

Quale spazio per la morfogenesi e l'auto-organizzazione?*

Veronica Cavedagna & Danilo Zagaria

“Est-ce que le but de la vie est vivre?”

Paul Claudel

*“La natura ultima del reale è di essere in costruzione permanente
invece di consistere in un’accumulazione di strutture fatte, date.”*

Piaget

“Faire, et en faisant se faire.”

Lequier

Per iniziare, le carte sul tavolo

Il nostro intento è di tematizzare le nozioni novecentesche di struttura e organizzazione a partire da quello che si potrebbe definire il pensiero della complessità. Per questa ragione faremo riferimento ad alcuni passaggi di paradigma che nel corso del Novecento hanno riguardato anche le scienze biologiche per cercare di mostrare, anche se solo velocemente, come il ripensamento abbia interessato in ultimo l'intera enciclopedia dei saperi, prima o oltre le cosiddette scienze umane, generando globalmente punti di contatto e risonanze tra discipline anche molto distanti le une dalle altre. Lo scopo specifico è di comprendere come riconsiderare le coordinate elementari con cui si pensa il reale, senza tradirne la natura processuale e relazionale. Tutte le implicazioni, soprattutto quelle che riguardano la spazialità, e dunque la teoria dell'architettura, in particolare la teoria della progettazione, ci aspetta di tirarle fuori assieme in questa sede.

I. Una visita nel gabinetto dello scienziato: dal gene alla specie, dal *bios* al *cyborg*

Un gene – una proteina

L'acido desossiribonucleico (DNA) è un acido nucleico che contiene le informazioni genetiche necessarie alla biosintesi di RNA e proteine, molecole indispensabili per lo sviluppo e il corretto funzionamento della quasi totalità degli organismi viventi. Le scoperte effettuate in diversi campi di studio nel corso del Novecento – genetica di popolazioni, paleontologia e genetica – unite all'impianto teorico darwiniano e alla genetica classica di stampo mendeliano, hanno portato alla “sintesi moderna” (o neodarwinismo), vale a dire alla teoria attualmente più accreditata per spiegare l'evoluzione delle specie viventi.

La struttura a doppia elica del DNA è stata descritta per la prima volta da Watson e Crick nel 1953. Nel corso dei decenni successivi ha prevalso una

visione gene-centrica della biologia, in cui il motto ricorrente nei laboratori di tutto il mondo era il seguente: un gene – una proteina. I geni, tramite il processo di sintesi proteica (trascrizione/traduzione) permettono la costruzione dei “mattoni della vita”, in una linearità causale ben definita e per molto tempo considerata la sola regola universale della biologia molecolare.

Nonostante alcune teorie gene-centriche abbiano riscosso notevole successo (i concetti di gene egoista e di fenotipo esteso proposti da Richard Dawkins sono l'esempio più lampante), il quadro è andato facendosi sempre più complesso in tempi recenti con l'introduzione di nuove prospettive di studio e concetti. Celebre è il caso dello sviluppo epigenetico e delle reti di relazioni: l'organismo non si costituisce tramite la sola espressione genica, ma anche attraverso lo sviluppo epigenetico, vale a dire tramite modificazioni che alterano il fenotipo senza andare a intaccare il genotipo, e l'interazione reciproca fra i geni, i quali vanno a costituire delle vere e proprie reti.

Biologia evolutiva dello sviluppo

«Quanto guadagniamo nella comprensione delle forme viventi e del loro divenire evolutivo, se non ci limitiamo a raccogliere e interpretare i dati sperimentali relativi ai meccanismi di sviluppo, ma li integriamo in una visione che tiene conto della successione storica degli eventi evolutivi?». La domanda che si pone Alessandro Minelli sottolinea l'importanza di considerare la dimensione diacronica quando viene effettuata l'analisi di un processo biologico. L'emergere di questa consapevolezza ha dato luogo a una disciplina relativamente recente, che permette di coniugare due branche degli studi biologici e ottenere una prospettiva ampia, completa e diacronica della modificazione e dell'organizzazione del vivente. La prima è la biologia dello sviluppo, disciplina che studia i meccanismi molecolari e fisiologici che controllano le varie fasi embrionali e la formazione di cellule, organi e tessuti differenziati. La biologia evolutiva, invece, è la disciplina scientifica che analizza l'origine e la discendenza delle specie, così come i loro cambiamenti, la loro diffusione e diversità nel corso del tempo. Il risultato di questo incontro fecondo è la biologia evolutiva dello sviluppo (anche nota come Evo-Devo, dall'inglese *Evolutionary Developmental Biology*), disciplina che studia in chiave evolutiva la struttura e le funzioni del genoma (ovvero l'assetto completo di tutto il DNA contenuto in una cellula); si occupa quindi di indagare il rapporto tra lo sviluppo embrionale e fetale di un organismo (ontogenesi) e l'evoluzione della sua popolazione di appartenenza (la filogenesi). Nuove scoperte in ambito Evo-Devo hanno arricchito la nostra conoscenza del *bios*. I geni *Hox* e i *Master control genes*, per esempio, così come le reti geniche, la pleiotropia, il concetto di zootipo e di modulo, la cooptazione. Le ripercussioni si sono rivelate sostanziali, con la caduta di alcuni concetti sorpassati come la predominanza genica e il finalismo dello sviluppo embrionale.

