UMBERTO COLOMBO (*)

Ricerca scientifica, innovazione tecnologica e competività internazionale

La posizione dell'Europa e il contributo italiano (**)

Introduzione

Quando ho ricevuto dal nostro Presidente Prof. Marini Bettolo la proposta di tenere questa prolusione, mi sono sentito al tempo stesso onorato e imbarazzato. Mi domandavo, infatti, se potesse avere un significato positivo la scelta di un argomento così orizzontale, per molti aspetti generico e diverso dalla trattazione, sia pure — come si usa in queste occasioni — in termini divulgativi, dei progressi in un particolare campo della scienza.

Le Accademie, per tradizione, privilegiano la ricerca fondamentale rispetto a quella applicata e spesso considerano la tecnologia argomento estraneo al loro mondo, pur non ignorando i profondi legami fra conoscenza scientifica, sviluppo tecnologico e progresso economico e sociale. È, questo, un atteggiamento per molti versi comprensibile, perché chi si occupa di scienza operando alle frontiere del sapere è talmente preso dal suo lavoro da non avere né il tempo né la disposizione psicologica per dedicarsi agli aspetti e ai problemi collocati « a valle » della ricerca scientifica stessa. E anche quando famosi scienziati si sono occupati di tecnologia (vorrei citare Lawrence, Fermi, e, in epoca attuale, Carlo Rubbia), lo hanno fatto per disegnare, costruire e mettere in funzione gli strumenti necessari a far progredire le loro ricerche scientifiche.

So che è pericoloso generalizzare, e che nessun esempio ha un carattere di paradigma assoluto: quello che voglio dire è che il mondo delle Accademie e quello dell'innovazione tecnologica sono, ancora oggi, alquanto separati, anche se si sente il bisogno, e lo sforzo della nostra gloriosa Accademia in quest'ultimo periodo ne è testimonianza, di costituire il terreno per un dialogo

---

(*) Socio dell'Accademia, Presidente dell'ENEA.

(**) Prolusione per l'inaugurazione del 202° Anno Accademico 1984.

fertile e produttivo sia per la scienza, sia per lo sviluppo tecnologico e in definitiva per la soluzione dei gravi e strutturali problemi che assillano la società moderna.

Il senso, dunque, di una conferenza su questo argomento nella nostra sede accademica, mi è sembrato dovesse essere quello di contribuire a un dialogo di cui c'è un bisogno sempre maggiore.

Ho impostato la conferenza dividendola in tre parti: una a carattere generale, nella quale illustro le caratteristiche che oggi presenta il processo di innovazione tecnologica, mostrando come esso sia più connaturato a paesi come Stati Uniti e Giappone che alla vecchia Europa, ancora troppo legata a tradizioni e schemi del passato. Nella seconda parte esamino invece le opportunità che si presentano all'Europa, purché essa sappia darsi una strategia propria senza imitare pedissequamente modelli a lei non affini. Infine, nella terza parte discuto brevemente la posizione del nostro paese, cercando di presentarne un quadro il più obiettivo possibile, e quindi non trionfalistico né catastrofico.

L'innovazione tecnologica, oggi

I grandi cambiamenti che l'innovazione tecnologica sta provocando in tutto il mondo sconvolgono non solo le economie delle società industriali ma persino il modo di vivere e lavorare di tutte le popolazioni. Questo stato di cose rende sempre più difficile il ruolo di chi cerca di produrre scenari e previsioni validi e durevoli. Ancora ieri, immaginare uno scenario tecnologico con un orizzonte di dieci-quindici anni significava essenzialmente proiettare sul futuro l'andamento di alcune variabili fra loro relativamente indipendenti. Oggi la difficoltà di uno scenario non consiste tanto nella numerosità delle variabili e nell'aleatorietà delle incognite, elementi questi che la sempre maggiore raffinatezza e sofisticazione degli strumenti di previsione riesce in larga misura a compensare e a mettere sotto controllo. Essa sta nel fatto che oggi, quando si parla di innovazione, non ci si riferisce più al tradizionale processo lineare che parte da una scoperta scientifica (o anche soltanto dall'osservazione empirica di un fenomeno), per passare attraverso la ricerca applicata, lo sviluppo tecnologico su piccola scala, fino ad arrivare ad applicazioni industriali di dimensioni sempre maggiori. L'innovazione è oggi piuttosto il risultato della combinazione di un numero molto grande di possibilità offerte dalle tecnologie emergenti e dalla ricerca di base che ad esse è sottesa. Tutto ciò aumenta i gradi di libertà nell'affrontare problemi di produzione, sia essa agricola, industriale o di servizi, e nella stessa individuazione di bisogni da soddisfare.

Per comprendere come questo avvenga, non occorre tanto esaminare le singole tecnologie oggi disponibili o in fase di sviluppo, quanto piuttosto rendersi conto di come queste interagiscono fra loro e un po' con tutti i settori dell'economia. Le nuove tecnologie non si limitano a quelle più note dell'elettronica e informatica, anche se queste ultime oggi stanno forse giocando il ruolo

più appariscente. La figura 1 indica schematicamente le interazioni tra le diverse tecnologie; le tabelle 1, 2, 3, 4 elencano invece alcuni dei prodotti o dei processi che afferiscono ad ognuna di esse.

Ogni industria, nuova o tradizionale, è oggi utilizzatrice delle tecnologie emergenti, e ne potrà sempre più ricavare immensi benefici in termini di produttività, qualità dei beni e dei servizi prodotti, flessibilità operativa. Per comprendere questa situazione, si deve immaginare che ciascun settore industriale sia immerso nel campo di forza delle tecnologie, come è quello schematizzato dalla figura 1, e mentre ne subisce gli influssi, a sua volta modifica con la sua presenza attiva la struttura del campo stimolando nuove soluzioni e interazioni. A loro volta, i settori dell'economia e dell'industria sono assai numerosi e anche essi interagiscono fortemente tra di loro, creando così un campo di forza dei settori.

Il cambiamento che tutto ciò comporta è enorme. Uno degli esempi più vistosi viene proprio dall'agricoltura, un settore un tempo chiuso su se stesso, ma oramai sempre più dipendente da attività come l'informatica, l'energia, l'ingegneria genetica e persino le tecnologie spaziali (data la diffusione crescente del telerilevamento e delle informazioni meteorologiche). La combinazione di questi diversi elementi rappresenta un contributo rivoluzionario al modo di concepire l'agricoltura, che diventa essa stessa assimilabile a un settore industriale altamente intensivo oltre che di capitali, di conoscenze scientifiche e tecnologiche, e fortemente terziarizzato (tabelle 5, 6, 7).

Il cambiamento in atto ha una portata del tutto generale e tale da far scomparire la distinzione classica fra settori avanzati e settori maturi, in base alla quale i primi sono fortemente innovativi e i secondi sono ormai assestati su tecnologie e prodotti ben definiti, e destinati al declino. Ogni settore tradizionale (dall'agricoltura, al tessile e all'abbigliamento, dall'industria dell'automobile a quella delle calzature), se opportunamente aggredito da uno sforzo di ricerca a livello adeguato, può diventare « di punta ». Anche perché, di fatto, l'innesto in questi settori delle nuove tecnologie, consente non solo di migliorare in modo prima inconcepibile la produttività del lavoro e di promuovere l'uso di nuovi materiali, ma di incidere sulla qualità dei prodotti, che possono essere realizzati in modo diversificato per rispondere alle esigenze di una domanda sempre più sofisticata.

Un'altra importante conseguenza, è che la trasformazione tecnologica di cui parliamo contribuisce a rendere obsolete anche le concezioni classiche della divisione internazionale del lavoro, secondo le quali i settori maturi, e in particolare quelli a più alta intensità di mano d'opera, dovrebbero progressivamente dislocarsi nei paesi in via di sviluppo, per la perdita di competitività da parte dei paesi avanzati i quali, nel frattempo, dovrebbero proiettarsi sui settori di punta.

Vorrei osservare a questo punto che il nuovo modo di innovare richiede la costruzione di un disegno strategico globale, a partire ad elementi tecnologici, idee di mercato, invenzione di bisogni nuovi, stimolo a rovesciare solu-

Fig. 1. – *Il campo di forza delle tecnologie*

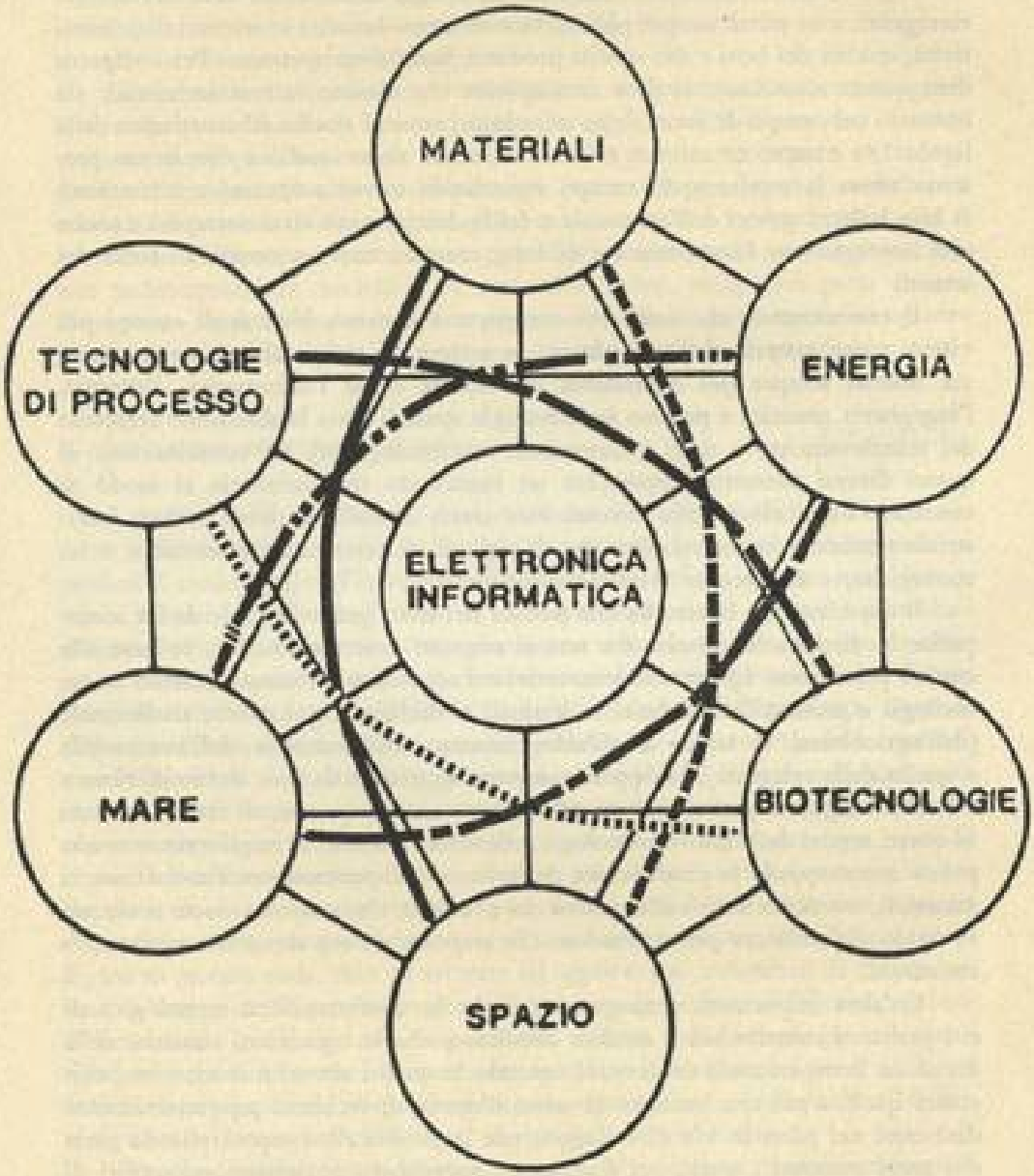


Tabella 1. – *Elettronica – Informatica*

VLSI
MICROPROCESSORE
DISPOSITIVI PER REGISTRAZIONE MAGNETICA
DISPOSITIVI PER REGISTRAZIONE OTTICA
MICRO DISCHI
STAMPATI A LASER
DISPLAY PIATTI
GIUNZIONI JOSEPHSON
SENSORI
SENSORI A FIBRE OTTICHE
FACSIMILE
OLOGRAFIA
SISTEMI AUDIO-VIDEO
SINTESI DELLA VOCE
INTELLIGENZA ARTIFICIALE
COMPUTER DELLA QUINTA GENERAZIONE
COMPUTER OTTICO
BIOCOMPUTER

