

87e

Il futuro tecnologico: conoscenze ed incognite.

Businaro U.L.

Seminario Docenti Scuola Secondaria Superiore, Camera Commercio, Milano, 7 Aprile 1987

Il nostro futuro dipende in gran parte dal nostro atteggiamento verso di esso. La scuola ha una grande responsabilità nell'aiutarci a sviluppare l'atteggiamento più consono con i tempi. Il momento è particolarmente critico. Intravediamo infatti i limiti e aspetti negativi dell'azione dell'uomo per costruire il suo futuro, attraverso le sue opere. E non sembrano esservi limiti alla fantasia inventiva dell'uomo ed alla applicazione di questa a costruire un mondo di oggetti artificiali con cui modificare l'ambiente.

L'uomo tuttavia rischia di intervenire in cicli naturali la cui modifica può avere effetti sempre più grandi ed incontrollabili. Allora, cosa fare? E' possibile pensare di bloccare la attività di costruttore-innovatore dell'uomo per evitare di fare la fine dell'apprendista stregone?

Da dove incominciare?:

- dalla rinuncia allo sviluppo di nuove conoscenze scientifiche?
- dalla rinuncia a costruire grandi opere che modificano troppo macroscopicamente l'ambiente?
- dalla messa al bando di prodotti utili ma ad alto rischio, come l'energia nucleare?
- dal mettere un limite alla quantità globale di prodotti in modo da non superare certi livelli di utilizzazione pro-capite tali da non produrre più di una data quantità di sostanze inquinanti?

Il problema non è semplice. Tuttavia l'uomo in quanto animale sociale può sviluppare comportamenti tali da influire sul comportamento di ogni singolo individuo.

E' qui che interviene la responsabilità degli educatori.

Seminario per docenti scuola
secondaria superiore

Camera di Commercio
Milano, 7 aprile 1987

IL FUTURO TECNOLOGICO: conoscenze ed incognite

intervento di Ugo L. Businaro

I N D I C E

- 1) Atteggiamento verso il futuro
- 2) Due paradigmi culturali per il futuro
- 3) La dinamica del sistema tecnico
- 4) La transizione del sistema tecnico
- 5) Le sfide della transizione
- 6) Il caso della ricerca industriale
- 7) Una metafora per la dinamica dell'innovazione tecnologica
- 8) Ricerca di base, ricerca applicata, sviluppo
- 9) Le onde tecnologiche
- 10) La pianificazione del progresso tecnico
- 11) Osservazioni conclusive

1) *Atteggiamento verso il futuro*

Il nostro futuro dipende in gran parte dal nostro atteggiamento verso di esso. La scuola ha una grande responsabilità nell'aiutarci a sviluppare l'atteggiamento più consono con i tempi.

Il momento è particolarmente critico. Intravediamo infatti i limiti e aspetti negativi dell'azione dell'uomo per costruire il suo futuro, attraverso le sue opere.

Non sembrano esservi limiti alla fantasia inventiva dell'uomo ed alla applicazione di questa a costruire un mondo di oggetti artificiali con cui modificare l'ambiente.

L'uomo tuttavia rischia di intervenire in cicli naturali la cui modifica può avere effetti sempre più grandi ed incontrollabili.

Allora, cosa fare? E' possibile pensare di bloccare la attività di costruttore-innovatore dell'uomo per evitare di fare la fine dell'apprendista stregone?

Da dove incominciare?:

- dalla rinuncia allo sviluppo di nuove conoscenze scientifiche?
- dalla rinuncia a costruire grandi opere che modificano troppo macroscopicamente l'ambiente?
- dalla messa al bando prodotti utili ma ad alto rischio, come l'energia nucleare?
- dal mettere un limite alla quantità globale di prodotti in modo da non superare certi livelli di utilizzazione pro-capite tali da non produrre più di una data quantità di sostanze inquinanti?

Il problema non è semplice. Tuttavia l'uomo in quanto animale sociale può sviluppare comportamenti tali da influire sul comportamento di ogni singolo individuo.

E' qui che interviene la responsabilità degli educatori.