Oggetto di studio prediletto in questo campo fin dagli anni '80 è la regione *omeobox* del DNA, che contiene i geni *Hox*. Si tratta di geni presenti nella quasi totalità degli organismi bilateri, che definiscono l'identità delle regioni embrionali lungo l'asse antero-posteriore. Sono geni la cui modifica determina cambiamenti sostanziali nel fenotipo e nella struttura del corpo – famoso è il caso-studio della *Drosophila*: una mutazione in questa regione provoca uno scambio di collocazione fra zampe, antenne e il secondo paio di ali. La loro importanza a livello strutturale ha portato alla formulazione del concetto di zootipo, vale a dire lo schema topografico secondo il quale sarebbero distribuiti i diversi organi

lungo l'asse principale del corpo. I geni *Hox* codificano per delle proteine che sono a loro volta dei controllori, cioè dei fattori di trascrizione, che inibiscono o consentono l'espressione genica di altri geni. I meccanismi di regolazione genica permettono l'espressione genica, ma non tutti i geni vengono espressi: molte porzioni del nostro DNA non sono codificanti, oppure non vengono semplicemente attivate. Ma quindi, come vengono regolati i geni che codificano per le proteine che hanno il compito di regolare i geni? Chi controlla, insomma, i controllori?

Come mostra il caso dei geni *Hox*, non è mai facile stabilire quali siano i geni implicati nello sviluppo di una determinata zona corporea o struttura; spesso questo accade perché la pleiotropia (vale a dire l'effetto multiplo di un gene sul fenotipo di un individuo) è una regola comune ed è molto raro che esista una relazione univoca fra il gene e il carattere per cui esso codifica. La risposta a questi interrogativi è arrivata all'inizio degli anni '90, quanto è stato proposto il modello dei *Master Control Genes*: si tratta di un gene la cui espressione regola quella di molti altri geni che concorrono alla realizzazione di un determinato organo (per esempio i geni *Pax*; *pax6* a quanto pare è fondamentale alla formazione dell'occhio in vertebrati, molluschi e insetti). Tuttavia, questa pretesa di assegnare ad alcuni geni il ruolo di "master" dà origine a gerarchie geniche che molto spesso vengono successivamente smentite da nuovi studi.

La ricerca dei geni di controllo ha messo in luce la complessità delle relazioni che intercorrono fra i geni. Nel campo della regolazione genica esistono relazioni di relazioni, e non semplici gerarchie in cui ciò che è a monte influenza ciò che sta a valle. In tempi recenti, la biologia ha cercato le risposte a questi interrogativi nella scienza delle reti, arrivando a concepire il gene come nodo di una rete di relazioni (in alcuni casi i nodi sono principali, *hub*). Questa concezione è molto importante, poiché permette di visualizzare un quadro in cui le mutazioni non causano devastanti conseguenze a cascata (come nel meccanismo gerarchico), bensì generano modifiche che potrebbero essere vantaggiose o meno per l'individuo, in chiave evolutiva. Come ricorda Roberto Marchesini: «il DNA si presta a decifrare perfettamente, se inquadrato nella cornice darwiniana, quel doppio registro sincronico-diacronico che non permette una spiegazione esaustiva isocronica dei fenomeni biologici».

Niche Construction Theory

Anche a livello macroscopico, vale a dire nel rapporto che intercorre fra l'organismo e l'ambiente, sono presenti reti che ricordano quelle implicate nella regolazione genica, in cui i vari nodi si influenzano e si modificano a vicenda. In ecologia, il concetto di nicchia indica, in termini generali, il modo in cui un organismo o una popolazione risponde alle pressioni esterne, alla distribuzione delle risorse e ai competitori. Tale risposta genera a sua volta una cascata di risposte esterne, la quale dà origine nella porzione di spazio definita alla complicata rete di influenze reciproche presenti in un ecosistema complesso.

Negli studi storici di biologia e nel comparto della biologia evolutiva classica, lo spazio ha quasi sempre presentato caratteristiche fisse e pressoché immutabili. I soli eventi stocastici erano in grado di apportare modifiche sostanziali agli ambienti in cui le specie vivevano. Soltanto in tempi recenti, a partire dagli anni '80, questa integrità è stata intaccata da nuovi studi. Si è dunque arrivati alla formulazione della *Niche Construction Theory* (NCT o NC), la teoria della costruzione della nicchia.

