

# Perché il robot?

E' giusto dire che: «Se l'uomo si rifiuta di fare un certo lavoro, per non diventare un robot, allora il robot deve fare il lavoro di cui trattasi»? La scelta per il robot ha solo questa motivazione, oppure è anche e soprattutto determinata dalla sua flessibilità operativa, utilizzabile come strumento per far fronte ai nuovi livelli delle lotte operaie o ai nuovi problemi della produzione del mercato? (cioè) una scelta e uno strumento di politica padronale?

---

*di Angelo Dina*

---

Perché il robot? A questa domanda, che rimbalza fra i convegni e gli articoli delle riviste specializzate, che cor sempre maggior frequenza sono specificamente dedicati all'uso del robot nell'industria, o lo affrontano fra i temi principali, si danno in genere due tipi di risposte:

a) I robot sono necessari per eseguire manipolazioni in condizioni di ambiente dannose o addirittura impossibili per l'uomo (alte temperature, ambienti radioattivi, atmosfera irrespirabile ecc...) e, per estensione, in condizioni particolarmente scomode e gravose.

b) L'uso dei robot può rappresentare una risposta valida al rifiuto operaio delle mansioni più stupide e ripetitive: «se l'uomo si rifiuta di fare un certo lavoro, per non diventare un robot, allora il robot deve fare il lavoro di cui trattasi»<sup>1</sup>. In questo senso il robot viene visto talvolta come alternativa, talvolta come complemento alle forme di organizzazione del lavoro cosiddette «post-tayloriste», basate sulla rotazione, ricomposizione, ampliamento delle mansioni del lavoratore.

Queste risposte, apparentemente chiare e precise, magari discutibili nel merito ma nette e motivate, in realtà non sono affatto tali. Innanzi tutto esse danno implicitamente per scontata

una certa angolazione nell'affrontare i problemi ai quali i robot sono presentati come una risposta, particolarmente quelli dell'ambiente e della organizzazione del lavoro. Su questo punto, assai importante, ritorneremo più avanti. Inoltre esse, più che rispondere alla domanda, la rinviando ad un altro livello, nel quale potrebbe essere formulata come: «Ma perché proprio il robot?».

Per parecchie delle attuali applicazioni industriali del robot o di quelle previste a breve scadenza è infatti perfettamente possibile pensare a diverse soluzioni: ad esempio macchine automatiche di montaggio, saldatura o simili, trasportatori o manipolatori disegnati per l'applicazione o il campo d'applicazione specifico ecc... Per molte altre una soluzione diversa dal robot sarebbe molto probabilmente possibile, purché gli studi venissero indirizzati in quella direzione. Ed è anche probabile che il costo, almeno per la specifica applicazione, sarebbe inferiore a quello del robot. Certamente sorge subito l'obiezione che il campo di utilizzazione e la rigidità di queste soluzioni alternative sarebbero ben diversi di quelli del robot; ma, a ben vedere, questa obiezione fa già parte della risposta alla domanda riformulata: ma perché

proprio il robot? Per rispondere ad essa seriamente bisogna prima rendersi conto di che cosa è e che cosa può fare realmente un robot e vedere quindi che cosa lo differenzia da altre possibili soluzioni.

## *La figura del robot*

Di solito la parola «robot» fa pensare, istintivamente ad un automa di aspetto antropomorfo, capace di imitare in un ambito più o meno esteso il comportamento di un uomo. Gli attuali robot industriali hanno invece ben poco, a prima vista, che ricordi la figura umana. Qualche cosa di analogo, tuttavia, c'è. I robot industriali sono infatti provvisti di uno (e talvolta più) «arti» o «braccia» dotati di varie possibilità di movimento e di «mani» operatrici. Le denominazione più precisa che ad essi si dà, quella di «manipolatori universali» o, meglio, di «manipolatori automatici programmabili», comincia a portarci un po' più vicino alla comprensione di che cosa si tratti.

Allo stato attuale della sua evoluzione, secondo un notiziario tecnico della Exo Elettronica Industriale, «il manipolatore programmabile ha due carat-

teristiche che lo contraddistinguono e che ne fanno una macchina del tutto originale:

ha una logica elettronica (cervello) per apprendere, memorizzare e ripetere un numero indefinito di volte con precisione una o più sequenze operative;

ha una struttura meccanica (braccio) per eseguire un insieme di movimenti base ».

Il braccio è l'elemento centrale della meccanica del manipolatore programmabile. Il suo compito è di posizionare ed orientare nello spazio gli elementi manipolati dal robot (componenti meccanici, gruppi operatori ecc...). E' quindi dotato di possibilità di movimento rispetto a certe coordinate (gradi di libertà). Se il posizionamento e l'orientamento devono poter essere qualsiasi entro un certo campo e se si tratta di un corpo rigido i gradi di libertà devono essere almeno 6: tre coordinate, lineari o angolari, nel braccio vero e proprio, per definire il centro del « polso » e tre angoli per definire l'assetto del polso stesso.

Oltre al braccio fanno parte della meccanica la mano, che è di norma studiata per l'applicazione specifica, e gli attuatori di potenza.

A parte alcuni casi semplicissimi, con sistemi di comando addirittura elettromeccanici, che a stretto rigore non potrebbero neppure essere chiamati robot, il manipolatore è, come si è detto, contraddistinto dalla sua logica elettronica. Seguendo sempre la descrizione tecnica della Exo Elettronica Industriale<sup>4</sup> essa « è composta dalle seguenti parti principali:

gli asservimenti di movimento;  
le memorie;

l'unità elettronica centrale di governo ».

A parte il tipo specifico di attuatori di potenza impiegati (per lo più, comunque, di tipo oleodinamico), l'azionamento dei movimenti avviene pressoché sempre con un servocolloro in anello chiuso con segnale di retroazione (*feedback*)<sup>5</sup>, il che permette di ridurre gli errori. Nei robot della prima generazione il *feedback* si riferisce quasi sempre soltanto alla posizione geometrica dell'elemento mobile controllato. Quanto alle memorie, si osserva che « la capacità di apprendere e memorizzare istruzioni è tipica dei manipolatori programmabili evoluti »... « Le memorie sono centrali o periferiche; queste ultime... hanno lo scopo di ritenere temporaneamente i dati provenienti dalla memoria centrale. L'elemento che

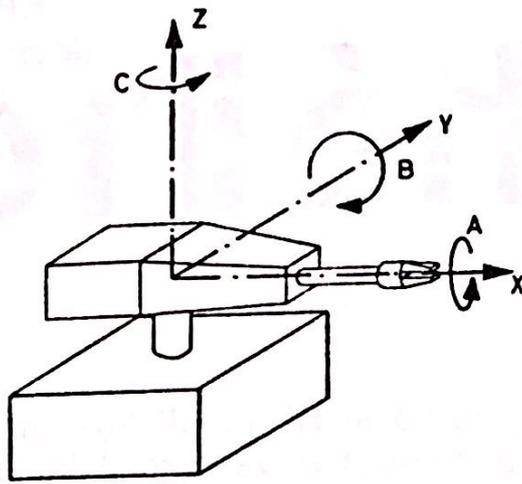
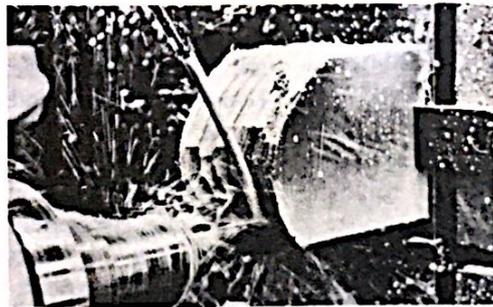
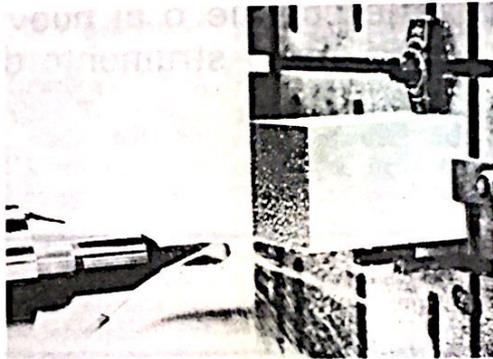


