

85d

L'ingegnere nella transizione.

Businaro U.L.

Atti Convegno "L'ingegnere per il 2000", Politecnico Milano, 1985

Venendo al caso pratico che interessa l'ingegnere, cioè al mondo degli artefatti, la conoscenza per quanto dettagliata del prodotto e del suo comportamento nelle più varie condizioni d'uso ci ha trovati del tutto impreparati davanti alla reazione del sistema sociale alla diffusione dei prodotti stessi. Ecologia, ambiente, approccio sistemico sono nomi nuovi di sapore scientifico, che in realtà ripropongono l'importanza della comprensione fenomenologica globale - di quello che si può chiamare approccio olistico - l'importanza quindi della "gestalt" sia pure ad un livello più ampio rispetto all'oggetto progettato e prodotto. Si è così passati dall'olismo dei tempi ove l'empirismo predominava nella progettazione, al riduzionismo, ed ora di nuovo all'olismo. Il circolo sembra essersi chiuso, o meglio il processo sembra dover ricominciare a forzare - con la potenza dell'analisi riduzionistica - i misteri del sistema fatto dell'insieme del "prodotto e della sua utilizzazione sociale".

È una sfida solo per la società, per l'azienda o anche per l'ingegnere? Fino ad ora, là dove più vivo è apparso il conflitto tra prodotto e sistema globale, come nel caso dell'energia nucleare, le scuole di ingegneria sembrano essersi messe da parte rinunciando a far svolgere all'ingegnere un ruolo che non sia quello di esperto specialista.

Nel caso dell'ecologia e della difesa ambientale più generale, spesso si nota un'accettazione del mito della supremazia dei sistemi naturali e la preoccupazione di non romperne gli equilibri. Il che contraddice il ruolo stesso dell'ingegnere come inventore di "macchine" fatte per modificare la natura.

L'ingegnere per il 2000

Atti del Convegno

→ *U.L. Businaro, L'ingegnere nella transizione*

a cura di
Francesco Maffioli
Francesco Motolese



Convegno organizzato dal
Politecnico di Milano

con il patrocinio di:
Ministero della Pubblica Istruzione
Ministero della Ricerca Scientifica
Regione Lombardia
Comune di Milano

-1985-

L'ingegnere nella transizione

Ugo Lucio Businaro

Introduzione

Per avviare il discorso può essere utile chiederci cosa sia rimasto nella parola “ingegnere” del significato originario di concepitore e realizzatore di “macchine”. Per rispondere, possiamo guardare da una parte a quello che è avvenuto nelle **scuole** di ingegneria, e dall'altra al ruolo dell'ingegnere nell'industria.

Le scuole di ingegneria sembrano avere da tempo rinunciato alla possibilità di contribuire, con la loro attività di ricerca, allo sviluppo della tecnologia “globale” delle macchine. Inoltre sembrano anche aver rinunciato, se si guarda all'impostazione dell'insegnamento, a formare progettisti capaci di assumersi la responsabilità — partendo da “carta e matita” — di arrivare alla concezione di intere macchine complesse. Un indice di ciò è dato dal decrescente ruolo della “tesi” nel completamento del piano di studi. Il **vantato “generalismo”** della **scuola** di ingegneria italiana, rispetto alla specializzazione di altre scuole, rappresenta ormai in realtà non tanto la preoccupazione di dare al neo-ingegnere quello che si chiama il “metodo dell'ingegneria”. Dargli cioè gli strumenti generali di progettazione e di impostazione del lavoro che gli permetteranno, nello sviluppo della vita attiva, di integrare via via gli elementi specialistici che gli saranno necessari. Il generalismo sembra piuttosto rispondere ora alla preoccupazione di aggregare nel bagaglio culturale dell'ingegnere il più possibile di elementi specialistici. Una cultura eclettica ha il vantaggio, forse, in un mondo del lavoro con bassa mobilità come quello italiano, di lasciare aperte varie alternative di occupazione, tutte comunque di tipo specialistico, almeno nell'ambito delle carriere tecniche.

Tutto ciò non è senza motivazione. La complessità crescente delle “macchine”, resa possibile dagli stessi sviluppi di una tecnologia sempre più a base scientifica, rende difficile per una sola persona, per quanto dotata, padroneggiarne l'insieme. Il taylorismo non poteva, dalla fabbrica, non salire negli uffici tecnici. La figura dell'ingegnere o del progettista-capo diventa sempre più un simbolo della necessaria gerarchia organizzativa, invece che quella dell'autore dell'opera di ingegneria.