2) Due paradigmi culturali per il futuro

La storia è punteggiata da periodi di ottimismo e di pessimismo: il millenarismo sembra si stia riproponendo ai nostri giorni.

E' possibile capire il perchè di queste oscillazioni del nostro atteggiamento verso il futuro?

Esistono due atteggiamenti estremi al nostro approccio alla conoscenza del mondo.

Nelle scienze naturali, e prima di tutto nella fisica, prevale un atteggiamento culturale definito come *riduzionista*:
| il passato di un sistema, per quanto complesso, può essere
| compreso procedendo ad una analisi dall'alto verso il basso del
| sistema riducendolo nelle sue componenti elementari. Viceversa
| il futuro del sistema può essere predetto per sintesi, dal
| basso verso l'alto, delle proprietà e delle leggi che legano tra
| loro dette componenti.

Anche nel campo della fisica, tuttavia, negli ultimi decenni si sono sviluppate correnti di pensiero che mettono in dubbio quella che potremmo definire la speranza riduzionista. La sfida più grande in atto oggi per l'approccio riduzionista è quello del comprendere il comportamento della mente umana.

L'approccio alternativo è quello cosiddetto *olistico* (globale) che prevale nel mondo delle arti:

| il comportamento di un sistema è una caratteristica irriducibile
| della sua globalità. L'analisi dall'alto verso il basso - dal
| sistema ai suoi sottosistemi, ai suoi componenti - serve solo
| per avere degli orientamenti sul passato del sistema, ma non
| per comprenderlo. Quello che si può cogliere del futuro va
| ricercato nei segni globali che emergono dal sistema.

Poichè vi sono casi in cui l'approccio riduzionista dà frutti ed altri in cui sembra meno adatto, vi deve essere una qualche correlazione tra le caratteristiche del sistema - la sua complessità, il suo stato - ed il modo migliore per affrontarne

la conoscenza:

| sembrerebbe esservi una soglia di complessità nei sistemi,
| siano essi naturali od artificiali, al di sopra della quale il
| comportamento del sistema dipende in modo irriducibile dalla
| sua globalità.

Lo strumento riduzionista dà frutti importanti anche per sistemi complessi tanto più quanto più il sistema si trovi in condizioni di struttura stabile, lontano da condizioni di *transizione*.

| Chi voglia comprendere il comportamento di un sistema deve
| anzitutto chiedersi se esso sia lontano o meno da una fase di
| *transizione* (catastrofe).

| Il suo approccio dovrà essere più riduzionista in un caso, più
| olistico nell'altro.

3) *La dinamica del sistema tecnico*

Se si è abituati ad un approccio riduzionista (perchè il sistema in cui viviamo è stato lontano da grandi cambiamenti), quando ci avviciniamo ad una fase di transizione detto approccio entra in crisi e con lui la nostra *speranza* di saper seguire la strada giusta.

E' possibile determinare se si è in fase di transizione?

Per rispondere, consideriamo il caso del *sistema tecnico*: l'insieme delle conoscenze scientifiche e pragmatiche sviluppate dall'uomo e l'applicazione di dette conoscenze a produrre oggetti e strumenti.

| La storia del sistema tecnico mostra che il suo sviluppo -
| quello che potremmo definire il *progresso tecnico* - ha un
| comportamento dinamico caratteristico che tende a riprodursi:
| - vi sono periodi della storia caratterizzati da un sistema
| tecnico ben definito;
| - intercalati da periodi di transizione;
| - verso un nuovo sistema tecnico.

Forse si possono distinguere nella storia dell'umanità una decina di *sistemi tecnici* differenti. E' interessante notare che la metà di essi si sono sviluppati negli ultimi 200 anni, a partire dalla rivoluzione industriale.

