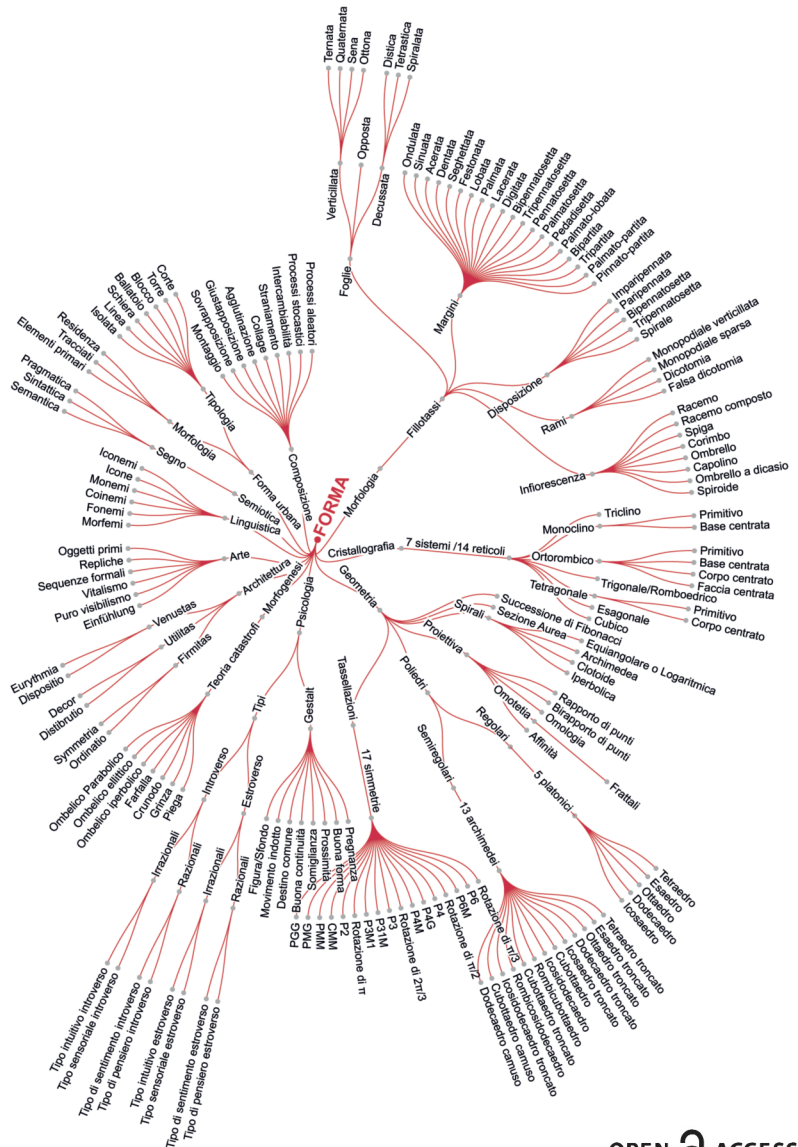


Roberto de Paolis

Fondamenti del progetto e processi di morfogenesi



OPEN ACCESS

Serie di architettura e design

FRANCOANGELI



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

http://www.francoangeli.it/come_publicare/publicare_19.asp

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Roberto de Paolis
**Fondamenti del progetto
e processi di morfogenesi**

OPEN  ACCESS

Serie di architettura e design

FRANCOANGELI

Immagine di copertina di Roberto de Paolis, Simone Corti, Silvia Guerini.

Isbn 9788835102397

Copyright © 2020 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Indice

Introduzione pag. 7

Parte I – Un’esplorazione nel mondo delle forme

1. Il contesto di riferimento » 13

1.1 Teoria della complessità » 13

1.2. Teoria del caos » 21

**2. Il problema della genesi della forma: un
approccio transdisciplinare** » 24

2.1. Forma morfologia morfogenesi » 24

2.2. Arte e formalismo » 34

2.3. Modelli matematici della morfogenesi » 41

2.4. Morfogenesi dell’opera letteraria » 50

2.5. Morfemi, coinemi, icone e iconemi » 55

2.6. Morfogenesi e simmetria » 58

2.7. Morfogenesi e teorie della percezione » 72

Parte II – Metodologie di progettazione e morfogenesi, strumenti e tecniche di operatività progettuale

3. La progettazione come processo di morfogenesi » 83

3.1. Approccio morfologico » 83

3.2. Modelli matematici di lettura della logica di
progetto » 85

3.3. Lettura della dinamica evolutiva delle forme » 88

3.4. Morfogenesi come risposta all'invenzione di nuove funzioni	pag.	96
3.5. Coscienza della storia, invenzione linguistica e varietà	»	105
3.6. Tempo del progetto e durabilità	»	107
4. Tecniche di operatività progettuale	»	113
4.1. Nuovi materiali, nuove tecnologie, nuova formattività dell'oggetto	»	113
4.2. Il metodo sperimentale nella ricerca progettuale	»	115
4.3. Un modello di rappresentazione del processo progettuale	»	117
4.4. Adozione di modelli dinamici	»	119
4.5. Innesco del progetto	»	121
4.6. Strumenti e procedure logiche di controllo	»	123
4.7. Assi sintagmatico (combinativo) e paradigmatico (selettivo)	»	124
4.8. Tecniche di operatività progettuale sulle strutture logiche individuate	»	131
Conclusioni	»	143
Riferimenti bibliografici	»	147

Introduzione

Il testo si propone di effettuare una ricognizione teorica attorno ad uno spazio di ricerca di particolare rilievo per il disegno industriale, sia dal punto di vista della tradizione progettuale sia da quello delle prospettive future. L'ambito di ricerca è costituito dall'approfondimento dei principi teorici, delle metodologie e degli strumenti per la sintesi delle qualità formali dell'oggetto all'interno del processo di progettazione dei prodotti.

Il mutamento del quadro epistemologico contemporaneo, la riscoperta dell'approccio morfologico nell'ambito delle scienze esatte insieme all'approccio scientifico sperimentato sulla morfogenesi sono le basi di una ricognizione sulla cultura del progetto. Il nucleo tematico della tesi, partendo dalla tradizionale attribuzione delle qualità formali dei prodotti sotto il profilo estetico-percettivo (e dalle classiche nozioni di forma e morfologia), si indirizza verso una concezione di progettazione come processo dinamico di morfogenesi. Osservando le dinamiche morfogenetiche nell'ambiente naturale e artificiale, il saggio seleziona alcuni nuclei tematici legati alla trasversalità dei contributi al progetto che hanno come referenti molteplici campi del sapere, della scienza, dell'arte e delle tecniche.

Diverse sono le ragioni che hanno condotto alla scelta di questo specifico tema.

La prima è di natura disciplinare. La tesi proposta presenta il principale elemento di interesse proprio nel tipo di approccio alla progettazione come processo di morfogenesi e in quanto tale non circoscrivibile all'ambito esclusivo del disegno industriale ma che coinvolge

ed è applicabile anche alle problematiche e ai metodi della morfogenesi architettonica e urbana. Il ritenere il processo progettuale una procedura logica, che integra, nel momento adduttivo, la complessità dei riferimenti, che comunque vengono rielaborati in un'organizzazione soggettiva delle referenze, memorie ed esperienze pregresse, supera, integrandoli, i tradizionali approcci che vedono il momento creativo o come estrinsecazione di una particolare poetica individuale non scevra da assiomaticità e categorizzazioni, o come risultato automatico scaturito dall'adozione di una particolare metodologia.

La seconda ragione riguarda invece i contenuti. Le diverse determinazioni morfologiche, tecnologiche, tipologiche, che conducono, nel cammino progettuale, alla definizione dell'oggetto non vengono messe sullo stesso piano d'indagine, ma alla componente morfologica, intesa come logica formale, viene attribuito un valore prioritario sia sul piano descrittivo e conoscitivo che sul piano concreto dell'organizzazione del processo.

Questa constatazione introduce la terza ragione della scelta, una ragione questa volta metodologica. Il metodo utilizzato è quello sperimentale, articolato in tre momenti: osservazione e descrizione; sperimentazione; costruzione di modelli.

L'attività di ricerca è stata svolta su diversi piani, strettamente interrelati:

1. la messa a fuoco dei nuclei tematici relativi al mondo delle forme, che consentissero di procedere ad un inquadramento dei problemi nel più ampio contesto delle diverse discipline. In sintesi, essi si possono riassumere nei seguenti punti:

- ruolo della morfologia e della morfogenesi organica e inorganica nella descrizione e comprensione di tutti quei fenomeni in cui si è osservabile e si verifica la genesi della forma;

- ruolo delle teorie classiche della forma, come le discipline geometriche, la teoria della simmetria, le teorie della percezione;

2. lettura della dinamica evolutiva delle forme;

3. ricerca sulle diverse tecniche di operatività che costituiscono il concreto esplicitarsi della progettazione secondo un modello dinamico di sviluppo.

Nella prima parte viene compiuta un'esplorazione generale nel mondo delle forme. Il primo capitolo definisce il panorama generale

dei mutamenti nel quadro epistemologico all'interno del quale si iscrive lo specifico argomento del progetto attraverso l'analisi di diverse discipline, quali le scienze naturali e biologiche e la fisica, e alla luce delle concezioni più recenti in campo filosofico-epistemologico: le teorie della complessità e del caos. Il secondo capitolo indaga, secondo un approccio transdisciplinare, la genesi della forma e il passaggio graduale dai concetti di forma e morfologia a quello maturo di morfogenesi. Si passa così, anche sotto il profilo dell'evoluzione storica del concetto, dalla nozione riferita alle scienze naturali, al mondo dell'arte, fino ai modelli topologici della teoria delle catastrofi, non trascurando alcuni riferimenti linguistici, letterari e psicologici. Inoltre, un peso rilevante, in questa ricognizione, viene ad assumere l'analisi effettuata sulla teoria simmetrica e a quella della percezione della forma.

Nella seconda parte vengono affrontate le principali problematiche connesse all'approccio morfologico alla progettazione inteso come processo di morfogenesi e alle tecniche di operatività progettuale. Nell'approccio morfologico rivestono particolare importanza: l'individuazione degli aspetti dinamici nella lettura del sistema degli oggetti, sia come continuità e variazioni delle immagini artistiche sia come sequenza di soluzioni collegate a determinati problemi; considerazioni legate alla temporalità del progetto; le principali connessioni e implicazioni tra arte, industria e artigianato. Nelle tecniche di operatività progettuale vengono messi a punto i modelli concettuali di supporto al progettista, modelli dinamici e procedure di controllo che, agendo sul piano tattico (sintagmatico) e strategico (paradigmatico), sono adottati in molteplici campi disciplinari, da quello linguistico a quello musicale, da quello scientifico a quello attinente la cultura del progetto del prodotto industriale. Vengono inoltre illustrate alcune tecniche specifiche, che assumono i concetti centrali di adduzione e di aleatorietà come modalità privilegiate di trasposizione sul piano del progetto, da una parte, della soggettività nella selezione dei riferimenti e, dall'altra, del ruolo assunto dal casuale e indeterminato nel processo di morfogenesi.

La ricerca morfologica non si esaurisce entro questi ambiti teorici ma presenta prospettive sperimentali di sviluppo conoscitivo (merceologia e design della forma-merce), metodologico didattico (strumenti e metodi del metaprogetto) e di definizione di nuovi linguaggi costitutivi della forma (design parametrico).

Parte I
Un'esplorazione
nel mondo delle forme

1. Il contesto di riferimento

1.1. Teoria della complessità

Nel linguaggio comune *complesso* e *complicato*, derivati dalle parole latine *complexus* e *complicatus*, tendono ad assumere un significato quasi equivalente, avendo, l'uso corrente, ampliato la loro estensione semantica. In effetti la lontana radice etimologica è la stessa, derivando entrambi da *cum-*, <con, insieme>, e *plek-*, di *plectere* <allacciare> e *plicare* <piegare>. Mentre *complexus* è participio passato di *complecti*, <comprendere, stringere, abbracciare>, *complicatus* è participio passato di *complicare*, <piegare insieme, avvolgere>. Entrambi poi sono opposti a *semplice*, dal latino *simplex*, composto dalle radici *sem-*, <uno, uno solo>, e dallo stesso *plek-*.

La distinzione scientifica più accreditata tra i due termini è quella che fa riferimento non tanto alla struttura di un fenomeno quanto al ruolo dell'osservatore nella descrizione dello stesso. Affermando che un fenomeno è complesso indichiamo che possiede una qualità che lo rende irriducibile ad una descrizione, e ad una spiegazione. E queste qualità sono l'indeterminatezza, la molteplicità e l'imprevedibilità. Affermando che un fenomeno è complicato indichiamo che la sua descrizione e spiegazione, pur essendo possibile, non è teoricamente economica, cioè richiede un costo in termini di tempo superiore a limiti ragionevoli. Si danno casi in cui i fenomeni complessi siano anche complicati, ma non tutti i fenomeni complicati sono necessariamente complessi¹.

¹ G. de Michelis, *Complessità e organizzazione*, documento inedito presentato in occasione del seminario tenuto al dottorato di ricerca in disegno industriale del Politecnico di Milano il 16 marzo 1995.

Nei confronti del tema della complessità è possibile individuare due approcci fondamentali.

Il primo, l'*approccio riduzionista*, è quello della scienza 'normale', sostanzialmente gerarchico; in esso, pur riconoscendo la complessità dei fenomeni, anzi dandone sul piano descrittivo i contributi più interessanti, essa viene ricondotta a principi esplicativi semplici che rendono l'osservatore capace di prevedere in modo esatto e, sostanzialmente quantitativo, lo svolgersi dei fenomeni presi in esame.

Nell'*approccio morfologico* alla complessità, si assiste invece ad un radicale spostamento paradigmatico. In questo caso quello che interessa mettere in luce sono le diverse *forme* che la complessità dei fenomeni assume sotto il profilo sostanzialmente qualitativo, e la molteplicità di dimensioni che la caratterizza, in base a determinati parametri di controllo, nella sua evoluzione dinamica. La prevedibilità di sviluppo dei fenomeni, di carattere spesso aleatorio, allora non è misurabile 'esattamente', non conduce a soluzioni univoche e deterministiche, ma piuttosto è riconducibile a determinati *attrattori*, che svolgono la funzione di centri o spazi di attrazione periodica.

Non è un caso che l'approccio morfologico sia nato e si sia sviluppato in campi scientifici quali la teoria del caos e degli attrattori strani di David Ruelle, la teoria delle catastrofi di René Thom, la teoria dei frattali di Benoît Mandelbrot, la teoria delle strutture dissipative di Ilya Prigogine, o ancora la teoria sinergetica di Hermann Haken. Se da un lato abbiamo una scienza che si occupa esclusivamente, con la fisica atomica, o dell'infinitamente piccolo (quark, fermioni, bosoni, ecc.) o, con l'astrofisica, dell'infinitamente grande (ammassi stellari, pulsar, quasar, ecc.), l'approccio morfologico ha portato l'attenzione su quei fenomeni, su quegli oggetti *a scala umana*, percepibili nell'esperienza quotidiana, quali la caduta di una foglia, la formazione delle nubi, le volute del fumo di una sigaretta, la schiuma in un boccale di birra, le macchie su un muro scrostato, la traiettoria di un fulmine, la forma di una costa geografica, il frangersi di un'onda. E quindi si assiste ad una importante riabilitazione del mondo sensibile, corporeo, ad una rivalutazione della fenomenologia legata appunto alla visibilità dei fenomeni, cioè della fenomenologia della percezione.

La teoria morfologica, segnatamente la teoria del caos che ne è alla base, costituisce la terza delle grandi rivoluzioni nelle scienze fisiche del XX secolo, dopo la teoria della relatività e la teoria dei quanti. "La

relatività eliminò l'illusione newtoniana dello spazio e tempo assoluti; la teoria quantistica eliminò il sogno newtoniano di un processo di misurazione controllabile; e il caos elimina la fantasia laplaciana della prevedibilità deterministica”². Di queste tre, la rivoluzione del caos, procedendo all'analisi delle forme, sia animate che inanimate, che sono state spesso scartate dalla tradizione scientifica classica, perché troppo complesse, “strane” o imprevedibili, e che tuttavia popolano grandemente il nostro mondo, anzi ne costituiscono la regola – le forme “semplici” sono un'eccezione –, studiando e cercando di capire come queste si generino, ha riannodato, da una parte, i legami che gli studi sulla forma hanno con le loro origini, la filosofia della natura di Platone, Aristotele, Eraclito, dall'altra ha stabilito un nuovo terreno per l'avanzamento della comprensione scientifica della loro formazione. Boutot sostiene³ che l'invenzione delle forme e l'incontro tra scienza e filosofia che vi è sotteso si riconnetta alla tradizione aristotelica, proponendo di caratterizzarla, per questa ragione, come un «*neo-aristotelismo matematico*» (Boutot, 1993, p. 15).

Che la complessità sia una qualità che caratterizza gli organismi viventi è piuttosto ovvio così come l'indubbio fascino che le forme biologiche esercitano su ognuno di noi. Si deve alle ricerche sui fenomeni cooperativi, condotti dal fisico chimico Ilya Prigogine, con la teoria dei *sistemi dissipativi* e delle forme di *auto-organizzazione* nei sistemi fisico-chimici, il grande sviluppo che gli studi sulla complessità hanno avuto nella comunità scientifica internazionale⁴. Alla base di questo nuovo modo di descrivere la realtà è, fra gli altri, l'osservazione che, le rotture di equilibrio di un sistema aperto, ad opera di una immissione di energia o materia, generano complessità e nuove strutture spazio-temporali: «Ordinari sistemi come uno strato di fluido o una miscela di prodotti chimici possono generare, sotto certe condizioni, *fenomeni auto-organizzati* in scala macroscopica sotto forma di modelli spaziali di ritmi temporali. In poche parole, la complessità non è più limitata alla biologia; sta invadendo la scienza fisica e sembra profondamente radicata nelle leggi della natura» (Nicolis e Prigogine, 1991, p. 10).

² J. Boslough, citato in Gleick (1987, p. 12 trad. it. 1989).

³ Cfr. l'approccio, da storico della filosofia e filosofo della scienza, ai temi trattati in questo paragrafo, e che saranno poi ricorrenti nel nostro testo, in Boutot (1993).

⁴ Cfr. Prigogine e Stengers (1979), Nicolis e Prigogine (1987).

Prigogine distingue tra *sistemi dissipativi*, che danno luogo a processi irreversibili, cioè invertendo l'ordine dell'operazione che ha provocato il mutamento non si ritorna alle condizioni iniziali, e *sistemi conservativi*, dove la dinamica è invariante rispetto all'inversione temporale. Tra questi, quelli che producono nuove *strutture spaziali* sono i sistemi dissipativi, che innescano processi di autoorganizzazione, quando si verificano le condizioni di *rottura della simmetria*.

Per strutture spaziali si intendono quelle formazioni, generalmente asimmetriche e disomogenee, che si producono nella materia sottoposta alle azioni di perturbazione dell'equilibrio.

I sistemi dissipativi riportati da Prigogine quali esempi di autoorganizzazione in fisica e chimica, osservati sperimentalmente in laboratorio, sono le celle di Bénard, la reazione di Belusov-Zabotinsky, una serie di fenomeni indotti da effetti elettromagnetici (circuiti elettrici, laser, ottica), i fenomeni indotti dalla tensione superficiale nella scienza dei materiali, e, ovviamente, i sistemi biologici.

L'esperimento effettuato per la prima volta da Bénard⁵ consiste nel riscaldare dal basso, oltre un valore critico, il liquido contenuto tra due piani orizzontali, in modo che vi sia una differenza di temperatura tra le due superfici. Fino ad un certo valore di temperatura, l'eccesso di energia viene smaltito attraverso la conduzione di calore, mantenendo la simmetria del fluido. Superato un certo valore critico di temperatura si assiste improvvisamente al manifestarsi di un intenso movimento con la conseguente formazione di rulli di convezione adiacenti e ruotanti in sensi opposti (i vortici). Il sistema, al momento cruciale della transizione, deve compiere una scelta critica in una certa regione dello spazio: o a destra o a sinistra (celle destrorgire o levorgire). Nulla permette all'osservatore di stabilire in anticipo lo stato che verrà scelto; deciderà il caso, attraverso la dinamica delle fluttuazioni.

Nella reazione chimica di Belusov-Zabotinsky⁶, sotto certe condizioni di non-equilibrio si manifestano inattese e affascinanti configurazioni spaziali. In questo caso si tratta dell'ossidazione di un acido organico (acido malonico con un bromato di potassio in presenza di un catalizzatore appropriato, solfato di cerio, disciolti in acido solforico), in cui i reagenti entrano nella reazione a diverse velocità, così da controllare,

⁵ Cfr. Bénard (1900, pp. 62-144).

⁶ Cfr. Belusov (1958, p. 145).

realizzando diversi tempi di permanenza di una certa sostanza entro il recipiente di reazione, la distanza temporale dalle condizioni di equilibrio (realizzata con tempi molto lunghi). Il risultato, ottenuto diminuendo il tempo di permanenza oltre un certo valore critico, è la comparsa alternativa e ritmica (con periodi e frequenze regolari) di colorazioni gialle e incolore che generano strutture spaziali molto articolate: strutture a bersaglio, circolari e a simmetria cilindrica attorno ad un asse perpendicolare allo stato analizzato, oppure fronti di onde a spirale che ruotano in senso orario e antiorario, oppure spirali aperte a molte braccia.

Nella scienza dei materiali, lo scambio di energia e materia in condizioni di non-equilibrio e la generazione di strutture spaziali macroscopiche hanno luogo in molte circostanze. Essi si verificano con il cambiamento di valori di pressione, temperatura, composizione, tensione superficiale, deformazione di superfici. Dall'accoppiamento, sotto certe condizioni di queste azioni deformanti, si osservano una serie di fenomeni macroscopici, caratterizzanti grandi varietà di strutture formali spaziali, quali ad esempio la fluttuazione di fluidi adiacenti nella fusione, la formazione di lamelle o dendriti, la differente mineralizzazione di depositi geologici negli strati metamorfici, nei graniti, nelle agate (striature, strati concentrici, ecc.), ma anche in fenomeni molto semplici, come quando dalle gocce d'acqua si forma il cristallo di neve, con la sua tipica forma simmetrica dendritica esagonale⁷.

Nei sistemi viventi, che sono indubbiamente gli oggetti più complessi e organizzati che si trovino in natura, sia sotto il profilo morfologico che funzionale, un'osservazione sperimentale di generazione di complessità si ha nello studio delle popolazioni cellulari di amebe o negli insetti sociali.

Altre qualità che definiscono un sistema dal comportamento complesso sono le biforcazioni e le rotture di simmetria. La biforcazione è il momento in cui il sistema, soggetto a vincoli e sottoposto ad una somministrazione di materia o energia, improvvisamente cambia tipo di configurazione: «Il passaggio verso la complessità è intimamente collegato alla *biforcazione* di nuovi rami di soluzioni che nascono dall'*instabilità* di uno stato di riferimento causata dalle non-linearità e

⁷ Una breve storia degli studi sulla forma del fiocco di neve, che va dalle prime osservazioni di Kepler e Descartes a scienziati "artici" quali Scoreby, Bentley, Zusetzu, fino alla classificazione dei cristalli di neve secondo massa, velocità di caduta, proprietà elettriche, compiute da Nakaya – che sviluppò anche un metodo per la loro produzione artificiale –, è contenuta in Hargittai e Hargittai (1994, pp. 74-78).

dai vincoli che agiscono sul sistema aperto. (...) La biforcazione è una fonte di innovazione e diversificazione, poiché dota un sistema di nuove soluzioni. (...) La biforcazione genera soluzioni che mostrano *rottture di simmetria*» (Nicolis e Prigogine, 1991, pp. 86-87).

La studio della complessità è inoltre inseparabile dalla teoria dei sistemi dinamici, che esplora il comportamento di sistemi che scaturiscono da equazioni non-lineari accoppiate.

Alcuni fattori che emergono dalla teoria della complessità sono dunque:

- la rivalutazione del carattere macroscopico della natura degli eventi osservati;
- il ruolo morfogenetico delle rottture di simmetria in condizioni di equilibrio date;
- una rivalutazione del tempo come parametro di controllo delle modificazioni irreversibili.

I punti salienti delle ricerche sulla complessità dal punto di vista filosofico-epistemologico⁸ possono essere così riassunti:

- il pensiero sistemico nelle scienze fisiche sta convergendo con gli sviluppi delle scienze biologiche evolutive, delineando la possibilità di una nuova scienza della *physis*, scienza unitaria del vivente e del non vivente;
- la controversia tra sistemi eteronomi, determinati dall'esterno, e sistemi autonomi, caratterizzati da una proprietà di chiusura logica interna, può sfociare nel coadattamento reciproco tra le determinazioni prodotte dall'ambiente e l'autonomia delle strutture coerenti;
- una generale distinzione tra 'complicazione' dei sistemi artificiali (artefatti) e "complessità" dei sistemi naturali;
- la transizione da un'epistemologia della rappresentazione a un'epistemologia della costruzione, nella quale la trasformazione da sistemi osservati a sistemi osservanti ha portato alla reintegrazione dell'osservatore nelle sue proprie descrizioni;

⁸ M. Ceruti, *Identità e cambiamento. Un capovolgimento ontologico*, documento inedito presentato in occasione del seminario tenuto al dottorato di ricerca in disegno industriale del Politecnico di Milano il 16 febbraio 1995. In quel documento, articolato su una serrata esposizione di tesi e antitesi, sono esposti gli argomenti che nel campo della teoria evolutiva, della neurofisiologia, della semantica, della teoria delle decisioni e della progettazione dei sistemi artificiali, contrappongono le teorie oggettivistiche a quelle, più recenti, costruttiviste, coevolutive o relazionali.

- il passaggio dalla complessità della progettazione alla progettazione della complessità, in cui il limite dell'esplorazione è costituito dal paradosso della progettazione del non progettabile;
- il carattere costruttivo del non equilibrio e dell'aleatorio rispetto all'organizzazione;
- il ruolo assunto dal "gioco" nelle strategie formative e creative e nei processi morfogenetici;
- la progressiva sostituzione delle usuali concezioni dal tempo "illusione" della meccanica, al tempo "degradazione" della termodinamica, fino al tempo della "creazione" della forma proprio dei sistemi dinamici instabili;
- la progettualità si ridefinisce nel passaggio da strategie del "controllo" e della "previsione" a quelle della "emergenza" all'interno di un sistema di vincoli, eventi, contingenze, individualità, differenze, che siano comunque riconoscibili come forme della complessità in grado di produrre la maggiore varietà per un futuro possibile.

Lanzara e Pardi, tra i primi in Italia ad aver applicato il metodo sistemico all'interpretazione della complessità nelle scienze sociali, hanno rilevato come, a proposito dei processi di morfogenesi, lo studio dei sistemi nello sviluppo della teoria classica abbia di volta in volta incontrato dei limiti nel momento in cui doveva giustificare le attività formative del sistema stesso. All'impostazione della teoria dei sistemi classica era sfuggita in generale «la logica del progetto autonomo, della generatività delle strutture, della decisione soggettiva orientata alla libera creazione di nuove forme sociali, di impreviste relazioni, di trasformazioni sociali, insomma, che per il loro carattere storico si presentano come generative e irreversibili» (Lanzara e Pardi, 1980, p. 103).

La rappresentazione degli elementi eterogenei che compongono lo scenario di ricerca dipende dalla molteplicità di punti di vista considerati, delle logiche differenti, dei codici impiegati per strutturare l'informazione ricevuta, ma soprattutto, dal passaggio durante il quale la percezione dei pezzi di ricerca, il materiale eterogeneo di idee, appunti, dati, immagini, ad un certo momento non vengono percepiti secondo il giusto punto di osservazione, che risiede non nelle cose osservate, ma nel *modo* di osservare le stesse cose. È quello che accade ad esempio con gli *stereogrammi*, ammassi apparentemente informi e caotici di segmenti e frammenti di colore che, una volta letti con un occhio addestrato, *vedono* ciò che un istante prima non erano capaci

di cogliere. È evidente in questo caso come non vi sia una struttura gestaltica insita nell'immagine, bensì nel sistema osservante, nella capacità dello sguardo. Allo stesso modo, come rilevavano Ginzburg e Prosperi a proposito della ricerca storica:

Viene un momento (non sempre) nella ricerca in cui, come in un gioco di pazienza, tutti i pezzi cominciano a andare a posto. Ma diversamente dal gioco di pazienza, dove i pezzi sono tutti a portata di mano e la figura da comporre è una sola (e quindi il controllo delle mosse è immediato) nella ricerca i pezzi sono disponibili solo in parte e le figure che si possono comporre sono più d'una. Infatti c'è sempre il rischio di usare, consapevolmente o meno, i pezzi del gioco di pazienza come blocchi di un gioco di costruzioni. Perciò il fatto che tutto vada a posto è un indizio ambiguo: o si ha completamente ragione o si ha completamente torto. In questo ultimo caso si scambia per verifica esterna la selezione o la sollecitazione (più o meno deliberate) delle testimonianze, costrette a confermare i presupposti (più o meno espliciti) della ricerca. Il cane crede di mordere l'osso e invece si morde la coda. (Ginzburg e Prosperi, 1975, p. 84 cit. in Tafuri 1980, p. 3).

Le Moigne, esaminando lo svolgersi delle teorie della progettazione, sviluppa il *paradosso della progettazione dell'improgettabile* e scrive:

Se la complessità non è nella natura delle cose (che non sarebbero né semplici né complesse (...) tutt'al più indifferenti alle interrogazioni dell'osservatore), essa risiederebbe nel modello che l'osservatore si costruisce del fenomeno che ritiene complesso. E poiché è l'osservatore che sceglie il codice (gli schemi di codificazione) con il quale modella questo fenomeno, la complessità diventerebbe una proprietà del sistema – questo realmente complesso – che è costituito dall'osservatore che modella insieme al modello che egli costruisce (che “codifica”). La complessità non è più di conseguenza una proprietà del sistema osservato, ma del Sistema Osservante. (Le Moigne, 1985, pp. 84-102).

La progettualità si confronta così anche con la progettazione del non progettabile, con l'utopia realizzabile, e, se ha funzione logica, “deve fornire la possibilità di pensare anche quelle cose che non si conoscono ancora, e che potrebbero non esistere”⁹, contribuendo così alla creazione di un atlante immaginario degli oggetti, o di oggetti enciclopedici¹⁰, la cui organizzazione logica rispecchia il modo in cui la

⁹ Cfr. Eco (1981, p. 854).

¹⁰ Il recupero del valore immaginifico dell'universo degli oggetti, ritenuto più che mai attuale per chi progetta, è stato evidenziato, a commento delle citazioni di Eco, da Morello (1995, pp. 8-11).

tradizione ellenistico medievale aveva risolto il problema degli universali, cioè il modello dell'albero di Porfirio.

1.2. Teoria del caos

La teoria del caos rappresenta un altro tentativo per pensare il mondo delle forme. La sua scoperta ha creato un nuovo paradigma fra i modelli scientifici.

La turbolenza, che è una delle manifestazioni più comuni del caos, costituisce certamente uno dei problemi più difficili della fisica.

Mentre la sua osservazione è un fatto semplice che si riscontra tutti i giorni (il fumo di una sigaretta che sale vorticosamente in aria o le spire d'acqua generate contro i piloni di un fiume, l'acqua turbinante di un ruscello di montagna, il mutamento improvviso di condizioni meteorologiche) e che attrasse nel tempo grandi artisti e scienziati (pensiamo agli studi di Leonardo sul moto delle acque¹¹), la sua comprensione e modellizzazione matematica hanno sempre costituito un grande problema per i fisici. Questo fino a quando, verso la fine degli anni Sessanta, negli Stati Uniti e in Europa si sviluppò in modo determinante lo studio di queste forme irregolari o caotiche.

Il più ampio quadro concettuale dal quale il caos emerge è la cosiddetta teoria dei sistemi dinamici.

Un sistema dinamico si compone di due parti: le caratteristiche del suo stato (cioè le informazioni essenziali sul sistema) e la dinamica (una regola che descrive l'evoluzione dello stato nel tempo). Tale evoluzione può essere rappresentata nello spazio degli stati, che è una costruzione astratta le cui coordinate sono le componenti dello stato, e consente di descrivere, oltre a sistemi dinamici prevedibili, quali il moto di un pendolo o il battito cardiaco, anche i sistemi dinamici imprevedibili, cioè caotici. L'evoluzione temporale di un sistema dinamico può avvenire sia in tempo continuo (un flusso), sia in tempo discreto (un'applicazione). Per valutare l'evoluzione di un sistema nel tempo a partire da condizioni iniziali si possono integrare sistemi di molte equazioni differenziali. L'uso accoppiato del computer per il calcolo e la rappresentazione dei punti che esprimono e raccolgono

¹¹ Cfr. da Vinci (1995).

tutte le informazioni sul sistema danno come risultato una rappresentazione grafica, una forma geometrica definita *attrattore*.

L'attrattore è la forma verso cui il comportamento è attratto o si stabilizza. Il tipo di attrattore più semplice è un punto fisso (nel caso, ad esempio, di un pendolo oscillante); l'attrattore immediatamente più complicato è una curva chiusa, detta anche ciclo limite (come nel moto di un orologio a pendolo o del battito cardiaco); oscillazioni composte, corrispondenti ad un comportamento quasi periodico, determinano invece un attrattore a forma di toro. Tutti e tre questi attrattori sono prevedibili. Gli attrattori caotici invece generano una forma più complessa, una superficie non regolare, contenente pieghe, stiramenti, piegature, interfoliazioni. La struttura di un attrattore caotico è una struttura topologica.

Un'altra caratteristica degli attrattori caotici è di generare delle forme frattali, cioè oggetti la cui immagine ingrandita, la cui struttura macroscopica presenta caratteri di autosomiglianza con la struttura microscopica, rivelando un numero sempre maggiore di particolari. Risultati sperimentali hanno dimostrato che gli attrattori caotici sono alla base di parecchi tipi di moto aleatorio dei fluidi¹².

Ma se il moto di un fluido non è sempre caotico, come abbiamo visto con gli esempi sulla creazione di strutture spaziali, ma passa da condizioni di moto laminare (cioè stazionarie, uniformi e regolari) a turbolente (cioè non stazionarie, non uniformi e irregolari), come avviene il passaggio di stato, secondo quali forme?

La transizione al caos avviene generalmente tramite le *biforcazioni*, che, in un diagramma che rappresenta il comportamento di un sistema dinamico, indicano i punti di salto da uno stato stazionario ad un altro, sono punti di scissione ai quali seguono, per ciascun ramo individuato, ulteriori scissioni sempre più rapide, e così progressivamente in una ramificazione che rappresenta la regione caotica. Tali diagrammi servono per interpretare ad esempio l'incremento di popolazioni, o il comportamento delle fluttuazioni economiche.

Nei diagrammi di biforcazione in generale su un asse è rappresentata una famiglia di attrattori e sull'altro asse i parametri di controllo dell'evoluzione del sistema, in funzione del tempo. Anche la struttura

¹² Cfr. Ottino (1989, pp. 34-43).

di questi diagrammi presenta, come gli attrattori, un carattere frattale. Come ha spiegato Gleick:

Il caos ha creato speciali tecniche per l'uso di computer e speciali tipi di immagini grafiche, figure le quali colgono una struttura fantastica e delicata che sta alla base della complessità. La nuova scienza ha generato un proprio vocabolario, un elegante linguaggio tecnico di *frattali* e *biforcazioni*, intermittenze e periodicità, attrattori strani e diffeomorfismi piegati. Questi sono i nuovi elementi del moto, esattamente come, nella fisica tradizionale, quark e gluoni sono i nuovi elementi della materia. Per alcuni fisici il caos è una scienza di processo anziché di stato, di divenire anziché di essere. Il caos valica le linee di demarcazione fra le varie discipline". (Gleick, 1987, p. 11 trad. it.).

Attualmente si può affermare che, nonostante quanto potrebbe sembrare, anche nel caos vi è ordine. L'aleatorietà possiede una forma geometrica soggiacente che dimostra come il disordine dei sistemi dinamici complessi possa ad un certo punto cristallizzarsi in forme di anticaos¹³, assumendo spontaneamente configurazioni altamente ordinate, illustrando la massima di Einstein che la natura predilige forme semplici.

¹³ Cfr. Kauffman (1991, pp. 82-103).

2. *Il problema della genesi della forma: un approccio transdisciplinare*

2.1. **Forma morfologia morfogenesi**

La prima osservazione preliminare che si può fare sul termine *forma* è che si tratta di una nozione categoriale di lunga storia filosofica, scientifica e trans-culturale, che, nel tempo ha subito notevoli mutamenti di significato e molteplicità di interpretazioni. Questi aspetti sono dovuti anche al carattere stesso della forma, che caratterizza tutto ciò che è trasformazione, ciò che è sotteso ad ogni mutamento. Senza voler entrare nella vastissima disamina che il termine implica nei vari contesti disciplinari, dobbiamo riconoscere che il termine forma non è un termine qualsiasi, «ma un grande concetto di dilatazione tendenzialmente universale. Il suo movimento attraversa tutte le scienze della natura e dell'uomo, nonché tutte le arti, le espressioni segniche e simboliche, le costruzioni fisiche e mentali e i processi di comunicazione dell'uomo» (Formaggio, 1987).

