

# Comunicazione, emergenza, apertura logica

di Ignazio Licata, Palermo

## 1. Per un'Epistemologia della Mente e della Vita

In uno dei "meta-loghi" scritti con la figlia Mary Catherine e poi apparsi in volume nel 1987 con il titolo *Angels Fear - Towards an Epistemology of the Sacred*,<sup>1</sup> c'è un'espressione di Gregory Bateson che riassume il lavoro e la visione di un'intera vita saltando in blocco l'annosa questione delle "due culture":

*Il bello e il brutto, il letterale e il metaforico, il sano e il folle, il comico e il serio... perfino l'amore e l'odio, sono tutti temi che oggi la scienza evita. Ma tra pochi anni, quando la spaccatura fra i problemi della mente e i problemi della natura cesserà di essere un fattore determinante di ciò su cui è impossibile riflettere, essi diventeranno accessibili al pensiero formale.*

In questa frase, come spesso accade con la scrittura di Bateson, c'è il sapore "zen" di una provocazione che ci sfida a rimettere in discussione l'identità della scienza occidentale in alcuni dei suoi presupposti più profondi e radicati che rischiano dunque di rimanere invisibili con la forza sommersa di un luogo comune.

Questo bisogno di attraversare piani diversi del discorso, di porre in gioco più meta-livelli fino a portare alla luce relazioni complesse, connessioni irrisolte e circoli viziosi, è già parte del sapere che Bateson ci ha lasciato con un'eredità geniale, frammentaria e confusa, spesso male interpretata, ma soprattutto prematura, che rischia di restare ancora

---

<sup>1</sup> Bateson, G. - Bateson, M.C., *Dove gli angeli esitano. Verso un'epistemologia del sacro*, Adelphi, Milano, 1989, p.22.

una volta inascoltata nel tempo del "supermarket di Prometeo".<sup>2</sup>

L'aforisma di Bateson, infatti, non può che apparire sterile se lo si interroga dando per scontata l'immagine tradizionale della scienza, ossia mettendo sullo stesso livello i modelli matematici che descrivono "galassie e palle da biliardo" e quegli aspetti irriducibili della vita e della cognizione che le scienze umane, l'esperienza artistica, e la sapienza del terapeuta hanno imparato a conoscere e praticare, aspetti con i quali ognuno di noi, scienziato o no, deve fare i conti quotidianamente. Per comprenderla è necessaria la paura degli angeli, la sottile agilità che permette al pensiero di muoversi su piani diversi e svelarne le complesse articolazioni senza mischiarli o forzarli.

È noto che i successi della fisica classica, per intenderci quella che va dalle particelle di Newton ai campi di Maxwell fino allo spazio-tempo di Einstein, ha prodotto una nozione di epistemologia come "metodo" in grado di risolvere il mondo in forme semplici e regolari, producendo modelli matematici di grande forza predittiva. L'avvento della fisica quantistica e più recentemente dello studio dei sistemi non-lineari, la cosiddetta fisica del caos, ha mostrato le corde di alcuni assunti classici, come il riduzionismo o il legame tra determinismo e predicibilità. La speranza però di trovare, nella logica quantistica o nello spazio delle fasi dei sistemi caotici, strumenti concettuali in grado di fornire suggestioni utili alle scienze umane si è rivelata largamente infondata, lasciando il territorio tra le scienze "hard" e quelle "soft" aperto ai più sommari tentativi di unificazione forzata o alle improbabili suggestioni del pensiero *new-age*.

Il vero punto cruciale da affrontare per un'efficace comprensione dell'aforisma di Bateson è in realtà il rapporto tra il metodo e l'osservatore, tra i modelli e le strategie cognitive di chi li elabora e li

---

<sup>2</sup> Cini, M., *Il Supermarket di Prometeo. La scienza nell'era dell'economia della conoscenza*, Codice Edizioni, Torino, 2006.

applica. La scienza "tradizionale", compresa gran parte di quegli ambiti disciplinari che vanno sotto il nome di "scienze della complessità", è basata sull'assunto di una completa indipendenza della struttura del mondo da parte dell'osservatore, il cui unico compito è dunque quello di applicare correttamente e passivamente il metodo per conquistare la descrizione del reale e tradurla in una rete di formule interconnesse tra loro.

È importante qui rimarcare che l'ormai diffusa critica al riduzionismo o la considerazione di elementi di "irregolarità" e "disordine" nella descrizione del mondo non toccano questo "postulato ontologico" dell'indipendenza della struttura del mondo dall'attività della mente. In questa concezione l'epistemologia si configura come la dottrina che si occupa della corretta prescrizione del metodo per accedere alla "verità" delle leggi atemporalmente del mondo, e quest'ultima è oggettivamente iscritta nella struttura della realtà in quel linguaggio matematico di forme che Galilei elogiò nelle pagine famose del *Saggiatore*. Per la visione oggettivista e "platonica" del metodo, ordine e disordine, regolarità ed irregolarità, casualità ed alea sono "là", elementi immutabili della natura, e la "complessità" si risolve dunque nell'estrema complicazione di un modello che aspira a cogliere tutti gli aspetti dell'esistenza di un mondo esterno organizzato in livelli e strutture interconnesse tra loro in modo del tutto indipendente dall'osservatore.

Il Metodo permette di osservare ad alta risoluzione la struttura delle cose, e rifugge dal contingente e dall'indeterminato per ritrovarli soltanto come inevitabili "impurità" metodologiche della sua applicazione. Abbiamo osservato<sup>3</sup> che la cesura cartesiana tra *res*

---

<sup>3</sup> Licata, I., *Verso un'Epistemologia della Complessità*, in Licata, I. (a cura di), *Informazione & Complessità*, Andromeda, Bologna, 1998.

*cogitans* e *res extensa* è una conseguenza di questa visione, e dunque il corpo, la soggettività e la coscienza vengono "espulsi" dal dominio della "scientificità" per andare a costituire il regno diverso e diversamente organizzato delle discipline dell'uomo.

Questa visione "platonica" dell'epistemologia pone l'osservatore ed il suo metodo "fuori" dalla natura, nell'ideale posizione del colonizzatore di terre ignote e sempre più lontane, purché accessibili all'impianto metodologico costruito sul modello della fisica. L'interrogativo di E. Wigner, uno dei massimi fisici del '900, sull'"irragionevole efficacia della matematica nella descrizione della natura", come recita il titolo del suo saggio degli anni '60, più che un quesito da indagare appare piuttosto come un compiacimento culturale ed una forma sottile di "rimozione". La forza dei modelli matematici, ben lungi dall'essere misteriosa o irragionevole, deriva infatti da un impianto metodologico che nasce dalla "costola" della fisica teorica e che in seguito si meraviglia di non essere in grado di accogliere le nozioni di "descrizione" e "comprensione" che sarebbero adatte alle scienze della vita e della mente senza applicare drastiche semplificazioni. Da questo stesso spirito nascono le ambizioni delle teorie del tutto, quando sono intese ingenuamente come la possibilità di "catturare" l'intera "fabbrica della realtà" in un set ricorsivo di formule a partire da un nucleo essenziale di proposizioni fondamentali. Non importa in questa sede se poi le dichiarazioni di chi lavora a queste teorie sono assai più caute; quello che conta qui è la riproposizione del modello procedurale della fisica come l'unico efficace.

Non è mancato infatti chi ha asserito che ogni livello del mondo può, in linea di principio, essere ricondotto alle leggi fondamentali della fisica, e che lo status teorico delle altre discipline è quello di essere comode approssimazioni di una "vera" e "definitiva" teoria del

tutto che descrive particelle ed interazioni in un unico formalismo. L'idea del resto non è nuova. La famosa "scala delle scienze" di Auguste Comte poneva al livello più alto di generalità la matematica e la fisica, al più basso la sociologia intesa come forma particolare di ingegneria sociale ed escludeva la psicologia come disciplina puramente empirica, basata sull'osservazione del singolare irriducibile e dunque priva delle caratteristiche necessarie ad una "scienza positiva".

Ritornando alla proposizione iniziale di Bateson, possiamo chiederci adesso che tipo di "modello formale" può essere applicato ai fenomeni della vita e della mente, a che tipo di scienza può dar luogo e quale relazione ha con la fisica.