Ci si è chiesto come mai vi siano stati periodi di lungo congelamento del sistema tecnico come quello che ha attraversato l'intero impero romano e che altro non era se non lo sviluppo di applicazione su grande scala del sistema tecnico dei greci. Una notevole responsabilità al riguardo sembra sia da attribuire al sistema filosofico prevalente, l'aristotelismo, ed al blocco che esso ha esercitato sullo sviluppo delle conoscenze scientifiche, e ancor più sull'atteggiamento dell'uomo verso la natura.

| Il sistema tecnico attuale è caratterizzato da una fase di
| transizione o di stabilità? E' prevedibile che si sviluppino le
| condizioni per un blocco come già avvenuto nel passato?

Un eventuale blocco non potrà tuttavia essere eterno. Non si vede infatti come l'uomo possa bloccare anche gli effetti di ritorno di quanto ha già fatto per modificare l'ambiente, che lo costringeranno a continuare nella modifica del suo ecosistema.

Tanto vale quindi non illuderci di potere congelare la situazione attuale che non è di equilibrio naturale, e chiederci invece quale sia il modo migliore per procedere con il progresso tecnico evitando rischi eccessivi di disastri ecologici.

| Se è sempre vero che l'azione è fatta, da una parte, di crea-
| tività, sintesi e intuito e, dall'altra di ragione, analisi e
| comprensione logica (dei fatti antecedenti l'azione e di previ-
| sione delle conseguenze), questa seconda componente dell'azione
| deve rivestire un ruolo tanto più importante quanto più ormai è
| complesso ed esteso l'intreccio tra il mondo degli artefatti e
| la natura. Anche se capire può diventare sempre più difficile,
| non si può pensare di *gestire il progresso* senza una tale
| comprensione di *dove va il mondo*.

4) *La transizione del sistema tecnico*

In generale, un sistema è in fase di transizione:

- se mostra una accresciuta difficoltà a far fronte ai cambiamenti ambientali;
- se le potenzialità di sviluppo sono in saturazione ed il sistema mostra una riduzione di efficienza ed una "complessità crescente";
- se le fluttuazioni del sistema producono degli effetti di ritorno positivi che amplificano le fluttuazioni stesse portando il sistema a cambiamenti irreversibili.

Esaminando il sistema tecnico, in effetti si notano in questi ultimi tempi molteplici segni del tipo sopra indicato :

- da una parte le crescenti difficoltà legate ai problemi della salvaguardia ambientale hanno già portato in alcuni casi ad un vero e proprio blocco dello sviluppo tecnologico (nucleare) e richiedono interventi sempre più complessi ed inefficienti;
- d'altra parte appaiono *fluttuazioni tecnologiche* che tendono a cambiare radicalmente il sistema tecnico.

Conviene concentrare l'attenzione su quelle che si possono definire tecnologie orizzontali, in quanto pervadono l'intero sistema tecnico: i materiali, i processi produttivi, i sistemi di comunicazione.

In effetti si possono notare cambiamenti tecnologici drastici :

- nei materiali, ad esempio per lo sviluppo dei compositi;
- nei processi di lavorazione, per l'introduzione di laser e robots;
- nei processi di informazione, con la microelettronica e le nuove tecniche di comunicazione a banda larga su fibre ottiche.

Queste novità nelle tecnologie orizzontali hanno già prodotto effetti rilevanti su alcuni prodotti d'avanguardia come nel settore aerospaziale (diffusione dell'uso di materiali compositi) e nei computers (diffusione dei "sistemi integrati di fabbricazione" per la loro produzione).

Va aggiunto che tecnologie radicalmente nuove sono apparse recentemente, come l'ingegneria genetica.

5) *Le sfide della transizione*

Questi segnali ci confermano nell'idea che stiamo vivendo un periodo - che non sarà certamente breve - di transizione.

Diventa quindi importante acquisire quell'atteggiamento verso il futuro più adatto ad affrontare la particolare complessità del momento.

Ciò vale certamente per chi ha responsabilità più specifiche sia legate allo sviluppo della società in generale (i politici?), che della tecnologia. Ma vale anche per il semplice cittadino sempre più chiamato in una società a larga democrazia a partecipare alle decisioni importanti.

