

## IL SOGGETTO CONTINGENTE. APPUNTI PER UNA TEORIA RADICALE DELL'EMERGENZA NEI PROCESSI DI SVILUPPO

Telmo Pievani

Questa prospettiva dell'emergenza, un principio generale che ha pervaso l'intera scienza e non solo la neuroscienza degli ultimi vent'anni, rivela la fondamentale importanza di immaginare un nuovo modo o genere di esistenza, il modo di caratterizzare quello che è un qualcosa. È un modo di esistenza di cui non si può dire che non esista ("Francisco non esiste"). Io conto qualcosa, voi state leggendo quello che sto scrivendo. Tuttavia, qual è la natura della mia esistenza? Non presumiamo che ci sia qualcosa di sostanziale o una qualità speciale situata da qualche parte in questa o in quell'area del mio cervello che renda Francisco Francisco. In realtà, questo sé cognitivo è solamente il risultato delle sue connessioni dinamiche che connettono ogni singolo componente locale, eppure al tempo stesso non è identificabile con nessuna interazione in particolare. Praticamente è come dire che è qui e non è qui.

F.J. Varela, 2000, p. 9

### SOMMARIO

Questo saggio si propone di tratteggiare una possibile "teoria radicale dell'emergenza" nei processi di sviluppo (biologici e cognitivi) che poggia su due osservazioni principali: 1) i processi di sviluppo sono fenomeni di emergenza a partire da connessioni reticolari che interessano la totalità integrata dei sistemi studiati (sorgente interna dell'ordine); 2) i processi di sviluppo avvengono all'interno di sistemi strutturalmente accoppiati la cui dinamica co-evolutiva presenta caratteristiche di irriducibile unicità e contingenza (sorgente esterna dell'ordine). L'aspetto endogeno e l'aspetto esogeno della produzione di ordine nei sistemi complessi sono da intendersi qui come complementari e simultanei.

Le due notazioni sul carattere eso-endogeno dello sviluppo possono essere generalizzate in una terza: la messa in crisi del paradigma cognitivista e computazionale – ancora assai influente nella definizione di cosa sia un

“soggetto” e di cosa sia una “organizzazione” – passa attraverso la discussione e la crisi del pensiero selezionista e adattazionista. Dietro molte discussioni relative alla conoscenza e all’organizzazione vi è infatti un’epistemologia evolutiva implicita che influisce profondamente sull’elaborazione teorica e sulla stessa terminologia del dibattito evoluzionistico. Il sospetto è che, se non si va alla radice di tale epistemologia sottesa (centrata su una concezione forte del processo di selezione naturale e, in particolare, del fenomeno dell’adattamento, sia esso biologico o cognitivo), non si possa costruire una teoria alternativa e altrettanto coerente dei processi di sviluppo.

In tal senso, vengono qui esplorate due direzioni possibili per impostare la riflessione epistemologica sui processi di sviluppo in chiave emergentista e co-evoluzionistica: a) una direzione che tenti di rintracciare le origini “ontogenetiche” (relative cioè allo sviluppo individuale) dell’accoppiamento strutturale soggetto-oggetto, che Varela definiva “embodiment”, cioè “incarnazione” della conoscenza; b) una direzione che tenti di rintracciare le origini “filogenetiche” (relative cioè all’evoluzione biologica della nostra specie) di tale “incarnazione” della mente. Anche in questo caso è la considerazione simultanea e complementare di questi due processi evolutivi a fornirci un primo vocabolario per una teoria radicale dell’emergenza.

Ora Francisco, Francisco Varela, non è qui. Ha ceduto alla malattia negli ultimi giorni del mese di maggio del 2001, un anno dopo averci lasciato questo meraviglioso testamento scientifico e spirituale. Affinché si possa ancora affermare, coerentemente con la sua prospettiva emergentista, che Francisco è qui, dovremmo impegnarci a far sì che le sue intuizioni proliferino e fecondino le ricerche future sull’evoluzione della conoscenza. Le idee di questo appassionato scienziato della mente apriranno così altri mondi possibili.

Questo saggio nasce dalla convinzione che nell’ultima opera di Francisco Varela, riscontrabile nei saggi degli anni 1997-2000, siano nascoste alcune intuizioni sperimentali ed epistemologiche di grande rilievo per il futuro di un approccio allo studio dei processi di sviluppo cognitivo ed evolutivo che in via preliminare potremmo definire “anti-computazionalista”.

*La selezione come demiurgo naturale: un'epistemologia evolutiva influente*

Fissiamo per un momento la nostra attenzione sulle modalità cognitive e sulle metafore implicite attraverso le quali siamo abituati a filtrare le conoscenze circa l'evoluzione e circa i processi di formazione delle identità, individuali e sociali. Che cos'è un soggetto? Che cos'è un'organizzazione di elementi fisici o di agenti intenzionali? Vi è un ordine inscritto nella natura e, se sì, come ha avuto origine?

Scrivono Stuart Kauffman nell'incipit di *A casa nell'universo*:

Viviamo in un mondo caratterizzato da una sorprendente complessità biologica. Molecole di ogni tipo si uniscono in una danza metabolica per formare cellule; cellule interagiscono con altre cellule per formare gli organismi e questi ultimi interagiscono fra loro per dare origine agli ecosistemi, alle diverse economie e società. Da dove ha avuto origine questa impressionante architettura? [Kauffman, 1995, tr. it. p. 7]

Negli ultimi decenni del Novecento, mentre le scienze della vita cominciavano a esplorare la pluralità e la complessità dei processi che caratterizzano l'evoluzione biologica e umana, la risposta offerta a questa domanda (in un certo senso la madre di tutte le domande circa la causa e il fine della nostra storia) è stata molto semplice, è stata una risposta squisitamente "economica": l'armonia della natura, nelle sue infinite manifestazioni, è frutto dell'opera di un unico grande agente evolutivo, la selezione naturale, operante su un unico substrato fondamentale, il corredo genetico.

Questo potente demiurgo, come un orologiaio cieco, modella a suo piacimento la materia vivente, filtra le mutazioni genetiche favorevoli, condanna all'oblio le varianti eccentriche, sceglie i vincitori nella grande arena gladiatoria della competizione naturale fra specie e fra organismi. Il genoma così plasmato diventa il contenitore delle unità discrete fondamentali, l'ingranaggio magico, la scatola nera, il livello fondamentale da cui far dipendere in modo lineare ogni espressione, ogni proprietà biologica, ogni comportamento: non sarà difficile annunciare la scoperta del "gene dell'aggressività", del "gene dell'intelligenza", del "gene dell'omosessualità". Non sarà difficile interpretare l'evoluzione come una lunga marcia di perfezionamento del disegno organico, guidata dall'azione modellante della selezione naturale sul corredo genetico.

Questa visione si fonda esplicitamente sull'idea, descritta lucidamente dal genetista Richard C. Lewontin, che la genetica rappresenti il campo, in-

flessibile e onnipervasivo, di determinazione dell'identità biologica e che "il resto", cioè i condizionamenti ambientali e più in generale l'irriducibile singolarità di ciascuna storia evolutiva, sia solo un epifenomeno marginale. Il tentativo è quello di applicare un'analisi ingegneristica, atomistica e meccanicistica del genoma, inteso qui come un aggregato di ingranaggi ciascuno dei quali codifica un aspetto determinato del fenotipo, "istruito" volta per volta dalla selezione. Ne deriva un postulato molto vincolante circa i ritmi e i tempi del processo evolutivo, che dovrà essere necessariamente lento e graduale: un accumulo di piccoli passi impercettibili, di lievi modificazioni progressive.

Ma è davvero questa la sola via per spiegare la complessità del mondo naturale? Se davvero gli organismi sono semplicemente i veicoli per il trasferimento e la diffusione dei geni da una generazione all'altra, perché allora in molti episodi della storia naturale ha prevalso, come strategia vincente, la cooperazione anziché la competizione? Perché, a parità di genoma e a parità di ambiente, due individui rimangono radicalmente differenti e unici? Perché ripetendo due percorsi evolutivi (o due processi cognitivi) non otteniamo mai lo stesso risultato? Perché l'evoluzione è ricca di discontinuità? E soprattutto, se il motore dell'evoluzione è la selezione naturale, chi ha dato la scintilla iniziale per l'emergenza del vivente? Perché non si è ancora svelato il mistero dell'origine della vita? In altri termini, come si è evoluta l'evoluzione? Chi ha selezionato la selezione?

A queste domande si può sperare di rispondere soltanto al prezzo di rinunciare, almeno parzialmente, ad alcune scorciatoie: alla fiducia nel potere onnipervasivo e creativo della selezione naturale; al metodo riduzionista di scomposizione dei sistemi complessi in unità discrete fondamentali; all'idea che vi sia un livello privilegiato da cui far dipendere, per estrapolazione deterministica, tutte le proprietà biologiche (e culturali); all'immagine dell'evoluzione come un progresso ottimizzante e a binario unico.

Occorre, soprattutto, un livello di interpretazione epistemologica più generale. Dietro questa impostazione (in sintesi: un agente demiurgico onnipotente che plasma dall'esterno un substrato molecolare fondamentale, da cui poi ogni proprietà macroscopica discende linearmente) si nasconde un'epistemologia evolutiva assai influente che organizza non soltanto le conoscenze sull'evoluzione biologica (ultradarwinismo), ma anche il modo di concepire l'evoluzione della conoscenza. Essa combacia infatti con un'immagine speculare del processo cognitivo, inteso come un'elabora-

zione lineare di informazioni provenienti dall'esterno, cioè di "istruzioni" dettate dall'ambiente analoghe alle pressioni selettive. La conoscenza si riduce in tal senso a un processo adattativo di tipo istruzionista, a una performance evolutiva, a una soluzione meccanica di problemi sollecitati dall'ambiente.

L'obiettivo della strategia adattativa sarà dunque quello di adeguare per quanto possibile lo schema cognitivo alla realtà esterna, di farne una buona rappresentazione e di dedurne comportamenti efficaci. Ma il prezzo da pagare (almeno da un punto di vista epistemologico) sarà molto alto: il dualismo mente-natura, rifiutato da tale impostazione meccanica e computazionale, rinascerà sotto mentite spoglie perché il paradigma cognitivista avrà bisogno di completare la similitudine fra mente e computer separando drasticamente il dominio dell'elaborazione di informazioni e simboli (il software della cognizione) dal dominio dell'appartenenza corporea ed emozionale (l'hardware della cognizione). La conoscenza, per essere adattativamente efficace nel risolvere problemi, dovrà codificarli nel linguaggio astratto dell'informatica, dovrà "dis-incarnarsi". La mente torna a essere meccanica, ma al prezzo di perdere la sua materialità, la sua naturalità biologica: è una macchina per simboli.

Si saldano dunque due presupposti teorici permeanti, il primo derivante dall'adattazionismo evolutivista e il secondo dalla tradizione cognitivista:

- a) la cognizione è un processo che si iscrive nell'evoluzione naturale e ha dunque una funzione meramente adattativa, è uno straordinario strumento di soluzione dei problemi posti dall'ambiente e per questo è stata "selezionata";
- b) la cognizione funziona come un potentissimo elaboratore di informazioni e di simboli, indipendente dal suo radicamento in un corpo che pulsa, che si sposta, che agisce e percepisce.

Come ha scritto recentemente Steven Pinker su *Wired*,

Quasi tutti nel campo delle scienze cognitive condividono l'idea che il cervello sia una sorta di computer neurale prodotto dall'evoluzione. Coloro che non lo pensano sono molto appariscenti, ma poco numerosi e poco rappresentativi [*Wired*, marzo 1998].

Fra questi scienziati della mente poco numerosi e poco rappresentativi dobbiamo senz'altro annoverare Francisco Varela, il cui principale obiettivo polemico fu proprio la separazione cognitivista fra il software computa-

zionale della mente e il suo hardware corporeo. Dal punto di vista della nostra analisi, la strategia di Varela fu dunque duplice: mettere in discussione il secondo presupposto (*il dogma centrale del cognitivismo*), per giungere alla messa in crisi del primo (*il dogma centrale dell'adattazionismo*).

Il risultato di tale strategia consiste in un rovesciamento completo dell'approccio computazionale: se per i sostenitori della mente-computer la cognizione è una macchina, ma una macchina per simboli, una macchina non naturale, per Varela la cognizione è al contrario un'attività incarnata nelle sue radici biologiche, è un fenomeno naturale da studiare come tale, è una forma di "vita" in divenire i cui processi di sviluppo hanno ben poco di meccanico e di lineare. Questa inversione paradigmatica e metodologica, che Varela definì "prospettiva dinamica" in contrapposizione a "computazionale", porta allora con sé una nuova immagine del funzionamento della mente come sistema naturale ed evolutivo, un'immagine che accomuna la mente e tutti i fenomeni biologici sotto la definizione di sistemi "auto-poietici", cioè reti fitamente interconnesse in cui ogni elemento del sistema contribuisce alla produzione e alla trasformazione di altri elementi del sistema.

Tali sistemi presentano una caratteristica cruciale: non sono indefinitamente plasmabili da un agente esterno; sono autonomi, selezionano gli stimoli esterni, costruiscono un contesto di pertinenza delle proprie azioni, riorganizzano le proprie strutture interne organizzando e trasformando il mondo esterno. La magia di tali sistemi autorganizzati va dunque cercata al loro interno e il segreto è la produzione di "proprietà emergenti", cioè proprietà che appartengono alla totalità integrata del sistema a un certo livello e che non sono deducibili dalle proprietà riscontrate nelle componenti di livello inferiore.

In altri termini, la tesi è che la selezione naturale da sola non sia sufficiente a giustificare l'enorme complessità della vita poiché essa si sviluppa spontaneamente grazie a principi di interconnessione, di autorganizzazione e di emergenza, intesi da alcuni scienziati come vere e proprie "leggi generali della complessità" (Kauffman, 1995).

### *Il principio dello stormo: teorie dell'identità emergente*

Alcuni anni fa Francisco Varela scriveva:

Credo di essermi posto una sola domanda nella vita. Perché gli individui virtuali, i Sé emergenti spuntano dappertutto, creando i loro mondi a tutti i livelli, della mente e del corpo, delle cellule e del transorganico? La produzione di queste identità virtuali è incessante e da essa nascono sempre nuovi regni organici, mentali, sociali. Eppure tale risultato, estremamente solido e duraturo, sembra in contrasto con la natura effimera e volubile dei processi da cui emergono gli individui. Per me questa è la domanda fondamentale da porsi [Varela, in Brockman, 1995, tr. it. p. 188].