Come in ogni "aforisma" abbiamo a che fare con una provocazione, una crisi ed una "terapia". La crisi è costituita dal rimettere radicalmente in discussione una visione dell'epistemologia che può operare soltanto intendendo il metodo come strumento indipendente dal suo oggetto di studio e criterio astratto della "scientificità" di un problema. In questo caso, come abbiamo visto, il prezzo da pagare è accettare il procedimento della fisica come l'unico valido e accettare un "taglio" cartesiano profondo tra mente e natura.

La terapia è il riconoscimento che ogni "epistemologia" nasce e si sviluppa all'interno del binomio inscindibile osservatore-realtà e che lo studio di ogni dominio del mondo - dalla stessa definizione di questo dominio, ai suoi oggetti ed alle relazioni che li legano a vari livelli implica un riconoscimento esplicito delle strategie e delle finalità cognitive dell'osservatore. In questo senso, la proposta di Bateson, che è quella di tutta l'epistemologia costruttivista, nata nella sua forma moderna con la cibernetica e la teoria dei sistemi,<sup>4</sup> consiste nel

---

<sup>4</sup> Capra, F., *La rete della vita*, Rizzoli, Milano, 1997.

recuperare una "complessività"<sup>5</sup> in cui al posto di un metodo astratto, atemporale ed univoco si trovano una pluralità di strategie conoscitive che scaturiscono dall'attività dell'osservatore dentro la realtà ed intese nel loro più profondo significato di "bio-logica". In quest'accezione, la conoscenza è "incarnata", radicata nella trama fondamentale del rapporto tra il soggetto che costruisce conoscenza e l'ambiente che lo circonda, ed anche le forme disciplinari più raffinate nascono come "variante evolutiva" del bipolo fondamentale mente-mondo. Epistemologia ed ecologia sono dunque aspetti inscindibili di un'unica "storia naturale della conoscenza" che bisogna recuperare per sviluppare uno scenario concettuale all'interno del quale porre la questione di una scienza della vita e della cognizione. È questo l'obiettivo della teoria che qui indicheremo globalmente e sinteticamente come teoria di Bateson-Maturana-Varela, per ricordare che le sue formulazioni attuali derivano, separatamente, dal lavoro di Gregory Bateson sul versante psicologico ed antropologico, e da quello di Humberto Maturana e Francisco Varela per la biologia teorica.<sup>6</sup> Vogliamo qui ricordare in particolare l'amico Francisco Varela, scomparso prematuramente nel 2001, che ha sviluppato la teoria applicandola alle aree più avanzate della ricerca sperimentale in neurodinamica.

Nell'approccio costruttivista e "biologico", l'epistemologia non è più una prescrizione astratta ed "esterna" sul lavoro scientifico, ma, come dice Dell,<sup>7</sup> acquista un'articolazione di significati collegati tra loro; l'epistemologia è insieme "cosmologia biologica", struttura

---

<sup>5</sup> Morin, E., *Il metodo. Ordine, disordine, organizzazione*, Feltrinelli, Milano, 1983; Minati, G., *Esseri collettivi*, Apogeo, Milano, 2001.

<sup>6</sup> Maturana, H., Varela, F., *L'albero della conoscenza*, Milano, Garzanti, 1987.

<sup>7</sup> Dell, P.F., *Bateson e Maturana: verso una fondazione biologica delle scienze sociali*, in *Ter. Fam.*, 21, 1985.

conoscitiva del sistema, personalità, paradigma conoscitivo. Proprio come gli strumenti scientifici più raffinati sono "evoluzioni" dei nostri sensi, le metodologie estremamente complesse delle scienze contemporanee derivano da quell'epistemologia naturale che è componente essenziale della vita di un organismo e delle sue capacità adattive. La teoria di Bateson, Maturana e Varela costruisce un'omologia tra evoluzione e cognizione, intese entrambe come "strategie" della vita. È evidente l'importanza decisiva della comunicazione in questa visione epistemica; il metodo passa infatti dall'iperuranio delle idee astratte al gioco della comunicazione, della contrattazione e dell'accordo sul problema delle procedure conoscitive da parte di gruppi culturalmente determinati. In questo modo non esiste più neppure una distinzione netta tra "storia interna" della scienza, puramente procedurale e formale, e "storia esterna", critica sociale delle scelte della comunità scientifica, poiché la scienza stessa si definisce di volta in volta come condivisione di strategie conoscitive.

## **2. La Logica del Processo: Pattern, Meta-Livelli e Autopoiesi**

*Quale struttura (pattern) connette il granchio con l'aragosta, l'orchidea con la primula e tutti e quattro con me e con voi?*<sup>8</sup>

L'idea che lo studio scientifico dei sistemi viventi dovesse essere centrato sullo studio di una gerarchia di "complessità organizzata" sposta l'asse epistemico della teoria di Bateson-Maturana-Varela dalla logica "strutturale" delle leggi universali ed eterne a quella del processo, in cui la forma è lo schema di organizzazione sostenuto dai flussi di informazione a più livelli tra gli elementi ed i moduli del

---

<sup>8</sup> Bateson, G., *Mente e Natura*, Adelphi, Milano, 1984, p. 21.

sistema.

Osserviamo che il linguaggio sistemico-cibernetico su cui si basa la teoria è pienamente compatibile con il livello di descrizione fisica e riduzionista (l'informazione è supportata da un flusso di materia-energia, e quest'ultima obbedisce alle leggi della fisica), ma qui l'accento è posto su un livello diverso, quello delle configurazioni collettive e dell'informazione che connettono i componenti del sistema. Questa intuizione è centrale per comprendere la natura unitaria della vita e della cognizione nella teoria.

Prendendoci qualche grado di libertà dalla formulazione originaria, diremo che un sistema vivente è una rete di processi di produzione in grado di auto-organizzarsi come sistema autonomo (sistema autopoietico) rispetto all'ambiente circostante. Per fare questo un sistema vivente dev'essere in grado di realizzare un accoppiamento strutturale con l'ambiente tale da consentirgli forme selettive di interrelazione funzionali al mantenimento della sua "coerenza interna" ed in generale alla conservazione del suo schema di organizzazione. Un organismo non reagisce a tutte le perturbazioni e ad ogni stimolo allo stesso modo, cosa che ci permette di identificare, anche nelle forme più elementari di vita, una "cognizione" e un "dominio semantico". Un esempio classico di Maturana è quello della "mente" del batterio, che "conosce" e sceglie tra luce/ombra, caldo/freddo, maggiore o minore concentrazione di sostanze.

Come sappiamo, questo tipo di progetto è garantito dal genotipo del sistema, ma poiché l'accoppiamento strutturale con l'ambiente è unico per ogni sistema, possiamo dire che ogni organismo, all'interno del "ventaglio di possibilità" del suo genotipo, genera continuamente un dominio semantico. Questo vuol dire che l'informazione in entrata ed in uscita dal sistema è strettamente connessa al suo stato interno ed



alle relazioni con l'ambiente, cosa che introduce ciò che Bateson chiamava un elemento irriducibile di stocasticità che si riflette sullo sviluppo fenotipico del sistema. Ritorreremo su questo punto - l'incontro tra l'organizzazione del sistema e la "casualità" del mondo - in relazione alla questione dell'emergenza della mente. Il punto essenziale da sottolineare qui è che la vita stessa è una forma di cognizione, un "muoversi nel mondo" riorganizzando continuamente la struttura. Nel caso dell'organismo biologico, utilizzando un linguaggio più direttamente fisico, si tratta di trarre energia dall'ambiente per "nutrire" un progetto strutturale di sviluppo genotipico e contrastare la tendenza all'aumento di entropia. Per questo Maturana e Varela parlano di "macchina autopoietica" impegnata in un processo "conservativo". Nel caso di quella speciale emergenza di un organismo complesso che è la mente vedremo che il residuo di meccanicismo che resta nella terminologia di Maturana e Varela va abbandonato, poiché la cognizione usa in modo imprevedibile e "creativo" l'interfacciamento con la casualità del mondo.