Ora, dato che il centro della ricerca è occupato dallo studio dei rapporti tra morfogenesi e progetto, cioè sulle determinazioni progettuali che si verificano nella morfogenesi degli artefatti, è opportuno dapprima compiere un'escursione in quei campi dove la nozione di morfologia, come studio della forma, si è prevalentemente sviluppata.

Per *morfologia* si indica in genere lo studio e la descrizione delle forme. Il termine assume significati particolari nelle singole discipline, ma sono rintracciabili parecchi tratti comuni.

In biologia indica la scienza che studia gli organismi nella loro struttura esterna ed interna (*morfologia animale e vegetale*) ed anche

le cause che concorrono al costituirsi e modificarsi delle forme (*morfologia sperimentale*). Quest'ultima in particolare, detta anche *morfologia causale* ha come problema fondamentale l'indagine dei fattori e delle cause di tutti quei processi che durante la vita di un individuo assicurano l'insorgenza e il differenziamento della forma (*morfogenesi*) sia nello sviluppo embrionale e larvale (*metamorfosi*), sia nell'adulto, per la conservazione dell'integrità della forma con i processi di rigenerazione.

In geologia e petrografia, si intendono la forma esterna e l'aspetto strutturale che aggregati di minerali eterogenei assumono quale risultato dell'azione di un complesso di forze agenti su essi (*morfologia delle rocce*). Contribuiscono alla morfologia cause intrinseche (composizione chimica, struttura, tessitura) e cause estrinseche (agenti morfologici quali azione meccanica, chimica, atmosferica).

In cristallografia, scienza di quel particolare stato di aggregazione della materia solida che è lo stato cristallino, la *morfologia dei cristalli* studia i modi in cui i leptoni (atomi, molecole, complessi atomici) sono ordinati nello spazio con regolare periodicità, e le relative forme poliedriche convesse risultanti dall'accrescimento dei germi cristallini nel processo di cristallizzazione, stabilendo e classificando tutti i possibili gradi, classi e sistemi di simmetria.

In geografia fisica si parla di *morfologia terrestre* per indicare lo studio della conformazione esterna della superficie terrestre, quindi delle forme del suolo nella loro genesi ed evoluzione, che determinano, per effetto della loro costituzione, del loro regime dinamico e dei fenomeni cui sono sottoposti, le caratteristiche del paesaggio geografico.

Il termine ha significati più complessi in linguistica, dove tradizionalmente si ritrova nella tripartizione della grammatica in fonetica, morfologia, sintassi. In senso più specifico, problemi di morfologia si trovano sviluppati in linguistica interna, che studia il funzionamento di una lingua in rapporto a esigenze interne alla lingua stessa, quindi sostanzialmente "formali", e non invece in rapporto alle esigenze degli utenti e delle vicende storiche e sociali. Si distingue allora in fonemica (studio dei fonemi), morfemica lessicale (studio dei lessemi), morfemica grammaticale (studio dei monemi), sintassi o sintagmatica (studio della funzione sintattica dei vari elementi linguistici), semantica (studio del significato), tonemica (studio delle variazioni prosodiche). Ciascuno di questi settori comporta considerazioni di tipo tattico

(o, più comunemente, sintagmatico) che individuano rapporti tra elementi linguistici in successione nel segno, e non-tattico (o, più comunemente, paradigmatico), che individuano i rapporti tra elementi linguistici che possono apparire nella stessa sede del segno.

2.1.1. Morfologia della natura

In primo luogo, nella sua generalità concettuale, il termine *morfologia* si deve a Goethe, che crea il termine nel 1795 definendolo «studio della forma sia nelle sue parti che nell'insieme, delle sue armonie e discordanze, a prescindere da ogni altra considerazione»¹ e che svilupperà poi negli anni 1817-22 nella sua opera *Sulla morfologia, la formazione e la trasformazione degli esseri organici (Zur Morphologie, Bildung und Umbildung Organischer Naturen)*. Esaminando il problema generale del divenire della forma, Goethe ha messo in luce le condizioni in cui i fenomeni si manifestano e si trasformano nel gioco infinito della creatività della natura, che pur rinnovandosi, conserva la sua unità. La morfologia, in quanto studio delle forme assunte dalla natura nelle sue metamorfosi, è una descrizione di un processo fenomenico nel quale si esprime la tensione dinamica verso la trasformazione. Inoltre, i suoi studi di botanica, sulla metamorfosi delle piante e degli insetti, sull'anatomia comparata degli animali, e l'esposizione di una teoria generale della natura, gli sono serviti anche per mostrare le relazioni strutturali esistenti tra il mondo dell'arte e quello della scienza in connessione alla propria concezione e dimensione esistenziale. Arte e natura insieme, impulso e volere, necessità e arbitrio sono, secondo Goethe, i presupposti per la costituzione della società umana. Questo sentimento che presiede all'attività creativa, il sentimento della connessione elementare con il tutto, tende a fondere la dimensione soggettiva con quella oggettiva nella formazione, nel divenire della forma e nella forza della metamorfosi.

¹ La definizione è tratta da un saggio inedito scritto intorno al 1795, *Begriffe einer Physiologie*, pubblicato per la prima volta in *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, Hermann Bölaus Verlag, Weimar 1954, in cui Goethe espone un piano di lavoro preliminare per la fisiologia delle piante articolata nelle diverse scienze: Storia naturale, Dottrina della natura, Anatomia, Chimica, Zootomia, Fisiologia e, appunto, Morfologia.

Nell'introduzione al suo studio sulla morfologia, Goethe chiarisce le sue intenzioni e il significato di termini chiave:

In tutti i tempi, gli scienziati hanno sentito il bisogno di conoscere il vivente in quanto tale, di vederne in mutuo rapporto le parti esterne visibili e tangibili, di considerarle indizi del loro interno, e per tal modo dominare l'intero, per così dire, in una visione intuitiva. Come quest'aspirazione scientifica si ricollegli all'impulso artistico e imitativo, non occorre insistere. Di conseguenza, nel divenire dell'arte, del conoscere e della scienza s'incontrano ripetuti tentativi di fondare e svolgere una dottrina, che a noi piace chiamare *Morfologia*. (Goethe, 1817-22, pp. 42-43 trad. it. 1983).

Per indicare il complesso dell'esistenza di un essere reale, il tedesco si serve della parola *Gestalt*, forma; termine nel quale si astrae da ciò ch'è mobile, e si ritiene stabilito, concluso e fissato nei suoi caratteri, un tutto unico. Ora, se esaminiamo le forme esistenti, ma in particolar modo le organiche, ci accorgiamo che in esse non v'è mai nulla d'immobile, di fisso, di concluso, ma ogni cosa ondeggia in un continuo moto. Perciò il tedesco si serve opportunamente della parola *Bildung*, formazione, per indicare sia ciò che è già prodotto, sia ciò che sta producendosi. Ne segue che, in una introduzione alla morfologia, non si dovrebbe parlare di forma e, se si usa questo termine, avere in mente soltanto un'idea, un concetto, o qualcosa di fissato nell'esperienza solo per il momento.

Il già formato viene subito trasformato; e noi, se vogliamo acquisire una percezione vivente della natura, dobbiamo mantenerci mobili e plastici seguendo l'esempio ch'essa stessa ci dà.

Il concetto secondo cui lo studio delle forme è, in definitiva, studio delle trasformazioni è sviluppato nell'idea della metamorfosi. Questa ha una duplice natura: da una parte, possiede una *vis centrifuga* che condurrebbe all'assenza e alla disgregazione della forma, che si perderebbe all'infinito se non fosse controbilanciata, d'altra parte, da una *vis centripeta*, un istinto di specificazione che tenacemente tende a far persistere ciò che è divenuto realtà (Goethe, 1817-22, p. 144 trad. it. 1983). In un altro saggio Goethe esamina i rapporti della morfologia con le altre discipline dalle quali attinge i fenomeni che interessano ai suoi scopi:

Il nostro intento è di presentare la morfologia come una nuova scienza, non già quanto all'oggetto, che è noto, ma quanto al punto di vista e al metodo che da un lato deve dare a questa disciplina la sua forma specifica, dall'altro deve assegnarle il posto che le compete di fronte alle altre. (...) La morfologia deve contenere la teoria della forma, formazione e trasformazione dei corpi organici; appartiene dunque alle scienze naturali di cui andiamo illustrando gli scopi. La storia naturale assume come dato di fatto conosciuto la molteplicità di forma degli organismi. Non può tuttavia sfuggirle che dietro a questa grande varietà di forme si nasconde anche una certa analogia sia in generale che in particolare; perciò, lungi dal limitarsi a presentare i corpi a lei noti, li ordina in gruppi e serie, in base alle forme che si percepiscono e alle proprietà che si determinano e si studiano, e così permette di abbracciarne la massa enorme in una visione d'insieme. Mentre la storia naturale si attiene all'aspetto esterno delle forme e le considera nell'insieme, l'anatomia si spinge fino allo studio della loro struttura interna, alla scomposizione. (Goethe, 1817-22, p. 103 trad. it. 1983).

Prosegue indicando come le scienze affini come la fisica, la chimica, la zootomia, che corrisponde all'attuale fisiologia, collaborino alla comprensione, non soltanto delle parti, ma del tutto, come espressione della vita in cui gli esseri sono organizzati e mantenuti in attività. È qui già presente la concezione della vita come forza che presiede alle incessanti trasformazioni organiche e formali, che sarà sviluppata ad esempio nel vitalismo formalista di Focillon². Goethe conclude che la morfologia può legittimarsi come scienza a sé:

Essa deve legittimarsi come scienza speciale anzitutto prendendo ad oggetto ciò che le altre scienze trattano solo casualmente e di sfuggita, poi riunendo quanto in esse è disperso, e infine stabilendo un punto di vista nuovo. (...) Essa ha il grande vantaggio di comporsi di elementi riconosciuti da tutti, di non essere in conflitto con nessuna disciplina, di non doverne cacciar via nessuna per assicurarsi un posto; ha il privilegio che i fenomeni di cui si occupa hanno una importanza suprema, e che operazioni compiute dalla mente nel riordinarli sono conformi e gradite alla natura umana, cosicché anche un'esperienza fallita nel suo settore potrà sempre fornirci una certa utilità e soddisfazione. (Goethe, 1817-22, p. 105-106 trad. it. 1983).

Le categorie morfologiche pure adottate nella descrizione della forma delle piante, la suddivisione in foglia, stelo, radice, e la nozione di metamorfosi come processo mediante cui queste parti si modificano con tanta varietà una dopo l'altra e l'una dall'altra, hanno esercitato

² Cfr. Focillon (1943) e Canguilhem (1982).

una grandissima influenza sul pensiero biologico della prima metà del secolo scorso. Nondimeno, la descrizione e la rappresentazione delle funzioni di crescita delle piante hanno reso imprescindibile lo studio morfologico sulla simmetria e l'individuazione delle leggi geometriche e matematiche che presiedono al loro sviluppo. In questo quadro, Goethe elaborò ampiamente la sua teoria delle transizioni progressive dal seme al frutto attraverso gemme, stelo, calice, corolla, petali, stami, e soprattutto sulla formazione delle foglie.³

Il ricondurre la formazione degli organismi a dei principi comuni portò Goethe a considerare che tutte le piante fossero varianti di un unico archetipo vegetale, la pianta originaria, la *Urpflanze*, così come tutti i mammiferi erano derivati da un'idea di animale originario, l'*Urtier*. Questi concetti, a cui nella nostra epoca post-darwiniana potrebbe essere difficile risalire, devono in realtà essere intesi nel loro autentico significato di strumento "artificiale" di creatività⁴. Il vegetale primigenio, più che una pianta reale, è uno schema formale che racchiude in sé, ad un alto grado di pregnanza e di concentrazione, la costituzione di leggi evolutive e generatrici di varietà. «Con questo modello e la chiave per intenderlo sarà possibile inventare vegetali all'infinito, che dovranno essere conseguenti, cioè che anche se non esistono potrebbero esistere. Essi non sono ombre o illusioni poetiche o pittoriche, ma ad essi è inerente una intrinseca verità e necessità. Questa legge potrà essere applicata a tutta la materia vivente» (Propp, 1928, p. 98 trad. it

³ Un interessante saggio sul processo di morfogenesi delle foglie, visto come attività di "automi cellulari", è contenuto in Petitot (1977, pp. 894-954). Il problema centrale dell'acentrismo è di trovare in che modo un sistema, i cui componenti agiscono in funzione di informazioni locali, è capace di prestazioni globali. Riguardo alla modellizzazione di sistemi complessi quali quelli biologici, che si sviluppano e funzionano in maniera acentrata, Petitot sottolinea l'importanza assunta dalle reti di automi: "una caratteristica essenziale dei sistemi cellulari è di essere sistemi che si sviluppano. Entrano qui in gioco meccanismi fondamentali quali la differenziazione cellulare e i processi di morfogenesi. Ciò fa sì che l'infrastruttura relazionale del sistema, la sua "geometria", evolva nel corso del tempo. Per modellizzare tali sistemi a "geometria variabile", è necessario dunque generalizzare in maniera conseguente la nozione di rete di automi" (p. 919). Seguono le rappresentazioni di reti e grafi oltreché dei sistemi di equazioni e serie di sequenze che determinano la forma delle foglie nel processo di crescita.

⁴ Oggi potremmo chiamarlo il progetto dei codici genetici dell'artificiale, come è stato approfonditamente indagato e dimostrato nelle ricerche sperimentali condotte da Soddu e Colabella (1992).

1966) e, potremmo aggiungere anche a tutta la materia naturale e artificiale (comprendendo anche gli artefatti) che costituisce materiale e “ingrediente” necessario di ogni processo creativo e progettuale⁵.

2.1.2. Crescita e forma in biologia

D’Arcy Thompson, con il suo testo *Crescita e forma (On Growth and Form)*, portò un altro contributo fondamentale per trasformare quella che tradizionalmente era una statica attività descrittiva in una scienza dinamica, in uno studio fondativo sui rapporti che legano la forma alla grandezza degli organismi e le trasformazioni che avvengono durante la loro crescita, dando al tutto una forte intelaiatura matematica. Nel suo tentativo di costruire una teoria delle forme naturali, così scriveva nel 1917:

La ricerca di differenze, o contrasti fondamentali, tra i fenomeni dell’organico e dell’inorganico, dell’animato e dell’inanimato, ha occupato le menti di molti uomini, mentre la ricerca di principi comuni o di similitudini essenziali è stata condotta da pochi...Le onde del mare, le linee della salsedine sulla battigia, la fugace curva della baia sabbiosa tra i promontori, il profilo dei colli, la forma delle nuvole, sono tanti enigmi di forma, sono tanti problemi di morfologia. (Thompson, 1969, pp. 10-11).

Concetti che avrebbero aperto la strada anche agli sviluppi della matematica attuale (vi sono preconizzate intuizioni che hanno portato alla teoria delle catastrofi di Thom e alla geometria dei frattali di Mandelbrot). Il contenuto principale del suo testo risiede, da una parte, nel tentativo di studiare le interrelazioni tra accrescimento e forma, e il ruolo che spetta alle forze fisiche in questa complessa interazione; dall’altra usare termini e metodi matematici per definire le forme degli organismi, tracciando la nota teoria delle trasformazioni, in cui è compiuta un’analisi comparata delle forme affini. Dal capitolo *Matematica e forma*:

Abbiamo così imparato che il nostro studio delle forme organiche, che Goethe chiamò morfologia, non è che parte di una più vasta scienza della forma che studia le forme della materia nei più vari aspetti e nelle più varie condizioni e, in senso ancor più lato, che studia tutte le forme immaginabili. Lo studio della

⁵ Per una introduzione alla tematica del rapporto naturale/artificiale vedi Dorflès (1968), Amsterdamski (1980).

forma può essere semplicemente descrittivo e può divenire analitico. Possiamo cominciare a descrivere un oggetto con il linguaggio normale e possiamo poi descriverlo con quello più preciso della matematica; e un sistema segue l'altro in ordine strettamente scientifico e storico. Così per esempio possiamo descrivere con parole comuni la forma della terra, di una goccia di pioggia o dell'arcobaleno, la curva di una catena sospesa o la traiettoria di un sasso lanciato nell'aria, ma sarà un notevole passo innanzi definire la sfera, la catenaria o la parabola in termini matematici. La definizione della "forma" ha una qualità di precisione che veniva completamente a mancare nelle primitive descrizioni; essa è espressa con poche parole o con pochi simboli ancor più brevi, e queste parole o questi simboli sono così pieni di significato che vi è una economia dello stesso pensiero. Questo concetto ci porta così a considerare l'aforisma di Galileo (antico come Platone, come Pitagora e forse come l'antica saggezza egizia) che "il libro della natura è scritto coi caratteri della geometria". (Thompson, 1971, p. 291 trad. it. 1969).

La caratteristica più evidente del suo metodo è di analizzare i processi biologici partendo dai loro aspetti matematici e fisici⁶. Non a caso le note introduttive riportano la celebre citazione di Leonardo da Vinci: «Nessuna humana investigazione si può dimandare vera scienza s'essa non passa per la matematica dimostrazione» (Thompson, 1917, p. 3n trad. it. 1969).

I problemi di crescita, forma e grandezza sono sviluppati partendo da una dettagliata indagine sulle forme di cellule, tessuti, aggregati cellulari. Ne vengono individuate le principali leggi di costituzione geometrica, i tipi di simmetrie e asimmetrie, le superfici di rivoluzione o di Plateau (sfera, piano, cilindro, catenoide, onduloide, nodoide), le forme dovute alla tensione superficiale, e quelle celebri sulla caduta di gocce in un liquido e, di tutte queste, mostra i corrispondenti esempi biologici: le cellette delle api, le ali della libellula, le meduse, le spugne, i cristalli di neve, le spicole, gli scheletri dei radiolari, le bolle, le conchiglie, le ossa, le corna, le zanne.

Centrando il suo lavoro sullo studio degli organismi, non sottovalutò la ricerca di principi comuni e di similitudini essenziali tra i fenomeni dell'organico e dell'inorganico e di una immanente armonia teleologica.

Di fondamentale importanza il discorso sulla forma e grandezza degli organismi, secondo cui la grandezza in sé sembra avere pochissima

⁶ Cfr. il saggio introduttivo di J.T. Bonner all'edizione ridotta in D'Arcy W. Thompson, *op. cit.*

importanza: ciò che conta è la forma e soprattutto l'omologia (topologica) tra le forme. Egli dimostrò, con i celebri diagrammi cartesiani, che forme animali contrastanti ma correlate hanno in comune che, stabilito uno stesso sistema di coordinate, è possibile passare da una forma all'altra previa un'opportuna deformazione, incurvatura o distorsione del sistema di coordinate.

Il contributo di D'Arcy Thompson è consistito nell'introdurre modalità di ragionamento matematico in campi nei quali non erano mai state applicate e, di fatto, le sue tesi furono di gran lunga in anticipo sui loro tempi, per imporsi. Si deve a René Thom la riscoperta del suo lavoro pionieristico, del quale poté dare una giustificazione matematica grazie ai progressi compiuti recentemente in topologia e analisi differenziale.

Un significativo aggiornamento dell'eredità scientifica di D'Arcy Thompson, integrato nella più ampia teoria della complessità, è costituito dal lavoro dello statunitense Stuart A. Kauffman, professore di biofisica e biochimica nell'Università della Pennsylvania e nel Santa Fe Institute del New Mexico. Nel suo ultimo libro *Origins of Order* (1993) e in precedenti lavori, Kauffman cerca di rispondere alla domanda di fondo che ci si pone quando, di fronte alla ordinata bellezza del mondo vivente, se ne cerchino le cause. «A partire da Darwin, i biologi hanno visto nella selezione naturale l'unica fonte di quest'ordine. Ma Darwin non poteva in alcun modo sospettare l'esistenza dell'autorganizzazione, una proprietà intrinseca di alcuni sistemi complessi che è stata scoperta solo di recente» (Kauffman, 1991, p. 82). Oltre a trattare argomenti di biologia molecolare, compiendo una rilettura sperimentale delle teorie dell'evoluzione, dalla selezione all'adattamento, dalle strutture adattive dei sistemi dinamici coevolutivi alla cristallizzazione e ai metabolismi che presiedono all'origine della vita, in cui l'emergenza di forme d'ordine in sistemi semplici o complessi si manifesta spontaneamente appunto come forma di autorganizzazione del vivente, viene affrontato, sul campo dell'eredità di D'Arcy Thompson, uno dei problemi fondamentali della biologia: la morfologia.

Le attuali morfologie degli organismi vengono viste come una collaborazione tra proprietà autorganizzative e sistemi fisico-chimici, che agiscono insieme sotto l'azione della selezione. In altri casi, aspetti d'ordine spaziale negli organismi riflettono strutture dissipative, che richiedono un flusso continuo di energia per mantenere la propria forma.

Il genoma (l'insieme complessivo dei geni di un organismo) costituisce un esempio di come l'anticoos possa presiedere allo sviluppo. Nel genoma umano è codificata l'informazione necessaria per fabbricare circa 100.000 proteine diverse; tuttavia tutte le cellule dell'organismo contengono più o meno le stesse istruzioni genetiche. Comprendere la logica e la struttura del sistema di regolazione del genoma e il principio della differenziazione cellulare è quindi uno dei compiti fondamentali della biologia molecolare.

La capacità del genoma di generare una forma deve dipendere da molti processi fisico-chimici che costituiscono una serie complessa di meccanismi di sviluppo, piuttosto che non dalla semplice coordinazione della sintesi di RNA e molecole di proteine nello spazio e nel tempo. In questo, Kauffman ha adottato modelli matematici come le reti booleane stocastiche (che prendono il nome dal matematico George Boole, che propose di ricondurre la logica matematica a un'impostazione di tipo algebrico), nelle quali il comportamento di ciascun elemento del sistema (il gene) viene assimilato a una semplice variabile binaria (attiva o inattiva), regolata da funzioni disgiuntive (OR) o congiuntive (AND). Ciascuna combinazione di attività o inattività degli elementi binari costituisce uno stato della rete, risultato di commutazioni simultanee, che il sistema ripeterà ciclicamente. Tali stati sono chiamati attrattori dinamici della rete e, a seconda della risposta alle perturbazioni esterne, si avranno perturbazioni minime (la stabilità neutralizza la perturbazione) e perturbazioni strutturali (si verifica una destabilizzazione permanente) (cfr. con i modelli matematici di stabilità strutturale e morfogenesi in Thom, *infra* cap. 2.3.3).

Kauffman ha dimostrato come, attraverso modelli "meccano-chimici" e "grammatiche sull'orlo del caos", con l'adozione computerizzata di semplici modelli booleani o classi di modelli di Turing, sia possibile riprodurre sperimentalmente la differenziazione delle cellule e dei tessuti che si attua nel processo di morfogenesi, come per esempio nella formazione di *pattern* quali le maculature e le striature sul mantello delle conchiglie, confrontando, nell'osservazione sperimentale, i pattern predittivi, derivati dalla teoria, con quelli poi osservati nel concreto sviluppo della crescita della conchiglia⁷.

⁷ Cfr. Kauffman (1993), in particolare il capitolo *Morphology, Maps, and the Spatial Ordering of Integrated Tissues*. Le immagini dei pattern delle conchiglie e dei risultati sperimentali sono alle pp. 632-633.

Abbiamo visto come in generale l'attributo essenziale della *morfologia* sia la "descrizione" della configurazione di un fenomeno che, ancorché dinamico, resiste alle sollecitazioni provocate da agenti di deformazione, attrazione, perturbazione e individua, per certe condizioni e certi intervalli temporali, i caratteri di persistenza (stabilità) su quelli di variabilità (instabilità). Se spingiamo l'operazione di descrizione morfologica oltre la mera registrazione delle apparenze formali dei fenomeni, ci avviamo al punto di maggiore interesse per la progettazione, cioè la "comprensione" dei processi di *morfogenesi*, che si verificano quando intervengono nuovi assetti formali, si producono differenziazioni, si manifestano discontinuità, crisi o eventi morfologicamente catastrofici, e una nuova emergenza si produce negli scenari del nostro ambiente naturale/artificiale.

Il risultato che qui più interessa è quello della autonomia del costrutto teorico sulla morfogenesi, in quanto, se da una parte deriva la forza dei propri assunti da una morfologia empirica, legata ad un inventario di tutti i fenomeni accessibili all'esperienza, dall'altra consente di determinare una teoria della morfogenesi in astratto, puramente geometrica, indipendentemente dal sostrato delle forme e dalle proprietà intrinseche della materia e dalla natura delle forze e degli agenti esterni che l'hanno determinata e che, come vedremo, raggiunge con Thom la sua esposizione teorica più ambiziosa ed elaborata.

2.3. Arte e formalismo

L'artista è un induttore di processi che, in partenza, sono sempre naturali: scopo dell'artefice è portare a termine l'altrimenti lunghissimo processo di evoluzione della natura, ma anche esercitare un'azione maieutica sulla natura, per estrarne le potenzialità trasformative. Scriveva Blaise Pascal: «Ma che cos'è la natura? Perché l'abitudine non è naturale? Temo proprio che questa natura non sia essa stessa che una prima abitudine, come l'abitudine è una seconda natura»⁸. In questo senso tra artificio e natura vi è una continuità di principi, non un'opposizione dicotomica. Ancora Pascal, in un frammento

⁸ Citato da Rowe e Koetter (1981, p. 13 trad. it. 1981).

delle *Pensées*: «la natura diversifica l'artificio imita e imita, e diversifica» (Pascal, 1670, p. 43 trad. it. 1993).

Creazioni umane per eccellenza quali l'olio, il vino, il pane cosa sono se non prodotti dell'artificio dell'uomo ottenuti trasfigurando in un processo ininterrotto sostanze naturali (non a caso attribuendo ad essi, oltre ad un significato nutrizionale, valori supremi, altamente simbolici). Cosa sono la coltura dei campi, gli atti di fondazione sul territorio, se non processi che portano a perfezione espressiva, azione guidata, sviluppo controllato, qualità che in natura esistono in potenza? Chi fa equitazione sa che la potenza di un cavallo al galoppo, per il migliore rendimento, va guidata dalle redini in un'azione di registro, di tensione e rilascio.

La storia della tecnologia può essere interpretata come il susseguirsi, in un processo dinamico di evoluzione, di metodi di controllo e trasformazione di materie prime, in ultima analisi sempre *natura formata*.

In filosofia, Aristotele, con la teoria della sostanza, che costituisce il centro di tutta la sua dottrina, ha individuato la *sostanza* come *sinolo* (o sintesi) di *materia* e *forma*, dove la forma svolge il ruolo di attività organizzatrice della materia. La forma, cioè, tramuta la materia da *potenza* ad *atto*, in altre parole da uno stato di imperfezione e indeterminazione a uno stato di sempre maggiore perfezione e determinazione. Aristotele distingue l'*atto*, in quanto reale e concreta attività, dall'*entelechia*, stato di perfezione a cui la sostanza aspira, non riuscendo mai ad attuare perfettamente la propria forma. Potenza e atto sono i due termini del moto del *divenire*, che sviluppa la sostanza secondo quattro cause: *materiale, formale, efficiente, finale*.

A questo punto ci interessa rilevare come, in questo passaggio dalla potenza all'atto, attraverso le cause e quindi la tecnica siamo giunti alla radice filosofica del rapporto tra arte e tecnica.

In definitiva il termine *tecnica* deriva dal greco τέχνη, <arte>, intesa come abilità manuale specialmente nella lavorazione dei metalli o del legno. D'altronde nell'antichità l'artigiano era chiamato indifferentemente δημιουργός <produttore, creatore> o τεχνίτης <esperto, artefice> e l'operatore, colui che fabbricava qualcosa, ποιητής <costruttore>, ma anche <compositore, autore, scrittore>. Infatti, ποιέω <fare, costruire, produrre>, specialmente in forma poetica, è la radice stessa da cui è derivata l'ambivalenza semantica di ποίησις <costruzione,

fabbricazione o composizione, produzione poetica> e ποίημα <opera, lavoro, manufatto o opera di natura poetica e, quindi, poema>. Da qui, quello che una volta era un concetto unitario di arte e tecnica, nello svolgersi del processo creativo, al giorno d'oggi si è separato in due significati distinti e a volte antagonisti. Non è questa dicotomia che qui vogliamo evidenziare, quanto piuttosto cercare di dimostrare, se non la sovrapposizione, le possibili convergenze.

L'artista e il progettista sono induttori di processi che trasformano la natura. Una delle differenze è che l'artista ha la funzione di rappresentarli, quindi ne è veicolo sociale, divulgativo, riflette l'avanzamento delle concezioni del mondo contemporaneo, ma al tempo stesso le sue opere non si 'consumano' nell'attualità, ma ambiscono, e mantengono un valore, anzi lo incrementano, nel fluire del tempo. Il progettista invece agisce concretamente all'interno del processo con cui l'utente/fruitori a sua volta necessariamente interagisce, e di cui l'oggetto assume un ruolo al tempo stesso inerente la sfera tecnico-funzionale e quella estetico-formale, ma, a differenza dell'opera d'arte, l'oggetto non è fatto per l'eternità ma per essere usato e, per non incorrere nella sua obsolescenza, deve mutare, trasformarsi, rinnovarsi di continuo.

Arte e progetto sono distinte nell'opposizione azione/rappresentazione, l'una sul piano statico della contemplazione, dell'*astanza*⁹, unidirezionale, dall'opera al fruitore, l'altro sul versante dinamico della trasformazione strumentale della natura e dell'interazione comunicativa col soggetto.

⁹ Per un'elaborazione del concetto di *astanza* vedi Brandi (1967), in cui l'autore pur prospettando un parallelismo tra linguaggio e architettura, confuta all'architettura la stretta adesione ad un sistema semiotico. Infatti, se l'essenza del linguaggio sta nella comunicazione, l'essenza dell'architettura non si rivela e non si riduce nella comunicazione, cioè nella elaborazione di un codice per la trasmissione di un linguaggio. La casa, il tempio, l'edificio termale non comunicano di essere quello che sono, non più di quanto una rosa comunichi di essere una rosa; si 'pongono' e si 'rendono astanti' come realtà di fatto o come realtà d'arte, ma non sono tramite di comunicazione. L'architettura non è una lingua i cui elementi coordinati rappresenterebbero le parti di un discorso: l'architettura, se non è arte, è mera tettonica, adeguazione pratica a un bisogno, se arriva ad essere arte, ha una sua struttura che non è una struttura semantica. A differenza di una lingua, in cui il messaggio va decodificato o resta incomprensibile se non se ne conosce il codice, per decodificare la spazialità architettonica non sarà necessaria una conoscenza precedente del codice, ma questo dovrà darsi in quella medesima "astanza", nella sua espressione più semplice, cioè strutturalmente, al di là di ogni sua concettualizzazione dimensionale o fenomenologica.

Il filo conduttore che lega il grande insieme articolato arte/architettura/design/artigianato merita qualche attenzione di approfondimento. E ciò va detto al di là di ogni considerazione sul carattere effimero delle mode esaltate in un recente passato, anzi in qualche caso tuttora vigenti, soprattutto nel disegno del mobile, in cui il tentativo di contaminazione degli oggetti da parte di interventi artistici, con sconfinamenti in ambiti solitamente separati, abbia in realtà ricondotto il discorso, forse nostalgicamente, alla vecchia antinomia tra prodotto artigianale, fatto a mano, e prodotto industriale, fatto a macchina (Maldonado, 1991, p. 77). L'arte, e ciò che ruota nella sfera della sua azione, non dovrebbe essere limitata ad un ruolo esornativo, ma costruttivo. Non può essere invece il progetto o la rifondazione logica della sua metodologia come più ampia scienza dell'artificiale, il terreno comune sul quale operare a diverse scale e a diversi gradi di complessità? Maldonado afferma che:

Riteniamo importante non contrapporre rigidamente gli oggetti d'uso agli oggetti d'arte, e abbiamo anche sottolineato la necessità, da parte degli storici dell'arte, di prestare sempre maggiore attenzione al sottile legame tra i due universi di oggetti. Va relativizzata anche la pretesa di un'idea assoluta di opera d'arte, giacché talvolta l'oggetto d'uso e l'opera d'arte possono essere intercambiabili. Non è sostenibile, però, che *tutti* gli oggetti d'uso siano opera d'arte, e neppure che la storia dell'arte debba occuparsi di ogni tipo di oggetto d'uso. La nostra tesi è più articolata: all'interno del processo di produzione (e riproduzione) della nostra vita materiale e sociale si danno ambiti – o meglio momenti – in cui, gli oggetti assumono ruoli diversi perché diversa è la loro carica di intenzionalità. (Maldonado, 1987, p. 113).

È su questa carica di intenzionalità che convergono le ipotesi di definizione dell'arte più accettabili e verificabili. Dino Formaggio, puntando su questo valore attribuzionale dell'opera d'arte che, dopo Duchamp, risiede nel momento della scelta dell'artista, piuttosto che nella cosa in sé, dava del concetto di arte una definizione radicalmente non dogmatica – «L'arte è tutto ciò che gli uomini chiamano arte» (Formaggio, 1973, p. 9) – e, sviluppando una teoria dell'artisticità legata alle procedure logiche e alle tecniche di riproducibilità, attualizzando l'insegnamento di Benjamin (1963), non escludeva la progettazione del sistema degli oggetti da considerazioni legate alla dimensione estetica, che ha raccolto nell'oggettualità del rapporto arte-macchina la sistematica degli oggetti del nostro tempo. Ma una pagina suggestiva è dedicata all'arte come generale possibilizzazione progettuale del mondo:

Il mondo è un immenso continuo fiorire di segni: ogni gesto, ogni evento, ogni cosa è un segno, una fontana zampillante di segni. Essi salgono nell'aria, spesso ignorati da noi nella loro essenza, per il grumo di abitudini e di ripetizioni in cui noi ci annuoliamo, e ricadono in strati di polvere geologica di geroglifici più o meno sepolti. La sintesi passiva o la memoria involontaria hanno a volte, incontrollabilmente, scatti di amore che si incontrano con la memoria e generano nella luce di una meteora, il senso del geroglifico di un evento, di una persona o di una cosa. Interpretare e reinterpretare sempre e ogni volta daccapo i segni che popolano il cielo e la terra è compito dell'arte come possibilizzazione progettuale del mondo ed è un modo di vincere, in progetto, s'intende, non di fatto, la morte. L'amore, come la memoria e l'arte, sono opera di pratica diretta, ma più profonda di ogni esplicitazione in discorso, della vita dei segni, della loro potente possibilità progettuale. La comunicazione artistica sfida ogni sistema di informazione o di discorso informativo. (Formaggio, 1973, p. 79).

In altri scritti, Formaggio ha affrontato il problema della forma nella pienezza delle sue trasformazioni giungendo a coniare il termine *trans-morfosi* per esprimere adeguatamente la qualità peculiare di trasformazione formale degli artefatti (Formaggio, 1987, pp. 1-14).

Già Kubler aveva messo in guardia dalla separazione troppo netta tra cultura materiale e cultura artistica affermando, come più tardi commentò Kuhn (1977), che lo sviluppo storico della scienza e quello dell'arte hanno luogo all'interno dello stesso processo:

Benché la storia dell'arte e la storia della scienza traggano ambedue la loro recente origine dalla cultura settecentesca dell'Illuminismo europeo, la nostra inveterata abitudine di distinguere arte e scienza risale invece all'antica divisione tra arti liberali e arti meccaniche. Una tale distinzione ha avuto disastrose conseguenze, prima fra tutte la nostra incallita riluttanza a inquadrare nella stessa prospettiva storica i processi comuni sia all'arte che alla scienza. (...) Scienza e arte si occupano ambedue di certi bisogni umani che la mente e le mani soddisfano producendo cose. Arnesi e strumenti, simboli ed espressioni corrispondono ugualmente a determinati bisogni e devono tutti essere prima progettati e poi eseguiti. (Kubler, 1976, pp. 17-18).

Uno scrittore che trae motivo di ispirazione dal rapporto tra scrittura scientifica e immaginazione letteraria è Italo Calvino, che vede l'immaginazione come “repertorio del potenziale, dell'ipotetico”, alla cui molteplicità sia lo scienziato che l'artista attingono per ogni forma di conoscenza:

La mente del poeta e in qualche momento decisivo la mente dello scienziato funzionano secondo un procedimento d'associazioni d'immagini che è il sistema più veloce di collegare e scegliere tra le infinite forme del possibile e dell'impossibile. La fantasia è una specie di macchina elettronica che tiene conto di tutte le combinazioni possibili e sceglie quelle che rispondono a un fine, o che semplicemente sono le più interessanti, piacevoli, divertenti. (Calvino, 1988, p. 91).