Fig. 1. I sei assi coordinati di un robot. Non è necessario che i gradi di libertà dei movimenti effettivi coincidano con gli assi della figura e cioè tre movimenti lineari, X, Y e Z (spazio d'azione rettangolare) e tre rotazioni A, B e C. Per esempio il braccio può muoversi secondo gli assi lineari X e Z e la rotazione C (spazio d'azione cilindrico) ed il polso avere le tre rotazioni A, B e C. La soluzione dello spazio d'azione cilindrico è usata da circa il 72% dei robot industriali attuali<sup>2</sup>.



La fresatrice che si vede al lavoro (foto in alto e in basso a sinistra) è guidata da un calcolatore cui sono state impartite le necessarie istruzioni (foto a destra).

caratterizza le memorie è la quantità di *bit* immagazzinati, in altre parole il numero di istruzioni e dati che può memorizzare ».

L'unità elettronica centrale di governo, infine, che deve governare il flusso dei dati sia durante la programmazione che durante il funzionamento, tende a diventare sempre più, con l'aumentare della complessità e della versatilità dei robot, un vero e proprio computer di controllo processi. Il suo repertorio di istruzioni è certo, almeno per ora, relativamente ridotto e specificamente orientato; d'altra parte in alcuni casi essa può essere collegata ad un computer centrale di più grande capaci-

tà per il funzionamento in Controllo Numerico Diretto.

### La programmazione

La programmazione dei robot può essere effettuata all'esterno, impiegando opportuni linguaggi e facendo elaborare il programma da un computer, il quale a sua volta fornisce il « supporto » a mezzo del quale le informazioni sono introdotte nella memoria del robot (nastro perforato, schede ecc.). Oppure il robot può essere programmato « sul campo », facendogli eseguire manualmente la sequenza dei movimen-

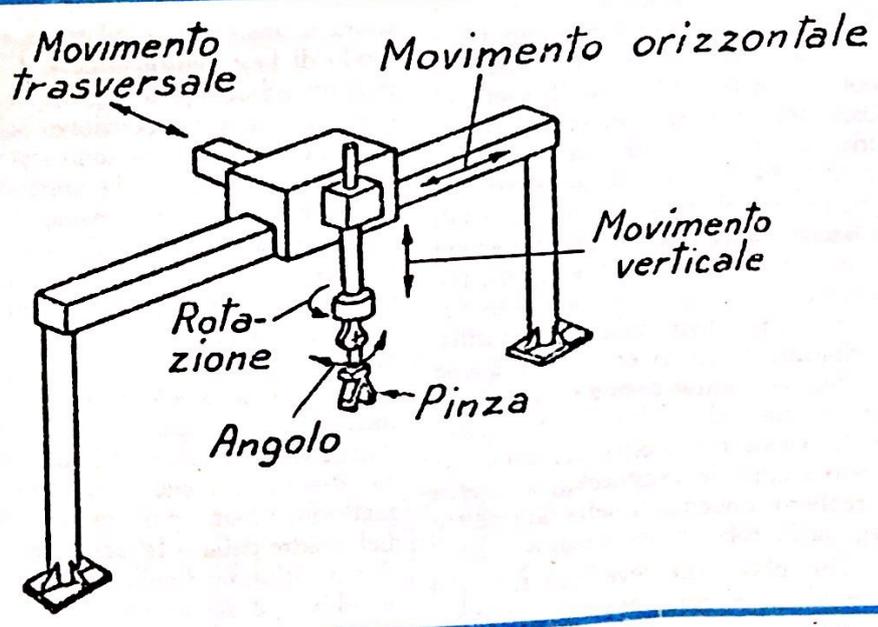
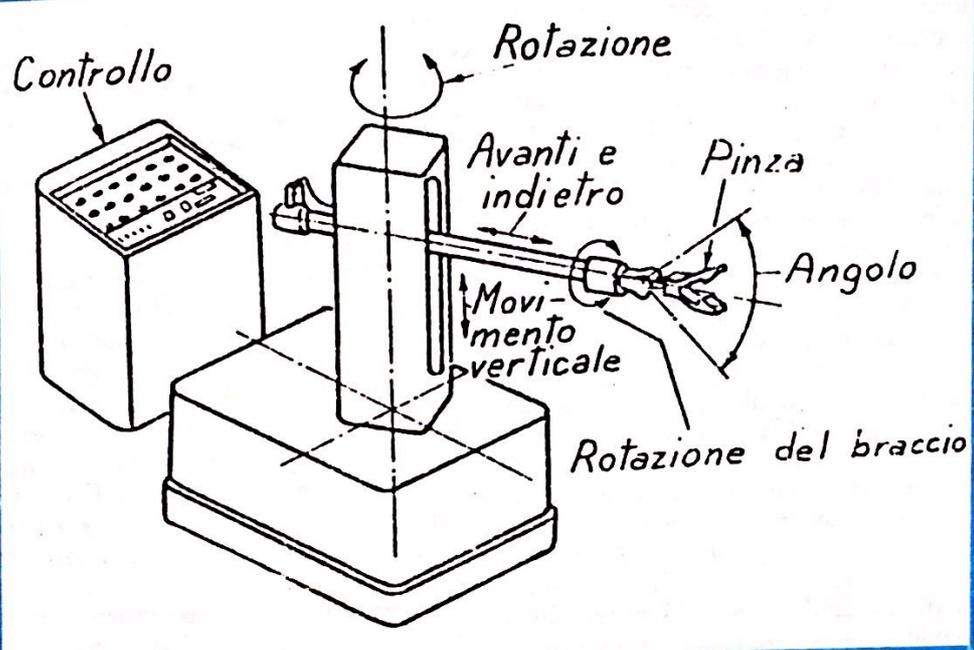
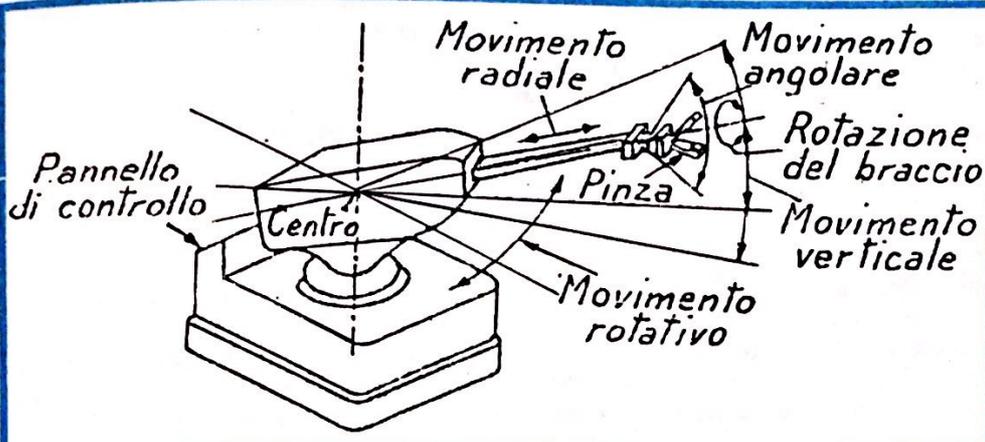