Uno stormo di oche si alza in cielo e, come seguendo a memoria una partitura silenziosa, naviga nel vento con rotta sicura. Centinaia di oche, ciascuna delle quali nel pieno delle proprie funzioni, si uniscono come in una sola oca, come in un solo organismo. Lo stormo muove verso una meta, si adatta, prende decisioni, si trasforma, avverte un pericolo imminente, si riposa, cerca un riparo, segue le tracce invisibili del proprio cammino. Lo stormo è un'intelligenza all'unisono, una società di animali in risonanza, un'identità collettiva.

Da più di cinque secoli gli occhi stupiti e curiosi degli astronomi osservano le evoluzioni della grande macchia rossa sulla superficie del pianeta Giove. Nell'emisfero australe di questo gigante gassoso, da secoli una collezione di milioni di tempeste si è organizzata a formare un'unica, immensa tempesta di forma ovale. Un oceano di perturbazioni casuali, di violente burrasche gassose fa emergere incredibilmente una configurazione ordinata, un mulinello cosmico così stabile da durare per secoli. Di volta in volta molte tempeste locali si placano e molte altre si scatenano, ma l'ordine emergente perdura. La forma complessiva di questa società di uragani planetaria è simile a quella di un solo grande uragano, come se in ciascun componente del collettivo si racchiudesse il segreto formale del tutto.

Quali proprietà hanno in comune lo stormo di oche e la grande macchia di Giove, sistemi così stabili eppure così volubili nei loro intrecci? Qual è il segreto dell'identità emergente?

La costruzione di semplici modelli di reti casuali (siano esse reti genetiche, reti neurali, reti di reazioni chimiche o reti ecologiche) ha permesso al biologo teorico Stuart Kauffman di mostrare come tre soli parametri, cioè il numero di nodi della rete, il grado di interconnessione media fra i nodi e le regole di connessione *step by step*, definissero una gamma molto ampia di reti possibili. All'interno di questa gamma, modulando i tre parametri nelle simulazioni a computer, gli scienziati possono creare reti altamente stabili (che in brevissimo tempo si fermano in una configurazione ordinata), reti totalmente caotiche (che oscillano a caso fra infinite configurazioni diverse,

senza ripetere mai la stessa configurazione) e reti, particolarmente interessanti, nelle quali emergono spontaneamente alcune “isole” di ordine ricorrente.

L’idea centrale è che, in qualsiasi tipo di rete, quando un gruppo di elementi (molecole, geni, organismi e così via) raggiunge una soglia critica di diversità e di interconnessione, si formi spontaneamente una “rete autocatalitica” o autopoietica, cioè una matassa di elementi connessi circolarmente attraverso cicli di retroazione positivi e negativi, una rete nella quale tutti gli elementi concorrono alla formazione di altri elementi della rete producendo configurazioni ordinate in evoluzione: la rete prende “vita”, metabolizza elementi esterni, si regola e si sostiene da sola, si moltiplica per autoduplicazione e prima o poi produrrà una nuova “proprietà emergente”.

Dato un livello di complessità minimo nel “brodo primordiale”, la vita sarebbe allora emersa spontaneamente senza alcun bisogno né dell’azione della selezione naturale (che subentra soltanto dopo) né di un preesistente meccanismo genetico di trasmissione dell’informazione biologica. Avremmo cioè una spiegazione plausibile dell’origine della vita che si sottrae alle contraddizioni del neodarwinismo senza tuttavia consegnarsi ad alcuna spiegazione vitalistica, mistica o religiosa: il sorgere della vita è una conseguenza prevedibile delle leggi di emergenza spontanea dell’ordine (*order for free*) all’interno di reti complesse di interagenti chimici. Queste stessi leggi governerebbero l’evoluzione di tutti i sistemi complessi, cioè di tutti i sistemi in grado di auto-produrre ordine.

La vita, dunque, non è un miracolo rarissimo di combinazioni chimiche: è l’esito prevedibile e “necessario” delle dinamiche di autorganizzazione valide per tutti i sistemi complessi. Date alcune condizioni minimali di diversità e di interconnessione fra gli elementi primari, al superamento di una soglia di complessità minima la vita “si autoproduce” senza bisogno né di un substrato preesistente di trasmissione genetica né di un principio preesistente di selezione naturale. La rete metabolica non si costruisce per aggregazione graduale di nuovi componenti: si cristallizza rapidamente come una totalità integrata, come un “gruppo autocatalitico”. Date queste condizioni e data la potenza dell’autorganizzazione spontanea, l’emergenza della vita non è affatto improbabile, è una certezza, è una transizione di fase inevitabile.

Ogni rete presenta un repertorio di “stati stabili”, cioè di comportamenti stabili su cui essa ritorna periodicamente. Questi stati stabili, o attrattori, tendono ad attirare le traiettorie del sistema, come fossero bacini di attra-



zione di tutti gli stati possibili della rete. Essi garantiscono la stabilità della rete, perché resistono alle perturbazioni e tendono a mantenere l'omeostasi complessiva. Un tipico processo di emergenza dell'ordine spontaneo in una rete autocatalitica è l'ontogenesi, cioè lo sviluppo dell'individuo completo a partire dall'ovulo fecondato grazie alle dinamiche di autoregolazione e di canalizzazione della rete genetica: l'ipotesi di Kauffman è che da un modello di rete genomica altamente complessa derivino circa 317 configurazioni ordinate possibili, un valore effettivamente molto vicino al numero reale dei tipi cellulari presenti in natura.

Le straordinarie proprietà evolutive delle reti "viventi" sono ricondotte alla capacità di calibrare flessibilità e stabilità: esse non devono essere né troppo ordinate (cioè con un solo attrattore che le porti rapidamente all'equilibrio e quindi alla morte) né troppo caotiche (cioè con infiniti attrattori instabili attraverso i quali il sistema vaga senza sosta, sensibile alle più piccole perturbazioni). Le reti più efficienti tendono ad avvicinarsi a una condizione definita "ai margini del caos": hanno cioè parametri che le avvicinano moltissimo alla soglia del caos senza tuttavia superarla mai. La vita emerge e si evolve ai margini del caos, in quella zona fluida di transizione dall'ordine al caos in cui il sistema si mantiene sufficientemente stabile pur all'interno di forti dinamiche perturbative che lo trasformano imprevedibilmente.

La selezione naturale avrebbe dunque il compito limitato di favorire i sistemi ai margini del caos: sarebbe cioè una forza secondaria di "mantenimento" della capacità evolutiva media, e non più una forza primaria di modellamento. L'evoluzione tenderebbe a mantenere i sistemi viventi nella condizione di fluidità necessaria affinché siano sufficientemente creativi: né troppo sub-critici (cioè tendenti alla stabilità), né troppo sovra-critici (cioè tendenti all'esplosione di forme). Una legge generale della complessità è dunque quella che prevede che tutti i sistemi complessi adattativi evolvano spontaneamente verso la condizione ai margini del caos. Gli ecosistemi, per esempio, si mantengono al confine fra un regime subcritico (tipico delle singole cellule) e un regime sovra-critico "controllato" (tipico della biosfera nel suo insieme).

In tal senso esisterebbe una condizione "al limite" molto favorevole alla vita, definita da Per Bak, Chao Tang e Kurt Wiesenfeld "criticità auto-organizzata" (Bak, 1996), valida per tutti i sistemi complessi: come una pila di sabbia alimentata da granelli che cadono sul tavolo, le perturbazioni esterne e le dinamiche di autorganizzazione interne producono nei sistemi

complessi una varietà di cambiamenti che possono andare dalla valanga catastrofica (la pila crolla e si riforma di nuovo), alla piccola valanga (piccoli smottamenti sui pendii della pila), al nulla di fatto. La varietà delle forme di vita nella biosfera si autoalimenta, in effetti, obbedendo a una legge di distribuzione di questo tipo. Il dato interessante è che la legge di distribuzione di tali cambiamenti (poche valanghe catastrofiche e molte valanghe piccole) è esattamente la stessa per sistemi anche diversissimi fra loro, come se fosse una cadenza naturale, un respiro della vita. Essa è identica, per esempio, alla distribuzione degli eventi di estinzione realmente avvenuti nella storia naturale. Con una postilla da non tralasciare: non è mai possibile prevedere che tipo di valanga si produca a partire da un determinato granello... I sistemi complessi mostrano regole comuni, ma rimangono sostanzialmente imprevedibili.

La teoria dell'emergenza dell'ordine spontaneo limita dunque fortemente il potere della selezione naturale nel plasmare e nel dare "istruzioni" alle forme viventi. *La sorgente dell'ordine è prevalentemente interna*, è una morfogenesi spontanea a partire dalle interconnessioni reticolari del sistema:

Qual è la trama? Ancora nessuno lo sa. Ma l'arazzo della vita è molto più ricco di quanto immaginavamo. Comprende i fili d'oro del caso ed è minato dai capricci casuali degli eventi quantici che agiscono sui pezzetti di nucleotidi e che vengono modellati dal setaccio della selezione. Questo arazzo, tuttavia, ha un disegno complessivo, un'architettura, una cadenza e un ritmo che sono il riflesso delle sue leggi fondamentali: i principi di autorganizzazione [ibid., p. 252].

Questa emergenza non è un assemblaggio graduale operato dalla selezione, non è un accumulo di cambiamenti, ma una transizione di fase discontinua, una biforcazione verso una nuova forma di organizzazione. Per le scienze cognitive questo approccio emergentista ha implicazioni molto interessanti, alcune delle quali esplorate recentemente proprio da Francisco Varela.

### *Una tempesta nella testa: la scoperta della sintonizzazione delle aree corticali*

Nel 1999 l'équipe del CNRS coordinata da Francisco Varela e da Eugenio Rodriguez presso il Laboratorio di Neuroscienze cognitive e visualizzazione cerebrale dell'Hopital de la Salpêtrière di Parigi ottenne un risultato

sperimentale di grande rilievo pubblicato sulla rivista *Nature* (Rodriguez *et al.*, 1999). Per la prima volta fu realizzata una mappatura elettrica della percezione cosciente, dalla quale si poteva evincere che la produzione di uno stato mentale da parte del cervello avviene in concomitanza con l'attivazione sincronizzata di diverse aree corticali (in particolare dei lobi temporo-parietale e occipitale).

L'ipotesi di Varela e Rodriguez si basava sull'idea che l'intreccio fra coscienza e attenzione fosse più stretto di quanto ritenuto fino ad allora e che la coscienza consistesse nell'emergere, di volta in volta, di un coordinamento di aree cerebrali impegnate in un compito di attenzione selettiva. La coscienza sarebbe dunque una proprietà emergente dell'attenzione, un comportamento cooperativo fra aree cerebrali sincronizzate attraverso oscillazioni gamma (cioè onde ad alta frequenza, circa 30-80 cicli per secondo), la cui dinamica obbedirebbe ai modelli predittivi della teoria del caos. La coscienza non sarebbe dunque il risultato di una strategia pianificata soltanto a livello della corteccia frontale, ma l'emergenza di una configurazione ordinata a partire da dinamiche caotiche grazie all'innescò offerto ogni volta da un compito di attenzione.

In un interessante saggio del 1999 sulla "neurofenomenologia della coscienza del tempo", Varela sottolinea l'importanza che le teorie dei caos, o più precisamente le teorie dei sistemi a dinamica non-lineare, possono avere per le neuroscienze:

Quando consideriamo un vasto insieme di componenti complessi che interagiscono fra loro, come il cervello, ci troviamo immediatamente di fronte alla formazione di strutture che si auto-producono, cioè di fronte all'autorganizzazione. Si tratta di stati distinti e salienti di movimento nello spazio delle fasi, che emergono dalla cooperazione reciproca o collettiva fra componenti, in modo quasi del tutto indipendente dagli input esterni. Queste strutture possono essere modellizzate con gli stessi strumenti degli altri sistemi dinamici ... Questi vasti insiemi collettivi sono di solito abbastanza instabili. Questa instabilità conduce a più o meno frequenti spostamenti da una struttura ad un'altra, e queste transizioni di fase, o biforcazioni, sono un argomento di grande interesse oggi [Varela, in Petitot *et al.*, 1999, p. 35].

Confermando un'intuizione già affermata nello studio delle dinamiche caotiche del battito cardiaco (Winfree, 1987), l'équipe del CNRS fece anche notare che, in base ai modelli da loro applicati alle dinamiche di sincronizzazione corticale, si poteva immaginare la possibilità, in futuro, di prevenire nei pazienti affetti da epilessia lo scatenarsi ricorrente delle crisi. L'insorgere della crisi è infatti annunciato dalla comparsa di ritmi molto

rigidi: il sistema, nell'imminenza della biforcazione critica, entra in un regime ordinato facilmente individuabile nei modelli matematici.

Nel risolvere un problema matematico o nell'interpretare una figura ambigua, il cervello lavora, secondo Varela, a partire dalla sincronizzazione di una rete di siti corticali attivi. Tale sincronizzazione armonica è velocissima e avviene costantemente (come già aveva ipotizzato Antonio Damasio in un lavoro del 1990). Si nota qui, a nostro avviso, un avanzamento ulteriore rispetto alle metafore classiche del connessionismo: si ha infatti una doppia integrazione reticolare. La rete cerebrale non è soltanto un intreccio di circuiti attraversati da messaggi binari (eccitazione-inibizione), è anche una rete autopoietica globale solcata da onde di sincronizzazione fra aree integrate, a loro volta costituite da reti di circuiti:

Questo è vero per tutte le attività cognitive: percezione, motivazione, pianificazione o semantica. È come se la nostra vita mentale corrispondesse a una serie di onde che emergono e si dissolvono regolarmente [Varela, 1999].

La coscienza, nell'intreccio di queste "ombre" di percezione, si manifesterebbe dunque in repentine tempeste di onde gamma sincronizzate. Come una sinfonia musicale ben orchestrata, esse producono una configurazione ordinata emergente, definita dai ricercatori "neural synchrony" o "integrazione neurale di lungo raggio" (Lachaux *et al.*, 1999, p. 194). Come pure sostengono in alcuni recenti lavori Edelman e Tononi (2000), le neuroscienze si stanno avvicinando sempre più alla comprensione dei sottili meccanismi di integrazione connettiva su larga scala emergenti dalla rete dei gruppi neuronali.

Come sottolineano a proposito delle dinamiche neurali Solé e Goodwin nel loro ultimo libro *Signs of life* (2000, pp. 119-146), una pregevole e aggiornata sintesi delle teorie dei sistemi autorganizzati, se noi studiamo i sistemi secondo il punto di vista della loro autonomia, scopriamo sistematicamente principi di autorganizzazione e proprietà emergenti, cioè stati globali del sistema che derivano dall'interdipendenza intrinseca di tutti i componenti del sistema stesso e che possono essere utilmente descritti attraverso la matematica dei sistemi non lineari. La visione "dinamica" proposta da Varela è oggi coltivata in molti laboratori di scienze cognitive.