Le specie modificano in modo sostanziale la nicchia che abitano. Tale

processo è un vero e proprio processo evolutivo che affianca la classica selezione (nonostante il dibattito sulle relazioni fra questi due processi sia ancora in corso). La nicchia modifica la vita della specie e la specie modifica a sua volta la nicchia che abita, molto spesso in modo concreto, per esempio tramite la costruzione di manufatti: pensiamo agli imenotteri sociali (termiti, api, formiche) e ai manufatti costruiti da alcuni vertebrati (i nidi degli uccelli e le famose dighe dei castori). La modifica della nicchia avviene generalmente in due modi. Primo: attraverso la perturbazione dell'ambiente. Gli esempi sono molti, basti ricordare l'ossigenazione dell'atmosfera avvenuta circa tre miliardi di anni fa grazie all'azione di cianobatteri e altri organismi fotosintetici oppure il contributo dei microrganismi ai cicli dell'azoto e del carbonio. Secondo: grazie a un processo noto come rilocazione. Anche in questo caso, sono migliaia le specie, in gran parte animali, che si muovono e modificano gli ecosistemi in cui transitano, quelli dai quali si spostano e quelli in cui arrivano. L'esempio più concreto sono i fenomeni migratori: uccelli, mammiferi africani terrestri (gnu, zebre) e cetacei marini.

Il punto focale della NCT è lo status evolutivo delle modifiche reciproche generate dall'interazione fra specie e ambiente. Questi tratti, detti *recipient traits*, vengono selezionati e dialogano nel processo evolutivo con i tratti "normali". Ma ci sono altre conseguenze. Prima di tutto la modifica della nicchia e della specie che la abita genera una pressione selettiva sulle altre specie (per esempio i competitori) e su componenti abiotiche apparentemente non coinvolte. Questo meccanismo allarga l'ombrello degli effetti su un ampio range di elementi, biotici e non. Infine, le generazioni successive ottengono da quelle parentali oltre a un pool genico ben preciso, un ecosistema alterato e modificato.

Il castoro (*Castor fiber*) costruisce dighe alte più di un metro e larghe più di tre; la lunghezza può variare, ma in alcuni casi raggiunge le centinaia di metri. I bacini artificiali creati dai castori attirano pesci, anatre e altri animali acquatici, specie la cui attività biologica viene modificata dal rapporto di mutua alterazione che si instaura fra il castoro e l'ambiente nel quale esso costruisce i suoi manufatti di architettura animale. Sebbene le dighe provochino locali inondazioni, esse aiutano a controllare il volume delle acque di superficie e riducono le inondazioni a fondo valle. Le formiche note come "lemon ants" (*Myrmelachista schumanni*) creano i cosiddetti "giardini del diavolo". Si tratta di ampie zone di sottobosco sulle quali le formiche spargono l'acido formico che producono, utilizzandolo sulle piante come un erbicida. Questa azione altera la biodiversità della zona: le formiche annullano la competizione interspecifica fra le piante, uccidendo tutte le specie vegetali che non servono loro come nutrimento e permettendo così alle loro favorite di prosperare.

La NCT (il cui statuto all'interno di una teoria dell'evoluzione estesa è ancora dibattuto) permette dunque di osservare il processo di alterazione della nicchia a opera delle specie, mostrando come in realtà gli individui siano parte di una rete di relazioni inserita in un contesto ambientale (che modificano, modificando a loro volta se stesse e le generazioni successive) e che è abitato da altre specie, le cui biologia e sopravvivenza si influenzano vicendevolmente.

La casa postumana

Gli esempi riportati fino a questo punto mostrano che sia in campo microscopico che in campo macroscopico sono le reti di relazioni a dominare i rapporti fra elementi, siano essi geni o specie. Nella corrente postumanistica questo genere di rapporto è un *leitmotiv*, ricorrente in numerosi contesti, in quanto la

cornice postumana identifica nel rapporto dell'uomo con l'alterità uno dei suoi punti cardine.

Oltre al superamento dei dettami antropocentrici insiti nell'umanesimo, il postumano vede nell'uomo un sistema-soglia, un essere cioè in grado di ibridarsi con l'alterità tecnologica e animale grazie alla sua spiccata tendenza alla virtualità. Nell'orizzonte postumano il rapporto con l'alterità tecnologica si è modificato, in quanto la tecnica non è più percepita come un guanto utilizzato per mantenere l'uomo isolato dal mondo esterno. Il rapporto si è fatto ibridativo: la tecnica invade il nostro corpo mentre noi ci proiettiamo in essa (pensiamo al *cyborg* di Donna Haraway).

Un esempio di ibridazione proviene dal campo della domotica, la scienza interdisciplinare che si occupa dello studio delle tecnologie atte a migliorare la qualità della vita nella casa e più in generale negli ambienti antropizzati. Roberto Marchesini parla della "casa postumana" come di un ambiente in cui la connettività è spinta ai massimi livelli: una casa capace di rispondere ai nostri segnali vocali, di avere in memoria i nostri gusti, la nostra agenda, le nostre esigenze microclimatiche. Una casa in grado di monitorare le nostre disposizioni e di agire di conseguenza; una casa che ne sa più di noi di quello di cui abbiamo bisogno, perché in ogni istante ha letteralmente il polso delle nostre disposizioni somatiche, umorali, psichiche, ed è perciò in grado di coniugare l'ambiente alle nostre precise necessità. E ancora Marchesini: «Cablare una casa, connetterla alla rete, significa darle una sorta di sistema nervoso che la renda in grado di comunicare con l'esterno e con noi». Da questi scenari si capisce dunque di che tipo sia l'ibridazione postumana, di come agisca mediante meccanismi di feedback auto-regolativi e di come non sia tanto un rapporto a due, quanto una vera e propria partnership in cui si viene a creare un nuovo spazio da vivere e abitare.