2.2.1. *Pura visibilità*

La problematica del formalismo, in generale, è quella dell'individuazione delle proprietà costanti dei fenomeni. Ci riferiamo qui alla nozione di formalismo nel significato che riveste in estetica. In letteratura, come nelle arti, è la prevalenza data ai valori formali, rispetto al contenuto. Nella critica delle arti figurative del XIX secolo il formalismo ha avuto grande sviluppo, e si proponeva di comprendere ed analizzare l'opera d'arte esclusivamente per mezzo dei suoi valori formali, prescindendo dalle circostanze materiali, storiche, studiando la storia degli stili, ad esempio, come evoluzione intrinseca alla forma artistica. A questa metodologia hanno aderito in particolar modo, e sotto sfumature diverse, Henri Focillon (1943) e Heinrich Wölfflin (1915), che, nel campo specifico della critica e della storia dell'arte, secondo questa metodologia, hanno affinato strumenti di indagine e di interpretazione di fondamentale importanza.

Secondo Wölfflin, la cui opera fu classificata come la “teoria della pura visibilità”, la storia dell'arte è la storia della visione artistica a prescindere dai documenti o dai fatti legati alle vite degli artisti. La comprensione delle qualità estetiche delle opere quindi precede ogni studio storico. Il suo metodo, esposto in *Kunstgeschichtliche Grundbegriffe* (1915), era basato sulla comparazione delle opere secondo alcune categorie o schemi di lettura, che Wölfflin codificò in cinque opposizioni binarie, che gli permisero di caratterizzare la realizzazione della forma nei vari periodi storici, secondo opportune fondamentali differenze morfologiche: *lineare/pittorico, visione della superficie/visione della profondità, forma chiusa/forma aperta, molteplicità/unità, chiarezza assoluta/chiarità relativa*. Distinse così il ciclo artistico in tre periodi – arcaico, classico e barocco –, ai quale poi fu aggiunto il manierismo.

2.2.2. *Vitalismo*

Nella *Vie des formes* (1943), Focillon studiò il mondo delle forme, le forme nello spazio, nella materia, nello spirito, nel tempo, secondo un formalismo fortemente empirico, mai scollegato dalla realtà concreta dell'opera d'arte ed anche dei suoi aspetti sociali. Il problema principale, secondo Focillon, «non fu tanto quello di rivendicare un'assoluta autonomia della forma artistica rispetto al tempo, al luogo, all'ambiente in cui si manifesta (...), ma di proporre una sorta di morfologia genetica delle forme artistiche, privilegiando nel contempo gli assetti formali nei vari campi delle attività umane» (Castenuovo, 1990, p. XV). Il problema del primato della forma, secondo cui ogni attività viene definita nella misura della forma che assume, implica in primo luogo che «la vita è forma, e la forma è il modo della vita». La natura in primo luogo è creatrice di forme, «imprime negli oggetti di cui è composta ed alle forze con cui li anima delle figure e delle simmetrie», le onde, le orbite, i meandri, le stelle sono forme, «ma, dal momento che queste figure entrano nello spazio dell'arte acquistano un valore nuovo, e generano dei sistemi completamente inediti» (Focillon, 1943, pp. 5-6 trad. it. 1990). Ma se non si deve «confondere la nozione di forma con quella di immagine, che implica la rappresentazione d'un oggetto, e soprattutto con quella di segno» dato che, scrive Focillon, «il segno significa, mentre la forma *si* significa», non dobbiamo dimenticare che «il contenuto fondamentale della forma è un contenuto *formale*» (Focillon, 1943, pp. 6-7 trad. it. 1990).

Focillon espone, attraverso l'analisi rigorosa delle forme che si succedono negli stili che esprimono tutte le arti, i concetti di successione, sequenza ed anche quello di concatenazione che verranno poi sviluppati dal suo allievo Kubler, e non sottovalutò l'intendere lo svolgimento formale come procedura logica, concetto alquanto vicino al nostro modo attuale di intendere il processo formale:

Nulla è più seducente – e nulla, in certi casi, è meglio fondato – del mostrare le forme sottomesse ad una logica interna che le organizza. Come sotto l'archetto, la sabbia sparsa sopra una lastra vibrante si sposta e si dispone secondo il disegno di varie figure che si accordano con simmetria, così un principio occulto, più forte e più rigoroso d'ogni fantasia inventiva, richiama l'una all'altra le forme che si generano per scissiparità, per spostamento di tonica, per corrispondenza. (Focillon, 1943, p. 15 trad. it. 1990).

2.2.3. *Formalismo russo*

Un significato particolare il formalismo assume nella storia della letteratura russa, nella quale indica il movimento letterario e filosofico che ebbe il suo periodo di fioritura tra il 1914 e il 1928. Dalla propaganda per il cubo-futurismo, i formalisti passarono allo studio dei problemi linguistici e della poetica, considerando l'opera letteraria pura forma, ovvero "relazione di materiali". Principali esponenti del movimento furono R. Jakobson, T. Tomashevsky, V. Sklovsky. Riflessi del formalismo russo si ebbero in Cecoslovacchia con lo strutturalismo linguistico di Praga, di cui fu rappresentante J. Mukarovsky (1966).

Una ricerca, che ci pare per molti versi istruttiva, sulla portata dei risultati che l'approccio formalista può recare è quella condotta da V.J. Propp, filologo russo che ha concentrato la sua attività scientifica e pedagogica sullo studio del folklore.

Nella sua opera più nota, *Morfologia della fiaba* (1928), Propp esamina le forme della favola russa con la stessa precisione con cui la morfologia studia le formazioni organiche, raccogliendo in ampie tavole la sinossi esaustiva di tutte le funzioni che si svolgono nell'intreccio della favola con riguardo alle possibili combinazioni, alle sequenze di narrazioni, all'alternarsi dei personaggi, il tutto rappresentato con una simbologia coerente con il metodo di logica formale, che potrebbe essere molto utile applicare non soltanto all'ambito della critica letteraria ma anche all'attività di progettazione.

2.3. Modelli matematici della morfogenesi

2.3.1. *Geometria proiettiva e descrittiva*

Accenneremo qui brevemente ai fondamenti disciplinari della geometria proiettiva e descrittiva che coinvolgono la genesi delle forme, la geometria che studia l'insieme delle proprietà delle figure che rimangono inalterate e invarianti rispetto alle operazioni di *proiezione* e *sezione*. Gli enti geometrici fondamentali della geometria proiettiva piana o spaziale sono i punti, le rette e i piani. Le figure, o forme, fondamentali, sono raggruppate in: forme di prima specie (retta punteggiata, fascio di rette, fascio di piani); forme di seconda specie (piano

punteggiato, piano rigato, stella di rette, stella di piani); forme di terza specie (spazio punteggiato, spazio di piani). Le operazioni di proiezione e sezione mutano ciascuna forma in una forma della stessa specie. Concetti basilari della geometria proiettiva sono il birapporto¹⁰ di quattro elementi, vari postulati di appartenenza e leggi di dualità. Tra gli argomenti di studio di tale geometria, abbiamo le generazione proiettiva di curve e superfici che Hilbert e Cohn-Vossen (1932), in un volume di introduzione alla geometria intuitiva, così classificano: curve piane (cerchio, ellisse, parabola, iperbole, evolvente, ecc.), cilindro, cono, sezioni coniche e loro superfici di rotazione; le nove superfici di 2° ordine: cilindro ellittico, parabolico, iperbolico, cono generale, iperboloidi a una falda, paraboloidi iperbolico, ellissoide generale, paraboloidi ellittico, iperboloidi a due falde.

Argomenti oggetti di studio della geometria proiettiva, di particolare interesse per il loro carattere morfogenetico, che in generale descrivono fenomeni senza ricorrere a confronti di lunghezze e angoli pur avendo un carattere geometrico preciso, sono inoltre: i sistemi regolari di punti nel piano e nello spazio (reticoli), le configurazioni piane e spaziali, i corpi regolari (i cinque poliedri regolari nello spazio a tre dimensioni, ma anche quelli relativi a dimensioni superiori), le curve spaziali (soggette a torsione), le selle di scimmia, i tori, gli involuppi, le superfici sviluppabili (superfici rigate, elicoidi), il torcimento delle curve spaziali, le cicli di Dupin (ottenute dal toro per mezzo dell'inversione dello spazio), ecc.

Particolare importanza riveste in geometria proiettiva il concetto di *omologia*, come operatore di trasformazioni di figure. L'omologia piana tra due piani coincidenti è una corrispondenza biunivoca tra punti e punti e tra rette e rette, tale che due punti corrispondenti P e P' sono allineati con un punto fisso O detto centro dell'omologia e due rette corrispondenti r e r' si intersecano su una retta fissa o detta asse dell'omologia. Attraverso l'omologia è possibile trasformare forme date in forme omologhe, così è possibile trasformare cerchi in sezioni coniche (ellisse, parabola iperbole), oppure trovare nel metodo delle proiezioni ortogonali le relazioni tra figure in proiezione e loro ribaltamento su piani generici, oppure, impiegata nel metodo delle proie-

¹⁰ Vedi *infra* paragrafo 2.7.

zioni centrali, ricavare direttamente sul quadro, con operazioni omologiche, la prospettiva di figure appartenenti al geometrale (Chisini e Masotti Biggiogero, 1975).

La geometria descrittiva, occupandosi della rappresentazione su di un piano di figure spaziali, si riduce a semplici applicazioni delle geometria elementare e della geometria proiettiva. La rappresentazione delle figure spaziali avviene mediante figure appartenenti ad un piano detto quadro, in modo che dall'immagine della figura e dalla legge di rappresentazione si possa ricostruire la figura spaziale e viceversa. I metodi della geometria descrittiva sono il metodo di Monge, il metodo dell'assonometria, il metodo delle proiezioni centrali e il metodo della prospettiva. Argomenti trattati sono i problemi di intersezione tra poliedri, tra superfici di rotazione. Tra le applicazioni tecniche, la teoria delle ombre e del chiaroscuro, la rappresentazione di superfici topografiche, la fotogrammetria, la stereotomia o taglio delle pietre, ecc. Queste applicazioni classiche fino a solo un decennio fa, che rientravano in tutti i corsi di geometria descrittiva delle università, hanno ricevuto negli ultimi anni, partire dall'inizio degli anni Sessanta, forte impulso grazie ai progressi compiuti dalla grafica informatizzata e alla progettazione assistita dal calcolatore. Oltre ai tradizionali problemi di rappresentazione, risolti con grande velocità, il disegno automatico ne ha affrontati di nuovi con la creazione di nuove figure e metodologie prima inesplorate. Tra queste i linguaggi grafici (primitive, trasformazioni, e grammatiche della forma), la costruzione geometrica e topologica di modelli, operazioni relative alla percezione del campo visivo (nuove forme di intendere la prospettiva come immagine non-euclidea e operazioni di restituzione geometrica dello spazio pittorico¹¹), metamorfosi di immagini e modelli (*morphing*), interpolazione di curve e superfici e metodi di *skinning*.

A proposito di quest'ultimo punto il computer ha risolto in modo semplice e intuitivo il problema del disegno di linee e superfici curve graduali con il metodo di Coons, che consiste nella divisione di una data superficie in aree poligonali separate tra le quali garantisce un passaggio graduale, e il metodo di Bézier, con il quale si opera su superfici tangenziali di crescente approssimazione rispetto alla superficie desiderata. Il metodo dello *skinning* consente invece la generazione di superfici, anche non uniformi, attraverso la ricostituzione di curve di sezione.

¹¹ Su questi specifici problemi di rappresentazione vedi Soddu (1987) e (1988).

2.3.2. Topologia e morfogenesi

La topologia è lo studio delle proprietà geometriche delle figure che non dipendono dalla nozione di misura, ma che sono invece legate a problemi di deformazione delle figure stesse. Studia quindi le proprietà che rimangono immutate quando si deformano delle figure sottoponendole a torsione, stiramento, compressione. La topologia come branca della matematica ebbe un grande sviluppo a partire dal XVIII secolo e conobbe un particolare successo negli anni Cinquanta del XX secolo. Attualmente, arricchendosi anche dei contributi della topologia differenziale, per la generalità dei suoi metodi e dei suoi strumenti, ha assunto il ruolo di struttura matematica fondamentale in molti campi teorici e applicativi.

Benché anche la geometria proiettiva consenta di conoscere fenomeni che possono essere descritti senza ricorrere a confronti di lunghezze e di angoli, tuttavia, utilizzando i concetti di retta e di piano, possiede e mantiene un carattere geometrico preciso. La topologia invece non esige nemmeno questi concetti, ma unicamente l'esistenza di una connessione continua fra i punti di una figura, immaginando che questa sia costruita di un materiale deformabile ad arbitrio e che non siano possibili né lacerazioni né saldature. Ed è per questo che è stata anche definita una specie di geometria dei fogli di gomma. Esistono proprietà che rimangono inalterate quando una figura costruita in tal modo viene deformata a piacere: per esempio una sfera possiede le stesse proprietà topologiche del cubo, del tetraedro o dell'ellissoide, ma non, come è evidente intuitivamente, del toro.

Le principali definizioni inerenti lo studio degli enti che stanno alla base della topologia riguardano gli *spazi topologici*, la nozione di *connessione*, la situazione geometrica descritta dagli *intorni* di punti, la nozione di *funzione (o applicazione) continua* fra spazi topologici, da cui deriva il concetto di *omeomorfismo*, le classi di spazi topologici dette *varietà*. La topologia permette di concepire superfici non soltanto negli spazi usuali a tre dimensioni ma anche in quelli, impossibili da visualizzare, a molte dimensioni.

Oggetto di studio della topologia sono particolari figure geometriche quali: i poliedri, il toro, le superfici ad una banda (nastro di Möbius, bottiglia di Klein), la “superficie romana” di Steiner, le superfici di autopenetrazione di Boy (Hilbert e Cohn-Vossen, 1932 trad. it. 1972).

2.3.3. Teoria delle catastrofi

Il contributo determinante al consolidamento di una teoria della morfogenesi e in generale ad un'esplorazione del mondo delle forme, soprattutto per la portata transdisciplinare delle conseguenze teoriche che hanno investito ambiti della fisica, della biologia, della linguistica, della semantica, dell'arte, ma soprattutto della topologia, si deve al matematico René Thom, che nei testi *Stabilité Structurelle et Morphogénèse* (1972) e *Modèles mathématiques de la morphogénèse* (1974) ha elaborato la cosiddetta teoria delle catastrofi. Anzitutto Thom ridefinisce il concetto di *morfogenesi*, che in biologia tendeva a separare significati talvolta in opposizione, in quanto veniva usato per indicare processi embrionali accompagnati da movimenti spaziali oppure processi formatori di carattere statico (*pattern formation*). Thom chiarisce che «useremo il termine “morfogenesi” in conformità all'etimologia, nel senso più generale, per designare ogni processo creatore (o distruttore) di forme; non ci preoccuperemo né della natura (materiale o meno) del substrato delle forme considerate, né della natura delle forze che causano questi cambiamenti» (Thom, 1974, p. 3 trad. it. 1985).

Così introduce la sua teoria a proposito della successione delle forme:

Uno dei problemi centrali posti dalla mente umana è il problema della successione delle forme. Qualunque sia la natura ultima della realtà (supposto che quest'espressione abbia un senso), è innegabile che il nostro universo non è un caos; noi vi discerniamo esseri, oggetti, cose che designiamo con altrettante parole. Questi esseri o cose sono forme, strutture, dotate di una certa stabilità; esse occupano una certa porzione dello spazio e durano un certo lasso di tempo; di più, benché un dato oggetto possa essere percepito sotto aspetti assai diversi, non esitiamo a riconoscerlo come tale; il riconoscimento d'uno stesso essere sotto l'infinita molteplicità dei suoi aspetti pone di per sé un problema (il classico problema filosofico del concetto), che, mi sembra, solo gli psicologi della scuola della *Gestalttheorie* hanno posto da un punto di vista geometrico accessibile all'interpretazione scientifica. Supponiamo questo problema risolto conformemente all'intuizione ingenua che accorda alle cose esterne un'esistenza indipendente dalla nostra percezione. Non meno necessario è ammettere che lo spettacolo dell'universo è un incessante movimento di nascita, sviluppo, di distruzione di forme. Oggetto di ogni scienza è prevedere questa evoluzione delle forme e, se possibile, spiegarla. (Thom, 1983, p. 3 trad. it. 1980).

Nello studio delle forme, appare evidente il legame necessario col mondo della percezione e col problema del cambiamento, che introduce il concetto di discontinuità:

In effetti, proprietà caratteristica di ogni forma, di ogni morfogenesi è il manifestarsi attraverso una discontinuità delle proprietà del mezzo; ora, niente mette più a disagio un matematico di una discontinuità, poiché ogni modello quantitativo utilizzabile si fonda sull'impiego di funzioni analitiche, quindi continue. Così, in idrodinamica, i fenomeni del frangersi delle onde sono assai mal compresi; essi hanno però, certamente grande importanza nella morfogenesi dello spazio a tre dimensioni. In pagine di rara chiarezza, D'Arcy Thompson ha paragonato la forma delle meduse a quella delle figure di diffusione di una goccia d'inchiostro nell'acqua; così non è impossibile che la morfogenesi biologica, meglio conosciuta, più lenta e più strettamente controllata, ci aiuti a comprendere certi fenomeni rapidi e fugaci della morfogenesi inanimata. (Thom, 1983, p. 13 trad. it. 1980).

Il teorema fondamentale della teoria delle catastrofi di Thom stabilisce che, usando un modello algebrico qualitativo, esiste un legame intelligibile fra le cause, le cui azioni variano in modo continuo, ed effetti discontinui. In altri termini, è sempre possibile individuare, nello spazio di controllo a 4 dimensioni, equivalente allo spazio-tempo usuale, in presenza di improvvise condizioni di crisi o discontinuità, insiemi di punti di catastrofe che costituiscono la morfologia del processo.

Le sette catastrofi elementari sono:

- 1) *la piega*;
- 2) *la "grinza", o cuspidè*;
- 3) *la coda di rondine, o crunodo*;
- 4) *la "farfalla"*;
- 5) *l'ombelico iperbolico*;
- 6) *l'ombelico ellittico, o "pelo"*;
- 7) *l'ombelico parabolico* (Thom, 1974, p. 10 trad. it. 1985).

La ricerca di Thom tende, da una parte, a integrare gli sviluppi della topologia e dell'analisi differenziale al problema della stabilità, della perturbazione e della forma topologica delle funzioni; dall'altra, adattare questi modelli matematici avanzati all'embriologia (segnatamente all'embriogenesi) e alla biologia.

Della teoria viene poi presentata l'applicabilità a campi che vanno ampiamente al di là di quello strettamente matematico o biologico: in semantica e linguistica, in semiotica. Thom considera inoltre i processi

di morfogenesi come capaci di fornire un paradigma generale dell'evoluzione. E ancora, sul ricorrere di forme o motivi tipici nelle arti plastiche, così si esprime:

Di dove proviene, allora, il nostro sentimento di bellezza? Dalla sensazione che l'opera non è arbitraria; benché imprevedibile, noi abbiamo l'impressione che la sua esecuzione sia stata diretta da qualche centro organizzatore di grande codimensione ben lontano dalle strutture abituali del pensiero ordinario, ma tuttavia in risonanza con le grandi strutture affettive o genetiche che sottendono tutto il nostro pensiero cosciente: l'opera d'arte agisce dunque come un germe di catastrofe virtuale nello spirito dell'osservatore. Col favore del disordine, dell'eccitazione prodotti nel campo sensoriale dalla visione dell'opera, certi creodi molto complessi – di troppo grande complessità per resistere alle perturbazioni del metabolismo normale del pensiero – possono realizzarsi a un certo momento e sussistere. (Thom, 1983, p. 355 trad. it. 1980).

Distinguendo tra i due tipi di modello meccanico, quello classico, determinista e quello quantistico, sostanzialmente indeterminato, viene confutata la possibilità di descrivere i fenomeni macroscopici adottando il modello classico e l'indeterminatezza delle condizioni iniziali, utilizzando uno dei concetti cardine della teoria del caos, il cosiddetto "effetto farfalla":

a livello macroscopico, numerosi fenomeni presentano una certa instabilità, dovuta al fatto che determinate simmetrie iniziali scompaiono: così un disco omogeneo abbandonato in caduta libera nell'aria a partire da una posizione orizzontale, descriverà, cadendo, una spirale; una vasca cilindrica, piena d'acqua, quando venga tolto il tappo centrale, si svuota, presentando un movimento di rotazione del liquido il cui senso è a priori sconosciuto e imprevedibile: in tutti i casi di questo tipo, variazioni minime delle condizioni iniziali possono determinare grandissime variazioni dell'evoluzione ulteriore. (Thom, 1974, p. 6 trad. it. 1985).

Altri due concetti determinanti nella teoria delle di Thom sono quello di *risonanza* e quello di *contagiosità* delle catastrofi.

Con *risonanza*, in fisica, si intende quel fenomeno per cui l'ampiezza delle oscillazioni indotte in un sistema oscillante (meccanico, elettrico, nucleare) tende, in particolari condizioni, ad esaltarsi. In musica, corde di risonanza (o simpatiche) sono quelle che, in alcuni strumenti a corda (es. viola d'amore), vibrano per risonanza, senza cioè essere pizzicate. La risonanza nei processi morfogenetici è evidente quando si mettono in interazione due sistemi dinamici che presentano

ricorrenza, ciascuno quindi con un proprio *attrattore*, e nei quali, al momento del loro accoppiamento il prodotto degli attrattori subisce una catastrofe catabolica che degenera in un terzo attrattore¹².

La *contagiosità* è il fattore essenziale che esprime l'attrazione delle forme. Ogni forma aspira all'esistenza e attira in un fronte d'onda d'urto le forme topologicamente vicine esistenti e, nella competizione dei diversi attrattori, solo una minima minoranza di forme perverrà all'esistenza. In particolare la contagiosità si verifica quando, in presenza di due sistemi dinamici, si ha l'interazione tra due morfologie di cui una, composta da oggetti-sorgente, esercita sull'altra, sottoposta ad un potenziale molto forte, una sorta di isomorfismo, tale che sia indotta una deformazione "plastica", cioè dotata di memoria, sulla morfologia ricevente. Simile processo si verifica, ad esempio, nella percezione, in cui l'accoppiamento presentato dalla mente dell'individuo – che costituisce la sua "soggettività" – nei confronti della realtà esterna, manifesta il suo carattere plastico «attraverso l'immagazzinarsi delle percezioni in ricordi, suscettibili di esser richiamati alla memoria in caso di bisogno» (Thom, 1980, p. 258 trad. it. 1985)¹³.

Ambidue i concetti presentano una forte utilità di rappresentazione dei meccanismi che presiedono alla generazione di nuove forme a partire da serie dinamiche poste in relazione, come si verifica nell'azione intenzionale del progettista che usa, ad esempio impiegando le tecniche, strumenti, repertori formali attinti anche dal magazzino della storia e della memoria, li rielabora ponendoli in risonanza, assecondando, nelle proprie scelte, la dinamica di attrazione delle forme.

2.3.4. *Geometria frattale*

La teoria dei frattali, dovuta a Benoît Mandelbrot, è meno ambiziosa della teoria delle catastrofi, dato che non si propone di studiare le forme in generale ma solamente una certa famiglia di forme, quelle appunto *frattali*. Mandelbrot coniò questo neologismo nel 1975, traendolo dal latino *fractus*, derivato da *frangere* <rompere, spezzare>. La risonanza con le principali parole affini – come frattura e frazione –

¹² Vedi anche Soddu e Colabella (1992, pp. 89-90).

¹³ Sulla *contagiosità delle catastrofi* cfr. anche Thom (1980, pp. 257-259 trad. it. 1985).

sembrava appropriata. Frattale significa quindi frammentato, frazionato, irregolare, interrotto: «Gli scienziati saranno sorpresi e compiaciuti nello scoprire che non poche forme che prima dovevano chiamare *granulose, tentacolari, intermedie, foruncolose, butterate, ramificate, algali, strane, intricate, tortuose, serpeggianti, esili, grinzose* e così via, potranno d'ora in poi essere studiate in modo rigorosamente e vigorosamente quantitativo» (Mandelbrot, 1975, trad. it. 1987).

Nella sua opera maggiore *Les objets fractals: forme, hasard et dimension*, Mandelbrot presenta la sua teoria come la geometria più adatta per studiare la complessità delle forme della natura e la loro evoluzione, mettendo in evidenza che il suo scopo è descrivere la *forma* degli oggetti frattali, passando poi al ruolo che ha il *caso* nella loro costruzione e infine, quella che è la loro caratteristica principale, la *dimensione* frattale, che ne misura l'irregolarità e l'interruzione. A differenza delle dimensioni ordinarie a cui siamo abituati, 0, 1, 2, 3, gli oggetti frattali possiedono una dimensione frazionaria, come $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$, o perfino numeri irrazionali come $\log_4/\log_3 = 1,2618\dots$, cioè un valore intermedio tra la dimensione 1 e 2, o come π . Questo fa sì che vi siano figure intermedie, cioè esseri geometrici che non sono né curve né superfici né volumi, pur possedendo delle caratteristiche di ciascuna di queste, come ad esempio l'insieme triadico di Cantor, oggetto intermedio tra il punto e la retta, o la curva di von Koch, oggetto intermedio tra la retta e il piano, oppure curve che riempiono il piano, come la curva di Peano o solidi le cui facce laterali hanno area nulla ma con perimetro dei buchi infinito come la spugna di Sierpinski. Come spesso accade nella ricerca scientifica, Mandelbrot aveva riconosciuto che nel lavoro dei suoi predecessori, quali Poincaré, Cantor, Sierpinsky, Lobacevsky, Peano, Cesaro, Julia, Hausdorff, von Koch, erano rimaste inesprese alcune originali intuizioni su queste forme, allora considerate 'patologiche' e mostruose perché non rientranti nei canoni classici di spiegazione, pur potendo essere dimostrata analiticamente la loro esistenza. Il suo merito è stato di dimostrare, attraverso l'impiego massiccio dell'elaboratore elettronico e delle possibilità iterative di calcolo, la generalità delle forme frattali nei fenomeni naturali, di rendere quindi visibili questi oggetti e di inventarne di nuovi.

Questa qualità delle forme è riscontrabile, non soltanto agli effetti macroscopici, ma è anche ripetuta tendendo, per un verso all'infinito e per l'altro all'infinitesimo. Si riproduce per autosomiglianza, che è

una simmetria da una scala a un'altra, o, in termini più pertinenti alla geometria proiettiva, per omotetia¹⁴ interna. La teoria dei frattali si occupa pertanto delle forme che sono caratterizzate da una complessità intrinseca e da una irregolarità fondamentale che si verifica a tutte le scale di osservazione, tale che, ad ognuna di queste, il grado di complessità sia comunque elevato. Inoltre le forme frattali possiedono, superando quello che storicamente sembrava un paradosso, quantità metriche elevate (infinite) occupando porzioni di spazio limitate (finite). Le forme frattali non sono la *rappresentazione* dell'infinito, come lo è ad esempio nelle proiezioni centrali la rappresentazione degli elementi impropri sul piano proprio (il punto di fuga Q'_r di una retta r , nella prospettiva, non è l'infinito, ma *rappresenta* sul quadro π il punto Q_{ro} improprio – all'infinito – comune a tutte le rette parallele alla r). Invece la forma frattale è effettivamente infinita nella realtà della scala macroscopica della percezione, in una regione dello spazio finita.

Ma a che cosa è dovuta questa complessità? Essenzialmente ad una semplice sequenza di operazioni matematiche, che utilizzano numeri frazionari o numeri complessi (numeri reali e numeri immaginari), e una serie di iterazioni. Ma oltre che con i numeri, le forme possono essere generate con apparecchiature di riproduzione fotostatica, quale la fotocopiatrice a riduzione di focale.

La geometria frattale è quindi utile per descrivere la complessità degli oggetti naturali come le coste geografiche, i rilievi montuosi, ma anche la distribuzione delle galassie, la struttura di un polmone, le ramificazioni di un fiume. I concetti che la informano sono evidenti e intuitivi e le forme che vengono generate con essa possiedono una grande attrattiva estetica¹⁵ e un'ampia gamma di applicazioni.

2.4. Morfogenesi dell'opera letteraria

Per quanto riguarda questo aspetto della creazione delle forme, ci siamo riferiti principalmente all'acuta ed ampia analisi che ne ha fatto Calvino in *Lezioni americane* (1988). In questa raccolta del contenuto

¹⁴ L'*omotetia* e l'*affinità* sono casi particolari dell'*omologia* (v. cap. 2.3.1). Nell'*omotetia* l'asse dell'*omologia* è improprio e di conseguenza ogni retta è parallela alla retta corrispondente. Nell'*affinità* invece è il centro dell'*omologia* ad essere improprio e sono parallele le rette congiungenti punti corrispondenti.

¹⁵ Per questi aspetti vedasi Peitgen e Richter (1986).

di sei conferenze che lo scrittore avrebbe dovuto tenere ad Harvard come “memorie per il prossimo millennio”, è esposta in forma sintetica una *summa* del sapere letterario e creativo delle lingue moderne e della letteratura dell’Occidente, di cui vengono fatti emergere i caratteri più salienti ed esplorate le possibilità espressive, cognitive e imaginative. Queste vengono lette e filtrate attraverso sei categorie, o valori, che Calvino ritiene essere le più appropriate per caratterizzare la prospettiva che si apre sul prossimo millennio: la *leggerezza*, la *rapidità*, l’*esattezza*, la *visibilità*, la *molteplicità*, la *consistenza*.

Riguardo alla possibilità dell’immaginazione come possibilità di selezione di alternative, Calvino ci mostra come l’idea “d’infiniti universi contemporanei in cui tutte le possibilità vengono realizzate in tutte le combinazioni possibili” è presente soprattutto nella letteratura contemporanea (Gadda, Joyce, Musil, Flaubert, Borges, Perec), ma la ritroviamo in filosofia con il concetto leibniziano dei “mondi composibili” ripreso da Deleuze (1988).

La creazione letteraria costituisce talvolta un’adeguata metafora del processo progettuale per il quale si elabora, all’interno di un processo di continua reinterpretazione, un’idea, un’immagine, una forma, attorno cui si condensa un fitto campo di analogie, di simmetrie, di contrapposizioni di metafore. L’inquietudine della ricerca di una forma compiuta, la lunga elaborazione di testi poetici, ripresi e abbandonati, testimonia un lavoro che sembra interrompersi, o riprendere in progetti successivi. Esprime il desiderio che il processo di elaborazione non si arresti in una configurazione univocamente determinata. La celebre opposizione tra il *crystallo*, “immagine d’invarianza e di regolarità di strutture specifiche”, e la *fiamma*, “immagine di costanza d’una forma globale esteriore, malgrado l’incessante agitazione interna”, è usata per visualizzare le alternative che si pongono, oltre che alla biologia (Atlan, 1979), nel momento in cui descrive il processo di formazione degli esseri viventi, anche alle teorie del linguaggio e dell’opera letteraria: «Cristallo e fiamma, due forme di bellezza perfetta da cui lo sguardo non sa staccarsi, due modi di crescita nel tempo, di spesa della materia circostante, due simboli morali, assoluti, due categorie per classificare fatti e idee e stili e sentimenti» (Calvino, 1988, p. 70).

Tale contrapposizione arricchisce di nuovi contenuti anche la progettazione, se viene intesa come intervento su ciò che si trasforma: da

una parte il progetto cristallizza attorno a nuclei formali capaci di attrarre famiglie di forme, dall'altra il progetto è trasformazione continua di forme dinamiche in evoluzione. Il progetto non come fatto compiuto ma come processo: «L'opera vera consiste non nella sua forma definitiva ma nella serie d'approssimazioni per raggiungerla» (Calvino (1988, p. 75).

Sul rapporto tra letteratura e visibilità, tra verbalizzazione e visualizzazione scrive: «Diciamo che diversi elementi concorrono a formare la parte visuale dell'immaginazione letteraria: l'osservazione diretta del mondo reale, la trasfigurazione fantasmatica e onirica, il mondo figurativo trasmesso dalla cultura ai suoi vari livelli, e un processo d'astrazione, condensazione e interiorizzazione dell'esperienza sensibile, d'importanza decisiva tanto nella visualizzazione quanto nella verbalizzazione del pensiero» (Calvino, 1988, p. 94).

Questo costruire il processo d'astrazione sulla base di un sistema di regole non diminuisce le possibilità creative, anzi al contrario, secondo alcuni scrittori, come Perec, la stimola.

In letteratura, questa tematica della scientificizzazione del processo compiuto nella attività creativa si ritrova talvolta nel riconoscimento consapevole del *modus operandi* da parte dell'autore, nello svelare la logica interna impiegata per comporre e rielaborare l'eterogeneità dei fatti soggettivi. Questa possibilità di evidenziare i passaggi logici per i quali si perviene alla creazione dell'opera e l'evidente necessità, per l'autore letterario – come per il progettista –, di avere consapevolezza dei propri strumenti, per esercitare un controllo continuo e un affinamento dei propri mezzi, sono state espresse da Edgar Allan Poe, nel commentare la genesi di uno dei suoi lavori: «Il mio progetto consiste nel far vedere che non un solo passaggio nel corso della composizione del *Corvo* può essere ricondotto al caso o all'intuizione; e come il lavoro sia venuto progredendo passo per passo, fino a concludersi con la precisione e le implicazioni rigorose di un problema matematico» (Poe, 1846, p. 19 trad. it. 1986).

Il rigore col quale viene descritto il dispiegarsi di un evento creativo non va inteso quale riflesso di una concezione scienziata della tecnica artistica, quanto piuttosto come esposizione di una forma logica del pensiero inventivo. Riflettendo sull'innescò della composizione di un racconto, Poe descrive la ricerca dell'effetto:

Io preferisco cominciare studiando un *Effetto*. Tenendo *sempre* d'occhio l'originalità (perché tradisce se stesso chi si azzarda a privarsi di una fonte d'interesse tanto ovvia e tanto facile a raggiungersi) io mi dico in primo luogo: "Degli innumerevoli effetti, o Impressioni, di cui è suscettibile il cuore, o l'intelletto, o più genericamente la mente, quale mi conviene scegliere in questo caso?". Una volta scelto un Effetto che sia anzitutto inedito, e poi intenso, rifletto se possa meglio indurlo un episodio o un registro; se sia meglio introdurre episodi correnti e un registro, invece, singolare, o il contrario, o cercare una singolarità tanto nell'episodio quanto nel registro. A questo punto mi guardo intorno, o meglio mi guardo dentro, cercando le combinazioni di episodi e di registro che meglio possono aiutarmi a costruire quell'effetto. (Poe, 1846, p. 18 trad. it 1986).

2.4.1. Teorie della ricezione

Gui Bonsiepe sostiene la necessità che la cultura di progetto sviluppi una specificità disciplinare autonoma rispetto ai domini della scienza e della tecnologia. Riguardo alla tematica dell'innovazione, il design deve avere competenze specifiche, distinte dagli ambiti scientifico e tecnologico, e sviluppate in un proprio statuto ontologico, che riguardano la sua azione progettuale rispetto a quattro finalità: uso e pratiche sociali, estetico-formale, ambientale, delle forme di vita (Bonsiepe, 1995). Ha ribadito inoltre la centralità del concetto di interfaccia nell'azione di competenza specifica del designer. L'oggetto progettato è l'*interfaccia* fra il corpo e l'azione che è resa possibile attraverso l'oggetto. Come esempio essenziale di interfaccia ha citato la puntina da disegno: in una forma che riduce al minimo l'impiego di materiale, viene soddisfatta la duplice richiesta di realizzare una superficie che opponga adeguata distribuzione degli sforzi resistenti sul tessuto fragile della pelle e al tempo stesso renda possibile (una prestazione opposta alla precedente) la penetrazione. In questa relazione triadica è pienamente espresso il diagramma ontologico del design – azione, utente, utensile – che si realizza nell'ambito centrale dell'interfaccia progettato dal designer. Se ribaltiamo invece l'ottica del processo e lo osserviamo non dal punto focale del progettista ma da quello di chi recepisce l'oggetto, o quanto meno teniamo conto della dialettica tra genesi dell'opera e sua ricezione, possiamo fare un'altra serie di considerazioni e introdurre la teoria della ricezione. Cos'è che accomuna trasversalmente la diversità di prodotti della creatività umana, perché determinate creazioni artistiche, architettoniche, di artefatti, di

testi, riescono a raggiungere una ‘permanenza’ nei nostri scenari culturali e sono capaci di continuare a esprimere diuturnamente questa loro qualità, di “parlare” a chi le percepisce? (in questo senso c’è sì un’identità tra artificio e natura, perché questa qualità di “tessere conversazioni intorno a” si genera anche per moltissimi fenomeni naturali: una montagna, una conchiglia, un albero, un paesaggio); qual è il fattore comune che dobbiamo cercare perché la progettazione sia la più efficiente possibile in vista di questo obiettivo? Mettersi dalla parte di chi ascolta, di chi “fruisce” l’opera; rispondere, in anticipo, all’imprevedibilità delle sue aspettative. In questa direzione si tratta ora di trovare o riconoscere quali sono i contributi affini.