In condizione di transizione del sistema tecnico occorre saper sviluppare gli strumenti più adatti anzitutto per capire le direzioni del cambiamento e quindi sviluppare i modi per intervenire su di esso.

| E' infatti nella fase di transizione che più sono aperte le
| possibilità di intervento, sul sistema. Sembra valere il para-
| dosso che tanto più è difficile predire gli effetti delle
| nostre azioni sul sistema, tanto più esse possono produrre
| cambiamenti.
| E' questa la principale sfida della transizione.

Occorre notare subito la accresciuta difficoltà dell'operare, in ogni ramo e ad ogni livello, in tali condizioni. Occorre un atteggiamento più *olistico*, e cioè una accresciuta capacità di interconnettere tra loro informazioni provenienti da settori normalmente considerati separati, valutare l'effetto del tutto sulle parti.

| In altre parole occorre una *intelligenza* collegata ad una
| *creatività* superiori di quanto necessario in condizioni di
| stabilità del sistema tecnico.

6) *Il caso della ricerca industriale*

Sofferamoci su uno degli *attori* dello sviluppo tecnologico: il ricercatore.

La attività di R&S, ed in particolare quella di tipo più applicativo, gioca un ruolo fondamentale in questa fase in cui il *futuro* dipende dalle *fluttuazioni* tecnologiche.

| Diventa fondamentale, in questa fase, per il ricercatore
| capire il processo innovativo - avere dei modelli di riferimento
| che permettano di uscire dalla visione ristretta che necessa-
| riamente accompagna chi vive un sistema *dal di dentro* - per
| cogliere e valutare i segni di cambiamento dell'intero sistema.

Consideriamo in particolare sul caso della R&S industriale. Il suo ruolo come strumento per il successo dell'azienda cui appartiene, cambia a secondo dello stato del sistema tecnico.

L'atteggiamento del responsabile della R&S aziendale deve cambiare di conseguenza:

- a) se il sistema tecnico è lontano dalla transizione, ruolo della R&S è di sostenere l'innovazione tecnologica nei processi e nei prodotti dell'azienda già ben stabiliti sul mercato;
- b) se il sistema tecnico è invece in transizione la R&S deve intervenire direttamente nella concezione di nuovi prodotti e processi, che siano compatibili con il nuovo sistema tecnico.

Il responsabile della R&S aziendale deve avere quindi capacità di comprendere - prima e meglio dei suoi colleghi di altre funzioni aziendali - come cambia il sistema tecnico.

Se il sistema tecnico è lontano dalla transizione, è abbastanza facile prevedere - almeno per un dato prodotto - quali saranno le linee di sviluppo innovativo in quanto esse saranno prevalentemente legate alla applicazione estensiva di tecniche note.

Se si è invece in fase di transizione del sistema tecnico, il futuro tecnologico è fortemente incerto, le tecniche di previ-

sioni non ci aiutano, e, comunque, l'atteggiamento verso il futuro deve cambiare sostanzialmente. Più che le capacità di analisi ragionata serve ora l'intuito, il cogliere segni globali.

| Usando una parola ambigua, si puo' dire che nei due casi la
| cultura del responsabile della ricerca deve essere diversa.
| Il paradigma culturale nel caso della stabilità del sistema
| tecnico deve essere quello riduzionista, mentre durante la
| transizione quello olista.

7) Una metafora per la dinamica dell'innovazione tecnologica

Quello del ricercatore industriale è solo un esempio del cambiamento di atteggiamento verso il futuro che deve, in grado diverso, coinvolgere tutti.

Importante è il ruolo che la scuola deve avere al riguardo.

Tuttavia non è da nascondere la difficoltà di far comprendere una situazione per molti versi assai complessa.

| C'è da chiedersi se non esista una metafora, un riferimento di
| pensiero che già fa parte dell'insegnamento scolastico, su cui
| innestare la presa di coscienza di fenomeni assai complessi
| come quelli della dinamica dei sistemi. Sempre riferendoci al
| caso della innovazione tecnologica cercheremo di mostrare come
| una tale metafora possa venire sviluppata usando l'*evoluzione*
| *biologica*.