Penso sia utile chiederci fino a che punto sia irreversibile questo processo verso una specializzazione crescente — sia nella fase di ricerca e insegnamento, che nella fase professionale — prima di dibattere i meriti e demeriti relativi dell'eclettismo e della specializzazione, della obsolescenza delle conoscenze e della necessità di darci ogni tanto una “ricarica” ricorrendo a

grammi di insegnamento più o meno permanenti.

L'ipotesi della specializzazione crescente dovrebbe venire assoggettata all'esercizio del dubbio, tanto più quanto siano percepibili segni di *cambiamento* nella direzione del ruolo del progettista nella società moderna.

Anche in questo caso, come in altri, vale la pena di domandarci se non ci si trovi in realtà in una fase di transizione strutturale, da cui emergerà un rapporto diverso tra artefatti e società, e quindi un diverso ruolo del progettista.

Per capire il nuovo, occorre sapere riprendere visione tornando indietro per recuperare alcuni dei valori e delle caratteristiche dell'ingegnere del passato: "reculer pour mieux sauter".

Il dibattito non è nuovo. Come esempio mi riferisco ad un recente lavoro di Jean-Louis Le Moigne (*European Journal of Engineering Education*, 6, 1981, p. 105) da cui è presa la tabella allegata. Il dibattito può prendere tuttavia nuovo spunto dalla condizione di transizione generale tecnologica e sociale in cui secondo molti ci troviamo.

Olismo e riduzionismo nella progettazione

Partiamo da una prima considerazione, e cioè fino a che punto sia arrivato quello che potremmo definire l'approccio riduzionista nella progettazione.

Il processo riduzionistico — il ridurre cioè la comprensione di quanto è complesso e quella dei suoi componenti elementari — che è stato alla base dello sviluppo della scienza moderna, ha coinvolto via via anche l'ingegneria grazie alla sostituzione delle conoscenze empiriche con quelle scientifiche.

La necessità dell'approccio fenomenologico per lo sviluppo di conoscenze empiriche, manteneva nel ricercatore-ingegnere ben vivo — assieme ai limiti legati all'incapacità di penetrare all'interno del dato sperimentale — il senso della globalità dei fenomeni studiati e quindi della globalità della concezione degli artefatti che con detti fenomeni dovevano interagire.

Anche se quella che potremmo chiamare la "speranza riduzionistica" ha accompagnato il progresso della tecnologia e dell'ingegneria, la prevalenza del dato empirico ha sempre relegato ad un futuro più lontano l'esame delle conseguenze di un approccio completamente CO. E ciò fino al secolo scorso. Da allora abbiamo visto, settore dopo settore, un ribaltamento globale della situazione.

Anzitutto, la chimica e l'elettrotecnica, poi il sorgere di nuovi settori resi possibili dalla stessa ricerca scientifica come l'elettronica. Infine, negli ultimi decenni, assistiamo alla capitolazione dell'ultimo baluardo della conoscenza empirica e della supremazia dell'esperienza globale sulla analisi: il settore delle complesse macchine termomeccaniche. Il processo non è ancora completo, ma non vi sono ragioni per ritenere che lo sviluppo delle conoscenze scientifiche e della potenza dell'analisi non porti a rendere trascurabile il ruolo delle conoscenze fenomenologiche nella concezione e nella realizzazione anche di macchine complesse come un motore a combustione interna.

Basta vedere, all'interno dell'attività progettuale aziendale, come il ruolo della sperimentazione su prototipi finisca per essere relegato a quello di una verifica globale del prodotto concepito ed ottimizzato "a tavolino".

Tutto per il meglio, se nel frattempo il successo più completo dell'approccio riduzionista per lo sviluppo delle frontiere della conoscenza scientifica non avesse mostrato proprio qui i suoi limiti. L'apertura dell'"ultima porta" della fisica sull'infinitamente piccolo, ha finito, con la fisica quantistica, per negare uno dei fondamenti dell'epistemologia riduzionistica: la separazione tra osservatore e mondo fisico. Contemporaneamente, in un settore tutto diverso, l'entusiastica estensione dell'approccio riduzionista alla psicologia ne ha mostrato in breve tempo limiti e paradossi, dando il via allo sviluppo dell'approccio opposto: la teoria della "Gestalt". Un altro esempio lo si ha nel campo della fisica del complesso. La spiegazione dei fenomeni di transizione da vecchie a nuove strutture, la creazione di ordine dal caos, non è riconducibile alla conoscenza per quanto dettagliata della posizione e dei rapporti relazionali dei componenti del sistema prima della transizione.