Fig. 2. Esempi di realizzazioni pratiche dei movimenti del braccio e del polso di un robot. Caso A): Lo spazio d'azione è in realtà una porzione di sfera; ma, dato il piccolo rapporto fra l'alzata praticamente necessaria e la massima estensione del braccio, in pratica si differenzia ben poco da uno spazio cilindrico. E' il caso del robot Unimate. Caso B): Spazio d'azione cilindrico classico. Caso C): Spazio d'azione rettangolare<sup>3</sup>.

ti operativi, che viene poi immagazzinata in memoria. Dagli accenni fin qui fatti si vede facilmente che un robot della prima generazione ha ancora molto in comune con una macchina automatica programmabile (per esempio, a controllo numerico). Le informazioni che tratta sono prevalentemente geometriche ed esso si muove sulla base di un programma memorizzato (che, come per una macchina a controllo numerico, può essere punto a punto o continuo). Alcuni infatti sostengono che non si tratta ancora di veri robot, « perché non hanno capacità decisionali e di discernimento; qualsiasi imprevisto li mette in crisi; la loro flessibilità è spesso limitata a un determinato campo di applicazione<sup>6</sup>. I pratici tuttavia rispondono che nel campo industriale appare più conveniente lo sviluppo di robot specializzati, preparati solo ad un determinato tipo di situazioni o mansioni, ma che non hanno né il costo né la complicazione (che spesso vuol dire minore affidabilità e minore rigidità strutturale quindi attitudini solo a lavori leggeri) di un robot universale dotato di ampie capacità. « Il robot universale è una cosa meravigliosa, ma soffre di tali e tante limitazioni che l'applicazione specifica gli sta come una maglia stretta; è molto più ragionevole fare delle famiglie di robot, ognuna con un suo campo di applicazione »<sup>7</sup>. Del resto, nonostante le somiglianze citate, esistono già importanti differenze qualitative fra un robot ed una macchina a controllo numerico, sia pure computerizzato e con interpolazione in *software*. Non si tratta qui del trattamento di un flusso di informazioni relativo ad una serie di lavorazioni, quanto piuttosto di apprendere e memorizzare le informazioni relative a possibili manipolazioni, in modo abbastanza indipendente dal loro scopo specifico (uno stesso robot Unimate, ad esempio, può eseguire punti di saldatura in una stazione di una linea di montaggio o caricare e scaricare una macchina utensile prelevando e riponendo pezzi in magazzini non sequenziali o altre operazioni ancora). Sia pure in ambiti per ora strettamente predeterminati ed in relazione ad una serie di situazioni previste e memorizzate, un robot può adattare il proprio comportamento alla situazione che si presenta. Il robot tende a sostituire dunque la attività dell'uomo, come veicolo ed elaboratore di informazioni, non solo al servizio di una specifica macchina ma come capacità generica, partendo dalle

mansioni più ripetitive ma tendendo a quelle sempre più investite di qualificazione, cioè di capacità di decisione e di scelta.

E' pur vero, in ogni modo, che il robot della prima generazione ha ancora vari limiti. « I suoi sensi sono piuttosto limitati: non vede, non sente, raramente ha un abbozzo di sensazione tattile e se la sua mano afferra un pezzo diverso da quello previsto, non se ne accorge nemmeno »<sup>8</sup>. Gli abbozzi sensoriali si riducono, per ora, normalmente a controlli di presenza - assenza di un pezzo e di riconoscimento della posizione e/o del tipo di un pezzo (in una gamma di possibilità e di situazione limitata e rigidamente definita). Anche il controllo dei movimenti, per ora, è semplicemente cinematico, cioè riguarda al più traiettorie, velocità, accelerazioni, secondo leggi definite e precedentemente memorizzate. E' per esempio già un grosso problema sincronizzare un robot con un convogliatore di trasporto pezzi. Manca inoltre in generale il controllo delle forze esercitate (questione molto importante in varie operazioni di montaggio, fra l'altro); cominciano solo in pochi casi ad essere presenti retroazioni di forza, per lo più a soglia (che, cioè, fissano dei limiti massimi e/o minimi allo sforzo esercitato).

### Le ultime generazioni

Benché, come si è accennato, molti considerino più conveniente aggirare questi limiti anziché superarli, specializzando il robot e riportandolo ad assomigliare ad una macchina automatica, essi appaiono destinati a scomparire, e forse nemmeno in tempi lunghi. Secondo uno studioso americano le cui considerazioni, per la verità, sono considerate da molti piuttosto ottimistiche, in particolare riguardo ai tempi, all'attuale prima generazione (robot controllati da informazioni memorizzate) comincerà a succedere, già intorno al 1977, la generazione 1,5 (robot con controllo sensoriale + memoria)<sup>9</sup>. I robot della generazione 2 (con coordinazione visivo - manuale), che saranno in grado « di manipolare oggetti sulla base della visione e di vedere oggetti sulla base dell'interazione fra le mani del robot e gli oggetti manipolati stessi » dovrebbero comparire nel 1977 e per il 1980 potrebbero sostituire due o più operai semi-qualificati su due turni. In essi per esempio (prototipo Mitsubischi) una telecamera montata nella

mano del robot è usata per controllare i movimenti della mano stessa e per riconoscere la forma di un oggetto. A sua volta la mano coopera con l'occhio manipolando l'oggetto finché l'occhio è in grado di riconoscerlo. Con la generazione 2,5 (robot operai a motorizzazione percettiva) disponibile, sempre secondo Driscoll, a partire dal 1980, si arriverebbe alla coordinazione motoria-sensoriale pressoché completa. Questi robot sarebbero in grado di sostituire, sotto il controllo di un computer, montatori di alta qualificazione. Infine i robot della generazione 3 (robot intelligenti a livello di fabbrica), oltre ad avere una completa coordinazione visivo-manuale programmabile e adattativa, saranno dotati di una intelligenza artificiale in grado di risolvere problemi nell'ambito della fabbrica.

Se le ultime generazioni di robot previste da Driscoll si avvicinano già notevolmente alle immagini fantascientifiche, il quadro delle previsioni non si ferma però ad esse. Ad un certo punto il robot cessa di essere un semplice manipolatore ed allarga il suo campo di utilizzazione. Si arriva così, ad esempio, a prevedere il robot che cammina con le zampe (su terreno molto accidentato la locomozione a ruote è impraticabile) e sono due studiosi italiani a presentare uno studio di realizzabilità di un simile robot, sia pure solo a livello di simulazioni di laboratorio<sup>10</sup>. E non è un futurologo, ma un tecnico della Unimation, forse la più importante fra le attuali ditte produttrici di robot industriali, J.F. Engelberger, ad andare ancora vicino all'automatoma umano dei racconti di fantascienza<sup>11</sup>. Per il 1984, secondo Engelberger, le capacità dei robot potranno essere tali da lasciar cadere la limitazione insita nell'aggettivo « industriali » ed essi potranno essere utilizzati ad esempio nei servizi, come distributori di benzina, distributori di viveri ecc... Sarà anche possibile la comunicazione vocale diretta fra l'uomo ed il robot e l'utilizzazione dei robot nei servizi domestici. A questo studio, le esigenze di sicurezza potrebbero condensarsi nelle famose tre leggi della robotica di Asimov:

1. Un robot non deve mai fare del male ad un essere umano o permettere, senza intervenire, che un essere umano subisca del danno.
2. Un robot deve sempre obbedire all'uomo, a meno che ciò sia in contrasto con la prima legge.
3. Un robot non deve mai porsi in condizione di ricevere del danno, a me-

no che ciò contrasti con la prima o con la seconda legge.