Gli esseri viventi formano un sistema *aperto* (che scambia energia, materiali ed informazioni con l'ambiente) complesso, la cui dinamica è stata studiata da vari punti di vista (paleontologico, biologico, biomolecolare) su scale temporali completamente diverse (dalle ere zoologiche, alla durata della vita di un individuo, alla durata della vita di una cella) per confermare nei vari casi la validità di un modello esplicativo che trova le sue origini in Darwin.

La metafora dell'evoluzione biologica sembra avere validità per comprendere il comportamento dinamico di altri sistemi aperti complessi (come ad esempio il sistema delle conoscenze scientifiche).

In ogni caso un confronto tra la fenomenologia dell'evoluzione biologica con quella della innovazione tecnologica mostra un forte parallelismo, che permette di considerare la metafora come un punto di partenza per derivare un modello per l'innovazione tecnologica.

Il processo di innovazione tecnologica va visto - ciò che vale anche per il mondo degli esseri viventi - come un sistema complesso formato da diversi sottosistemi, a loro volta suddivisibili in sotto-sotto-sistemi, ciascuno aventi le caratteristiche di un *sistema aperto*, a ciascuno dei quali si applica la metafora biologica.

Per indicare le caratteristiche che derivano dalla *globalità* di ogni sistema e che hanno impatto sul suo comportamento dinamico, Arthur Koestler ha proposto il nome di *olone*.

| Con l'uso della *metafora biologica* e con l'ipotesi di *siste-*
| *ma di oloni*, possiamo esplicitare la particolare configurazione
| che assume il sistema *innovazione tecnologica* nella classe
| generale dei sistemi aperti. Il sistema *innovazione tecnologica*
| sarebbe pertanto, secondo questo modello, un sistema aperto
| complesso formato da oloni *gerarchicamente* organizzati, cia-
| scuno con costanti di tempo (il tempo con cui reagisce al
| cambiamento) diverse, collegati tra di loro secondo una com-
| plessa rete di collegamenti e di interdipendenze.

Ogni olone, come sistema aperto, utilizza le informazioni fornite dall'*ambiente* (gli altri oloni del sistema e l'ambiente esterno), per trasformare i materiali e l'energia in ingresso in *prodotti* (semilavorati, componenti, parti e prodotti completi) innovati rispetto a quelli precedenti, attraverso la *invenzione* di soluzioni nuove.

Le invenzioni generate dall'olone durante il processo di trasformazioni innovative sono molto più numerose di quelle necessarie e l'olone ha al suo interno una capacità di selezione per costruire una sequenza unica di soluzioni che caratterizzano la effettiva trasformazione. Le invenzioni non selezionate - immagazzinate in *memoria* per possibile futuro uso - possono entrare a far parte del patrimonio di conoscenza generale dell'ambiente.

Lo schema è pertanto quello di un processo a due fasi generazione-selezione con l'aggiunta di un *serbatoio di immagazzinamento* delle idee generate siano esse state utilizzate o meno.

8) *Ricerca di base, ricerca applicata, sviluppo*

La *paleontologia* dell'evoluzione tecnologica (il suo studio attraverso la storia) dovrebbe mostrare come il sistema aperto della innovazione tecnologica sia diventato sempre più un sistema complesso formato da oloni con funzioni sempre più specialistiche: ricerca di base, ricerca applicata, sperimentazione, sviluppo, diffusione.

La ricerca di base o pura si rivolge da un lato all'allargamento delle frontiere del sapere e dall'altro a riempire di *dettagli di conoscenza* i campi aperti dall'allargamento e dalla estensione delle frontiere.

Il fenomeno del collegamento tra la ricerca pura e la pratica applicazione è diventato ben evidente a partire dalla rivoluzione post-rinascimentale della scienza moderna ed è cresciuta in modo fortemente accelerato con l'avvento della rivoluzione industriale.

Verso la fine del secolo scorso, nelle discipline in cui era avvenuta la fusione tra scienza e pratica (in particolare nella chimica e nell'elettromagnetismo), si verificò un cambiamento di struttura. Un nuovo olone emerse, che si interpose, come elemento di collegamento tra l'olone della ricerca di base e quella dello sviluppo applicativo: l'olone della *ricerca applicata*. La storia della General Electric, a partire da Edison e con la creazione di un *centro di ricerca* aziendale, è tipica al riguardo.