Naturalmente quello che abbiamo indicato come "dominio semantico" cresce con la complessità organizzazionale del sistema, fino ad arrivare alla capacità di modificare il gioco di relazioni con l'ambiente esterno. È a questo punto che possiamo parlare di un sistema cognitivo, che è dunque la capacità emergente di un sistema autopoietico ed autonomo di gestire la comunicazione con l'ambiente e con altri sistemi in modo da modificare il proprio dominio semantico. La capacità di un sistema di generare una rappresentazione del mondo, un quadro epistemologico, è connessa al suo essere "immerso nel mondo", ed alle necessità adattive. In questo senso profondo vita e cognizione hanno la stessa radice.

Nel caso di sistemi nervosi particolarmente sviluppati e complessi,

la mente ha un carattere sempre meno eteronomo -il caso in cui si ha una corrispondenza piuttosto semplice tra mondo e stati mentali- e acquista tratti sempre più spiccatamente autonomi di chiusura operativa, il che vuol dire che la rappresentazione del mondo è tutt'uno con la storia dell'organismo, lo stato interno, le connotazioni emotive e di valore, le capacità anticipatorie e le finalità. In questo senso Francisco Varela ha efficacemente parlato di "generazione di un mondo" da parte di un agente cognitivo. Usando una metafora, la rappresentazione negli organismi complessi è molto più simile ad un "film" che ad una "fotografia". Va aggiunto anche che questa metafora può indurre in errore per quel che riguarda le modalità di accoppiamento strutturale tra mente e mondo; infatti eteronomia da una parte, intesa come registrazione degli input, ed autonomia e chiusura operativa dall'altra, sintesi ed elaborazione in base allo stato interno, non si escludono a vicenda ma operano assieme. Scrive Varela:

*Dal punto di vista dell'autonomia della produzione di un mondo, il mondo ed il sistema nascono allo stesso tempo.<sup>9</sup>*

Questa espressione riecheggia il primo Wittgenstein del *Tractatus*:

*Prop. 5.6 I limiti del mio linguaggio significano i limiti del mio mondo*

dove al termine "linguaggio" va sostituita la chiusura operativa cognitiva. Ancora, parafrasando la felice espressione di H. Putnam, *non esistono menti in un vaso*.

Va notato che questa capacità di "generare un mondo" elimina la possibilità di estendere agli organismi, viventi ed ai processi cognitivi

---

<sup>9</sup> Varela, F., *Complessità del cervello e autonomia del vivente*, in Ceruti, M. - Laszlo, E. (a cura di), *Physis. Abitare la terra*, Feltrinelli, Milano, 1988, p. 156.

una "teoria del tutto" nel senso della fisica teorica. La descrizione dell'attività cognitiva, infatti, dovrebbe tener conto ad ogni istante dello stato interno e dei confini del sistema, dello stato del mondo e delle caratteristiche peculiari del loro accoppiamento strutturale. Questo non è soltanto proibitivo da un punto di vista sperimentale, ma trova un inesorabile limite concettuale nel fatto fondamentale che senza organismo, senza osservatore, non si dà descrizione del mondo! Un osservatore è un rilevatore attivo di complessità, la sua attività cognitiva "definisce" il mondo identificando "sistemi" e "processi" che non preesistono alle scelte dell'osservatore. E poiché l'osservatore e la sua epistemologia sono "immanenti" e "situati", una descrizione come quella cercata cade nel circolo vizioso della ricorsività infinita (osservatore dell'osservatore, e così via). Quello che possiamo fare è cercare di identificare pattern, schemi di organizzazione e categorie di complessità.

Consideriamo adesso una rappresentazione del mondo come un insieme organizzato di idee. Un sistema cognitivo complesso è in grado di operare quelle che Bateson chiamava "mutazioni genetiche", ossia processi di emergenza di nuove configurazioni di idee. Inoltre il gioco stocastico degli input esterni porterà a continue "perturbazioni" e "riorganizzazioni" dell'insieme di partenza legate alla storia ed allo stato interno del sistema. In altre parole questo indica da parte di un sistema cognitivo complesso la capacità di costruire una rappresentazione della rappresentazione, e dunque un modello della propria attività cognitiva. Poiché questa è inscindibilmente connessa alle strategie ed alle finalità dell'osservatore, tale attività può essere identificata come la capacità di sviluppare un "modello del sé" come meta-livello cognitivo costruito sulla rappresentazione iniziale. Questa caratteristica è comune a tutti i sistemi cognitivi complessi, e, siamo

dunque tentati di definire un agente cognitivo come un sistema capace di produrre una gerarchia multi-livello di auto-rappresentazioni.

Si tratta della ben nota teoria dei "livelli intrecciati" che D. Hofstadter tratta in un passo del suo celebre libro:<sup>10</sup>

*Sono convinto che la spiegazione dei fenomeni emergenti del nostro cervello (idee, speranze, immagini, analogie ed infine coscienza e libero arbitrio) si basa su una specie di circolo vizioso, un'interazione tra livelli in cui il livello superiore si congiunge di nuovo con quello più basso e lo influenza, mentre viene al tempo stesso determinato da quello inferiore.*

Con un riferimento più diretto al linguaggio originale della cibernetica, Bateson parlava di "catene di circolarità causali", ed oggi forse preferiremmo dire processi non-lineari di inter-relazione, emergenze e causalità verso il basso. Ciò che conta in questa sede è sottolineare l'importanza dei meta-livelli nei processi cognitivi.

### **3. Gerarchie dell'Apprendimento e della Comunicazione**

Sull'intuizione delle "gerarchie intrecciate" Bateson costruì la sua teoria dell'apprendimento e della comunicazione. Com'è noto, prese spunto dalla *teoria dei tipi logici* che il filosofo e matematico Bertrand Russell aveva elaborato per evitare alcune spinose contraddizioni della teoria fondazionale degli insiemi. Nella teoria di Russell gli elementi di un insieme sono di un tipo logico diverso da quello cui appartiene l'insieme stesso. In questo modo è possibile, pur con qualche artificiosità, evitare le situazioni contraddittorie auto-referenziali che potevano scaturire dal considerare concetti come l'insieme di tutti gli insiemi che contengono se stessi.

Nel suo scritto *Le categorie logiche dell'apprendimento e della*

---

<sup>10</sup> Hofstadter, D.R., *Godel, Escher, Bach: un'Eterna Ghirlanda Brillante*, Adelphi, Milano, 1984, p.769.

*comunicazione*<sup>11</sup> individua in ordine di complessità crescente 4 livelli fondamentali. Il primo, che qui indicheremo con L<sub>1</sub>, e che potremmo definire puramente "sintattico", è quello in cui l'informazione scambiata può essere descritta attraverso un semplice modello comportamentale del tipo stimolo-risposta. Il livello successivo L<sub>2</sub> modifica la scelta della risposta in presenza dello stesso stimolo. Notiamo che ciò implica una memoria e dei meccanismi di tipo "epigenetico" per lo sviluppo delle possibilità di scelta e del loro "significato" (emergenza di un dominio semantico). Il terzo livello L<sub>3</sub> è particolarmente importante perché come generalizzazione del precedente contiene l'epistemologia del sistema, ne costituisce in altre parole la "personalità" definita attraverso la possibilità di scelta tra classi di risposte. L'attitudine a scegliere una classe piuttosto che un'altra e la struttura interna delle relazioni concettuali tra i membri della classe definisce il gioco delle strategie e finalità cognitive del sistema e quindi le sue modalità di apprendimento e comunicazione. Notiamo che il livello 3 è quello con le più spiccate caratteristiche "auto-convalidanti", poiché la classe delle scelte ricorrenti rappresenta l'ottica con la quale il sistema vede il mondo e sé stesso nel mondo. Il livello L<sub>4</sub> è quello in cui il sistema complessivo delle scelte entra in crisi e subisce una trasformazione profonda del modello cognitivo, che viene così modificato strutturalmente. Cambiano dunque i "significati" e -in termini di "personalità"- i "valori" del sistema. È questo il caso in cui emerge un nuovo dominio semantico, nuove possibilità cognitive e diverse finalità.

