUCH, da Curry e Church – che essi avevano sviluppato l'anno precedente sulla base dei combinatori di Haskell Curry e del lambda calcolo di Alonzo Church; Jack Cowan analizzò il problema – di cruciale importanza per l'elettronica e le architetture dei calcolatori – di sintetizzare sistemi computazionali affidabili partendo da componenti che possono incorrere in vari tipi di malfunzionamenti e guasti; il neurofisiologo Warren McCulloch – che circa venti anni prima aveva introdotto insieme a Walter Pitts il primo modello matematico di neurone – usò il formalismo degli automi finiti per fornire un modello *in nuce* di quella porzione del tronco encefalico, nota come formazione reticolare.

²⁶ First Course on Automata Theory, Ravello, 14-30 giugno 1964.

²⁷ Cfr. *Automata Studies*, a cura di E.R. Caianiello, New York, Academic Press, 1966, pp. VII-VIII.

Se la scuola di Ravello del 1964 è ancora ricordata per l'alto livello dei contributi e per il suo carattere fortemente innovativo, ciò è dovuto anche alla straordinaria capacità del suo direttore di promuovere gli scambi scientifici internazionali nei vari settori di ricerca collegati al progetto cibernetico. Per gli impegnativi aspetti organizzativi a sostegno degli scambi scientifici, nonché delle scuole e dei corsi di argomento cibernetico, Caianiello si avvale soprattutto della valida collaborazione di Annamaria Mazzarella Hilliard. Con il suo supporto organizzativo, a Ravello fu organizzata nel 1967 un'altra notevole scuola internazionale sulle reti neurali, nei cui atti²⁸ figurano contributi di vari membri del gruppo di cibernetica (Braitenberg, Caianiello, de Luca, Ricciardi). Nello stesso tempo, fu compiuto un notevole sforzo per arricchire e tenere costantemente aggiornata la biblioteca dell'Istituto di Fisica Teorica con le principali pubblicazioni internazionali nel campo della cibernetica e in altri settori affini. Contatti interdisciplinari furono stabiliti anche localmente, arrivando a coinvolgere studiosi di area umanistica, come nel caso del Laboratorio di Glottologia, gestito dall'ingegnere Guglielmo Felsani e diretto da Nullo Minissi, professore presso l'Istituto Universitario Orientale di Napoli. Quest'ultimo collaborò con Trautteur e altri ricercatori del Laboratorio di Cibernetica in merito a problemi di elaborazione del linguaggio naturale. Le attività di ricerca e d'insegnamento che si svilupparono nella cornice interdisciplinare della cibernetica favorirono un clima di collaborazione e di intenso scambio tra studiosi diversi per formazione, ma animati da obiettivi convergenti. Aldo de Luca così ricorda il clima di confronto aperto e appassionato di quegli anni: «L'atmosfera era bellissima ed estremamente stimolante; ricordo gli incontri che avvenivano quasi tutti i mercoledì alla Villa Virgiliana, una villa di Cuma prossima all'Antro della Sibilla, dove si andava verso le tre del pomeriggio: non c'era nessuno, solo la lavagna e una stufa perché d'inverno faceva molto freddo; verso le 5 si sentiva suonare un gong e trovavamo su un tavolo del salotto il tè servito da un fantomatico cameriere. Il dibattito era libero e aperto, su problemi che andavano da modelli neurologici a problemi di matematica molto sottili e impegnativi»²⁹. Agli incontri di Cuma partecipava anche il matematico Hairy Korezlioglu, collaboratore di Caianiello sui modelli matematici delle reti neurali, il quale svolse un ruolo rilevante nell'organizzazione del corso di Ravello sugli automi³⁰.