L'olone produttivo, quando è indiviso, ha i suoi tempi propri. Si sviluppa sì anch'esso attraverso il meccanismo generazione di idee/immagazzinamento/selezione, ma la selezione ha sue caratteristiche proprie, governate anche dall'urgenza di procedere con il completamento del processo innovativo.

L'olone della ricerca applicata è anch'esso caratterizzato dal processo generazione di idee/immagazzinamento/selezione, ma si distingue dall'olone della produzione sia perchè è in grado di

accettare informazioni provenienti dall'olone della ricerca di base (*incomprensibili* per la cultura prevalente nell'olone della produzione), sia perchè ha un meccanismo di selezione diverso che permette di accettare soluzioni più *avve niristiche*, più rischiose (visto che sono destinate alla realizzazione di prototipi e non di prodotti finali per il mercato).

Il mondo della conoscenza scientifica e della conoscenza pratica si sono sviluppati separatamente. Quando essi si incontrano la dinamica dello sviluppo relativo viene accelerata.

La scienza moderna è una "ristrutturazione" dell'olone della conoscenza scientifica grazie all'incontro con l'olone dei prodotti empirici. Così l'utilizzazione delle lenti, note per uso pratico da tempo, fa ripartire l'osservazione astronomica su basi nuove.

Analogamente l'incontro con la conoscenza scientifica costituisce una nuova base per le conoscenze pratiche che possono svilupparsi più rapidamente nella giusta direzione. Malgrado gli straordinari progressi delle conoscenze scientifiche sia di base che applicate, non è da ritenere che il collegamento *da monte a valle* della conoscenza scientifica sia avvenuta per tutte le discipline, per tutti i settori dell'attività produttiva.

| Quando la conoscenza scientifica si *aggancia* alla conoscenza
| pratica, formandone il piedistallo, la base, il processo innovativo subisce un cambiamento di tipo *rivoluzionario*. Più che
| in una immediata accelerazione nell'innovazione (rallentata dalle *costanti di tempo* dei vari oloni in serie nel processo
| innovativo), è la potenzialità dello sviluppo innovativo che viene cambiata. E' come se venisse aggiunto un nuovo continente,
| te, ancora tutto da esplorare.

- Osservando l'evoluzione tecnologica, molto quindi si può apprendere per predire le strade più probabili in cui essa si svilupperà, e da qui determinare delle strategie migliori per chi ha come mestiere quello di sviluppare le opzioni tecnologiche.

9) *Le onde tecnologiche*

E' importante saper guardare alle alternative future dell'innovazione tecnologica, senza farsi prendere dal pessimismo per la saturazione raggiunta nel percorrere certe direzioni privilegiate di sviluppo del passato, ma anche senza farsi accecare dal bagliore di accelerate diffusioni dello sviluppo tecnologico, come è ai nostri giorni il caso della microelettronica.

Si può avere fiducia che non tanto sia possibile *prevedere il futuro* quanto prevedere le *strategie* migliori per affrontarlo.

Ad esempio si può cercare di meglio comprendere fenomeni come l'interconnessione tra cicli economici e cicli tecnologici che ha caratterizzato gli ultimi due secoli (onde di Kondratiev con ciclo di 50 anni).

Può essere particolarmente interessante esaminare come la dinamica degli oloni componenti il sistema tecnico abbiano portato a due grandi transizioni tecnologiche od "onde" negli ultimi due secoli :

- nel secolo XVIII l'onda della tecnologia empirica, che ha dato il via alla rivoluzione industriale;
- nel secolo XIX l'onda dello sviluppo di settori industriali nuovi derivati dalla scienza.

Ai giorni nostri sembra emergere una terza onda dovuta all'incontro tra scienza e settori industriali a base prevalentemente empirica.