### Limiti ad impieghi

Se dalle estrapolazioni più o meno avveniristiche torniamo alla realtà presente, troviamo che le caratteristiche dell'impiego attuale dei robot industriali a livello di produzione sono molto più limitate, sia come campi di applicazione che come sofisticazione di prestazioni, anche se il numero di unità installate va rapidamente crescendo, specie in Giappone e negli Stati Uniti. Ciò è certo dovuto anche alla relativa « grossolanità », che si è già vista, dei robot della prima generazione. Un rapido esame di alcuni esempi consentirà una prima valutazione, sia pure di larga massima, di tali caratteristiche.

Il robot Unimate, costruito dalla Unimation Inc. americana, è forse uno dei robot industriali più famosi, se non il più famoso, a livello mondiale. In Italia, in particolare, la sua fama è in gran parte dovuta alla prima installazione di 18 unità di questo tipo per il maneggio di pinze di saldatura lungo la linea di montaggio della Fiat 132. Largamente pubblicizzata anche a livello della stampa quotidiana, questa installazione è stata presentata un po' come anticipazione di un futuro tecnologico, un po' come valida risposta alle rivendicazioni operaie per quello che allora si insisteva a chiamare « nuovo modo di fare l'automobile ». L'Unimate è un robot a 5 o 6 gradi di libertà che dalla sua introduzione nel 1967 (le prime applicazioni sono state per il servizio di macchine di pressofusione) ha subito vari perfezionamenti e sofisticazioni. Per la linea della Fiat 132, pur con soluzioni tecniche notevoli, non è stata certo la prima applicazione alla saldatura delle scocche: fra l'altro 26 unità erano state applicate sulla linea della « Vega » nello stabilimento General Motor di Lordstown. Anche qui, l'impiego del robot era stato presentato come eliminazione delle mansioni umane più noiose e faticose, nel quadro della « fabbrica del sogno », il cui altissimo livello di automazione avrebbe permesso un lavoro comodo e piacevole col massimo di produttività. Abbastanza ironicamente, a dispetto dei primi reportage entusiastici, Lordstown si è dimostrato uno degli stabilimenti più conflittuali e varie fermate sono state effettuate proprio contro le condizioni di lavoro... In quelle prime applicazioni le stazioni

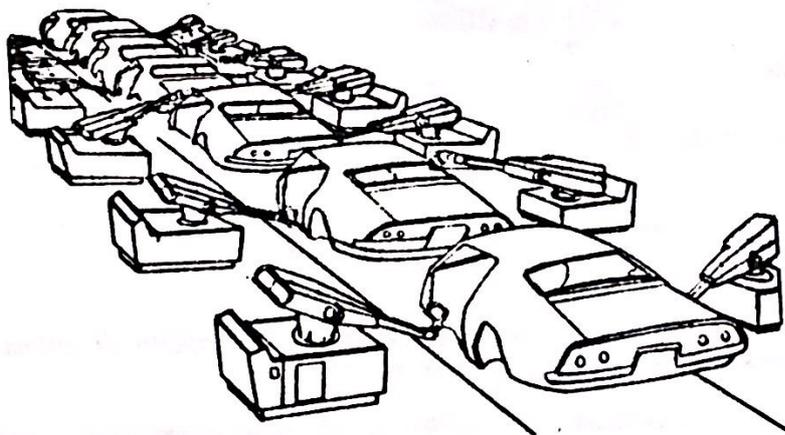


Fig. 3. Modi di impiego di un robot industriale. Caso A): Circondato dal lavoro. E' adatto ad esempio per il caso in cui il robot sia al servizio di diverse macchine piccole che possono essere disposte all'interno del suo spazio d'azione. Caso B): Gli elementi su cui si deve lavorare, disposti su una linea con trasferimento a passi, arrivano via via ai robot. E' questa la sistemazione degli Unimate sulla linea della scocca Fiat 132 alla Fiat Mirafiori. Nel caso in cui il robot sia al servizio di diversi macchinari più ingombranti occorre montarlo su una base mobile che possa raggiungere i vari posti di lavoro<sup>12</sup>.

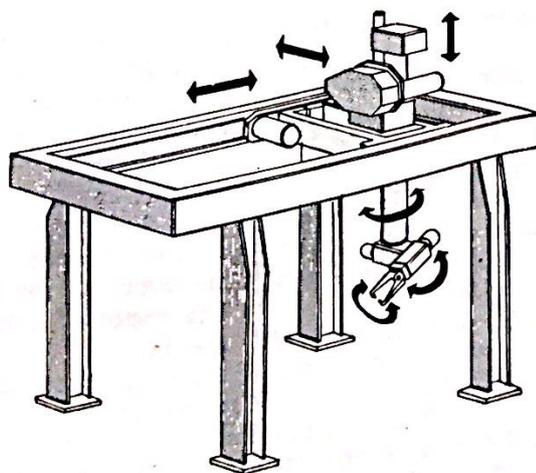


Fig. 4. Il robot di saldatura SIV « Deltix 6 ».

di saldatura erano fuori linea, a causa della già ricordata difficoltà di sincronizzare i robot col movimento della linea, ed in esse le carrozzerie erano spostate a mezzo di carrelli temporaneamente sganciati dal trasportatore di linea. Alla Fiat si è invece direttamente realizzata una linea con movimento « a passi », affrontando, a quanto è stato dichiarato, costi e difficoltà tecniche non indifferenti. Per l'operatore uomo si è sempre avuto e si ha tuttora molto meno riguardo che per il robot, obbligandolo a lavorare sulla scocca in movimento continuo. Se un robot dovesse lavorare in questo modo, si potrebbe pensare di montarlo su rotaie parallele alla linea, facendogli seguire il movimento del pezzo che lavora e poi tornare indietro a prenderne un altro; ma si tratterebbe di una soluzione molto costosa ed ingombrante. La soluzione ideale è considerata quella del robot su base ferma che inizia a lavorare sulla scocca quando questa entra nel suo spazio d'azione ed opera su di essa finché ne esce. Ma siamo appena, attualmente, alle prime realizzazioni pratiche di tale soluzione, che richiede l'uso di robot a sei gradi di libertà, più la coordinazione col movimento della linea che ne costituisce praticamente un settimo. Invece la soluzione con linea a passi si presenta conveniente quando stazioni servite da robot devono essere poste in serie con una linea transfer di saldatura di tipo convenzionale. Anche una installazione di questo tipo è stata recentemente realizzata dalla Fiat che ha, inoltre, installato degli Unimate anche per compiti diversi dalla saldatura (es. carico e scarico automatico di macchine utensili...).

Un approccio alquanto diverso, almeno dal punto di vista geometrico, al problema della saldatura è quello realizzato dalla Srv di Caselette (Torino) con il robot « Deltix »<sup>6</sup>, costruito dalla Msr (Macchine Speciali Torino, già Officine Ausiliarie Fiat). Il Deltix 6 è in realtà una macchina di saldatura a controllo numerico con struttura a portale e spazio d'azione rettangolare, a sei assi, di cui tre lineari per il movimento del braccio e tre rotazioni per l'orientamento della pinza. La concezione del Deltix e la sua stessa geometria sono specificamente indirizzate verso le operazioni di saldatura e questa specializzazione porterebbe a classificarlo come una macchina automatica più che un vero e proprio robot; d'altra parte esso ha del robot la flessibilità e la mobilità, dovute alla memorizzazione dei programmi ed all'alto numero

di assi controllati. Ancora una volta si vede quanto arbitrario sia tracciare una linea di confine e classificare una data realizzazione nell'una o nell'altra categoria.