Una prima conclusione

Oggi viviamo un periodo in cui le idee fissiste e deterministiche sono state progressivamente accantonate. Nell'era post-quantistica abbiamo inaugurato una serie di discipline e di orizzonti in cui il fenotipo ha riacquisito importanza, in cui il rapporto con la storia non può essere tralasciato (Evo-Devo), in cui nuovi processi evolutivi vengono proposti e studiati (NCT) e in cui l'orizzonte postumano individua nell'alterità il partner ibridativo di un'umanità sempre più decentrata e virtuale. In simili linee di pensiero e avvicendamenti teorici, cade la visione causale deterministica e lineare in funzione di un orizzonte in cui la rete è il modello, e in cui la relazione si dà come relazione di relazioni: a livello genetico, nel rapporto individuo/specie-ambiente e nel *milieu* postumano.

II. L'Abc della complessità

Forma, struttura, sistema

Costruita e messa alla prova fin dalle origini da Platone e ancor più da Aristotele, ¹ discussa a chiare lettere o sottotraccia nel corso della storia della filosofia, la nozione di forma è ripresa in pieno Novecento dallo Strutturalismo e dalle teorie sulla complessità sotto la dicitura prima di struttura poi di sistema. Ciò che ci interessa far emergere è, per prima cosa, l'accento che sia lo Strutturalismo sia le teorie della complessità pongono sulla natura relazionale della struttura e del sistema

¹ Per Platone si può far riferimento al *Timeo*; per Aristotele al settimo libro della *Metafisica*.

(nello specifico: rapporto parti e tutto; tipo di causalità); per seconda cosa, lo slittamento, via via più marcato, tra queste due nozioni da connotazioni epistemologiche a connotazioni ontologiche; infine, provare a discutere l'impiego di queste nozioni ad ambiti trasversali del reale allargandolo anche allo spazio inteso come composizione orchestrale – un simile modo di intendere lo spazio, non tanto come spazio geometrico-fisico ma come spazialità costituita attraverso le interazioni è, pensiamo, ciò che tocca l'architettura.

Procediamo con ordine. Momento storico che ha interessato e coinvolto studiosi di vari ambiti: linguistica, antropologia culturale, critica letteraria, psicoanalisi, filosofia, ma pure matematica e logica, influenzando anche l'espressione artistica, tentativo di mettere a punto un metodo esplicativo che possa puntare a un "ideale d'intelligibilità comune", lo strutturalismo ha rappresentato una postura teorica d'indagine attorno al concetto di struttura. La struttura, infatti, ha assunto la funzione di varco, da rintracciare e aprire, per giungere a una considerazione immanente dell'oggetto di volta in volta indagato nelle differenti discipline. Considerare in modo immanente un oggetto corrisponde nei fatti all'esplicitazione dei nessi interni di una porzione di realtà isolata, cioè all'individuazione di ciò che le è intrinseco, proprio, astraendo dai legami con il suo esterno, che sia una porzione precedente o successiva o una porzione a essa contemporanea ma di un altro ordine. Con l'attenzione rivolta alle cosiddette invarianti sincroniche, lo strutturalismo si è rivolto al comune, all'omogeneo, al ricorrente prima ancora che al differente, all'eterogeneo, al discordante. Benché tratto comune e universale del reale, che si distingue per la primarietà logica rispetto a tutte le possibili istanziazioni empiriche, l'"invariante" (da declinare al plurale!) non deve far pensare a 'staticità' poiché, uno, è generativo delle configurazioni che, per l'appunto, si esemplificano nei diversi casi specifici (sulle diverse scale) e, due, se è generativo lo si deve al fatto che esso coincide precisamente con il proprio principio di strutturazione. Struttura (e relativo funzionamento) e costituzione della struttura sono, in ultima istanza, una cosa sola.

La definizione di cosa sia la struttura è offerta da Jean Piaget nel libricolo divulgativo sullo strutturalismo, uscito nel 1968 e intitolato appunto *Lo strutturalismo*. La struttura è «un sistema totale di trasformazioni autoregolatrici». In questa definizione sono condensati i tre caratteri principali della struttura, così come sono stati descritti da Piaget. Il primo è la totalità: la struttura è un tutto composto da parti, ma il rapporto tra il tutto e le parti è tale per cui non si privilegia né l'uno né le altre. Infatti, tra questi vige un ordine relazionale in cui «ciò che conta non è né l'elemento né il tutto che s'impone in quanto tale senza che si possa precisare come, bensì le relazioni fra gli elementi o, in altri termini, i procedimenti o processi di composizione (a seconda che si parli di operazioni intenzionali o di realtà oggettive); infatti il tutto è solo la risultante di queste relazioni o composizioni, le cui leggi sono quelle del sistema». Il secondo carattere riguarda le trasformazioni: se la totalità strutturata dipende dai processi o leggi di composizione, allora essa è al contempo strutturante. La strutturazione si spiega dunque attraverso il proprio sistema di trasformazioni, per esempio: evoluzione della struttura o passaggio da una struttura a un'altra. Il terzo carattere corrisponde all'autoregolazione, ossia un meccanismo attraverso cui le trasformazioni inquadrano e ritagliano solo gli elementi che appartengono alla struttura e che obbediscono alle leggi strutturali caratterizzanti la struttura in questione, escludendo in tal modo ciò che non è pertinente. Un simile meccanismo garantisce alla struttura una certa stabilità temporale e al contempo una certa chiusura, in altri