Ma venendo al caso pratico che interessa l'ingegnere, cioè al mondo degli artefatti, la conoscenza per quanto dettagliata del prodotto e del suo comportamento nelle più varie condizioni d'uso ci ha trovati del tutto impreparati davanti alla reazione del sistema sociale alla diffusione dei prodotti stessi.

Ecologia, ambiente, approccio sistemico sono non-u nuovi di sapore scientifico, che in realtà ripropongono l'importanza della comprensione fenomenologica globale — di quello che si può chiamare approccio olistico — l'importanza quindi della "Gestalt" sia pure ad un livello più ampio rispetto all'oggetto progettato e prodotto. Si è così passati dall'olismo dei tempi ove l'empirismo predominava nella progettazione, al riduzionismo, ed ora di nuovo all'olismo. Il circolo sembra essersi chiuso, o meglio il processo sembra dover ricominciare a forzare — con la potenza dell'analisi riduzionistica — i misteri del sistema fatto dell'insieme del "prodotto e della sua utilizzazione sociale".

È una sfida solo per la società, per l'azienda o anche per l'ingegnere?

Fino ad ora, là dove più vivo è apparso il conflitto tra prodotto e sistema globale, come nel caso dell'energia nucleare, le scuole di ingegneria sembrano essersi messe da parte rinunciando a far svolgere all'ingegnere un ruolo che non sia quello di esperto specialista.

Nel caso dell'ecologia e della difesa ambientale più generale, spesso si nota un'accettazione del mito della supremazia dei sistemi naturali e la preoccupazione di non romperne gli equilibri. Il che contraddice il ruolo stesso dell'ingegnere come inventore di "macchine" fatte per modificare la natura.

L'informatizzazione della progettazione

Il successo dell'approccio riduzionistico all'ingegneria ha portato, d'altra parte, ad aumentare le possibilità di analisi e di simulazione sia dei processi di trasformazione che del comportamento dei materiali, dei componenti e dell'intero prodotto, nelle varie condizioni d'uso. Ne è derivato un processo che con un brutto neologismo potremmo chiamare d'"informatizzazione" della progettazione. Dove si fermerà questo processo?

In un'altro campo, quello della produzione, lo sviluppo dell'automazione ha portato, almeno in sede teorica, a considerare come concepibile la fabbrica completamente automatica o addirittura l'automa che riproduce sé stesso. Si può forse anche cominciare a pensare ad un processo progettuale completamente automatico? Quale, in tal caso, è il ruolo del progettista? Quel-

lo solo di manutentore del sistema di progettazione?

La necessità di dedicarsi ad attività sempre più specialistiche, per la complessità crescente dei fenomeni allo studio — man mano che lo sviluppo della scienza permette di ridurre l'ambito **dell'empirismo** fenomenologico — ha distolto la ricerca e la prassi di ingegneria dal dedicare attenzione al processo globale di progettazione, almeno per il grosso dell'occupazione progettuale: quella cioè dedicata ai prodotti che via via hanno raggiunto le caratteristiche di prodotto maturo rispondente a specifiche e con configurazioni consolidatesi nel tempo. Ciò d'altra parte spiega anche la possibilità di un approccio tayloristico nella progettazione, limitandosi, per un prodotto maturo, il processo di cambiamento innovativo a piccole variazioni introdotte via via nei nuovi modelli.

Tuttavia le cose non sono così semplici. Se si considera una classe di prodotto si scopre che essa ha un ciclo di vita con una sua durata, al termine del quale appaiono prodotti completamente nuovi. Inoltre altre classi di prodotti rispondenti a nuove funzioni sorgono a periodi diversi grazie agli Sviluppo tecnologici e sociali .

Quindi lo stato di prodotto maturo non è definitivo, e quindi anche il ruolo del progettista deve saper variare con la variazione delle caratteristiche del ciclo di 'vita del prodotto. Per inciso, sarebbe interessante avere elementi per rispondere al quesito se la lunga durata del ciclo per classi di prodotti come i mezzi di trasporto, non sia in qualche modo legata alla crescente specializzazione dell'ingegneria ed alla taylorizzazione del processo progettuale. Tuttavia ci interessa qui approfondire un altro quesito: quello relativo all'influsso che l'informatizzazione della progettazione ha sulle caratteristiche dei nuovi prodotti e sul ruolo del progettista.

L'argomento mi sembra importante perché credo si sia arrivati ad un bivio che dipende anche dalle strategie che verranno adottate dalle scuole di ingegneria: o continuare verso la specializzazione crescente, o recuperare la capacità di sintesi della professione del progettista. Ed è forse proprio la informatizzazione crescente della progettazione che può essere l'elemento decisivo* al riguardo.