Alcune transizioni di fase ricorrenti nel cervello, studiato come una rete autorganizzata "ai margini del caos", sono state per esempio individuate e registrate in soggetti impegnati in compiti di percezione visiva dall'équipe

di Scott Kelso, neurobiologo della Florida Atlantic University (Kelso, 1996).

L'identità emergente dei sistemi viventi è dunque un bricolage di identità. Essa non ha un luogo privilegiato di residenza perché è distribuita lungo tutte le diramazioni della rete. In tal senso Varela introduce l'espressione "Sé virtuale":

Gli organismi vanno intesi come reti di Sé virtuali. Io non possiedo un'identità forte, bensì un mosaico, un bricolage di identità diverse: una di tipo cellulare, un'altra immunitaria, un'altra ancora cognitiva, e così via, che si manifestano in diverse interazioni. A me interessa approfondire la transizione dalle interazioni locali alla proprietà globale emergente, per capire come tutti questi Sé si uniscono e tornano a separarsi nella danza dell'evoluzione [Varela, in Brockman, 1995, tr. it. p. 189].

Se questo è vero, la mente non può essere disgiunta dal suo supporto biologico e dal contesto fisico e corporeo nel quale è immersa. La cognizione nasce in un crogiolo di condizioni "ecologiche" che essa condiziona e da cui è a sua volta condizionata: la cognizione è situata, è incarnata, è abbracciata a un contesto in trasformazione, è una danza di auto-eco-organizzazione.

In questo senso, una prospettiva internalista impegnata nel riconoscimento delle leggi di autorganizzazione dei sistemi viventi e cognitivi offre sì gli strumenti fondamentali per la messa in crisi del paradigma istruzionista e neodarwiniano, ma da sola non può bastare per una comprensione della complessità dei processi di sviluppo.

Lo studio dei meccanismi di formazione delle strutture interne dei sistemi non lineari deve accompagnarsi allo studio delle dinamiche di coevoluzione fra soggetti e contesti, fra sistemi e sovrasistemi, fra il soggetto come organizzazione e le organizzazioni che (come soggetti a loro volta) lo circondano:

La conseguenza più importante della mente intesa come proprietà emergente è che il Sé esiste solo nella sua relazione con il mondo. L'Io è tale perché interagisce, e al di fuori di questa relazione non sussiste, in quanto non ha un luogo in cui lo si possa trovare [Ivi, p. 194].

La sorgente interna dell'ordine e della complessità implica, come aspetto complementare e simultaneo, una relazione vincolante con un mondo, con un contesto in evoluzione: al di fuori di tale relazione non esiste identità. *La sorgente interna dell'ordine implica una sorgente esterna dell'ordine*

*medesimo*. Si apre così un versante di ricerca ricco in questi anni di contributi scientifici interessanti che, a nostro avviso, sembrano confutare l'idea che lo studio delle dinamiche coevolutive sia semplicemente un'estensione su scala più ampia delle medesime regole di autorganizzazione e di ordine spontaneo riscontrate in una prospettiva internalista. La coevoluzione introduce un grado di complessità ulteriormente irriducibile.

*Paesaggi accoppiati: coevoluzione e adattamento nei processi di sviluppo*

Torniamo per un momento alla teoria di Stuart Kauffman. Essa, in prima battuta, non sottovaluta l'importanza della dimensione coevolutiva, anzi si completa con la costruzione di "paesaggi adattativi" che (nella versione di Kauffman) dovrebbero fornire un buon modello per le dinamiche di coevoluzione. Un *fitness landscape* si ottiene attraverso le proiezioni in uno spazio tridimensionale dei valori di adattamento assegnati casualmente a tutte le combinazioni di una rete (se una rete è fatta da tre geni, ciascuno dei quali connesso ad altri due, avremo otto combinazioni genetiche, ciascuna con un grado di fitness assegnato). Ne risulta un "paesaggio" con picchi adattativi, valli intermedie e bacini di bassa fitness. Rispetto alla metafora degli attrattori c'è un ribaltamento prospettico: un bacino di attrazione qui diventa una montagna da scalare.

Con questa semplice proiezione si possono visualizzare efficacemente le proprietà delle reti: modulando i tre parametri, avremo paesaggi monotoni con un solo picco, paesaggi via via più aspri, paesaggi montagnosi o addirittura "dolomitici". In pratica i paesaggi adattativi sono ragnatele di vincoli conflittuali, all'interno delle quali gli organismi si muovono per un raggiungere un adattamento sufficiente (mai ottimale). Più aumenta il grado di connessione fra gli elementi del sistema (per esempio, fra i geni), più i vincoli conflittuali aumentano e rendono il paesaggio mosso e accidentato, con molte vette intermedie. Quando interviene nel sistema una perturbazione (per esempio, una mutazione o una ricombinazione), l'organismo si sposta all'interno del paesaggio incontrando un picco più alto o più basso e proseguendo la sua ricerca adattativa. L'evoluzione si muove verso il margine del caos e tende quindi a favorire paesaggi aspri e accidentati, né troppo monotoni né totalmente caotici.

Aggiungendo un ulteriore parametro di connessione nei modelli, due paesaggi adattativi possono essere “accoppiati”, simulando per esempio le dinamiche di coevoluzione e di interrelazione fra specie che caratterizzano gli ecosistemi. I vincoli conflittuali aumentano considerevolmente, ma anche in questo caso nelle simulazioni si assiste a una sorta di “sintonizzazione” spontanea dei paesaggi in coevoluzione verso una condizione “ai margini del caos”: essi rimangono accidentati, ma non troppo.

L’idea è che gli organismi (ma anche le tecnologie, i manufatti, le culture ecc.) si evolvano in paesaggi accidentati a seguito dei vincoli conflittuali che li caratterizzano, spostandosi da un picco all’altro quando vi è una perturbazione. La fecondità del modello si deduce anche in questo caso dalla sua capacità di “predire” alcune regolarità evolutive che in effetti si ritrovano nella realtà empirica, come per esempio le tipiche curve di apprendimento discendenti che ritroviamo in molte strategie adattative: più la ricerca di picchi alti progredisce, più la distanza media del miglior picco adattativo più vicino aumenta e i miglioramenti diminuiscono.

Particolarmente efficace è il concetto probabilistico secondo cui, all’insorgere di una novità evolutiva (un nuovo organismo, una nuova tecnologia ecc.), l’evoluzione segua un primo stadio di diversificazione esplosiva delle forme viventi (come se esse esplorassero in un primo tempo tutte le possibilità andando a occupare i molti picchi adattativi disponibili), seguito da uno stadio di rallentamento brusco (i picchi disponibili si esauriscono) e da uno stadio di decimazione (perché le successive mutazioni saranno quasi sempre negative). Una ricostruzione, questa, che assomiglia moltissimo all’andamento “a cespuglio” (molto ramificato in basso e sfrondata in alto) tipico di numerosi processi evolutivi, in biologia come in economia.

Vediamo dunque profilarsi alcune “regolarità” profonde nell’evoluzione dei sistemi complessi. Tuttavia, la definizione puramente probabilistica e convenzionale del grado di fitness di un organismo che si sposta nel suo paesaggio accidentato rischia di essere un punto debole del modello. L’adattamento è in effetti ben simulato come un processo locale, provvisorio e derivante da pressioni selettive multiple e anche discordanti. » una traiettoria zigzagante fra vincoli conflittuali, interni ed esterni. Ma quale rapporto esiste fra l’organismo e il suo picco adattativo? I picchi adattativi attraggono in qualche modo le traiettorie? Noi possiamo riconoscere una certa tendenza verso un grado di “asprezza” del paesaggio, ma come può un modello puramente matematico-probabilistico descrivere le fonti reali

dell'adattamento? Si può davvero "misurare" e comparare un grado di adattamento?

L'idea è che in effetti queste leggi di autorganizzazione e di evoluzione valgano per tutte le organizzazioni, indipendentemente dai componenti. Anche le organizzazioni di agenti intenzionali evolvono in paesaggi adattativi accidentati, perché anch'esse si muovono in uno spazio definito dal gioco dei vincoli conflittuali al loro interno. L'economia è un ecosistema in evoluzione che presenta le stesse leggi di criticità autorganizzata e di sintonizzazione verso il margine del caos tipiche dei sistemi biologici. La stessa democrazia sarebbe, secondo Kauffman, un'emergenza evolutiva naturale, data dal suo alto valore adattativo: è un picco di fitness altissimo poiché garantisce eccellenti compromessi fra interessi e vincoli conflittuali. Tuttavia, la questione nodale dell'adattamento rimane irrisolta e risalta forse con maggior chiarezza in alcuni modelli più applicativi.

Un'interpretazione della teoria dei sistemi complessi adattativi centrata su questa idea di "paesaggi adattativi accoppiati" ha per esempio interessato, recentemente, la psicoanalisi. Stanley R. Palombo, psicoanalista della Washington School of Psychiatry e associato al Santa Fe Institute, ha pubblicato nel 1999 una proposta di ridefinizione della pratica psicoanalitica attraverso i concetti dei sistemi autorganizzati (*The emergent Ego: complexity and coevolution in the psychoanalytic process*). Scrive Stuart Kaufman nell'introduzione al volume:

Palombo basa la sua estensione sui concetti emergenti dei sistemi complessi adattativi. Una comunità microbica di due miliardi di anni fa era un sistema complesso adattativo in coevoluzione che cercava di prosperare nel suo mondo. Analista e paziente formano anch'essi un sistema complesso adattativo in evoluzione. L'interpretazione dell'analista, infatti, urta contro il sistema di credenze autorinforzanti del paziente. Palombo chiama questi vortici autorinforzanti "attrattori". Nel fare ciò egli ha preso in prestito in modo appropriato i concetti derivanti dai sistemi dinamici non lineari [Palombo, 1999, p. xii].

Anche se non sempre l'appropriatezza di questa "presa in prestito" di concetti su scale così diverse risulta convincente (e assomiglia talvolta a una semplice analogia per assonanza, non ben approfondita), tuttavia la prospettiva di fondo suggerita da Palombo, cioè descrivere il processo di analisi come un paesaggio coevolutivo punteggiato di bacini di attrazione, potrebbe essere feconda: "c'è qualcosa di nuovo sotto il sole della psicoanalisi" (*Ivi*, p. xv). L'ibridazione fra la semantica psicoanalitica freudiana e la sintassi della teoria dei sistemi autorganizzati appare invitante:



Palombo formula il concetto di “attrattore infantile inconscio”, un solido sistema di credenze e di sentimenti che si chiude su se stesso ed è relativamente impermeabile alle perturbazioni. L’attrattore è sostenuto da stimoli che possono essere fraintesi dal paziente e che agiscono come un nutrimento per l’attrattore. L’analisi procede come un processo coevolutivo tra analista e paziente nel quale le interpretazioni dell’analista inducono a cambiamenti nelle credenze e nei sentimenti profondi che turbinano continuamente attraverso l’attrattore infantile [Ivi, p. xiii].

La speranza è che questi cambiamenti possano diminuire l’influsso negativo e paralizzante dell’attrattore infantile dominante e condurre all’emergenza di una molteplicità di nuovi attrattori. La risposta adattativa del paziente potrà in questo modo indirizzarsi su una molteplicità di attrattori, liberandosi dall’ingombro di un attrattore unico. La soluzione starebbe allora nella creazione di uno spazio più ampio di possibilità di azione e di “traiettorie”, per una sorta di fluidificazione del sistema che lo tenga lontano sia dal caos schizoide sia dal perfetto equilibrio paranoico.

La dinamica terapeutica che ne risulta sarà connotata da un ritmo sostanzialmente discontinuo: l’emergenza di nuovi attrattori avverrà in concomitanza di “transizioni di fase” piuttosto repentine, precedute da lunghe fasi di latenza in cui si accumulano cambiamenti a un livello di complessità inferiore. Si produrranno così, a partire da un evento terapeutico, diverse traiettorie di cambiamento, spesso imprevedibili e asincrone, come in un’evoluzione per ramificazioni. In una transizione di fase si assiste a un cambiamento di organizzazione al termine del quale emergono nuove proprietà del sistema. La resistenza omeostatica del sistema si spezza e si aprono nuove traiettorie di sviluppo.

È particolarmente interessante, nei resoconti dei casi clinici proposti da Palombo, la consapevolezza di vedere al lavoro, nell’interpretazione della dinamica psicoterapeutica come autentico processo evolutivistico, due epistemologie evolutive implicite: un’epistemologia della gradualità, centrata sull’idea che l’evoluzione della psiche sia un processo lineare e istruttivo (con metafore di azione-reazione; controllo; problema-soluzione; modellamento progressivo; manipolazione intenzionale); e un’epistemologia della pluralità di ritmi, di scale e di unità che coinvolgono tutti i processi di autorganizzazione (con metafore di interazione costruttiva; emergenza discontinua; imprevedibilità e non linearità; irreversibilità).

Il trattamento psicoanalitico privilegerà allora il carattere adattativo, e non tanto difensivo, dei meccanismi di condensazione nei sogni o di libera

associazione. La narrazione di sé sarà intesa come un processo ricostruttivo, integrativo, come una messa in gioco che diversifica le strategie possibili e apre zone inesplorate di consapevolezza, e non come la ratifica di un percorso lineare e prevedibile. Non si cercheranno compensazioni o spiegazioni definitive, ma nuove relazioni possibili. Il paziente modifica la sua immagine dell'analista e l'analista quella del paziente, e questi eventi costituiscono già di per sé delle soglie di irreversibilità. Le associazioni del paziente, i contenuti dei suoi sogni, i suoi stati emotivi retroagiscono, si riorganizzano e producono strutture sempre più ampie.

Ogni interpretazione che interviene nel processo terapeutico, nota Palombo, è di per sé "mutativa", è già potenzialmente l'inizio di una nuova deriva. La delicatissima dinamica delle relazioni transferali e controtransferali, il cui grado di complessità non può mai essere sottovalutato, è qui intesa come una dinamica coevolutiva stretta, come un accoppiamento strutturale fra "paesaggi accidentati" che trasforma analista e paziente irreversibilmente:

Coevoluzione è il processo attraverso il quale sistemi in interazione reciproca si autororganizzano al fine di adattarsi l'un l'altro. La psicoanalisi è un ecosistema coevolutivo nel quale la conoscenza di sé del paziente viene riorganizzata attraverso il suo adattamento alla crescente conoscenza che l'analista ha di lui [*Ibidem*].