termini la sua conservazione. “Stabilità” e ancor di più “chiusura” non vanno intese come un ripiegamento della porzione di realtà su stessa giacché, per esempio, ogni struttura può *diventare* una sotto-struttura di una struttura di maggiore complessità, senza che la struttura di partenza venga però completamente annessa: continuerà a conservare un qualche grado di libertà, oltre che di specificità. Ai tre caratteri (totalità, trasformazioni e autoregolazione), se ne aggiunge poi un quarto, la formalizzazione: la struttura è suscettibile di essere formalizzata da un teorico (o da uno scienziato), e in modo del tutto indipendente, ma pur sempre corrispondente, rispetto alla struttura.

Da osservare che la nozione di struttura può essere interpellata per dar conto tanto di fenomeni biologici, per così dire naturali – ci si perdoni l'impiego volutamente *naïf* del termine di cui siamo consapevoli –, come la cellula, quanto di comportamenti umani, come il linguaggio o le dinamiche di organizzazione sociale. Infatti, per spiegare che cosa sia e quale statuto abbia una simile struttura, Piaget parte dalle strutture matematiche, passa per le strutture fisiche e biologiche e, solo in un secondo momento, arriva a quelle psicologiche, linguistiche e, in conclusione, a quelle sociali. L'argomentazione seguita da Piaget rispetta il ragionevole dubbio se a priori, precisamente prima dell'indagine, si possa o meno sapere se le strutture sono qualcosa proprio solo all'uomo o alla natura o a tutti e due; in altri termini, si tratta di comprendere se le strutture siano qualcosa che è già supposto essere nel reale o se, invece, siano soltanto il modo (intendendo, per modo, modello) impiegato dall'uomo per indagare l'oggetto circoscritto, ovvero l'applicazione delle nostre operazioni al reale indagato e la mera “constatazione che il reale si lascia fare”. E a tal proposito si può assumere che, per lo strutturalismo, se è possibile compiere operazioni di formalizzazione lo si deve al fatto che anche – anzi: ancora prima – gli oggetti formalizzati hanno, in quanto tali, la capacità di fungere da operatori. Tra le operazioni umane e le operazioni degli innumerevoli oggetti-operatori, cioè gli oggetti per così dire fisici a tutte le scale, dal microscopico al microscopico, si presuppone un accordo, un'armonia reale (nel senso di fattuale): esiste una corrispondenza tra le nostre strutture operatorie e le strutture del reale dato che nel reale esistono strutture indipendentemente dalla formalizzazione che l'uomo potrà operare. Tuttavia, per inciso, per quanto una simile corrispondenza sia apprezzabile viene da chiedersi quali siano davvero i suoi effetti o se, invece, per lo strutturalismo, la corrispondenza non sia solo quel che si constata quando il teorico (o lo scienziato) afferra e avvicina la sua lente alla realtà, senza però alterare la distanza, senza che di fatto si verifichi un'imbricazione performativa (e trasformativa) tra sistema-osservato e sistema-osservatore.

Con il concludersi degli anni Sessanta si data storicamente anche la battuta d'arresto dello Strutturalismo. Eppure, a ben considerare, questo momento coincide anche con il rilancio propulsivo della sua eredità, acciuffata per la coda. Ci appoggiamo sugli studi di François Dosse, esposti in *Histoire du structuralisme*, perché è su questa stessa linea che lo storico e filosofo francese insiste, coniano la felice dicitura di “naturalismo strutturale”. Anticipiamo per chiarezza che “naturalismo strutturale” è un altro modo di dire, specifico rispetto alla loro derivazione, le cosiddette teorie della complessità (o teoria dei sistemi complessi, che sono precisamente sistemi non lineari che rispondono cioè a una logica non riduzionistica). Infatti, assieme allo Strutturalismo, va aggiunto che il naturalismo strutturale raccoglie gli sviluppi di una particolare disciplina: la cibernetica (a partire dagli studi di Norbert Wiener), scienza che studia i fenomeni di autoregolazione