Il terzo esempio, anch'esso italiano, si riferisce ad una operazione di montaggio meccanico alla Olivetti di Ivrea. Le operazioni di montaggio meccanico sono fra quelle in cui la sostituzione dei robot al lavoro umano appare più seducente, ma sono anche quelle più difficili per le limitate o nulle capacità sensoriali di un robot della prima generazione. Il riconoscimento e l'afferraggio dei diversi particolari, la loro esatta orientazione ed il loro accoppiamento nel modo corretto sono cose spesso facilmente accessibili anche ad un bambino piccolo e che comunque non diminuiscono certo la frustrazione di un lavoro monotono, stupido e ripetitivo, ma che possono costituire difficoltà quasi insormontabili per un robot attuale, a meno che il lavoro non gli sia facilitato con speciali accorgimenti.

La Olivetti ha realizzato e iniziato ad impiegare nel 1975 non soltanto un robot ma un completo sistema di automazione flessibile particolarmente dedicato ai montaggi, che viene chiamato SIGMA (Sistema Integrato Generico di Manipolazione Automatica). Il sistema è caratterizzato dall'uso di un particolare robot con due bracci indipendenti, ciascuno con tre gradi di libertà (assi lineari; inoltre su ogni braccio è possibile il cambio mani automatico) e dal controllo con minicomputer utilizzando uno speciale linguaggio di programmazione SIGLA (Sigma Language). Una particolare applicazione è rappresentata dal montaggio di un tasto modulare costituito da quattro componenti, impiegato per tutta una serie di nuovi prodotti con una produzione globale superiore ai 1000 pezzi/ora<sup>14</sup>. In questa soluzione ogni braccio è stabilmente attrezzato con due tipi diversi di mani e « date le ridotte dimensioni del gruppo (l'ingombro in pianta è di circa 15x15 mm) è stato inoltre possibile parallelizzare tra loro cinque prese, così da produrre 5 gruppi ad ogni ciclo ». Lo spazio non consente qui di riprodurre la descrizione di alcune interessanti particolarità dell'applicazione, quali il ciclo di prelievo delle mole (part 3, di fig. 6) dal vassoio di alimentazione in cui sono disposte a righe sfalsate, realizzato dal software di programmazione utilizzando sensori di interferenza sui polsi della macchina, o il controllo dello sforzo di piantaggio attraverso la posizione relativa

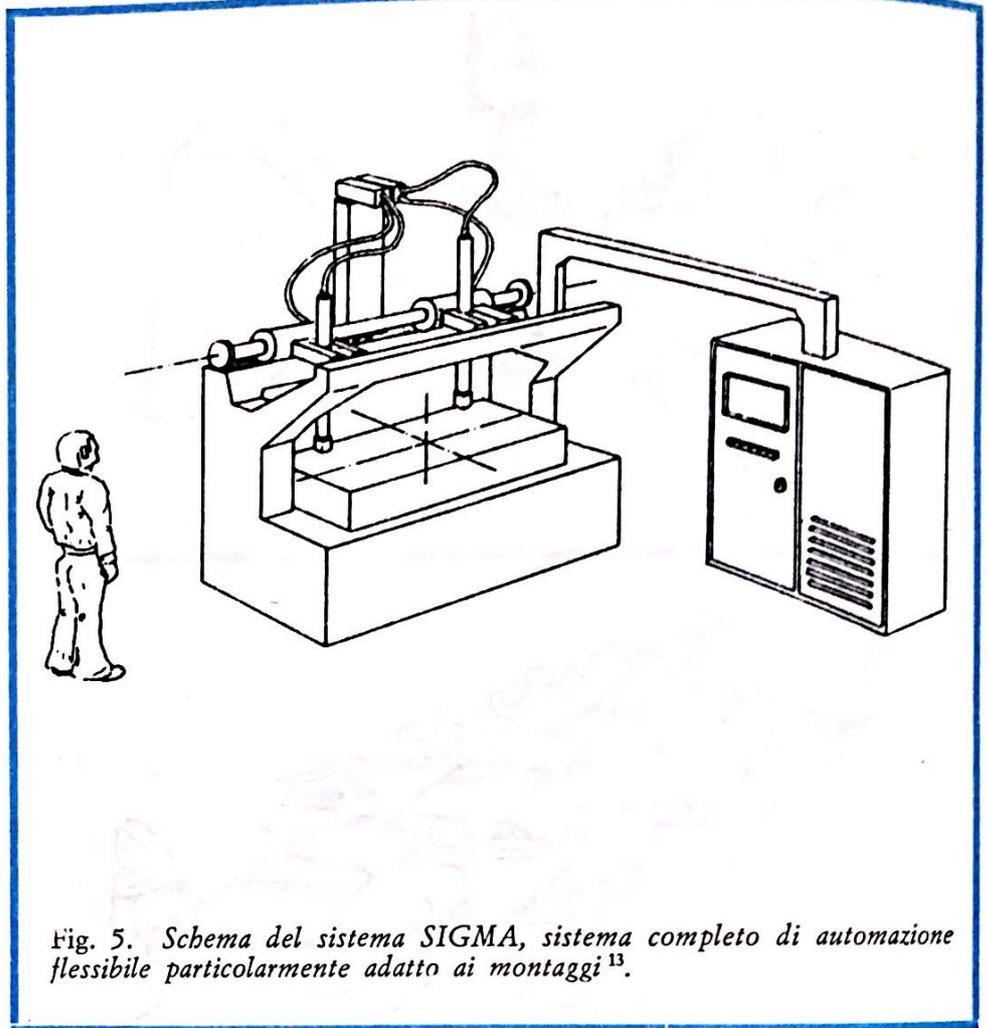


Fig. 5. Schema del sistema SIGMA, sistema completo di automazione flessibile particolarmente adatto ai montaggi<sup>13</sup>.

attrezzo-braccio, sempre a mezzo dei sensori del polso.

#### Perché il robot?

Siamo ora un po' più attrezzati per tentare una risposta alla domanda che facevamo all'inizio « ma perché proprio il robot? ». E vediamo innanzi tutto le risposte che sono state date ad una domanda di questo genere in una indagine condotta negli Stati Uniti (fig. 7). Da queste osserviamo intanto che le due motivazioni che possono essere considerate più o meno corrispondenti alle risposte che avevamo indicato come più comuni in Italia a livello generale si trovano invece abbastanza indietro in graduatoria. E' solo la quinta ragione in ordine di importanza, citata nel 35,4% dei casi, quella di rispettare le norme OSHA (*Occupational Safety and Health Act*), cioè di evitare all'operaio condizioni di lavoro pericolose o nocive. E solo il 17,7% ha citato fra le ragioni quella di controbattere l'instabilità della mano d'opera, cioè in sostanza di rispondere alla « disaffezione » al lavoro. Per contro, ben il

70,8% degli intervistati ritiene che la principale ragione per acquistare robot sia quella di ridurre il costo della mano d'opera.

Bisogna naturalmente ben guardarsi dal prendere questi dati come oro colato. Prima di tutto è chiaro che l'America non è l'Italia e poi ci possono essere molte ragioni per dubitare che le risposte possano essere, coscientemente o meno, non sincere o non completamente rappresentative. Un discorso va tuttavia fatto sulla controversa questione della riduzione dei costi. Bisogna intanto osservare che la formulazione della risposta parla di *labor costs*, con ciò implicitamente restringendo il confronto fra il robot e l'operatore umano e non considerando altre soluzioni automatiche eventualmente possibili. Come avevamo già notato, ciò non dà una risposta completa alla nostra domanda.