Questo clima scientifico innovatore, fattivo e coinvolgente permeava l'intero Istituto di Fisica Teorica e alcuni altri settori dell'ateneo napoletano³¹. Ma insieme al fermento scientifico e agli intensi scambi tra studiosi, è opportuno qui ricordare il clima più generale di fermento culturale e politico che si andava affermando, proprio nel corso degli anni sessanta, tra docenti e studenti di varie aree scientifiche all'interno dell'ateneo napoletano. Già nel 1965 era attivo un movimento di studenti che rivendicava la necessità di un profondo rinnovamento dell'ateneo napoletano e dell'università italiana nel suo complesso. Alle richieste degli studenti aderì anche un

²⁸ Cfr. *Neural networks. Proceedings of the School on Neural Networks* (Ravello, giugno 1967), a cura di E.R. Caianiello, New York, Springer Verlag, 1968.

²⁹ A. de Luca, *Eduardo Caianiello e la nascita a Napoli di una ricerca interdisciplinare*, in *Memoria e progetto. Un modello per il Mezzogiorno che serve a tutto il Paese*, a cura di P. Greco, S. Termini, Monte S. Pietro (Bo), GEM, 2010, p. 34.

³⁰ Cfr. *Automata Studies*, cit.

³¹ Cfr. P. Greco, L. Mazzarella, G. Barone, *Alfonso Maria Liquori. Il risveglio scientifico negli anni '60 a Napoli*, Napoli, Bibliopolis, 2013; si vedano in particolare le pp. 84-101 del capitolo 3, dedicate a un'analisi del ruolo cruciale svolto da Caianiello nel rinnovamento della fisica e nello sviluppo della cibernetica a Napoli.

gruppo di assistenti e professori incaricati che confluirono nella sezione napoletana dell'Ands (Associazione Nazionale Docenti Subalterni). Della piattaforma programmatica del movimento di studenti e docenti è opportuno qui ricordare la rivendicazione di una più ampia libertà di ricerca e di un consistente allargamento dell'offerta didattica. Più specificamente, fu avanzata la proposta di sopprimere gli istituti monocattedra e di creare dipartimenti multidisciplinari; si rivendicò un ruolo unico per la docenza universitaria e la conseguente redistribuzione dei poteri decisionali e di indirizzo scientifico, che fino a quel momento erano accentrati nelle funzioni dei direttori degli istituti universitari; si formulò la richiesta di riconoscere a tutti i docenti universitari la doppia funzione di ricercatore e di docente, anche al fine di contrastare il pericolo di progressiva dequalificazione scientifica al quale erano esposti i docenti subalterni gravati da carichi didattici spesso eccessivi³².

In quel clima di rinnovamento complessivo dell'università e di confronto interdisciplinare che la cibernetica napoletana aveva contribuito a incoraggiare, numerosi giovani ricercatori trovarono un terreno fertile per allargare i propri orizzonti scientifici, indirizzando selettivamente i propri interessi su settori disciplinari che erano stati variamente implicati nelle ricerche cibernetiche: elettronica e analisi dei segnali, informatica teorica, linguistica formale, teoria dell'informazione, teoria della probabilità, logica, neuroscienze, pattern recognition e visione artificiale, intelligenza artificiale. Esula dai limiti di questo sintetico resoconto un'analisi dei motivi soggiacenti alla traiettoria scientifica che, partendo dalla cibernetica, portò molti dei suoi protagonisti a valicare i confini. Alcune interessanti riflessioni sulla parabola cibernetica, anche nella sua declinazione napoletana, sono state sviluppate soprattutto in relazione alle aspettative programmatiche e ai processi di valutazione *in itinere* dei risultati scientifici ottenuti, che possono variamente influenzare la nascita, il fiorire, l'eventuale indebolimento o perfino l'abbandono di un intero programma di ricerca. Il declino della cibernetica è stato significativamente associato all'assenza di una teoria dell'informazione veramente adeguata ai fini dello studio dei sistemi biologici³³; più in generale, alla formulazione di obiettivi che si rivelarono eccessivamente ambiziosi rispetto agli strumenti dei quali si disponeva e alla difficoltà di mantenere la promessa unificante rispetto ai vari campi del sapere che nella cibernetica erano stati programmaticamente coinvolti³⁴.