e di comunicazione propri dei sistemi naturali (i viventi) e dei sistemi artificiali (le macchine). L'intervento della cibernetica è un cambiamento importante! Se lo Strutturalismo metteva le radici in particolare nella linguistica e nella psicologia, ora è la biologia (con un'attenzione particolare agli studi sui sistemi generali di von Bertalanffy) ² a rappresentare la cornice di riferimento. E il primo cambio sta proprio nello slittamento della terminologia: se "struttura" aveva storicamente occupato il posto della "forma", ora è "sistema" a sostituirsi a "struttura", e "sistema" si specifica nel dettaglio come "auto-organizzazione". Che cos'è sistema (in particolare che cos'è il sistema vivente), come si realizza l'auto-organizzazione, quale relazione si stabilisce tra i sistemi sono tutti oggetti d'indagine che iniziano a capitalizzarsi già dagli anni Quaranta e Cinquanta del Novecento, ma che si agglutinano soprattutto nella seconda metà del secolo, per opera di una serie di discipline solo apparentemente distanti tra loro: la stessa cibernetica, la matematica, la fisica, la biologia, l'epistemologia ecc. A partire dagli anni Settanta, infatti, lungo questa via confluiscano – elenchiamo in modo sommario – gli sviluppi della fisica post-quantistica, i dibattiti tra genetica ed epigenetica, la teoria delle catastrofi (René Thom), la teoria del caos, la teoria delle strutture dissipative (Ilya Prigogine), le teorie sull'intelligenza artificiale, le discussioni sulle proprietà emergenti, alcune epistemologie (Prigogine e Isabelle Stengers, Edgar Morin), la teoria autopoietica (Humberto Maturana e Francisco Varela), la teoria dei sistemi sociali (Niklas Luhmann). Questi e altri studi contribuiscono a quella che oggi nominiamo comunemente teoria della complessità, dove per complessità s'intende la complessità organizzata in qualunque sua forma: dalla cellula alla società.

² Von Bertalanffy distingueva tra sistemi aperti, cioè in perpetuo scambio di risorse e informazioni con l'ambiente (relazione di *input* e *output*), e sistemi chiusi, ossia isolati, barricati.

Ora, il naturalismo strutturale può essere sì ritenuto un prolungamento dello strutturalismo, ma non è tuttavia possibile appiattare il primo sul secondo giacché introduce più di uno scarto, introduce del nuovo; per esempio, aspetto che ci riguarda da vicino, insiste maggiormente sul fatto che la struttura non è solo un metodo per avvicinare e comprendere il reale, ma è già il reale stesso: detto altrimenti, io-osservatore incontro la struttura poiché già là, per così dire, in natura. Il metodo strutturale per cui lo Strutturalismo si è contrassegnato altro non è che parte integrante della realtà stessa, realtà naturalmente strutturale. Dunque, se il primo Strutturalismo o Strutturalismo canonico si caratterizza maggiormente per la sua natura strumentale ovvero operatoria, il secondo strutturalismo radicalizza la portata del discorso anche sul piano ontologico, sottolineando la portata operativa della struttura in quanto tale, di qualunque tipo essa sia, fisica o mentale. A dinamizzarsi è, quindi, anche il rapporto che sussiste tra sistema-osservato e sistema-osservatore: l'azione dell'osservatore, infatti, non è più neutra, senza incidenza; al contrario, tra osservatore e osservato s'istituisce un'interazione reciproca, tale per cui l'osservatore, nel momento in cui osserva il sistema, lo modifica, lo trasforma, e ciò di cui può dare conto è precisamente quella stessa relazione trasformativa che è essa stessa indice di un sistema – benché (già) altro dai sistemi di partenza.

Accanto all'ordine che distingueva la struttura dello Strutturalismo, poi, si fa largo il disordine con cui il sistema deve continuamente fare i conti. L'auto-organizzazione, infatti, può dirsi stabile o in equilibrio solo a tratti; vive sempre ai margini di se stessa: non il caos, altrimenti ci sarebbe la dissoluzione; non l'ordine definitivo altrimenti si avvererebbe la sua cessazione (la morte termodinamica).

È con gli studi sulla complessità che si pone l'accento sulla dimensione diacronica propria ai sistemi, accanto a quella sincronica delle strutture: cioè sulla storia delle trasformazioni che lo interessano, lo storicizzano, lo evolvono, lo cambiano.

Alcune annotazioni su un caso particolare d'auto-organizzazioni:
la nozione d'autopoiesi

“Autopoiesi” è il concetto coniato dal biologo, neurofisiologo e sociologo cileno Humberto Maturana e dal biologo, neurofisiologo ed epistemologo cileno Francisco Varela – si veda almeno il testo *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente* – i quali cercano di offrire un modello o una formalizzazione di che cosa sia il sistema vivente e che cosa sia la cognizione, dove per cognizione si deve pensare a un'accezione allargata del meccanismo di adattamento di un sistema rispetto a perturbazioni o sollecitazioni provenienti dall'ambiente esterno. Un sistema vivente è autopoietico perché è all'origine della sua stessa produzione (si autoproduce) e si modifica nel corso della sua esistenza, pur mantenendo fede all'organizzazione con cui di fatto coincide, per *persistere* nella propria conservazione. La nozione d'autopoiesi si forma riprendendo il termine aristotelico *poiesi* – per l'appunto è più una ripresa del termine che del concetto propriamente aristotelico – e aggiungendo la particella *self* che imprime alla *poiesi* in questione una torsione riflessiva. Il sistema autopoietico è, infatti, un sistema autoreferenziale: mantiene continuamente alta l'attenzione e il contatto con sé! A partire dall'osservazione diretta del funzionamento di cellule viventi, anche in rapporto a processi complessi (relazione con l'ambiente, evoluzione), Maturana e Varela individuano tre caratteri o criteri che distinguono la cellula come sistema ovvero come un tutto: 1) la presenza di un confine (membrana) sferico, chiuso ma semi-permeabile (che consente dunque lo scambio tra dentro e fuori); 2) la produzione di quello stesso confine dall'interno del sistema; 3) da qui, la costituzione di un sistema che comprende al suo interno processi, reazioni e sviluppi che hanno come ricaduta essenziale la continua rigenerazione delle componenti del sistema stesso. L'auto-organizzazione coincide dunque con le reti di relazione che definiscono la vita stessa del sistema, la quale cercherà di mantenersi secondo un grado di equilibrio stazionario secondo una serie di aggiustamenti che possono anche passare attraverso auto-trasformazioni delle proprie caratteristiche strutturali ma che non mettono mai in questione la chiusura del sistema stesso. La caratteristica principale di un sistema autopoietico è di possedere una natura circolare e ricorsiva – altro modo di dire “auto-referenzialità” – e precisamente tale circolarità o ricorsività rispondono alla domanda sul *come* si produce o realizza un sistema. Si dica subito che la modalità è di tipo relazionale, e in senso massimamente radicale, giacché non si tratta solo di relazioni tra singoli elementi, ma di relazioni tra le relazioni dei componenti rispetto all'unità e viceversa!