Una predisposizione all’acquisizione di questa consapevolezza risiede nel lavoro teorico dei *filosofi del dialogo*. A queste posizioni ha fatto riscontro l’area teorica che fa riferimento all’*estetica della ricezione*, i cui principali esponenti sono fra gli altri, gli studiosi di teorie letterarie della cosiddetta Scuola di Costanza, che fa capo a Hans Robert Jauss e Wolfgang Iser (Holub, 1989). In questa impostazione teorica si ribaltano la centralità del testo e gli orientamenti formalistici accademici che si richiudono sul testo, mettendo in primo piano il momento della ricezione da parte del pubblico, la complessità del processo di lettura e la risposta da parte del lettore, schiudendo una pluralità di prospettive che si estendono non soltanto all’ambito letterario, ma anche a quello sociologico, linguistico, artistico. Secondo Iser, «l’opera letteraria ha due poli, che potremmo definire il polo artistico e il polo estetico; il polo artistico corrisponderebbe al testo creato dall’autore, quello estetico alla concretizzazione attuata dal lettore» (Iser, 1989, p. 43). L’opera offre così diverse “prospettive schematizzate” e assume un carattere virtuale nel momento della convergenza tra la realtà del testo e le configurazioni di senso proprie del lettore, giacché «l’opera è il costituirsi del testo nella coscienza del lettore». Anche nell’ambito del disegno industriale si hanno tentativi di utilizzare l’approccio della teoria della ricezione con una rinnovata attenzione alla rapporto dialogico e al circolo comunicativo che si instaura una volta che un oggetto è progettato, prodotto e inserito nella contesto della cultura figurativa e dell’immaginario dei fruitori.¹⁶

¹⁶ A questo riguardo vedi i contributi che, in diversa misura, contengono motivi di attenzione alla problematica della ricezione: De Fusco (1989, pp. 18-32), Manzini (1990, pp. 17-26), D’Auria (1993, pp. 24-37).

In linea con questa tendenza all'ascolto, un'altra parola è comparsa nel panorama della cultura di progetto, derivata dal contesto filosofico: *disponibilità*. Il concetto, dovuto ad Heidegger (1957, p. 69 trad. it. 1984), è stato ripreso da Bonsiepe (1995, pp. 159-165) che la indica come un'altra delle categorie fondamentali del disegno industriale. La disponibilità di un prodotto si svela entrando in relazione con esso, andando oltre la sua apparenza, comprendendo il suo utilizzo tramite un rapporto d'uso, una relazione che deve indirizzare l'utente all'agire efficace.

2.5. Morfemi, coinemi, icone e iconemi

La ricerca di elementi fondativi del sistema morfologico ci porta ora ad identificare unità minime che potremmo chiamare *morfemi*. Così come nello studio del linguaggio il *monema* (o *morpheme* nella terminologia della linguistica strutturale americana) è qualunque segmento di enunciato dotato di significato, e allo stesso modo il *coinema* (nella terminologia proposta da Fornari per la psicoanalisi dell'arte) è qualsiasi unità elementare del significato affettivo, nello studio delle forme, *morfema* può essere inteso come qualsiasi frammento di forma, o unità minimale, dotata di significato visivo. Dai morfemi intesi come invarianti e dalle possibilità e relazioni combinatorie che ne derivano, nascono le infinite varietà dell'universo fenomenico delle configurazioni formali.

Ma un significato pregnante di unità minima intrecciata su significati emozionali comuni risiede nel concetto psicoanalitico di *coinema*, introdotto da Fornari: «Costituendosi come significati primari, che hanno la possibilità di collegarsi, per similarità e contiguità, con indefiniti significanti, i coinemi presiedono al rimescolamento confusivo della informazione, che ripete, a livello di procedura simbolica, la procedura di rimescolamento dell'informazione che è nella *mixis* del processo creativo genetico. La simbolizzazione coinemica confusiva sta cioè alla base di ogni procedimento creativo attraverso la organizzazione in un contesto, strutturato sintatticamente, degli elementi di base» (Fornari 1979, p. 195).

Questa accezione di coinema, che è inclusa in quella di morfema, risulta significativa per due fattori. Il primo che riguarda il ruolo che il disordine "confusivo" assume nella morfogenesi di un'opera e ciò

in accordo a quanto osservava Arnheim sulla formazione delle strutture d'ordine in condizioni d'entropia (Arnheim, 1974), l'altro che mostra che nei repertori formali esistono delle unità minime già dotate di significato (a differenza dei *fonemi*, per tornare al paragone linguistico, che non recano alcun significato).

Uno studio sui morfemi è stato compiuto negli anni Sessanta del XX secolo da Alberto Seassaro nell'ambito di ricerche sperimentali di metodologia architettonica. Di fatto, i morfemi erano una serie articolata di modelli spaziali morfologici intesi come “abaco di configurazioni plastiche elementari”. Questi gli obiettivi di lavoro:

La ricerca che si prefigge un superamento della prassi progettuale convenzionale (dicotomia forma-funzione e morfologia-tipologia) per una scientificizzazione del processo di formalizzazione, evidenzia le problematiche connesse ai rapporti tra realtà e struttura, tra struttura e modello e tra modello e progetto. Assumendo il modello come ‘campo di conoscenza operabile’, sono stati esplorati gli ambiti della tipizzazione dei modelli e delle problematiche linguistiche (codici di denotazione, codificazione e decodificazione del modello) ed epistemologiche (induzione e deduzione, processo euristico) attinenti. (Seassaro, 1968, p. 7).

Di morfemi parla anche Van Onck nel suo libro *Design. Il senso delle forme dei prodotti* (1994), definendoli come elementi formali minimali a due o tre dimensioni (ad esempio angoli, raggi, fessure) oppure qualità dei materiali (finiture, colori, trasparenze). Li distingue dai frammenti che, ad un livello più elementare, sarebbero qualità formali non associate a un significato. In questo senso sono morfemi i “dettagli” o particolari costruttivi come i giunti, l'abbinamento di componenti, le connessioni, i nodi, ecc. Entrambi poi deriverebbero dai creodi, o operatori di morfogenesi, attraverso le tre operazioni di addizione, scissione, trasformazione (Van Onck, 1994, pp. 60 e segg., p. 96).

Un lavoro di indagine con analoghi rimandi tra strumenti linguistici e mondo degli oggetti, tra manufatti e strumenti delle arti, attraverso una chiave di lettura che interpreta l'archeologia secondo la cultura materiale, è stato proposto da Andrea Carandini, che mutua in termini extra-linguistici e produttivi alcune osservazioni di Tullio De Mauro:

Gli oggetti di uso comune prodotti dall'uomo sono... scheletri di una più complessa morfologia, fatta di gesti, di norme, di valori, di simboli, di parole che possiamo cercare di ricostruire ma che non si possono conservare nella loro materialità... Le “cose” non sono fuori dall'universo segnico, ma sono anch'esse

significanti di significati... Gli artefatti (i modi di fare), come le parole (i modi di dire) sarebbero un prodotto dell'attività motrice umana che dà forma a un materiale bruto attraverso i muscoli e sotto il controllo mentale. Gli stessi metodi della linguistica si potrebbero adottare anche nei riguardi degli oggetti materiali che potrebbero essere analizzati come “factemi” – “la classe minimale di attributi che determina il significato funzionale di un artefatto” – e di “formemi” – “la classe minimale di oggetti aventi un significato funzionale”. È evidente il rimando ai “morfemi (o lessemi, segni, termini, iposemi), cioè la più piccola unità fonico-acustica dotata di significato che abbia la capacità di distinguere una frase dall'altra, ed ai “fonemi”, cioè la più piccola unità fonico-acustica che abbia la capacità di distinguere “morfemi”. (Carandini, 1975, pp. 103-104).

Nel processo di morfogenesi i morfemi che coniugano insieme matrici tecnologiche e formali generando matrici simboliche sono ad esempio gli *skeuomorfi*, forme decorative originarie derivanti dalla struttura materiale di un manufatto. Tale termine (derivato dal greco σκευός, vaso, arnese) indica, negli scritti di etnologi e storici delle arti decorative anglosassoni della fine del secolo scorso, quei motivi decorativi che nascono o permangono al cessare di cause strutturali e materiali che li hanno generati. Ad esempio la riproduzione delle caratteristiche di manufatti in corda, nel vasellame in terracotta di civiltà primitive che servivano per contenere e legare le parti di argilla umida prima della cottura. In seguito, quando i metodi di fabbricazione non ne richiedevano più l'uso, i segni e le tracce di tali lavorazioni diventavano motivi decorativi e conservati e imitati artificialmente. Quando la funzione materiale si esaurisce, resta o ad essa si sostituisce la funzione simbolica. Esiste un'ampia letteratura sull'argomento della decorazione e l'ornamento applicata all'architettura, visto sotto questa origine skeuomorfica, in cui frequentemente ritroviamo nella copia in pietra delle forme di costruzioni in legno, l'origine di modanature, listellature, dentellature e molti altri dettagli costruttivi. Le prime ipotesi al riguardo sono fornite da Vitruvio che afferma chiaramente che i triglifi e le metope del tempio greco derivano dalle estremità visibili e dagli intervalli nell'orditura delle travi di copertura del tempio. La morfogenesi degli *skeuomorfi* mentre definisce un'origine concreta, gestuale e strutturale al motivo disegnato, inciso o modellato, sottraendolo all'arbitrarietà di un'astrazione concettualizzante, al tempo stesso ne trasporta il valore simbolico che conferisce la riconoscibilità del manufatto. E questo non riguarda soltanto il dettaglio architettonico ma si estende all'articolazione degli elementi compositivi più complessi. L'origine del frontone del tempio,

come evoluzione del sistema preistorico di copertura trilitico (il *dolmen*), la sua stabilizzazione e pervasiva diffusione come elemento di caratterizzazione e di riconoscibilità formale di valori collettivi nella costruzione della città occidentale, ne è un esempio eloquente.

La ripresa dell'idea di forma, che nel fare artistico prevedeva la duplice radice di *technè* e di *poiesis*, intersecando un aspetto tecnico-artigianale ed uno naturalistico, può costituire l'occasione di una riflessione etica sulla tecnica e sul progetto, inverando i tratti della *hybris* prometeica.

L'*iconema*, termine coniato da Tomás Maldonado, è invece «un'unità iconica non suscettibile di essere divisa in unità iconiche più piccole» ed è impiegata nel discorso sull'*iconicità*, come forma di configurazione sinottica:

Quando raffigura un oggetto con mezzi inanimati (fotografia, disegno, pittura ecc.), l'icona assume la forma di configurazione sinottica. Per configurazione sinottica si intende un sistema i cui elementi si comportano *costitutivamente* e non *sommativamente*, ossia: un sistema i cui elementi appaiono in un rapporto reciproco di totale dipendenza formale, strutturale e funzionale. In poche parole, una configurazione con un alto grado di compattezza sistemica. (...) In quanto immagine, l'icona ha anche bisogno, per forza, di un minimo di differenziazione interna, di un minimo di gerarchizzazione tra le parti che la compongono. (...) Sappiamo infatti che il processo di lettura di un'immagine – anche di quelle prive di movimento – si svolge nel tempo. Percepire è percorrere. Percepire è stabilire un itinerario. (Maldonado, 1992, pp. 129-130).

In analogia alle definizioni di *fonema* e di *morfema*, ma più precisamente trasponendo il diverso grado di complessità che, in logica, assumono le *proposizioni atomiche* e le *proposizioni molecolari*, nel discorso sull'*iconicità* visiva, l'*iconema* svolgerebbe un ruolo corrispondente alla proposizione atomica a bassa complessità, pur riconoscendo i rischi di questa trasposizione, dovuti, in effetti, alla diversa capacità referenziale dell'immagine rispetto alla parola.

2.6. Morfogenesi e simmetria

La nozione di simmetria investe le più varie manifestazioni culturali e molteplici campi disciplinari, dalla filosofia alla biologia, dalla matematica alla fisica, dalla medicina all'antropologia, ed è fondamentale per ogni teoria della rappresentazione, ogni studio sui feno-

meni artistici, ogni riflessione su aspetti morfologici, e quindi necessariamente su ogni considerazione sul progetto.

È probabile che ogni riflessione speculativa sulla simmetria sia scaturita, in origine, dalla contemplazione-osservazione dei fenomeni della natura, in primo luogo della forma degli organismi viventi, vegetali e animali, e in particolare dalla forma stessa del corpo umano, e che poi quest'indagine sia stata approfondita, a successivi livelli di astrazione, nelle prime forme di pensiero razionale emergenti dal mito, nella produzione delle arti, nei metodi di misurazione, nella studio della geometria, nel proporzionamento, nell'elaborazione delle matematiche e così via fino alle concezioni moderne della struttura della materia, e di tutte quelle trattazioni in cui ad un notevole livello di astrazione globale (sistemi di formalizzazione) ha corrisposto comunque un'ampia molteplicità di applicazioni in studi locali e particolari (tecniche artistiche e ornamentali, tassonomie e morfologie dei fenomeni naturali, ecc.).

La simmetria come necessità, come principio della forma, come logica di organizzazione di entità astratte quanto di oggetti concreti, attraversa quindi ogni soglia temporale e ogni campo disciplinare e trascende anche il campo di esclusiva operatività umana – cioè non nasce, come per esempio la scrittura, come prodotto esclusivo dell'azione umana –, essendo insita nella struttura delle cose. Si può dire, semplificando notevolmente, che la teoria simmetrica risulta essere il sistema portante di un enorme sistema scientifico basato su principi di analisi dei fenomeni non solo statici, ma dinamici, a problematiche relative alla centralità¹⁷ e all'equilibrio. Problemi collegati, come si vedrà, anzi, strutturalmente connessi, sono, in fisica teorica, gli studi sulle rotture spontanee della simmetria, per la comprensione di una teoria unificata delle interazioni fondamentali.

Il termine *simmetria* deriva dal latino *symmetria* e dal greco *συμμετρία*, composto di *σύν* <con, insieme>, prefisso che indica unione, connessione, coesistenza, simultaneità, eguaglianza, e *μέτρον* <misura, porzione, regola, norma, legge regolatrice>. Il greco *σύμμετρος*, ha una molteplicità di significati di cui i principali sono: <di egual misura, corrispondente, simile, proporzionato, simmetrico, corrispondente, appropriato, giusto, commensurabile>¹⁸.

¹⁷ Cfr. Sedlmayr (1948) e J. Petitot (1977).

¹⁸ Rocci L. (1979), *Vocabolario Greco Italiano*, Società Editrice Dante Alighieri, Roma.

La parola era nell'antica Grecia sinonimo di ben proporzionato, ben equilibrato e veniva relazionata con i concetti di bellezza e di convenienza. In particolare per Policleto di Argo, scultore attivo nella seconda metà del V secolo a.C., la simmetria era uno degli elementi che costituivano il canone proporzionale, cioè il principio strutturale della figurazione statuaria. Argan fa notare¹⁹ come, superando la rigidità dell'equilibrio rigorosamente simmetrico, caratteristico della squadratura dei volumi e delle figure dei *kouroi* arcaici, con Policleto la simmetria della forma plastica, sia opportunamente deviata da una stretta bilateralità, assumendo, con un delicato e perfetto congegno di leve, inclinazioni e flessioni, il tema dominante del *pondus*, cioè della gravitazione e "ponderazione" della figura su un punto d'appoggio, da cui si trasmette e si irradia nello spazio l'iniziale impulso di moto. In pratica, nel periodo classico dell'arte greca, viene risolto il problema della rappresentazione del movimento in una forma necessariamente statica e, in partenza, perfettamente simmetrica.

Secondo Vitruvio²⁰ il termine fa parte della duplice triade concettuale espressa, da una parte, nei termini dell'*ordinatio*, della *dispositio*, e della *distributio*, che identificavano *actions* distinte cui presiedevano, con rigorosità, le tre categorie della *symmetria* o modularità, dell'*eurythmia* o armonia e del *decor* o convenienza. All'*ordinatio* intesa come "regolata e proporzionata comodità presa separatamente per determinare i membri dell'opera" corrispondeva la *symmetria* come "accordo uniforme fra i membri della medesima opera ed una corri-

¹⁹ Cfr. Argan G.C. (1989, pp. 57-62). A proposito del canone proporzionale adottato da Policleto nel Doriforo, Argan riporta la bella descrizione del Becatti: «Il delicato gioco di flessioni, che si era iniziato con l'Efebo di Kritios rompendo la rigida frontalità arcaica, si arricchisce nel Doriforo e nelle altre statue policletee in una sciolta e armonica articolazione ritmica, con chiasliche rispondenze nelle membra, con una sequenza di arsi e tesi che i retori greci paragoneranno alla struttura di un periodo armonicamente costruito con quattro frasi giustapposte (*kôla*), cioè *tetrakolos*, chiamando cioè *tetràgona*, e i latini, *quadrata*, i *signa* di Policleto. Una gamba si flette e arretra, la spalla opposta si abbassa, alla gamba piegata corrisponde il braccio flesso, alla portante quello abbassato, la testa si gira reclinata. Allo studio ritmico si univa quello delle proporzioni regolate su una misura-base che ne costituiva il *cànone*, fissato dall'artista in un trattato. Si codificava così, nel tempo stesso in cui il sofista Protagora proclamava nel suo trattato *Della verità* essere l'uomo la misura di tutte le cose, quel processo che fin dall'arcaismo aveva ricercato nell'immagine umana un'armonia universale».

²⁰ Le citazioni dei brani di Vitruvio sono tratte da *Dell'architettura di Marco Vitruvio Pollione Libri Dieci pubblicati da Carlo Amati*, Milano 1829, vol. I, 2, pp. 13-16.

spondenza di ciascuno dei medesimi presi separatamente a tutta la figura intera”. Alla *dispositio* intesa come “l’aggiustata collocazione delle cose, e l’elegante effetto dell’opera nel suo insieme” corrispondeva la categoria dell’*eurythmia*, che è “elegante e comodo aspetto cagionato dalla disposizione dei membri”. Infine alla *distributio*, che è “il comodo uso del luogo e della sua quantità, e la parsimonia della spesa nei lavori, moderata dalla ragione” corrisponde il *decor*, che è un “irreprensibile aspetto dell’opera composta di cose approvate con autorità”. A tutto ciò si aggiunga, per completare un quadro che tuttora mostra una validità di riscontri sia sul piano degli apparati critici, quanto sul versante dell’operatività progettuale in numerose discipline, dal disegno industriale, all’architettura, all’urbanistica, la celebre triade, anch’essa vitruviana, di *firmitas*, *utilitas*, *venustas*. Alla quale potremmo oggi far corrispondere lo studio dei contenuti sociali, le ragioni istituzionali e gli scopi per i quali una determinata società richiede un’opera o un oggetto (*utilitas*); l’opportunità di rispondere a questa richiesta in termini di correttezza e appropriatezza costruttiva-tecnologica (*firmitas*); la fusione di queste componenti in quelle che sono le funzioni proprie della comunicazione visiva, della formatività e della ricezione estetica (*venustas*)²¹.

In biologia, la simmetria rientra nel campo di studi della morfologia, che in zoologia e in botanica si interessa alla forma e alla struttura

²¹ Il merito di aver riportato l’attenzione sulla triade vitruviana nel dibattito sulla teoria e la prassi del progetto di architettura svoltosi negli anni Settanta del XX secolo, ci sembra vada ascritto a Ludovico Quaroni: «In questa nostra personale interpretazione delle tre componenti vitruviane non è stata rispettata, dell’originario autore, la volontà di porre le tre parti sullo stesso piano: se si può dire, infatti che può essere considerata logica l’acquisizione, per l’estetica come per i contenuti e per la tecnica, di una serie di conoscenze, di base e non solo di base, di cui è necessario impossessarsi via via che procede la costruzione dell’impalcatura conoscitiva specifica per chi progetta architettura, è tuttavia diversa la qualità delle conoscenze relative alla tre parti, non essendo in ultima analisi la conoscenza della *venustas* se non la conoscenza del modo (corretto) di mettere insieme le altre due per annullarle nel risultato architettonico. La conoscenza culturale dell’*utilitas* e *firmitas* appartiene, in un caso e nell’altro, alla sfera razionale della conoscenza... mentre la conoscenza culturale della *venustas*, del modo cioè di manipolare *utilitas* e *firmitas* per trarne architettura, appartiene per una parte alla sfera razionale e per una parte a quella irrazionale. Alla genesi compositiva appartengono contemporanee manipolazioni, a volte razionali e coscienti, a volte irrazionali, di tutto il materiale che il progettista trae via via, in base al suo metro di lavoro o indipendentemente, anche contro questo, dal magazzino della memoria, e intervengono, in queste manipolazioni, modi e regole nuove, immagini trovate al momento, come elaborazione e integrazione di immagini già possedute, “invenzione” sostanziale» (Quaroni, 1977, pp. 20-21).

degli organismi. Sebbene le forme degli animali possano apparire estremamente diversificate e molteplici, esse sono di fatto riducibili a pochi tipi, conosciuti come tipi di simmetria. Certi animali, quali le spugne e le amebe, mancano in effetti di una definita simmetria avendo ciascun individuo una forma irregolare differente. Ma la maggior parte degli animali esibisce una forma simmetrica definita. I principali tipi di simmetria animale sono quattro: sferica, radiale, biradiale e bilaterale.

Nella simmetria sferica, illustrata dai Radiolari, il corpo di forma sferica ha le parti organizzate concentricamente o radialmente rispetto al centro della sfera. Tutti i piani passanti per il centro sono piani di simmetria che dividono il corpo in due metà simmetriche. Nella simmetria radiale, tipica di meduse, Celenterati ed Echinodermi il corpo ha generalmente uno sviluppo cilindrico o lenticolare, simile a una ruota, per cui esiste un asse centrale attorno al quale sono organizzate in fasce concentriche le varie parti, e tutti i piani passanti per tale asse, sono piani di simmetria. L'asse principale è eteropolare, cioè con estremità differenti, una delle quali supporta la bocca ed è chiamata orale o anteriore, e l'altra chiamata aborale o posteriore, forma l'estremità retrostante dell'animale. Nella simmetria biradiale, presente negli Antozoi, in aggiunta all'asse antero-posteriore, vi sono anche due altri assi o piani di simmetria, ortogonali ad esso, chiamati l'uno sagittale, o longitudinale, e l'altro trasversale. Nella simmetria bilaterale, infine, secondo la quale è organizzato il corpo della maggioranza degli animali, vi sono gli stessi tre assi della simmetria biradiale ma solo un paio di parti simmetriche, le laterali, dato che le altre due, note come dorsale e ventrale, sono dissimili. Per cui vi è solo un piano di simmetria che divide gli animali bilateri in due metà simmetriche, passante per gli assi anteroposteriore e sagittale, chiamato mediano longitudinale o sagittale. I piani perpendicolari ad esso in senso antero-posteriore, si chiamano frontali; quelli perpendicolari ad esso in senso dorso-ventrale, trasversali.

Le forme degli animali hanno spesso un significato adattativo. Perciò le forme sferiche e radiali sono adatte ad un tipo di vita galleggiante o inserita in un medium uniforme; i tipi radiali sono più adatti ad un'esistenza legata ad un supporto; e il tipo bilaterale è necessario per quegli organismi dotati di capacità di spostamento autonomo sopra un sostrato. Il tipo di simmetria bilaterale è ovviamente il più comune tra

gli animali in quanto è più adattabile alla varietà di circostanze ambientali. Negli organismi vegetali si riscontrano simmetrie analoghe.

In cristallografia per simmetria si intende la ripetizione periodica degli elementi reali di un cristallo costituito cioè da facce, spigoli, vertici, dove questi termini assumono lo stesso significato che hanno nello studio geometrico dei poliedri. Piano di simmetria è un piano che passa per il centro e divide il cristallo in due parti specularmente uguali. Nel cubo tali piani sono nove. Asse di simmetria è una retta attorno cui si può far ruotare idealmente il cristallo. Se in questa rotazione di 360° gli elementi reali si ripetono n volte, cioè se il cristallo ricopre se stesso per n volte, l'asse di simmetria si dice n -ario. Ad esempio nel cubo una retta che passa per i centri di due spigoli opposti è un asse binario, per i vertici opposti è ternario, per i centri delle facce opposte è quaternario. Centro di simmetria è il punto interno a un cristallo per il quale passano le rette che uniscono elementi reali di simmetria incontrandoli alla stessa distanza. La maggior parte dei solidi si trova sotto forma di cristalli. Lo stato cristallino è quello in cui, a differenza dello stato amorfo, le particelle sono ordinate con regolarità e periodicità in tutte le direzioni dello spazio, e sarà omogeneo quando la sua costituzione è uniforme in tutte le sue parti, anisotropo o isotropo quando rispettivamente non presenta o presenta le stesse proprietà fisiche in diverse direzioni. Si definisce cristallo un corpo solido omogeneo e anisotropo la cui forma esterna è in relazione con la struttura interna. La cristallogenesi (o cristallizzazione) può avvenire in natura o in laboratorio per evaporazione, per sublimazione, per solidificazione di una massa fusa, e si sviluppa per accrescimento rispettando sempre l'intima struttura reticolare (costanza di angoli diedri).

Per studiare in maniera sistematica le forme dei cristalli, si è giunti ad una classificazione secondo cui forme cristalline aventi lo stesso grado di simmetria sono riunite in classi. Le classi sono 32, raggruppate in 7 sistemi, riunendo in sistema quelle classi che abbiano la stessa terna di assi di riferimento e lo stesso tipo di faccia fondamentale. I 7 sistemi sono divisi in 3 gruppi: monometrico, dimetrico, trimetrico, a seconda che le costanti parametriche abbiano lo stesso valore, o due di esse siano uguali, o tutte e tre diverse una dall'altra. Le forme principali del sistema *monometrico* sono il cubo, l'ottaedro, l'esacisottaedro, l'ottaedro piramidato, il cubo piramidato, l'icositetraedro, il rombododecaedro, il pentagonododecaedro, il tetraedro. Nel sistema *esagonale* le forme sono: il

prisma esagonale, il prisma diesagonale, la bipyramide esagonale, la bipyramide diesagonale. Nel sistema *trigonale* le forme principali sono: il romboedro, lo scalenoedro. Nel sistema *tetragonale* le forme principali sono: il prisma tetragonale, il prisma ditetragonale, la bipyramide tetragonale, la bipyramide ditetragonale. Il sistema *rombico* comprende il prisma rombico, la bipyramide rombica. Il sistema *monoclino* ha quale forma principale il prisma monoclino a base rombica. Infine il sistema *triclino* ha quale forma, il pinacoide.

Traslazione, asse di rotazione, piani di riflessione sono gli elementi di simmetria semplice, dalla cui combinazione si ottengono gli elementi di simmetria composta: assi elicogiri (rotazione + traslazione), assi giroidi (rotazione + riflessione) e piani di transriflessione (traslazione + riflessione).

Lo studio della teoria simmetrica ha avuto, all'inizio del nostro secolo, grande impulso soprattutto ad opera di F.M. Jaeger (1917), D.W. Thompson (1917), A. Speiser (1924), J. Hambidge (1967), che ne hanno approfondito le applicazioni rispettivamente nelle scienze naturali, nella teoria dei gruppi, nella biologia, e nel proporzionamento basato sul concetto di simmetria dinamica.

In breve, la teoria di Hambidge si basa sulle seguenti assunzioni: anzitutto la distinzione tra simmetria statica e dinamica. La simmetria statica è quella che raggruppa i rettangoli in cui il rapporto tra i lati è un numero intero o frazionario, ma razionale (1, 2, 3, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$). La simmetria statica quale è stata impiegata nell'arte copta, bizantina, saracena, gotica e rinascimentale era basata su proprietà di *pattern* regolari quali quadrati, e triangoli equilateri. Nell'arte dei greci, prima che venissero a conoscenza della simmetria dinamica, la simmetria dipendeva dalla divisione in parti proporzionali di aree quadrate. La simmetria dinamica raggruppa invece i rettangoli in cui il rapporto tra i lati è un numero irrazionale, ma che sono commensurabili al quadrato (i rettangoli incommensurabili $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$). Secondo Hambidge, i greci vennero a conoscenza della simmetria dinamica attraverso gli egizi. Materiali per lo studio della simmetria dinamica si hanno da tre risorse: oltre all'arte greca ed egizia (studio del ritmo), dalla simmetria umana (segnatamente dallo scheletro) e delle piante, e dai cinque solidi geometrici regolari. Anche la spirale e altre curve logaritmiche formano

oggetto della simmetria dinamica e consentono la comprensione strutturale della crescita nella botanica (ad esempio la disposizione degli acheni nelle infiorescenze di girasole o delle squame nelle pigne), nella disposizione delle foglie sugli steli (fillotassi) e nella formazione delle conchiglie. Per inciso, ad Hambidge va ascritta anche la scoperta della costruzione della spirale ionica delle volute dei capitelli, che all'epoca riscuoteva un vivo interesse fra gli studiosi.²²

Intorno alla metà degli anni cinquanta, il matematico Hermann Weyl ha suscitato un rinnovato interesse per la simmetria, con un'opera divulgativa in cui ha esaminato, da un lato le varie applicazioni della simmetria nel campo dell'arte, dell'ornamentazione e delle manifestazioni della simmetria nel mondo organico e inorganico, dall'altro ha illustrato il significato filosofico-matematico dell'idea di simmetria, per la comprensione del quale è necessario accedere ad uno strumentario concettuale prettamente matematico. Alla elaborazione di esso, Weyl ha dato, con la teoria dei gruppi, un contributo determinante. La teoria dei gruppi classici ha assunto una posizione dominante nell'algebra, in problemi di classificazione, nelle corrispondenti teorie degli invarianti e delle rappresentazioni, e in molte altre parti della matematica, e ha applicazioni notevoli anche nella fisica. In breve, una struttura algebrica, $\mathcal{S}(*),$ di sostegno $\mathcal{S},$ su cui sia definita un'operazione $*$ associativa, rispetto alla quale esista l'elemento neutro $u,$ e tale che $\forall x \in \mathcal{S}$ esista il simmetrico $x' \in \mathcal{S},$ si chiama *gruppo*²³. Per quanto riguarda la definizione di elemento simmetrico diremo: data un'operazione $*$, definita in un insieme $\mathcal{S},$ dotato di elemento neutro u rispetto a $*$, diremo che un elemento $x' \in \mathcal{S}$ è simmetrico di un altro elemento $x \in \mathcal{S}$ se è:

$$x * x' = x' * x = u$$

²² Sulla simmetria dinamica si veda anche Bairati (1952).

²³ Essendo il gruppo la più importante struttura algebrica è opportuno formularne una più precisa definizione matematica: un gruppo è un monoide in cui ogni elemento è dotato di simmetrico; dove per monoide si intende uno pseudogruppo dotato di elemento neutro; per pseudogruppo si intende un gruppoide associativo (cioè su cui sia definita una operazione associativa) e per gruppoide si intende una struttura algebrica su cui sia definita una sola operazione. Per approfondimenti vedi Santoro G. (1976), *Introduzione alle matematiche*, La Viscontea, Milano.

Alla base della teoria simmetrica dei gruppi²⁴ stanno alcuni concetti fondamentali come quelli di *congruenza*, *trasformazione* e *automorfismo*:

Forse il miglior modo di descrivere la struttura dello spazio è quello adottato da Helmholtz, che si fonda sul semplice concetto di *congruenza* di figure. Una corrispondenza S , dello spazio, associa ad ogni punto P un punto $P' : P \rightarrow P'$. Una coppia di corrispondenze $S, S' : P \rightarrow P', P' \rightarrow P$, di cui l'una è inversa dell'altra, per cui se S porta P in P' , S' riporta P' in P , e viceversa, è chiamata coppia di corrispondenze biunivoche o *trasformazioni*. Una trasformazione che conservi la struttura dello spazio (...) è chiamata dai matematici *automorfismo*. Leibniz riconobbe che questa è l'idea che sta alla base del concetto geometrico di similitudine. Un automorfismo trasforma una figura in un'altra, che, secondo le parole di Leibniz, è "indistinguibile dalla prima se ognuna delle due figure viene considerata per se stessa". Allora, quando diciamo che sinistra e destra sono indistinguibili, intendiamo dire che la *riflessione rispetto a un piano è un automorfismo*. (Weyl, 1962, pp. 24-25 trad. it. 1975).

Quando si assumono come trasformazioni le rotazioni (proprie e improprie) e le traslazioni di enti geometrici fondamentali, nel piano vi sono esattamente 17 possibilità essenzialmente diverse per l'intero gruppo di congruenze.

In un ornamento a sviluppo lineare (considerato unidimensionale) come ad esempio, nastri, bordure, strisce, bande, greche, impiegando le operazioni simmetriche di *traslazione*, *riflessione speculare (verticale e/o orizzontale)*, e *rotazione* si hanno 7 classi di simmetria. Nel piano, combinando insieme sempre le stesse operazioni, si hanno 17 classi di simmetria, essenzialmente diverse. Su questo numero concordano gran parte degli autori²⁵.

Lo studio delle simmetrie è legato molto strettamente ai problemi di pavimentazione, o più esattamente, alle tassellature nel piano. Una tassellatura (o rete) piana è un insieme infinito di poligoni accostati in modo da coprire tutto il piano in modo che ogni lato di ciascun poli-

²⁴ Per un'esposizione di base della teoria dei gruppi applicata alla simmetria ornamentale vedi Weyl (1975).

²⁵ Per approfondimenti e illustrazioni sui 17 tipi di simmetria oltre a Weyl (1962), vedi anche Speiser (1924), Bernal (1937, pp. 119-129), Waddington (1977), March e Steadman (1971), Hargittai e Hargittai (1994, pp. 184-187). Bonsiepe (1993, pp. 170-171), rifacendosi al testo di Wolf e Wolff (1956), mostra le 14 operazioni fondamentali di simmetria eseguibili nello spazio per mezzo di 4 operazioni elementari (oltre alle tre operazioni di *traslazione*, *rotazione*, *riflessione*, viene aggiunta la *dilatazione*).

gono appartenga anche ad un altro poligono. Si tratta quindi di rappresentare, per mezzo di strutture matematiche, alcune morfologie stratificate che possiedono regolarità interne. Le tassellature, intese come strutturazioni materiali con valenze estetiche di superfici piane, per mezzo di piccoli elementi modulari di forma poligonale, sono sempre state oggetto di uno studio artistico e tecnologico del rivestimento parietale, musivo o della pavimentazione, soprattutto in quelle culture – ad esempio quella islamica – che per motivazioni religiose hanno bandito dalle loro raffigurazioni la rappresentazione della figura umana²⁶. Analogamente a quanto accade per i poliedri regolari, il cui numero massimo possibile è limitato a cinque – tetraedro, cubo, ottaedro, dodecaedro, icosaedro, aventi rispettivamente 4, 6, 8, 12, 20 facce piane uguali costituite da poligoni regolari –, nelle tassellature del piano sono possibili soltanto tre tipi di tassellature complete (cioè estese sul piano illimitato), formate da poligoni regolari: quelle costituite da triangoli equilateri, da quadrati e da esagoni regolari. Questi reticoli possiedono il massimo grado di simmetria, dato che rientrano in se stessi dopo essere stati assoggettati a movimenti sia di traslazione, sia di rotazione. Nelle tassellature miste compaiono insieme, e oltre ai poligoni nominati, anche ottagoni e dodecagoni, mantenendo i reticoli simmetrici. Se si introducono anche i rombi è possibile costruire altri reticoli, non più regolari. Nondimeno, rivestono interesse le alterazioni e deformazioni di tassellature note²⁷.

Lo studio delle tassellature e delle relative simmetrie con finalità didattiche e propedeutiche alla progettazione rientrano ormai in tutti i corsi di *basic design*, il cui termine si fa risalire alle esperienze fondamentali compiute nella Hochschule für Gestaltung, dopo che la conduzione del *Grundkurs*, a partire dal 1955, venne affidata a Tomás Maldonado. La caratterizzazione di queste sperimentazioni formali, di cui lo studio simmetrico (e teoria della struttura) occupava un posto centrale, oltre allo studio della topologia visiva, della teoria della percezione (secondo i principi della *Gestalt*), e della semantica visiva (semiotica), era di riferirsi esclusivamente all'approfondimento della di-

²⁶ Cfr. Syed e Salman (1995).