Ecco riemergere le ambiguità della nozione di adattamento. Questo adattamento reciproco è infatti un compito interminato, provvisorio, locale, contingente. Si potrebbe pensare che, forse, l'analista medesimo trasformi la propria conoscenza di sé, irreversibilmente, nel corso del trattamento e che, in fin dei conti, non sia necessario postulare che la conoscenza reciproca sia in qualche modo "cresciuta" o progredita (rispetto a cosa?): come scolpito dalla sequenza delle reciproche perturbazioni, fra paziente e analista è semmai emerso un nuovo "ecosistema" nella sua interezza.

Cosa fanno realmente il paziente e l'analista in un'analisi? Nella visione tradizionale, il paziente cerca di dire qualsiasi cosa gli viene in mente e l'analista cerca di interpretare cosa dice il paziente al fine di apportare un cambiamento terapeutico. Noi possiamo vedere ora che questa descrizione è incompleta. Il paziente e l'analista stanno facendo qualcosa *insieme*. Stanno *collaborando* a un obiettivo che modificherà l'uno e l'altro, portando a una convergenza di risultati benefici per entrambi. Paziente e analista stanno *coevolvendo* [*Ivi*, p. 343].

Ma quanta cautela dobbiamo adoperare per passare da campi di applicazione così diversi? Le leggi di autorganizzazione di una collettività di componenti chimico-fisici possono essere le stesse di una diade terapeutica o di una collettività di agenti intenzionali e coscienti? Autori come il fisico teorico Micho Kaku non hanno dubbi al riguardo e propongono teorie unificate in cui eventi di autorganizzazione per transizione di fase valgono trasversalmente per la fisica delle particelle elementari, per la crescita intellettuale del bambino e per la rivoluzione francese (Kaku, 1994; 1997).

Possiamo estendere a tappeto le medesime regolarità o dobbiamo limitarci a stabilire soltanto alcune superficiali analogie, suggestive quanto vogliamo ma scarsamente significative? Mentre programmi “forti” come la sociobiologia hanno intrapreso da subito la prima strada (come un rullo compressore riduzionista che conquista nuovi territori), l’epistemologia della complessità si è spesso pudicamente limitata alla seconda, esponendosi a critiche scientiste di ogni sorta. Le stesse critiche la colpiscono, peraltro, quando tenta sintesi troppo ardite...

Scienziati come Niles Eldredge in questi anni stanno esplorando una via intermedia, che potremmo battezzare la via dei “ponti sottili”. L’idea è quella di sperimentare l’efficacia di una regolarità, riscontrata localmente in una certa area disciplinare, in un contesto anche molto diverso da quello di partenza, ma pur sempre localmente definito: è una sorta di esplorazione transdisciplinare a campione, un’esplorazione di connessioni inedite da locale a locale (Eldredge, 1999; 2001). Esistono cioè schemi ripetuti nell’evoluzione dei sistemi autorganizzati, come l’andamento a cespuglio, la legge di distribuzione delle valanghe e la convergenza verso il limite del caos, che possiamo tentare di riscontrare empiricamente in modelli appartenenti ad aree disciplinari diverse e che lo stesso Stuart Kauffman, nel suo ultimo libro *Investigations* (2000), definisce le “le leggi candidate a spiegare i processi di co-costruzione”.

Si deve procedere, suggerisce Eldredge, verso una “meta-teoria” che mostri finalmente come l’evoluzione biologica su media e piccola scala sia mossa dalle stesse forze, dagli stessi pattern che hanno plasmato la geologia e l’ecologia del nostro pianeta su larga scala. Ben lungi dall’essere determinata soltanto dai “geni egoisti” di Richard Dawkins, l’evoluzione naturale è guidata da pattern ricorrenti (come, fra gli altri, le speciazioni, gli equilibri punteggiati, la cernita delle specie, le radiazioni adattative, le successioni ecologiche, le estinzioni di massa) che sono il frutto dell’interazione

fra molteplici livelli di cambiamento, dal microlivello genetico fino al macrolivello geologico.

Un contributo importante in tal senso potrebbe giungere, a nostro avviso, da una *teoria radicale dell'emergenza nei processi di sviluppo*: una teoria che, alla luce di quanto detto finora, dovrebbe prefiggersi di andare alla radice della dimensione coevolutiva dei processi biologici e cognitivi, facendosi pienamente carico dell'*ambiguità del concetto di adattamento*. Per far questo occorre a nostro avviso integrare due filoni di ricerca complementari: lo studio delle origini ontogenetiche delle dinamiche coevolutive e lo studio delle origini filogenetiche delle dinamiche coevolutive. Solo in tal modo cogliamo la profonda criticità della nozione di *adattamento*, finora soltanto sfiorata dalla nostra disamina delle teorie dell'emergenza.

### *Le origini ontogenetiche dell'incarnazione: siamo "cascate di contingenza"*

L'idea di studiare l'intelligenza non a partire da un modello astratto e aprioristico di intelligenza, ma dall'osservazione di come si auto-produce "intelligenza" a partire dal basso, è ciò che anima le ricerche più promettenti di questi anni. Questa idea alternativa di un'intelligenza "reticolare", che emerge dal basso e che poi retroagisce sui livelli inferiori, ha già avuto applicazioni di estrema rilevanza, come nel caso del progetto di costruzione di micro-robot mobili autorganizzati (mobot) ideato e realizzato da Rodney Brooks presso il Laboratorio di Intelligenza artificiale del MIT di Boston. Minuscoli robot interagiscono fra loro come in una società di insetti artificiale, facendo emergere da poche regole di aggregazione e di interazione comportamenti complessi e adattativi. Il controllo autorganizzato dei mobot è sia interno (perché ciascun comportamento, per esempio il camminare, emerge dall'interazione di una serie di piccoli motori indipendenti, collocati in varie parti del "corpo" del piccolo robot-insetto) sia esterno (perché ciascun mobot interagisce con gli altri seguendo semplici schemi di connessione e creando comportamenti collettivi coerenti e finalizzati).

Anche nel caso di questa "robotica incarnata" si tratta di un'inversione metodologica: anziché rendere i sistemi biologici sempre più artificiali (imponendo a essi analogie inadeguate come quella cervello-computer), si rendono i sistemi artificiali sempre più biologici per comprenderne le regole di funzionamento. Il risultato è che avvertiamo ben presto la duplice natura di

apertura e chiusura dell'intelligenza, la duplice origine interna-esterna dei processi di sviluppo: se è vero che dall'interdipendenza dei componenti interni del sistema emerge un comportamento coerente, è dallo stretto accoppiamento strutturale fra il sistema e il suo contesto che tale dinamica si evolve. Affinché un robot sia davvero autonomo, suggerisce Brooks, è necessario che esso sia "incarnato" in un contesto materiale, sensibile, corporeo. » necessario che si inneschi l'anello di co-determinazioni sensorie che produce l'intelligenza.

In questo modo noi non cerchiamo di imitare *tout court* l'intelligenza su un substrato al silicio, a partire da un suo modello astratto (la mente-computer, a sua volta frutto delle metafore profonde che quel substrato al silicio ha indotto), ma cerchiamo di *fare evolvere* qualcosa che un giorno potremo forse chiamare "intelligenza", sapendo che sarà comunque molto diversa dal tipo di intelligenza che siamo abituati a conoscere negli esseri umani. Sono le condizioni materiali, contestuali, e quindi principalmente storiche, a determinare la forma, lo stile, la qualità della nostra intelligenza. Come si può dunque simulare artificialmente il prodotto di un'evoluzione naturale? Come nota, alquanto risentito, il Wittgenstein immaginario del delizioso *I cinque di Cambridge* di John Casti (1998), come potrà mai una macchina eguagliare una forma di vita immersa nel linguaggio? Si può forse accelerare, condensare e simulare una storia evolutiva al silicio? Forse sì, ma a patto di ammettere che il risultato non sarà una copia perfetta della nostra intelligenza, sarà un'altra storia: un'intelligenza artificiale sarà un'intelligenza aliena.

Quali e quante sono, allora, le origini dell'ordine e della complessità nei sistemi viventi e nei sistemi cognitivi? Almeno di tre tipi:

- a) un'origine *interna* derivante dai meccanismi di emergenza reticolare e di autorganizzazione dei sistemi complessi;
- b) un'origine *esterna di primo livello* derivante dall'azione della selezione naturale e di altri processi adattativi, di tipo non selettivo, che vedremo più avanti;
- c) un'origine *esterna di secondo livello* derivante dalle dinamiche di accoppiamento strutturale e di coevoluzione fra sistemi appartenenti a livelli di complessità diversa (come, per esempio, organismi immersi in ecosistemi; intelligenze immerse in contesti di apprendimento).

Questa origine plurima dell'ordine nei sistemi viventi e cognitivi mitiga, in un certo senso, alcuni eccessi "internalisti" della corrente morfogenetica e strutturalista della biologia di fine Novecento, peraltro molto ben rappresentata dalle opere di Stuart Kauffman e di Brian Goodwin. Un contributo importante in tale direzione è giunto nell'ultimo periodo dalle riflessioni dell'epistemologa e psicologa Susan Oyama, che ha di recente rivisto e ripubblicato la sua opera sui processi di sviluppo del 1985, *The ontogeny of information* (Oyama, 2000a), unitamente a una preziosa raccolta di saggi di epistemologia evolutiva, dal titolo *Evolution's eye* (Oyama, 2000b).

Il principale obiettivo polemico di Oyama è la persistenza di interpretazioni dualistiche nello studio dei processi di sviluppo: a suo avviso, le distinzioni fra il dominio biologico e il dominio culturale (come fra mente e natura) si fondano su assunzioni discutibili circa i meccanismi che producono il cambiamento nei sistemi in evoluzione. La sua è una visione dell'intreccio e della molteplicità, una visione che identifica l'identità con l'intersezione e la miscela di influenze eterogenee. Anche la distinzione più sottile fra un'origine interna di tipo genetico e un'origine esterna di tipo ambientale rivela, secondo Oyama, un debito residuo verso il dualismo. La sua visione radicale dello sviluppo esclude che si possa addirittura parlare di entità separate che "interagiscono" nei processi di sviluppo, perché l'interazione così intesa presupporrebbe una precedente distinzione e indipendenza delle entità coinvolte.

L'uscita dai dualismi non può dunque consistere nella prevalenza di uno dei due poli: un sistema è sempre accoppiato ad altri sistemi e si identifica con questa irriducibile interdipendenza. Ogni sistema è dunque un "sistema di sviluppo" genetico-ambientale: "una eterogenea e causalmente complessa miscela di entità interagenti e di influssi che producono il ciclo di vita di un organismo" (Oyama, 2000b, p. 1).

Questo approccio integrato allo sviluppo come "emergenza interattiva" (*interactive emergence*) può appoggiarsi oggi su una teoria articolata, che viene definita "teoria dei sistemi di sviluppo" (*developmental systems theory*) e che può essere strutturata attorno ad alcuni principi epistemologici e metodologici:

- a) attribuire la stessa importanza alle diverse sorgenti di trasformazione nei sistemi di sviluppo (interne ed esterne), evitando di assegnare una “priorità causale” alla derivazione genetica delle proprietà biologiche (una mossa, questa, che già diverge radicalmente dal paradigma “genocentrico” sostenuto dalla sociobiologia contemporanea, cioè dal programma di ricerca riduzionista finalizzato all’analisi delle derivazioni genetiche deterministiche delle proprietà biologiche e culturali);
- b) concepire la radicale interdipendenza, sia evolutiva sia di sviluppo, fra organismi e ambienti: il loro legame non è “interattivo” (come fra entità, comunque autonome, che entrano in relazione), ma “costruttivo”, poiché organismi e ambienti si co-determinano e si co-definiscono vicendevolmente; il genetista Richard Lewontin ha di recente proposto, per tale fenomeno di interdipendenza costruttiva ed evolutiva fra le caratteristiche ereditarie e le caratteristiche derivanti dalla coevoluzione fra le popolazioni e le loro nicchie ambientali, il termine “interpenetrazione” (Lewontin, 2000); l’ontogenesi, cioè lo sviluppo dei singoli organismi, nasce da questa mutuale costruzione;
- c) spostare l’attenzione da una visione per “geni e ambiente” a una visione centrata su una molteplicità di entità, di influenze, di processi e di ambienti; “l’occhio dell’evoluzione” allarga la prospettiva e vede sistemi multipli interconnessi da processi eterogenei, non una legge universale di selezione naturale sulla materia prima genetica; per un interazionista le due tipologie di causalità (interna ed esterna) sono alternative, per un costruttivista sono complementari;
- d) spostare l’attenzione da sistemi riducibili a un livello fondamentale a sistemi a scala multipla, sistemi multilivello accoppiati; l’emergenza interattiva produce infatti una scala ampia di livelli interconnessi e retroagenti;
- e) spostare l’attenzione dal controllo centralizzato alla regolazione interattiva e distribuita: non ci sono motori primi del processo, ma un contesto di relazioni ecologiche complesse da cui esso emerge;
- f) spostare l’attenzione dalla trasmissione di informazioni alla continua costruzione e trasformazione reciproca; termini chiave come “eredità” (o “apprendimento”) alludono sempre più a sistemi accoppiati in evoluzione, sistemi di interagenti e di risorse che fanno e disfano i soggetti e i contesti lungo l’intero ciclo di vita (Oyama, 2000b, pp. 2-7).