Per spiegarci. Il vivente-minimo presentato dalla teoria autopoietica è un sistema unitario – una vera e propria unità o individualità – che si contraddistingue per una precisa dinamica di costituzione del tutto e, allo stesso tempo, delle sue parti. Ovvero, una dinamica che mette in scena una relazione tale per cui le parti di un organismo esistono, cioè si costituiscono e continuano a essere, solo attraverso l'esistenza e la costituzione di un tutto, il quale è immediatamente, e già dall'inizio, responsabile delle parti che via via lo compongono. Detta altrimenti: un sistema autopoietico è un'unità nello spazio e nel tempo, organizzata come una rete di processi di produzione di componenti (produzione per sintesi e distruzioni) tale per cui le componenti rigenerano continuamente la rete

che li sta producendo e, al tempo stesso, costituiscono il sistema come un'unità distinguibile nel dominio entro il quale essi esistono. Nel sistema, che a ben vedere coincide con il proprio meccanismo di funzionamento, è continuamente in atto un dinamismo che passa reciprocamente dagli elementi locali d'interazione all'identità emergente globale, la quale in ultimo si distinguerà sotto la specie della *tendenza*. Ciò che caratterizza il sistema autopoietico è allora la propria logica operativa, la quale è circolare e ricorsiva poiché produttore e prodotto non sono più distinguibili tra loro, così come non è possibile scindere mezzi e fini, separare inizio e fine. Infatti, benché aperto nell'ambiente (traduzione di *environment*), inteso come mondo fisico neutro – la materia preindividuale che entrerà a far parte dell'organizzazione o ne verrà esclusa –, il sistema è chiuso rispetto alla logica che lo comanda. "Tendenza" è, quindi, "identità"! Nonostante le perturbazioni che, dall'esterno, coinvolgono (e possono sconvolgere) il sistema – obbligandolo a rivedere la propria dinamica e, al limite, le proprietà inerenti pena il mancato adattamento e la distruzione –, nonostante le trasformazioni oppure la storia evolutiva, il sistema continuerà a confermare sé. L'autonomia del vivente sta precisamente in questo: cioè nel fatto che è capace di decidere per sé e attribuirsi la propria norma (dove norma sta per "coerenza bio-logica", per impiegare la felice espressione di Pier Luigi Luisi).

Relazione

È facile intuire che il tentativo della teoria autopoietica scommette sulla possibilità di conservare a livello esplicativo la complessità propria del reale. E tale complessità dipende precisamente dalla rete di causalità che lo concerne, ovvero dalla sua inter-relazionalità costitutiva, la quale non è solo relazione tra elemento *a* ed elemento *b*, per quanto infinitamente complessi, ma relazione di relazioni. Come pensare una simile inter-relazionalità senza appiattirla né al riduzionismo (dalla parte al tutto, schema adottato per esempio dal riduzionismo genetico) né all'olismo (dal tutto alle parti)? Al di là del primo modello (*bottom-up*) e del secondo modello (*top-down*) è possibile intraprendere una terza strada esplicativa a multilivelli che cerchi di pensare radicalmente una causalità bidirezionale, **3** come due frecce che insistono in direzioni opposte, che non tralascino e tradiscano la complessità, scardinando la primarietà logica del tutto o delle parti, interrompendo l'aporia se è nato prima l'uovo o la gallina; perché ciò che è costitutivo in senso forte è la relazione di relazioni da cui si realizzano (si pongono e si trasformano) incessantemente il tutto e gli elementi che vi fanno parte, secondo continue operazioni di trasduzione, riscrittura, riformulazione, riorganizzazione.

3 Per leggere un'argomentazione più approfondita e tecnica sulla questione, si potrà partire dall'articolo di Paul-Antoine Miquel e Isaac Hernandez, *Biological organization and entanglement of levels*, di prossima uscita. Approfittiamo per ringraziare Isaac Hernandez per il confronto continuo su questi temi.

Una seconda conclusione

Perché siamo partiti dal biologico per parlare a un pubblico di architetti che, invece, maneggiano l'artificiale? Perché partire dalla scala microscopica per parlare agli specialisti del macroscopico?