Tabella 2. – *Materiali*

FIBRE STRUTTURALI (ARAMIDICHE, DI CARBONIO, CERAMICHE, METALLICHE)
COMPOSITI
PLASTICHE DA INGEGNERIA
LEGHE POLIMERICHE
SEMICONDUTTORI
SILICIO AMORFO
SUBSTRATI PER ELETTRONICA
FERRITI
FOTORESIST
PLASTICHE CONDUTTRICI (PER ADDITIVI)
PLASTICHE INTRINSECAMENTE CONDUTTRICI
ADESIVI
INCHIOSTRI
FIBRE OTTICHE
MEMBRANE
ELETTROLITI SOLIDI
GOMMA DA GUAYULE

Tabella 3. – *Tecnologie di processo*

TRASFORMAZIONI DI FASE
TRATTAMENTI SUPERFICIALI
METALLURGIA DELLE POLVERI
LASER
ROBOT
SISTEMI PRODUTTIVI FLESSIBILI
FILM SOTTILI
SEPARAZIONE
FLUIDI SUPERCRITICI
MICROINCAPSULAZIONE
RILASCIO PROGRAMMATO

ENERGIA

REATTORI NUCLEARI VELOCI AUTOFERTILIZZANTI
FUSIONE NUCLEARE
CONVERSIONE FOTOVOLTAICA DELL'ENERGIA SOLARE
CELLE A COMBUSTIBILE
CAVI A SUPERCONDUTTORI

Tabella 4. – *Biotecnologie*

ENZIMI
INGEGNERIA GENETICA
NUOVI FARMACI DA DNA RICOMBINANTE
NUOVI VACCINI
NUOVI ALIMENTI
NUOVE SPECIE VEGETALI
NUOVI PESTICIDI
LOTTA BIOLOGICA INTEGRATA
IBRIDOMA
DIAGNOSTICI
ORGANI UMANI ARTIFICIALI
BIOCHIPS

SPAZIO

SATELLITI
METEOROLOGIA
TELECOMUNICAZIONI
TELERILEVAMENTO
PRODUZIONE E TRATTAMENTO MATERIALI
PIATTAFORME ENERGETICHE SOLARI

MARE

COLTIVAZIONE (ALIMENTI, MATERIE PRIME)
RECUPERO DI ELEMENTI DISPERSI
MINERALI DAI FONDALI

Tabella 5 – *Agricoltura 1 – L'agricoltura riceve beni e servizi da altri settori*

AGRICOLTURA
SEMENTI

BIOINDUSTRIA
NUOVE SEMENTI PER SPECIE PRECOCI, PER PIANTE CON FRUTTI DI GEOMETRIA ADATTA (AD ES., CILINDRICA), O A MATURAZIONE CONTROLLATA (IN UN DETERMINATO PERIODO); NUOVI PESTICIDI (AD ES., FEROMONI)

CHIMICA
FERTILIZZANTI, INSETTICIDI, ERBICIDI, FUNGICIDI, AGROCHIMICI, SERRE, TUBAZIONI

MECCANICA
TRATTORI, ARATRI, RACCOGLITORI

INFORMATICA
GESTIONE, INFORMAZIONE

ENERGIA
PER LA LAVORAZIONE DELLA TERRA, SERRE, RACCOLTA, ESSICCAMENTO

SPAZIO
TELERILEVAMENTO, SATELLITI METEOROLOGICI

Tabella 6. – *Agricoltura 2 – L'interazione tra settori stimola la creazione di nuovi beni e servizi*

BIOLOGIA + CHIMICA + ELETTRONICA
LOTTA BIOLOGICA INTEGRATA MONITORAGGIO LOCALE

+ INFORMATICA + SPAZIO
CONTROLLO ESTESO

CHIMICA + PEDOLOGIA
PRODOTTI (AD ES. FERTILIZZANTI) SU MISURA PER IL TERRENO

+ ELETTRONICA
SENSORI PER LE ANALISI

+ INFORMATICA
SERVIZIO INFORMAZIONI SU PRODOTTI E LORO MODALITÀ D'IMPIEGO

MECCANICA + CHIMICA
SISTEMI D'IRRIGAZIONE

+ ELETTRONICA
SENSORI PER MISURARE L'UMIDITÀ DEL TERRENO
SISTEMI AUTOMATICI D'IRRIGAZIONE (GOCCIA A GOCCIA)

+ INFORMATICA + SPAZIO
SERVIZIO DI INFORMAZIONI METEOROLOGICHE E DELLE CONDIZIONI DEL TERRENO

MECCANICA + ELETTRONICA
RICONOSCIMENTO DELLA NATURA, DIMENSIONE, COLORE DEI PRODOTTI, PER LA LORO CERNITA.

Tabella 7. – *Agricoltura 3 – Servizi informatici. Via terminale*

GESTIONE AZIENDALE
ECONOMIA, FINANZA, MATERIALI, MACCHINE, PRODOTTI

MERCATO
COSTI, PREZZI, DISPONIBILITÀ

METEREOLOGIA
CLIMA, ACQUA, CONSIGLI SULLE COLTIVAZIONI

TECNOLOGIE SPECIFICHE
COLTIVAZIONE GRANO, MELE, CAVOLI, ALLEVAMENTO MAILI, API

SERVIZI
FERTILIZZAZIONE, LOTTA ALLE PESTI, ANALISI TERRENO

ASSISTENZA AL MARKETING

CORSI DI ISTRUZIONE

CONSULENZE
TECNICHE, FISCALI

Tabella 8. – *Il Giappone punta ancora sull'acciaio*

ANNI 1950
RICORSO ALLA TECNOLOGIA ESTERA
ESPANSIONE DEL MERCATO INTERNO
SVILUPPO DI UNA TECNOLOGIA NAZIONALE
INTRODUZIONE DEL CONVERTITORE A OSSIGENO (PROCESSO LD)

ANNI 1960 *E* 1970
AUMENTO DELLA CAPACITÀ PRODUTTIVA E DELLA PRODUTTIVITÀ
MIGLIORAMENTO DI QUALITÀ, AFFIDABILITÀ, SICUREZZA
CONTROLLO NUMERICO DI PROCESSO
NUOVE ACCIAIERIE INTEGRATE SUL MARE

ANNI 1980
NUOVI PRODOTTI (LAMINATI ULTRARESISTENTI, E TENACI, LAMINATI BASSO LEGATI TRATTATI IN SUPERFICIE, PRODOTTI SVILUPPATI IN COLLABORAZIONE CON L'INDUSTRIA MECCANICA, PRODOTTI SPECIALI)
PROCESSI PIÙ EFFICIENTI (COLATA CONTINUA, CARICAMENTO A CALDO, LAMINATURA A STAMPAGGIO DIRETTA A CALDO, RICOTTURA IN CONTINUO) (COLATA CONTINUA: GIAPPONE 86 %, EUROPA 61 %, USA 26 %)
PROCESSI MENO CONSUMATORI DI ENERGIA
MAGGIORE PRODUTTIVITÀ
COOPERAZIONE TECNICA INTERNAZIONALE
R & D (RIDUZIONE DIRETTA DEL MINERALE)

zioni tecnologiche e modi di produrre e vendere tradizionali, ed è soprattutto il risultato del modo di procedere e operare di paesi come gli Stati Uniti e il Giappone, che hanno strutture della società e culture profondamente diverse da quelle della tradizione europea. Per affrontare questo argomento, vorrei dare, con esempi concreti, un'idea di come si comportano di fronte ad esse il Giappone, gli Stati Uniti e i Paesi europei.

Le nuove tecnologie originano in molti casi nuovi settori, danno vita a nuovi prodotti e a nuovi procedimenti produttivi. Dalla loro interazione possono avviarsi processi di cambiamento di settori di attività industriale e di servizio, nuovi o maturi. Il progresso delle conoscenze legate alle tecnologie dell'informazione sta portando, oggi, per esempio, allo sviluppo del calcolatore della quinta generazione, una macchina intelligente, cioè capace non solo di accumulare informazioni e di svolgere calcoli secondo programmi e argomenti prestabiliti, ma di sviluppare deduzioni complesse, compiere scelte, apprendere (vedi figura 2).

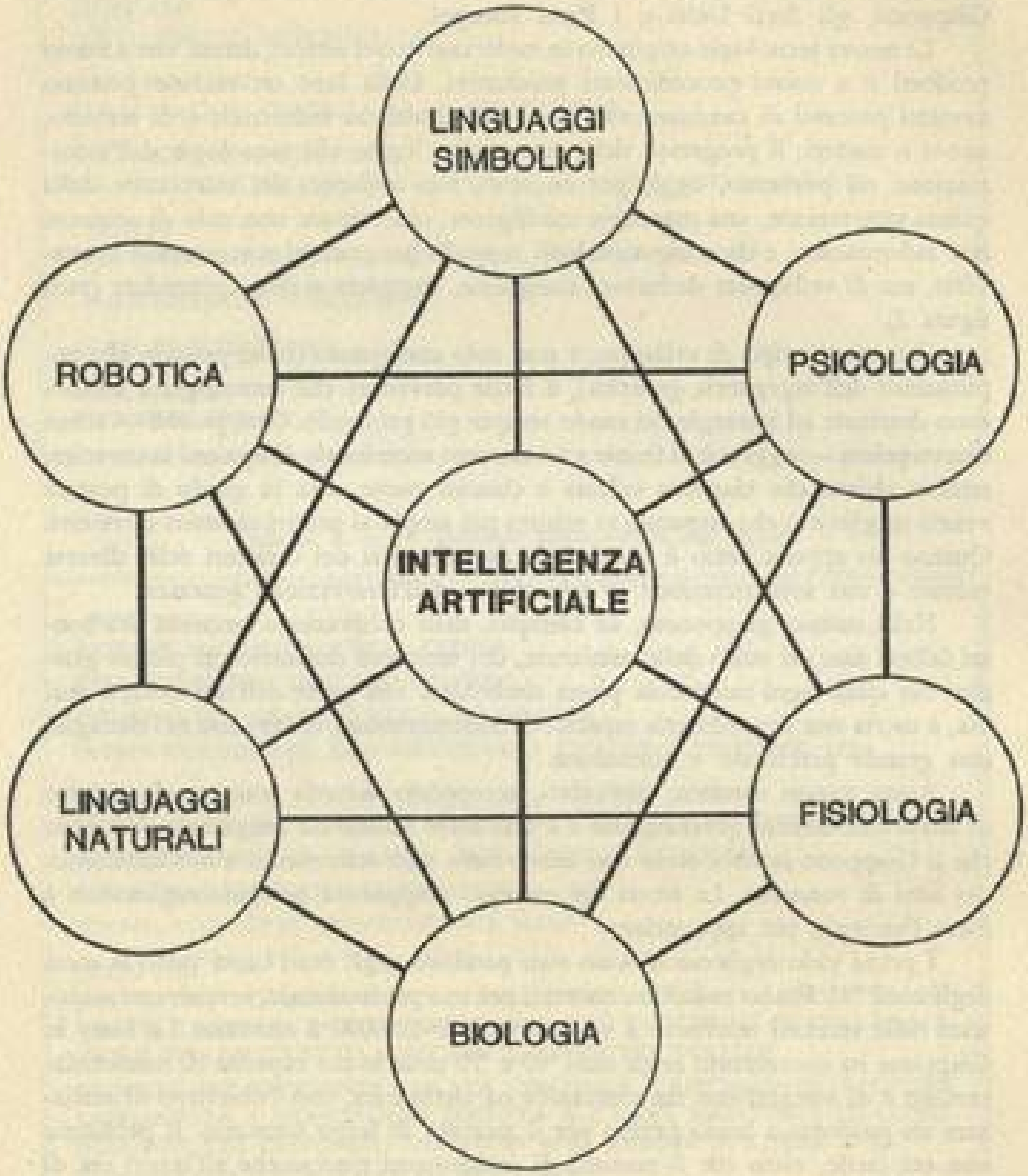
Con questo tipo di sviluppo, e non solo con questo (basti pensare alle implicazioni dell'ingegneria genetica), è facile prevedere che tecnologia e cultura sono destinate ad interagire in modo sempre più profondo. Ora, poiché — come dicevo prima — oggi si è di fronte a un numero eccezionale di opzioni innovative, sembra chiaro che ciascuna cultura e ciascun paese, sarà in grado di portare avanti meglio ciò che risponde in misura più ampia ai propri caratteri distintivi. Quanto ho appena detto è verificabile da un'analisi dei caratteri delle diverse culture e una interpretazione in tale chiave dell'innovazione generata.