Il paradigma dei prodotti dell'informatica

Per capire meglio le implicazioni, può essere interessante guardare ad una classe di prodotti in cui il processo di informatizzazione della progettazione sembra essere ormai completato. Mi riferisco ai prodotti dell'informatica.

Forse è il caso di ricordare anzitutto la definizione generale di prodotto.

Per prodotto si tende un artefatto realizzato secondo un progetto per dei fini utilitaristici ben specificati.

Raramente il progetto rappresenta la soluzione ottimale per la realizzazione degli obiettivi specifici all'inizio del processo progettuale. Da qui una motivazione per l'evoluzione nei prodotti stessi. Ma gli stessi obiettivi cambiano, via via, con il progresso tecnologico che permette di concepire più ambiziose prestazioni per vecchie funzioni del prodotto o funzioni del tutto nuove.

Da qui un'altra forte spinta all'evoluzione del prodotto.

Il processo progettuale in quanto ricerca di soluzione, tra le tante possibili, ad obiettivi dati, richiede sempre creatività. Il processo non è dissimile da quello, a tre stadi, del ricercatore, se-

condo l'epistemologia di Popper: un primo stadio di specifica (identificazione del problema), seguito dallo sviluppo di una soluzione (teoria) ed infine dalla verifica dei limiti di prestazione (falsificazione della teoria).

Fino a che punto l'informatizzazione di cui si è detto può estendersi a tutto il processo progettuale?

Può essere interessante al riguardo compiere un rapido excursus dell'evoluzione dell'homo faber. La stessa tipologia del processo progettuale vale per l'uomo moderno come per quello del neolitico. La differenza fondamentale è la diversa importanza nei due casi della parte del processo che avviene nella mente.

Il comportamento dell'uomo primitivo è simile a quello utilizzato ancora adesso dal bricoleur. Il materiale disponibile è l'elemento fondamentale in quanto contiene già le indicazioni delle specifiche e della soluzione (che consiste prevalentemente nella aggregazione di materiali esistenti). Con lo sviluppo della civiltà tecnologica, il progettista ha via via esteso la sua sfera di competenza, progettando all'inizio la trasformazione dei materiali naturali per arrivare ora addirittura alla progettazione degli stessi materiali.

La realizzazione di un prodotto avviene quindi in parte nella mente, in parte nel mondo esterno, i dati del mondo sensibile sono trasformati in idee. Il progettista opera sulle idee creando la soluzione, che in parte tuttavia è carica di contenuti empirici non padroneggiati dalla mente. Al termine, la soluzione viene proiettata sul mondo esterno per realizzare il prodotto trasformando i materiali.

Via via che l'esperienza viene trasformata in dati mentali e che lo sviluppo delle conoscenze scientifiche permette di sviluppare delle teorie del mondo fisico, minore è la necessità di passaggi dall'elaborazione mentale a quella esterna durante i tre stadi del processo progettuale (definizione delle specifiche, sviluppo della soluzione e verifica della sua adeguatezza).

Ci si può chiedere ora se esistano dei prodotti per i quali l'intero processo progettuale è completamente sviluppato in sede mentale. I primi esempi al riguardo sono piuttosto antichi. Si tratta dell'applicazione della logica alla realizzazione di sistemi teorici, come ad esempio la geometria euclidea, vera e propria macchina per produrre "teoremi". Ma più recentemente e più vicino al nostro concetto di prodotto, possiamo considerare i programmi per calcolatori come dei prodotti, la cui concezione rimane un processo svolto tutto in sede mentale. Ci possiamo rivolgere a questi prodotti dell'informatica come ad un caso paradigmatico, per comprendere cosa avverrà man mano che, con lo sviluppo dell'informatizzazione del processo progettuale, esso diventa un processo del tutto mentale, svincolato dalla necessità di interazioni (durante la progettazione) col mondo empirico.

Quali sono le conseguenze visibili in questo caso paradigmatico?

Innanzitutto, un fatto sorprendente. La necessaria codificazione delle conoscenze pratiche (i linguaggi di programmazione) invece di portare ad una routinizzazione della attività progettuale aumenta la libertà del progettista. Anzitutto perché egli può esercitare subito l'attività progettuale, al termine del curriculum scolastico, affrontando, almeno in teoria, anche progetti ambiziosi.