L'esplorazione e il consolidamento di nuove linee di ricerca e nuove tematiche per l'insegnamento da parte di tanti docenti ha costituito, per la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, una delle eredità più ricche e durature dell'avventura napoletana della cibernetica. Il collegamento con l'originaria ispirazione cibernetica si è spesso affievolito e in vari casi si è definitivamente perduto nel tempo, ma la genesi dei nuovi percorsi scientifici e didattici è indissolubilmente legata al ruolo di incubatore di idee che ha svolto per oltre un decennio il gruppo di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli. Tra i giovani ricercatori che parteciparono in varia misura agli sviluppi iniziali della cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica, che in seguito divennero protagonisti della feconda diaspora cibernetica, si annoverano vari docenti presso la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università

³² *Ivi*; si veda in particolare il capitolo 6 intitolato *Le ragioni del '68 napoletano*.

³³ Cfr. A. de Luca, *Some reflections on Cybernetics and its scientific heritage*, in «Scientiae Mathematicae Japonicae», 64, 2006, pp. 243-253.

³⁴ Cfr. S. Termini, *Remarks on the development of Cybernetics*, in «Scientiae Mathematicae Japonicae», 64, 2006, pp. 461-468.

di Napoli: Pantaleo Aloisio, Aldo de Luca, Antonino Drago, Francesco Lauria, Aldo Piccialli, Luigi Maria Ricciardi e Giuseppe Trautteur.

Il 1968, generalmente identificato in Occidente con uno spartiacque politico e culturale, è stato uno spartiacque anche per l'avventura napoletana della cibernetica. In quell'anno il Laboratorio di Cibernetica divenne una struttura autonoma del Cnr diretta da Caianiello e si spostò a pochi chilometri dalla sua sede precedente nella nuova sede di Arco Felice, sempre nei Campi flegrei, dove si coagulò successivamente l'Area della Ricerca del Cnr di Napoli. Ad Arco Felice furono ripresi i principali filoni di ricerca perseguiti presso l'Istituto di Fisica Teorica, adottando un approccio multidisciplinare che comportava interazioni meno stringenti tra i settori coinvolti. Si svilupparono anche nuovi indirizzi di ricerca teorica e sperimentale³⁵, grazie ai quali il Laboratorio svolse un'importante funzione di incubatore di nuove competenze scientifiche e didattiche per l'Università di Napoli e per altri atenei italiani. È opportuno ricordare a questo proposito lo sviluppo di ricerche di punta sulla superconduttività, segnatamente sull'effetto Josephson, a opera di Antonio Barone, che fu membro del Dipartimento di Scienze Fisiche e docente presso la Facoltà di Ingegneria dell'ateneo federiciano. Da segnalare anche il sostegno offerto dal Laboratorio di Arco Felice alle attività didattiche del corso di laurea in Fisica, dove Stefano Levialedi tenne il corso di Elettronica per vari anni accademici.

Nel 1968 Braitenberg si trasferì a Tubinga come condirettore del Max-Planck Institut für Biologische Kybernetik. Nel 1972 Caianiello si trasferì presso l'Università di Salerno. Nel contesto della sezione cibernetica dell'Istituto di Fisica Teorica continuarono a operare Lauria e Trautteur, che erano stati nel frattempo affiancati da una nuova leva formata da Ezio Catanzariti, Sergio Cavaliere, Giovanni Criscuolo, Salvatore Guccione ed Eliana Minicozzi; mentre Ricciardi, proveniente dall'Università di Salerno, afferì nel 1981 al Dipartimento di Matematica.

I ricercatori attivi nella sezione cibernetica aprirono alcuni nuovi filoni di ricerca: teoria della calcolabilità, complessità di Kolmogorov e complessità di Blum (Manuel e Lenore Blum furono *visiting professor* nel 1972), logica intuizionista e altre logiche non classiche, dimostrazione automatica dei teoremi. In quest'ultimo settore, che si sviluppò con la collaborazione di Ray Reiter, fu pubblicato già nel 1972 un articolo sulla rivista «Artificial Intelligence»³⁶.