Nella cultura giapponese, ad esempio, dalla coltivazione amorosa dei bonsai (alberi nani) al culto delle miniature, dei tempietti domestici, ai piccoli giardini nei quali ogni minuscola pietra simbolizza una parte dell'universo, e così via, è uscita una straordinaria capacità di miniaturizzare, di lavorare nel dettaglio con grande precisione e attenzione.

Senza questo carattere distintivo, accoppiato tuttavia a un grado elevato di istruzione tecnica generalizzata e a una forte tradizione artigianale, è dubbio che il Giappone sarebbe stato così bravo nella microelettronica e nell'elettronica dei beni di consumo. La storia del successo giapponese nei videoregistratori è forse l'esempio più appropriato.

I primi videoregistratori sono stati prodotti negli Stati Uniti verso la metà degli anni '50. Erano macchine enormi, per uso professionale, e venivano acquistate dalle stazioni televisive a un costo di 60-100.000 $ ciascuna. La Sony in Giappone ha concentrato negli anni '60 e '70 tutte le sue capacità di miniaturizzazione e di integrazione fra meccanica ed elettronica, con l'obiettivo di realizzare un prodotto a basso prezzo per il mercato di largo consumo. Il problema non era facile, visto che il numero di componenti meccaniche all'inizio era di quasi 2.000. La miniaturizzazione spinta ha richiesto innovazioni volte a ridurre i numero delle componenti e il rispetto di tolleranze di 1c per il movimento della testina magnetica e del tamburo ruotante. Nel 1975 la stessa Sony è uscita sul mercato col videoregistratore Betamax, di cui ha venduto il primo anno

Fig. 2. – Schematizzazione di alcune delle intersettorialità dell'intelligenza artificiale



160.000 esemplari. Una innovazione molto importante del Betamax era il sistema di registrazione Azimuth, che ha consentito l'utilizzazione dell'intera superficie del nastro per la registrazione. Ma il Betamax aveva un limite: era stato concepito per realizzare registrazioni di programmi della durata massima di un'ora. La Matsushita Electric e la Victor, pure giapponesi, hanno sviluppato, in concorrenza con la Sony, videoregistratori in grado di registrare programmi di 3-4 ore, tali cioè da comprendere ampiamente una partita di calcio, una gara di golf, un qualsiasi avvenimento sportivo. Oggi l'elettronica giapponese, Sony in testa, vende circa otto milioni di videoregistratori l'anno, con una quota di mercato del 90 % a livello mondiale. Fra le « invenzioni » di marketing via via introdotte per tener viva la domanda del mercato ci sono la possibilità di vedere le immagini al rallentatore, di programmare le registrazioni su base settimanale, di effettuare doppiaggi, di accoppiare due canali audio distinti a un singolo nastro video, di rintracciare prontamente con un rapido sistema di replay qualsiasi sequenza desiderata.

Fra le capacità della cultura giapponese vi è quella di integrare elementi di diversa origine, nel caso dei videoregistratori, meccanica di precisione ed elettronica. Incidentalmente, i giapponesi hanno coniato per primi il termine « mechatronics » che ora sta entrando nel linguaggio internazionale corrente.

Dice Masanori Moritani, un ricercatore del Nomura Research Institute, nel suo recente libro, che la grande forza della tecnologia giapponese sta nella « skillful integration of different processes and products » e aggiunge che la tecnologia dell'integrazione, applicazione e sistematizzazione nello sviluppo di nuovi prodotti è oggi la forza dominante dell'industria mondiale: in questo campo « Japan is in its element ».

Se i videoregistratori sono il più facile esempio di successo recente dell'industria giapponese, l'esempio senz'altro più vistoso della sua capacità d'integrazione è quello della siderurgia (tabella 8). Gli altiforni usati per produrre la ghisa sono stati progettati dai giapponesi copiando tecnologie americane ed europee (tedesche in particolare) ben note, ma adattandole alle peculiari esigenze di un paese come il Giappone, caratterizzato da forti e frequenti attività sismiche, terreno non solido per le fondazioni, necessità di usare acqua di mare per il raffreddamento. La tecnologia per convertire la ghisa in acciaio è stata importata dall'Austria (processo LD); quella dei laminatoi è stata trapiantata dagli Stati Uniti; la colata continua è stata introdotta acquisendo licenze in Svizzera, Germania, Unione Sovietica. Tutte queste tecnologie dalle origini più disparate, sono state interiorizzate e perfettamente integrate dai giapponesi, che per primi hanno computerizzato il controllo di processo ottenendo prestazioni eccezionali. La cura di ogni dettaglio e di ogni aspetto del processo produttivo, dai consumi energetici al controllo di qualità, all'analisi spinta dei fattori determinanti aumenti di produttività e riduzione di costi, tutto ciò ha portato il Giappone a primeggiare nel mondo in questo settore.

Altri esempi di innovazione di marketing legati alla capacità di integrare elementi tecnologici diversi sono il « Walkman » della Sony, le macchine foto-

grafiche computerizzate della Canon (dalla AE1 fino all'Auto-boy) che hanno consentito a quella impresa, in passivo nel 1975, di diventare leader a livello mondiale (fig. 3), gli orologi analogico-digitali della Citizen e della Seiko, che hanno contribuito anche in questo settore al primato mondiale giapponese (nel 1980, 60 milioni di orologi venduti).

La capacità di concentrare immense risorse e di avviare e sostenere programmi di lungo termine è un altro portato della cultura giapponese. Una volta arrivati al consenso generale sulla validità e l'interesse di certi interventi, tutti gli attori interessati vi si adeguano. Nel campo della ricerca scientifica e della promozione industriale è determinante l'azione del MITI (Ministero dell'Industria e del Commercio Estero) che, oltre ad essere il punto di riferimento e di raccolta del dibattito, svolge il ruolo di guida strategica per l'industria giapponese (la figura 4 rappresenta le attuali priorità del MITI sui settori di punta).

È molto probabile che il Giappone, grazie alle sue capacità eccezionali di integrare elementi tecnologici diversi e di origine più disparata, sia destinato a raccogliere ancora ulteriori successi nell'industria automobilistica. Questo perché l'automobile, un prodotto che fino a pochi anni fa era considerato maturo, è destinato a trasformarsi profondamente. Cambiano infatti non solo i processi di produzione e i materiali di cui è fatto, ma sulla spinta dell'incontro tra nuove domande della società (risparmio di energia, riduzione dell'inquinamento, aumento della sicurezza, maggiore comfort e guida più facile) e nuove numerosissime soluzioni tecnologiche disponibili, si modifica radicalmente la stessa concezione del suo funzionamento. Il vero centro dell'evoluzione del prodotto « automobile », e il vero punto di forza del Giappone sta nella sua trasformazione da complesso meccanico a complesso elettronico. Le trasformazioni non riguardano singoli dispositivi, rivolti a risparmiare energia, a evitare inquinamenti insopportabili, o a migliorare e a rendere più stabili e affidabili le prestazioni del mezzo, ma puntano globalmente a una sua concezione sostanzialmente nuova. Il problema non è quello dei microchip o dei singoli componenti elettronici che possono essere messi a punto con maggiore o minore facilità. Si tratta in sostanza di tradurre un ambiente meccanico di tipo analogico, qual'è oggi l'automobile, in un ambiente elettronico digitale utilizzando strumenti come i microprocessori, i sensori, gli attuatori, i convertitori analogico-digitale. Sono i componenti essenziali di questa trasformazione che devono ancora essere realizzati, tanto che ci si chiede se questa componentistica nuova potrà essere sviluppata direttamente dall'industria automobilistica o se non darà piuttosto luogo a nuove opportunità per industrie di altri settori o addirittura per « newcomers », come è avvenuto, ad esempio, a suo tempo nel caso dello sviluppo dell'autoradio con la Motorola.

Gli Stati Uniti si presentano con connotazioni culturali, tradizioni e modi di operare completamente diversi. Non hanno una lunga storia di feudalesimo alle spalle, e sono nati e si sono sviluppati, anche prima dell'indipendenza, come paese del pionerismo, della libera iniziativa, della capacità dei suoi cittadini di rischiare, di assumersi in prima persona tutta una serie di compiti e di