Per concludere, ripartiamo da capo da una suggestione che rubiamo dallo scritto di Gio Ponti, *Amate l'architettura*, testo in cui riprende le fila della scrittura di anni prima:

pensavo:

l'Architettura è un cristallo, l'Architettura pura è un cristallo; quando è pura, è pura come un cristallo, magica, chiusa, esclusiva, autonoma, incontaminata, incorrotta, assoluta, definitiva, come un cristallo. È cubo, è parallelepipedo, è piramide, è obelisco, è torre: forme chiuse e che stanno. Rifiuta le forme non finite: la sfera, forma infinita, non sarà mai un'architettura: rotola, non sta: né comincia né finisce. Architettura comincia e finisce, l'Architettura sta. Guardate l'architettura antica, troncava le forme curve per farle stare, e poggiarle: la cupola è un emisfero, è la sfera troncata e svuotata che poggia, buccia di mezza sfera; l'anello di una torre, d'un circo, di un teatro, era un cilindro troncato, per stare. Un ponte era una parabola, un arco troncato, per stare.

Queste (cupola, torre cilindrica) sono vere architetture curve. Le altre (facciate a biscia concave o convesse, anche moderne) sono architetture «piegate», «inflexe», antichi compiacimenti barocchi o barocchismi moderni. Un'arena antica è un prisma di molte facce: ogni arcata è una faccia. L'arcata non si può piegare, spinge in fuori e schianta.

Un'arena è un diamante, una cattedrale è un diamante, una piramide è un diamante.

(L'Architettura è un diamante)

Nella natura essa rappresenta il finito contro l'infinito. Nel tempo e nella materia ciò che resta contro ciò che passa; la «perpetuità» (dice Palladio).

Fra gli alberi e nubi e luci e acque che si muovono, e tempo che si svolge, essa sta, compiuta e fissa, ferma, astratta, meravigliosa e rara: come un cristallo.

così pensavo [...]

(oggi dico anche: l'architettura è uno spazio). **4**

4 Si invita il lettore a sfogliare il libro dove è anche possibile osservare le illustrazioni che accompagnano gli scritti di Gio Ponti.

Gio Ponti ridivide il foglio a metà e rielenca, da una parte, gli elementi che fanno parte dell'insieme delle forme compiute – cioè perfette, chiuse e statiche – l'insieme che potremmo dire dell'inorganico, di cui il cristallo ne è la rappresentazione evocativa e, dall'altra, gli elementi che fanno parte dell'insieme delle forme infinite – cioè in movimento, in progressione, in trasformazione, in transito, in divenire – l'insieme che potremmo dire del *bios*, del tempo e dello spazio, appunto, come per esempio le nubi. **5** Una precisazione è dovuta: l'insieme del *bios* non coincide *tout-court* con l'organico, giacché per Ponti in esso ritroviamo anche la macchina, e non solo la macchina che sfreccia per le strade (ferma è una macchina a metà, è una statua, ci dice), ma anche la *serie* o l'*evoluzione* delle macchine sempre più perfezionate che dalla prima si genera.

5 Per concatenamento le nubi richiamano il fumo; l'opposizione cristallo-fumo richiama alla mente il testo di Henri Atlan pubblicato in Francia nel 1979, capitale per le ricerche sulla complessità, dal titolo *Tra il cristallo e il fumo. Saggio sull'organizzazione del vivente*.

Assumiamo la possibile illiceità dell'operazione di *bricolage* cui sottoponiamo le parole di Ponti, isolate, ritagliate e spostate in un altro contesto, e tuttavia fanno molto gioco al discorso che abbiamo solo imbastito a partire dall'osservazione in fondo ovvia che, sebbene un elemento possa dirsi compiuto in un dato luogo e in un dato tempo, esso non potrà mai confermarsi tale – restare tale o meglio: restare tale e quale – se entra a far parte dell'interazione di un sistema in cui altri elementi sono coinvolti. L'interazione è sempre trasformazione!

Una forma, di qualunque natura essa sia, pure la forma architettonica non è mai qualcosa che resta fissa. La forma prevede sempre trasformazioni che sono talvolta operazioni che intervengono nella riscrittura della forma stessa, non solo nel suo aspetto ma anche nella sua natura (è poi possibile separare le due cose?). Che ne è allora dello spazio se non lo si considera semplicemente

come un contenitore o un foglio bianco dentro cui porre qualcosa, ma un *campo* di riscrittura? Anche la mano dell'architetto, in fondo, non agisce che fino a un certo punto, perché forse anche per le cose dell'uomo come per quelle della natura (distinzione forzata, lo si sa!) non ci sono *mani* ma solo *forme*, come nei primissimi *frames* del film di Georges Clouzot dedicato al genio di Picasso, *Il mistero di Picasso*, in cui il processo artistico è inscenato per quello che è: linee che dialogano tra loro come in autonomia dalla mano che per l'occasione le traccia. Se l'architetto (o il progettista) può giocare alla finzione del Dio fabbricatore sarà costretto presto o tardi a dover abbandonare questi panni sulla sua sedia.