L'informatica e l'intelligenza artificiale (IA) costituirono il nuovo quadro di riferimento scientifico e didattico per la sezione di cibernetica dell'Istituto di Fisica Teorica. Come la cibernetica, l'IA si poneva l'obiettivo di studiare il comportamento adattativo e intelligente delle macchine e dei sistemi biologici. Più decisamente della cibernetica, l'IA poneva l'accento sulla nozione di algoritmo, sull'elaborazione simbolica dell'informazione, nonché sull'utilizzazione di linguaggi di programmazione dichiarativi come il LISP e il Prolog, che erano ritenuti più adatti a sviluppare simulazioni al calcolatore delle capacità cognitive e di elaborazione simbolica degli esseri umani. All'interno di questa cornice generale, furono indagate da Lauria le relazioni tra reti neurali e processi di elaborazione simbolica modellati mediante automi finiti e macchine di Turing. In collaborazione con Richard Weyhrauch (*visiting*

³⁵ Cfr. *Imagination and rigor. Essays on Eduardo R. Caianiello's scientific heritage*, a cura di S. Termini, Milano, Springer, 2006; *Memoria e progetto*, cit.; C. Taddei Ferretti, *L'incubazione dell'incubatore*, in *Ivi*, pp. 115-132.

³⁶ Cfr. E. Minicozzi, R. Reiter, *A note on linear resolution strategies in consequence-finding*, in «Artificial Intelligence», 3, 1972, pp. 175-180.

professor nel 1980-81 sul corso di Elaborazione dell'informazione non numerica) furono analizzati processi dimostrativi basati su principi logici di riflessione e famiglie di teorie logiche interagenti (Criscuolo, Minicozzi e Trautteur). In collaborazione con Reiter, furono analizzate le dinamiche del ragionamento default per agenti dell'IA, con particolare riferimento a teorie logiche non monotone (Criscuolo e Minicozzi). Nuove ricerche sulla visione artificiale furono avviate da Catanzariti in collaborazione con Alan Mackworth. Si sviluppò anche una linea di ricerca in ambito epistemologico sulla dinamica delle teorie scientifiche e, in collaborazione con il fisico relativista Ruggiero de Ritis, sul problema del realismo nella fisica classica e moderna (Guccione).

Nello stesso periodo fu riorganizzata l'offerta didattica dell'orientamento cibernetico del corso di laurea in Fisica, affiancando all'insegnamento di Teoria dell'informazione e reti neurali (svolto da Lauria), nuove attività di insegnamento relative a logica e linguaggi logici di programmazione (Criscuolo), teoria della calcolabilità e linguaggi funzionali di programmazione (Trautteur), programmazione a oggetti (Minicozzi), visione artificiale (Catanzariti). L'offerta didattica era completata dal corso di Epistemologia e metodologia (Guccione). Gli interessi epistemologici furono coltivati all'interno della sezione cibernetica anche grazie al contributo del filosofo e storico della scienza Ari Derecin, che tenne per molti anni il corso di Epistemologia presso il Corso di perfezionamento in Fisica teorica e nucleare. La sua ricca biblioteca personale (donata alla Biblioteca Roberto Stroffolini dell'attuale Dipartimento di Fisica e ivi unitariamente conservata con la denominazione di Fondo Derecin) documenta la vastità e la profondità degli interessi scientifici, storici e filosofici di Derecin.