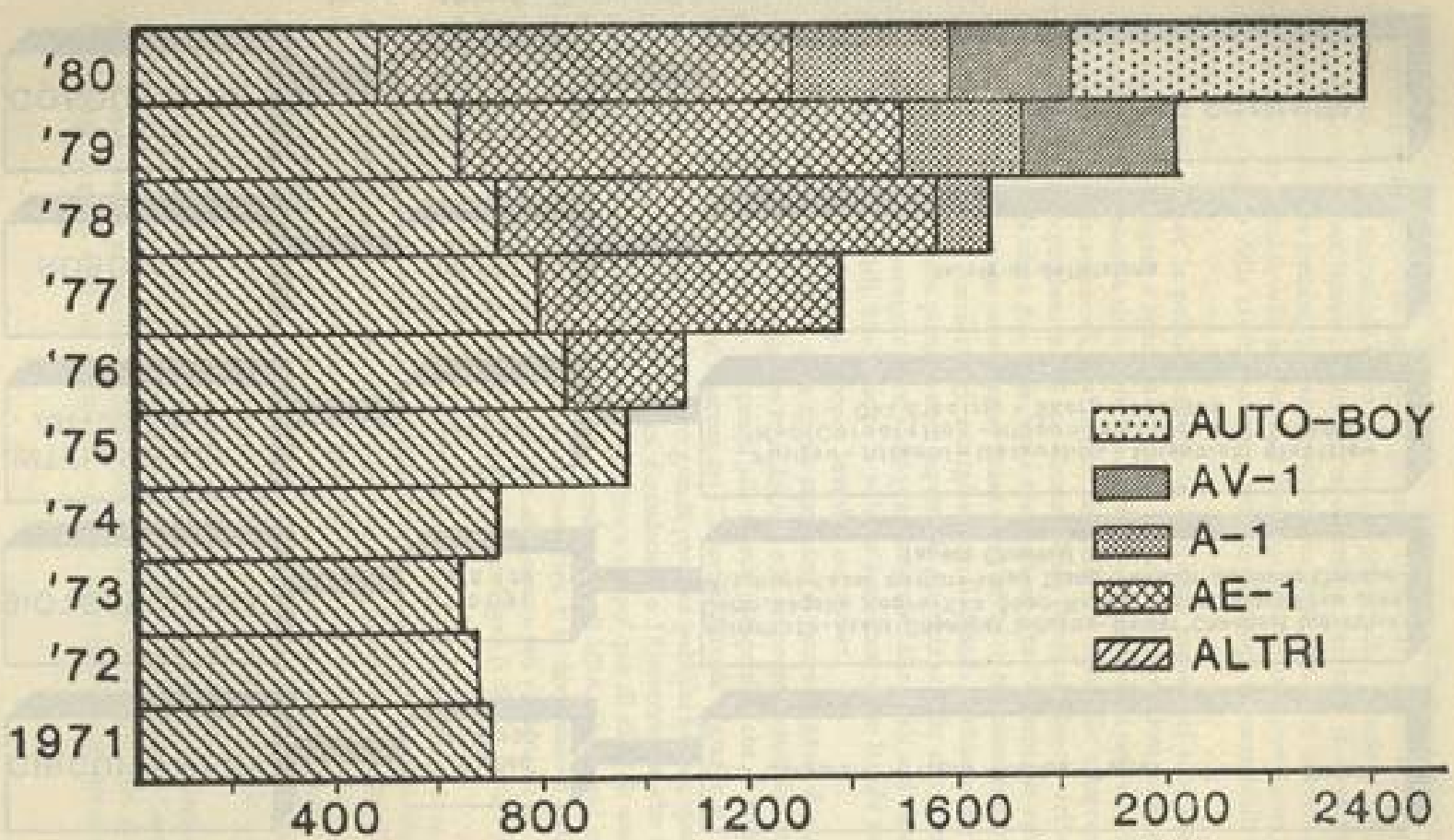


Fig. 3. – Sviluppo della produzione delle macchine fotografiche Canon (migliaia)

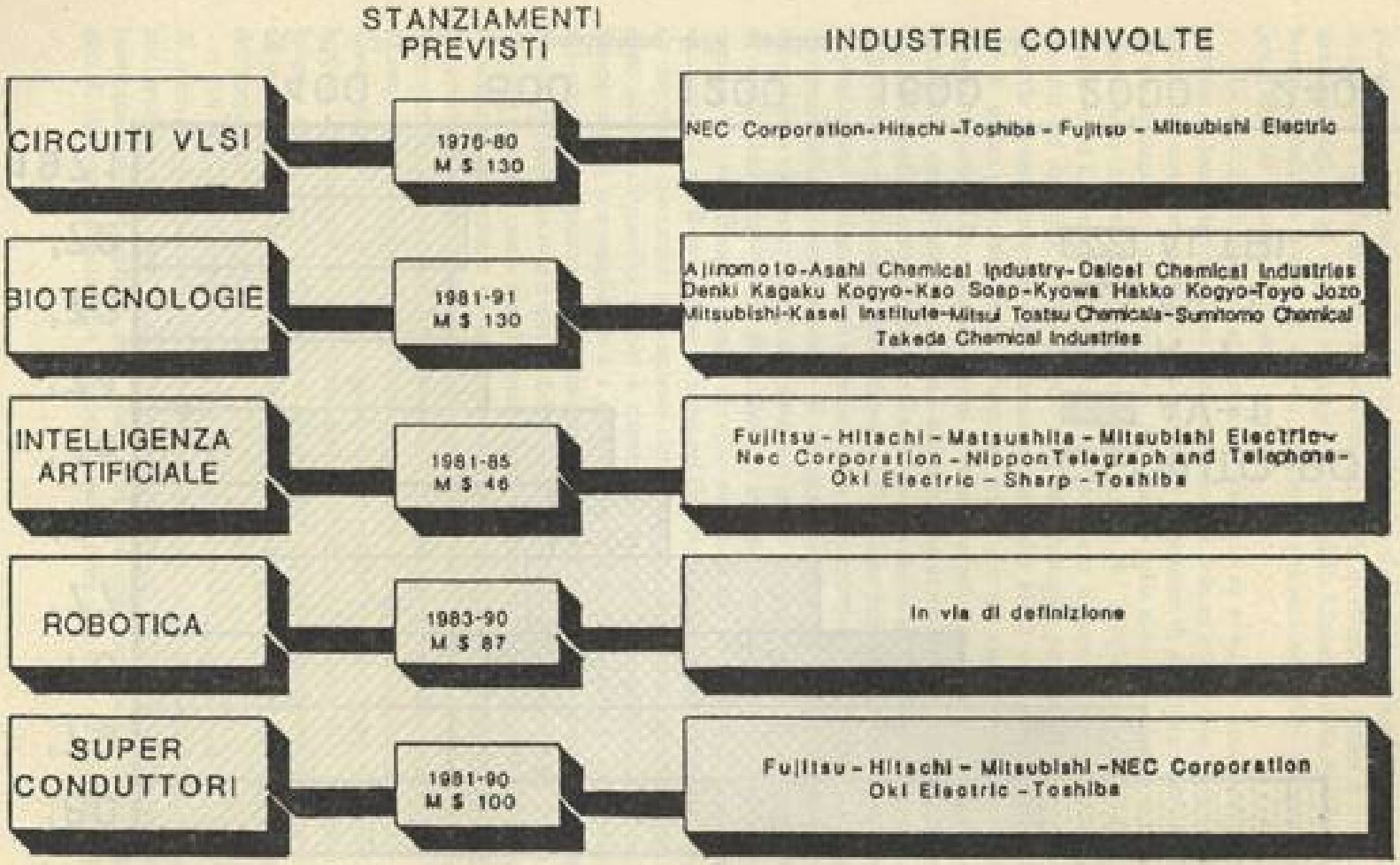


Fig. 4. – MITI: fondi governativi concentrati su 5 linee di progetto

ruoli, altrove di carattere pubblico. Si tratta quindi di un popolo ove l'imprenditorialità è assai diffusa, di un popolo giovane, competitivo, mobile sia territorialmente, sia per istituzioni e per lavoro. Un popolo che, avendo a disposizione immense risorse (spazio, acqua, terra coltivabile, minerali di ogni tipo), ha sempre pensato in termini di ricerca e sfruttamento di quelle più convenienti, piuttosto che in termini della necessità di farne un uso parsimonioso, atteggiamento invece tipico della civiltà povera e radicata da tempi immemorabili alla propria terra.

Nella fase attuale la politica economica americana punta, nei suoi diversi interventi, a dare vigore e spazio a chi è più deciso a intraprendere, a favorire chi è più concorrenziale, a rimuovere le barriere alla mobilità delle persone, delle organizzazioni, delle soluzioni, e a ridurre la tutela accordata alle componenti più statiche e meno produttive del suo sistema. Essa punta al rilancio dell'economia per mezzo di chi è più forte, nella convinzione che l'espansione economica e di occupazione che ne consegue possa avere effetti di trascinamento e far ricadere una parte dei benefici sugli emarginati e sui deboli. E chiaro che tale politica mette in secondo piano quegli aspetti di giustizia sociale che portano invece a politiche di sostegno diretto dei più bisognosi, alle quali noi europei siamo invece più sensibili. Ma valutare la politica americana sotto la sola angolatura della cultura sofisticata europea sarebbe un errore.

L'aspetto forse più tipico della spinta americana al cambiamento è il gigantesco sforzo di ricerca e di sviluppo tecnologico, e la prontezza con cui le strutture che vi si dedicano sanno adeguarsi alle nuove prospettive che si aprono. Si tratta di uno sforzo al quale concorrono l'industria piccola e grande e i privati in generale, l'Amministrazione con grandi progetti pubblici (difesa, spazio), le istituzioni come la National Science Foundation o l'Università, e che è di gran lunga il più importante nel mondo. Fino a un po' più di dieci di anni fa ben il 75 % della tecnologia mondiale era prodotta dagli USA. Oggi quel paese produce ancora il 50 % della tecnologia innovativa e la diminuzione non va attribuita a un indebolimento del paese ma allo sforzo più consistente di altri (Giappone, Europa) e al nascere di nuovi poli tecnologici (i NICs, ossia i paesi di nuova industrializzazione).

Uno degli esempi più innovativi dell'Amministrazione reaganiana nel campo della ricerca è costituito dalle R&D Partnerships, un modello che ha avuto origine verso la fine del 1982. Queste entità giuridiche, assimilabili per molti versi a vere e proprie imprese, possono usufruire della consulenza gratuita del Department of Commerce in materia normativa, organizzativa e fiscale. Esse gestiscono per conto di partners progetti di ricerca specificamente finalizzati alle attività di industrializzazione e commercializzazione delle nuove idee e dei processi tecnologici per il cui sviluppo sono nate.

Le R&D Partnerships sono parenti, e in un certo senso ne costituiscono una variante più efficace, delle ormai notissime iniziative di « Venture Capital » tese ad ampliare le possibilità di finanziamento dei processi innovativi di una determinata impresa o di un gruppo di imprese. Ma non sono la stessa cosa.

Infatti, una R&D Partnership nasce per realizzare uno specifico progetto innovativo e deve portarlo fino alla fase conclusiva (vedi esempi in tabella 9). Le R&D Partnerships vengono gestite da un unico partner, il General Partner, e sono finanziate da una pluralità di soggetti: aziende del settore tecnologico o di mercato coinvolto, aziende esterne al settore, piccoli risparmiatori, investment-brokers, soggetti specializzati nelle attività di consulenza in cui opera la R&D Partnership considerata, ecc.

Un altro strumento di recente creazione per la spinta dell'innovazione è rappresentato dai « Centers for Industrial Technology ». Questi centri sono affiliati ad università e altri organismi non a fini di lucro. Essi hanno come obiettivo la promozione e l'intensificazione dei processi innovativi mediante la partecipazione delle imprese e delle università ad attività cooperative di innovazione. Ma sono anche incaricati, ed è questo l'aspetto più originale dello sviluppo delle tecnologie di base legate a tecnologie manufatturiere, della formazione e addestramento ai processi innovativi, e dell'utilizzazione delle capacità di ricerca e conoscenze dei laboratori federali. Queste funzioni si traducono in una forma nuova di cooperazione tra università e impresa che comporta, soprattutto per le imprese di piccola e media dimensione, la possibilità di disporre di consulenze al più alto livello per la valutazione e lo sviluppo di idee innovative.

Queste nuove modalità istituzionali di finanziamento alla ricerca, nate soprattutto per attrarre gli investitori verso i rischi elevati che una alta creatività comporta, hanno anche lo straordinario vantaggio di apportare fondi privati alla ricerca di base, e di orientare quest'ultima verso campi più promettenti dal punto di vista delle applicazioni potenziali.