Diverso è invece il caso di un giovane ingegnere meccanico che affronti la carriera di progettista in settori in cui empirismo e analisi teorica sono ancora fortemente mescolati. È possibile anche in questo caso acquisire esperienza strada facendo, esercitando la professione di proget-

rista globale fin dall'inizio. Per ottenere ciò basterebbe partire da casi semplici, per arrivare via via a casi più complessi. In realtà la strutturazione del mondo del lavoro (bassa mobilità, ecc.) tenderà ad inserire il giovane progettista in organizzazioni complesse che gli affideranno compiti particolari o specialistici.

Poiché in realtà si fanno ancora prodotti di complessità diversa, un'opportuna programmazione della carriera — che passa però attraverso organismi diversi e che quindi richiede una società ad alta mobilità del lavoro — potrebbe permettere al giovane progettista di iniziare la sua carriera con attività di progettazione globale. Come già detto all'inizio, tuttavia, la stessa scuola di ingegneria sembra aver perso fiducia che ciò sia praticamente possibile.

L'esempio del prodotto software fa pensare che l'informatizzazione del processo progettuale, e quindi la sua codificazione, porterà anche in altri settori a rendere di nuovo possibile, anche per prodotti complessi, il mestiere di progettista globale. E ciò perché l'informatizzazione finisce per banalizzare le competenze specialistiche. Se sarà così, allora vi è un cambiamento di direzione da effettuare nella strategia delle scuole di ingegneria. La formazione di specialisti andrebbe lasciata ad altre facoltà, mentre l'ingegnere dovrebbe rispondere di nuovo alla capacità di progettare "macchine" globali. (L'architetto che concepisce l'alveare prima di realizzarlo invece dell'ape, secondo lo schema della tabella allegata).

In questo caso diversa sarebbe la carriera del progettista, che potrebbe non avere più bisogno di passare da prodotti semplici a prodotti via via più complessi.

Nella grande azienda, grazie proprio alla "banalizzazione" di strumenti progettativi resa possibile dall'informatica, si dovrebbe poter svolgere lavoro di progettazione (sempre globale ma a fasi diverse nel processo produttivo) nella ricerca, nel marketing, nello sviluppo oltre che nell'ufficio tecnico. Infatti, al di fuori di quest'ultimo, si potrà sviluppare attività di progettazione di sintesi per meglio collegare gli obiettivi specifici della funzione interessata con quelli del prodotto. Ad esempio la funzione R&S — per meglio definire i fabbisogni di ricerca — svilupperà progettazioni per prototipi di prodotti così come concepibili in uno scenario tecnologico a lungo termine. Il giovane ingegnere potrà iniziare la sua attività di progettazione ad esempio nella ricerca su questi prodotti di riferimento. Si tratta di un compito di progettazione globale, anche se più semplice della progettazione dettagliata del prodotto effettivo. Oppure il giovane ingegnere potrebbe iniziare la sua carriera di progettista nella funzione marketing, utilizzando gli strumenti di progettazione "banalizzati" per definire le specifiche per i nuovi prodotti.

L'esistenza di modelli di progettazione per prodotti sempre più complessi diventa d'altra parte uno strumento didattico fondamentale per recuperare capacità di formazione alla progettazione globale, nelle scuole di ingegneria. (Si veda la tabella allegata).

Se la progettazione dei prodotti dell'informatica ha un valore paradigmatico per la progettazione di altri prodotti — in attesa del completamento del processo di informatizzazione della relativa progettazione — allora, vi è, per le scuole di ingegneria, l'urgenza di cominciare dal settore dell'informatica a recuperare capacità di insegnamento di progettazione globale.

L'interazione prodotto-ambiente

Abbiamo visto un primo bivio per la professione dell'ingegnere: o diventare sempre più lo spe-

cialista che completa le informazioni necessarie per automatizzare le procedure progettative, o recuperare la funzione di progettista globale, approfittando degli strumenti dell'informatizzazione della progettazione per mantenere la capacità di svolgere detta funzione malgrado la complessità crescente dei prodotti.

Ma vi è una seconda sfida il progettista: la crescente reazione dell'ambiente sul prodotto. C'è il rischio che il progettista, sentendosi impotente al riguardo, rinunci a prendersi carico, nelle specifiche del progetto, dell'interazione dell'ambiente sul prodotto.

Sarebbe questo un cambiamento fondamentale di atteggiamento che tocca la definizione stessa di prodotto, cioè quella di rappresentare una soluzione ad un problema percepito. La progettazione di un prodotto finirebbe per essere l'equivalente della progettazione di un gioco, nel senso di essere una macchina con sue regole interne, ma per la quale è impossibile predire quale sarà l'andamento di ogni singola partita (di ogni singolo uso della macchina).