²⁷ Hofstadter (1985, pp. 191 e sgg.; 1983, pp. 14-20) ha fornito una dettagliata analisi percettiva delle tassellature. Cfr. inoltre Saffaro (1991, pp. 32-40; 1992, pp. 356-360).

mensione sintattica della progettazione. Estrapolando la relazione triadica del segno, coniata da Morris (1946) e nella quale le tre dimensioni *semantica*, *sintattica* e *pragmatica* del linguaggio possiedono relazioni equipollenti, nel lavoro di progettazione svolto nei corsi di *basic design*, la dimensione sintattica assumeva un ruolo gerarchicamente privilegiato²⁸. Oggetto delle esercitazioni, nelle quali venivano operate una serie di scelte di operazioni geometriche che automaticamente determinavano la configurazione complessiva del *pattern*²⁹, erano quindi il *programmed design*, le operazioni cromatiche su *raster*, le *parquet deformations*, le forme ambigue con indizi di profondità ambivalenti e contraddittori, i rapporti figura-sfondo, ecc.³⁰

È importante sottolineare come, all'interno della Hfg di Ulm, la ricerca morfologica bi- e tri-dimensionale abbia ricevuto un notevole impulso sistematico e nella quale lo studio della teoria simmetrica ha rivestito un ruolo centrale per la ricerca della sintesi formale e la creazione di coerenza formale, per l'individuazione di procedimenti per la creazione controllata di forme, nello sviluppo di alternative progettuali e nella formulazione del processo progettuale. In particolare, come ha descritto Bonsiepe (1993, pp. 166-173), sulla scorta degli studi di Heesch e Kienzle (1963), e soprattutto di Wolf e Wolff (1956), le caratteristiche di coerenza interna (intrafigurale) di un prodotto, o esterna (interfigurale) di un gruppo di prodotti, è data quando si verificano alcuni rapporti sistemici tra i fenomeni morfologici, e siano rispettate le tre seguenti condizioni: di ripetizione di elementi costitutivi una configurazione, di similarità o uguaglianza di elementi, di esistenza di un principio generativo che determini le posizioni degli elementi. Sono individuate inoltre sei classi fondamentali di simmetria che raggruppano elementi con caratteristiche di uguaglianza o similarità, in ordine decrescente:

²⁸ Ad una configurazione classica che rappresenta la "relazione triadica" del segno di Morris secondo tre componenti radiali è stato proposto da W.S. Huff e M. Krampen una rappresentazione secondo un diagramma di Venn, che esprime un'organizzazione gerarchica su tre livelli progressivi: il più interno è quello sintattico (rapporto tra il segno e il medium), il secondo è il semantico (rapporto tra segno e oggetto), il terzo è quello pragmatico (rapporto tra segno e interpretante).

²⁹ Manteniamo qui e in seguito nel testo la parola inglese *pattern*, che non ha in italiano un preciso equivalente e ci sembra più significativa e pregnante che non le traduzioni in "schema", "modello", "motivo". Cfr. anche la nota della traduzione di G. Dorfles del testo di Arnheim (1954, p. 28n trad. it. 1979).

³⁰ Per una introduzione al *basic design* oltre al fondamentale testo di Bonsiepe (1993), vedi Marcolli (1971, 1978), Anceschi (1983), Huff (1984, pp. 36-39; 1990, pp. 76-85).

- 1) Isometria (elementi aventi stessa forma e stessa dimensione);
- 2) Omeometria (stessa forma, dimensione diversa);
- 3) Singenometria (elementi sottoposti a deformazioni affini e proiettive);
- 4) Catametria (elementi che non sono né congruenti né affini ma in rapporto di similarità interfigurale);
- 5) Eterometria (elementi in rapporto intrafigurale);
- 6) Ametria (elementi che non hanno rapporti interfigurali né intrafigurali).

Un approfondito studio della simmetria, compiuto nella ricerca di principi geometrico-algebrici fondamentali che accomunano tutti i possibili *pattern* di punti e figure nel piano, compresa un'applicazione di questi anche all'impiego del colore, è stata effettuata da Arthur L. Loeb. Partendo da poche semplici nozioni che stanno alla base della simmetria quali i concetti di trasformazione, rotazione, traslazione, *rotocentro* (punto che rimane invariato nella rotazione), *congruenza* (uguaglianza diretta, sinonimo di sovrapponibilità per traslazione o rotazione), *enantiomorfismo* (uguaglianza inversa di due figure secondo linee di riflessione speculare o lungo linee di scorrimento), sono stati analizzati e classificati tutti i tipi possibili di simmetrie per la generazione di *pattern* bidimensionali (Loeb, 1971).

Le basi per la classificazione di tutte le suddivisioni simmetriche del piano euclideo sono dettate dalle cinque soluzioni dell'equazione diofantina³¹, secondo il cui teorema fondamentale la coesistenza nel piano di due rotocentri (centri di simmetria rotatoria) implica l'esistenza di un terzo rotocentro. Il rapporto che lega la tripletta di rotocentri è la seguente equazione diofantina:

$$1/k + 1/l + 1/m = 1$$

dove k , l , m , esprimono il numero di simmetria, cioè il numero assegnato di operazioni congruenti che è possibile effettuare con una rotazione completa di ampiezza 2π .

³¹ Il nome di queste equazioni si fa risalire al matematico greco Diofanto, vissuto in Alessandria nel III sec. d.C. Iniziatore del calcolo algebrico, a lui si deve la risoluzione numerica delle equazioni di 2° grado e il termine *potenza*. Le equazioni diofantiche (o diofantee) sono equazioni lineari, a coefficienti interi, di cui si chiedono le soluzioni in numeri interi. Nel caso esaminato, intero è, infatti, il numero di rotazioni effettuate da ciascun rotocentro per riportarsi su se stesso.

Dalle cinque soluzioni di questa equazione deriva la tabella di Loeb (Loeb, 1971, p. 61), che è una classificazione dei *pattern* secondo le loro combinazioni di rotocentri, ed è esaustiva delle 28 configurazioni possibili di elementi di simmetria nel piano (al cui interno sono ricomprese anche le nomenclature della notazione standard internazionale di cristallografia):

- 2 non hanno simmetria rotatoria;
- 2 hanno un singolo rotocentro;
- 7 sono periodiche in una singola direzione;
- 17 sono periodiche in due differenti direzioni.

Loeb propone un sistema notazionale in cui impiega un apice (^) per denotare rotocentri distinti, un accento circonflesso (^) per denotare enantiomorfi, la sottolineatura () per indicare il numero di simmetria di un rotosimplesso situato sulla linea di riflessione a specchio, una barra (/) per indicare linee di riflessione mutuamente perpendicolari.

Questi sono tutti i *pattern* possibili quando i punti sono *indistinguibili* (punti intrinsecamente identici, nell'accezione data precedentemente). Quando invece i punti si considerano *distinguibili* (cioè ad essi vengono assegnate simbolicamente delle proprietà intrinseche per cui essi differiscono da ciascun altro) e ad essi vengono associati ad esempio dei colori, entriamo nel campo delle configurazioni dicromatiche (se i colori sono due) e allora le combinazioni diventano 68 (Loeb, 1971, pp. 97-98) (ricomprendendo anche la notazione di Shubnikov/Belov (1964) e policromatiche (fino alla combinazione di dodici colori).

Loeb avanza inoltre alcune considerazioni nel campo più propriamente percettivo e progettuale, notando che i *pattern* senza enantiomorfismo sono ampiamente dinamici, mentre quelli i cui rotocentri sono allineati su linee di riflessione speculare sono eccessivamente statiche. Trova invece che strutture con centri disposti in modo enantiomorfo siano quelli più soddisfacenti da un punto di vista estetico perché forniscono un giusto bilanciamento tra statico e dinamico.

È interessante notare come, nella teoria di Loeb, la morfogenesi di *pattern* sia dettata e controllata da processi logici e algebrici e dalle loro reciproche implicazioni. Inoltre le regole di generazione non cambiano anche se la relazione simmetrica sia impostata a partire da motivi asimmetrici, e quindi è del tutto generale. I *pattern* sono generati da moduli individuali (motivi geometrici, ornamentali o elementi sim-

metrici) attraverso operazioni e interazioni logiche e secondo un processo algoritmico. Fra i più affascinanti esempi di *pattern* periodici, aventi simmetria colorata, rientrano le creazioni di M. C. Escher³².

Senza addentrarci nell'esaminare la vastissima implicazione della simmetria in fisica, esamineremo quei casi in cui si verificano, su strutture simmetriche, eventi morfogenetici, cioè stati eterogenei e differenziati, che hanno luogo in stati precedentemente omogenei e indifferenziati. Ci riferiamo al fenomeno delle rotture spontanee di simmetria – dove l'aggettivo 'spontaneo' sta a indicare che nessuna causa esterna è venuta a rompere l'invarianza dell'equazione di stato del sistema fisico – e all'insorgere delle forme nelle strutture dissipative. La rottura di simmetria può essere interpretata come una biforcazione in uno stato precedentemente omogeneo, la quale è dovuta ad esempio, al nascere di una polarizzazione elettrica o magnetica al decrescere della temperatura; al nascere della convezione in un fluido quando il gradiente di temperatura supera un valore critico. Esempi caratteristici di tali fenomeni sono ad esempio, come abbiamo già visto: i vortici di Bénard e la reazione chimica di Belousov-Zhabotinsky. In un sistema dapprima omogeneo, poi completamente disordinato, soggetto ad azioni esterne costanti, possono nascere strutture ordinate, nel quale il flusso di energia dà luogo a una grande varietà di forme, talune semplici, come i rulli, altre più complicate ed eleganti come anelli e onde spiraliformi. Talvolta, in reazioni chimiche particolari, nelle quali l'equilibrio fra i composti chimici si sposta periodicamente, si producono figure molto complicate, non statiche, ma varianti nel tempo (Haken, 1977). La fluidodinamica è ricchissima di fenomeni in cui il flusso di materia o di energia può, in determinate condizioni, dar luogo al sorgere di un ordinamento spaziale del fluido che si manifesta in forme svariate e ricche di attrattiva come nei mescolamenti (Ottino, 1989).

Ci sembra così di aver mostrato sufficientemente l'interdipendenza tra morfogenesi e simmetria, anzi che la simmetria sia la più significativa ed elementare, comprensiva e pervasiva modalità perché sia verificata la morfogenesi di una struttura, di un *pattern*, di un ritmo, di un motivo ornamentale e sia anche uno degli strumenti più collaudati per riconoscere le corrispondenze inter- e infra-disciplinari, quando oltre agli aspetti percettivi si voglia giungere all'utilizzo di procedure di corrispondenza logica e trans-disciplinare.

³² Cfr. ad esempio Ernst (1990).

Come dimostra lo stato di avanzamento delle ricerche sulla simmetria, testimoniato dai congressi internazionali³³, il campo di interesse è vastissimo e va dalle strutture geometrico-topologiche alle generalizzazioni non-geometriche. Se ne utilizza il concetto e il potente armamentario per coniugare e saldare – se vi fosse mai stata – una frattura tra scienza e arte, tra oggettività del sapere scientifico e soggettività della sfera psicologica, linguistica ed estetica, di cui la simmetria e le rotture di simmetria rappresentano la radice comune³⁴.

2.7. Morfogenesi e teorie della percezione

Il termine *percezione* deriva dal latino *perceptio -onis*, da *percipio* <raccolgere, ascoltare, ricevere, apprendere, percepire, sentire>, a suo volta derivato di *capere*, <prendere, capire, intendere>.

Come termine filosofico, in senso generale, percezione ricopre un campo di significati che va da ogni esperienza conoscitiva e ogni attività intellettuale compiuta attingendo alla realtà del mondo esterno, in opposizione agli atti della volontà (la *perceptio* cartesiana), fino a comprendere quegli stati puramente virtuali, non strettamente consapevoli, che costituiscono, nel subconscio, il riflesso di tutto l'universo (le *perceptions* leibniziane). In certi casi si distingue la percezione sensitiva, designante l'esperienza della sensazione nella sua immediatezza, dalla percezione intellettuale (gnoseologia di Rosmini), designante il giudizio che forma l'idea dell'essere degli oggetti a partire da tutto ciò che sentiamo e percepiamo.

Tra questi due estremi abbiamo la caratterizzazione attuale del concetto di percezione, inteso in generale come sperimentazione selettiva di stimoli e composizione in un insieme dotato di significato, la cui elaborazione può farsi risalire agli studi compiuti nel secolo scorso da

³³ Cfr. gli atti dei congressi: *Simmetrie, Atti del simposio, Roma, 9-11 marzo 1969*, Quaderno n. 136, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 1970; *Symmetry of Structure, an interdisciplinary Symposium, August 13-19, 1989, Budapest*, The Hungarian Academy of Sciences, Budapest 1989.

³⁴ A proposito del famoso dibattito intorno al problema della creatività nella scienza e nell'arte cfr. Kuhn (1977, pp. 375-389 trad. it. 1985). Per un confronto attuale sulle stesse problematiche vedi Maldonado (1993, pp. 106-115), e Barilli, Caglioti e Dorfles (1993). Una trattazione articolata, di natura interdisciplinare, della simmetria e delle rotture di simmetria nella scienza, nella percezione e nell'arte si ha in Caglioti (1994).

psicologi, filosofi e fisiologi che ripresero alcuni problemi fondamentali trattati nel secolo precedente ad esempio per opera di Berkeley e Reid (in cui si sottolineò ad esempio la differenza tra sensazione e percezione), e li svilupparono in modo scientifico, sperimentale e sistematico.

È possibile, schematizzando, distinguere in questa fase il formarsi e il perdurare di due indirizzi in netta opposizione: l'indirizzo associazionistico-empiristico e quello nativistico. Per gli esponenti del primo (Weber, Fechner, von Helmholtz, Wundt), tra cui si annoverano i fondatori della psicologia sperimentale, la percezione dello spazio è fondata sul processo di apprendimento e di esperienza ed è il risultato di una sommatoria di stimoli associati. Per i nativisti invece la retina è in grado di percepire direttamente la spazialità, che diviene una qualità sensoriale come le altre.

Un indirizzo completamente nuovo negli studi sulla percezione, in aperto antagonismo con l'associazionismo e la cosiddetta psicologia atomistica o sommativa-aggregativa, si ha con la psicologia della forma. Il suo sviluppo si può far risalire a uno studio del 1890 di von Ehrenfels sulle qualità formali degli oggetti, in cui si rilevava che esistono determinati oggetti – quali forme spaziali, strutture ritmiche, melodiche, ecc. – che non sono costituiti soltanto dal puro aggregato delle sensazioni cromatiche, acustiche, ecc. ma si costituiscono come forme, cioè come rapporti strutturati, invariabili al mutare dell'insieme dei dati sensoriali. Cioè mutando ad esempio le singole note è possibile percepire come invariata la forma melodica. È questo il principio della trasportabilità delle qualità formali. Dopo von Ehrenfels a Graz si costituì attorno a Meinong una scuola che sviluppò una complessa dottrina per l'interpretazione della genesi di questi oggetti percettivi e che arrivò a distinguere due tipi di oggetti: quelli elementari, costituiti dai dati sensoriali provenienti dagli organi periferici, come suoni, colori, ecc., e quelli d'ordine superiore fra i quali si annoverano le forme o strutture che sarebbero frutto di una specifica attività nel soggetto, designata come produzione. Tra gli allievi di Meinong assunse una posizione di rilievo Benussi, che in una ricca serie di sperimentazioni studiò le leggi di percezione della forma con riguardo a quella che chiamò plurivocità formale, cioè al fatto che a parità di condizioni fisiologiche l'aspetto vissuto della forma può variare in dipendenza di fattori soggettivi d'origine asensoriale. In seguito il problema della percezione della forma divenne oggetto principale di ricerca per molti

psicologi fino a quando, intorno al 1911, per merito di Wertheimer, Köhler, Koffka, venne costituita propriamente la *Gestaltpsychologie*, la psicologia della forma. In principio essa abolì la distinzione fra percezioni di origine sensoriale e di origine asensoriale sostenendo che ogni percezione ha un carattere totale e formale ed è governata da leggi strutturali interne. Successivamente ampliò la propria applicazione a diversi campi di studio presentandosi come dottrina psicologica generale. Così Köhler studiò il problema dell'intelligenza animale, Wertheimer il problema del pensiero produttivo, Gelb, Fuchs e Goldstein i problemi di patologia cerebrale, Koffka lo studio della memoria, Arnhem la psicologia dell'arte.

Il fenomeno stroboscopico o del movimento apparente, secondo il quale si ha percezione di movimento dall'osservazione in rapida sequenza di immagini stazionarie, come accade nel cinema, suggerì a Wertheimer che la percezione del tutto (il movimento), fosse radicalmente diversa dalla percezione delle singole parti (le immagini statiche) e postulò l'esistenza di funzioni trasversali che verrebbero attivate quando una pluralità di stimoli dà origine all'unità di una forma cinetica. È questo il principio fondamentale da cui ha avuto origine la *Gestaltpsychologie* e secondo cui percepiamo totalità strutturate e non ammassi di sensazioni puntuali. Questo vale non solo per il campo visivo ma anche per esempio per le melodie: le tonalità maggiori o minori sono caratteristiche delle frasi e non dei singoli toni. Se le note *do* e *sol* vengono suonate insieme si produce una qualità che in musica viene chiamata intervallo di *quinta*. Ma questa qualità non risiede nelle singole note ma in qualsiasi associazione di due note nella proporzione 2/3. Questa qualità è quindi trasponibile in altre tonalità o anche in altri sistemi di rappresentazione, numerici o visivi. In geometria proiettiva, ad esempio, le leggi del rapporto semplice e il birapporto³⁵ di punti danno il risultato cosiddetto *armonico* del valore di (-1), quando si verificano le condizioni che, applicate ad esempio alla lunghezza delle

³⁵ In geometria proiettiva, il *rapporto semplice* di tre punti A, B, C, su una retta orientata indicato con (ABC) è il quoziente di AC/BC. Il birapporto è il rapporto di due rapporti semplici. Precisamente dati quattro punti A, B, C, D, su una retta orientata il loro birapporto è il rapporto dei due rapporti semplici del primo secondo e terzo di essi, e del primo, secondo e quarto: $(ABCD) = (ABC)/(ABD) = AC/BC : AD/BD$. Il rapporto semplice e il birapporto prendono il nome di *armonici* quando il loro valore è (-1), ed è facile constatare che questo si verifica quando il punto C si trovi a metà fra A e B, e quando i punti C e B si trovino rispettivamente a 2/3 e 4/5 fra A e D.

corde di un violino o una chitarra, producono l'intervallo di un'ottava (bisezione di un segmento) o di un accordo *maggiore* (trisezione a 2/3 e 4/5 del segmento). Costruzioni e rapporti che, non mutando per proiezioni e sezioni, costituiscono concetti fondamentali della geometria proiettiva, segnatamente delle forme di prima specie³⁶.

L'abbandono di schemi additivo-associativi in favore del concetto di campo (elettrico, magnetico, gravitazionale) che stava affermandosi nell'ambito delle scienze fisiche, allineava la psicologia della forma ad un indirizzo che avrebbe avuto in seguito ampi sviluppi. In sintesi, per investigare i fattori che determinano l'organizzazione del campo visivo in unità autonome, la psicologia della forma si è servita di figure composte da elementi semplici, (punti e linee), trattando pure parecchi tipi di illusioni ottiche, e individuò le seguenti condizioni più importanti per la genesi delle forme ottiche, dette leggi della forma o configurazione (*Gestalt*):

1. *Legge della vicinanza*. Elementi di un insieme percettivo tendono a venire raccolti in unità, se sono molto vicini tra loro.

2. *Legge dell'uguaglianza*. Se lo stimolo è costituito da un insieme di elementi diversi, quelli simili tra loro tendono ad essere raggruppati.

3. *Legge della "forma chiusa"*. Le linee delimitanti e racchiudenti una superficie (indipendentemente dal fatto che la loro forma sia nota – triangoli, quadrati, cerchi – o meno) si percepiscono in unità più facilmente di quelle che non si chiudono.

4. *Legge della "curva buona" o del "destino comune"*. Le parti di una figura che formano una "curva buona" e con ciò intendendo che abbiano un continuità regolare, o un "destino comune", cioè stesse caratteristiche di direzione, pur poste a contatto con altre, si costituiscono in unità più facilmente e separatamente dalle altre.

5. *Le legge del moto comune*. Elementi che si muovono insieme, o che si muovono rispetto ad altri fermi, vengono costituiti in unità.

6. *La legge dell'esperienza*. Va sottolineato che tutte le leggi esposte finora agiscono anche in soggetti che non abbiano avuto occasione in precedenza di effettuare tali esperienze. Comunque, la psicologia della forma riconosce, pur non attribuendole l'importanza che le dà la psicologia associazionistica, un'azione concomitante all'esperienza.

³⁶ Le forme di prima specie sono: la retta punteggiata, il fascio di rette, il fascio di piani.

Un altro aspetto importante dell'organizzazione visiva, chiamato *percezione figura-sfondo*, scoperto e sviluppato da Rubin, studia le “figure ambigue”, che avevano sempre costituito un rompicapo per la psicologia tradizionale atomistica. Si rilevò che anche quando le parti di una regione collegata sono raggruppate in modo corretto, in molteplici casi le si può interpretare sia come un oggetto (figura) sia come la superficie che sta dietro di esso (sfondo).

Un ultimo importante aspetto del concetto di organizzazione, ha a che fare con la cosiddetta *legge della gravidanza*, formulata da Koffka, principio fondamentale che stabilisce che quando gli stimoli sono ambigui o imprevedibili, la percezione sarà tanto “buona” (vale a dire comprendente proprietà quali: simmetria, regolarità, coesione, equilibrio, omogeneità, concisione), quanto le condizioni date prevalenti (le condizioni raccolte dalla retina, ancorché incomplete e frammentarie) lo permettono. Una serie di punti che formano quasi un cerchio vengono percepiti come se fossero un cerchio perfetto; un angolo quasi retto, viene percepito come se lo fosse; disegni con lacune hanno la tendenza ad apparire come chiusi; una figura non del tutto simmetrica, si vede come simmetrica. È come se, in base al principio della gravidanza, l'organismo organizzasse la genesi delle forme, nel modo più economico possibile, tendendo a “compensare” quanto trova non congruente. Tale compensazione delle lacune si riscontra proprio a livello fisiologico quando, sottoposti ad uno stimolo intenso per lungo tempo, le lacune in una figura prevalente tendono, nel momento in cui la percezione della figura viene bruscamente a cessare, ad essere colmate in dipendenza di un fattore endogeno: è facilmente riscontrabile come l'immagine resti impressionata sulla retina per un breve periodo di tempo e, alla sua scomparsa venga sostituita col suo valore complementare. Ad esempio se osserviamo lungamente una superficie colorata di rosso, quando questa viene tolta il campo visivo ci appare del colore complementare, il verde.

Qual è allo stato attuale l'eredità della psicologia della Gestalt? Si può dire che le leggi fondamentali hanno retto bene alla prova del tempo e che non una di esse è stata confutata, anzi ne sono state aggiunte di nuove³⁷ al suo elenco originario, soprattutto ad opera di studiosi che negli Stati Uniti hanno raccolto l'eredità dei maestri là trasferitisi.

³⁷ Cfr. Rock e Palmer (1991, pp. 60-66).

Queste sono la *legge del confinamento* (o *della regione comune*), in riferimento alla tendenza che hanno gli osservatori a raggruppare elementi che si trovano collocati entro la stessa regione percepita.

La *legge della connessione*, che si riferisce alla tendenza dei sistemi visivi ad percepire qualsiasi regione uniforme e connessa alla stregua di una singola unità.

Altri studi sono stati compiuti sulla *separazione* (o *orientazione delle tessiture*), una forma di raggruppamento per somiglianza che evidenzia punti o linee di rottura e di confine tra campi di elementi, anche identici ma diversamente orientati, affiancati. Altre tecniche hanno verificato come in regioni composte da elementi di diverse grandezze composti in insiemi coerenti (grandi figure costituite da piccole figure) il tutto sia percepito prima delle singole parti costitutive.

Di fondamentale importanza invece per i contributi i cui effetti possono valere per la soluzione di problemi di progettazione, sono le implicazioni pedagogiche del modo in cui si arrivi attraverso l'intuizione, alla comprensione e risoluzione di un problema. Gli studi di Köhler su come gli scimpanzé arrivavano improvvisamente, attraverso un lampo di "intuizione" e non gradualmente, alla scoperta di come prendere con un bastone le banane poste all'esterno della gabbia hanno contribuito a chiarire alcuni degli aspetti del modo in cui gli uomini, a differenza degli animali, pur potendo farsi spiegare le cose, arrivano con maggiore produttività alla comprensione dei fatti se ripercorrono lo stesso processo creativo per cui la soddisfazione di cogliere la soluzione di un problema è molto meno suscettibile di essere dimenticata di quanto non lo sia l'apprendere con la semplice memorizzazione. Così come è merito della psicologia della Gestalt l'aver dimostrato la soluzione di elementari problemi di geometria intuitiva o la descrizione del processo creativo attraverso cui, abbandonando le assunzioni implicite, la comprensione di un problema a volte si riorganizza in modo spettacolare consentendo di "vedere" o intuire una soluzione originale inaspettata, partendo da delle premesse che al contrario parevano bloccate da schemi pure di "buona forma". A questo proposito, di interesse per la progettazione è il problema dei nove punti da congiungere con quattro segmenti senza staccare la penna dal foglio. Questo, come altri esempi che utilizzano un approccio di fenomenologia sperimentale, ripresi negli studi compiuti da Watzlawick, Weakland e Fisch (1974) e dalla scuola di Palo Alto, dimostra come sia possibile sviluppare una

propedeutica dell'immaginazione adottando criteri di scoperta scientifica, per prove ed errori, articolando la lettura della realtà su livelli successivi di conoscenza che costituiscono progressive e irreversibili stratificazioni di senso nella comprensione e soluzione di problemi posti.

Un primo livello³⁸ è quello della *visione ingenua* quando una figura ambigua viene percepita riconoscendo in essa un solo oggetto. Adottando la terminologia impiegata da Husserl questo primo livello è chiamato *apodittico*, in cui l'oggetto (ciò che è esperito) è il *noema* e il modo in cui si guarda concerne la dimensione *noetica*.

Un secondo livello è quello *polimorfo* in cui siamo portati a vedere una pluralità di oggetti, contemporaneamente, attuando una modalità trasformativa che è fondata sul meccanismo ermeneutico che sfrutta il potere evocativo della parola, della metafora, della similitudine, oppure descrivendo un cambiamento di prospettiva (tipico esempio a questo riguardo è la celebre figura ambigua del papero-coniglio³⁹). Questo livello già non gode della proprietà transitiva, cioè le acquisizioni dovute all'attribuzione di senso alle figure non sono reversibili.

Un terzo livello è quello *polimorfo con resistenza* (o *variazionale*), in cui la percezione passa ad un contesto noetico aperto, che non si può esaurire nei limiti dei precedenti livelli e concerne il campo propriamente fenomenologico. Il processo conoscitivo è integrato alle sensazioni ed emozioni che si accompagnano col fatto esperito, fa riferimento a ulteriori matrici percettive-valutative che non erano attivate nel passaggio dai livelli precedenti. Questo livello ispirato alla logica della scoperta fenomenologica è caratterizzato dallo spiazzamento provocato dalla radicalizzazione di un modo ordinario di vedere compiuta dall'artificializzazione del dato percettivo naturale e dall'apertura a possibilità senza limiti.

Il discorso sulla percezione non può non affrontare il tema dell'iconicità, soprattutto perché quest'ultimo investe un'ampia riflessione filosofica, dalla *picture theory* di Wittgenstein alla teoria semiotica dell'iconicità di Peirce, con la loro ipotesi di un rapporto isomorfo tra immagine e proposizione, che non può essere compreso se non si

³⁸ Nell'esposizione dei livelli percettivi che segue ci riferiamo ai contenuti del seminario su *Aspetti antropologici della complessità* tenuto da Marianella Scavi nel dottorato di ricerca in disegno industriale del Politecnico di Milano il 6 aprile 1995.

³⁹ A questa figura fanno riferimento, tra gli altri, Wittgenstein (1953, p. 256 trad. it. 1995) e Gombrich (1959, p. 5 trad. it. 1965).

indagano i rapporti tra categorizzazione *concettuale* e categorizzazione *percettuale*. Maldonado scrive «L'icona è, innanzitutto il risultato di un processo di *categorizzazione percettuale* – e questo è vero tanto dal punto di vista della produzione, quanto dal punto di vista della fruizione iconica. (...) Percepire e pensare hanno certamente delle importanti proprietà comuni: entrambi si svolgono come un costante *passare ad altra cosa*; entrambi sono orientati alla costituzione (o ricostituzione) di un ordine seriale; entrambi sono più stimolati dalla novità che dalla familiarità» (Maldonado 1992, p. 135).

All'icona viene così riconosciuto un indubbio valore conoscitivo, che si esplica attraverso l'idea di *similarità*. Questa si attua nelle operazioni fondamentali di *modellazione* e *simulazione* di forme (se l'intento è costruttivo), *categorizzazione* e *classificazione* di forme (se l'intento è ordinativo)⁴⁰ per cui esiste una congruenza bilaterale, isometrica tra immagine e oggetto. Inoltre, è stata avanzata un'idea di similarità asimmetrica, che non fa riferimento alla geometria metrica o proiettiva ma utilizza una concezione topologica di similarità⁴¹.

Sull'interdipendenza tra morfogenesi e percezione, Thom ha mostrato che la genesi delle immagini o *icone* segue leggi di "plasticità" del sistema recettore. La formazione dell'immagine è uno stimolo irreversibile, che cambia la forma di equilibrio del sistema recettore, imprimendogli la forma del modello, similmente all'impronta di un piede sulla sabbia o come l'ombra proiettata su una lastra sensibile:

In che modo qualificare la percezione, se non come modificazione di una dinamica competente sotto l'impatto sensoriale della realtà esterna? Già Platone nel *Teeteto* faceva l'analogia tra l'impressione che producono gli oggetti percepiti, e lo stampo di un solido di cera. Si noterà che in questo caso il sistema competente (per esempio retina, corteccia visiva, ecc.) ritrova a ogni istante la verginità indispensabile a una competenza totale e permanente - e nonostante ciò esiste una certa plasticità, dal momento che le sensazioni percepite vengono immagazzinate nella memoria. (Thom, 1985, p. 303).

E poi aggiunge, a proposito del concetto di *pregnanza* – cui abbiamo precedentemente accennato nel discorso sulla psicologia della forma – e sul contributo che la sua teoria può fornire per consolidarne l'importanza:

⁴⁰ Per un'approfondita trattazione del tema dell'iconicità vedi Maldonado (1992, pp. 119-144).

⁴¹ Cfr. Maldonado (1994, p. 90) e Tveresky (1977, pp. 327-352).

La possibilità di una teoria della pregnanza della forma costituì il dogma fondamentale della *Gestalttheorie*, che W. Köhler ha difeso con ardore e lucidità. Le idee moderne di dinamica qualitativa (teoria delle catastrofi, stabilità strutturale) possono fornire a quest'idea una giustificazione che le era finora mancata. Ma, forse, il torto della *Gestalttheorie* fu di non aver distinto due nozioni che in effetti sono molto legate: la *pregnanza fisica* di una forma, che è la sua capacità di resistere al rumore delle comunicazioni, e una *pregnanza "biologica"*, definita come la capacità di una forma di evocare altre forme biologicamente importanti – e di essere così facilmente riconosciuta, classificata nell'universo (percettivo o semantico) del soggetto. (Thom, 1974, p. 305 trad. it. 1985).

E, più avanti, illustrando la differenza, che risiede nel fatto che la forma *biologica* "suggerisce" un'azione, laddove una forma *fisica* stabile non suggerisce che se stessa, riporta l'esempio del segno ← che suggerisce, nelle nostre società, il verso da destra a sinistra:

Secondo una teoria della percezione dovuta a Harry Blum, ogni percezione di un oggetto implica una ricerca immediata e implicita della miglior *presa* manuale di detto oggetto. Ora, se si cerca di prendere la punta della freccia, le dita "fittizie" che vi si applicheranno non potranno che scivolare verso sinistra nella vana ricerca di una posizione di presa stabile. Sarebbe questa la spiegazione "biologica" del verso simbolizzato. Si può così ammettere (osservazione di Guy Hirsch) che la freccia mobile in un mezzo fluido incontra una resistenza al movimento molto minore nel suo verso "normale" che nel verso opposto: perché le ali della freccia realizzano un contorno di una scia, quando l'asta si propaga in un liquido parallelamente al proprio asse. Ma il contorno di una scia verifica certe proprietà caratteristiche delle forme instabili, secondo la teoria di H. Blum. C'è dunque qui una coincidenza (d'altronde tutt'altro che accidentale) della pregnanza biologica e della pregnanza fisica. (Thom, 1974, p. 306 trad. it. 1985).

Questa idea di pregnanza biologica a noi sembra richiamare il concetto di *Einfühlung*, che sta ad indicare un tipo di percezione vissuta antropomorficamente di fronte ad oggetti, e che in italiano è stato tradotto con *empatia*. Secondo questa teoria, l'arte è l'immedesimarsi del sentimento dell'osservatore con le forme naturali, a causa di una profonda consonanza o simpatia tra soggetto e oggetto⁴².

⁴² La teoria dell'*Einfühlung* (da *ein* <in> e *fülen* <sentire>), sviluppata in Germania sulla scia dei lavori di Herder, Novalis e Vischer fu dapprima un approccio gnoseologico alla realtà naturale, divenendo poi un'interpretazione dell'arte in chiave psicologica. L'oggetto non ha un valore di per sé ma soltanto in quanto viene riconosciuto dall'osservatore in base alle analogie psicofisiologiche intercorrenti tra il soggetto e l'opera d'arte (ad es. una colonna sottile che regge un grosso capitello può generare un senso di disagio, di sforzo). Lipps ha applicato il concetto allo spazio architettonico e una lettura simile è stata compiuta dal Wölfflin con la sua interpretazione psicologica dell'architettura basata sui caratteri antropomorfici e analogie proporzionali. Cfr. anche De Fusco (1964, pp. 43-71) e Zevi (1948, pp. 117-122).

Parte II
Metodologie di progettazione e morfogenesi,
strumenti e tecniche di operatività progettuale

3. La progettazione come processo di morfogenesi

3.1. Approccio morfologico

Abbiamo visto finora come gli studi morfologici abbiano ricevuto impulso dalle innovazioni e scoperte più recenti nelle scienze naturali, nella fisica, nelle matematiche, e come lo studio dei sistemi dinamici, della geometria frattale, della teoria del caos, della topologia differenziale unitamente agli ormai classici studi sulla teoria della simmetria e le teorie della percezione formino un *corpus* consolidato che delinea i presupposti culturali e propedeutici per ogni sviluppo di ricerche afferenti l'*approccio morfologico* alle discipline di progetto.

Una delle domande che ci siamo posti fin dall'inizio è stata: in quale misura questi contributi alla formazione di un nuovo paradigma progettuale possono concretamente provocare delle ripercussioni nelle discipline di progetto e influire direttamente sull'evoluzione di una prassi progettuale? Quali sono i modi attraverso cui il progetto assorbe da questa riorganizzazione della struttura del sapere, linfa vitale per nutrire, rinnovare, evolvere gli oggetti e gli strumenti concettuali della propria attività? E all'interno di questo quadro, come muteranno i rapporti tra arte, scienza e progetto? Le tradizionali divisioni fra arte, architettura, design, possono fondersi e azzerare le differenze che le separano per fondare le nuove istituzioni di una teoria della progettazione? Le esigenze di costruire una sequenza operativa logico-scientifica del processo progettuale, di ottenere la massima varietà e individualità possibile, l'aura dell'*unicum* dell'opera artistica, e di ottenere questa produzione attraverso la ripetibilità di serie, possono essere fuse in una nuova metodologia di progetto che, con l'ausilio degli strumenti

informatici e degli avanzamenti nelle scienze cognitive, risponda alla molteplicità di richieste della situazione contemporanea?

I meriti di una ricerca morfologica diventano rilevanti se si recupera in essa la concezione della forma come portatrice di un significato simbolico-gestuale che dall'origine della civiltà ha accompagnato la creazione di manufatti, a proposito dei quali così ha scritto Formaggio nel suo saggio sulla teoria del significato dell'arte:

L'oggetto aveva un tempo impronte di gesti e di movenze anche libidiche, impronte di tutta la gestualità della prassi lavorativa e di tutto il sistema profondo delle pulsioni e della sessualità, portava con sé i giri simbolici della danza amorosa del corpo. Così il vaso delle bevande, con la sua "pancia", la sua "bocca", e l'ansa, la curva molle e saldata del manico, con la misura segnata dal gesto della mano che solleva il vaso e offre la bevanda... Una funzionalità, che ripete sensibilmente nella creta la prassi del corpo, ma nel ripeterla la rispecchia, la dà più pura e riflessa, e... dice del bere e del versare, del corpo, dei bisogni e delle seti soddisfatte, ma dice anche l'eleganza del gesto di chi offre, la premura affettuosa che nella sua curva si disegna, lo scambio e l'unione di incontro e socialità che questo semplice gesto del versare, svolto e cristallizzato nel puro movimento di una curva per millenni, non ha mai cessato di narrare. È già il transito dall'oggetto d'uso all'oggetto d'arte. (Formaggio, 1973, pp. 118-119).

Quindi il senso di una grande cura per il manufatto. D'altronde anche la radice etimologica del termine arredamento è *ga-rèdan*, che, in gotico, significava <le provviste, ciò di cui si ha cura>.