Tutto in America concorre (tradizione, spinta al cambiamento, legislazione, sforzo di ricerca) a che il paese sia all'avanguardia nelle nuove tecnologie di punta, più di qualunque altro nel mondo, Giappone compreso. Gli americani hanno superato, in questi primi anni '80, la precedente fase di scoraggiamento, demotivazione, sfiducia nella propria capacità di creare nuove tecnologie e innovare. Oggi nell'elettronica, nell'intelligenza artificiale, nelle telecomunicazioni, nelle biotecnologie, nello spazio, nel mare, molte delle tecnologie chiave sono sostanzialmente americane, anche se può avvenire che in settori più maturi, o anche in quelli avanzati, sfruttando le scoperte tecnologiche fondamentali, altri riescano ad andare avanti meglio e con più perseveranza.

La posizione dell'Europa

L'Europa, a differenza di Stati Uniti e Giappone, ha notevoli difficoltà a innestare nella sua cultura e organizzazione, i cambiamenti esplosivi che le nuove tecnologie comportano. Si tratta di un processo che non sente « suo », non avendolo né innescato né portato avanti. Questa difficoltà, che l'Europa ha tutte le doti per sormontare, si manifesta soprattutto nella mancanza di prontezza dimostrata finora nell'avviare in modo deciso un cambiamento che invece i suoi concorrenti accettano incondizionatamente, certi di essere nel giusto.

Questa situazione può sembrare non del tutto nuova: difatti gran parte delle grandi innovazioni dagli anni '40 in poi (progetto Manhattan ed energia nucleare, nascita dell'elettronica-informatica con lo sviluppo del transistor e gli studi di Von Neumann, grandi sviluppi aereo-spaziali) non sono nate in Europa, ma prevalentemente in America. Eppure, se si guarda in profondità, il modo di ottenere i risultati scientifici, di tradurli in tecnologie, di utilizzare queste ultime, era ancora congeniale alla cultura europea, quando addirittura non era europeo chi guidava negli USA il progetto innovativo (Fermi, von Neumann, von Braun).

Il grande impulso tecnologico che oggi sta trasformando la struttura e l'economica degli Stati Uniti e del Giappone, e che costringe anche noi ad analoghi cambiamenti, è sostanzialmente diverso dal passato e presenta connotazioni tipiche di quei paesi, sia per come nasce e si diffonde l'innovazione, sia per la interconnessione con altri aspetti della società (il mercato, il commercio, la legislazione, il sistema fiscale), sia infine per i caratteri di intensità, di prontezza a tradursi in fatti innovativi, di capacità totalizzante che richiede spesso l'abbandono di soluzioni e modi di vivere legati alla tradizione.

In Europa, ma questo è forse anche un segno di vera civiltà, c'è sempre una forte resistenza a rinunciare alle proprie tradizioni, tanto che la cultura europea ha innovato per secoli innestando il nuovo nelle strutture tradizionali, arricchendole piuttosto che distruggerle e sostituirle.

La domanda che allora ci si deve porre è se l'Europa è in grado di trovare soluzioni a lei più congeniali, se ha gli strumenti per farlo e per rendere vincenti — o almeno capaci di coesistere con quelle che oggi si impongono — queste sue soluzioni.

Vorrei osservare che, alcuni dati complessivi del panorama scientifico e industriale dell'Europa, ci permettono di essere ottimisti. L'industria elettronica e informatica europea, ad esempio, non solo è relativamente competitiva, ma fa anche molta ricerca (si può valutare che nel 1981 la spesa complessiva dei paesi della Comunità per ricerca e sviluppo in questo settore, è stata di circa 9 miliardi di dollari, contro uno sforzo americano di almeno 12 miliardi di dollari). Semmai la sua relativa vulnerabilità rispetto agli USA e al Giappone è dovuta innanzitutto alla mancanza di una solida struttura nei componenti di base (VLSI, componentistica avanzata), un campo strettamente legato alla ricerca di base che però è stato da noi molto trascurato. Il risultato è che l'industria europea in questi comparti soddisfa appena il 10 % del mercato mondiale e il 40 % di quello suo interno. Le imprese europee non producono ancora i componenti più avanzati e sofisticati. Questo perché lo sforzo di ricerca a cui alludevo prima è stato troppo parcellizzato e si è rilevato insufficiente per dare all'Europa in questo settore fondamentale una posizione di forza. Questo esempio dell'industria elettronica serve anche a illustrare quanto possa pesare sui risultati della ricerca la mancanza di strategie e scelte precise. Dal 1977 al 1981 i paesi europei hanno complessivamente investito nello sviluppo dei microprocessori 500 milioni di dollari, contro i 250 del Giappone, che invece è riuscito a recuperare il divario con gli Stati Uniti e a conquistare il 40 % del mercato mondiale.

L'Europa, malgrado la sua grande tradizione matematica e sistemistica, è debole anche nel settore dei calcolatori, innanzitutto quelli grandi, ma pure nei personal computers, l'80 % dei quali è importato dagli USA.

L'Europa comincia a essere in grado di competere, seppure con notevole ritardo, anche in prodotti ricchi di idee innovative che tendono a diventare di grande consumo. Mi riferisco ancora ai videoregistratori che l'Europa oggi importa al 90 % dal Giappone (e, per inciso, c'è da ricordare che gli Stati Uniti non producono questo prodotto). L'Europa, infatti, dispone della nuova tecnologia più sofisticata a luce laser che, negli anni a venire, potrebbe diventare anche vantaggiosa sotto il profilo economico e pertanto penetrare massicciamente il mercato mondiale. D'altronde l'Europa ha già dimostrato che ha le doti per competere, dato che è riuscita a imporsi anche nell'elettronica professionale, assai importante per gli altri settori industriali e per molte delle grandi infrastrutture di servizio (telecomunicazioni, posta, ferrovie, autostrade, ecc.).

Un punto di forza non trascurabile dell'Europa, dovuto alla ricchezza di capacità tecniche nei diversi settori produttivi, consiste nella abilità di inserire quelle tecnologie di punta che conosce e domina bene (robotica, automazione, programmazione computerizzata della produzione, fabbrica flessibile, ecc.) in settori tradizionali ridando loro vita e competitività. L'Europa è creativa, è forte nel disegno industriale, nella moda e nelle attività con un gran contenuto culturale. Si può affermare che l'alta qualità è una caratteristica delle produzioni europee avanzate. Essa fa leva, oggi, oltre che sulle caratteristiche estetiche, anche su un aspetto più scientifico-tecnologico: l'uso intelligente delle nuove tecnologie con tutto ciò che ne deriva (affidabilità, flessibilità).

Si possono citare altri esempi che dimostrano come l'Europa sia oggi un attore non secondario del grande processo innovativo in corso. Alcuni fra i più significativi riguardano aree la cui dimensione in termini di durata e concentrazione di sforzi, di complessità, di investimenti, di mercati da affrontare, sono tali da superare ampiamente, non soltanto le possibilità concrete di intervento di qualsiasi impresa europea, ma anche quelle di un isolato grande paese europeo. Si tratta, ad esempio, di alcuni progetti energetici — come lo sviluppo dei reattori nucleari autofertilizzanti a neutroni veloci, o, a più lungo termine, dei reattori a fusione nucleare. Altri esempi sono: il complesso delle tecnologie biologiche con tutte le conoscenze scientifiche necessarie, o quello delle tecnologie informatiche, dai semiconduttori all'intelligenza artificiale, o ancora le tecnologie spaziali. In questi casi, un solo paese europeo, anche se fosse in grado di portare avanti gli aspetti tecnico-scientifici e industriali (e la Francia ha dimostrato che questo è possibile nel caso dei reattori veloci e dello spazio) si troverebbe poi davanti a difficoltà enormi di penetrazione del mercato e al rischio di una concorrenza spietata, anche sul piano tecnologico, da parte dei grandi concorrenti America e Giappone e degli stessi altri paesi europei che, per tradizione, si alleano spesso con imprese americane o giapponesi per difendere il proprio mercato nazionale dal concorrente europeo che le minaccia.

Sono questi, del resto, i motivi che hanno recentemente spinto a estendere all'intera Europa la collaborazione per lo sviluppo dei reattori veloci, campo nel quale, come è noto, la Francia occupa una posizione di particolare rilievo. Il primo grande reattore mondiale di questo tipo, il Super-Phérux 1, da 1200 Mw, viene infatti costruito (sarà ultimato entro il 1985) da un pool di cinque paesi (oltre la Francia, l'Italia, la Germania, il Belgio e l'Olanda). È recentissima la notizia che anche il Regno Unito ha deciso di aderire al pool per sviluppare in futuro questa filiera tecnologica. Ma in questo caso l'obiettivo principale è di pervenire a un reattore competitivo anche sul piano commerciale coi reattori nucleari convenzionali. L'Europa si pone così veramente all'avanguardia nel settore, e dico Europa in quanto oramai si tratta di un progetto che verrà realizzato col contributo attivo di tutti i maggiori paesi europei.

Ma l'Europa è anche all'avanguardia nello sviluppo delle altre tecnologie nucleari. Dopo aver fatto ricorso inizialmente a produzioni su licenze americane, si nota una tendenza a concentrarsi su un settore unico, quello dei reattori PWR, con chiari vantaggi di standardizzazione e di efficienza. I maggiori paesi della Comunità sono impegnati in un progetto di ricerca e sviluppo comune sui reattori autofertilizzanti e dispongono di tecnologie avanzate del combustibile nucleare (arricchimento isotopico, riprocessamento del combustibile, eliminazione delle scorie).

Sempre nel settore dell'energia, l'Europa ha dovuto sviluppare tecnologie particolari per lo sfruttamento degli idrocarburi del Mare del Nord, con la realizzazione di piattaforme in mare aperto e in condizioni estremamente severe. Per utilizzare il gas algerino si è costruito un metanodotto, costituito da tre condotte di venti pollici di diametro, che attraverso il Mediterraneo per una lunghezza di circa 150 chilometri fino a una profondità di 600 metri. Queste difficili realizzazioni hanno richiesto la messa a punto di tecnologie marine assai avanzate e sofisticate che oggi possiamo ancora perfezionare e esportare.

Un discorso simile vale per lo spazio, dove la Francia, che si trova all'avanguardia in Europa, ha chiesto ed ottenuto per l'ambizioso progetto Ariane, il contributo scientifico, tecnologico e industriale degli altri paesi europei. Disporre di vettori spaziali significa poter attivare tutta una serie di tecnologie e servizi. Uno di questi ultimi è lo SPOT per il telerilevamento della superficie terrestre, che sarà disponibile nel 1985, con immagini tridimensionali e con un potere risolutivo di 10 metri, contro i 30 metri del LANDSAT americano. Lo SPOT si rivolge, ad esempio, ad agricoltori, pianificatori del territorio, geologi e geofisici, ecc. L'impresa che lo gestisce, con capitale europeo pubblico e privato, e con una partecipazione dello Stato francese del 34 %, sta già vendendo il servizio nel mondo (USA compresi) e stimolando la creazione di numerose piccole imprese per l'elaborazione delle immagini. Anche in questo caso la gestione di servizi a livello mondiale richiede uno sforzo gigantesco, prolungato e di rinnovamento continuo, con una dura concorrenza internazionale.

L'esempio dello spazio è molto interessante per comprendere come, anche laddove esiste una leadership americana innegabile, sia possibile per l'Europa

ottenere risultati brillanti e remunerativi. Si tratta infatti di concentrare le forze e di puntare su soluzioni non subalterne, ma originali.