Il rapporto causale fra ontogenesi e informazione si inverte. Non è più l'informazione genetica a programmare e a determinare l'ontogenesi, secondo l'idea riduzionista di una presunta trasmissione passiva di geni da una generazione all'altra. È l'ontogenesi individuale a dare pertinenza a ciò che chiamiamo "informazione". Nell'odierno furore sociobiologico, nota Oyama, persiste una concezione essenzialista e pre-formista dell'informazione, che preesisterebbe rispetto alla sua utilizzazione e alla sua espressione, quasi fosse un principio che dà forma alla materia. L'alternativa sistemica e strutturalista, pur essendo molto efficace nel cogliere le contraddizioni di tale attitudine essenzialista, non è tuttavia sufficiente di per sé. Occorre infatti vigilare su soluzioni che ancora privilegino i fattori endogeni (cioè soltanto processi di autorganizzazione e di emergenza dell'ordine dal caos) rispetto all'intrinseca coevoluzione fra endogeno ed esogeno. L'elemento discriminante è il carattere costruttivo e contingente dei processi di sviluppo, siano essi biologici o cognitivi. Così Richard Lewontin sintetizza l'evoluzione del pensiero di Susan Oyama:

Nella prima edizione di *The ontogeny of information* Oyama caratterizzò la sua interpretazione della relazione causale fra geni e ambiente come interazionista, cioè: ogni combinazione unica di geni e di ambiente genera un unico (e a priori imprevedibile) prodotto dello sviluppo. La visione interazionista usuale sostiene che esistono cause genetiche e ambientali separabili, ma che gli effetti di queste cause che agiscono in combinazione sono uniche per ciascuna combinazione. Ma questa pretesa di uno statuto ontologicamente indipendente delle diverse cause, oltre alla loro interazione negli effetti prodotti, contraddice l'analisi centrale di Oyama sull'ontogenesi dell'informazione. Non esistono "azioni dei geni" al di fuori degli ambienti e non esistono "azioni ambientali" in assenza di geni. Lo statuto reale dell'ambiente come causa che contribuisce alla natura di un organismo dipende dall'esistenza di un organismo in sviluppo [Lewontin, in Oyama, 2000a, p. XIV].

La radicale inseparabilità delle due sorgenti di sviluppo deriva proprio dalla coevoluzione fra cause genetiche e cause ambientali che caratterizza l'ontogenesi. Lo sviluppo è il dato primario e solo nella loro azione simultanea le informazioni (genetiche, ambientali ecc.) acquistano un'esistenza concettualmente separata:

Senza organismi può esistere un mondo fisico, ma non possono esistere 'ambienti'. In modo analogo non possono esistere organismi in astratto, senza ambienti, benché possano esistere molecole nude di DNA disperse nella polvere. Gli organismi sono il nesso di circostanze fisiche esterne e di molecole di DNA che rendono queste circostanze fisiche cause di sviluppo in primo luogo. Le cause diventano tali soltanto nel loro nesso e non possono esistere come cause eccetto che nella loro simultanea azione. Questa è



l'essenza della tesi di Oyama secondo cui l'informazione comincia ad esistere solo nel processo dell'ontogenesi. È questa tesi circa le cause che Oyama chiama, nella nuova edizione, "interazionismo costruttivista", ma che io caratterizzerei come "dialettica" per enfatizzare la sua radicale divergenza rispetto alle nozioni convenzionali di interazione [Ivi, p. xv].

La divergenza epistemologica della teoria dei sistemi di sviluppo (DST) rispetto alla visione classica è a nostro avviso radicale per due motivi: perché essa introduce nella definizione dell'identità processuale di ogni soggetto un elemento di forte contingenza evolutiva; e, derivatamente, perché caratterizza ogni processo di sviluppo attraverso la sua irriducibile unicità.

In un interessante saggio epistemologico dedicato all'opera di Stephen J. Gould, Susan Oyama fa notare che la contingenza caratterizza sia i processi evolvuzionistici in generale (*contingenza filogenetica*) sia i processi di sviluppo di ciascun organismo (*contingenza ontogenetica*):

Io sostengo una nozione di sviluppo nella quale la contingenza è centrale e costitutiva, e non semplicemente un'alterazione secondaria di forme più fondamentali e in qualche modo "pre-programmate" [Oyama, 2000b, p. 116].

La contingenza dei processi di sviluppo va intesa, secondo Oyama, in due accezioni: in un'*accezione epistemologica* essa è sinonimo dell'imprevedibilità della traiettoria di sviluppo; in un'*accezione ontologica* essa rappresenta una particolare tipologia di dipendenza causale, cioè il potere determinante di ogni singolo evento rispetto al risultato finale. La specie *Homo sapiens*, nella prima accezione, è il risultato di una lunga sequenza di eventi imprevedibili e spesso improbabili (la sopravvivenza del primo cordato *Pikaia gracilens*, per esempio, nelle paludi del Cambriano...): siamo un "glorioso accidente" emerso nella grande lotteria dell'evoluzione. Nella seconda accezione, noi siamo l'esito di una traiettoria evolvuzionistica che ha attraversato un certo numero di soglie e di biforcazioni contingenti, non prive di una propria catena causale: siamo figli di una storia (che possiamo ricostruire nei suoi passaggi consequenziali).

Ora, i processi coevolutivi, in cui fattori interni e fattori esterni si co-definiscono incessantemente, sono contingenti in entrambi i sensi. Lo sviluppo ontogenetico, che parrebbe in qualche modo "prevedibile" essendo la ripetizione della morfogenesi di esseri viventi appartenenti alla stessa specie, è caratterizzato altresì da una forte contingenza ontologica dovuta al gioco costruttivo fra vincoli interni e possibilità esterne. I vincoli interni non sono dati una volta per tutte, ma coevolvono con le opportunità am-

bientali: la generazione di nuovi vincoli apre nuove possibilità, che a loro volta generano nuovi vincoli. In disaccordo con l'approccio "internalista" alla complessità di Stuart Kauffman, Oyama fa notare che non si può parlare di un'emergenza "necessaria", "prevedibile" e ineluttabile né della vita in generale né di un singolo organismo:

In un sistema di sviluppo, interagenti e processi cambiano nel corso della filogenesi e dell'ontogenesi. Alcuni sono più affidabili di altri: il termine "sistema" non dovrebbe essere preso come il garante di una replicazione assolutamente fedele, ma piuttosto come il segnale di una rete complessa e interattiva che può predisporre una sua ripetizione più o meno accurata. Un sistema implica un certo grado di autorganizzazione, nella quale il "sé" non è un qualche costituente privilegiato o un motore primo, ma al contrario una entità-con-il-suo-mondo, dove il mondo è esteso ed eterogeneo, con confini indeterminati e mobili. L'evoluzione, dunque, è il cambiamento in questi sistemi [Ivi, p. 119].

Secondo Oyama, il grado di contingenza dei sistemi di sviluppo è così forte che, paradossalmente, è proprio la loro contingenza (intesa come fitta interconnessione e ridondanza di elementi eterogenei che producono una catena causale) a produrre traiettorie che in qualche modo si ripetono con una certa affidabilità! Senza tale intrinseca complessità di elementi e senza tale dipendenza da condizioni incerte, la vita non sarebbe sufficientemente flessibile e creativa. Dunque i processi di sviluppo introducono una terza accezione di contingenza, una contingenza di sviluppo (*developmental contingency*), grazie alla quale essi sono affidabili passo dopo passo pur rimanendo imprevedibili e dipendenti da perturbazioni casuali: sono "ordinati", ma non "pre-ordinati".

Da una visione centrata sull'idea di un equilibrio di cause fra ambienti e organismi, l'attenzione si sposta verso una concezione estesa del cambiamento inteso come costruzione di percorsi evolutivi alternativi fra organismi e ambienti che si co-determinano reciprocamente. La contingenza si annida così alle radici stesse della chimica della vita. Contingenza significa che in ogni processo di sviluppo lo spazio del possibile è infinitamente più ampio dello spazio del reale:

Possiamo avere una morfologia razionale dei cristalli, perché il numero di posizioni che gli atomi di un cristallo possono occupare è piuttosto limitato. Possiamo avere una tavola periodica degli elementi perché il numero di disposizioni stabili delle particelle subatomiche è relativamente limitato. Ma una volta che arriviamo al livello della chimica, lo spazio delle molecole possibili è più vasto del numero degli atomi nell'universo. Se questo è vero, è evidente che il numero delle molecole nella biosfera è una minuscola frazione dello spazio delle possibilità. Quasi certamente, quindi, le molecole che ve-

diamo sono in una certa misura il risultato di accidenti storici nella storia della vita. La storia ha origine quando lo spazio delle possibilità è assolutamente troppo grande perché il reale possa esaurire il possibile [Kauffman, 1995, tr. it. p. 253].

Ciò vorrà dire che a parità di condizioni (genetiche e ambientali), il processo di codificazione del fenotipo e il processo di adattamento condurranno su sentieri evolutivi anche molto eterogenei e sostanzialmente imprevedibili: su di essi agisce infatti una molteplicità di fattori e di perturbazioni casuali che intervengono a livello molecolare, una sorta di “rumore di fondo” in grado di deviare lo sviluppo su traiettorie diverse:

L'ontogenesi di un organismo è la conseguenza di un'interazione unica tra i geni di cui è portatore, la sequenza di ambienti esterni con cui entra in contatto nella sua vita e le interazioni molecolari casuali all'interno delle singole cellule. È di queste interazioni che va tenuto conto per spiegare come si forma un organismo [Lewontin, 1998, p. 14].

Questa spiegazione attraverso tre domini di cause simultanee si oppone sia alla “cattiva biologia” del determinismo genetico, sia alla sua immagine speculare del determinismo ambientale, sia alla loro semplice interazione. Lo sviluppo non è infatti un'elaborazione di informazioni, più o meno combinate, ma una deriva evolutiva che dà senso alle informazioni medesime:

L'organismo non è determinato né dai suoi geni né dall'ambiente, e neanche dalla loro interazione, ma porta il segno di processi casuali. L'organismo non elabora se stesso in base alle informazioni contenute nei suoi geni e neanche in base alla combinazione tra informazioni dei geni e sequenza di ambienti [Ivi, p. 32].

Dalla stessa epistemologia evolutiva emerge l'immagine di un organo cerebrale funzionalmente unico e complesso, nel quale si susseguono moduli, mappe e ritmi evolutivi eterogenei: un sistema anch'esso integrato, plastico e ridondante; un sistema che non riceve istruzioni da elaborare, ma che anticipa l'esperienza e seleziona fra molte alternative possibili; un sistema che costruendo il proprio percorso contingente ricostruisce incessantemente se stesso (Edelman, Tononi, 2000; Lewontin, 2000). Scrive Lewontin a proposito del programma di ricerca di Gerald Edelman:

Processi casuali devono essere alla base di molte delle variazioni osservate tra organismi, comprese quelle del loro sistema nervoso centrale. Una delle principali teorie contemporanee sullo sviluppo del cervello, la teoria della selezione dei gruppi neuronali, sostiene che i neuroni formino connessioni casuali crescendo casualmente durante lo sviluppo. Queste connessioni, che vengono rinforzate dagli input esterni durante lo svi-

luppo neuronale, sono stabili, mentre le altre decadono e scompaiono. Ma le connessioni devono essersi formate casualmente prima di poter essere stabilizzate dall'esperienza. Questo processo di sviluppo neuronale potrebbe dare origine a differenze di funzione cognitiva biologicamente e anatomicamente innate, ma né genetiche né ambientali [Lewontin, 1998, p. 14].

La seconda conseguenza radicale della teoria dei sistemi di sviluppo è dunque che il gioco costruttivo tra fattori interni e fattori esterni, a sua volta perturbato da influenze casuali, dà origine a identità contingenti e *irriducibilmente uniche*. Noi siamo “cascate ripetute di contingenze”:

La nozione di cascate ripetute di contingenze, alcune più saldamente vincolate di altre, è stata centrale per lavorare sui sistemi di sviluppo. Le influenze di sviluppo interagiscono lungo il corso del ciclo di vita per produrre, mantenere e alterare gli organismi e i loro mondi in cambiamento [Oyama, *ibid.*, pag. 118].

Abbiamo dunque visto che alla base dell'accoppiamento strutturale, ogni volta unico, fra sistemi ed eco-sistemi (in senso esteso) vi è l'instaurarsi di anelli di retroazione così stretti e così sensibili alle perturbazioni da rendere pressoché irrealizzabile una separazione fra interno ed esterno. Non vi sono più un interno e un esterno che interagiscono: c'è un mondo di senso, ogni volta unico e provvisorio, che emerge dall'accoppiamento strutturale.

Vediamo allora che manca qui una seconda dimensione, indispensabile al nostro discorso, che purtroppo non è stata coltivata con la stessa attenzione in questi anni. L'incarnazione sensomotrice che produce l'intelligenza è un processo evolutivo da intendersi in una duplice prospettiva: è un'incarnazione ontogenetica, perché si ripete a ogni nascita nello sviluppo individuale del bambino; è un'incarnazione filogenetica, perché vi sarà stato un momento, nell'evoluzione della specie *Homo sapiens*, in cui essa è emersa spontaneamente aprendo ai nostri progenitori i doni inediti del linguaggio, del mito, dell'arte.

Come è avvenuta dunque questa incarnazione storico-evolutiva? Quando e come si è realizzato questo grande “balzo in avanti”, questa formidabile proprietà emergente? » stato un processo lento e graduale? » stato un lento progresso funzionale sorretto dai crescenti vantaggi adattativi dell'intelligenza? E soprattutto, possiamo immaginare nello studio della filogenesi (cioè lo sviluppo della nostra specie) un processo di “interazione costruttivistica” analogo a quello riscontrato nell'ontogenesi?

Attraverso l'integrazione di questa seconda prospettiva evolucionistica ritroveremo sulla nostra strada il concetto centrale di adattamento. La nostra ipotesi è che la messa in discussione della concezione neodarwiniana e cognitivista di adattamento, all'interno della prospettiva radicale e post-interazionista suggerita dalla teoria dei sistemi di sviluppo (DST), possa aprire una nuova linea di ricerca assai utile per la comprensione della complessità dei processi di sviluppo in ambito cognitivo ed evolutivo.

### *Le origini filogenetiche dell'incarnazione: le scienze cognitive alla prova dell'evoluzione*

Soltanto da pochissimi anni, grazie al raffinamento degli strumenti di indagine paleontologica e all'ibridazione di indagini sperimentali appartenenti a campi disciplinari differenti (per esempio, fra neuropatologia e biologia evolutiva), cominciamo ad avere alcune informazioni interessanti sull'evoluzione naturale dell'intelligenza, del linguaggio e della coscienza. Senz'altro questo programma di ricerca, che potremmo intitolare "storia naturale della mente e della coscienza", ha in serbo molte sorprese per i prossimi anni.

Non è un caso, hanno sostenuto spesso Humberto Maturana e Francisco Varela, che l'intelligenza emerga nelle forme viventi appartenenti al regno animale. La logica evolutiva dell'animale è il movimento, è l'interazione, è la ricerca attiva delle risorse e del partner. I più sofisticati anelli di azione-percezione emergono nella vita animale, favorendo l'evoluzione di sistemi neurali sempre più articolati e complessi. Il "brodo primordiale" dell'intelligenza viene cucinato dall'evoluzione per alcune centinaia di milioni di anni, fino alla produzione di sistemi molto elaborati di comunicazione animale.

Ma come si può realizzare il salto quantitativo e qualitativo che porterà molto più tardi alcuni animali, appartenenti alla famiglia degli ominidi, all'acquisizione dell'intelligenza simbolica e del linguaggio articolato?