Al tema della cura per le cose è stato dedicato un convegno nell'ambito della XVIII Triennale di Milano¹, nel quale si è discusso sui fondamenti dell'agire progettuale con riferimento alle tematiche della disposizione all'ascolto, alla crisi della dicotomia ambiente naturale-ambiente artificiale, alla riconsiderazione dell'idea e dell'esperienza del tempo come risorsa che si esprime nella lentezza, a fronte del mito della velocità, alla necessità di un agire poetico che, confrontandosi con la complessità ambientale ed anzi dando ad essa una forma, assuma comunque una propria precisa identità, in grado di produrre forme riconoscibili che esprimano il nostro senso dell'aver cura delle cose.

¹ *La cura per le cose. Il tempo, l'ascolto, il senso: contributi per un'ecologia del progetto*, Milano 20-21 marzo 1992, convegno curato da E. Manzini con F. Carmagnola, F. Morace, A. Petrillo e promosso nell'ambito della XVIII Triennale di Milano.

3.2. Modelli matematici di lettura della logica di progetto

Nella ricognizione effettuata per reperire strumenti concettuali con cui operare al fine di raccogliere materiale per la costruzione di una logica del processo progettuale, una possibile indicazione è provenuta da una riflessione sui mezzi e metodi della logica formale e dell'analisi matematica.

È possibile applicare al sistema degli oggetti i concetti di *insieme* ed *elemento* dell'insieme per poi effettuare su di essi, attraverso gli strumenti della logica formale, operazioni algebriche? Per insieme possiamo intendere qualsiasi raccolta, classe, aggregato di oggetti, di qualsiasi natura che potranno essere rappresentati graficamente, mediante notazione simbolica o grafica (abachi, tassonomie). Su di essi potremo tentare di eseguire operazioni logiche di appartenenza, inclusione, intersezione, unione, oltre a stabilire, nei relativi domini, relazioni (funzioni) univoche, biunivoche, tentare di applicare talune proprietà (associativa, commutativa, distributiva), ed anche eseguire su essi operazioni algebriche.

L'adozione di questi strumenti, oltre a caratterizzare l'intero processo, sarebbe utile nella fase propedeutica, e l'esposizione classificatoria in forma matriciale, diagrammatica o vettoriale, sarà utile per fornire un modello, anche tridimensionale, di orientamento per le scelte progettuali. La funzione di questo modello può essere raffrontata con quella svolta, nello studio della teoria del colore, dall'albero di Munsell, costruito in modo da dare una visione coordinata dei parametri cromatici di saturazione, luminosità, tonalità. Nel modello qui proposto i parametri di lettura potranno essere, ad esempio, artisticità, organicità, funzionalità, complessità, simbolicità, comunicatività, classicità, richiamo alla tradizione, ecc. e, secondo questi, come se si operasse nel bilanciamento di un'equalizzazione, collocare gli oggetti individuati.

Un secondo aspetto che concerne la lettura degli oggetti, traducibile in termini matematici, è che la sequenza temporale che individua una linea evolutiva della produzione di oggetti è assimilabile alle *successioni*, intendendo con questo termine matematico l'insieme i cui elementi corrispondono biunivocamente con la serie naturale. Se poi accettiamo l'ipotesi che ogni immissione nella realtà di un nuovo pro-

dotto sia una stratificazione di senso che va ad incrementare la complessità degli oggetti è facile passare alle *serie* come sommatorie di successioni e ai *rapporti incrementali di funzione* come indicatori differenziali di stato tra un precedente e un successivo.

Altri strumenti logici per esprimere la struttura di saperi implicati nell'operazione progettuale, oltre al citato albero di Porfirio (v. par. 1.2), sono i grafi e le reti. I grafi sono oggetti astratti costituiti da un insieme di punti e da un insieme di linee che congiungono tali punti.

Un testo di divulgazione scientifica sui grafi si deve a Oystein Ore² che, tra l'altro, aveva dato un contributo critico e costruttivo ai criteri di classificazione delle sequenze formali di Kubler³ (v. par. 3.3.2). L'adozione di grafi come metodo di visualizzazione concettuale della rappresentazione delle varie strutture di un oggetto, prodotto industrialmente, è stata proposta ad esempio da Van Onck⁴ che utilizza dei grafi per esprimere le reciproche relazioni e le diverse possibilità combinatorie di tre fattori: contesto ambientale, prodotto e utente.

Un altro strumento di cui dispone la scienza per modellizzare fenomeni complessi è il concetto di *rete*. La nostra epoca sarà segnata dal "fenomeno rete" che, come ogni fenomeno morfologico profondo, a carattere universale, permea non soltanto la scienza e la tecnica, ma ogni manifestazione della vita sociale, un tratto distintivo di qualunque sistema che riveli una struttura con un certo grado di complessità.

² Ore (1963).

³ Ore suggeriva a Kubler di applicare appunto il concetto di "grafico reticolare o direzionale" al posto del concetto di serie e sequenze, che riteneva troppo specificamente matematici per essere applicabili al problema in questione: «Ci interessiamo alla varietà degli stadi della creatività umana. Nel processo di sviluppo si passa da uno stadio all'altro. Esiste una possibilità di scelta tra numerosissime direzioni. (...) Ciò può essere raffigurato in maniera generale con il concetto matematico di grafico direzionale o reticolare... i grafici devono essere aciclici, cioè non devono contenere alcun percorso ciclico che ritorni al punto di partenza. Questa condizione essenziale trova riscontro in quanto è stato osservato nel progresso umano che non ritorna mai a condizioni precedentemente esistite» (Kubler, 1972, pp. 44-45n trad. it. 1976). Una figura che però contempera la necessaria aciclicità del progresso con la ciclicità connessa con un eterno ritorno è quella della spirale, ripresa infatti da Morin quando connota il metodo da assumersi per affrontare il paradigma della complessità come un metodo che non può costituirsi che nella ricerca, nel momento in cui l'arrivo di un apprendimento enciclopedico (nel suo senso originario di *ankhlyios paideia*, apprendimento che mette in circolo il sapere), torna ad essere un nuovo punto di partenza: «Il ritorno all'inizio non è un circolo vizioso se il viaggio... significa *esperienza*, da cui si risulta cambiati. (...) Allora il cerchio avrà potuto trasformarsi in una spirale, in cui il ritorno all'inizio è proprio ciò che allontana dall'inizio» (Morin, 1977, p. 29 trad. it. 1983).

⁴ Van Onck (1994, pp. 40 e sgg).

La rete è un oggetto topologico, uno schema concettuale che permette di modellizzare un'amplissima gamma di situazioni, selezionando e valorizzando certi aspetti di una ricerca e prescindendo da altri. Una rete ha in genere la struttura di un albero più o meno ramificato, ed è costituita da nodi, che sono oggetti qualsiasi: forme, artefatti, luoghi, memorie; poi vi sono i collegamenti, incidenti a due nodi, che possono essere direzionati, e nel qual caso il collegamento è orientato. Ai nodi e ai collegamenti sono associate delle variabili e, a nodi particolari, sono associate delle 'trasformazioni' (es. reti di Petri) che sono suscettibili di modificare lo stato dei nodi coi quali sono collegati.

Quest'ultimo tipo di rete, modello di trasformazioni asincrone e parallele, è una particolare metafora del processo progettuale in ambiente complesso, che, a partire da una serie di "posti occupati", luogo delle referenze, di oggetti preesistenti, di condizione al contesto, di memorie e suggestioni, opera su questi materiali delle "trasformazioni", facendo confluire nei "posti vuoti" delle nuove emergenze, nuovi oggetti, nuove configurazioni. Questi posti vuoti sono effettivamente il luogo delle ricadute sul sistema degli oggetti, che vengono riempiti nell'atto progettuale, sono momenti di morfogenesi che si manifestano o nella realtà o nella simulazione, quando i posti che li precedono giungono ad una saturazione.

Più in generale, il ricorso all'armamentario logico-matematico, tende a verificare l'ipotesi secondo cui, oltre al contributo alla fase di modellizzazione tassonomica dell'esistente, sia possibile, nell'universo degli artefatti e delle classi di oggetti individuate, tracciare una linea evolutiva capace di essere predittiva e proiettiva, per un intorno temporale considerato, delle più probabili risposte morfologiche ottenibili dai processi di morfogenesi attivati all'interno dei margini di aleatorietà progettuale nei quali operiamo.

L'oggetto viene inteso come interfaccia tra l'uomo e l'ambiente e, di volta in volta la sua esistenza abbassa il differenziale tra il reale e il possibile. La sua determinazione assume un ruolo *adattivo* rispetto agli stimoli ambientali, legati alla sua dimensione pragmatica, d'uso. Questo procedimento ricorsivo ambiente-interfaccia-utente raccoglie la memoria dei cicli antecedenti e ad ogni passaggio successivo produce, da un lato, uno sfrondamento del superfluo e, dall'altro, un incremento di prestazioni che produce complessità.

3.3. La lettura della dinamica evolutiva delle forme

3.3.1. *Continuità e variazione delle immagini*

Una ricerca in linea con la tendenza a leggere il patrimonio delle forme artistiche e delle immagini, nel senso più generale del termine, come studio della loro genesi, continuità e variazione, è stata compiuta dallo storico dell'arte Fritz Saxl. Il suo studio sulla storia delle immagini, che a suo parere si potrebbe estendere anche ad altri campi oltre a quello della storia dell'arte, dimostra che «le immagini, esprimenti un significato particolare nel tempo e nel luogo in cui furono concepite, una volta create hanno il potere magnetico di attrarre altre idee nella propria sfera; e che esse possono essere improvvisamente dimenticate e poi richiamate alla memoria dopo secoli di oblio» (Saxl, 1957, p. 4 trad. it. 1982). Saxl passa poi ad esaminare la storia di alcune immagini⁵ che ricorrono nella storia dell'arte nell'arco di millenni e che si ritrovano, peraltro, in civiltà diverse per costumi e collocazione geografica. Di esse non affronta tanto il problema del perché si sia formata una certa immagine o dei significati religiosi, psicologici o psicanalitici, che sottostanno alla sua interpretazione, ma si limita a mostrare il suo ciclo vitale, cercando di cogliere i nessi storici che attraverso i secoli hanno portato un'immagine ad essere utilizzata, diffusa, scartata, e poi ripescata per rivestire nuovi significati e per esprimere nuovi contenuti. Infatti, molte immagini non vengono inventate *ex novo*, spesso vengono importate sulla base di modelli più antichi e da aree geografiche diverse. Un'immagine una volta raggiunta la perfezione ha il potere di attrarre i più diversi contenuti tematici⁶.

3.3.2. *Sequenze formali, oggetti primi e repliche*

Una felice espressione che sembra superare definitivamente gli ostacoli frapposti alla comunicazione di concetti quali oggetto d'uso e oggetto artistico è quella di storia delle cose proposta da Kubler:

⁵ Le tre immagini esaminate sono: una figura umana che sovrasta due leoni tenendo nelle mani due serpenti; il toro domato dall'eroe; l'angelo. Vedi *ivi*, pp. 3-30 e per considerazioni generali sulle ragioni della storia dell'arte, pp. 243-263.

⁶ Sulla forza di attrazione delle forme cfr. *infra* par. 2.3.3.

Scegliendo l'espressione "storia delle cose" non abbiamo semplicemente inteso adottare un eufemismo che sostituisse l'ispida bruttezza di "cultura materiale". Gli antropologi usano questa espressione per distinguere le idee, o "cultura mentale", dai prodotti lavorati (o manufatti). La "storia delle cose" intende invece riunire idee e cose sotto la rubrica di "forme visive", includendosi in questo termine sia i manufatti che le opere d'arte, le repliche e gli esemplari unici, gli arnesi e le espressioni: in breve, tutte le materie lavorate dalla mano dell'uomo sotto la guida di idee collegate e sviluppate in sequenza temporale. Da tutte queste cose emerge una forma del tempo, si delinea un ritratto visibile dell'identità collettiva, sia essa tribù, classe o nazione. (Kubler, 1972, p. 17 trad. it. 1976).

Secondo questa concezione, la distinzione tra "utile" e "bello", che ha connotato l'origine e lo sviluppo della produzione industriale, va assottigliandosi e perdendo di efficacia perché, se condividiamo, con Kubler, che "il nostro concetto d'arte, possa essere esteso a comprendere, oltre alle tante cose belle, poetiche e non utili di questo mondo, tutti in generale i manufatti umani, dagli arnesi di lavoro alle sculture" (*ivi*, p. 7), questa coincidenza implica come conseguenza che si debbano mutare i criteri interpretativi delle cose. Per fare questo, il concetto di "sequenza formale" come "serie di soluzioni collegate dello stesso problema" è un contributo rilevante sia ai fini tassonomici che ai fini progettuali.

Partendo dall'analogia matematica con la serie (come somma di un certo numero di termini) e la sequenza (come qualsiasi successione di quantità ordinate), Kubler afferma che l'esistenza di un problema e l'accumularsi della catena di soluzioni a questo problema possono essere raccolte in un'entità detta "classe formale". La classificazione sequenziale mette in risalto la coerenza interna degli eventi, ne costituisce una "catena invisibile". Le soluzioni concatenate occupano il tempo in vari modi, possono essere di breve o lunga durata, possono formare serie aperte o concluse, ma riflettono sempre un dominio di forme mentali suscettibile di ulteriori elaborazioni per mezzo di nuove soluzioni. Ogni nuova soluzione, ogni nuova forma modifica retroattivamente la nozione che ci si era fatta delle precedenti. I confini delle sequenze formali risiedono nei primi e negli ultimi stadi, se ve ne sono, dello sforzo per la soluzione di un certo problema.

Le sequenze temporali di arnesi e attrezzi hanno abitualmente lunghissima durata; in generale, arnesi più semplici mostrano lunghissime sequenze temporali, mentre i più complicati testimoniano apparizioni

episodiche e brevi. «Per quanto elaborato possa essere il suo meccanismo, un arnese resta sempre intrinsecamente semplice, mentre un'opera d'arte, che è un complesso di numerosi stadi e livelli di intricate intenzioni, resta, per quanto semplice possa apparire il suo effetto, una cosa intrinsecamente complicata» (*ivi*, p. 18).

Il minimo di durata è rappresentato dalle mode, che per il loro carattere effimero e di proiezione di un'immagine di pura exteriorità, non sono legate alla particolare risoluzione di problemi come invece si ha con la concatenazione, ma sono costituite solo da classi formali. Se nella demarcazione proposta da Kubler gli arnesi da una parte e le mode dall'altra rappresentano i due estremi, un'altra distinzione si affaccia nella sua interpretazione delle cose, quella tra “oggetti primi” e “repliche”: «Per oggetti primi e repliche intendiamo le principali invenzioni con tutto quel complesso di duplicati, riproduzione, copie, riduzioni, trasposizioni e derivazioni che seguono nella scia di un'importante opera d'arte» (*ivi*, p. 50). L'oggetto primo è quello che contiene dei “geni mutanti” che hanno un effetto dinamico, producendo, nella trasformazione, mutamento, mentre le repliche non sono che moltiplicazioni di oggetti primi.

Un altro aspetto che ci pare valga la pena di sottolineare del metodo Kubler, è il concetto di propagazione delle cose. «È come se le cose generassero altre cose a loro somiglianza per interposto ufficio di esseri umani avvinti da quelle possibilità di sequenza e progressione» (*ivi*, p. 77). E, più avanti, riguardo all'invenzione e alla varietà:

L'apparizione delle cose è governata dai nostri mutevoli atteggiamenti verso i processi di invenzione, ripetizione e scarto. Se mancasse l'invenzione avremmo soltanto il grigio trantran quotidiano. Se non ci fossero le copie, le cose fatte dall'uomo non sarebbero mai abbastanza. Senza spreco e scarto troppe cose sopravviverebbero alla loro durata utile. Nella nostra terminologia ogni invenzione è una nuova posizione nella serie. L'accettazione di un'invenzione da parte di molte persone implica l'impossibilità per loro di continuare ad accettare la posizione precedente...sappiamo infatti che numerosissime serie attive e simultanee possono coesistere in qualsiasi momento. I prodotti di posizioni precedenti divengono allora vietati e antiquati”. (Kubler, 1972, pp. 77-79 trad. it. 1976).

Riguardo a quest'ultima considerazione, su quella che già aveva preso il nome di *obsolescenza*⁷ delle forme, Kubler dichiara di riallac-

⁷ Cfr. Dorflès (1962, pp. 198-203).

ciarsi al concetto già espresso da Adolf Göller di affaticamento estetico (*Formermüdung*), nell'ambito di quella tradizione di formalismo astratto sorta tra i primi psicologi della forma artistica dell'Ottocento. Göller, attento osservatore del frenetico cambiamento di stili che caratterizzò l'eclettismo storicistico, reputò essere appunto l'affaticamento estetico il principale responsabile del succedersi continuo degli stili, che doveva contrastare la noia provocata dall'abitudine alle esperienze estetiche ricorrenti. Ecco che – secondo Kubler – se da una parte la “dimestichezza genera il disprezzo”, la stanchezza generata può condurre alla ricerca di forme nuove, che attireranno la nostra attenzione in proporzione alla complessità del loro significato: «L'artista è più di chiunque altro soggetto alla noia e la vince inventando nuove combinazioni formali e spingendosi sempre più arditamente avanti in direzioni già stabilite. Queste puntate in avanti obbediscono a una regola di differenziazione graduale, poiché esse devono restare variazioni riconoscibili sull'immagine mnemonica centrale» (*ivi*, pp. 99-100).

E ciò in accordo con l'innato desiderio umano di varietà che trova soddisfazione nel comportamento inventivo, e che riconosce «l'arte come serie concatenata di forme che gradualmente si differenziano l'una dall'altra fino all'esaurimento di tutte le potenzialità di una certa classe» (*ivi*, p. 100).

3.3.3. Analogia biologica

Le ricerche attuali, viste sotto il profilo filosofico-epistemologico, sia nelle singole discipline che negli approcci interdisciplinari, indicano il grande rilievo che, nella teoria della complessità, riveste lo studio dell'analogia biologica e delle sue acquisizioni critiche⁸. Il ruolo dei processi morfogenetici attraversa differenti campi disciplinari, ma è in quello della biologia che si è sviluppato maggiormente. È evidente che progettisti interessati alla morfogenesi siano attratti dalla biologia, così come studiosi di biologia siano sensibili alle problematiche della progettazione⁹.

⁸ Cfr. Bocchi e Ceruti (1985).

⁹ Cfr. Buiatti (1990, pp. 36-39).

L'interpretazione biologica dei processi progettuali, e la metafora evolutiva che la sostiene, raccoglie un retaggio critico che trae ispirazione dagli studi tassonomici di Linneo, dalle esposizioni teoriche di Cuvier, Lamarck, Darwin. L'analogia biologica nell'evoluzione del design come oggetto di riflessione teorica è stata riscontrata in seguito nell'opera di Viollet-Le-Duc, di Semper, di Le Corbusier, di Alexander, per citarne solo alcuni. Il fascino che le forme della natura e i processi di crescita e di sviluppo hanno sempre esercitato nei progettisti e negli artisti li ha spinti a cercare delle analogie per trovare un supporto teorico consapevole al loro agire progettuale. I processi di morfogenesi e di differenziazione delle forme nei corpi organici e inorganici esercitano tuttora una forte spinta propulsiva ad una riflessione sui problemi e sui metodi nella progettazione, che si arricchiscono costantemente e progressivamente con i contributi dei nuovi scenari dell'immaginario scientifico.

La storia delle molte analogie rintracciate fra la biologia e le arti applicate, comprendendo anche l'architettura e gli oggetti di design, è stata ripercorsa tra gli altri da Philip Steadman (1979) con riguardo ai metodi di classificazione, alle analogie anatomiche, ecologiche, evolucioniste. Pur condividendo gran parte dell'attrattiva che tali analogie esercitano su chi si occupa di storia, teoria e critica della produzione di oggetti, dopo un'ampia trattazione, Steadman mette in guardia da un'eccessiva disinvoltura nell'applicazione dei risultati di queste osservazioni nei metodi di progettazione. È indubbio che una gran quantità di argomenti attinti dal dominio non soltanto della biologia ma anche delle scienze naturali siano perfettamente pertinenti ad una ricerca mirante ad una nuova propositività progettuale: problemi di morfologia e morfogenesi, cristallografia, geologia, crescita e sviluppo, segmentazioni, variazioni di forme, omologie e analogie, convergenze e divergenze, ibridazioni.

Più difficile condividere il parallelismo tra evolucionismo biologico e teoria evolucionistica della cultura. Nelle scienze etno-antropologiche questi due paradigmi si fronteggiano con esiti incerti. Sono sostanzialmente due le concezioni riguardo ai modi di ereditarietà nei confronti dell'ambiente, che concernono il problema centrale dell'adattamento: quello darwiniano, essenzialmente 'elettivo', in cui l'ambiente mette in evidenza le potenzialità genetiche offerte dall'or-

ganismo, le sue capacità funzionali, perpetuando una trasmissione genetica indipendente dal soggetto e includendo talvolta fattori casuali nella determinazione delle variazioni evolutive; quello lamarckiano, invece, essenzialmente ‘istruitivo’, in cui l’adattamento degli organi all’ambiente avviene per trasmissione di caratteri acquisiti, cioè sviluppando particolari abilità funzionali o istruzioni ricevute dall’ambiente che possono essere trasmesse alle generazioni seguenti.

Questa differenza centrale tra le teorie dell’ereditarietà mostra anche la differenza fondamentale tra evoluzione organica ed evoluzione culturale. Nel primo caso, biologico, si attua il vero e proprio processo genetico dove l’informazione ereditaria rimane codificata e conservata nel corso di migliaia di generazioni, durante le quali i lievi cambiamenti e le variazioni sono sottoposti al collaudo della selezione. Nel secondo caso, culturale, il ‘materiale ereditario’ – cioè i concetti, le ideologie, le storie, le informazioni – è tramandato in documenti, libri, manufatti e si riproduce attraverso le strutture didattiche ed educative o per tradizione orale. Nell’evoluzione culturale è privilegiato un carattere cumulativo piuttosto che replicativo e la velocità dei mutamenti è più elevata rispetto ai ritmi biologici.

Dopo aver esposto le conseguenze della fallacia biologica e cioè principalmente il determinismo, il determinismo storico e il conseguente rifiuto della tradizione, Steadman ritiene che il luogo teorico che rimane più efficace per un approfondimento dell’analogia sia lo studio della morfologia; non la morfologia nel senso puramente descrittivo in cui Goethe originariamente la concepiva, ma la morfologia nel senso dello studio e dell’indagine predittiva delle possibilità progettuali. Le forme reali organiche e inorganiche e i manufatti prodotti dall’uomo rappresentano esempi concreti e sedimentati nella storia.

Il sottolineare la funzione conservativa dei caratteri ereditari della cultura ha trovato una definizione pertinente nel concetto di *meme*, coniato dal biologo evoluzionista Dawkins, che applica ai sistemi culturali analoghe qualità riproduttive e replicatorie dei geni:

Le armonie, le idee, gli slogans, le mode degli abiti, le tecniche di fabbricazione dei vasi o di costruzione degli archi sono tutti esempi di memi. Proprio come i geni si diffondono nel pool genico passando da un corpo all’altro tramite le uova e gli spermatozoi, così i memi si diffondono nel pool memico passando da un cervello all’altro mediante un processo che si può definire di imitazione in senso lato. Se a uno scienziato arriva all’orecchio o capita sott’occhio una buona

idea, egli la trasmette ai suoi colleghi e agli studenti, la cita nei suoi articoli e durante le lezioni. Se l'idea fa presa, si può dire che essa si diffonde, propagandosi di cervello in cervello. (Dawkins, 1976, p. 165 trad. it. 1979).

Le proprietà generali dei memi replicatori sono pressoché le stesse dei geni: longevità, fecondità, fedeltà di copiatura. A proposito di quest'ultima, Dawkins fa osservare che i memi non sembrano affatto dei replicatori ad alta fedeltà: il modo di propagazione delle idee comporta una leggera modifica ad ogni passaggio; le parole dette da qualcuno, le idee di uno scienziato possono essere interpretate o rimaneggiate in modo da adattarle ai propositi di qualcun altro.

In letteratura, questa particolare caratteristica della scrittura che investe tutto ciò che si può considerare come *testo*, è oggetto di studio dell'ermeneutica. La distanza tra quella che fu l'intenzione autentica dell'autore e ciò che rimane come traccia silenziosa è lo spazio dell'interpretazione soggettiva intesa come elaborazione di possibilità progettate nella comprensione.

Più in generale, tale circolo ermeneutico è, di fatto, riscontrabile anche nella produzione-progettazione di oggetti. Essi si copiano, si imitano, si ridisegnano, si riferiscono a modelli emblematici e paradigmatici da rielaborare, si affinano in versioni susseguenti, in un processo dinamico che può prendere due direzioni principali: l'una è un esaurimento dell'imitazione artificiale condotto in copie successive e provocato da una "variazione involontaria"; l'altra è l'incremento progressivo di prestazioni operate sull'oggetto provocato per "variazione volontaria". Ambedue sono stati esposti da Steadman (1979) rifacendosi, da una parte, agli studi compiuti da Balfour¹⁰ e Pitt-Rivers (1906) sull'evoluzione della decorazione primitiva, traendo esempi reali dall'antropologia e dall'archeologia, dall'altra parte alle analisi condotte da Alexander (1964), Gombrich (1959) e Popper (1972) sui procedimenti di produzione creativa. Nei processi di copiatura si verificherebbe un'analogia col processo selettivo dell'evoluzione organica e questo avverrebbe in modo consapevole tramite l'interpretazione. Le serie di motivi su monete o su vasellame mostrerebbe in alcuni casi

¹⁰ Henri Balfour fu il primo curatore del museo etnografico di Oxford e membro della Società Zoologica e redasse una introduzione a Pitt-Rivers (1906). La collezione del colonnello Lane-Fox Pitt-Rivers fu una delle prime raccolte di manufatti primitivi organizzate scientificamente che costituì il museo etnografico di Oxford.

stadi di adattamento a situazioni ambientali casuali, potendo scaturire da imperizia tecnica da parte degli artigiani esecutori delle copie, dalle esigenze dei materiali, dalla forma degli utensili adoperati. In altri la selezione verrebbe operata intenzionalmente con un ciclo di alternarsi di ipotesi e prove similmente a quello di “congetture e confutazioni” in modo che solo quelle variazioni che risultano essere vantaggiose nel processo selettivo sono poi conservate ed ereditate¹¹.

Il procedimento sopra descritto si presta ad un ulteriore ampliamento, che comporta una biforcazione.

1) Nelle serie, intese come sequenze di soluzioni collegate a determinati problemi – le sequenze formali di Kubler (1972) o di Kiesler (1939) – dagli “oggetti primi” si passa via via ad un’accumulazione di saperi applicati pertinentemente alla soluzione dei problemi, fino a che le migliaia di tentativi non producono la forma “perfetta”, la soluzione oggettiva che genera la “conveniente bellezza”.

Nell’analogia letteraria, così Valéry concepiva la finalità di ogni componimento o creazione poetica nel celebre dialogo contenuto in *Eupalinos, ou l’Architetcte*, che è tanto simile a una delle direzioni che può prendere la progettazione degli artefatti, mirare all’assoluto, al pezzo continuamente rifinito, a quella prassi dell’agire artistico mai conclusa, sempre perfettibile, e per cui l’opera non è mai “compiuta”, semmai abbandonata al suo destino:

FEDRO

...Si danno utensili ammirevoli, stranamente chiari, polito come ossa, ansiosi di atti o di forze, e non d’altro.

SOCRATE

Essi, in qualche modo, si son fatti da sé, ed han la forma migliore che l’uso secolare abbia potuto imporre, ché la pratica innumerevole, raggiunta un giorno quella ideale, vi si ferma. Le mille prove di migliaia d’uomini convergono lentamente verso la figura più economica e più sicura; una volta ottenuta, tutti la imitano ed i milioni di copie corrispondono sempre alle miriadi di brancolamenti anteriori e li celano. (Valéry, 1991, p. 64).

Prendendo questa direzione si perviene a quegli oggetti, oggi chiamati di design “anonimo” (Bellini, 1991; Morteo e Romanelli, 1991; Bassi, 2007) che per la loro *formalizzazione compiuta* (forme estetica-

¹¹ Cfr. Steadman (1979, pp. 140-150 trad. it. 1988).

mente valide), la loro notevole *durata nel tempo* (provenienza dal passato, persistenza nel presente e proiezione nel futuro) e il loro notevole *senso della misura* (integrazione adeguata tra contenuto semantico e dimensione pragmatica), rappresentano, nello scenario del sistema degli oggetti, significativi punti di permanenza e di stabilizzazione al mutamento (stabilità strutturale nel senso di Thom). Per questa categoria di oggetti non si verificano, nella breve durata, rimarchevoli processi di morfogenesi.

2) In altri casi, il contributo delle diverse personalità, in virtù della diversa interpretazione soggettiva, può portare – e qui siamo sul versante più vicino alla soggettività artistica – alla creazione di fenomeni imprevedibili e insospettati, analoghi alla ‘scrittura automatica’ di Breton nell’ambito del movimento surrealista e di cui i *Cadavre exquis* sono l’esempio più noto. In essi, come è stato notato, «ci troviamo quindi di fronte a un “ordine del discorso” rigidamente precostituito, nella sua “struttura sintagmatica”, per dirla con, o secondo l’asse metonimico, per utilizzare la fondamentale distinzione di Jakobson. Gli effetti “esaltanti” dei quali parla Breton si rilevano pertanto unicamente sul piano semantico» (Spinella 1991, p. 195)¹². In questo caso il ricorso ai processi di morfogenesi, che si attua attraverso tecniche ed operatività che verranno illustrate in seguito, è preponderante e il risultato è una stratificazione di senso progressiva e multilaterale che incrementa la complessità semantica e prestazionale.

3.4. La morfogenesi come risposta all’invenzione di nuove funzioni

Ogni forma di morfogenesi è una struttura di differenze. Dove, in un ambiente omogeneo, si verificano condizioni di discontinuità, lì si ha la genesi della forma. Barthes (1972, trad. it. 1982) rilevava, a proposito dell’intera sfera delle cose cui l’uomo dà forma, che la lettura dell’oggetto si verifica a tre livelli: «antologico, quando l’oggetto, isolato da qualsiasi contesto, è presente di per sé; aneddótico, quando è

¹² Il concetto di *struttura sintagmatica* è enunciato in Chomsky (1975, p. 37) e descritto graficamente come un diagramma a forma di albero, che evidenzia la struttura logica di una frase, articolandola in sintagmi nominali e sintagmi verbali.

‘naturalizzato’ dal suo inserimento in una grande scena vivente; genetico, quando l’immagine ci mostra il percorso dalla materia bruta all’oggetto finito: l’oggetto è così individuato in tutte le sue categorie, genesi, essenza, prassi: ora è, ora è fatto, ora fa».

Se riportiamo la morfogenesi al suo livello più essenziale e più astratto, al suo grado zero di significazione troviamo il vuoto: è il *Ganzfeld* della percezione visiva. Ogni infinitesima modificazione di questo stato, a partire dall’innesco dei processi più elementari, ad esempio dalla dinamica dei fluidi (il fumo, il fuoco, i vortici d’acqua, la formazione delle nuvole e delle onde) determina l’innesco di una morfogenesi.

La morfogenesi quindi si caratterizza principalmente, nei suoi principi germinali, come movimento, e in questa direzione possono essere sviluppate le analogie con quelle arti che ne hanno utilizzato il potenziale espressivo: futurismo, arte cinetica e programmata ma anche manierismo e barocco. Le relazioni che intercorrono tra i processi di morfogenesi e i fondamenti del progetto possono essere individuate: 1) nella ricerca di quei principi logico-astrattivi dai quali scaturiscono le variazioni sperimentali; 2) nell’adozione di una chiave di lettura evolutiva che interpreti la storia degli oggetti artificiali come filogenesi, con proprie specie, propri incroci, propri ibridi; 3) nella morfologia dell’oggetto come risposta articolata all’invenzione di nuove funzioni che non scaturiscono solamente dalle esigenze emerse dal contesto sociale, ma che ne modellano, e talvolta ne anticipano, i nuovi stili di vita e i nuovi scenari d’uso.

3.4.1. La ricerca dei principi logico-astrattivi

La ricerca dei principi logico-astrattivi risiede nella messa a punto di apparati concettuali che astraendo dalle particolarità contingenti, definiscano un’ipotesi di assetto sintagmatico-paradigmatico della cosa. Il concetto di paradigma (connesso a quello di intercambiabilità), risulta essere uno degli strumenti efficaci per operare all’interno di sistemi complessi¹³. Ad esempio, quello che Simondon (1958) chiama “oggetto tecnico astratto” è un modello paradigmatico, il cui carattere

¹³ Vedi *infra* par. 4.7.

essenziale “consiste nell’essere fondato su un’organizzazione analitica, lasciando sempre la via libera a delle nuove possibilità” (opposto al carattere inessenziale dell’oggetto *su misura* prodotto nel lavoro artigiano). L’evoluzione dallo stadio astratto allo stadio concreto dell’oggetto tecnico comporta un’elaborazione all’interno dei margini di variabilità degli assi sintagma-paradigma, logicamente più semplice ma in realtà tecnicamente più complesso e in cui le variabilità di forma costituiscono valore d’informazione e di riconoscibilità. La formazione di questi principi di riconoscibilità è un fatto naturale che segue lo sviluppo spontaneo dei meccanismi della percezione dello spazio e degli oggetti; ad esempio, nel bambino si verifica fin dall’età prescolare. Accade che, sebbene mai vedute prima, strutture ambientali o oggettuali vengano riconosciute e nominate esattamente senza che vi sia stata “istruzione” sulle loro modalità di percezione in base a modelli. Riteniamo che la precoce formazione concettuale nella rappresentazione e identificazione nominale delle cose possa essere assimilata all’*eidos* dell’oggetto, idea e immagine insieme, forma e concetto. Alla forma della cosa, riconoscibile e individuabile percettivamente ancor prima che controllata dal linguaggio, viene man mano e progressivamente correlato il suo nome, articolato dapprima per monosillabi, per sillabe, per assonanze. Dopo un lungo lavoro di imitazione, affinamento e completa articolazione, il significante e il significato, diventano – per citare la metafora di Saussure –, come due facciate dello stesso foglio di carta, di modo che ritagliandone una non si può fare a meno di ritagliare anche l’altra. Ma, in questo lento cammino che conduce alla formazione concettuale delle cose e dei loro nomi (Toraldo di Francia, 1986) e, in seguito, alla loro rappresentazione grafica attraverso il disegno¹⁴, la priorità spetta al processo di percezione nella sua totalità e nella molteplicità dei sensi che essa investe, sotto l’azione guidata della visione.

Il lavoro progettuale e creativo su questo sistema formale, consentendo grande libertà di variazione di configurazioni successive – pur rimanendo tutte ugualmente riconoscibili per quella particolare classe di oggetti, perché comune è la matrice generale formale –, consente di

¹⁴ I risultati di uno studio sperimentale sul disegno dei bambini sono riportati in Arnheim (1954, pp. 142-178 trad. it. 1962; 1969, pp. 299-315 trad. it. 1974).

adottare una tassonomia degli oggetti non esaustiva e limitata ma combinatoria e illimitata.

La conoscenza delle radici, degli archetipi comportamentali dell'interazione uomo-interfaccia-azione-trasformazione, indagate allo stadio primigenio di sviluppo, cioè nel comportamento del bambino, nel suo primordiale rapporto con le cose, è un altro aspetto di interesse per lo studio della morfogenesi degli oggetti.

Il mutamento epistemico sembra mettere in crisi i tradizionali termini "razionalistici" e "cartesiani" che hanno caratterizzato le scienze cognitive, a favore di una prospettiva emergente che recuperi il valore dell'esperienza concreta, vissuta, legata al corpo e anzi riconosce nell'accoppiamento incarnato, per mezzo della percezione sensoriale e dell'azione, il tratto essenziale per l'esistenza della cognizione: «L'apice di questi anni di ricerche è stata la comprensione, tra le altre cose, che è necessario invertire l'esperto e il bambino nella scala delle performance. È ormai evidente che il più profondo e più fondamentale tipo di intelligenza è quello del bambino che acquisisce il linguaggio da espressioni disseminate nell'arco della giornata, e che delinea oggetti significativi da un mondo precedentemente indeterminato» (Varela, 1994, p. 144).