Ma l'argomento del costo del lavoro è comunque importante. Non tutti ci credono da parte padronale, specialmente in Italia; il che dimostra che le periodiche lamentazioni sugli insopportabili costi del lavoro hanno molto di strumentale. Osserva del resto Carlo Prono,

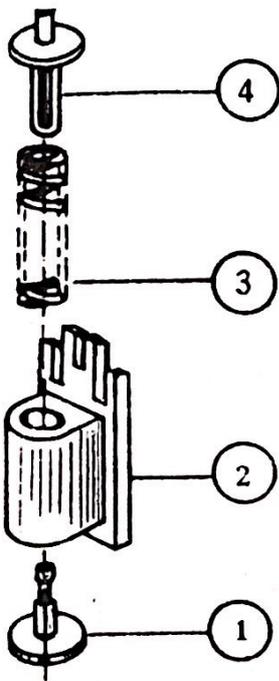


Fig. 6. Il tasto modulare applicato a SIGMA<sup>15</sup>.

nel fascicolo di *Ingegneria Meccanica* di febbraio 1976, dedicato alla robotica, che « il costo dell'ora di lavoro in Italia non è poi sostanzialmente superiore a quelli che si riscontrano nel resto della CEE, anzi forse è ad essi il più delle volte inferiore »<sup>17</sup>. E sostiene anche che il necessario aumento di produttività può essere ottenuto, più che premendo sui lavoratori, con « la decisione di dotare la propria azienda dei mezzi di produzione più progrediti (fra cui appunto i robot), di convertirsi a sistemi di organizzazione del lavoro più moderni e meno alienanti... ». Su un diverso versante c'è chi lamenta che « lo dicono tutti che i costi del lavoro sono aumentati in modo insostenibile, n.d.r.), ma quando si va a proporre una macchina da 20-30 milioni, l'imprenditore cambia idea e preferisce prendere un bel manovale »<sup>18</sup>. Ma nei termini in cui è o viene presentato come valido, sia in America che in Italia, tuttavia, l'argomento del costo del lavoro va considerato con attenzione. Bisogna ricordare con chiarezza che in una organizzazione capitalistica il costo del lavoro a parità di produ-

zione può essere diminuito soltanto in due modi: riducendo la « qualità » del lavoro necessario (minore qualificazione) o riducendone la quantità (minore occupazione). La possibilità di conseguenze di questo tipo non può non venire considerata per il caso dei robot. In genere i commentatori di parte padronale tendono a liquidarla rapidamente sostenendo che i posti di lavoro faticoso, nocivo e dequalificato sostituiti dai robot vengono recuperati a livello più alto con funzioni di controllo, organizzazione ecc... Se una parte di vero ci può essere in questo spostamento delle qualifiche, è però evidentemente assurdo pensare che un padrone capitalista spenda cifre notevoli per una trasformazione il cui risultato finale sia quello di utilizzare la stessa quantità di manodopera a livelli di qualificazione superiori! Si potrebbe ipotizzare una cosa di questo genere soltanto nel caso di un risparmio in attrezzature e investimenti fissi almeno pari al maggior costo di manodopera; il che non è evidentemente il caso dei robot. E tuttavia, ribattono gli osservatori padronali, la storia ha dimostrato, dai luddisti in poi, che le previsioni

fosche erano errate e che l'introduzione di nuovi mezzi tecnici non ha provocato la massiccia disoccupazione e la miseria crescente della classe operaia. Dimenticano però che ciò è potuto avvenire prima di tutto per le durissime lotte combattute dagli operai per la riduzione degli orari di lavoro e d'altro lato per il fortissimo aumento dei consumi nelle società capitalistiche avanzate, specie nell'ultimo periodo, e per la dilatazione dei mercati, che hanno consentito di espandere enormemente la produzione. I costi pagati dai lavoratori, gli squilibri e gli sfasamenti che si sono avuti in questo sviluppo, non hanno bisogno di essere ricordati. Non è pensabile quindi che un movimento operaio più forte e più cosciente potesse accettare di affidarsi ancora una volta al gioco delle forze del sistema nella speranza che nel lungo periodo non si abbia aumento di disoccupazione emergente (quanto alla qualificazione, è ancora un altro discorso). D'altronde l'esperienza stessa ci conferma che non esisterebbe alcuna garanzia che la compensazione avvenga, né che gli squilibri possano essere ridotti entro limiti tollerabili, tenendo

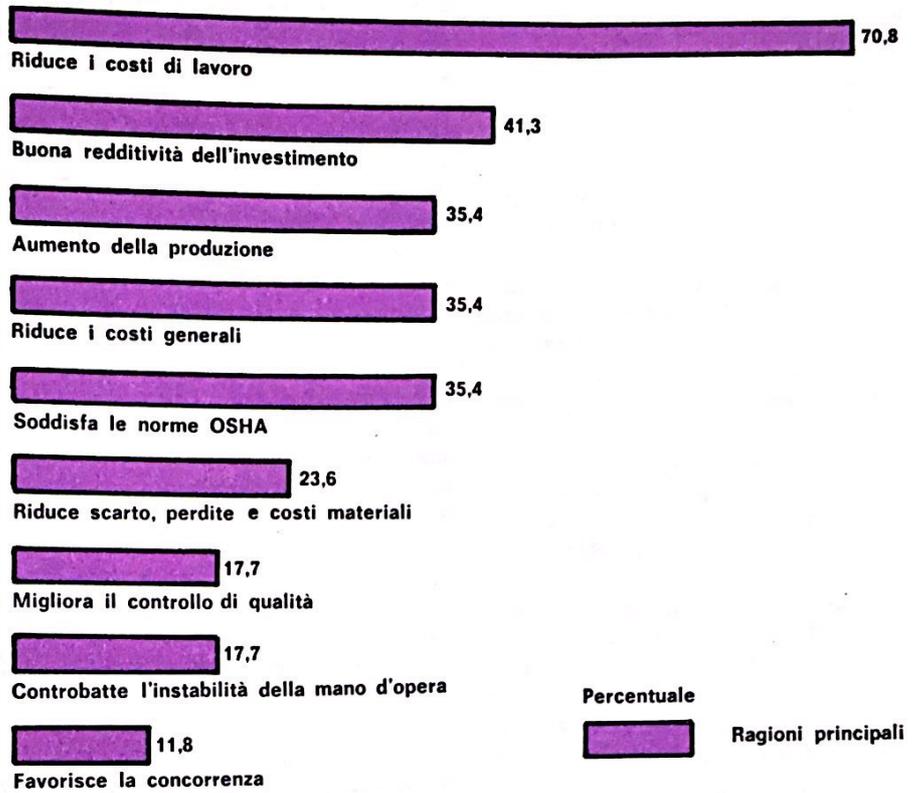


Fig. 7. Motivazioni che spingono all'adozione dei robot<sup>16</sup>

anche conto della maggiore vulnerabilità del sistema a livello sia interno che internazionale.

Ma il minor costo del lavoro dovrebbe essere il risvolto di un miglioramento della qualità del lavoro dovuto, come si è detto, alla eliminazione delle mansioni più alienanti, malsane e ripetitive, che dovrebbe venire incontro alle richieste operaie per un diverso modo di lavorare. Si è già visto come, nelle risposte all'inchiesta americana questo aspetto sia venuto fuori con un'espressione un po' ambigua (*Counter labor instability*) e comunque agli ultimi posti nella scala delle motivazioni; il che contrasta singolarmente con l'insistenza con la quale articoli, pubblicità, studi vi si sono soffermati. Si può dire che non ci sia pubblicazione sui robot che non inizi con considerazioni sulle richieste sindacali, sui fenomeni di « disaffezione al lavoro », sulla minaccia rappresentata dalla insoddisfazione per le mansioni avvilenti e dequalificate, usando tutta una serie di toni, da quelli deprecatori a quelli paternalistico-giustificativi. In Italia poi, in coincidenza col crescere del movimento sui temi dell'organizzazione del lavoro, su questi argomenti c'è una particolare insistenza, fino talvolta a presentare « l'era del robot » con aspetti messianici, da nuova età dell'oro.