Può darsi che la perdita di finalità degli artefatti dell'uomo sia un strada obbligata data la complicazione crescente degli oggetti e dei problemi di interazione con l'ambiente. La natura stessa, con gli esseri viventi, sembra essersi limitata a progettare regole interne lasciando poi alla interazione dei singoli individui con l'ambiente lo sviluppo dei destini dell'evoluzione.

Tuttavia ritengo importante non rinunciare anzitempo a portare avanti la funzione progettuale per gli artefatti come un atto volitivo finalizzato di cambiamento dei rapporti uomo-natura (pur accettando, seconda l'epistemologia popperiana, che ogni prodotto sia una soluzione parziale ed imperfetta ad un problema che, tra l'altro, cambia via via di definizione).

L'esempio nucleare sembra essere il più significativo al riguardo. L'obiettivo è ben identificato e la società rischia molto se non riuscirà a rendere compatibile lo sviluppo delle risorse energetiche e della qualità della vita. Data la complessità dei problemi coinvolti, l'intera società sembra essersi assunta il ruolo della progettazione, ricorrendo agli strumenti che utilizza normalmente nella gestione della cosa pubblica. Con un'eccezione, almeno nelle società democratiche: quella cioè di avere in pratica tolto le deleghe ai governanti per le decisioni riguardanti l'energia nucleare. In linea teorica è immaginabile organizzare il processo progettuale utilizzando l'intera società come "ufficio tecnico". È difficile tuttavia che detto processo produca soluzioni innovative. (Basta pensare alla riduzione del tasso di innovazioni radicali nelle grandi organizzazioni produttive).

Le scuole di ingegneria, come già accennato, sembrano qui avere accettato come ruolo dell'ingegnere quello dello specialista, rinunciando a rivendicare responsabilità di progettazione globale.

Anche in questo caso, come per quello dell'informatizzazione della progettazione, c'è da chiedersi se non ci sia alternativa. Occorre anzitutto chiedersi se si possa ancora parlare di processo progettuale, nel senso sopra indicato, quando vi è forte interazione tra prodotto ed ambiente. Quando, cioè, il "comportamento" del prodotto dipende dallo stato globale del sistema in cui esso opera.

Anche qui esiste un paradigma cui riferirsi: la progettazione di servo-sistemi. La progettazione di un sistema contro-reazionato prevede da una parte la progettazione di componenti del sistema come prodotti a sé; dall'altra, richiede la progettazione, ad un livello gerarchico più dell'intero sistema. Quest'ultima progettazione ha tuttavia lo scopo principale di definire le "specifiche" dei componenti nel sistema.

Al termine del processo, non rimane traccia “fisica” della progettazione al livello superiore (salvo il manuale di esercizio), essendo tutti i *blue-prints* necessari alla realizzazione del sistema derivati dalla progettazione dei suoi componenti.

Lo stesso approccio vale per la progettazione di prodotti fortemente interattivi con l’ambiente. Occorre cioè operare un cambiamento anzitutto di denominazione. Quello che si indica come prodotto, diventa in realtà un “componente” ed il prodotto vero oggetto della progettazione è ad un livello più alto: è l’insieme del prodotto (nella sua molteplicità di realizzazione e di uso) e dell’ambiente.

Tutto ciò sembra semplice buon senso e prassi normale.

Nessuna azienda, infatti, concepisce e realizza un prodotto senza chiedersi quale sarà la sua interazione con l’ambiente. Tuttavia ciò viene vissuto, ed organizzato, con lo spirito di un giocatore medio di scacchi (che valuta alcuni scenari possibili, poi decide la mossa) più che con quello del progettista che segue il processo progettuale a tre stadi: specifica, soluzione, verifica. La difficoltà nella vita aziendale, anche per prodotti relativamente semplici, di adottare il processo progettuale per definire le “specifiche” del prodotto (= componente del sistema) è legata al fatto che è lo stesso prodotto progettato e messo sul mercato che partecipa alla fase progettuale “sistemica”, fornendo come dati sperimentali la reazione del mercato al suo uso. Probabilmente, il processo progettuale sistemico può compiersi (nel senso di arrivare ad una soluzione good-enough) solo attraverso più cicli di vita di modelli del prodotto.

Ogni azienda, ovviamente, **utilizza** dati derivanti dall’esperienza passata sul mercato dei prodotti, suoi e dei concorrenti, per la definizione delle specifiche del nuovo prodotto.

Quindi, implicitamente, segue il processo progettuale sistemico. La novità, è quella di trasformare da implicito in esplicito detto processo.