Un contributo molto interessante in tal senso è giunto negli anni Novanta dallo scienziato cognitivo inglese Nicholas Humphrey, ora docente presso la New School of Social Research di New York, che nel 1992 pubblicò un testo, *A history of the mind: evolution and the birth of consciousness* (Humphrey, 1992), nel quale si abbozzava un'ambiziosa ricostruzione evolutiva della nascita della coscienza sensoriale. L'approccio di Humphrey è

squisitamente evoluzionistico e pertanto decisamente eccentrico rispetto alle ricerche convenzionali sulla coscienza superiore. Scorrendo le sue pagine balza agli occhi la carica letteralmente eversiva che una prospettiva evoluzionistica (cioè voler considerare realmente le trasformazioni naturali che potrebbero aver condotto alla nascita della coscienza) comporta rispetto all'impostazione cognitivista e più in generale rispetto alle dicotomie tradizionali delle filosofie della mente (mente-corpo; immagine mentale-realtà oggettiva; ecc.).

È in questo senso che abbiamo affiancato il termine “radicale” a quello di “teoria dell'emergenza”, per rimarcare l'importanza di un approccio evoluzionistico e “naturalistico” non riduzionista che vada alle radici dei dualismi, disinnescandoli. In altri termini, la mossa evoluzionistica spezza radicalmente qualsiasi tentativo fondazionista ed essenzialista di concepire la conoscenza:

La trama di questo libro sarà una storia della vita mentale. Con “storia” intendo una storia evolutiva, ed evolutiva su vasta scala: dalla creazione del mondo alla comparsa dell'uomo sulla Terra. Ho scelto un arco di tempo così lungo per un duplice motivo: evitare assiomi preliminari sull'origine temporale di mente e coscienza, ed evitare assiomi preliminari sulla realtà oggettiva del mondo fisico. ... Considerando un periodo di tempo più lungo riusciamo ad avvicinarci al grado zero, quando tali fenomeni non erano ancora fenomeni. Per scoprire, magari, che nessuno dei due è un “dato di fatto” ma sono entrambi prodotti storici: che l'esperienza soggettiva da una parte e il mondo materiale dall'altra, cioè, provengono da una sorgente comune [*ivi*, p. 30].

La possibilità a cui fa riferimento l'autore qui è quella di concepire una visione naturale e non dualistica della cognizione (intesa come attività biologica all'interno di un sistema fisico) che si sottragga però alle forzature introdotte sia dal riduzionismo fisicalista sia dal paradigma cognitivista: la breccia per questa soluzione è offerta dall'evoluzione. Siamo di nuovo all'inversione metodologica di partenza: non chiediamoci aprioristicamente se l'esperienza cosciente non sia “nient'altro che...” un insieme di flussi di informazioni da elaborare, oppure se non sia “nient'altro che...” un insieme di scariche elettriche a livello neuronale; chiediamoci pragmaticamente che cosa fa la mente ogni giorno, come si evolve nel singolo individuo e, soprattutto, come si è evoluta nel corso della storia naturale.

Potremmo così accorgerci che l'evoluzione naturale dell'intelligenza deve in qualche modo radicarsi nel processo primario di contatto fra mondo interno e mondo esterno, cioè nell'esperienza sensoriale e nella reattività,

anch'esse prodotti (ben più antichi della coscienza) dell'evoluzione naturale. Tutto cominciò in superficie...

... mi preme mostrare come l'animale fosse un "tutto" autointegrato e autoindividuato. E come, diversamente da altri enti finiti (una goccia di pioggia, un ciottolo o la luna), provvedesse egli stesso a ridisegnare di continuo i propri confini, secondo una linea che separava l'"io" dal "non io" e dove si giocava tutto: la sua vita, la sua forma e la sua sostanza [*ivi*, p. 33].

In particolare, i processi affettivi e sensoriali sono considerati da Humphrey un canale cognitivo parallelo a quello della percezione oggettiva, e non antecedenti ad esso: la sensazione riguarda eventi che stanno capitando sulla superficie del nostro corpo (è autocentrica); la percezione riguarda eventi che stanno capitando nel mondo esterno (è allocentrica). Nel caso della vista, per esempio, i primi organi visivi rudimentali dovevano svolgere una funzione di "sensazione visiva" (cioè "sentire" epidermicamente l'intensità della luce e del calore) e solo in seguito sono stati riutilizzati per una funzione percettiva (cioè individuare classi di oggetti, colori, forme, distanze nel mondo esterno). Tuttavia, la funzione primaria non si è persa (l'esperienza del colore, per esempio, conserva un forte carattere di sensazione corporea) e i due canali cognitivi sono rimasti attivi in parallelo, come dimostrano molti casi di disaccoppiamento fra sensazione e percezione riscontrati in sperimentazioni su esseri umani e su scimmie (vista cieca, vista cutanea, agnosia visiva ecc.).

Secondo Humphrey, l'evoluzione avrebbe selezionato una strategia sistematica di controllo dell'attendibilità dell'immagine percettiva: il cervello ricostruirebbe per ogni percezione lo stimolo sensoriale corrispondente e lo invierebbe al centro sensoriale per verificarne la congruenza con lo stimolo reale. Se la ricostruzione non combacia con la sensazione effettiva viene scartata in quanto "errore" percettivo. L'immaginazione e il sogno nascerrebbero dal canale percettivo (in assenza di alcuna sensazione reale) e produrrebbero comunque la ricostruzione di uno stimolo sensoriale corrispondente nei centri sensoriali del cervello. L'immaginazione e il sogno, dunque, se considerati dal punto di vista interno del cervello, sarebbero a tutti gli effetti "reali" quanto le sensazioni provenienti da uno stimolo esterno. Anche i pensieri coscienti, le idee e le credenze, sottolinea Humphrey, avrebbero un richiamo sensoriale (di tipo uditivo): intuitivamente, essi sarebbero come "immagini di voci" nella testa.

Facile intuire la conclusione:

Essere coscienti significa essenzialmente provare sensazioni: avere rappresentazioni mentali, affettivamente cariche, di cosa succede a me qui e ora. Il soggetto della coscienza, l'“io”, è un sé corporeo. In mancanza di sensazioni fisiche l'io cesserebbe di esistere. *Sentio, ergo sum*: sento, dunque sono. Ogni sensazione si colloca sul confine spaziale tra io e non io, e sul confine temporale fra passato e futuro [Ivi, p. 138].

Davvero non vi è più nulla di aprioristico in questa concezione della coscienza: essere consapevoli di “cosa si prova ad essere me”, se inteso come proprietà emergente dalle dinamiche evolutive, è un problema di sensazioni e di accoppiamento strutturale fra interno ed esterno. La “storia naturale della coscienza” non è più una storia connessa alle tradizionali funzioni mentali “superiori”, come la percezione, l'immaginazione, la credenza.

Ma se qualcuno volesse obiettare che la sensibilità è solitamente ritenuta la proprietà meno significativa dell'intelligenza, in quanto passiva registrazione di stimoli esterni, Humphrey ribatterebbe con una mossa teorica particolarmente spiazzante, attorno alla quale egli costruisce la sua specifica ipotesi evuzionistica circa la nascita della coscienza. Egli rovescia la teoria classica delle sensazioni:

Se il dito mi fa “attivamente” male, e se il dito è parte di me, sarebbe forse lecito supporre che, a un qualche livello, io stesso sia attivamente coinvolto in questo far male. Forse non si tratta soltanto di una sensazione che ricevo passivamente, magari la sto creando attivamente, sto persino inviando delle istruzioni per produrla: come se provare una sensazione fosse in qualche modo paragonabile a un'attività intenzionale [Ivi, p. 172].

Possiamo rintracciare in questa indagine evuzionistica un'ulteriore radicalizzazione dell'idea di Varela circa l'identità fra percezione e azione. Non solo le percezioni ma anche le sensazioni, tradizionalmente intese come la sorgente di informazioni esogena per eccellenza, sono “modi di fare”: avere sensazioni equivale a compiere un'azione.

Se le sensazioni non sono soltanto una registrazione di stimoli ma anche una particolare forma di attività “quasi corporea” soggettiva e localizzata, allora la coscienza introspettiva potrebbe essersi evoluta come una chiusura dell'anello attivo/passivo innescato dall'esperienza sensoriale. In un essere vivente privo di sistema nervoso centrale come l'ameba, la sensazione inizia e finisce sulla membrana esterna, come in un anello cortissimo. In un animale dotato di sistema nervoso centrale la sensazione si realizza sotto forma di un anello allungato di afferenza (dalla periferia al cervello)



ed efferenza (dal cervello alla periferia), dove per efferenza non si intende la risposta allo stimolo ma l'attivazione quasi istantanea dello stimolo stesso: le sensazioni, seguendo l'antico tracciato evolutivo dell'ameba, ritornano verso il punto della stimolazione. Il cervello non si limita ad ascoltare passivamente la musica delle sensazioni, ma la dirige come un maestro d'orchestra.

Nella specie *Homo sapiens* si avrebbe allora un terzo stadio evolutivo, corrispondente alla prima scintilla della coscienza introspettiva: l'efferenza sensoriale, questa attività quasi corporea di modulazione delle sensazioni, anziché ritornare verso l'area periferica del corpo interessata sarebbe gradualmente ricaduta all'interno del cervello medesimo. L'anello sensoriale attivo/passivo si sarebbe cioè chiuso su se stesso: l'afferenza porta lo stimolo al cervello e l'efferenza ricade all'interno del cervello, posizionandosi in una sorta di mappa mentale del corpo.

L'esperimento della "macchia cieca", reso famoso da Heinz von Foerster, risulta in questo senso doppiamente interessante. Esso rivela non soltanto che "non sappiamo di non sapere", ma anche che "non sappiamo di non sentire". Se infatti la sensazione fosse semplicemente una registrazione passiva di impulsi dipendente da un'affezione corporea, allora nel punto dove il nervo ottico si diparte dal bulbo oculare creando un piccolo buco nella retina non si dovrebbe avere alcuna sensazione: se non c'è retina, non può esserci sensazione visiva. Ma se ipotizziamo che la sensazione consista anche in una attività "in uscita" da parte del cervello, allora le cosiddette "sensazioni fantasma" (come la macchia cieca o gli arti fantasma) acquisiscono un nuovo significato. Dove non c'è retina, il cervello "ricostruisce" una sensazione coerente con l'idea che in quel punto vi sia un continuum rispetto allo sfondo.

Quando infatti l'occhio destro, posto ad una certa distanza dal foglio bianco e con l'altro occhio chiuso, non vede la piccola figura che voi avete disegnato a destra perché essa cade esattamente nel punto cieco della retina, in quel momento l'occhio non vede un buco nero ma vede bianco. La macchia cieca non viene cioè avvertita come uno spazio vuoto e nero, ma viene "riempita" dal cervello con una sensazione neutra. Se il foglio fosse rosso o verde, in corrispondenza della macchia cieca l'occhio "vedrebbe" rosso o verde. Quel rosso o quel verde sono una sensazione fantasma, una sensazione non proveniente dall'occhio.

La sensazione è data dunque da un'afferenza sensoriale (in entrata) e da una simultanea efferenza sensoriale (un'attivazione in uscita): la specificità

dell'apparato sensoriale di un essere cosciente è che questa efferenza in uscita non va ad attivare una parte del corpo ma la parte corrispondente nel "modello interiore di corpo" presente nella corteccia sensoriale di ogni essere umano (precisamente, nei punti terminali dei nervi sensoriali afferenti dalle varie parti del corpo). Qui risiederebbe la radice evolutiva dell'incarnazione della conoscenza, in questa profonda intuizione di unità psicofisica peraltro già coltivata da molte pratiche meditative e mediche di origine non occidentale: fra le aree del cervello che accolgono i nervi sensoriali e le parti del corpo corrispondenti esisterebbe una stretta connessione, una continuità attivo-passiva. In questa rete psicosomatica senza soluzioni di continuità, una sensazione fantasma, che agisce sul modello corporeo interiore, e una sensazione reale sono a tutti gli effetti indistinguibili:

Quando succede qualcosa nel luogo surrogato del cervello, al soggetto sembrerà che quel qualcosa succeda sul luogo corrispondente della superficie corporea, con la conseguenza che un'alterazione fisica sul modello del dito del piede sarà soggettivamente indistinguibile da un'alterazione fisica sul dito reale [*Ivi*, p. 224].

Le sensazioni non sono dunque eventi che ci accadono e che noi assimiliamo impotenti, le sensazioni sono anche attività cognitive a cui partecipiamo in prima persona, "attività che ricadono circolarmente su se stesse fino a creare la profondità dell'istante soggettivo" (*Ivi*, p. 283). Ecco dunque la discontinuità evolutiva da cui trarrebbe origine l'esperienza cosciente, cioè la chiusura di un anello di retroazione sensoriale:

La vera novità è che nel corso dell'evoluzione, il punto di arrivo delle risposte sensoriali si è progressivamente spostato dalla superficie reale del corpo al tracciato dei nervi afferenti. Si è così determinato una specie di cortocircuito della risposta sensoriale, una chiusura di quello che ho prima chiamato l'"anello dei sensi". Se nei nostri antenati la risposta ritornava esattamente al punto della stimolazione, oggi termina invece sulla superficie del cervello [*Ivi*, p. 226].

Questa ricaduta all'interno, che Humphrey chiama suggestivamente "riverbero sensoriale", produrrebbe allora la sensazione di essere un corpo e la sensazione di essere un'identità soggettiva permanente. L'evoluzione della coscienza sarebbe, in altri termini, una riorganizzazione del sistema sensoriale nella quale il ritorno delle sensazioni si riverbera all'interno, come un "occhio interiore". Il fatto interessante è che questo riadattamento altera in parte le caratteristiche della sensazione umana, che mantiene sì alcuni tratti primari (necessari alla sopravvivenza) ma la cui "deriva evoluti-

va” verso la coscienza risulta unica e incommensurabile rispetto al tono e allo stile dei processi sensoriali di altre specie. Questa cautela evolutivista, unita al fatto che conosciamo ancora poco dell’anatomia del sistema cerebrale di altre specie, lascia ancora aperta l’importante questione dell’intelligenza animale: è molto arduo dedurre con sicurezza la presenza o l’assenza di coscienza in altre specie animali a noi affini.