Alcuni esempi sono già stati qui accennati. Per altro non c'è che l'imbarazzo della scelta. Gian Luigi Lombardi Cerri, su *Tecnologie meccaniche*, dopo aver tentato una difesa d'ufficio del taylorismo, riconosce tuttavia che esso è ora non più adeguato alle nostre attuali esigenze e conclude: « il mezzo tecnico che toglierà all'uomo i lavori più frustranti è già oggi a disposizione e viene denominato « manipolatore universale » o « robot »<sup>19</sup>. E l'ing. Mario Benedetti, della Olivetti, sostiene che « queste macchine (appunto i robot) puntano sul piano operativo alla liberazione dell'uomo da quelle attività ripetitive, più dequalificanti, che tanta esca hanno dato alle critiche più feroci alla moderna organizzazione industriale... »<sup>20</sup>. Secondo « La Stampa » coi robot alla Fiat « si cerca di realizzare, in concreto, un modo nuovo per fabbricare le automobili » e « di dare una risposta positiva alle richieste dei sindacati ». E così via.

Si direbbe che l'illusione di dare una risposta alle nuove esigenze operaie esasperando la strada dell'automazione, rendendo, almeno apparentemente, il lavoro sempre più facile e meno faticoso, sia proprio dura a morire. E'

l'illusione (o il tentativo di mistificazione?) che già era stata alla base di tante apologie della prima automazione, quella delle transfer e delle grandi produzioni in serie. Eppure c'è ormai una ricchissima documentazione, dagli studi alle esperienze pratiche di lotta, a dimostrare quale maggiore complessità e ricchezza, quale volontà di riappropriarsi delle conoscenze e di costruire una cultura diversa, ci sia alla base del movimento e sia passata nell'elaborazione sindacale. Non per nulla c'è un legame strettissimo fra la nascita della rivendicazione delle 150 ore e la critica all'organizzazione capitalistica del lavoro. Eppure, che gli obiettivi operai non siano così elementari, lo dimostrava già il bilancio della prima automazione, lo dimostrano le esperienze che si fanno attualmente anche dove la protesta è rimasta a livello istintivo e non è stata elaborata dal movimento sindacale, come il caso citato dalla GM di Lordstown.

### *Il robot e la riqualificazione operaia*

E' proprio vero, del resto, che la diffusione dell'automatismo coi robot porterà ad una riqualificazione? L'ambiguità, in parte probabilmente voluta, fra l'eliminazione del lavoro più faticoso e degradato e l'apertura di spazio di maggior qualificazione in mansioni di controllo e organizzazione dei processi e dei flussi materiali e informativi, rischia di riaprire anche per l'uso dei robot, ancora una volta come per la prima automazione, la discussione fra *upgrading* e *downgrading*, fra riqualificazione e dequalificazione. E' vero che potrà sorgere una certa richiesta di nuove attività a più alto livello ma, a parte ogni altra considerazione, nemmeno dal robot ci si potrà aspettare l'officina completamente automatica, senza alcun intervento umano, che qualcuno vedeva già come sbocco dell'automazione degli anni '50. E questo vuol dire compressione delle qualifiche per gli operai che rimangono più direttamente vicini al processo materiale di produzione. Non solo, ma le caratteristiche specifiche del robot, che chiamano in causa tutto il trattamento delle informazioni almeno a livello di processo, tendono, coi loro effetti diffusivi, come già per il controllo numerico, a causare uno sconvolgimento dei ruoli e delle qualifiche a tutti i livelli. E' quindi probabile che, lasciato all'uso capitalistico, il robot spinga piuttosto ad una polarizzazione delle

qualifiche simile a quella che, in modo sia pure contraddittorio, si è profilata in seguito all'introduzione di altri automatismi industriali.

Il robot è tuttavia, lo abbiamo visto, qualcosa di ben diverso dalla macchina automatica. Nelle sue differenze da questa, più che nella sua capacità di automatizzare operazioni prima eseguite dall'uomo va ricercata secondo noi una risposta più meditata e approfondita alla domanda « ma perché proprio il robot? ». Di queste differenze l'elemento più caratteristici e che probabilmente tenderà ad espandersi sempre più, è la sua grandissima flessibilità operativa. Non è un caso che la ricerca delle flessibilità, come strumento per far fronte sia ai nuovi livelli delle lotte operaie, sia ai nuovi problemi della produzione e del mercato, si ritrovi in quasi tutti gli aspetti delle ristrutturazioni industriali in corso. Da questo punto di vista è più facile comprendere perché, anche rispetto alle esigenze della grande produzione per quanto si riferisce ad operazioni al di fuori delle tradizionali lavorazioni meccaniche, gli studi su macchine automatiche specializzate, che avrebbero potuto ugualmente sostituire il lavoro umano, siamo rimasti alquanto indietro rispetto a quelli sull'applicazione dei robot, che pure rappresentano una tecnologia nuova suscettibile di maggiori rischi potenziali. E ciò tanto più in quanto la flessibilità, nell'attuale organizzazione industriale, è una caratteristica che va al di là della semplice versatilità dei singoli elementi di macchinario, per investire tutta la struttura integrata di circolazione di materiali ed informazioni. In questo senso il robot, che diventa facilmente compatibile coi sistemi di elaborazione elettronica dei dati e può imparare a colloquiare con essi, appare, almeno in prospettiva, come particolarmente interessante.

E allora forse, anche il presentare il robot come una risposta alla contestazione dell'attuale organizzazione capitalistica del lavoro, assume un aspetto diverso. Risposta sì, ma non venendo incontro alle nuove esigenze operaie quanto piuttosto proponendo una diversa struttura, con diverse dislocazioni delle sedi decisionali e diversa circolazione delle informazioni, ma con le stesse, e anche maggiori, possibilità di centralizzare il controllo. Risposta sì, insomma, che spiazza gli strumenti d'attacco e di critica che la classe operaia si è fabbricata in questi anni. Non è, crediamo, per caso che la Fiat, mentre ha sperimentato a Rivalta le strom-

bazzatissime « isole », pur così limitate come reali contenuti di arricchimento del lavoro e di conoscenze, in un contesto isolato, dichiaratamente provvisorio, da provetta, predisposto al fallimento, abbia fin da principio inserito i robot in una linea di produzione regolare ed organicamente connessa con l'insieme della struttura. Nella differenza fra le due « sperimentazioni » c'è, ci sembra, il segno di una scelta padronale precisa.

I compagni operai della Fiat, d'altra parte, hanno colto nelle loro linee generali questi aspetti. Quando parlano della introduzione dei robot, la inquadrano nel processo di ristrutturazione interna delle officine. Fiat in corso nell'ultimo periodo e ne parlano quindi insieme alla introduzione sistematica di « polmoni » ed a tutto il complesso delle modifiche intese a dare una nuova dimensione di elasticità e flessibilità alle linee di produzione. Correttamente, è in questa dimensione più che nel fatto tecnico specifico del robot che essi individuano il reale elemento nuovo, la « sfida » del padrone alle loro recenti conquiste, con la quale sono chiamati a confrontare le loro capacità di analisi e di lotta.