I membri della sezione cibernetica parteciparono al Progetto Finalizzato Robotica del CNR (1989-1993) con attività di ricerca rivolte ai sistemi di controllo di alto livello e di comunicazione intelligente per i sistemi robotici. Tra le iniziative prese all'interno del Progetto Finalizzato, si segnala il *Workshop on Consciousness*, che fu organizzato da Trautteur nel giugno 1991 presso la Fondazione Cini di Venezia. Ai lavori parteciparono – in un rinnovato spirito cibernetico – informatici e robotici, neurofisiologi e psicologi per discutere le prospettive progettuali di automi dotati di capacità di introspezione, di riflessione e altre proprietà salienti della coscienza umana. Il volume che ne risultò comprende, tra gli altri, contributi di Julian Jaynes, Richard Weyhrauch, Luc Steels, George Reeke e Gerald Edelman, Cristiano Castelfranchi, Lamberto Maffei e Lucia Galli-Resta³⁷.

Gli insegnamenti di materie informatiche dell'indirizzo cibernetico del corso di laurea in Fisica fornirono il nucleo portante del progetto di istituire un nuovo corso di laurea in informatica incardinato nella Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. L'iniziativa fu promossa dal preside della Facoltà Guido Trombetti e fu portata avanti con la stretta collaborazione dei dipartimenti di Matematica e Applicazioni e di Scienze Fisiche. I lavori del Comitato tecnico ordinatore di Facoltà per la costituzione del nuovo corso di laurea, presieduto da Ricciardi, sfociarono nell'istituzione di un corso quinquennale di laurea e di un corso triennale di diploma in informatica nell'anno 1998-1999. Il primo presidente del Consiglio dei corsi di laurea in informatica è stato il fisico Giulio Spadaccini, il quale raccolse la sfida stimolante, ma allo stesso tempo molto gravosa, di organizzare e impiantare *ex novo* le attività didattiche e di laboratorio per una platea di studenti già inizialmente molto ampia e in rapida espansione negli anni successivi, fino a raggiungere dei picchi di circa seicento nuove matricole per anno. A

³⁷ Cfr. *Consciousness: distinction and reflection*, a cura di G. Trautteur, Napoli, Bibliopolis, 1995.

Spadaccini sono poi subentrati nella carica gli informatici Adriano Peron (dal 2005) e successivamente Piero Andrea Bonatti. Un compito particolarmente gravoso che i presidenti del Consiglio dei corsi di laurea in informatica affrontarono in quegli anni fu quello di adeguare a più riprese l'offerta formativa e di riorganizzare le attività didattiche in funzione delle mutevoli regole attuative della nuova configurazione degli studi universitari in base al cosiddetto sistema '3+2'.

All'atto della costituzione dei nuovi corsi di laurea in informatica, i docenti afferenti al settore scientifico disciplinare dell'informatica (INF/01) sui quali ricadde un carico didattico estremamente gravoso erano Catanzariti, Cavaliere, Criscuolo e Minicozzi. A questi si aggiunsero Lauria e Trautteur, provenienti dal settore scientifico disciplinare della cibernetica. Oltre al carico didattico sostenuto dai docenti afferenti a settori disciplinari della fisica e della matematica, risultò determinante per strutturare e garantire un'offerta didattica adeguata il contributo di vari ricercatori informatici afferenti all'Istituto di Cibernetica del CNR di Arco Felice, tra i quali Ernesto Burattini, Massimo De Gregorio, Mario Furnari, Maria Frucci, Maurizio Giordano e Franco Mele. Per fare fronte alle crescenti esigenze di rinnovamento e ampliamento dell'offerta didattica, la Facoltà di Scienze adottò una politica di reclutamento di docenti formati presso altri atenei, ponendo inizialmente particolare attenzione sulle competenze da acquisire nel campo dell'informatica teorica. I nuovi docenti arricchirono notevolmente le competenze e l'offerta didattica in vari settori dell'informatica teorica: logiche per la rappresentazione della conoscenza, ottimizzazione e scalabilità del ragionamento automatico, nonché linguaggi logici per la rappresentazione di politiche per la sicurezza informatica (Piero Andrea Bonatti); metodi formali per l'informatica, con particolare attenzione per i settori della specifica e della verifica di sistemi e di programmi mediante tecniche di *model checking* (Massimo Benerecetti e Adriano Peron); la teoria degli automi e dei linguaggi formali (Aldo de Luca, ritornato in questo frangente alla Facoltà di Scienze dell'ateneo napoletano dall'Università di Roma La Sapienza). Inoltre, le attività di modellistica informatica di sistemi cognitivi, già coltivate nella sezione cibernetica, furono ulteriormente arricchite in direzione dello studio di sistemi di IA per il controllo di alto livello di sistemi robotici (Ernesto Burattini). Negli anni successivi il gruppo di informatici della Facoltà ha accolto un consistente numero di ricercatori, generalmente formati presso altre università italiane, arricchendo le competenze didattiche e di ricerca in vari ambiti, quali l'ingegneria del software, l'apprendimento automatico e l'information retrieval, la sicurezza informatica, la visione artificiale, l'elaborazione del linguaggio naturale, i sistemi di IA per la robotica, l'etica delle tecnologie informatiche e robotiche.