La teoria dei tipi logici di Russell servì a Bateson soltanto come spunto formale per la descrizione delle gerarchie, poiché nei contenuti nulla potrebbe essere più lontano dai suoi originali intenti filosofici. È più realistico pensare che un sistema intelligente veda i diversi livelli

---

<sup>11</sup> Bateson, G., *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano, 1989.

co-esistere ed interagire tra loro, con continui riassetamenti del proprio dominio semantico di auto-rappresentazione. Inoltre è importante osservare che queste "transizioni di fase" dell'apprendimento e della comunicazione non riguardano soltanto insiemi di scelte predefinite, ma la comparsa di nuove classi e nuove configurazioni dinamiche globali nelle connessioni interne di ogni insieme, altrimenti il sistema sarebbe in linea di principio totalmente prevedibile, ad esempio attraverso un modello computazionale. Possiamo dunque parlare di processi di emergenza intrinseca, imprevedibili, che spingono l'osservatore a creare nuovi modelli del mondo e di se stesso. Scrive a proposito Bateson:<sup>12</sup>

*Ciò che nei Principia (il sistema di Russell) appare come una scala fatta di gradini tutti uguali (nomi di nomi di nomi e così via) diventerà un'alternanza di due specie di gradini. .Per passare dal 'nome' al 'nome del nome' dobbiamo passare attraverso il processo di assegnare un nome al nome. Dev'esserci sempre un processo generativo mediante il quale le classi, prima di poter ricevere un nome, vengono create.*

Un caso esemplare di come le intenzioni teoriche di Bateson andassero ben al di là dell'involucro formale scelto è la consapevolezza dell'importanza della contraddizione nei processi mentali:

*Per quanto nella logica formale si tenti di conservare la discontinuità tra una classe ed i suoi elementi, è nostra opinione che, viceversa, nella psicologia della comunicazione reale, questa discontinuità sia continuamente ed inevitabilmente trasgredita.<sup>13</sup>*

Bateson intuì con chiarezza le potenzialità degli aspetti paradossali nelle "gerarchie intrecciate" e le utilizzò per indagare alcune caratteristiche della comunicazione nel gioco e nell'arte -dove,

---

<sup>12</sup> Bateson, G., *Mente e natura*, cit., p. 246.

<sup>13</sup> Bateson, G., *Verso un'ecologia della mente*, cit., p. 245.

parafrasando Magritte, *Ceci n'est pas une pipe*-, e quelli dei rapporti nevrotici e schismogenetici, dove il dominio cognitivo è scisso o "oscilla" tra due interpretazioni dello stesso messaggio. Questa linea di ricerca è stata sviluppata nella pragmatica della comunicazione umana di Paul Watzlawick e colleghi al Mental Research Institute di Palo Alto.<sup>14</sup> Il ruolo della contraddizione simmetria/asimmetria, parte/tutto, è cruciale anche nella teoria di Matte Blanco, che fu uno degli studiosi più attenti dell'epistemologia di Bateson, Maturana e Varela (Cini, comunicazione personale), e recentemente sono stati proposti degli impianti estremamente interessanti per ripensare alla psicoterapia all'interno di uno scenario batesoniano.<sup>15</sup>

Un altro punto significativo è la considerazione del ruolo fondamentale di quell'atto di comunicazione che è la non-comunicazione, ossia la chiusura cognitiva nei confronti di temi che possono indurre una crisi profonda nel dominio cognitivo. Anche qui l'aspetto paradossale consiste nel fatto che per aver scelto una chiusura l'osservatore ha già "registrato" gli stimoli perturbatori e ne ha già elaborato una valutazione sulla loro "non-gestibilità" all'interno del proprio modello (Wittgenstein, Prop. 7 del *Tractatus*, *Su ciò, di cui non si può parlare, si deve tacere*). Un ultimo esempio interessante è l'analisi fatta dall'ultimo Bateson sul "silenzio mistico" ed in generale sul ruolo del sacro nella logica del vivente (Wittgenstein, *Tractatus*, prop. 6.41):

*Il senso del mondo dev'essere fuori di esso. Nel mondo tutto è come è, e tutto avviene come avviene; non v'è in esso alcun valore - né, se vi fosse,*

---

<sup>14</sup> Watzlawick, P., Beavin, J.H., Jackson, D.D., *Pragmatica della Comunicazione Umana*, Astrolabio, Roma, 1971.

<sup>15</sup> Madonna, G. *La psicoterapia attraverso Bateson. Verso un'estetica della cura*, Bollati Boringhieri, Torino, 2003.

*avrebbe un valore.*

Tutti questi aspetti rimandano alle dinamiche fondamentali dei processi di emergenza e della produzione del "nuovo" e dell'"impredicibile" che sono tipiche dei giochi cognitivi tra meta-livelli, e mostrano l'estrema inadeguatezza dei tipi logici per esprimere tutte le potenzialità della teoria. Questo suggerisce di adottare un impianto più ampio e recente, la teoria dell'apertura logica,<sup>16</sup> come tessuto concettuale per una teoria generale dell'emergenza.

#### **4. Apertura Logica, Emergenza e Computazione**

L'emergenza, ossia la "produzione di novità" dalla trama di inter-relazioni tra le componenti di un sistema (particelle, moduli, agenti, gruppi) è una nozione peculiare dell'approccio sistemico-cibernetico e ne costituisce una delle ragioni più profonde. Se infatti ogni comportamento collettivo fosse ricavabile direttamente dall'analisi dei suoi elementi costituenti, la nozione stessa di sistema perderebbe gran parte della sua efficacia. Abbiamo già visto come una "teoria del tutto", basata sullo studio riduzionistico dei "mattoni del mondo", risulterebbe assai poco significativa per l'analisi delle strutture che possono essere costruite con quei mattoni.

Per i nostri scopi può essere sufficiente qui richiamare che si danno due modalità essenziali di emergenza:

- **emergenza computazionale**: si tratta di quei casi in cui lo studio di un sistema permette di elaborare un modello che contempla tutte le variabili di stato significative del sistema e delle sue relazioni con l'ambiente ed è possibile disporre di una descrizione dinamica di come

---

<sup>16</sup> Minati, G., Penna, M.P., Pessa, E., *Thermodynamic and Logical Openness General Systems*, in *Systems Research and Behavioral Science*, 15 (3), 1988; Licata, I., *Mente & Computazione*, in *Systema Naturae*, vol. 5, 2003.



variano queste variabili nello spazio e nel tempo. In questo caso, in linea di principio, il modello del sistema offre la possibilità di dedurne e predirne i comportamenti tramite un opportuno procedimento di calcolo;

- **emergenza intrinseca**: in questo caso la comparsa di nuovi comportamenti non soltanto non può essere prevista da un modello, ma richiede la formulazione di nuovi strumenti d'analisi. Questo può avvenire perché la "complessità" del sistema è tale da non poter identificare in modo univoco ed esplicito le variabili di stato e l'interazione con l'ambiente.

Quando i processi emergenti del sistema rientrano pienamente nella prima possibilità, parliamo di **modello logicamente chiuso**. Nei casi di emergenza intrinseca dobbiamo invece abbandonare l'idea che un singolo modello possa "catturare" tutti gli aspetti ed i livelli significativi del sistema, ed è necessario operare delle scelte modellistiche in funzione di quegli aspetti del sistema che si vogliono studiare. Notiamo che questo è il caso esemplare, tra l'altro molto comune nell'attività scientifica più di quanto la retorica diffusa non ammetta, in cui l'osservatore fa un uso dinamico di modelli diversi<sup>17</sup> ed ha dunque un ruolo attivo non soltanto nella descrizione del sistema ma nella sua stessa definizione, in pieno accordo con l'epistemologia costruttivista di Maturana, Varela e Bateson. È questo il caso delle gerarchie di modelli logicamente aperti. Non ci soffermeremo in questa sede sulle diverse definizioni matematiche proposte per individuare questa classe di modelli, e ci limiteremo a dire che l'apertura del modello è una misura della complessità del sistema. Intuitivamente infatti è possibile rendersi conto che più il sistema è complesso più alto

---

<sup>17</sup> Minat, G., Brahms, S., *The dynamic usage of models (DYSAM)*, in *Emergence in Complex Cognitive, Social and Biological Systems*, Kluwer, 2002.

sarà il suo "costo" in termini di materia-energia da un punto di vista fisico, e più articolata sarà la sua struttura dal punto di vista logico-informazionale; da un punto di vista descrittivo tutto ciò richiederà che il modello, per aspirare ad una maggiore efficacia, tenga conto di un alto numero di variabili e vincoli secondo relazioni complesse (ad es., un forte grado di non-linearità ed un elevato numero di meccanismi di retro-azione). Tutte queste peculiarità modellistiche possono servire ad enumerare una gerarchia di modelli disposti secondo una scala di complessità crescente e dunque di maggiore apertura logica. Nel seguito utilizzeremo la terminologia "sistema ad alta apertura logica" per intendere un sistema sufficientemente complesso da non poter essere descritto tramite un modello logicamente chiuso.