La collaborazione e la concentrazione degli sforzi risulta in Europa molto più facile in quei campi scientifici come la fisica delle alte energie (lo dimostra anzitutto il CERN) o la fusione nucleare, distanti dalla concorrenza industriale. Essa è molto più difficile quando invece si tratta di operare in ambito industriale. In questo contesto infatti, come dimostra il recente passato, la strada delle cooperazioni tra imprese europee per costruire grandi complessi in grado di competere con le multinazionali americane e giapponesi, non è stata proficua. Le iniziative comuni tra Philips, Siemens e CII, quelle tra Telefunken, Thorn e Thomson, quelle tra Pirelli e Dunlop e tra Fiat e Citroen non hanno avuto vita lunga né grande successo. Al contrario le forme di cooperazione tra imprese europee e società americane o giapponesi si stanno intensificando, con gli accordi tra società europee e americane (Olivetti-AT&T, Philips-AT&T, Ericsson-Honeywell, Ericsson-GTE, British Leyland-Honda, Alfa Romeo-Nissan, Siemens-Fujitsu, ecc.). Queste nuove alleanze possono comportare, per noi, rapporti più stretti con la ricerca di punta che si conduce in Università e imprese americane e giapponesi. In questo quadro di apertura internazionale delle imprese e di accelerazione dei trasferimenti di tecnologia vengono a modificarsi anche situazioni e ruoli dei tre poli del sistema occidentale, USA, Europa e Giappone, che sempre meno dovranno essere visti in contrapposizione.

Ma per partecipare, in condizioni eque, allo sviluppo futuro occorre essere scientificamente aggiornati e industrialmente forti. Anche in questa prospettiva è importante che l'Europa disponga di una propria strategia di ricerca. In verità, è in questa direzione che sta lavorando oggi la Comunità Europea. Lo dimostrano le iniziative avviate nel corso degli ultimi tempi, che seppure ancora insufficienti (come conferma ad esempio la frazione piccolissima del bilancio CEE, dedicata alla ricerca – figura 5) indicano comunque l'avvio di una politica seria in questo campo. Anzitutto, il progetto ESPRIT, è un importante esempio di coagulazione delle forze in un settore, quello dell'informatica, estremamente complesso ma essenziale per lo sviluppo dei prossimi anni e decenni. Il programma, della durata di dieci anni, si divide in due fasi di cinque, e nella prima saranno mobilitate risorse finanziarie per circa 1500 milioni di ECU, forniti per il 50 % dalla Comunità. Questa somma può sembrare modesta, se la si confronta ai due miliardi di dollari che la sola IBM spende ogni anno per ricerca e sviluppo. Ma lo è meno se si pensa che l'intervento comunitario ha una funzione catalitica e che esso si concentrerà selettivamente sulla promozione di attività d'avanguardia (tabella 10) definendo orientamenti strategici e sviluppando la fiducia nei propri mezzi. Questo coordinamento strategico è indispensabile di fronte ad analoghi sforzi giapponesi (quel Governo sta infatti per investire 500 milioni di dollari nel programma per i computers della quinta generazione) e americani (i più grandi fabbricanti di computers e di semiconduttori si stanno organizzando per svolgere programmi congiunti di R & D, favoriti dall'Economic Recovery

Tax Act che prevede crediti d'imposta per l'R&D, tassi di ammortamento accelerato ed altri incentivi).

La Comunità sta anche avviando un altro grosso progetto sulle biotecnologie per il quale è prevista, in un quinquennio, una spesa di circa 200 milioni di ECU. Tale progetto si innesta su un terreno fertile: dall'Europa sono partite le ricerche fondamentali alla base della nuova biologia, Crick, Watson e la Hodgkin lavoravano ad Oxford, Jacob e Monod all'Istituto Pasteur, e ancora oggi molti dei migliori dei cervelli del campo si trovano in Europa o, come Dulbecco e Luria, sono europei che lavorano negli USA ma con forti legami verso i paesi d'origine.

Infine vorrei citare il programma comunitario di stimolazione, volto a realizzare un sistema veramente europeo di ricerca scientifica e tecnologica mediante finanziamenti, prevalentemente a livello di ricerca di base, attuati sotto la guida del CODEST, il Comitato per lo Sviluppo Europeo della Scienza e della Tecnologia costituito all'inizio del 1983. Si tratta di un'azione importante, che risponde a scelte strategiche di lungo termine basate sul convincimento che le tecnologie emergenti e i loro ulteriori sviluppi dipendono direttamente dai continui progressi della ricerca scientifica. In un primo tempo, il CODEST ha varato 34 progetti coinvolgendo 89 laboratori di 9 paesi comunitari, con una spesa di quasi 4 milioni di ECU distribuiti in 7 settori principali (tabella 11). Per perseguire i suoi obiettivi il CODEST fa ricorso a una serie di modalità e strumenti, quali il sostegno finanziario ai ricercatori distaccati in centri di altri paesi europei, le sovvenzioni per meglio diffondere le conoscenze e favorire i contatti fra ricercatori, il gemellaggio tra laboratori di paesi diversi perché lavorino in parallelo in settori d'avanguardia e si raggiungano così dimensioni critiche per portare a buon fine lo sforzo di ricerca.

Un esempio significativo dell'azione di questo programma è stata l'approvazione di un importante progetto di ricerca (1,6 milioni di ECU), al quale partecipa anche l'Italia, con tre équipes di ricercatori delle Università di Milano e Pisa e dell'Istituto Nazionale di Ottica di Firenze, volto allo sviluppo delle conoscenze scientifiche e tecnologiche avanzate necessarie per realizzare un computer basato sulla bistabilità ottica di certi materiali, e quindi sul movimento di fotoni anziché elettroni. Tale calcolatore si prospetta più veloce, potente e affidabile di quello elettronico.

I programmi comunitari di ricerca intendono anche colmare la lacuna rappresentata dal mancato ammodernamento degli strumenti scientifici di discipline oggi un po' trascurate come alcuni settori della chimica, della fisica e persino dell'ingegneria, che potrebbero compromettere sviluppi futuri anche in settori apparentemente estranei a quelli nominati. Si tratta di settori dove sempre più sono richiesti strumenti di lavoro sofisticati e costosissimi (la « big science » oggi si è estesa dalla fisica a tutti i settori del sapere) e questo implica che l'investimento pubblico della ricerca deve essere sempre più consistente. Forme di collaborazione innovative come quelle proposte dal CODEST rappre-

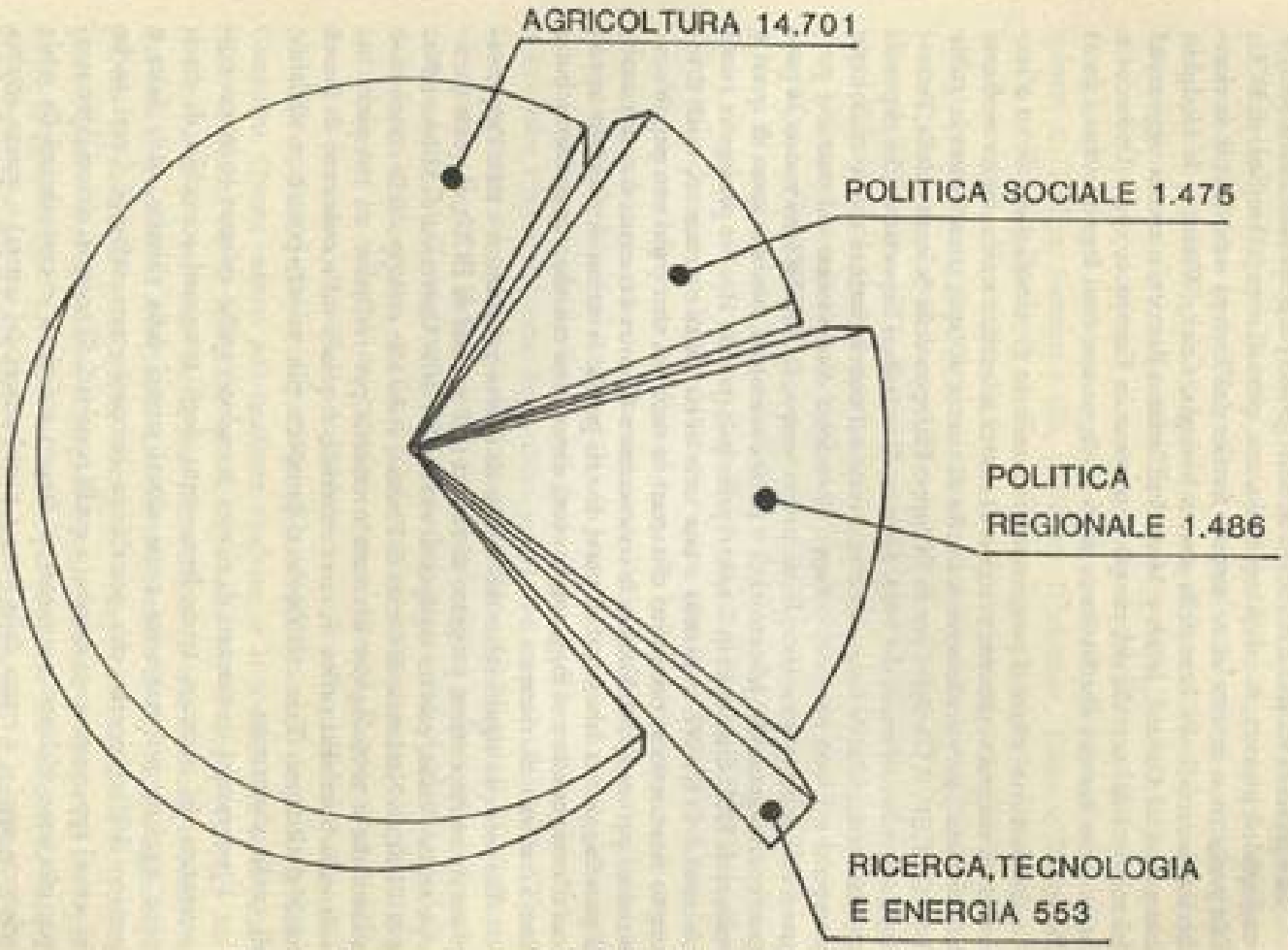


Fig. 5. – Interventi principali della CE nel 1983 (in milioni di ECU)

Tabella 9. – *Alcuni esempi di R&D partnerships*

CONTROL DATA STA SVILUPPANDO UN MINICOMPUTER INTERFACCIABILE CON MOLTI GROSSI STRUMENTI DELLA SUA PROPRIA LINEA MA ANCHE DI ALTRE
GENENTECH LAVORA ALL'ORMONE DELLA CRESCITA E AL GAMMA INTERFERONE
MICROFURE CO, LAVORA AD UN PROCESSO DI CARICAMENTO CON ENERGIA ELETTROSTATICA DI GOCCE D'ACQUA CHE DOVREBBERO COSTITUIRE UN SISTEMA PER DISPERDERE I PESTICIDI
CALIFORNIA BIOTECHNOLOGIES LAVORA IN NUOVI PRODOTTI PER COMBATTERE L'IPERTENSIONE
AGRIGENETICS STA SPENDENDO IL 75 % DEI 55 MILIONI DI $ CHE HA RACCOLTO TRA GLI INVESTITORI PER FINANZIARE RICERCHE SUI SEMI
UN POOL DI SOCIETÀ FORMATO INTORNO A UNA FINANZIARIA DI BROKERAGE DI LOS ANGELES, LA BATEMAN EISHLER, STA FINANZIANDO (CON 16,6 MILIONI DI $) QUATTRO DIVERSE SOCIETÀ NEL CAMPO DI RICERCHE SUI DISCHI LASER E COMPUTER MAINTENANCE

Tabella 10. – *Temi di R&D del progetto ESPRIT*

SISTEMI OPERATIVI E PROGRAMMI APPLICATIVI
PROGETTAZIONE CON L'AUSILIO DI ELABORATORI ELETTRONICI
MEMORIE E MECCANISMI DI MEMORIZZAZIONE
NUOVE ARCHITETTURE DI ELABORAZIONE
NUOVI ALGORITMI
RAPPRESENTAZIONE DELLE CONOSCENZE
COMMUTAZIONE E TRASMISSIONE DIGITALE
SISTEMI DI GESTIONE DELLE CONOSCENZE E DELLE BASI DI DATI
INGEGNERIA DELLE CONOSCENZE
SISTEMI ESPERTI
RICONOSCIMENTO DELL'IMMAGINE
MEMORIZZAZIONE E TRATTAMENTO DELL'INFORMAZIONE
INTERFACCIA UOMO-MACCHINA
SCIENZA DEI SISTEMI PER UFFICIO
FABBRICAZIONE INTEGRATA CON ELABORATORI
VLSI
OPTOELETTRONICA
SONDE INTELLIGENTI
MATERIALI

Tabella 11. – *Programma di stimolazione CODEST*

SETTORE	Numero di progetti	Numero di laboratori interessati	Costo totale (in ECU)
Farmacobiologia	5	10	347.364
Fisica dei solidi	11	23	364.514
Oteles	2	11	1.810.051
Combustione	2	4	85.609
Fotometria	2	4	110.981
Climatologia	3	9	273.977
Fenomeni di interfaccia	6	22	446.102
Altri settori	3	6	211.142
TOTALE	34	89	3.649.740

sentano perciò risposte precise a questi bisogni che ormai gli Stati europei hanno sempre maggiori difficoltà a soddisfare singolarmente.