Con l'arrivo dei nuovi docenti, si sviluppò rapidamente una ricca rete di collaborazioni con informatici teorici di primo piano nel panorama internazionale, come Moshe Vardi, Michael Gelfond, Carsten Lutz e altri. Furono anche riprese e ampliate in nuove direzioni alcune tradizioni di ricerca preesistenti. Per dare un'idea sommaria dei nuovi percorsi teorici, ci limitiamo a ricordare, ma senza pretesa alcuna di esaustività, le ricerche sui programmi logici con modelli stabili infiniti decidibili³⁸; la confutazione di una congettura di decidibilità avanzata da Vardi nell'ambito delle logiche modali e descrittive con punti fissi e modalità graduate³⁹; lo studio delle logiche descrittive non

³⁸ Cfr. S. Baselice, P.A. Bonatti, G. Criscuolo, *On finitely recursive programs*, in *Proceedings of the 2007 Int. Conference on Logic Programming*, 2007, pp. 89-103.

³⁹ Cfr. P.A. Bonatti, *On the undecidability of description and dynamic logics with recursion and counting*, in *Proceedings of the 2003 Int. Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2003, pp. 331-336;

monotone e le applicazioni alle politiche di sicurezza e privacy, all'ingegneria della conoscenza e all'analisi automatica di programmi; le indagini sul *model checking* di sistemi ricorsivi e sul model checking che sfrutta logiche modali basate su intervalli⁴⁰.

In conclusione, è doveroso sottolineare che l'istituzione dei nuovi corsi di studio in informatica presso la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali nel 1998-1999 rifletteva un'esigenza reale del territorio, non solo in termini di attrattività, come è stato già rilevato, ma anche per gli sbocchi occupazionali previsti. I risultati occupazionali sono andati anche al di là delle aspettative iniziali: in un territorio afflitto da alti livelli di disoccupazione giovanile ancora nel primo decennio di questo secolo, i laureati in informatica della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, compresi i diplomati e i laureati dei corsi triennali, hanno trovato di regola una rapida collocazione professionale in ambito locale o nazionale. Le attività di tirocinio svolte sistematicamente presso aziende informatiche operanti sul territorio campano, curate soprattutto da Anna Corazza, hanno contribuito in modo significativo a ottenere risultati tanto lusinghieri.

I corsi di laurea in Informatica sono rimasti incardinati nella Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali fino alla soppressione di tutte le facoltà dell'Ateneo fridericiano e fino alla confluenza, avvenuta nel 2013, nel nuovo Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione.

P.A. Bonatti, A. Peron, *On the undecidability of logics with converse, nominals, recursion and counting*, in «Artificial Intelligence», 158, 2004, pp. 75-96.

⁴⁰ Cfr. L., Bozzelli, S. La Torre, A. Peron, *Verification of well-formed communicating recursive state machines*, in «Theoretical Computer Science», 403, 2008, pp. 382-405.