È importante sottolineare che di per sé un sistema non è né semplice né complesso, ma si tratta di una scelta descrittiva dell'osservatore.

Un caso esemplare è la storia dei modelli di intelligenza artificiale "forte" (*Strong AI*) e più in generale del programma cognitivista, il cui obiettivo era quello di descrivere l'attività mentale come un sistema simbolico-computazionale.<sup>18</sup> Questo tipo di modelli hanno avuto successo soltanto in ambiti particolari, i cosiddetti micro-mondi (il *mondo dei blocchi* di Winograd, Tonfoni)<sup>19</sup> caratterizzati da un dominio semantico ristretto, come gli scacchi ed in generale tutte quelle situazioni in cui il "significato" degli oggetti e delle loro relazioni può essere definito attraverso un'architettura in grado di gestire in modo univoco la relazione tra il dato sintattico e le sue interpretazioni (es. i *frames* di Marvin Minsky).<sup>20</sup> Consideriamo

---

<sup>18</sup> Newell, A., *Unified Theories of Cognition*, Harvard Univ. Press, Cambridge, MA, 1990; Licata, I., *Mente & Computazione*, cit.

<sup>19</sup> Winograd, T., *Understanding Natural Language*, Academic Press, 1972; Tonfoni, G., *Sistemi Cognitivi Complessi*, CUEN, Napoli, 2000.

<sup>20</sup> Minsky, M., *La società della mente*, Adelphi, Milano, 1989.

però il caso del linguaggio naturale, storicamente importante perché gran parte del programma originario dell'IA forte, negli anni della guerra fredda, era centrato sulla possibilità di costruire un traduttore automatico dal russo all'americano. Nella comunicazione linguistica i significati di un termine non sono enumerabili in modo definitivo, poiché si modificano continuamente sia per il singolo parlante sia per la comunità. Si tratta di un tipico sistema ad alta apertura logica, dove un singolo modello può mirare soltanto a descrivere alcuni aspetti del sistema.

Nell'approccio della DAI, *Distributed Artificial Intelligence*, nella robotica evolutiva e nei modelli connessionistici basati sulle reti neurali,<sup>21</sup> si studia il comportamento di agenti cognitivi autonomi e popolazioni neuronali in cui l'interazione può condurre a comportamenti collettivi complessi non prevedibili in base al "programma" del singolo agente o alle caratteristiche del neurone formale. In questi casi abbiamo a che fare con sistemi ad alta apertura logica. È chiaro che "descrizione" del sistema non vuol dire necessariamente forte capacità predittiva; quello che è possibile fare in genere è l'identificazione e lo studio globale di classi di comportamento, ferma restando una forte imprevedibilità dei fenomeni singoli.

Queste considerazioni sono sufficienti a motivare la scelta di definire l'emergenza intrinseca come una caratteristica dei sistemi con un'alta apertura logica. I livelli e meta-livelli studiati da Bateson diventano in questo caso classi di complessità con diversa apertura logica, e - nello spirito del costruttivismo - non sono "già date" come "tipi logici" ma sono piuttosto il risultato di un'operazione di

---

<sup>21</sup> Pessa, E., Penna, M.P., *Introduzione alla psicologia connessionistica*, Di Renzo, Roma, 1993.

"risoluzione modellistica" operata dall'ottica epistemica dell'osservatore. Questo ci riporta ad uno degli assunti principali dell'approccio epistemologico adottato, ossia la necessità di recuperare la "complessività" del bipolo fondamentale sistema-osservatore, e possiamo dunque definire la complessità "irriducibile" come una caratteristica dei sistemi ad alta apertura logica.

Un altro modo per vedere la questione riguarda i limiti computazionali per i sistemi ad apertura logica. Un sistema di questo tipo produce nuova informazione, imprevedibile sulla base di un unico modello. Dal punto di vista della Turing-Computabilità l'informazione per essere processata dev'essere codificata, in modo che ad ogni elemento del modello possa corrispondere una precisa sequenza algoritmica. Ma la caratteristica dell'emergenza intrinseca è proprio quella della comparsa di nuovi domini semantici e dunque di nuovi codici. Questo fatto è centrale anche in alcune questioni di biologia teorica relativa ai meccanismi evolutivi.<sup>22</sup> Ne consegue che per essere processato secondo l'approccio classico alla computazione, quello che permette ai programmi dei nostri computer di "girare", un modello dev'essere necessariamente chiuso, deve cioè riguardare una "sezione" del sistema già completamente analizzata e codificata. Possiamo dunque costruire un modello per un fenomeno di emergenza dopo che si è già verificato, ma non possiamo predirlo!

Un esempio elementare ma efficace consiste nel considerare che nessuno è in grado di prevedere cosa penserà in un futuro prossimo, ma a posteriori è sempre possibile costruire un modello della "catena" degli atti concettuali.

In altre parole, la Turing-Computabilità è più adatta ad analizzare

---

<sup>22</sup> Barbieri, M., *La teoria semantica dell'evoluzione*, Bollati Boringhieri, Torino, 1985; Gabora, L.M., Self-Other Organization : Why Early Life did not Evolve through Natural Selection, in *Journal of Theoretical Biology*, 241 (3), 2006.

flussi informativi già codificati, mentre nei processi di emergenza intrinseca codici e domini semantici sono "immanenti" al sistema e ne rispecchiano ad ogni istante lo stato e la sua inter-relazione con l'ambiente. Questo limite dei modelli classici di computazione ha portato recentemente gli studiosi ad interessarsi della cosiddetta computazione naturale o bio-morfa, ispirata ai processi informativi degli organismi viventi.<sup>23</sup> Si tratta di modelli che, in alternativa alle modalità classiche della computazione digitale, prendono in considerazione flussi informativi fatti di pattern continui, soggetti a rumore ed incertezza e di tipo adattativo, volti non alla "soluzione" di un problema, ma ad ottimizzare continuamente certi parametri, secondo la logica dell'evoluzione naturale.<sup>24</sup>

## 5. Scenari della Comunicazione

Storicamente lo studio dei processi di comunicazione è stato centrato soprattutto sui problemi della natura e della struttura del linguaggio. È accaduto per la comunicazione un fenomeno culturale analogo a quello già analizzato nel caso dell'epistemologia, ci si è concentrati non sulle radici biologiche, ma su una delle sue emergenze culturalmente più evolute.

La teoria di Maturana, Varela e Bateson ha messo l'accento sull'importanza di indagare la comunicazione come strategia evolutiva che riguarda la coordinazione comportamentale di agenti cognitivi ed i fenomeni di emergenza cui dà luogo e che, grazie alla teoria dell'apertura logica, possono essere organizzati in una gerarchia di complessità che ci permette di passare rapidamente in rassegna gli

---

<sup>23</sup> MacLennan, B., *Field Computation in the Brain*, Univ. of Tennessee, Knoxville, Dept. of Computer Science, Tech. Rep, CS/92/174, 1992.

<sup>24</sup> Licata, I., *Verso una teoria generale dei Sistemi Intelligenti*, in *Neuroscienze.net*, Vol, 1, No. 1, 2004.

scenari generali, i temi classici ed i problemi peculiari dello studio dei processi comunicativi.