Ci siamo dilungati nella descrizione del modello di Nicholas Humphrey non tanto per promuovere la sua specifica ipotesi sull’origine della coscienza, sulla quale dovranno essere senz’altro sviluppate nuove sperimentazioni e verifiche (peraltro molto delicate, difficili e necessariamente interdisciplinari, trattandosi di un’ipotesi storico-evoluzionistica). Ci premeva soprattutto segnalare la particolarità metodologica dell’argomentazione, che unisce in modo del tutto originale: un punto di vista neurofisiologico sulla mente (vi viene descritto un fenomeno squisitamente biologico che non si “rassegna al mistero della coscienza”, come notò argutamente Varela, 1997); un punto di vista clinico (centrali sono le riflessioni sulle patologie sensoriali della vista); un punto di vista fenomenologico sui diversi stati di coscienza; e, soprattutto, un punto di vista evolutivistico. Ne risulta una teoria della coscienza venata di preziose suggestioni sulle origini filogenetiche della coscienza “incarnata”, una teoria finalmente consapevole che la psicologia e la logica da sole non bastano a spiegare la complessità della nostra forma di intelligenza.

Un domanda rimane tuttavia inevasa: quando ha avuto origine la coscienza? E più precisamente, l’emergenza della coscienza è stata un evento graduale o repentino? La risposta a questo enigma richiederà di sollevare, e sarà l’ultimo passo della nostra argomentazione, la grande questione dell’adattamento biologico.

L’opzione di Humphrey è molto netta:

A prescindere dal momento e dal luogo in cui si è verificata, l’evoluzione della coscienza non è stata un processo graduale. Alcuni filosofi, contrari ad ammettere grandi discontinuità in natura, hanno suggerito che la coscienza sia emersa lentamente e per gradi, da animali “meno” coscienti ad altri “più” coscienti e così via. La nostra teoria lo esclude categoricamente. La coscienza, infatti, non sarebbe potuta nascere a meno che e finché l’attività dell’anello di retroazione non avesse raggiunto il livello di attività riverberante, e una proprietà degli anelli di retroazione è quella del “tutto o niente”: o l’attività riverberante è sorretta da un arco significativo di vita oppure muore sul nascere. Possiamo dunque arguire che nel corso dell’evoluzione, con l’accorciarsi degli anelli sensoriali e l’intensificarsi del loro grado di fedeltà, si sia toccata una soglia oltre cui è

d'un tratto emersa la coscienza, proprio come c'è una soglia oltre cui si passa dal sonno alla veglia [Humphrey, 1992, p. 268].

In realtà il modello di Humphrey non esclude la gradualità: è un modello che potremmo definire per "latenza e innesco". Dopo una fase anche molto lunga di trasformazioni fisiche e anatomiche latenti, si raggiunge una soglia oltre la quale si innesca un processo di riorganizzazione repentina, un salto evolutivo.

Il primo fatto sorprendente è che un modello simile sta avendo in questi anni riscontri importanti nel campo della paleoantropologia. La comparsa degli indizi tipici di un'intelligenza simbolica e cosciente sembra avvenire rapidamente nella storia evolutiva della nostra specie, nell'epoca che chiamiamo Paleolitico superiore (intorno a 45.000-40.000 anni fa), nel punto terminale di un lunghissimo processo di espansione del cervello iniziato quasi due milioni di anni prima. Come ha fatto notare il paleoantropologo Ian Tattersall, il cui contributo nella ridefinizione del "cespuglio" dell'evoluzione umana e nella conseguente crisi del modello monofiletico progressionista è stato determinante in questi anni, l'intelligenza capace di produrre opere d'arte e sepolture rituali sembra emergere improvvisamente, dopo una lunga storia di trasformazioni anatomiche che non avevano dato conseguenze di rilievo in termini cognitivi. « come se l'intelligenza fosse ad un certo punto "decollata", come se avesse improvvisamente acquisito la portanza necessaria per sollevarsi dopo una lunga rincorsa a terra.

Nel cespuglio ramificato delle forme ominidi, portatrici senz'altro di molteplici "forme di intelligenza" a noi sconosciute, compare un nuovo modello, un nuovo modo di essere umani. Scrive Tattersall nel capitolo finale di *Becoming human*:

Ciò che è stato concisamente definito "capacità umana" non è derivato per semplice estrapolazione dalle più antiche tendenze della nostra linea evolutiva che gli studi paleoantropologici hanno il compito di chiarire. Si tratta di qualcosa di più simile a una "proprietà emergente", per mezzo della quale una nuova combinazione di caratteristiche produce casualmente un risultato del tutto inatteso. ... È certamente la natura emergente del nostro organo di controllo e delle capacità da esso derivate a spingere oggi l'uomo a riflettere su se stesso [Tattersall, 1998, tr. it. p. 170].

Il secondo fatto sorprendente, che ci riconnette all'epistemologia evolutiva profonda che abbiamo evocato all'inizio, è che un'ipotesi così ricca di implicazioni dirompenti rispetto ai paradigmi tradizionali come quella di Humphrey nasca tuttavia nel contesto di un darwinismo ortodosso. Il titolo

di un'opera precedente dello psicologo inglese è infatti *The uses of consciousness*, gli usi della coscienza: la sua storia naturale della coscienza implica una ragione funzionale e adattativa molto forte, la coscienza emerge per rispondere a un'esigenza ambientale imposta dalla selezione naturale. La coscienza è un adattamento e nasce come tale.

Ma come spiegare allora la discontinuità dell'emergenza della coscienza? Come spiegare il "decollo" che interrompe un lungo periodo di crescita graduale e lenta dell'anatomia cerebrale? Tattersall propone un'interpretazione diversa, che a nostro avviso completa e integra in modo assai fecondo l'ipotesi di Humphrey:

La coscienza è un prodotto del nostro cervello, il quale a sua volta è un prodotto dell'evoluzione. Ma le proprietà del cervello umano sono emergenti, sono il risultato di una serie di acquisizioni casuali (naturalmente basate sull'eccezionale risultato di una lunga storia evolutiva) le quali possono essere state favorite dalla selezione naturale solo *dopo* che il cervello si fu formato [Ivi, p. 171].

In quel "solo dopo" sta il nocciolo di una prospettiva evolucionistica non adattazionista che potrebbe innestarsi favorevolmente nel solco delle teorie emergentiste, creando un modello "radicale" dell'emergenza nei processi di sviluppo. La selezione naturale, nella maggior parte dei casi (e sicuramente nei casi più interessanti), interviene *dopo* l'emergenza della "forma", assegnando ad essa una funzione, e non prima. Il cervello umano non si sarebbe evoluto perché indispensabile ad una qualche funzione biologica specifica (che neppure Humphrey identifica chiaramente, se non riferendosi genericamente a una certa capacità di "comprensione intersoggettiva" utile per un comportamento sociale elaborato), ma per una riorganizzazione contingente a partire da una struttura anatomica ridondante prodotta da una lunga storia evolutiva (Tattersall, 2001).

L'espansione del cervello a partire dalle prime forme del genere *Homo* in Africa orientale e meridionale, generata probabilmente da una mutazione dei geni regolatori dello sviluppo (alterazione definita "neotenia", cioè ritenzione dei caratteri giovanili), non si sarebbe sviluppata "in vista" delle sue utilizzazioni future. Se davvero le capacità introspettive garantivano un grande vantaggio riproduttivo conferito dalla selezione naturale, perché solo una delle linee di discendenza dei primati le ha sviluppate? Se davvero l'evoluzione della coscienza e della soggettività è stata "costruita" passo dopo passo dalla selezione naturale operante sul corredo genetico, amplificando gradualmente i piccoli vantaggi comportamentali derivanti

dall'esperienza cosciente, perché gli indizi della presenza di un'intelligenza simbolica e concettuale appaiono così tardivamente?

Nella storia naturale della coscienza vi è gradualità (anatomica) e discontinuità (funzionale): questi due tracciati evolutivi sono indipendenti dal punto di vista funzionale. Il primo è un effetto collaterale di una mutazione genetica, fissata poi dalla selezione naturale e probabilmente accentuata dalla competizione per le risorse fra le specie ominidi. Il secondo è un'emergenza evolutiva repentina, una riorganizzazione funzionale a partire dal riutilizzo creativo di strutture già formate. Questo "bricolage evolutivo" è stato battezzato nel 1982, dai paleontologi Stephen J. Gould ed Elisabeth Vrba, "exaptation" (Gould, Vrba, 1982). Per *exaptation* si intende la cooptazione di una caratteristica biologica, prodotta originariamente per una qualche funzione primaria in un certo contesto o per un effetto collaterale privo di qualsiasi funzione, per un utilizzo evolutivo diverso in un altro contesto. Anziché essere macchine per geni plasmate dalla selezione naturale o dalla selezione di parentela (seducente metafora alla base del recente successo della psicologia evolucionistica), gli organismi manifestano spesso la capacità di riorganizzare opportunisticamente i propri vincoli strutturali interni e di trascendere se stessi trasformando ciò che hanno a disposizione. La storia naturale della mente è forse una storia di *exaptations* ben riusciti, una storia di possibilità sempre nuove piuttosto che di adattamenti necessari:

L'evoluzione del cervello non è proceduta per semplice aggiunta di qualche nuova connessione qua e là, fino a diventare, dopo eoni, una grande macchina perfettamente oliata. L'evoluzione opportunistica ha arruolato, in maniera alquanto disordinata, vecchie parti del cervello per svolgere nuove funzioni e sono state aggiunte nuove strutture, mentre alcune delle vecchie sono state ampliate in modo piuttosto casuale [Lvi, p. 174]

Bricolage evolutivo, selezione naturale, speciazione ramificante e contingenza evolutiva contribuiscono, in una visione pluralista e antiriduzionista, alla storia naturale dell'intelligenza nella nostra specie:

A partire da un precursore che possedeva la gamma di *exaptations* necessari comparve il cervello dell'uomo moderno all'interno di un'antica popolazione locale e per mezzo di modificazioni che ancora non comprendiamo. In seguito la selezione naturale operò all'interno di quella popolazione fissando la variante come norma. Poi intervenne la speciazione che stabilì l'identità storica della nuova entità. Infine, la nuova specie vinse la competizione con le altre a essa imparentate, in un processo che – forse per la prima volta poco dopo la comparsa dell'ominide ancestrale – finì per lasciare sulla scena un'unica specie ominide: *Homo sapiens*. Vista in questo modo, la piena coscienza uma-

na è solo uno dei risultati di quel processo routinario e casuale di comparsa e affermazione delle innovazioni che si verifica nell'evoluzione di tutte le linee [Ivi, p. 174].

Oggi molti scienziati, fra i quali principalmente Ian Tattersall e Jeffrey Lieberman (Lieberman, 1991; Falk, 1992), stanno lavorando all'ipotesi che l'innescò cruciale dell'intelligenza simbolica sia in qualche modo connesso all'emergenza del linguaggio articolato, a sua volta un *exaptation* legato alla morfologia allungata della gola (peraltro assente nel ramo parallelo dei neanderthaliani). Il "grande balzo in avanti" dell'uomo anatomicamente moderno, nel Paleolitico superiore, sarebbe dunque un effetto collaterale congiunto dell'adattamento della gola a climi secchi e della riorganizzazione cerebrale conseguente all'acquisizione del linguaggio articolato:

Quasi certamente, dunque, la discesa della laringe e la riorganizzazione delle strutture sopralaringee necessarie per l'articolazione delle parole avvennero in un più generale contesto respiratorio. Da ciò consegue che il tratto sopralaringeo di morfologia moderna è un *exaptation* per il linguaggio: una condizione preesistente che rese possibile questa notevole innovazione una volta acquisiti i necessari collegamenti cerebrali [Ivi, p. 204].

Alcuni recenti ritrovamenti sembrano indicare che la "forma di intelligenza" dei neanderthaliani non prevedeva, probabilmente, questo *exaptation* per la formazione delle corde vocali e la loro deriva evolutiva ha preso un'altra direzione: dunque, non un'intelligenza per qualche motivo "inferiore", ma un'intelligenza "altra", un altro modo di essere ominidi. Diversamente, intorno a 40.000 anni fa, il cervello della specie *Homo sapiens* era ben "exattato" per il linguaggio e il ragionamento simbolico. Mancava soltanto uno stimolo, un innescò, probabilmente di tipo culturale e sociale. Così tutto avvenne in un "batter di ciglia" evolutivo:

Dopo un paio di milioni di anni di irregolare espansione cerebrale e di altre acquisizioni avvenute nella linea umana, dovevano essere presenti gli *exaptations* necessari per permettere il completamento dell'intero edificio attraverso una mutazione che in termini genetici era presumibilmente di minore entità. Nello stesso modo in cui la chiave di volta di un arco è solo una piccola parte dell'intera struttura, ma è vitale per la sua integrità, un cambiamento della struttura neurale relativamente modesto deve avere avuto questo notevole effetto emergente nel nostro cervello. E questa innovazione neurale deve essere stata acquisita nell'ambito di un'esigua popolazione nostra progenitrice quando tutte le strutture periferiche essenziali - l'apparato vocale, per esempio - erano già disponibili per permetterne l'espressione [Ivi, p. 206].

L'alta frequenza dei fenomeni di *exaptation* altera profondamente l'idea di un "progetto" o "programma" inscritto nella natura. L'evoluzione diventa il regno del possibile. Le strutture dell'intelligenza sarebbero, in questo senso, il frutto di una deriva evolutiva singolare, l'esito di una sequenza di eventi contingenti e irreversibili, un'emergenza tardiva e improvvisa innescata da un piccolo cambiamento. Ripetendo due volte lo stesso processo evolutivo noi otterremmo due "forme di intelligenza" (cioè due "forme di vita") molto diverse. Si può allora comprendere meglio il limite di incommensurabilità che divide la nostra forma di intelligenza dalle eventuali "intelligenze" animali: se il processo evolutivo è una deriva irreversibile, il limite di incommensurabilità è un limite di contingenza evolutiva. Fra due forme di intelligenza contigue vi saranno certamente elementi comuni derivanti da analoghi vincoli ambientali e da pressioni selettive convergenti, ma sapere "che cosa si prova ad essere un pipistrello" (Nagel, 1974) rimarrà un compito assai difficile.