Si tratta di arrivare a quello che definiamo “progettazione sistemica”. La cosa è meno opzionale di quanto si pensi, almeno per alcuni prodotti. Basti considerare come esempio il cambiamento nel processo progettuale delle vetture, legato all’imposizione ex lege di obiettivi da raggiungere a lungo termine, ma a scadenze fissate, per emissioni e consumi.

La **progettazione sistemica**

È pronta la scuola di ingegneria ad accettare la sfida di questa progettazione sistemica, modificando attività di ricerca e piani di studio? Si intravedono le condizioni per una svolta concreta al riguardo, tale da cambiare atteggiamento e ruolo dell’ingegnere di fronte a problemi “più grandi di lui”, come quello, ad esempio, dell’energia nucleare?

Innanzitutto, pur insistendo sull’importanza di non ‘sviluppare un atteggiamento che limiti il ruolo dell’ingegnere a quello dello specialista, va detto che la novità del problema richiede lo sviluppo di specializzazioni nuove, di tipo interdisciplinare. Vi è quindi un ruolo importante qui sia per la ricerca di ingegneria, sia per l’attività formativa.

Quest’ultima non solo per il piano di studi dei nuovi ingegneri, ma anche per l’aggiornamento degli ingegneri già professionalmente attivi.

Il problema principale sta nella scelta delle specializzazioni più rilevanti, anche tenendo conto della realtà socio-economica del paese.

Per quanto riguarda lo sviluppo di capacità di progettazione sistematica, anche in questo caso l'elemento essenziale che può rendere la cosa praticamente fattibile è lo sviluppo delle tecnologie dell'informazione.

Il progettista non può operare su sistemi complessi, al di fuori della sua diretta esperienza senza il sussidio di basi di dati appropriate ma queste, quando esistono, sono irraggiungibili se non dagli addetti ai lavori. La trasformazione delle basi di dati in basi di conoscenze e la facilitazione dell'accesso anche a non specialisti attraverso i cosiddetti expert system, rappresenta forse la chiave per risolvere il problema.

Mi sembra che vi siano le premesse per riprendere quella che qualcuno ha definito la "speranza progettuale", che negli ultimi anni ha visto forse il suo livello più basso.

È compito della scuola di ingegneria ridare all'ingegnere la fiducia del ruolo progettuale, anche per i casi più complessi.

Non c'è tuttavia da nascondersi che il salto rispetto all'esperienza attuale è molto grande. Ad esempio, credo vada recuperato lo spirito dell'indagine fenomenologica che caratterizzava la sperimentazione d'ingegneria nel passato.

Non si può infatti, almeno allo stato dell'arte, pensare di comprendere il comportamento di sistemi così complessi come l'ambiente, con un approccio interamente riduzionistico. Ancora prima che di un problema filosofico, si tratta di un problema pratico.

Prendiamo ad esempio il caso del sistema di trasporto. La modellistica è certamente uno strumento utile di analisi del comportamento dell'utente e delle sue scelte.

Tuttavia il comportamento globale del sistema sfugge all'analisi e deve essere rilevato con sperimentazione in vivo, cercando di correlare pattern fisico-socio-economici con il comportamento del sistema. Non molto diverso, forse, dall'approccio empirico dei motoristi nella prima metà del secolo, quando cercavano di comprendere la combustione sulla base delle configurazioni globali geometriche della camera di combustione.

C'è scopo per un **nuovo** "manuale Colombo" con regole fenomenologiche empiriche sul comportamento dei sistemi? Forse sì, ovviamente aggiornando scala sperimentale e mezzi di elaborazione e di trasferimento dell'informazione empirica.

Conclusioni

Il tema in discussione è la "collaborazione Università-industria e formazione permanente".

Il filo seguito nel discorso è forse più ampio e si rifà al tema generale del convegno: "L'ingegnere per il 2000". Alcuni degli argomenti toccati sono richiamati in altre sessioni, come il livello di specializzazione, e l'integrazione tra cultura tecnica ed umanistica (cui forse mi sono riferito parlando di ingegneria sistemica).

Ma soprattutto mi si rimprovererà, essendosi la mia esperienza tutta svolta nell'industria, di non avere esposto in modo chiaro i requisiti che l'industria pone al futuro ingegnere. Forse, indirettamente, l'ho fatto puntando il dito accusatore sulle scuole di ingegneria e sulla loro rassegnazione. In realtà mi sembra che non si possa pretendere che l'industria — presa come è dall'uscire dalla crisi di transizione — **possa** svolgere il ruolo di interprete dei fabbisogni futuri. Per cogliere il senso della trasformazione occorre essere un poco più fuori dalla mischia. Ed è qui, mi sembra, che le scuole di ingegneria hanno un dovere cui non si possono sottrarre.