Un modello logicamente chiuso è quello di trasmissione di informazione puramente sintattica studiato da Shannon e Weaver. In questo caso un segnale viene scambiato tra un emittente ed un ricevente attraverso una linea di trasmissione. L'idea di codice condiviso è sottintesa ed è l'unico riferimento implicito alla distinzione significato/significante, che nel modello corrisponde alla differenza tra messaggio e segnale. L'origine del modello di Shannon e Weaver è evidentemente ingegneristica, ma ha avuto il vantaggio di porre le basi per ulteriori sviluppi. Ad un livello più elaborato si pongono infatti i modelli che considerano esplicitamente l'esistenza di un contesto comune a tutti gli agenti della comunicazione, dominio all'interno del quale la comunità fa riferimento per l'adozione di interpretazioni. In questa direzione vanno gli studi di Thomas A. Sebeok e di Roman Jakobson.

Quest'ultimo, riprendendo le idee di K. Bühler, osservò che ad ogni elemento della comunicazione può essere associato un meta-livello che riguarda le funzioni comunicative. Jakobson individua sei funzioni fondamentali degli elementi della comunicazione, *referenziale* (contesto), *emotiva* (l'emittente), *conativa* (destinatario), *metalinguistica*, (codice), *fatica* (contatto) e *poetica* (messaggio). Il vantaggio dello schema di Jakobson è quello di introdurre con le funzioni comunicative l'esistenza di un nuovo livello di *comunicazione sulla comunicazione*. Ogni funzione apre infatti agli agenti la possibilità di intervenire attivamente sui piani e gli elementi della trasmissione di informazioni.

Più complesso è il caso in cui ogni agente sviluppa un modello del proprio interlocutore e più in generale della comunità. In questo caso

dobbiamo distinguere due domini semantici, un contesto condiviso ed un contesto "privato" che è il modello cognitivo di ogni agente. La comunicazione avviene allora attraverso uno scambio di messaggi che fanno riferimento ad una duplice accezione di "significato", quello generale e condiviso, che deriva dal contesto comune e che definiremo qui "pubblico" e quello "privato", il cui significato viene poi generato all'interno del modello individuale. Bisogna notare che significato pubblico ed individuale possono non coincidere e persino contraddirsi. In questa categoria rientrano due problemi molto studiati ed in qualche modo strettamente connessi, quello della modellizzazione dell'utente in informatica, in cui si studia il modo per rendere più "naturale" ed *user friendly* il rapporto tra utente e computer con la progettazione di opportune interfacce, e la comunicazione tra utenti attraverso queste interfacce (e-mail, chat, forum, blog).<sup>25</sup>

Un passo avanti nella scala di apertura logica è dato dal caso in cui ogni agente usa la comunicazione per operare una trasmissione del proprio modello ed indurre gli altri elementi della comunicazione a generare gli stessi significati del proprio dominio. È questo il caso dei processi di negoziato - militare, politico, amoroso, pubblicitario - che è stato spesso formalizzato con gli strumenti della teoria dei giochi, scegliendo uno o più parametri come misura del "successo" di quel particolare gioco che è il "mettersi nella testa degli altri". Ad esempio l'agente può decidere di usare i livelli precedenti con strategie miste e variabili, che vanno dalla completa condivisione al mimetismo, dalla chiusura al cambiamento arbitrario ed unilaterale delle regole. In questa complessa rete di livelli interconnessi, nella capacità di ogni agente di rappresentare se stesso mentre genera mondi, è nascosta una delle

---

<sup>25</sup> Putti, S., *La dimensione interpersonale on line*, in *Giornale Storico di Psicologia Dinamica*, 55, Di Renzo Editore, Roma, 2004.

chiavi per porre correttamente il problema della coscienza.<sup>26</sup>

I diversi gradi di apertura e chiusura si manifestano assieme in ogni evento comunicativo, rendendo lo studio sperimentale di questi processi estremamente complesso. L'interesse dei ricercatori si è dunque centrato su due metodologie che permettono in qualche modo di controllare e gestire questa complessità; da una parte ci si è concentrati sullo studio della cosiddetta "intelligenza di sciame" (*Swarm Intelligence*) di stormi di uccelli, sciami di insetti e branchi di vari animali,<sup>27</sup> dall'altra si è utilizzata la simulazione<sup>28</sup> in ambienti artificiali per osservare in condizioni controllate i comportamenti di agenti comunicativi con strutture interne ed in ambienti progressivamente più complessi.

## **6. Artificial Life: Comunicazione nella Biologia Sintetica**

Una definizione generale della vita artificiale (Artificial Life, ALife) è quella di C. Langton:

*programmi che si evolvono autonomamente all'interno di un computer e che permettono di riprodurre alcune caratteristiche degli esseri viventi.*

Questa descrizione è abbastanza ampia da poter saltare in blocco alcune delle dispute che si sono "riprodote" nel campo dell'ALife in modo analogo a quanto già accaduto per l'AI. C'è infatti una scuola di pensiero che sostiene l'indipendenza della "logica" della vita dal suo supporto materiale (ALife "forte") ed una ALife "debole" che rimarca l'importanza della struttura materiale della vita, quella basata sul

---

<sup>26</sup> Edelman, G.M., Tononi, G., *Un universo di coscienza*, Einaudi, Torino, 2000.

<sup>27</sup> Millonas, M.M., *Swarm, Phase Transitions and Collective Intelligence*, in *Artificial Life III*, C. Langton ed., Addison-Wesley, MA, 1994.

<sup>28</sup> Parisi, D., *Mente. I nuovi modelli della vita artificiale*, Il Mulino, Bologna, 1999; Parisi, D., *Simulazioni, la Realtà rifatta nel computer*, Il Mulino, Bologna, 2001.



carbonio e sui processi dissipativi, e dunque si limita a sostenere che l'ambiente artificiale è soltanto un modo comodo per esplorare in condizioni controllate alcune caratteristiche della vita. Anche qui l'epistemologia costruttivista adottata ci permette di non vedere una contrapposizione tra i due approcci, ma piuttosto un'integrazione, proprio come avviene per i modelli cognitivo-simbolici e quelli connessionistici in AI. Infatti il problema è quello di poter "controllare" la complessità dei modelli di organismo e di popolazione, e non quello di stabilirne un'ontologia astratta (A. Korzbiniski, *La mappa non è il territorio*, citato in Bateson).<sup>29</sup> Il problema consiste piuttosto nell'ottenere modelli con bassa apertura logica e dunque facilmente gestibili. Questo atteggiamento può ricordare l'approccio riduzionista, ma c'è una differenza essenziale. La ricerca di modelli a bassa apertura logica nello studio dei sistemi complessi è un passo necessario per elaborare una strategia in grado di affrontare livelli di complessità maggiori, e non è vista come una "risoluzione" definitiva del problema. Ad esempio non è basata sugli agenti, ma sui loro comportamenti collettivi, e non è interessata tanto alle risposte individuali quanto ai processi emergenti; in altre parole si considera che un sistema complesso non può essere "assemblato" e "disassemblato" se non perdendo informazioni preziose sulle sue proprietà globali. Si può dire che mentre il "vecchio" riduzionismo "guardava" verso il basso ed il livello dei componenti elementari, la ricerca sui modelli a bassa apertura logica "guarda" sin dall'inizio verso le alte complessità dei comportamenti globali tramite l'idea dell'uso integrato di modelli diversi.

Una simulazione ormai storica è quella effettuata da Werner e

---

<sup>29</sup> Bateson, G., *Mente e Natura*, cit., p. 47.

Dyer,<sup>30</sup> dove una popolazione di agenti "maschi" e "femmine", i primi trattati essenzialmente come ricevitori ciechi di un segnale emesso dalle femmine, si coordinava per ottimizzare l'accoppiamento. A dispetto della sua semplicità essenziale questo modello è giusta mente famoso per aver considerato nella sua forma biologica "primitiva" uno dei segnali più attivi ed efficaci nella comunicazione, quello sessuale legato alla differenza di genere. Un passo avanti in questa direzione fu quello di considerare che un qualunque atto comunicativo ha successo se: a) favorisce il sistema sorgente ed il suo gruppo di appartenenza. Nel caso del modello di Werner e Dyer si tratta dell'accoppiamento; e b) per ottenere questo successo è necessario che l'agente comunicativo trasmetta un'informazione relativa al suo stato interno ed in grado di modificare quello del ricevente; nel modello esaminato si tratta di una forma "elementare" di "desiderio".