Del resto, anche su pubblicazioni che non appartengono certo al movimento operaio c'è chi ricorda che « è cosa saggia non lasciarsi trascinare da eccessive ed ottimistiche considerazioni intorno al futuro dei robot come sostitutivi dell'uomo, poiché noi sappiamo che essi sono un ulteriore mezzo di aumento di produzione e ne segue che si integrano facilmente nella legge del profitto »<sup>21</sup>.

### Condizionare « l'uso capitalistico delle macchine »

E allora, guerra a fondo al robot? Da parte padronale si è spesso evocato lo spettro del luddismo, a proposito delle possibili reazioni del movimento operaio all'introduzione dei robot. Ma se giustamente il movimento del '68-'69 ha richiamato ad una valutazione teorica più attenta del luddismo e delle sue motivazioni, superando le liquidazioni troppo frettolose, è tuttavia ben chiaro ed acquisito che quella è una strada storicamente e politicamente perdente. Che il robot — non diversamente, del resto, da tante altre innovazioni — si presenti come strumento di una politica padronale, organicamente inserito in una riorganizzazione che punta a ritrovare quel control-

lo e quella disponibilità sul lavoro che le recenti conquiste operaie hanno seriamente ridotto, che le sue stesse caratteristiche e linee di sviluppo tecnologiche appaiano spesso come inscindibilmente legate a questa sua funzione, non è in fondo una scoperta sconvolgente. Strano, anzi, sarebbe il contrario, a meno che non credessimo davvero nella possibilità di una tecnologia neutrale. Di qui, concludere che non ci sarebbe altro da fare che puntare i piedi ed opporsi al massimo possibile al suo uso, sarebbe prova di cecità politica e, in fondo, di scarsa fiducia nella classe. La possibilità di condizionare seriamente, a partire dal terreno della fabbrica, quello che Panzieri chiamava « l'uso capitalistico delle macchine » fa parte ormai della nostra esperienza quotidiana, anzi ne costituisce un elemento significativo. E se è vero che condizionare non vuol dire annullare, questo è un dato ovvio dei rapporti di potere in un periodo come quello attuale. Giustamente quindi alla Fiat, più che scagliarsi contro il nemico robot, organizzazione sindacale e consigli di fabbrica stanno analizzando le caratteristiche complessive della riorganizzazione in corso (che come si è osservato, non si esprime solo nei robot) per adeguare e riaggiornare metodi ed obiettivi di lotta.

Ma c'è qualche altra cosa da osservare. Alla base della robotica ci sono delle possibilità reali, come la sostituzione di certe mansioni umane più avvilenti ed un diverso modo di circolazione delle informazioni, che possono interessare attivamente il movimento operaio. Certo è ben poco probabile, per non dir altro, che questo possa ridursi soltanto ad una questione di « uso alternativo » dei robot. La tecnologia robotica che si sta sviluppando non può non essere segnata dal suo uso capitalistico. Ma forse non è illusorio pensare ad una robotica diversa. In fondo le linee di sviluppo di queste tecniche sono in parte ancora in fase di definizione. Per esempio la discussione fra robot specializzato ed automa con capacità universali è tutt'altro che definita e la sua definizione dipenderà certo non solo da un astratto confronto tecnico-economico ma dagli obiettivi dell'organizzazione capitalistica e dai rapporti di forza fra le classi. Inserire un'altra possibilità con diversi obiettivi è forse una sfida da raccogliere anche dal punto di vista del lavoro dei tecnici nel movimento e della costruzione di una scienza alternativa.

### NOTE E BIBLIOGRAFIA

<sup>1</sup> Palagi A.E., *E' attuale il robot nell'industria?*, in « La meccanica italiana », n. 83, marzo 1975, fascicolo speciale dedicato al convegno *Il robot nell'industria*. E prosegue: « Infatti, di fronte alla cosiddetta parcellizzazione del lavoro... o si provano con nuove ristrutturazioni organizzative, basate sui principi di ricomposizione orizzontale delle mansioni (*horizontal job enlargement*), o di ricomposizione verticale (*vertical job enrichment*), o di rotazione del lavoro (*job rotation*), oppure il lavoro ripetitivo di cui trattasi dovrà essere affidata a manipolatori automatici programmabili ».

<sup>2</sup> Figura dai Proceedings of the 4th International Symposium on Industrial Robots; comunicazione di Hans Jürgen Warnecke, *The Gap between Required and Realized Properties of Industrial Robots*.

<sup>3</sup> *Robot industriali (lo stato dell'arte)* (da « Apparecchiature idrauliche e pneumatiche »).

<sup>4</sup> Montorsi R., *Stato dell'arte del robot industriale*, in *La Meccanica Italiana*, fasc. cit.

<sup>5</sup> Dina A., *Macchine utensili a controllo numerico*, Sapere, n. 770, marzo 1974.

<sup>6</sup> Cammarata I., *Il mio amico « Braccio di ferro »*, Espansione, n. 46, maggio 1973.

<sup>7</sup> Dichiarazione di Luigi Caprioglio, titolare della Srv di Caselette (costruttrice di robot per saldatura), citata *ivi*.

<sup>8</sup> *Ivi*.

<sup>9</sup> Driscoll L.C., *Blue-collar Robots. A U.S. Market Evaluation*, Proceedings of the 4th International Symposium on Industrial Robots, Tokio, 19, 20, 21 novembre 1974, pag. 121.

<sup>10</sup> Petternella M., (Istituto di Automatica dell'Università di Roma) e Salinari S., (Centro di studio dei sistemi di controllo e calcolo automatico del CNR): *Feasibility Study on Six-legged Walking Robots* (Proceedings of the 4th International Symposium... cit., pag. 33).

<sup>11</sup> Engelberger J.F., *Man-Robot Symbiosis* (Proceedings, cit., pag. 149).

<sup>12</sup> Da una comunicazione di J.F. Engelberger della Unimation, Inc. al 4° International Symposium on Industrial Robots.

<sup>13</sup> Dall'articolo di M. Salmon citato nel testo.

<sup>14</sup> Salmon M., *Applicazione di un robot di montaggio ad una produzione con elevato volume orario*, in *Ingegneria meccanica*, n. 2, febbraio 1976, fascicolo dedicato alla robotica. Una descrizione più approfondita del sistema SIGMA è stata pubblicata in: D'Auria e Salmon, « SIGMA ». *Sistema generico per la manipolazione automatica*, memoria presentata al Congresso Nazionale ANIPLA, Torino, novembre 1975 e in D'Auria e Salmon, *An integrated General Purpose System for Automatic Manipulation*, memoria presentata al 5° International Symposium on Industrial Robots, Chicago, settembre 1975.

<sup>15</sup> Vedi n. 13.

<sup>16</sup> La somma delle percentuali è superiore a 100, perché gli intervistati possono aver indicato più di una motivazione.

<sup>17</sup> Prono C., *Occorre ridurre i salari reali?*, in *Ingegneria meccanica*, fasc. cit.

<sup>18</sup> Dichiarazione di Franco Ziliani, contitolare della Norda (fabbrica italiana di piccoli robot), riportata da Italo Cammarata, *Il mio amico « Braccio di ferro »*, cit.

<sup>19</sup> Cerri G.L., *Aspettando il robot*, su *Tecnologie meccaniche*, n. 8, agosto 1974.

<sup>20</sup> Benedetti M., *Il calcolo della redditività economica dei robot nelle applicazioni industriali*, in *Ingegneria Meccanica*, fasc. cit.

<sup>21</sup> Giancesini V., *La prima conferenza sulla tecnologia dei robot industriali*, in *Rivista di Meccanica*.