L'evoluzione produce dunque una grande varietà di forme di vita e di intelligenza che, come i mondi cromatici non sovrapponibili indagati da Varela (Thompson, Palacios, Varela, 1992), rappresentano ciascuno una traiettoria singolare di coevoluzione fra organismi e ambienti. Questo aspetto di unicità della morfogenesi rende peraltro impossibile, per ragioni evoluzionistiche e non logiche, una simulazione dell'intelligenza umana. Le soglie di contingenza e di riadattamento attraversate dalla nostra forma di intelligenza sono così numerose e radicali da rendere una tale simulazione tanto improbabile quanto la riscrittura della *Divina commedia* dal battere casuale di una scimmia sulla tastiera di un computer. Potremmo allora intendere il fenomeno di *exaptation*, cioè la disgiunzione fra l'origine storica di una struttura e la sua funzione attuale, come la chiave di volta di un "teorema di impossibilità evoluzionistica dell'intelligenza artificiale in senso forte": se le proprietà di un sistema biologico non sono deducibili dalle loro funzioni attuali, come può un progetto artificiale (che per sua definizione deve stabilire a tavolino una corrispondenza tra forma e funzione) ricreare fedelmente tali proprietà? La sola cosa che possiamo fare è creare le condizioni favorevoli per l'innescare di un processo evoluzionistico, che dopo il primo sarà divergente rispetto a qualsiasi direzione progettuale aprioristica. Insomma, non si può simulare la contingenza evolutiva perché essa rende il percorso evolutivo "inattendibile".



*Un'ontologia delle possibilità: l'eredità di Francisco Varela*

Anche il fenomeno della coscienza, dunque, può e deve essere studiato da un punto di vista biologico, ma non riduzionista, rinunciando all'idea istruzionista e computazionale propria del cognitivismo, all'idea cioè che esista *out there* un mondo in attesa di essere riprodotto in dati mentali. Per riuscirci abbiamo bisogno, più che di "teorie" della mente, di "storie" della mente come quelle di Tattersall e di Humphrey: "la storia parziale di un parziale aspetto della mente umana, la storia di come, attraverso gli ultimi quattromila milioni di anni, le menti degli animali hanno totalmente trasformato le condizioni dell'universo in cui vivono" (Humphrey, 1992, tr. it. p. 297).

In una delle sue ultime interviste, Francisco Varela fa notare che esistono due livelli di studio che vanno considerati separatamente in quanto irriducibili:

Si, la coscienza è studiabile. Tutto sta nel porre la questione al livello giusto. E il livello giusto è innanzitutto il versante emergente (*coté émergent*) dell'esperienza, e solo più tardi le capacità riflessive che accompagnano la preparazione di tali dati fenomenici. Dunque ci sono due livelli ingarbugliati che bisogna studiare separatamente [Varela, 1998, p. 112].

Dunque si potrebbe pensare che l'emergenza di tale livello "superiore" a partire dal *coté* dell'esperienza sia stato il frutto di un progresso evolutivo dettato da necessità adattative e fissato dalla selezione naturale per i suoi vantaggi immediati. La risposta di Varela, separando il significato "dinamico" dell'emergenza dal suo significato "evolutivo", è molto interessante perché presuppone (come abbiamo tentato di mostrare attraverso il doppio binario evolutivo ontogenetico e filogenetico) che vi siano due livelli sovrapposti di unicità e di produzione di diversità evolutiva nei nostri soggetti/organizzazioni, cioè il livello dell'emergenza delle capacità cognitive in ogni individuo e il livello dell'emergenza di modalità di esperienza nelle diverse specie biologiche (dove non vi è necessariamente l'emergenza del livello riflessivo):

Io parlo di emergenza nel senso dinamico, non nel senso evolutivo: le capacità cognitive si presentano sotto forme diverse e devono essere "cucite" insieme in modo permanente, questo è ciò che io chiamo il fenomeno dell'emergenza. In compenso, questo fenomeno può manifestarsi a sua volta in diversi modi nell'evoluzione. Un pipistrello, un topo, un pesce, un insetto, ciascuno ha il proprio tipo di esperienza. E così la specificità

umana ha giocato nella sua situazione particolare, unica, che ha aperto la possibilità della conoscenza riflessiva. Qui si ha effettivamente un'emergenza nel senso evolutivo [*Ibidem*].

Come abbiamo visto discutendo l'ipotesi della sincronizzazione delle aree corticali, a livello dell'evoluzione biologica del cervello della nostra specie e del suo sviluppo in ogni individuo, le interazioni fra i livelli gerarchici del genoma sono così complesse e le interferenze casuali nel processo di "costruzione" sono così frequenti da rendere la genesi di un sistema cerebrale un processo ogni volta unico, irripetibile, irreversibile.

Ad un secondo livello, quello del funzionamento normale della mente, l'emergere della coscienza avverrebbe a partire da configurazioni d'ordine (vere e proprie alleanze momentanee) "ai margini del caos", cioè a partire da una situazione di fluidità fra l'ordine (la coerenza omeostatica del sistema, le regole di connessione...) e il caos (connessioni libere e simultanee) in cui si instaura ogni volta un processo unico.

Avendo impostato in tal modo il problema della coscienza riflessiva come proprietà emergente di secondo livello, un doppio "filtro" di contingenza evolutiva ci libera dall'idea di un vantaggio adattativo come motore di un'evoluzione graduale delle facoltà riflessive:

Io diffido dall'idea adattazionista secondo cui l'emergenza della conoscenza riflessiva abbia apportato un vantaggio evolutivo, perché essa suppone che vi sia un parametro di ottimalità. Qual è il miglioramento per il quale essa sarebbe stata selezionata? I cammini dell'eredità non sono guidati da adattamenti. Ci sono interdipendenze talmente complesse che non si può parlare di un picco adattativo [*Ibidem*].

Ritroviamo qui il significato puramente convenzionale di "fitness" evocato nei paesaggi di Kauffman. Il picco adattativo non "attrae" le traiettorie e non detta la direzione da intraprendere nelle passeggiate adattative degli organismi. Non si tratta di scalare progressivamente e tenacemente il monte dell'adattamento ottimale, come suggerisce invece Dawkins con una metafora altrettanto efficace (Dawkins, 1996), ma di navigare in un paesaggio accidentato di adattamenti locali e subottimali, generato da vincoli conflittuali e da complessi intrecci coevolutivi. Non vi è in tal senso una sola via maestra, ma sempre molte soluzioni diverse per problemi di sopravvivenza simili. Il percorso evolutivo non appare dunque come una marcia di avvicinamento all'optimum, sospinta da pressioni selettive convergenti che agiscono su unità discrete fondamentali (siano essi "geni" o "memi"). Essa appare piuttosto come una traiettoria singolare all'interno di un contesto di

pressioni selettive divergenti e agenti su differenti scale, come un piccolo vascello alla deriva che, pur sballottato e trascinato dalle correnti, copre una sua rotta inedita e infine (proprio perché non fedele al suo piano di viaggio preordinato) esplora nuovi territori.

Ogni soggetto è dunque un'organizzazione e ogni organizzazione è un soggetto. L'identità di questi soggetti collettivi non è universale, non poggia su un fondamento ultimo, non possiede un centro direttivo, non rivela un'essenza risolutoria valida una volta per tutte. L'identità di questi soggetti collettivi non è soltanto logica né soltanto psicologica né soltanto funzionale: è un'identità evolutiva contingente, è un'identità irriducibilmente storica. In un passo stupendo Stuart Kauffman annota:

Come può la vita essere contingente, imprevedibile e accidentale pur obbedendo a leggi generali? La stessa domanda sorge quando pensiamo alla storia. Gli storici hanno visioni diverse e alcuni di loro negano ogni speranza di scoprire leggi generali. Io, non essendo sicuramente uno storico, avrò tuttavia qualche suggerimento da dare. Poiché c'è una speranza che, considerati al livello più generale, i sistemi viventi – cellule, organismi, economie, società – possano tutti mostrare proprietà simili a leggi, pur essendo già ornati da un pizzico di filigrana storica, da quei meravigliosi dettagli che avrebbero potuto essere diversi e la cui improbabilità suscita la nostra rispettosa ammirazione [Kauffman, 1995, tr. it., p. 35].

L'indicazione cruciale di una complementarità fra il dominio delle regolarità, cioè dei vincoli e dei meccanismi ripetuti di emergenza attraverso i quali l'evoluzione supera incessantemente se stessa, e il dominio della storia, cioè dell'evento irriducibile e contingente che può modificare irreversibilmente la traiettoria evolutiva, può essere una linea di frontiera della ricerca sulla complessità per i prossimi anni. Per raggiungere questi obiettivi, la filosofia della biologia e le scienze cognitive dovrebbero coltivare sempre più l'incontro tra una prospettiva costruttivista dell'ontogenesi e una prospettiva costruttivista della filogenesi (Sterelny, Griffith, 1999).

Nelle battute finali dell'intervista a Varela prima citata, la curiosità dell'intervistatore francese si fa insistente e la domanda tocca alfine il cuore filosofico che anima il pensiero dello scienziato: ma allora, se non vi è stato un vantaggio evolutivo immediato, perché è emersa l'intelligenza introspettiva? Perché l'emergenza della discontinuità nell'evoluzione? Perché la vita, nelle sue infinite biforcazioni cruciali, ha ogni volta trascorso se stessa verso configurazioni inedite, imprevedibili e spesso assai improbabili?

Perché c'era, fra tutte queste possibilità, la possibilità di emergere. È un effetto di situazione. Sarebbe potuto succedere come non succedere. Vi è una dimensione molto aleatoria nel mondo, legata alla nozione di “evoluzione dolce” o di “deriva” prima evocate. È come se l'ontologia del mondo fosse molto femminile, un'ontologia della permissività, un'ontologia della possibilità. Finché è possibile, è possibile. Non ho bisogno di cercare una giustificazione attraverso un'ottimalità ideale. Nel mezzo di tutto questo, la vita tenta il possibile, la vita è bricolage [Varela, 1998, p. 112]

Così rispose Francisco Varela e noi speriamo che l'onda del suo pensiero, gettando ponti sottili in questa ontologia “femminile” del mondo, possa ancora propagarsi e seminare tempeste creative nelle nostre menti.

#### BIBLIOGRAFIA

- Bak, P. (1996), *How nature works. The science of self-organized criticality*, Springer-Verlag, New York.
- Brockman, J. (1995), tr. it. *La terza cultura. Oltre la rivoluzione scientifica*, Garzanti, Milano 1995.
- Casti, J. (1998), tr. it. *I cinque di Cambridge*, Cortina, Milano 1998.
- Dawkins, R. (1996), tr. it. *Alla conquista del monte improbabile*, Mondadori, Milano 1997.
- Edelman, G.M., G. Tononi (2000), *Un universo di coscienza. Come la materia diventa immaginazione*, Einaudi, Torino.
- Eldredge, N. (1999), *The pattern of evolution*, Freeman and C., New York.
- (2001), “Evoluzione biologica ed evoluzione culturale: esistono vere similitudini?”, *Pluri-verso*, 2, pp. 6-27.
- Falk, D. (1992), *Braindance*, Holt and C., New York.
- Gould, S.J. (1998), *Leonardo's mountain of clams and the diet of worms*, Harmony Books, New York.
- (2000), *The lying stones of Marrakech*, Harmony Books, New York.
- Gould, S.J., Vrba E. (1982), “Exaptation, a missing term in the science of form”, *Paleobiology*, 8 (1), pp. 4-15.
- Humphrey, N. (1992), tr. it. *Una storia della mente, ovvero perché non pensiamo con le orecchie*, Instar Libri, Torino 1998.
- Kaku, M. (1994), *Hyperspace*, Anchor Books, New York.
- (1997), *Visions*, Anchor Books, New York.
- Kauffman, S.A. (1995), tr. it. *A casa nell'universo. Le leggi del caos e della complessità*, Editori Riuniti, Roma 2001.
- (2000), *Investigations*, Oxford University Press, Oxford-New York.
- Lachaux, J.Ph. et al. (1999), “Measuring phase synchrony in brain signals”, *Human Brain Mapping*, 8, pp. 194-208.
- Lewontin, R.C. (1998), *Gene, organismo e ambiente*, Laterza, Roma-Bari.
- (2000), “It ain't necessarily so: the dream of the human genome and other illusions”, *New York Review of Books*.
- Lieberman, Ph. (1991), *Uniquely human. The evolution of speech, thought and selfless behavior*, Harvard University Press, Cambridge (MA).

- Nagel, T. (1974), "What is like to be a bat?", *Philosophical Review*, 83, pp. 435-450.
- Oyama, S. (2000a), *The ontogeny of information. Developmental systems and evolution*, second edition revised and expanded, Duke University Press, Durham (NC).
- (2000b), *Evolution's eye. A system view of the biology-culture divide*, Duke University Press, Durham (NC).
- Palombo, S.R. (1999), *The emergent Ego: complexity and coevolution in the psychoanalytic process*, International University Press, Madison (CN).
- Petitot, J. et. al. (eds) (1999), *Naturalizing phenomenology: issues in contemporary phenomenology and cognitive science*, Stanford University Press, Stanford (CA).
- Rodriguez, E. et. al. (1999), "Perception's shadow: long-distance synchronization in the human brain", *Nature*, 397, pp. 340-343.
- Solé, R., Goodwin, B. (2000), *Signs of life. How complexity pervades biology*, Basic Books, New York.
- Sterelny, K., Griffiths, P. (1999), *Sex and death. An introduction to philosophy of biology*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Tattersall, I. (1998), tr. it. *Il cammino dell'uomo*, Garzanti, Milano 1998.
- (2001), "Paleontologia e pregiudizio", *Pluriverso*, 3, in stampa.
- Tattersall, I., Schwartz, J. (2000), *Extinct humans*, Westview Press, Boulder (CO).
- Thelen, E., Smith, L. (1993), *A dynamical systems approach to the development of cognition and action*, MIT Press, Cambridge (MA).
- Thompson, E., Palacios, A., Varela, F.J. (1992), "Ways of coloring: comparative color vision as a case study in cognitive science", *Beh. Brain Sci.*, 15, pp. 1-45.
- Varela, F.J. (1997), "Neurofenomenologia", *Pluriverso*, 3, pp. 16-39.
- (1998a), "Le cerveau n'est pas un ordinateur. On ne peut comprendre la cognition si l'on s'abstrait de son incarnation", intervista di H. Kempf, *La Recherche*, 308, pp. 109-112.
- (1999), "Des vagues qui émergent et se dissolvent", *Le Figaro*, 4 febbraio.
- (2000), "Quattro pilastri per il futuro della scienza cognitiva", *Pluriverso*, 2, pp. 6-15.
- Varela, F.J., Thompson, E., Rosch, E. (1991), tr. it. *La via di mezzo della conoscenza. Le scienze cognitive alla prova dell'esperienza*, Feltrinelli, Milano 1992.
- Winfree, A.T. (1987), *When time breaks down: the three-dimensional dynamics of electrochemical waves and cardiac arrhythmias*, Princeton University Press, Princeton (NJ).

Telmo Pievani  
 via S.Matteo alla Benaglia, 15  
 24129 Bergamo