La *rivoluzione industriale* nel secolo XVIII deriverebbe, secondo questa ipotesi, da una *transizione* del sistema delle *conoscenze empiriche*. In questo caso nuovi materiali (acciaio), nuove fonti di energia (vapore), nuovi mezzi di trasporto (ferrovie), sarebbero state le tecnologie *orizzontali* che hanno iniziato la trasformazione di un sistema di produzione in cui la fase di sviluppo e quella di fabbricazione avevano le caratteristiche di un *olone* indiviso. Il meccanismo *invenzione/immagaz*

zinamento /selezione sarebbe avvenuto all'interno di questo olone indiviso, olone capace di *comprendere* e quindi assimilare prevalentemente solo conoscenze di tipo *empirico*.

Nel secolo XIX lo sviluppo della ricerca scientifica si identifica sempre più in un olone separato all'interno del quale - almeno per alcune discipline, come la chimica e l'elettromagnetismo - si sviluppa il meccanismo *invenzione/immagazzinamento/selezione*. L'olone ricerca scientifica interagendo con l'olone sviluppo e produzione fa partire nuovi settori industriali (chimica ed elettricità).

La base scientifica dei nuovi settori fa sì che lo sviluppo innovativo possa essere tracciato con anticipo prevedendo la diffusione della applicazione delle conoscenze scientifiche per migliorare i nuovi prodotti. Questo processo di innovazione predicibile, tende alla fine alla saturazione, ad una ridotta efficienza della ricerca applicata, ad una innovazione sempre meno apparente (innovazione per piccoli incrementi). La maturità dei nuovi settori a base scientifica è diventata ben evidente, dopo un secolo di sviluppi, ad esempio nel settore della chimica.

Se consideriamo lo sviluppo che nell'ultimo secolo hanno avuto settori industriali a base più empirica, si è anche qui arrivati ad una saturazione della possibilità di continuare gli sviluppi innovativi sulla base delle sole conoscenze empiriche.

Nel frattempo anche nei settori a base empirica, le attività di *ricerca applicata* si sono sviluppate con le caratteristiche di oloni. La loro *autonomia* ha permesso di meglio dialogare con le potenzialità di applicazioni di ricerca svolte in altri settori e via via di introdurre a supporto delle sperimentazioni su prototipi nuove metodologie scientifiche.

| L'incontro tra l'olone della conoscenza scientifica e quello
| della ricerca applicata di questi settori a base empirica, do-
| vrebbe produrre ora, per la rilevanza tecnica-economica di
| questi settori cosiddetti maturi, una vera e propria *terza onda*
| tecnologica.

10) *La pianificazione del progresso tecnico*

Esaminando l'intero processo innovativo dall'esterno è possibile far emergere - dal groviglio di interrelazioni, dalla diversità dei vari oloni componenti - dei comportamenti in qualche modo regolari, e quindi percepibili ed utili per una strategia globale di sviluppo tecnologico.

| In effetti sia il sistema globale dello sviluppo tecnologico
| sia quello dei suoi sottosistemi ricerca, sembrano presentare
| lo stesso tipo di comportamento dinamico: un progresso di tipo
| logistico (rapida crescita, seguita da sviluppo e saturazione)
| che passa da una *transizione* (crisi) all'altra.
| Dalla crisi emerge ogni volta - secondo non solo lo schema del
| progresso tecnologico, ma tutto lo schema del *progresso* cui
| sembra *condannato* ogni sistema aperto - un sistema più comples-
| so ma più facile da *gestire* grazie ad una accresciuta capacità
| di trattare informazioni.

Così, ad esempio, l'incontro tra la frontiera delle conoscenze empiriche e quella delle conoscenze scientifiche nell'automobile farà sì che il nuovo prodotto sarà sicuramente più complesso ma più efficiente grazie alla possibilità di utilizzare maggiori conoscenze scientifiche nella progettazione. Ma pur essendo più complesso nel suo funzionamento (controllo elettronico di molte funzioni) sarà più facile da utilizzare grazie all'uso di "cervelli" elettronici di ausilio alla guida.