La posizione dell'Italia

In questo quadro cosa fa, che spazi ha, quale potrebbe essere la strategia da adottare per l'Italia. Sono ben note a tutti capacità e attitudini degli italiani: il forte individualismo, la creatività, in primo luogo là dove si allea all'estetica e al gusto nelle produzioni, la tradizione dei mestieri e di un artigianato di qualità, che trova spazi non soltanto nelle attività tradizionali, ma in molte nuove (di design, di meccanica, automazione e robotica, di elettronica, di software, ecc.), e la diffusa imprenditorialità. La cultura del paese in tal senso è profonda ed estesa; nello stesso tempo noi ci portiamo dietro una serie di debolezze e carenze che fanno dell'Italia il tessuto molle della Comunità. Come è noto, l'Italia fa poca ricerca, e non spende neppure con l'efficienza ottimale quello che alla ricerca destina.

L'inadeguatezza, per un lungo arco temporale, della politica della ricerca è una delle principali ragioni dell'attuale modesto livello tecnologico del nostro paese e del progressivo aumento del grado di dipendenza verso l'estero. In un mondo che fa della ricerca scientifica e tecnologica la leva principale dello sviluppo e dell'innanlzamento del livello della produzione industriale, l'Italia ha una specializzazione crescente nei settori a bassa tecnologia a scapito di quelli a tecnologia intermedia e avanzata. Tra il 1970 e il 1980 l'incidenza dei prodotti maturi sul totale delle nostre esportazioni è salita infatti dal 38,5 % al 44 %.

La struttura industriale italiana è arretrata e carente nei diversi settori strategici, di punta e tradizionali. E inoltre complessivamente fragile e immatura, anche per la debolezza complessiva del sistema delle grandi imprese — benché alcune siano altamente efficienti e competitive — che non riesce a rappresentare, in termini di impatto generale e di guida strategica, un adeguato scheletro del sistema industriale italiano, costituito in parte prevalente da una miriade di medie e piccole imprese. Esse, pur essendo in gran parte molto flessibili e adattive, sono generalmente povere di quegli strumenti tecnologici e organizzativi indispensabili per far fronte ai problemi tipici di un sistema internazionale in aperta competizione.

L'insufficienza del sistema delle grandi imprese è, in questa situazione, assai grave, soprattutto per la debolezza di quelle pubbliche. Su queste ultime sono state scaricate a più riprese attività e imprese private ormai produttrici soltanto di debiti, e spesso tecnologicamente e managerialmente svuotate, o sono stati loro imposti investimenti enormi per impianti non necessari, o per cercare di risolvere problemi sociali in relazione al sottosviluppo di alcune regioni o aree depresse. Le grandi imprese pubbliche si sono così accollate duplicazioni, impianti con capacità in esubero e attività non necessarie, in tanti settori: da quello petrolchimico a quello siderurgico, minerario-metallurgico, tessile e dell'abbi-

gliamento, allo stesso settore elettronico. Molte di queste realizzazioni, nelle intenzioni politiche, avrebbero dovuto portare ricchezza dando occupazione e stimolando altre attività industriali laddove erano presenti. Esse sono invece risultate una droga, perché hanno creato una occupazione momentanea che, lungi dallo svilupparsi, si è anzi ridotta o addirittura in qualche caso annullata, mentre restavano tutti i problemi locali (aggravati — fra l'altro — dall'attesa attivata e poi delusa) e, soprattutto, si erano sottratti capitali e risorse manageriali e tecnologiche ed attività necessarie al paese in altri settori vitali e nei quali oggi ci troviamo deboli o assenti.

Qui permettetemi di fare ancora un confronto con il Giappone per segnalare un'apparente paradosso. Il governo giapponese, che sembra così centralizzato nelle sue strategie, in realtà non gestisce direttamente ma orienta le imprese, comprese quelle del settore energetico, che sono tutte a capitale esclusivamente privato. L'Italia è invece il paese occidentale che possiede il maggior numero di imprese pubbliche, eppure, paradossalmente, è quello che ha maggiori difficoltà nel definire e attuare a livello nazionale una politica industriale non fatta solo di reazioni tattiche agli stimoli esterni.

Oggi c'è una diffusa coscienza di questi problemi, ed ENI e IRI li stanno affrontando con un chiaro impegno verso il risanamento. Del resto è ovvio che le imprese pubbliche non possono restare palle al piede della nostra economia, ma vanno risanate, non certo chiudendo sic et simpliciter le iniziative deficitarie, ma razionalizzandole e, se è il caso, ridimensionandole. Il Giappone insegna, con le sue strategie per i settori dell'acciaio e dell'automobile, che si può difendere un settore e restituirgli forza quando esiste un mercato nazionale e internazionale, pur di iniettarvi per tempo ricerca, tecnologia, organizzazione, imprenditorialità, capitali, in una parola rinnovandolo in funzione delle previsioni di sviluppo delle tecnologie e dei mercati.

Un altro elemento di debolezza del nostro sistema è l'insufficienza delle infrastrutture. L'Italia è stato l'ultimo dei grandi paesi industrializzati ad avviare timidamente dei servizi telematici, ed è ben lontana dall'aver affrontato globalmente il problema in termini di scelte, strutture, impegno di investimenti e di tecnologie. È pure il paese più arretrato nella soluzione dei problemi energetici, ricorrendo ancora per produrre l'elettricità per il 50 % al petrolio (contro il 12.1 % del Regno Unito, o il 9.4 % degli USA) e appena per il 3.7 % al nucleare. Un così ritardato avvio del nucleare non soltanto penalizza un settore industriale importante con un notevole mercato internazionale, ma non consente neppure quella ricaduta di tecnologie moderne, che deriva dal dover affrontare sul piano gestionale i problemi di controllo, affidabilità, sicurezza insiti nel nucleare, che coinvolge tutta una serie di altri settori industriali (materiali, tecniche di lavorazione, scambiatori di calore, pompe, strumentazione, ecc.).

Anche il sistema dei nostri trasporti è arretrato e inefficiente, dai porti, agli aereoporti, alle ferrovie. Dopo aver realizzato una valida rete autostradale, è ora il momento di affrontare quella di un moderno sistema ferroviario, tanto più che in Europa già si prospettano soluzioni di reti unificate veloci, basate sulla

tecnologia francese più convenzionale, o su quella più avveniristica a levitazione magnetica proposta dalla Repubblica Federale di Germania.

Un'industria sana, forte e aggressiva è la condizione indispensabile per affrontare la ripresa economica e il processo di cambiamento tecnologico in atto nel mondo: ma essa da sola non è sufficiente e deve essere sostenuta da una coerente politica dell'innovazione e da validi strumenti di ricerca e sviluppo. Abbiamo visto come in Giappone, negli Stati Uniti e in Europa nel suo complesso questo dia luogo a interventi caratteristici delle situazioni e delle propensioni culturali autoctone di questi paesi. Anche l'Italia dispone dei suoi strumenti. Ci sono leggi e fondi per l'innovazione industriale, e per la ricerca scientifica e tecnologica. Oltre ai centri di ricerca industriale, esiste nel nostro paese una vasta struttura pubblica di ricerca, dall'università ai grandi enti, che, posta in condizioni di lavorare bene, con impegno e in modo da utilizzare al massimo le proprie potenzialità, potrebbe coprire tutto lo spettro delle esigenze dell'innovazione, dalle conoscenze fondamentali, allo sviluppo tecnologico, alla dimostrazione, alla promozione industriale.

Per quanto riguarda in particolare l'ENEA, esso ha avviato ormai da alcuni anni una serie di iniziative di collaborazione con l'industria nazionale, soprattutto attraverso la promozione industriale nel settore termoelettromeccanico in relazione ai programmi nucleari. La ricerca svolta dall'ente è finalizzata alla promozione dell'innovazione industriale, e l'ente agisce anche come agenzia attraverso incentivi (contributi) e propri progetti dimostrativi. La legge di riforma approvata nel marzo 1982 ha reso più agevoli queste collaborazioni e le ha estese anche al campo dei sistemi e delle apparecchiature connesse con lo sviluppo delle fonti rinnovabili e con il risparmio energetico. Il carattere orizzontale dell'energia fa sì che un ente energetico di ricerca tecnologica come l'ENEA, che dispone di conoscenze ampie e approfondite delle più diverse tecnologie relative a materiali, componenti e sistemi, abbia acquisito anche capacità di analisi dei sistemi organizzativi e dei processi produttivi ai fini della conservazione dell'energia.

Mentre in un primo tempo gli interlocutori industriali dell'ENEA erano quasi esclusivamente i grandi Enti pubblici e privati, operanti nel settore elettromeccanico nucleare, più recentemente l'Ente ha avviato azioni per il sostegno dell'innovazione anche nella piccola e media industria. A questo proposito, mi sembra di un certo interesse per la sua novità citare l'esempio di Prato. Circa due anni fa, l'ENEA ha cominciato a collaborare con le imprese tessili di Prato per razionalizzare il sistema energetico di quell'importante e interessante area industriale. Lo studio ha portato, via via, a considerare macchine e fasi della produzione particolarmente energivore (ad esempio, lavaggio e tintura), sistemi di trasporto, di comunicazione, e in pratica tutta la complessa « organizzazione » informale dell'intero sistema (figura 9). A un certo punto le imprese di Prato e l'ENEA si sono resi conto che era necessario affrontare globalmente l'insieme degli interventi nell'ottica di uno studio di modernizzazione complessiva dell'apparato produttivo.