La lettura dell'ambiente che il bambino compie nei primi mesi di vita gli consente di acquisire conoscenza del proprio corpo e della funzione strumentale del suo apparato psicomotorio, della percezione degli oggetti, ancor prima che avere coscienza dello spazio. Variazioni nella configurazione spaziale degli arredi e delle suppellettili sono molto meno importanti del valore attribuito agli oggetti in sé, in quanto esistenti, in opposizione alla loro negazione, alla loro non-essenza (Toraldò di Francia, 1986). D'altra parte la possibilità di poter incidere o provocare una modificazione nell'ambiente interagendo con gli oggetti, a livello delle loro interfacce, provoca una gratificazione che è all'origine delle motivazioni dell'attività progettuale. Le condizioni in cui si verificano queste modificazioni sono, ancora una volta, punti di discontinuità, picchi di estremalità, perturbazioni di stati continui. L'osservazione della lettura degli oggetti compiuta dal bambino denota che sono proprio gli elementi morfologicamente forti, cioè quelli che maggiormente portano informazioni sul piano visuale/percettivo, che gli consentono di operare una serie di scelte che poi svilupperanno

la prensilità, la manipolazione, la prassia, armonizzate con la percezione. Questo concentrarsi su salti morfologici, sulle singolarità, si estenderà poi progressivamente e per gradi di complessità maggiore agli oggetti caratterizzati da punti, pieghe, o vivacità di colore. Percezioni sempre più complesse moltiplicheranno i dati sensoriali: un suono, una luce, un'immagine sul video, una pressione, un sapore, un movimento, un ritmo. Pulsantiere, interruttori, tastiere, comandi, sono una fonte continua di interesse e vengono letti autenticamente nella loro funzione semantica, significano la possibilità di un cambiamento di stato. L'osservazione del percorso evolutivo del rapporto che il bambino ha con la fenomenologia del mondo degli oggetti è una meravigliosa metafora, compiuta in un tempo reale, del percorso compiuto dall'umanità in milioni di anni di prove, tentativi, percezioni, azioni, sedimentate nel patrimonio genetico e nella memoria collettiva.

3.4.2. Storia degli oggetti artificiali come filogenesi

Una volta messo a punto l'oggetto tecnico astratto, e la sua struttura logico-analitica per mezzo del sistema sintagma-paradigma, è possibile leggere gran parte della storia degli oggetti come percorsi di uno stesso paesaggio epigenetico in cui le sequenze di soluzioni collegate a uno stesso problema (Kubler, 1972) risultano come dei creodi in una stessa falda (Waddington, 1977). Oppure quando, attraverso incroci, chiasmi, piegature, catastrofi, passaggi di crinale, che comportano una riorganizzazione del sistema, si giunge ad ulteriori punti di morfogenesi, a momenti di contaminazione e trasversalità. Sono i punti in cui nell'oggetto, ad esempio, da una specializzazione funzionale articolata in blocchi distinti, si passa ad un'integrazione compatta di più funzioni originariamente separate. Numerosi esempi di questi punti di morfogenesi si hanno nella storia del disegno industriale dell'ultimo secolo e in maniera crescente in corrispondenza di cambiamenti paradigmatici delle condizioni tecnologiche. E in questo senso il discorso si ricollega al rapporto forma-funzione-utente in cui, per il disegnatore industriale, come fa osservare Bonsiepe, il progetto

è la generazione di realtà che non esistevano prima. Ma la novità, l'innovazione, non sono sufficienti. È necessario sottolinearlo in questi tempi in cui sembra dominare la "furia dell'innovazione". In una accezione più ampia di disegno industriale, le innovazioni devono essere attuate nella prospettiva di prendersi cura delle necessità degli uomini. (...) Le funzioni non sono predeterminate. Esse sono anzitutto distinzioni linguistiche e, in quanto linguistiche, sono inventate. Un disegnatore industriale non soddisfa funzioni di alcun tipo: materiali, biologiche, economiche, psicologiche o qualsivoglia. Un disegnatore industriale inventa funzioni osservando le necessità degli uomini che vivono sempre in uno spazio socialmente e storicamente contingente. Vorrei suggerire di considerare uno schema di disegno industriale fondamentale, o ontologico, basato su quattro aree. Chiamo questo schema "ontologico" perché esso è alla base di ogni relazione umana con utensili, sempre e ovunque. Primo, c'è un utente che cerca di raggiungere uno scopo, se possibile efficacemente. Secondo, c'è uno scopo da raggiungere utilizzando un utensile. Terzo, c'è un utensile con cui raggiungere uno scopo. Quarto, è necessario abbinare strutturalmente il corpo umano all'utensile. (Bonsiepe, 1993, pp. 11-12).

A quest'ultimo processo, quello di 'accoppiamento strutturale', Maturana e Varela (1980) hanno dato il nome di *autopoiesi*¹⁵.

E ancora, sul rapporto tra bisogni e oggetti, Simondon: «I bisogni si adattano all'oggetto tecnico industriale, che acquisisce così il potere di modellare una civiltà. È l'utilizzazione che diviene un insieme tagliato sulla misura dell'oggetto tecnico» (Simondon 1969, p. 24).

E in questo senso il paragone organico è perfettamente appropriato: è la forma della mano¹⁶ che "suggerisce" lo svolgersi di una particolare modalità nella prensione; è la simmetria bilaterale, con le assialità anteroposteriore e sagittale, che condiziona le modalità di interfacciamento col mondo esterno, così la nuova forma di un oggetto, mai esistito prima, ne condiziona la fruibilità modellandone l'utilizzo e creando, come ricaduta, nuovi bisogni. Esempi evidenti in tal senso si possono rintracciare nell'altissimo numero di invenzioni di oggetti tecnici che hanno rivoluzionato i modi di vita a partire dalla metà del XIX secolo e che tuttora inducono nuovi comportamenti. Per citarne solo alcuni: la macchina a vapore, il motore a combustione interna, il telefono, il fonografo, l'apparecchio radiofonico, la lampada elettrica, la camera fotografica, l'ascensore, la motocicletta, l'automobile e, più

¹⁵ Cfr. anche Maturana e Varela (1984).

¹⁶ Per un saggio sulla mano come strumento di creazione, nonché organo di conoscenza sensoriale, percettiva e il rapporto tra la mano, l'utensile, ecc. con riferimenti specifici anche al mondo dell'arte, vedasi Focillon (1943, trad. it. 1990).

recentemente, il televisore, il walkman, il computer, il facsimile, il telefonino, le unità multimediali e molti altri dispositivi elettronici, che, in virtù della miniaturizzazione dei componenti, hanno prodotto a loro volta nuovi oggetti, risultati dalle loro integrazioni e accorpamenti, oggetti del tutto originali o con specifici richiami di parentela a forme più note. Fatto del tutto nuovo, la progressiva eliminazione del fattore dimensionale, come vincolo progettuale conseguentemente alla crescente dematerializzazione delle componenti tecnologiche, ha comportato una nuova attenzione alla determinazione dei caratteri morfologici degli artefatti. Ma non solo, si è sviluppata un'acuita attenzione progettuale per la corporeità, nella sua totalità psicologica, come coinvolgimento diretto del corpo e delle capacità sensoriali, motorie, cinesetiche (Capucci, 1994). A molte soluzioni a problemi di forma sono stati affidati nomi presi in prestito dalla nomenclatura biologica: le superfici hanno una “pelle”, i cruscotti hanno “palpebre”, le lampade hanno “stelo”, ecc.

3.4.3. Anticipazione di tendenze e scenari

La configurazione generale dei prodotti assume dei caratteri morfologici comuni, per un determinato periodo e per determinate classi di prodotti/servizi. Questa configurazione, spesso non determinata da ragioni insite nella struttura dell'apparato tecnologico e materiale, viene riconosciuta come facente parte di una *koinè* più generale che investe prodotti tipologicamente anche molto distanti. Oltre a considerare l'autonomia che le determinazioni morfologiche possiedono rispetto a presunte cause o forze che dovrebbero averle generate e che quindi affidano al campo morfogenetico un margine piuttosto ampio di operabilità progettuale, è possibile ricondurre questo sistema di scelte, se rapportato all'osservazione del mercato reale, a quello che nei vari settori merceologici è chiamato *tendenza*.

Prendiamo ad esempio il *fashion design*. Si sa che le tendenze, intese come linguaggi comuni che attingono a uno stesso vocabolario di scelte di tessuti, colori, disegni e alla stessa sintassi figurativa di tagli, proporzioni, modelli in funzione di determinati stili di vita, vengono formulate all'interno di un processo di decisioni creative che coinvolge ampie aree di mercato, talvolta con anni di anticipo rispetto al

lancio in produzione. Le scelte effettuate a monte dagli uffici stilistici ricadono in breve tempo sulla distribuzione e sul progetto più capillare. Ciò fino a quando, con un nuovo salto di continuità, non si introducono nuovi stilemi, una nuova *koinè*. L'obiettivo primario di ogni tendenza è quello di ottenere la massima varietà possibile a fronte di una produzione serializzata. La ripetibilità deve garantire l'individualità di ogni singolo capo, tessuto, accessorio, pur mantenendo la riconoscibilità all'interno di una *griffe* e rispettando i valori identitari del *brand*. Nel disegno artistico per tessuti a stampa – fino all'avvento delle tecnologie di stampa *ink-jet* – con l'operazione della variantatura, si sviluppavano tutte le tecniche compositive per utilizzare il minor numero di quadri da stampa serigrafici in fotoincisione e ottenere il più alto numero di varianti di colore, mantenendo la riconoscibilità del motivo disegnato. Ad esempio, le nuove tecnologie a stampa digitale hanno modificato profondamente la filiera produttiva con ripercussioni sulle figure professionali coinvolte – ad esempio facendo scomparire i tradizionali fotoincisori dei quadri da stampa e i lucidisti, rimpiazzati da esperti di CAD o di informatica grafica. D'altro canto si è assistito, per contro, ad un aumento della domanda di specialisti di *trendsetting*, cioè di quelle nuove figure professionali deputate alla scenaristica e alla creazione di nuove tendenze, motivata dalla richiesta continua, da parte dell'industria nei vari settori merceologici del sistema moda (tessile, abbigliamento, calzaturiero) e del sistema arredo (mobile e complemento d'arredo) di sistemi formali di codificazione di contenuti meta-progettuali capaci di dare indirizzi strategici nelle fasi istruttorie del progetto di nuovi prodotti. Questi apparati di *reference* (forme, colori, superfici, materiali), supportati da adeguati strumenti comunicativi (*mood-board*, *trend-book*, *cahier de tendance*, ecc.) vengono utilizzati successivamente da altri creativi e uffici stile per lo sviluppo di nuovi prodotti e collezioni, supportando, con strumenti di comunicazione dedicati (materici o digitali), tutto il ciclo creativo, dall'ispirazione alla creazione, dall'analisi delle macro-tendenze socio-culturali fino alla definizione delle tendenze stagionali.

Le tendenze, in archi temporali più o meno lunghi, riflettono oscillazioni del gusto tali da far emergere macro-tendenze collegate agli stereotipi, ai materiali, agli stili di vita, alle attese del pubblico, con l'adozione di configurazioni formali che si sviluppano con una sintassi coerente. Le opposizioni sintattiche possono comprendere: forme

astratto-geometriche in opposizione a forme sinuose-ondegianti, ricorso a scomposizione-evidenziazione di elementi, piuttosto che integrazione-accorpamento, riferimenti ad un immaginario simbolico rassicurante ripiegato sulla tradizione e la storia oppure ad uno futuribile e aperto verso l'utopia, ecc.

Spesso articolati in coppie binarie di valori, in modo da costituire mappe mentali di organizzazione analitica e di lettura dell'esistente e di prefigurazione degli scenari futuri, anche tenendo conto di attività di *benchmarking* finalizzate al posizionamento dei *brand* aziendali, questi strumenti sono costantemente usati dai progettisti.

Le implicazioni morfogenetiche, l'intercambiabilità delle matrici formali, la creazione di scenari possibili alternativi, la verifica operativa e le potenzialità predittive di paradigmi di organizzazione delle logiche di progetto, potenziati dalla comunicazione digitale e dal trattamento dei dati, sono alcuni degli affinati apparati concettuali e strumentali di cui i progettisti possono disporre.

3.4.4. Rapporti tra arte, industria, artigianato

Abbiamo visto come lo studio delle nuove forme e strutture non debba rimanere scollegato dalla realtà ultima dei loro utilizzatori, la dimensione pragmatica e semantica, anche se privilegiamo, nel nostro studio, il ruolo assunto dalla dimensione sintattica. Ecco quindi che il dibattito sul recupero delle identità locali all'interno di sistemi di comunicazione della cultura globali, riportano la cultura del progetto a riflettere, assieme ai nuovi, anche sugli antichi problemi dei rapporti tra arte, design, artigianato. Se il rafforzamento del piano culturale dell'agire progettuale viene operato da una parte con i nuovi orizzonti della comunicazione e dello scambio, è certo che la memoria e la perpetuazione della trasmissione di cultura, si attua anche attraverso il recupero e la salvaguardia di un patrimonio di conoscenze e operatività legate alle culture particolari.

Negli anni Venti del XX secolo, un feroce dibattito opponeva i sostenitori di un'arte applicata all'oggetto industriale a quelli che, come Ozenfant e Le Corbusier nell'ambito del purismo, sostenevano la necessità di *object-type* per rispondere a *bisoigne-type* sviluppando la tematica della razionalizzazione e della standardizzazione (Le Corbusier

1925, trad. it. 1972). Attualmente, alla luce di una generale consapevolezza della caduta di universalizzazione delle risposte ai bisogni soggettivi, si può trovare una via di sperimentazione che, sfruttando modalità operative proprie dell'industria, quali ripetitività, economicità, grossi investimenti in tecnologie e macchinari, raccoglie le differenze legate agli usi e alle pratiche sociali locali, sia coerente con le qualità estetico-formali del luogo di origine e dei materiali impiegati, sia sostenibile rispetto all'ambiente specifico, sia congruente con l'organizzazione delle sue forme di vita sociale. Il convegno tenutosi alla Triennale di Milano *Fatto ad arte. Arti decorative e Artigianato: analisi e proposte*, 9-10-11 febbraio 1995, ha evidenziato tanto l'attualità quanto le difficoltà di un tale progetto culturale, consistenti soprattutto nei pericoli di un'imposizione dall'alto (cioè da parte della cultura dei disegnatori industriali) di modelli o repertori formali mutuati, senza una adeguata maturazione, dai contesti locali e pertanto sentiti come non autentici dai realizzatori (gli artigiani). Per contro, la produzione industriale – apparentemente neutra e disposta ad impegnare indifferentemente le proprie risorse sia alla perpetuazione di vetusti moduli stilistici sia all'innovazione – costituisce un'opportunità per far confluire al suo interno sia le esperienze dell'esecutore-artigiano, quanto la cultura del progetto tipica dei disegnatori industriali. I criteri di successo di una simile operazione possono essere misurati soltanto nella corrispondenza tra aspettative riposte nell'utente e l'offerta in forma di prodotto.

3.5. Coscienza della storia, invenzione linguistica e varietà

L'organicismo americano di Sullivan e Wright forse per la prima volta esprimeva il desiderio del progettista non soltanto di applicare i principi della crescita e dello sviluppo alle forme architettoniche nel loro svolgersi nel tempo, ma anche di voler vedere 'crescere' il proprio progetto sul tavolo da disegno, quasi come fosse dotato di un intrinseco principio vitale. L'intendere il progetto come un seme capace di germogliare in un ambiente adatto e svilupparsi di volta in volta mantenendo la sua riconoscibilità, pur adeguandosi alle circostanze contingenti, in uno stacco e al di fuori del controllo dell'azione diretta del fautore originario, riflette una tensione a far sì che l'oggetto del nostro lavoro possa, una volta lasciato al suo destino continuare a proliferare

con apporti esterni. Tendiamo ad attribuire valore a quei nostri lavori rivestiti dalla ‘patina del tempo’ o dall’azione degli agenti atmosferici (azioni non controllate dal progettista) o che subiscono le addizioni di altri corpi o complementi o quelle che, definite solo nelle parti strutturali, sono poi aperte al completamento partecipativo e individualizzato da parte degli utenti. Pensiamo al piano di Algeri di Le Corbusier, il progetto per il Tiergarten a Berlino di Frei Otto, alla Torre pluralista di Gaetano Pesce a New York, i quali rientrano in questo desiderio di fondo di partecipare alla crescita e allo sviluppo di un’opera collettiva. Sotto la filigrana del paradigma della *Maison Domino* appare riannodarsi la contrapposizione/cooperazione tra progettisti colti e costruttori *bricoleur* alla Robinson di Defoe.

La basilica di S. Lorenzo a Milano è un’opera emblematica di questa costruzione ‘corale’ per apporti, aggiustamenti, addizioni, accostamenti successivi operate nel tempo da diversi architetti, diversi artisti. In generale questo processo risulta essere la regola della costruzione dello spazio e degli elementi dello spazio collettivo della città. Ma se a Milano il risultato non era stato certo previsto da parte degli originari costruttori e il complesso absidale risente di una crescita dall’interno piuttosto che da un controllo intenzionale dall’esterno, nel S. Basilio di Mosca la composizione e aggregazione delle cappelle diventa intenzionale e simula una costruzione casuale. Oppure ancora: il Club Rusakov di Mel’nikov nella sua concezione compositiva fortemente innovativa per quanto riguarda il linguaggio formale, ad un’analisi attenta rivela di essere fondata su principi compositivi che si riallacciano alla tradizione dei santuari cristiani ortodossi, ripetendone la collocazione dei corpi scala, del basamento, dell’articolazione dei corpi in elevazione, nella tripartizione di elementi aggettanti ecc. Si può dire che nel S. Lorenzo si è proceduto ad una strutturazione progressiva e diacronica dell’asse sintagmatico; invece nel Club Rusakov l’asse sintagmatico è lo stesso che troviamo nella tradizione compositiva dei santuari, e il processo creativo si è sviluppato sull’intercambiabilità operata sull’asse paradigmatico. Ora, è indubbio che l’adozione di un modello concettuale e operativo sotto forma di assi sintagmatico e paradigmatico costitutivi di una opera testuale, artistica, architettonica od oggettuale si rivela di grande utilità come strumento critico di indagine, di progetto e di controllo delle logiche progettuali e anche in una prospettiva di crescita dinamica. L’effetto di ‘patina del tempo’,

ora è suscettibile, a mezzo delle tecnologie informatiche, di controllo da parte del progettista e la simulazione delle dinamiche evolutive del progetto, inserito in un contesto e in uno scenario determinato e posto in *risonanza* con i molteplici sistemi formali in esso presenti, può essere modellizzato e, in una certa misura previsto (Soddu, 1989).

Abbiamo visto come la nozione di *oggettile* sia caratterizzata dalla variazione continua dei parametri che ne modellano la forma e che quindi in questo caso la produzione seriale si arricchirebbe delle qualità singolari dell'*unicum* artistico. In realtà questo potrebbe essere solo l'inizio del processo, in quanto pensato, sviluppato e concluso da un singolo progettista. Le procedure logiche potrebbero anche "passare di mano" ed essere oggetto dell'intervento di altri operatori, altri progettisti, altri artisti, in modo che l'opera raggiunga una sorta di corralità nella quale ciascuno riconosca il proprio contributo all'interno di un disegno più generale, a sua volta anch'esso riconoscibile. È quello che succede nel co-design o nella progettazione collaborativa. Il sistema di progettazione infine con la messa a punto di modelli operativi potrebbe essere aperto e adattivo, capace di apprendere dalla fase di collaudo reale e di tenere conto della sua "ricezione" sul campo.

3.6. Tempo del progetto e durabilità

Osservando documenti iconografici o audiovisivi di qualche decennio fa si può constatare un carattere di riconoscibilità che permea quasi tutte le forme visive e linguistiche, includendo in parte la scrittura, il cui "silenzio" ha tempi di permanenza molto più stabilizzati. Questa riconoscibilità – che subito ci fa dire: questa è una foto degli anni Settanta, questa è una pubblicità del *Carosello* – è dovuta in maniera essenziale, quando non al *medium* utilizzato – qualità o risoluzione fotografica, filmato in bianco e nero –, alla presenza degli oggetti. Gli oggetti definiscono le qualità ambientali dello spazio abitato, e ci consentono di operare, con buona approssimazione, una lettura cronologica, in una parola di definire la collocazione temporale dell'immagine. Se questo fatto è reso agevole per materiali documentari di trenta, vent'anni fa, l'operazione risulta sempre più difficoltosa man mano che ci si avvicina al presente. Non è da ritenere sia da imputarsi sol-

tanto ad una naturale obsolescenza degli oggetti; attualmente continuiamo a utilizzare oggetti concepiti, progettati, prodotti quarant'anni fa o più (gli oggetti del cosiddetto *design anonimo*). Ma prendiamo ad esempio la città. La sua costruzione è ancorata precisamente nello spazio-tempo usuale; se ne può dare una descrizione puramente legata a fattori fisici, geografici, oppure letta attraverso una molteplicità di dimensioni, che ne costituiranno una rappresentazione complessa come sistema urbano. Le configurazioni date sono, pur nelle dinamiche di formazione ed evoluzione, pur sempre radicate in un contesto determinato e dimensionalmente circoscrivibile. Ma nel sistema degli oggetti, proprio per la natura di "isolatezza" che ne definisce lo statuto ontologico, non abbiamo un'equivalente determinazione (a meno che gli oggetti di *design* non siano solidamente ancorati al suolo, in tal caso fanno parte del "paesaggio urbano") ed è questa caratteristica che principalmente li differenzia dall'architettura e che richiede pertanto un *distinguo* nell'identificazione tra architettura e design, per le diverse problematiche e le diverse metodologie che esse comportano. Riguardo alle affinità e differenze tra architettura e disegno industriale Bonsiepe sostiene:

Secondo un'opinione diffusa soprattutto tra alcuni architetti, architettura e disegno industriale sarebbero più o meno la stessa cosa. Ci si può opporre a questa idea sottolineando la differenza categoriale che intercorre tra architettura e disegno industriale. Infatti l'architettura affronta l'organizzazione dello spazio, mentre il disegno industriale si concentra sull'organizzazione di funzioni di oggetti. L'architettura si occupa dell'habitat, il disegno industriale dei prodotti di questo habitat. Queste sono differenze di prospettiva non solo di scala. (Bonsiepe, 1995, p. 149).

Va aggiunto che proprio da questa differenza è scaturita come conseguenza la diversa applicazione del concetto di durata di un'opera o oggetto nel tempo, lunghissima per l'architettura, breve per l'oggetto. Ma allora come situare il sistema degli oggetti – al fine di leggerne le modalità morfogenetiche in un contesto – se essi sono totalmente liberi di occupare infinite regioni dello spazio-tempo, se gli scambi commerciali e le potenzialità di distribuzione ne consentono la diffusione capillare e indifferenziata? L'essere senza radici fisiche e l'omologazione massiccia sono ancora un valore da perseguire, con tutte le con-

seguenze di “estinzioni di specie” di oggetti espressione di culture deboli in grado cioè di non avere gli strumenti sistematici per la diffusione altrettanto massiva, dei prodotti delle loro identità culturale. Alcuni hanno avanzato l’ipotesi che il recupero di un design “etnico”, che attingesse al contesto materiale e culturale di un ambito territoriale e geografico, potesse rispondere a questa richiesta di riconoscimento di identità all’interno di un sistema complesso di differenze. Che questo potesse essere un modo per radicare gli oggetti in una loro *physis* naturale, quasi come se fosse possibile ricostruirne, al pari delle specie biologiche, un *climax*. In effetti, seguendo l’analogia biologica, nonostante l’appartenenza ad uno stesso genere, moltissime specie hanno areali di diffusione con collocazione geografica ben distinta, e quantanche la specie sia la stessa, come nella *Xenophora*, il processo di morfogenesi è il risultato della raccolta e inglobamento, secondo principi organizzativi rigorosi, di materie prime (carcasse, gusci, madre-pore) trovate sul luogo.

Più sopra abbiamo parlato del concetto di durata, applicandolo alla differenza che a prima vista appare sostanziale tra i prodotti dell’architettura e del disegno industriale. Ma ora, tentando di delineare un approccio alla progettazione che miri ad attribuire qualità a un oggetto al possedere di alcuni tratti sostanziali, potremmo cominciare a sintetizzarne ed elencarne i caratteri:

- l’essere complesso, che comporta molteplicità e autonomia;
- a loro volta queste caratteristiche comportano non-obsolescenza e possibilità di infinite trasformazioni e interpretazioni;
- a loro volta queste comportano la durata;
- queste attribuzioni di significato non sono determinate soltanto dal ‘processo’ di produzione dell’opera in sé stesso ma dalla ‘ricezione’ che l’opera innesca quando di volta in volta è inserita in un contesto;
- il progetto di queste caratteristiche nel loro insieme costituisce la capacità di rispondere dell’oggetto sincronicamente e in anticipo all’imprevedibilità e alla variabilità delle richieste successive che si dispiegheranno nello svolgersi diacronico della sua permanenza negli scenari della sua ricezione.

Ognuna di queste caratteristiche in una certa misura implica anche le altre; ciascuna di esse concettualmente può collegarsi con le altre;

esse non sono indicate in ordine gerarchico consequenziale né strettamente induttivo né deduttivo, ma piuttosto abduittivo, nel senso di Peirce. Diciamo che di esse si verifica una compresenza per l'oggetto del nostro studio.

Ad esempio ecco come, nelle parole di Valéry, citato da Gombrich (1991, p. 59 trad. it. 1994), i concetti di durata, autonomia, ricezione, siano implicati nella qualità dell'opera, che vive indipendentemente dal suo creatore nella varietà delle sue possibili interpretazioni: «Un'opera dura solo se riesce ad apparire diversa da come il suo autore l'ha fatta. Dura per essere trasformata, dunque solo se ha in sé la possibilità di infinite trasformazioni e interpretazioni; altrimenti deve possedere una qualità indipendente dall'autore, determinata non da lui ma dal periodo o dalla nazione in cui vive, una qualità che acquista valore allorché periodo o nazione cambiano».

Sul concetto di durata degli artefatti, «così duraturi che la loro esistenza precede quella di qualsiasi creatura che vive oggi sulla terra e così indistruttibili da lasciar prevedere, per quanto ne sappiamo, una durata quasi infinita», Kubler, distingueva due varietà categoriche a caratterizzare il ritmo del mutamento: un divenire lento e un divenire veloce. Ma la descrizione del fluire temporale in rapporto agli artefatti più originale è quella di spazio fibrato: «Noi immaginiamo (...) il corso del tempo come una formazione di fasci fibrosi, dove ogni fibra corrisponde a un bisogno di un particolare teatro d'azione e la lunghezza delle fibre varia secondo la durata di ogni bisogno e la soluzione data ai suoi problemi. I fasci culturali si compongono perciò di fibre di avvenimenti di variegata lunghezza: la maggior parte di queste fibre sono lunghe, ma ce ne sono di molto corte. Esse sono giustapposte quasi sempre dal caso, raramente da scelta cosciente o da pianificazione rigorosa» (Kubler, 1972, p. 144 trad. it. 1976).

Questa visione spaziale della dinamica temporale prelude alla concezione attuale di ambiente culturale ad elevata complessità strutturale e funzionale ed è assimilabile alla ricerca che Deleuze e Guattari stavano compiendo in filosofia negli anni Settanta, lavorando sul concetto di *rizoma*, modello di un comportamento mentale asistemico e non totalizzante, che si definisce mediante linee di segmentazione, di stratificazione, di frammentazione, di convergenza e di fuga tra piani di molteplicità.

Noi chiamiamo piano qualsiasi molteplicità collegabile ad altre mediante steli sotterranei superficiali, in modo da formare ed estendere un rizoma. Scriviamo questo libro come un rizoma. L'abbiamo composto di piani. Gli abbiamo dato una forma circolare, ma è stato per scherzo. Ogni mattino ci alzavamo e ciascuno di noi si domandava che piano avrebbe preso, scrivendo cinque righe qui, dieci altrove. Abbiamo avuto esperienze allucinatorie, abbiamo visto delle righe, simili a tante colonne di formichine, lasciare un piano per andare su un altro. Abbiamo fatto cerchi di convergenza. Ogni piano può essere letto in un punto qualsiasi, e messo in rapporto con qualsiasi altro. Per il multiplo, occorre un metodo che lo riproduca veramente; nessuna astuzia tipografica, nessuna abilità lessicale, miscuglio o creazione di parole, nessuna audacia sintattica possono sostituirlo. (Deleuze e Guattari, 1976, trad. it. 1977).

L'atto progettuale si esplica attraverso il tempo. Ecco come Formaggio ha visto la collaborazione della possibilità progettuale, quindi dell'arte nella sua logica caratterizzante, col tempo, come fattore precipuo di caratterizzazione del progetto in divenire:

Progettuale: cioè capace di gettare avanti nel tempo e collaborando col tempo uno schema di perfezionamento di cosa e di senso a partire dal mezzo del reale, sopra il reale. Un disegno di trasformazione e metamorfosi che si fissa per un momento di significato sul fiume del divenire, dove non puoi immergere due volte la mano nella stessa acqua, perché la legge dell'esplicazione dei significati è che ciò che si esplica si esplica una volta per tutte. (Formaggio, 1973, p. 78).

Abbiamo visto finora, in questo approccio transdisciplinare alla genesi della forma come dalla complessità del contesto si passi al progetto della complessità. La qualità di un progetto non deve essere riposta soltanto nella correttezza metodologica del processo ma nelle capacità generative che l'oggetto progettato, una volta inserito nel sistema sociale, è capace di promuovere nel sistema di relazioni e di risonanze che innesca; la qualità come capacità di innescare delle 'permanenze'; la morfogenesi del prodotto come induttore di processi di morfogenesi nel tessuto linguistico-comunicativo di fronte al quale si propone nella sua "astanza". L'oggetto ora esiste e prima non c'era e in forza di questa presenza, quanto più l'oggetto sarà capace di essere autonomamente "germe di catastrofe nello spettatore" e sarà capace di essere veicolo di molteplicità, tanto più elevata sarà la sua qualità e la sua "permanenza" nell'ambiente culturale.

Quindi il problema dell'approccio alla complessità, a nostro avviso *non* può essere risolto: 1) ricorrendo al perfezionamento delle procedure metodologiche – la via cibernetica, sistemica, della razionalità limitata – perché in questo modo si cercherebbe solo di *ridurre* la complessità, affrontandola come qualcosa da scomporre, analizzare, semplificare; 2) ricorrendo all'analogia biologica – la via evoluzionistica, deterministica, del “progetto” nelle specie naturali – perché in questo modo non si ricomprenderebbero i caratteri della creazione del nuovo, della ricchezza e della molteplicità di contenuti simbolici, metaforici, transempirici, comunicazionali che risiedono nella unicità dell'esperienza conviviale e dialogica della natura umana e di cui gli oggetti sono fondazione strumentale.

Siamo consapevoli della finitezza della conoscenza umana che siamo, di norma, capaci di esperire, anche se le nostre capacità di accumulazione del sapere si sono enormemente incrementate per mezzo delle macchine. Ma la quantità di informazione non basta, da sola, perché si produca morfogenesi.

4. *Tecniche di operatività progettuale*

4.1. **Nuovi materiali, nuove tecnologie, nuova formatività dell'oggetto**

Qual è il destino della forma nel contesto delle nuove tecnologie? L'impiego di nuovi materiali artificiali e sintetici, l'utilizzo di nuove tecnologie produttive, l'adozione di procedure informatiche di progettazione quali ricadute hanno sulla concezione della genesi della forma dei nuovi prodotti?

La motivazione delle scelte di campo operate, relativa alla configurazione formale degli oggetti, viene suffragata dal rapporto con le possibilità espresse dalle nuove realtà produttive, dalla tecnologia e segnatamente dai nuovi materiali.

Infatti, i nuovi materiali e la scienza dei materiali, conferendo nuove proprietà agli artefatti, che scardinano i consueti parametri di progetto ed anche i tradizionali mezzi e tecniche di progettazione, obbligano a rifondare o quantomeno a riflettere sulle modalità di formazione delle cose.

Pensiamo in particolare alle conoscenze acquisite intorno ai materiali a memoria di forma, al composito X, ai fluidi elettroreologici, ai gel intelligenti e, con riguardo alle tecniche di prototipazione rapida, alla stereolitografia. Il passaggio da tecnologie *hard* (oggetti "pesanti" con un alto grado di inerzia formale e di invarianza della loro configurazione) a tecnologie *soft* (oggetti "transmorfici", che assorbono al loro interno le dinamiche di trasformazione) può aprire prospettive di studio pertinenti al campo morfogenetico. Se poi consideriamo le pos-

sibilità produttive offerte dalla *advanced manufacturing*, dalla robotica e dalle macchine a controllo numerico, dalla riconversione produttiva dalla catena di montaggio ai robot, attraverso cui la variazione dell'oggetto in produzione, la sua diversificazione, si traduce in una riprogrammazione della macchina a controllo numerico, risulta evidente la pertinenza di uno studio sulle dinamiche di trasformazione delle forme e sull'affinamento degli strumenti di rappresentazione e di controllo dell'idea progettuale.

Nell'oggetto industriale il progetto di specie esprime tutte le proprie potenzialità, dato che progettare il disequilibrio, la dinamica evolutiva, significa ritrovare negli oggetti generati il senso delle forme irripetibili e sorprendenti della natura... Il risultato è la *riscoperta dell'unicum*, come individualità all'interno di una specie, che ripropone nell'oggetto industriale l'*aura* di oggetto artistico unico (o di oggetto naturale irripetibile) che era stata negata dalla riproduzione tecnica di multipli. La generazione di *unicum* diventa normale anche nella produzione industriale, come lo è stata per secoli nella produzione artistica. Quello che oggi è ancora la norma, la serie di oggetti tutti identici, diviene un'eccezione dovuta al congelamento artificioso di un momento evolutivo. (Soddu e Colabella, 1992, pp. 93-94).

Se il concetto di stabilità strutturale per molto tempo ha potuto essere applicato agevolmente al sistema degli oggetti, come sottoposti a sollecitazioni ambientali e perturbazioni di agenti esterni, mantenendo la loro stabilità formale e funzionale, ora si affaccia una nuova interpretazione dell'oggetto che, per quanto possa apparire innovativa, si riallaccia a tutta la tradizione del pensiero filosofico occidentale che fa capo a Leibniz e alla cultura barocca: l'*oggettile*. Con questo termine Deleuze riporta l'attenzione sul concetto di piega come variazione infinita che tende a privilegiare la nozione di funzione matematica cambiando anche la nozione di oggetto. Si sviluppa, come problema del contrario delle tangenti, l'idea di famiglie di curve tangenti in un'infinità di punti a un'infinità di curve.

L'oggetto non si definisce più con una forma essenziale, ma raggiunge una funzionalità pura, nel declinare una famiglia di curve individuate da parametri, inseparabile da una serie di declinazioni possibili o da una superficie a curvatura variabile, descritta proprio dall'oggetto. Chiamiamo «oggettile» (*objectile*) questo nuovo oggetto. Come dimostra Bernard Cache, è una concezione molto moderna dell'oggetto tecnologico: non rimanda neppure ai primordi dell'era industriale quando l'idea dello standard manteneva ancora un semblante d'essenza e imponeva una legge di costanza («l'oggetto prodotto dalle masse e per le masse»). Essa

ci riporta, invece, alla nostra situazione attuale, quando la fluttuazione della norma subentra al permanere di una legge, quando l'oggetto di inserisce in un continuum per variazione, quando la scienza della produzione o la macchina a controllo numerico si sostituiscono allo stampaggio. Il nuovo statuto dell'oggetto non lo ricollega a un modello spaziale, cioè a un rapporto forma-materia, ma a una modulazione temporale che implica una messa in variazione continua della materia come uno sviluppo continuo della forma. (Deleuze, 1988, p. 28 trad. it. 1990).

E, più oltre, citando Simondon, ripropone la distinzione tra *modulazione*, nella quale «non esiste mai una sosta per la sformatura, perché la circolazione del supporto d'energia equivale ad una sformatura continua; un modulatore è un modello temporale continuo» e *modellazione*, per cui «modellare equivale a modulare in modo definitivo», mentre «modulare equivale a modellare in modo continuo e perennemente variabile» (Simondon, 1986, pp. 41-42). Questo concetto di variazione o di continuazione di un dato tipo di mutamento è riscontrabile nel carattere omeoretico (da *omeoresi*, termine greco che indica la conservazione del flusso, in opposizione ad *omeostasi*, dai vocaboli greci che significano “stesso” e “stato”) dei *paesaggi epigenetici* così come sono stati definiti da Waddington. Sono superfici di attrazione, sistemi in cui i cammini delle trasformazioni sono canalizzati ed in cui ogni percorso obbligato prende il nome di *creodo* (Waddington, 1977, pp. 100-119).

4.2. Il metodo sperimentale nella ricerca progettuale

Il controllo dei repertori formali, della consapevolezza dei processi di morfogenesi, della possibilità di creare delle strutture di forme soggiacenti strutture, acquisendo una capacità di lettura dei percorsi di sequenze formali storicamente determinati per interpretare le reti di interazioni e i rimandi nel quadro attuale della struttura dei saperi e della cultura, viene svolto adottando un metodo d'indagine proprio della ricerca scientifica: il metodo *sperimentale*. Il metodo sperimentale è articolato in tre momenti: osservazione e descrizione, sperimentazione, costruzione di modelli.