Un indice della rinuncia a svolgere un ruolo globale nella progettazione a favore della coltiva-

zione della specializzazione, mi sembra vada colto proprio in quell'atteggiamento che l'Università è venuta sviluppando, almeno da noi, negli ultimi decenni nei riguardi dell'industria: lasciare cioè all'industria il compito di definire i problemi al servizio della cui risoluzione l'Università metterebbe poi le sue capacità.

La mancanza di chiari segnali dall'industria giustificerebbe quindi la crisi dello "spirito di servizio" che animerebbe l'Università.

Come uomo dell'industria mi sembra invece di dover pretendere dall'Università uno spirito di avanguardia, di speculazione sui grandi temi dell'avenire, di trascinare l'intelligentsia aziendale ad un dibattito cui si sente poco portata immersa come è nel quotidiano.

E che l'Università abbia fallito negli ultimitempi, lo si vede proprio nell'incertezza e rassegnazione dei giovani che si avviciano al mondo del lavoro, o nella rilevanza che essi danno fin dall'inizio ai problemi della carriera.

Certo ciò è legato anche alla carenza di collaborazione tra Università ed industria. Ma non è questo un altro segno che l'università non riesce a svolgere il suo ruolo d'avanguardia?

L'industria, in particolare la grande azienda, si avvicina all'Università con la prevenzione che la complicazione dei mezzi necessari per sviluppare la tecnologia moderna impedisce all'Università di contribuire allo sviluppo dello stato dell'arte.

Se, come probabile, vi è del vero in ciò, è proprio la tendenza alla specializzazione la meno adatta ad un confronto collaborativo tra Università ed industria.

Abbiamo, sia pure rapidamente, indicato quali sono i fabbisogni di ristrutturazione dell'apparato progettuale aziendale, indipendentemente dal grado di coscienza che esso ha dei cambiamenti necessari.

Riassumiamo:

- la necessità di estendere delle capacità di progettazione sintetica (o preliminare) a funzioni diverse dall'ufficio tecnico (ricerca, marketing, strategia aziendale). L'informatizzazione della progettazione indica la soluzione al problema;
- la necessità di estendere la progettazione ad un livello gerarchicamente più elevato — e che configura la sperimentazione come interazione con il mercato — per definire le specifiche del prodotto come componente del sistema socio-economico.

Per affrontare il cambiamento l'azienda ha bisogno:

- di percepire appieno problematiche e possibilità risolutive;
- di rinnovare il suo tessuto progettuale sia con l'inserimento di nuovi elementi "portatori di futuro" (i neo-laureati) sia con l'inserimento di nuovi contenuti informativi (attraverso la formazione permanente).

Vi è scopo, mi sembra, per un chiaro ambizioso ruolo per

Tabella - Le due scuole di ingegneria

(Da J.L. Le Moigne "The paradoxes of the contemporary engineer", *European Journal of Engineering Education*, 6, 1981, p. 105).

Ingegnere tipo X
Modello Auguste Comte
(l'ape)

Ingegnere tipo Y
Modello Leonardo da Vinci
(l'architetto)

Metodi

Analisi, prima di tutto
Usando metodi *analitici*
Cercando di *risolvere* dei problemi
Riferendosi *al problema precedente*

Progetto, prima di tutto
Con modelli di *sistemi*
Cercando di *porre* i problemi
Senza mutilare la *complessità che cambia*

Linguaggi

Conta solo l'essenza
La *matematica*, anzitutto
Trasmettere, senza "errori"
Vi è *una sola via migliore*

Il *medium* è il messaggio
Formalizzare, per prima cosa (scritto-visivo)
Comunicare = mettere in comune
Vi *sono* molte *vie soddisfacenti*

Campo di intervento

Il *sistema tecnico*, indipendente
Trasformare la *materia in energia*
Semplificare *ciò che è complicato*.
Pluri-disciplinarietà: additività delle scienze

Il *sistema socio-tecnico* (autonomo)
Trasformare *l'informazione in organizzazione*
Dare forma a *ciò che è complesso*
Trans-disciplinarietà la scienza del progetto

Valori etici di riferimento

Indipendenza dei *mezzi e dei fini*
Primazia *dell'efficienza ingegneristica*
Mono-razionalità, mono-criterio
Superiorità *dell'esperto*
Una società di tecnici

Circolarità di mezzi e fini
Primazia *dell'efficacia*
Multi-razionalità, multi-criteri
Modestia dell'esperto
Una società di progettisti