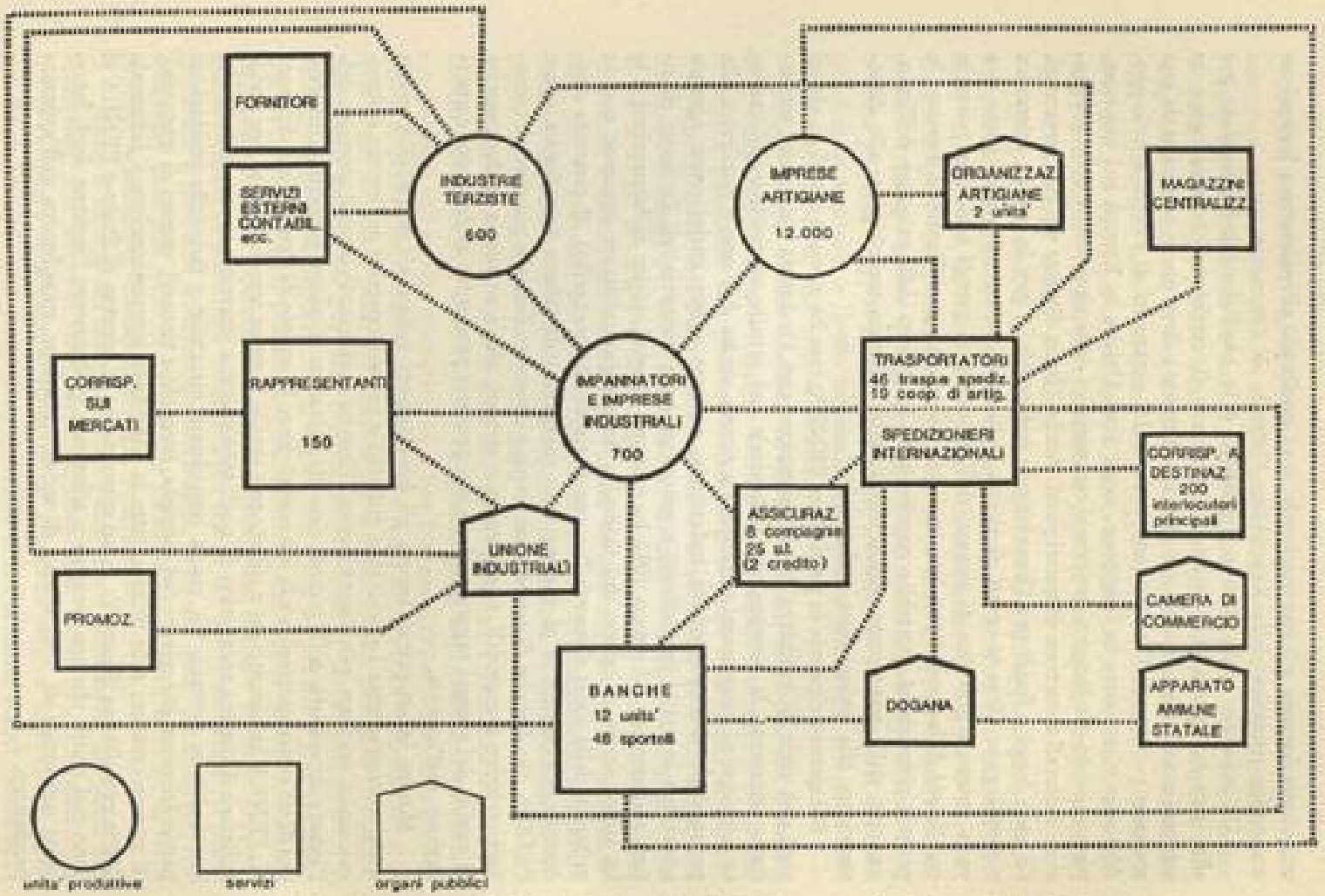


Fig. 9. – Schema modale delle comunicazioni interne al "sistema-Prato"

Questa iniziativa intende non solo rinnovare l'insieme delle tecnologie ivi adottate, ma anche razionalizzare il ciclo produttivo attraverso l'innesto di tecnologie avanzate. L'introduzione ad esempio di tecnologie rivoluzionarie come il CAD (computer-aided design) il CAM (computer-aided manufacturing), i nuovi materiali, i nuovi sistemi di risparmio energetico e di materie prime, associata a una ulteriore razionalizzazione del ciclo produttivo, dovrebbe rendere ancora più competitivo il tessile pratese. Il progetto di rinnovamento infratecnologico prevede anche la messa a punto, in collaborazione con la STET e l'Italtel, di una rete telematica che renda più funzionale ed efficace l'intero sistema.

Interventi di questo genere sono particolarmente interessati perché consentono a esperti di ricerca e tecnologia di operare a stretto contatto col mondo della produzione. Il risultato è uno sforzo mirato di integrazione tra il panorama delle tecnologie emergenti e i settori tradizionali maturi, dove le imprese sono assai innovative quando si tratta di interventi incrementali, ma non hanno le strutture e le conoscenze necessarie per attuare le innovazioni maggiori. Prato rappresenta solo un primo esperimento, che dovrà essere esteso ad altre aree e ad altri settori, partendo da quelli più vivaci, forti e promettenti. Altri operatori di ricerca tecnologica, oltre all'ENEA, potranno portare avanti in modo sistematico questo vasto e impegnativo programma.

Questo genere di iniziative non può essere isolato ma, perché contribuisca davvero ad affrontare la complessa problematica del rilancio del paese e dell'uscita dall'ottica dell'emergenza, va collocato in un contesto più generale. Anzitutto è indispensabile che il paese disponga di validi programmi di ricerca e di iniziative lungimiranti di innovazione tecnologica; l'innovazione nasce da un forte substrato culturale che richiede, fra l'altro, adeguata preparazione e una vivace ricerca di base, alla quale il sistema pubblico deve garantire l'ampiezza, la profondità e la libertà necessarie. È anche indispensabile predisporre moderne infrastrutture e servizi efficienti che rendano per quello che costano, affrontare i problemi delle grandi imprese, e dare più respiro strategico e tecnologia alle piccole. Tutte queste azioni non si fanno senza costi, e quindi senza sostanziali sacrifici che vanno a toccare tutti i cittadini.

In un mondo dominato dall'innovazione tecnologica che si alimenta e trova i suoi spunti nella ricerca scientifica che le sta a monte, in un mondo sempre più aperto agli scambi internazionali, devono evitarsi visioni e approcci autarchico-provinciali. Occorre allora cercare di interagire, da eguali, con gli altri che nel mondo stanno affrontando i problemi dell'innovazione scientifica e tecnologica, e dello sviluppo economico e sociale che ne può derivare, trovando le occasioni di collaborare innanzitutto oltre che ai progetti comunitari, anche ai grandi programmi internazionali di ricerca. È importante estendere ad altri campi la partecipazione italiana che ha dato risultati scientifici di grande rilievo nella fisica delle alte energie (CERN), e risultati apprezzabili nella fusione nucleare e nella biologia molecolare.

Già si registrano sintomi positivi, ad esempio nella partecipazione italiana a ESPRIT e al programma di stimolazione CODEST cui ho prima accennato. Essa è buona sotto il profilo quantitativo e qualitativamente adeguata. Ma gruppi di ricerca italiani di notevole valore partecipano anche ai 18 progetti avviati nell'ambito del Gruppo di lavoro « Tecnologie, Croissance, Emploi », nato su proposta del Presidente Mitterrand al Vertice di Versailles dei capi di Stato e di governo del 1982 e dagli stessi incoraggiato al successivo Vertice di Williamsburg. Tali progetti di collaborazione internazionale includono temi come l'energia solare fotovoltaica, la robotica avanzata, la scienza dei materiali, il telerilevamento, le tecnologie alimentari, l'accettabilità sociale delle tecnologie.

L'ampia partecipazione italiana alle collaborazioni scientifico-tecnologiche a livello internazionale è segno di vitalità dei nostri ricercatori, che vanno incoraggiati a muoversi con una visione assai chiara e avveduta di quanto avviene in settori avanzati e assai promettenti in Europa e nel mondo.

Ma in un mondo che cambia rapidamente occorre anche incidere sul sistema dell'istruzione e della formazione così da rispondere in modo adeguato alla futura domanda di nuove competenze.

Il nostro paese ha bisogno di scienziati, di tecnici, di persone adeguatamente preparate in relazione alle attività e ai mestieri di domani, molti dei quali son nuovi. Purtroppo, in mancanza di un disegno previsionale solido del nostro sviluppo e della sua traduzione in fabbisogno di uomini e competenza, il sistema tende a rispondere più per impressioni che per analisi ragionate. Così, la domanda di nuovi mestieri si esprime prepotentemente, benché in modo spesso semplicistico, anche nelle università, dove sta aumentando in modo massiccio il numero di iscritti a facoltà che « promettono » una formazione nuova (ad esempio, informatica o cibernetica), o dove altre facoltà, anch'esse alla moda, continuano a attrarre masse di studenti (biologia, economia). Nello stesso tempo diminuisce, o rimane troppo basso, al di là di ogni ragionevole misura, il numero di iscritti a facoltà colpite dal mercato, che rappresentano, come la chimica o le scienze agrarie, discipline delle quali c'è e ci sarà più che mai un elevato bisogno.

L'informatica ad esempio, è solo in parte un bene per sé, anche se indubbiamente c'è bisogno di disporre di molti esperti di software e di sistemi e la società ne richiederà un buon numero anche domani. Inoltre, probabilmente, gli esperti in informatica continueranno a gestire direttamente aspetti legati all'organizzazione e alla cosiddetta « office automation ». Ma, in termini generali, l'informatica è un insieme di tecniche assai efficaci e stimolanti, che vanno applicate a diversi settori e la cui conoscenza non può sostituire quella, sempre necessaria, delle discipline alla base dei settori stessi. Ad esempio, per applicare l'informatica ai problemi avanzati della chimica, occorrerà avere una profonda cultura chimica (ancora più necessaria che non per chi, lavorando in laboratorio, ha feed-backs diretti e continui al proprio operare), altrimenti si corre il rischio di costruire nel vuoto.

Allo stesso modo non si deve, per privilegiare tecniche moderne automatizzate e robotizzate di produrre, che comunque vanno perseguite, lasciar andare

distrutte tutte le conoscenze attinenti a mestieri artigianali, culturalmente validissimi, che rappresentano un bagaglio di attitudini, di esperienze, di capacità, di conoscenze, in una parola di cultura accumulata in secoli di attività. In realtà, lo sviluppo di una automazione e robotizzazione intelligente, richiede di conoscere profondamente come l'uomo lavora, e di creare macchine, sensori, attuatori capaci di associare le attività meccaniche a quelle umane.

Lasciare allora che il sistema della formazione si realizzi sostanzialmente sulla base di sensazioni di quanto richiederà domani il mercato del lavoro, in relazione allo sviluppo di certe tecnologie, peraltro eccezionalmente importanti e pervasive, e alle condizioni oggi difficili o critiche di altri settori, rappresenta una situazione indubbiamente pericolosa. Infatti il rischio è di « coprire » con docenti aventi insufficienti conoscenze e, soprattutto, insufficiente esperienza — in relazione al complesso intreccio, che ho cercato prima di illustrare, fra tecnologie e settori — gli insegnamenti delle nuove facoltà; e di originare così un'intera generazione pseudo-qualificata, non adatta, se non a livello superficiale, a rispondere alle esigenze dei nuovi mestieri della società di domani.

Oggi il problema dell'Europa, e quello dell'Italia, è di padroneggiare le nuove tecnologie e di saper innovare profondamente, ma, come ho cercato di spiegare, questo sottende in primo luogo un enorme problema culturale. In questo senso, Accademie di lunghe e severe tradizioni, come i Lincei e l'Accademia dei XL, possono assumere un ruolo difficilmente sostituibile di approfondimento, di dibattito, di indirizzo ai fini dello sviluppo sociale ed economico della nostra società e per la crescita culturale del Paese.