MacLennan e Burghardt,<sup>31</sup> e successivamente Noble e Cliff,<sup>32</sup> idearono una popolazione di agenti detti *simorgs*. Questa popolazione condivide un ambiente globale, dove si propagano i segnali (es. suoni di frequenze diverse), ed ambienti locali che contengono informazioni non necessariamente condivise con altri agenti spazialmente distanti (ad es. la disponibilità o il bisogno di cibo). Dai due ambienti dipende lo stato interno del *simorg* e la sua risposta. Questa risposta ha due esiti possibili, emettere un segnale nell'ambiente pubblico oppure eseguire un'azione conseguente alla valutazione dei segnali ricevuti. La possibilità decisionale tra due scelte implica una memoria ed un rudimentale meccanismo di apprendimento. Si è inoltre dotato il

---

<sup>30</sup> Werner, G. - Dyer, M., *Evolution of Communication in Artificial Organisms*, in Langton, C., - Taylor, C. - Farmer, D. - Rasmussen, S., eds, *Artificial Life II*, Addison-Wesley, 1992.

<sup>31</sup> Mac Lennan, B. - Burghardt, G.M., *Synthetic Etology and the Evolution of Coordinated Communication*, in *Adapt. Behaviour*, 2(2), 1994.

<sup>32</sup> Noble, J., Cliff, D., *On Simulating the Evolution of Communication*, in *Cognitive Science Research Papers 420*, IISN 1350-3162, Univ. of Sussex, 1996.

programma di un algoritmo genetico in grado di poter effettuare cicli di riproduzione a partire da due "genitori". Infine si incrementa il punteggio di fitness di un *simorg* se la sua azione risponde a quella del messaggio dell'emittitore con un vantaggio per l'ambiente locale di quest'ultimo. Sin dalle prime simulazioni si è visto l'emergere di comportamenti cooperativi di "mutuo appoggio" come effetto della comunicazione. In seguito è stato introdotto del "rumore" nell'ambiente comune ed il risultato è stato un drastico abbassamento della cooperazione e dei punteggi di fitness. Al fine di vedere la capacità della comunicazione di evolversi e strutturarsi, usando una *matrice di denotazione* che registrava il numero di eventi efficaci di cooperazione in tre scenari: a) comunicazione bloccata e apprendimento bloccato; in questo caso la fitness è molto bassa, appena superiore a quella casuale. Questo corrisponde ad una situazione in cui i *simorgs* non possono utilizzare la comunicazione per aiutarsi a vicenda; b) comunicazione permessa ed apprendimento bloccato; in questo secondo scenario ogni atto cooperativo è unico e non si conserva memoria della procedura; la fitness è molto più alta che nel primo caso; c) comunicazione ed apprendimento permessi; la fitness non soltanto risulta molto alta, ma la matrice di denotazione registra un uso "strutturato" dei simboli, una sorta di "esperienza" a rispondere praticamente senza ambiguità a situazioni molto diverse tra loro. Il fatto notevole da notare qui non è la natura "simpatica" e "disponibile" che i *simorgs* ereditano dal programma creato dai loro padri artificiali, ma piuttosto il fatto che anche un sistema di comunicazione elementare, se porta un vantaggio evolutivo, tende ad evolversi ed acquistare una struttura sempre più raffinata. In effetti è possibile dimostrare che se anche le specifiche del "programma genetico" dei *simorgs* fossero

diverse, ad esempio basate su modalità di competizione o aggressione, il risultato sull'importanza centrale della comunicazione come fattore cooperativo in grado di evolversi non cambierebbe.

Il lavoro di Bauli e Oliphant<sup>33</sup> è ispirato al comportamento di mammiferi che reagiscono alla presenza di un predatore con opportuni segnali per indagare più in dettaglio le correlazioni tra apprendimento e comunicazione. La comunità modellata è composta da agenti che riconoscono situazioni (significati) e possono emettere un segnale opportuno connesso ad un'azione appropriata. Ogni agente non è "cosciente" del valore comunicativo dei propri atti, come del resto i *simorgs*. L'attitudine comportamentale dei membri della comunità è definita per mezzo di funzioni probabilistiche quali "invio" e "ricezione"; viene poi introdotta un'accuratezza comunicativa che misura il grado di accuratezza dei processi di invio-ricezione e la loro correlazione con la risposta. Queste grandezze sono definite sia per ogni atto comunicativo bidirezionale, riguardante cioè due agenti, sia in media, sull'intera popolazione. Il punto interessante ed innovativo consiste nell'introduzione di agenti nuovi che devono costruire le proprie funzioni di invio e ricezione "osservando" il comportamento degli altri ed imparando per mezzo di una procedura d'apprendimento. Per questo sono state usate due modalità fondamentali, la *Imitate-choose*, che utilizza per l'addestramento invio e ricezione "medi", tarati su tutta la popolazione, e quella detta *Obverter*, nella quale si usa una correlazione molto stretta e praticamente univoca tra situazione e segnale. In altre parole la prima procedura è piuttosto approssimata, ed il nuovo arrivato ha meno occasioni di apprendere, nel secondo la

---

<sup>33</sup> Batali, J. - Oliphant, M., *Learning and the Emergence of Coordinated Communication*, in *Center for Research on Language NewsLett.*, 11 (1), 1997.

minore incertezza tra segnale e situazione offre la possibilità di "imparare" più velocemente. Come è possibile aspettarsi a questo punto, con la modalità *imitate-choose*, se il sistema ha un andamento alto di coordinazione, l'introduzione del nuovo elemento, qualunque sia il suo grado di "integrazione", non porterà grandi sconvolgimenti, mentre se il sistema è poco strutturato, l'apprendimento dei nuovi agenti risulterà poco efficace e l'accuratezza comunicativa globale si ridurrà. Con la più vincolante modalità *Obverter* l'addestramento è più "sicuro" ed in generale le configurazioni collettive diventeranno sempre più efficaci e complesse. La lezione è chiara: una comunicazione molto accurata favorisce l'addestramento e l'adozione di comportamenti molto articolati anche da parte di un sistema cognitivo elementare.

Ezequiel A. Di Paolo,<sup>34</sup> partendo dalla teoria di Maturana e Varela, ha concentrato la sua attenzione sulla nozione di accoppiamento strutturale e sulla relazione con l'ambiente. In particolare l'ipotesi presa in considerazione è che la comunicazione, intesa come accoppiamento tra due sistemi cognitivi, è connessa alla creazione di un *dominio consensuale*, una sorta di "messa in comune" dei propri stati interni. Il formalismo utilizzato da Di Paolo è quello, molto raffinato, della teoria dinamica dei giochi. Viene calcolata per ogni agente la quantità di "energia" guadagnata eseguendo la sequenza di azioni corrette su vari tipi di "cibo" a disposizione nell'ambiente, ossia "nutrizione" e "manifestazione", i segnali legati al successo di questa. Sotto un certo livello di energia l'agente scompare, altrimenti è in grado di riprodursi sessualmente. Il gioco si svolge facendo entrare in azione un primo agente (nutrizione e segnali), e misurando gli esiti del comportamento di un secondo agente che, avendo percepito i segnali del primo, replica

---

<sup>34</sup> Di Paolo, E., *An Investigation into the Evolution of Communication*, in *Adapt. Behaviour*, 6 (2), 1998.

l'azione. Se l'emulazione ha successo, l'energia totale viene divisa tra i due agenti, altrimenti solo il primo riceverà una piccola frazione dell'energia totale. Con un gran numero di questi eventi gli agenti "imparano" a trovare cibo sul territorio e dividerlo. L'analisi e la simulazione hanno mostrato che, in presenza di precisi vincoli spazio-temporali, possono emergere comportamenti collettivi che corrispondono alla costruzione di luoghi comuni di lavoro, con "centro" e "periferie" e relativi comportamenti comunicativi. È stato anche esplorato il vincolo di azioni coordinate in modo ricorsivo tra i due agenti, con segnali diversificati a seconda del tipo di cibo, ed anche qui si è assistito all'evoluzione di forme di comunicazione assai complesse rispetto alle possibilità cognitive del singolo individuo.