Se siamo già in grado di immaginare le caratteristiche verso cui la dinamica tecnologica tenderà a portare i prodotti del sistema tecnico, siamo anche in grado di prevedere la tempestività delle proposte di cambiamento nel senso che il sistema tecnico sia pronto ad accettarle? E' possibile *pianificare* il futuro?

La osservazione della dinamica del processo innovativo può aiutare a sviluppare una metodologia di pianificazione, simile a quella adottata per *pianificare* una partita, con strategie e tattiche, via via adattate, secondo *ricette* standards ed

invenzioni sul campo.

Lo schema che caratterizza la dinamica di sviluppo del *gioco* di ogni olone (a non importa quale livello) del processo innovativo è il primo punto cui riferirsi per avanzare lo stato dell'arte della pianificazione dell'innovazione tecnologica.

Si può agire sui *pacchetti* di informazione a disposizione dei vari oloni. Si può accrescere la probabilità di *speciazione* per trapianto di ricercatori portatori di patrimoni di conoscenze nuove, da un settore all'altro. Si può agire sulla selezione per facilitare il passaggio di invenzioni *rischiose*.

E vi sono delle ricette che aiutano ad orientarsi:

- se si riescono a riconoscere comportamenti caratteristici emergenti, ad esempio al livello di mercato, è estremamente rischioso operare *contro corrente*;
- l'esistenza di una elevata percentuale di piccole imprese dinamiche ed attive è un punto di forza se si ricorda che la piccola impresa può *digerire* solo informazioni *preconfezionate*;
- è difficile pretendere che il processo fondamentale che passa attraverso la generazione di varie alternative e la loro sperimentazione prima della scelta finale, non valga più quando si tratta dell'innovazione nei *grandi sistemi*. Pianificare l'innovazione ad esempio di sistemi urbani senza accettare l'ipotesi della sperimentazione e selezione, è irrealistico.

| L'obiettivo di *pianificare la ricerca* o se si vuole di
| *gestire il progresso* è quindi forse meno irrealistico di quanto
| si possa pensare, sempre che si sia in grado di capire il
| particolare momento storico in cui si opera.

Oltre al ricercatore (che deve disporre di una *chiave di lettura* del progresso del sistema tecnico), all'imprenditore (che deve saper tener conto della eventuale transizione del sistema tecnico), anche il laico, l'uomo della strada, che è sempre più chiamato ad intervenire nel processo decisionale sociale, deve essere *all'altezza dei tempi*, salvo rassegnarsi ad essere lo strumento della manipolazione del consenso.

11) Osservazioni conclusive

Con un discorso lungo, forse tortuoso, certamente troppo condensato, si è cercato di sottolineare l'importanza particolare di riflettere sul futuro in momenti della storia in cui ciò è meno facile: i momenti della transizione da un sistema tecnico all'altro. Occorre in detti momenti modificare il *paradigma culturale* per evitare che la difficoltà di capire la complessità della transizione - in cui tutto viene ridiscusso, in cui nuovi legami e ristrutturazione si creano - porti ad un pessimismo rinunciatario o addirittura ad un blocco delle attività portatrici di progresso.

| Nei giovani l'atteggiamento verso il futuro è particolarmente
| importante perchè diventa la base per la impostazione della
| loro stessa vita. Ne segue una responsabilità accresciuta da
| parte degli insegnanti e dei formatori nel periodo delicato
| dell'adolescenza.

Capire la transizione richiede a tutti - ognuno al livello del proprio posto nella società - una intelligenza superiore - rispetto a periodi di stabilità del sistema tecnico. Questa "intelligenza superiore" è richiesta in particolare agli insegnanti ed ai formatori.

Alla domanda se esiste un modello di riferimento, una metafora che possa aiutare a comprendere fenomeni complessi come quello della dinamica del sistema tecnico, abbiamo risposto positivamente. L'interesse della metafora descritta, è particolarmente stimolante per la scuola perchè richiede di far convergere discipline diverse e le *due culture*.

La *nuova alleanza* tra le due culture, di cui parla Prigogine in un recente libro dallo stesso titolo, dovrebbe proprio incominciare nei licei.