In un successivo modello Di Paolo <sup>35</sup> ha poi indagato la coordinazione tra "robot" in grado di comunicare tra loro attraverso sensori acustici e muoversi grazie a dispositivi di movimento con i quali sarebbe stato possibile ottimizzare ricezione ed emissione. Il risultato è stato sorprendente: si sono avuti fenomeni di sincronizzazione che possono ricordare le coordinazioni dei segnali luminosi delle lucciole o i *duetti antifoni* tipici di alcune specie di uccelli africani. La coordinazione è adattiva, funziona soltanto sulla base di una cooperazione "alla pari", e non può avvenire se uno dei due agenti è "silenzioso" o se si perturba anche di poco la capacità di ascolto e di auto-ascolto. Questo è sicuramente il caso più evidente di come la comunicazione sia un'emergenza sistemica in cui non soltanto il tutto è superiore alla somma delle parti, ma la cooperazione tra le parti dà vita a forme diverse.

Un'ultima serie di esperimenti che vogliamo qui ricordare è quella

---

<sup>35</sup> Di Paolo, E., *Behavioural Coordination, Structural Congruence and Entrainment in a Simulation of Acoustically Coupled Agents*, in *Adapt. Behaviour*, 8 (1), 2000.

effettuata da Luc Steels,<sup>36</sup> che ha messo alla prova la capacità di un "linguaggio" di svilupparsi ed organizzarsi a partire da un insieme elementare di comunicazioni relative a compiti di categorizzazione. L'idea di Steels è che esista un'evoluzione linguistica i cui tempi e modalità sono simili a quelli dell'evoluzione biologica, ma non le corrispondono, poiché il perfezionamento linguistico è basato sul successo comunicativo e non su quello riproduttivo. In particolare le regole linguistiche non sono fissate da un qualche "programma", ma si evolvono sotto la pressione ambientale e attraverso i "giochi linguistici" descritti da Wittgenstein.

I robot di Steels sono dotati di canali sensoriali con i quali esplorare oggetti disseminati sul territorio e possono costruire dei rilevatori di caratteristiche. In questo modo posso dar vita ad un insieme di significati ancorati percettivamente sotto l'azione di un gioco discriminatorio: se la categorizzazione ha successo l'agente viene premiato, altrimenti deve costruire nuovi rilevatori di caratteristiche. In altre parole, i "sensi" del robot sono il laboratorio della sua esplorazione del mondo e i segnali un'etichetta sulle caratteristiche distintive scoperte. Se i robot hanno la possibilità di scambiarsi messaggi il lavoro di categorizzazione procede molto più velocemente ed in modo più efficace. L'esplorazione può essere rivolta anche ad intrusi, o nuovi agenti, e le simulazioni hanno mostrato anche che i nuovi arrivati apprendono il sistema di comunicazione ed imparano ad usarlo per procedere ai compiti esplorativi. L'articolazione delle caratteristiche, negli oggetti dell'ambiente e tra gli agenti, porta la comunità a

---

<sup>36</sup> Steels, L., *Synthesising the Origins of Language and Meaning Using Co-Evolution, Self-Organization and Level Formation*, in Hurford, J. - Knight, C. - Studdert-Kennedy, M. (eds.), *Evolution of Human Language*, Edinburgh Univ. Press, 1997; Steels, L. - Vogt, P., *Grounding Adaptive Language Games in Robotic Agents. Physical implementation of language games and meaning creation*, in *ECAL 97*, MIT Press, 1997.

sviluppare segnali composti, un lessico elementare di parole e combinazioni di queste. Emerge in tal modo un proto-linguaggio che, seppur non elaborato sintatticamente, presenta alcune delle caratteristiche del linguaggio vero e proprio, i.e. la sinonimia, l'ambiguità, la ricorrenza di espressioni composte. Tutto ciò sembra testimoniare a favore dell'emergenza del linguaggio a partire da un livello sensoriale e comunicativo elementare attraverso meccanismi di formazione di livelli superiori sempre più articolati.

## **7. Conclusione. Il Flauto Magico**

Esiste un evidente divario di complessità tra i problemi che ci poniamo ogni giorno sulla comunicazione interpersonale e sociale e quella studiata negli esperimenti di vita artificiale. Le forme di emergenza che abbiamo esaminato, pur manifestando aspetti sorprendenti, sono tutte computazionali e descrivibili con modelli a bassa apertura logica. Resta dunque aperto e ricco di sorprese il compito di una scienza del futuro che si ponga come obiettivo la piena realizzazione di una nuova *Physis* in grado di comprendere mente e materia come elementi dinamici di un unico scenario.

Ci sembra però che il percorso fatto somiglia ad una delle catene circolari di Bateson e ci riporta all'intuizione fondamentale dell'epistemologia costruttivista e della teoria dell'autopoiesi, la profonda unità tra vita e cognizione. Per questo abbiamo dovuto mettere tra parentesi, come dice Maturana, l'idea dell'oggettività, di un mondo che è "lì" in forme date, ed adottare una prospettiva più difficile ed entusiasmante, dove l'assenza di un fondamento diventa la base per scoprire l'importanza della comunicazione e del linguaggio come possibilità di una ecologia delle menti. Dal nuovo punto di vista, superato lo sconvolgimento della perdita di certezze illusorie, vediamo



che ogni atto autenticamente culturale ci riporta alle radici biologiche dell'albero della conoscenza.

Il contrappunto ideale al sublime duetto onomatopeico di Papageno e Papagena nello *Zauberflote* di Mozart è l'esempio del canto di certi pappagalli africani durante il periodo di formazione delle coppie. Questi uccelli vivono in foreste molto fitte e dunque in zone oscure, dove la possibilità di un contatto visivo è molto bassa. In questo ambiente gli uccelli coordinano un canto comune come rituale di coppia che resterà loro, e non sarà trasmesso alla prole. E *la melodia particolare di ogni coppia di questa specie sarà unica perché unica è la storia di ogni accoppiamento*.<sup>37</sup>

## **Ringraziamenti**

Desidero esprimere la mia profonda gratitudine a Giorgio Antonelli e Simonetta Putti per la proposta di partecipare ad un esperimento di *crossing* disciplinare in un contesto prestigioso come il Convegno su Psicologia & Comunicazione. Ho un debito profondo con gli amici ed i colleghi con i quali da anni condivido l'esplorazione della complessità: Leonardo Bich, Marcello Cini, Gianfranco Minati, Eliano Pessa, Graziano Terenzi.

Un saluto a Francisco Varela. Ci manchi.

## **Abstract**

Ignazio Licata

*Comunicazione, Emergenza, Apertura Logica*

Il problema di definire le caratteristiche dei sistemi di comunicazione tra agenti cognitivi è strettamente connesso al

---

<sup>37</sup> Maturana, H. - Varela, F., *L'albero della conoscenza*, cit., p. 162.

problema dell'emergenza nei sistemi complessi. Lo scenario fondamentale che qui utilizzeremo per illustrare questi aspetti è quello della teoria dei sistemi autopoietici di Maturana-Varela-Bateson. In particolare esamineremo alcuni modelli basati sulla cooperazione, sull'apprendimento, e sulla coevoluzione (accoppiamento strutturale). Ci soffermeremo infine sulla necessità di ridefinire la nozione di informazione e computazione negli agenti cognitivi (crisi del modello computazionale classico, apertura logica).

Parole chiave: agenti cognitivi - sistemi autonomi- apertura logica - auto-organizzazione - autopoiesi - coevoluzione-emergenza

Ignazio Licata

*Communication, Emergency, Logical Openness*

The problem of defining the characteristics of the systems of communication among the cognitive agents is closely connected to the problem of the emergency in the complex systems. The basic scenario utilized in this article to illustrate these aspects is the Maturana-Varela-Bateson theory on auto-poietic systems. In particular a few models based on cooperation (collective beings), learning and co-evolution (structural coupling) will be examined. Consideration will be proffered as to the necessity of redefining the notion of information and calculation in the cognitive agents (crisis of the classic model).

Keyword: cognitive agents, autonomous systems, logical openness, auto-organization, auto-poietic, co-evolution, emergency.