L'osservazione e la descrizione costituiscono la forma più elementare di ricerca, che si articola su tre livelli: l'osservazione pura e semplice, l'osservazione comparativa, l'osservazione dei fenomeni evolu-

tivi. In morfologia l'osservazione assume la massima importanza anche perché può servire come metodo di classificazione, per aumentare le conoscenze di repertori formali in generale, ma anche per scoprire rapporti o influenze reciproche tra forme, analogie, metafore, similarità, contiguità, omologie.

La sperimentazione si distingue dall'osservazione in quanto consiste in un intervento ragionato che permette un'analisi dei risultati e delle variabili rispetto a possibili ipotesi di assetto, rispetto alle scelte e ai valori forniti dall'esperienza. Essa fornisce una conoscenza approfondita del sistema dinamico complesso in quanto, modificandone o eliminandone alcuni fattori, permette di registrare nuove esperienze e sfruttarne i risultati per nuovi cicli evolutivi. Questi risultati possono essere connessi sia con l'assiomaticità delle categorizzazioni iniziali, che con le possibilità operative offerte dall'operabilità sui margini di aleatorietà del piano paradigmatico.

La costruzione di modelli, a differenza dei metodi precedenti, non lavora direttamente sull'oggetto della ricerca, ma parte da concatenazioni concettuali astratte isolate dal contesto dell'azione progettuale. Un modello può essere analogico, nel qual caso spiega in che modo un sistema si è verificato; oppure può essere predittivo, nel qual caso spiega quale sarà la sua possibile evoluzione dovuta all'incremento della sua complessità. Dato che la complessità del sistema progettuale risulta dalla molteplicità di correlazioni che esistono tra gli elementi e dalle intersezioni tra campi tematici, e poiché il modello tiene conto solo di alcune di queste correlazioni, caratteristica essenziale del processo, dato che ci occupiamo di fenomeni in trasformazione ed evoluzione, sarà la trasversalità. Altre caratteristiche del sistema dinamico sono la retroazione e l'adattività: dalla ricorsività del processo dovremo essere in grado di apprendere e produrre nuove conoscenze. «*Se il progettare è lavorare comunque su ciò che si trasforma* (le esigenze, la città stessa, la storia), gli strumenti che è opportuno utilizzare per operare progettualmente devono essere in grado di rappresentare, disegnare e controllare questa dinamica evolutiva. Ed è questa la grande sfida contemporanea» (Soddu e Colabella, 1992, p. 184).

Il modello adottato – sia esso un paradigma, un diagramma, un grafo, una rete, un rizoma – può esprimere la struttura logica organizzativa di un oggetto (un testo letterario, un brano musicale, un'immagine audiovisiva, filmica o artistica, un edificio, un'architettura, un

prodotto industriale) nella sua registrazione statica, ma anche rappresentare la procedura logica della sua evoluzione come processo di morfogenesi, trasponendo le diverse strutture organizzative da un campo o ambito disciplinare ad un altro. Lo slittamento da un paradigma all'altro (ad esempio tra la struttura di narrazione di un romanzo e la composizione degli elementi di un'architettura, o tra la struttura logica di un teorema, la simmetria di una fuga e il rispecchiamento in un disegno artistico), le ricadute di senso e di forme da un paradigma ad un altro, incrementano la complessità del progetto, la stratificazione di significati attribuibili all'oggetto e la molteplicità di piani di lettura.

4.3. Un modello di rappresentazione del processo progettuale

La formulazione del problema della ricerca nella molteplicità delle sue articolazioni è stata espressa con il modello concettuale rappresentato nella fig. 4.1, dal quale emergono diverse traiettorie di approfondimento.

Da un lato presenta la finalità generale di rappresentare la complessità del processo progettuale, alla luce delle evoluzioni epistemologiche in atto, quindi privilegiando un carattere teorico-critico; dall'altro indaga in maniera più serrata la struttura del processo di morfogenesi del prodotto industriale visto attraverso la lettura delle sequenze formali, dell'evoluzione delle forme, della dinamica delle trasformazioni.

Si è ritenuto che la traiettoria di ricerca da privilegiare fosse quella dell'indagine teorica sulle procedure di controllo dell'evoluzione dell'idea progettuale che, nel corso del processo di morfogenesi, innescava causalità circolari, cicli ricorsivi, adattivi e nidificati, tra referenze addotte, margini di aleatorietà, slittamenti tra diversi paradigmi organizzativi, interferenze tra processi creativi, processi di innovazione e percorsi di invenzione, conoscenze teoriche e nuove modalità di apprendimento basate su processi induttivi. Si tratta, nel problema del dare forma alle cose, secondo una visione da progettista, di indagare i passaggi e le diverse linee di azione, riconoscere le scelte effettuate nella determinazione delle migliori soluzioni possibili rispetto ad un contesto determinato (dal sistema di bisogni, dall'individuazione di soggetti *target*, dalla rispondenza a requisiti antropometrici/ergonomici, dalle potenzialità tecnologiche/produttive del sistema aziendale, dalle esigenze emerse dal sociale, dal coinvolgimento degli utenti finali, ecc.) e nel verificare la qualità dei risultati.

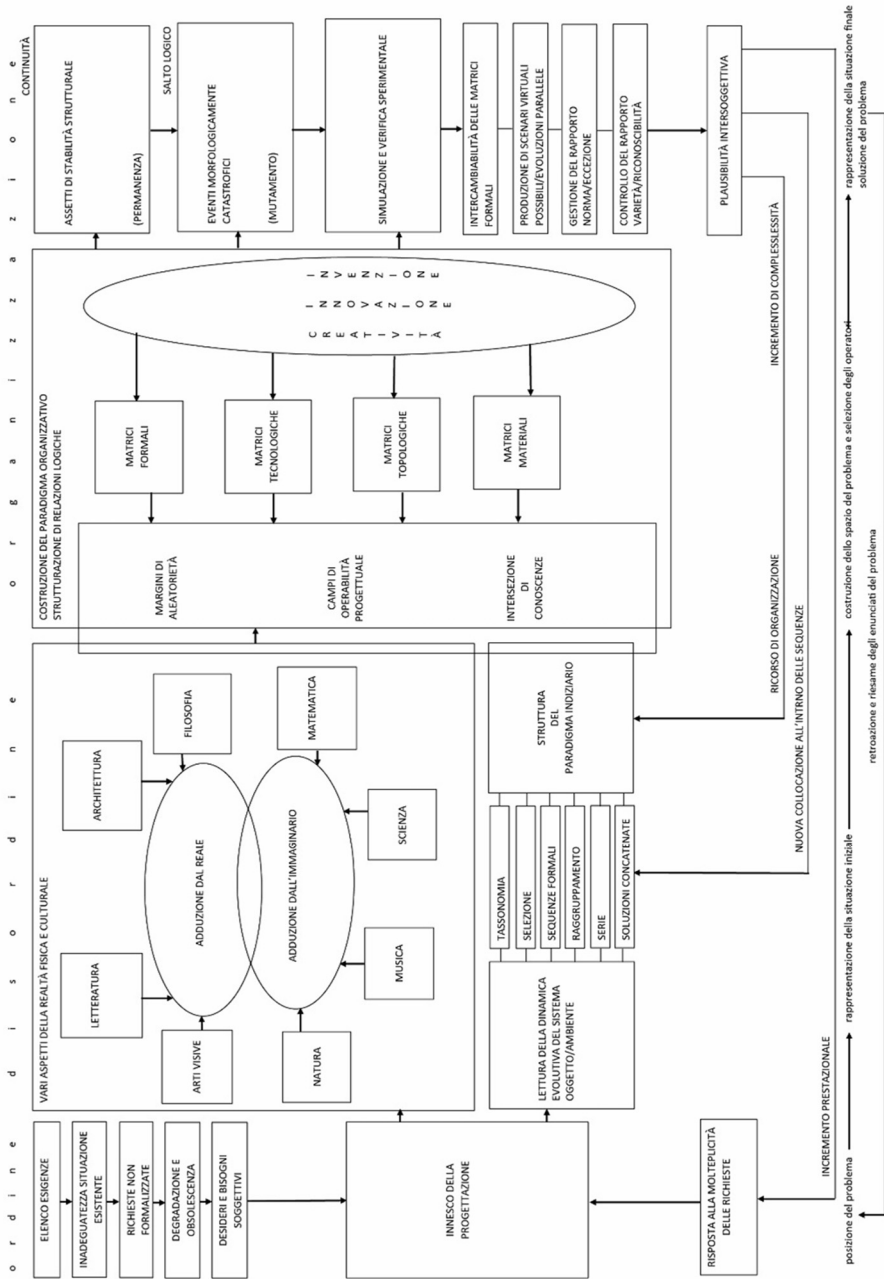


Fig. 4.1 - Rappresentazione dello spazio del problema. Schema della struttura del processo di ricerca.

Uno dei criteri per il controllo delle soluzioni è quello di individuare la qualità dell'oggetto progettato. «Si può definire grosso modo la “qualità” come una certa modalità soggettiva che tocca la percezione di un oggetto o di un processo esterno» (Thom, 1972, trad. it. 1980); e, in termini più rapportati allo specifico del progetto, «come risposta che precede la domanda possibile, risposta a tutto campo che utilizza medium simbolici capaci di contenere una molteplicità di significati possibili» (Soddu e Colabella, 1992, p. 203).

La diversità delle apparenze e l'eterogeneità fondamentale delle differenze qualitative innescate dal progetto dei caratteri morfologici riflettono, direttamente sulla struttura degli oggetti esterni, l'organizzazione della nostra sensibilità e la capacità di gestire e governare il processo progettuale. Ma non è soltanto sui risultati che si misura la qualità dell'oggetto quanto anche sulla messa a punto del processo di morfogenesi e sulla logica della sua evoluzione.

Il modello illustrato, similmente a quanto accade nei metodi tipici della scoperta scientifica, si caratterizza in quanto «taglia trasversalmente le aree stabilite dal pensiero, le scienze, le arti, le tecniche. Più precisamente la ricerca si applica a certi *problemi*, che essa si prefigge di risolvere, ed è questo che conviene determinare, e non una psicologia dell'invenzione» (Gil, 1981, p. 3). Il problema del progetto come procedura logica di controllo di dinamiche morfogenetiche in evoluzione.

4.4. Adozione di modelli dinamici

Il tentativo di rappresentare le dinamiche di evoluzione del progetto, tenendo conto degli ambiti sociali in cui si manifesta e delle diverse caratterizzazioni riguardo ai mutamenti del contesto, ci porta a definire un altro diagramma, più mirato alla funzione – conservativa o innovativa – che il design possiede (fig. 4.2).

Se infatti intendiamo il design – o meglio la speranza progettuale che lo sostiene – in rapporto ad ogni sistema sociale, come un processo di morfogenesi opposto ad un processo morfostatico (Maldonado, 1970, pp. 105-108), riconosciamo in esso una indubbia strategia di innovazione che ha ripercussioni sul sociale e che è guidata da un progetto, sia che esso sia afferente alle sfere dell'arte, dell'architettura o

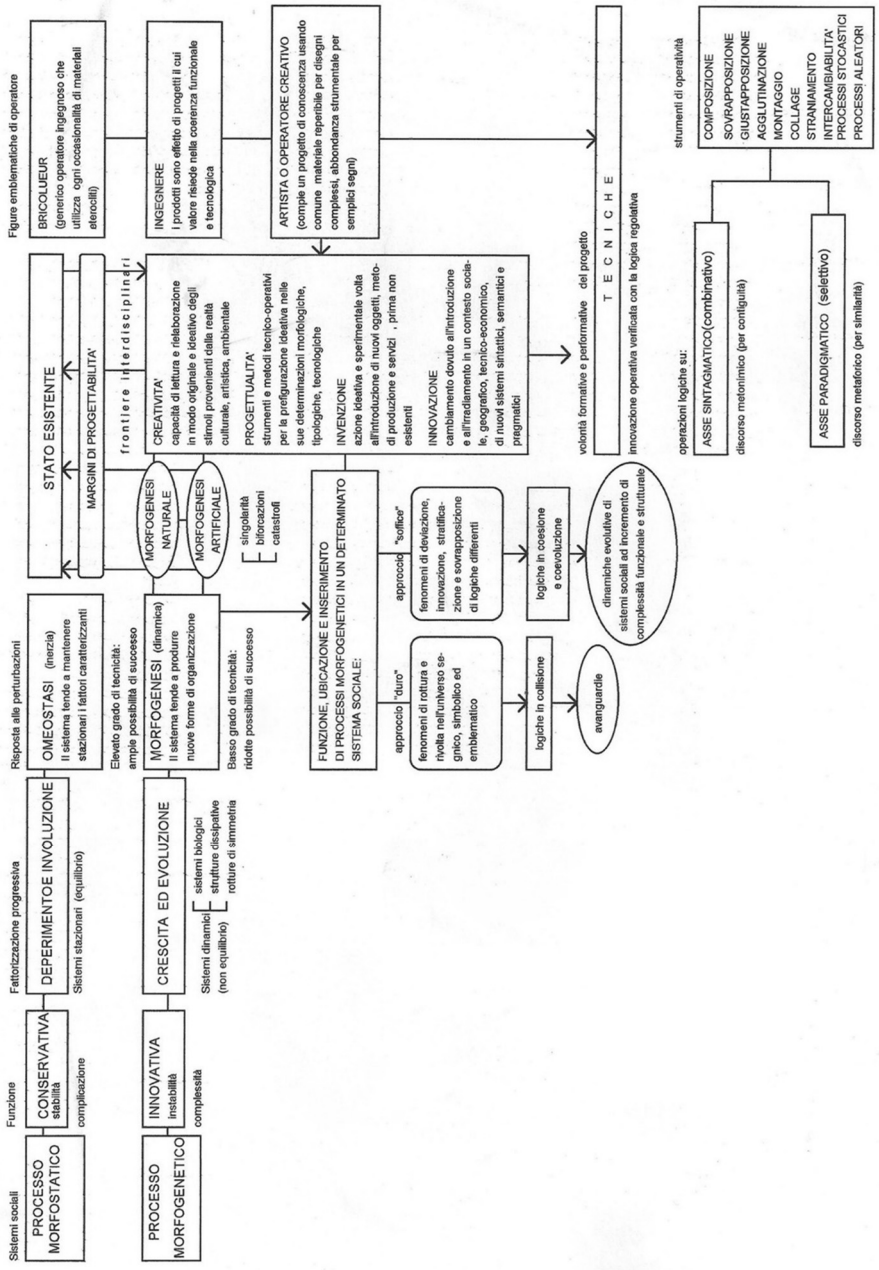


Fig. 4.2 - Schema processi morfostatici e morfogenetici.

del design, opponendo un sistema omeostatico (che tende a mantenere stazionari i fattori caratterizzanti) e un sistema morfogenetico (che tende a produrre nuove forme di organizzazione). Su un settore di ramificazione dei processi, quello morfogenetico, si hanno poi le possibili interazioni tra le procedure logiche regolative che governano il progetto, in cui intervengono, da un lato, gli operatori e, dall'altro, le concrete tecniche di operatività progettuale.

Se il caos deterministico genera aleatorietà, è pur vero che, per effetto del caos, certi sistemi dinamici possono improvvisamente “cristallizzare” in stati altamente ordinati.

La formazione di strutture d'ordine in flussi caotici si esprime con il concetto di attrattore. Il sistema dinamico del processo morfogenetico che si attua nell'interazione tra le nostre scelte e i materiali impiegati oscilla tra questi diversi attrattori di volta in volta individuati, accertati, verificati e reimpiegati nel processo, che sono le varie matrici formali, geometriche, topologiche, tecnologiche, simboliche, materiali. «La soggettività dell'approccio è esplicitata attraverso l'immagine (...) che viene utilizzata come immaginario di riferimento. Nella costruzione del modello dinamico è stata valutata sperimentalmente l'intercambiabilità possibile delle matrici formali e, in alternativa, delle procedure logiche utilizzate per la simulazione dei processi di morfogenesi. Nei risultati è possibile discernere tra identità individuale di ogni evento, controllata dalle matrici formali utilizzate, e la riconoscibilità della specie definita attraverso le procedure di morfogenesi» (Soddu e Colabella, 1992, p. 194).

4.5. Innesco del progetto

L'innesco della progettazione può essere motivato da richieste non formalizzate di prestazioni riferite a rapporti ambientali tipici (es. entrare, separare, salire, illuminare, comandare, modulare, trasportare, comunicare, sedersi, lavorare, riposare, bere, ecc.), o da un elenco di esigenze, istanze o bisogni soggettivi, oppure dall'inadeguatezza della situazione esistente, dalla sua obsolescenza o degradazione.

Il rapporto tra il sistema dei bisogni e il sistema degli oggetti non è più in corrispondenza biunivoca; ad un bisogno specifico non corrisponde, come si credeva, un oggetto specifico. È qui che entra in crisi il

concetto di tipologia. La tipologia, come studio di soluzioni uniformate, conformi al soddisfacimento di un bisogno, seppure storicamente consolidata, non è più sufficiente, da sola, a risolvere, al momento attuale, la complessità sia delle richieste che della molteplicità delle risposte.

Il concetto di tipologia ancorato alla funzione, come elenco di prestazioni di un oggetto rispetto a uno scopo, a causa dell'accorpamento, degli incroci, dell'indipendenza relativa dell'apparato prestazionale dalla configurazione morfologica conseguente ai processi di miniaturizzazione dei componenti, non fa più ritenere il referente tipologico come risposta adeguata alla complessa problematica del rapporto tra la forma, intesa quale luogo concreto di *interfaccia* con l'utente, e l'oggetto. Piuttosto non vi sono più specifici oggetti per specifici bisogni ma diverse modalità che rispondono a diverse necessità di svolgimento di particolari attività, ed è proprio in queste modalità che risiede il concetto allargato di interfaccia, come «dominio in cui si struttura l'interazione tra utente e prodotto in modo da consentire operazioni efficaci» (Bonsiepe, 1995, p. 42). Come rilevava Friedrich Dessauer, filosofo della tecnica, citato da Maldonado: «Il fine dell'edilizia non è la casa, ma l'abitare (...) Il fine della produzione di locomotive non è la locomotiva, ma il trasporto» (Maldonado, 1987, p. 119).

In generale la motivazione al progetto come azione trasformante la realtà e l'ambiente naturale/artificiale è dovuta ad una rottura delle condizioni di equilibrio iniziali. Non c'è progetto ove non si verifichi un passaggio di stato, dall'equilibrio al disequilibrio, al movimento. È qui che abbiamo l'inizio del tempo del progetto.

Progettare è controllare ed allo stesso tempo assecondare la dinamica evolutiva di un'idea, e può essere valutato, ed operato essenzialmente sul piano delle dinamiche di trasformazione. È la trasformazione di una serie di eventi (richieste, idee, riferimenti) in un evento complessivo, complesso e formalizzato. La forma finale è solamente un evento, fra gli altri che sarebbero stati possibili, collocato univocamente nello spazio ed in un punto del tempo. (Soddu e Colabella, 1992, p. 189).

Ma nel concreto come si può innescare la progettazione?

Abbiamo visto come, trattando la complessità con Prigogine, una delle maniere per la generazione di nuove strutture spaziali fosse l'introduzione di un particolare catalizzatore all'interno di una miscela di sostanze chimiche.

Potremo quindi adottare questa analogia dicendo che nell'innesco del processo di morfogenesi utilizziamo un *catalizzatore formale*, che può essere qualsiasi occasione, esperienza pregressa, suggestione, memoria, percezione, affinità, capace di stimolare la formalizzazione e di creare un campo specifico del progetto.

4.6. Strumenti e procedure logiche di controllo

Le strutture logiche che presiedono l'attività di progetto consistono in quei principi che riguardano non solo singoli campi di attività (il disegno industriale, la moda, l'architettura, l'arredamento, l'abbigliamento, il cibo, ecc.), ma tutto lo spazio antropologico che coinvolge e connota pratiche, funzioni, simboli, riti, miti, comunicazioni, consumi.

Una logica del pensiero inventivo è stata messa in luce, tra gli altri, da Peirce (1931-1958, trad.it. 1980), con la teoria dell'argomentazione, secondo la quale nel processo di conoscenza si danno tre tipi fondamentali di inferenze – *abduzione*, *deduzione*, *induzione* –, articolate secondo le tre proposizioni del sillogismo, *caso*, *risultato*, *regola*. Di queste, Peirce tende ad esaltare il carattere intrinsecamente originale, creativo e innovativo, dell'abduzione¹.

L'interpretazione in chiave di analisi logica dell'invenzione progettuale delle citate inferenze, con riferimento anche alle possibilità informatiche, è ripresa da Bonfantini:

La deduzione (esplicitamente derivativa) e l'induzione (sintesi combinatoria) si esercitano nel riordino e nello sfruttamento di contenuti mentali già acquisiti. E così sono ben lungi dall'esaurire la modalità di funzionamento dello psichico. L'abduzione, come intenzionalità del desiderio del soggetto, non solo indirizza i percorsi deduttivi e induttivi, ma nutre lo psichico di sempre nuova materia, che dà luogo a nuove immagini e configurazioni, ritagliate nel continuo dell'immaginabile che il nostro sistema nervoso consente. (Bonfantini, 1993, pp. 108-109).

¹ Nei *Collected Papers* sono raccolte e sviluppate in modo esaustivo le sue concezioni sull'abduzione e i rapporti con la filosofia della scienza, il pragmatismo/pragmaticismo e l'analisi logica.

La macchina, con l'offrire un ventaglio di soluzioni possibili, legate ad altrettanti scenari, scaturiti dagli immaginari di riferimento soggettivo del progettista², interviene svolgendo la sua funzione di moltiplicatore di suggestioni per l'immaginazione, di repertorio di alternative che generano flussi di associazioni, e in tal senso producono accumulazione di esperienze che ampliano lo spazio dell'apprendimento.

Sulle attività combinatorie della tecnica artistica Jerome Bruner ha proposto di distinguere tre momenti di produttività artistica, che chiama "sorpresa produttiva": «uno "precisionale", tipico delle formulazioni teoretiche della scienza; uno formale, tipico della logica e della matematica; infine uno metaforico che "connette zone o aspetti dell'esperienza prima disgiunti, ma quest'unione è attuata attraverso peculiari procedimenti sintetici che appartengono esclusivamente alla sfera dell'arte"» (Bruner, 1944, cit. in Formaggio, 1973, p. 139).

La logica evolutiva degli oggetti non si attua singolarmente, ma secondo sistemi complessi, che possono essere letti, nella loro formazione ed evoluzione, secondo due aspetti, secondo due assi. Nel modello linguistico, si privilegiano due assi sia per la lettura che per il progetto dei sistemi accennati sopra: l'asse *sintagmatico* e l'asse *paradigmatico*. L'asse sintagmatico è quello della composizione, della combinazione; l'asse paradigmatico è quello della scelta, della selezione³.

4.7. Assi sintagmatico (combinativo) e paradigmatico (selettivo)

4.7.1. Un modello linguistico

Il sistema sintagma/paradigma è un modello tratto dalla linguistica. È opportuno quindi approfondirne l'origine e i contenuti in quel contesto per poi trasporli, per quanto di utilità, nella ricerca di progetto. L'origine delle ricerche linguistiche è finalizzata all'individuazione di regole astratte di generazione del linguaggio, di modo che sia possibile produrre un numero illimitato di frasi, ricorrendo ad un numero finito di regole offerte dalla grammatica interiorizzata.

² Cfr. Soddu e Colabella (1992, pp. 40-41).

³ Un'esposizione chiara e divulgativa dell'adozione di questi strumenti di lettura al sistema della moda, anche con riferimenti al sistema dell'arredamento e a quello alimentare, è contenuta in Volli (1992, pp. 159-169).

La fondazione concettuale e scientifica più importante della linguistica generale contemporanea si deve al lavoro del francese de Saussure, raccolto nel *Cours de linguistique générale* (1916), i cui concetti sono stati utilizzati come essenziali nei più disparati indirizzi scientifici di ricerca, dalla semiologia all'antropologia, dalla psicolinguistica allo strutturalismo. Del resto, gran parte dei termini che compaiono per la prima volta nel *Cours* sono stati in seguito definitivamente adottati in più campi disciplinari: segno, significante, significato, semiologia, sincronia, diacronia, sintagma, fonema, *langue*, *parole*, sistema ecc.⁴

Il termine *sintagmatica*, introdotto da de Saussure⁵ designa quei rapporti che intercorrono tra elementi, unità lessicali o grammaticali, che si succedono nella frase, intrattenendo quindi rapporti di combinazione, concatenazione, contiguità, fondati sul carattere lineare della lingua.

Il rapporto sintagmatico è *in praesentia*; esso si basa su due o più termini egualmente presenti in una serie effettiva. Al contrario il rapporto associativo unisce due termini *in absentia* in una serie mnemonica virtuale. Da questo duplice punto di vista una unità linguistica è comparabile a una parte determinata di un edificio, ad esempio una colonna; questa si trova da un canto in un certo rapporto con l'architrave che sorregge; tale organizzazione delle due unità egualmente presenti nello spazio fa pensare al rapporto sintagmatico; d'altra parte, se questa colonna è d'ordine dorico, essa evoca il confronto mentale con altri ordini (ionico, corinzio, ecc.), che sono elementi non presenti nello spazio: il rapporto è associativo. (de Saussure, 1962, p. 150 trad. it. 1967).

Dopo de Saussure, gli studi di linguistica che hanno sottolineato l'importanza del sistema sintagma/paradigma sono stati quelli del danese Hjelmslev (1943), la cui esposizione della teoria del linguaggio ha costituito una corrente della linguistica contemporanea che ha preso il nome di glossematica, e il lavoro di Chomsky (1966) sulla grammatica trasformazionale.

Il termine *paradigmatica*, che si è affermato in opposizione a *sintagmatica*, è stato introdotto da Hjelmslev (che con questo termine ha sostituito nell'uso tecnico i "rapporti associativi" proposti da de Saussure), che lo fa derivare dal greco παράδειγμα "modello", e richiama l'uso

⁴ Cfr. l'*Introduzione* di Tullio De Mauro all'edizione italiana di de Saussure (1962, trad. it. 1967).

⁵ I concetti di rapporti sintagmatici e rapporti associativi sono esposti in de Saussure (1962, pp. 149-153 trad. it. 1967).

grammaticale di *paradigma* come elenco di forme declinate o coniugate, le quali stanno appunto fra loro in un rapporto paradigmatico, spesso illustrato dall'apparire sulla pagina dei manuali di studio in colonna, invece che in orizzontale come il rapporto sintagmatico. In generale con *paradigmatica* si designano i rapporti che gli elementi di un segno linguistico hanno con elementi che potrebbero alternarsi con essi, che possono occupare lo stesso posto nella frase, intrattenendo quindi un rapporto di intercambiabilità⁶. A proposito del rapporto tra forma e sostanza, riprendendo De Saussure, Hjelmslev attribuisce al paradigma di una lingua il ruolo formativo di organizzatore di significati:

Ogni lingua traccia le sue particolari suddivisioni all'interno della "massa del pensiero" amorfa, e dà rilievo in essa a fattori diversi in disposizioni diverse, pone i centri di gravità in luoghi diversi e dà loro enfasi diverse. (...) Come la stessa sabbia si può mettere in stampi diversi, come la stessa nuvola può assumere forme sempre nuove, così la stessa materia può essere formata o strutturata diversamente in lingue diverse. A determinare la sua forma sono soltanto le funzioni della lingua, la funzione segnica e le altre da essa deducibili. La materia rimane, ogni volta, sostanza per una nuova forma, e non ha altra esistenza possibile al di là del suo essere sostanza per questa o quella forma. Riconosciamo così nel contenuto linguistico, nel suo processo, una *forma* specifica, la *forma del contenuto* che è indipendente dalla materia ed ha con essa un rapporto arbitrario, e la forma rendendola *sostanza del contenuto*. (...) Si può dire che un paradigma in una lingua, e un paradigma corrispondente in un'altra coprono una medesima zona di materia che, astratta da tali lingue, è un continuo amorfo inanalizzato entro cui l'azione formatrice delle lingue pone delle suddivisioni. Dietro ai paradigmi offerti nelle varie lingue dalle designazioni dei colori possiamo, sottraendo le differenze, scoprire tale continuo amorfo, lo spettro solare, a cui ogni lingua impone arbitrariamente le sue suddivisioni. (Hjelmslev, 1943, pp. 56-57 trad. it. 1968).

Il lavoro di Chomsky, superando il carattere classificatorio e descrittivo della linguistica tradizionale vi contrappone invece il carat-

⁶ Riguardo all'uso del termine *paradigmatico* in storiografia architettonica, vedi De Fusco (1974). Adottando, nella metodologia storiografica, un'indagine storica sull'architettura del passato finalizzata all'individuazione di un *codice* (linguaggio architettonico), la cui definizione in chiave attuale può essere adottata per il progetto del presente, De Fusco opera, da una parte, una generale 'riduzione' del retaggio architettonico, che mira a cogliere l'organizzazione basilare e sistematica dei fenomeni nella loro 'struttura' – al cui termine assimila i concetti di modello, tipo-ideale, stile e codice –, dall'altra, seleziona le scelte su un numero relativamente limitato di opere tra le più *paradigmatiche* (opere che derogano dal codice precedente per porsi come modello per la produzione successiva) ed *emblematiche* (opere che esprimono e rappresentano fedelmente il linguaggio del loro tempo).

tere creativo del linguaggio, portando alla scoperta dei complessi procedimenti astratti che presiedono alla formazione delle frasi e individuando le strutture logiche innate e intuitive che presiedono alla formazione delle frasi. Al centro dello studio della grammatica trasformativa sono le «trasformazioni grammaticali, cioè operazioni formali che convertono qualunque frase di forma dichiarativa in una corrispondente forma passiva, interrogativa o di altro tipo» (Chomsky, 1966, p. 20 trad. it. 1975). Partendo da un numero finito di regole grammaticali, Chomsky dimostra come lo studio della struttura sintagmatica (sintagmi verbali e nominali) degli enunciati e delle loro trasformazioni possa essere condotta studiando le sequenze di regole morfologiche trasformative, espresse attraverso la struttura dei corrispondenti diagrammi ad albero e la nominalizzazione della sequenza di equazioni. Nella grammatica trasformativa la componente sintagmatica genera un numero molto limitato (finito) di strutture linguistiche elementari; alle trasformazioni è poi demandato il compito di generare l'insieme (infinito) delle frasi, attraverso un procedimento ricorsivo o iterativo. È però necessario che il linguista riveli la "competenza" linguistica del parlante, cioè formuli esplicitamente i principi generali innati che caratterizzano il linguaggio naturale.

4.7.2. *Un modello musicale*

Nel campo dell'analogia musicale ritroviamo una struttura espressiva che sembra articolarsi in modo simile alla struttura sintagmatica/paradigmatica, almeno in due generi musicali. Dell'articolazione sintagmatica ripetono la combinazione, la *regola* associativa in una sequenza fissa di battute sulle quali, secondo il registro dell'intercambiabilità paradigmatica, vengono operate le tecniche dell'originalità e dell'eccezione, dell'improvvisazione.

Pensiamo al rapporto che nel *jazz* si instaura tra lo svolgimento del tema in apertura del brano e il susseguirsi delle *improvvisazioni* strumentali eseguite dai vari musicisti, sulle toniche del tema. I brani cosiddetti *standard*, perché facenti parte del comune riferimento alla tradizione, assunti usualmente come basi per l'*improvvisazione*, sono sempre basati sulle stesse linee armoniche e melodiche e, in quanto tali, sempre riconoscibili ma, a ragione dell'interpretazione solistica

individuale – e quindi soggettiva – raggiunta nella variazione e interpretazione melodica o in quella armonica, a seconda della natura dello strumento e degli ulteriori riferimenti del musicista, oltreché alle capacità tecnico-esecutive, sono sempre diversi e irripetibili. L'improvvisazione (detta anche *instant composition*) su schemi armonici preordinati, sotto lo stimolo del ritmo e delle suggestioni timbriche strumentali, svolge una funzione fondamentale nel *jazz*. Tale caratteristica sembra essersi determinata, alle origini, dalla parziale estraneità dei neri americani al materiale musicale europeo con cui venivano in contatto e quindi dall'impulso a violarne i valori e le norme, trasformando e trasgredendo il tema. In seguito, la creazione di motivi compositivi originali ha portato al superamento del contrasto tra tema e improvvisazioni, producendone un'ampia e approfondita integrazione.

Un altro paragone musicale sul rapporto regola/eccezione. Nella musica delle civiltà extraeuropee, il concetto di improvvisazione riveste grande importanza ed è intimamente legato al concetto stesso di composizione. Nella musica classica araba, la sua forma principale è il *taqsim*, preludio estemporaneo per uno strumento solista, che inizia e termina con l'esposizione del *maqam* al registro inferiore (combinazione di tetracordi sotto forma di scale di due ottave), mentre la sezione mediana si svolge al registro superiore e presenta lo sviluppo dell'improvvisazione sulla modulazione di diversi *maqamat*.

4.7.3. Un modello scientifico

Il concetto di *paradigma* introdotto da Kuhn (1962) è stato concepito per rappresentare l'evoluzione della conoscenza scientifica situandola nel più ampio contesto socioculturale dello sviluppo scientifico. Lo sviluppo di una disciplina scientifica passa appunto attraverso i seguenti stadi:

- 1) lo stadio preparadigmatico;
- 2) il periodo di ricerca "normale";
- 3) il periodo di crisi in cui un paradigma finora accettato non riesce più ad assolvere alla risoluzione dei problemi per i quali era stato determinato;

4) il periodo di “rivoluzione”, in cui emerge un nuovo paradigma che rende possibile risolvere i nuovi problemi ed effettuare di nuovo ricerca normale.

Ma lo stesso Kuhn metteva in luce in un poscritto del 1969 che il termine paradigma veniva usato in almeno due differenti modi: «Da un lato, esso rappresenta l'intera costellazione di credenze, valori, tecniche, e così via, condivise dai membri di una data comunità. Dall'altro, esso denota una sorta di elemento di quella costellazione, le concrete soluzioni-di-rompicapo che, usate come modelli o come esempi, possono sostituire regole esplicite come base per la soluzione dei rimanenti rompicapo» (Kuhn, 1962, p. 212 trad. it. 1969). Nel primo significato, quello più sociologico, il paradigma è denotato come “matrice disciplinaria” di riferimento con le sue regole, i valori, le generalizzazioni simboliche proprie di una struttura comunitaria. Nel secondo, i paradigma sono visti come risultati passati esemplari.

Rispetto alla definizione di paradigma data da Kuhn, ritenuta talvolta esitante e incerta, Edgar Morin ha proposto la seguente:

Un paradigma è un tipo di relazione logica (inclusione, congiunzione, disgiunzione, esclusione) tra un certo numero di nozioni principi. Un paradigma privilegia determinate relazioni logiche a scapito di altre, ed è per questo che un paradigma controlla la logica del discorso. Il paradigma è un modo di controllare contemporaneamente il logico e il semantico. (Morin, 1977, p. 113 trad. it. 1983).

4.7.4. Un modello progettuale

Ed è in un'accezione che mutua e integra tutte le precedenti definizioni che il concetto di paradigma può essere utilizzato nelle discipline progettuali, per assolvere il duplice significato di matrice organizzativa della struttura formale di un oggetto e di modello rappresentativo delle procedure logiche di trasformazione ed evoluzione dell'oggetto.

Il concetto morfogenetico di paradigma messo a punto da Celestino Soddu si sviluppa a partire da esigenze di base, alle quali il progetto deve dare risposte pertinenti, e vede il paradigma assolvere ad una funzione di controllo rispetto alle altre due componenti del processo progettuale cui è interconnesso: le matrici formali e i margini di aleatorietà. Dai campi di operabilità progettuale individuati dai margini di

aleatorietà scaturiscono nuovi paradigmi che a loro volta saranno interconnessi con nuove matrici formali e così via in un processo ciclico ricorsivo che affinerà la procedura del modello sperimentale.

Nella fase dell'identificazione dei margini di aleatorietà si procede alla lettura soggettiva dell'organizzazione del materiale esistente con operazioni di selezione, associazione, gerarchizzazione, articolazione tassonomica di sequenze seriali evolutive di artefatti esistenti, fornendo chiavi di lettura morfologiche. Si producono abachi, in cui si evidenziano le linee di continuità, i salti logici, le forme di stabilizzazione e loro trasposizione sul piano logico-astrattivo, griglie a scacchiera, matrici o modelli tridimensionali nei quali inserire gli oggetti nell'arco delle loro trasformazioni dinamiche. Si effettua una verifica sperimentale della possibilità di effettuare operazioni logiche tra artefatti, riconoscendo delle serie di convergenza e di divergenza nelle sequenze di forme e tra diversi punti di singolarità, tra diversi eventi morfologicamente catastrofici: «Il gioco del mondo ha diversi aspetti: emette delle singolarità; estende delle serie infinite che vanno da una singolarità all'altra; instaura regole di convergenza e di divergenza a partire dalle quali queste serie di possibili si organizzano in insiemi infiniti» (Deleuze, 1988, p. 100 trad. it. 1990).

È questa la zona delle intersezioni dei campi tematici, il crinale che separa/connette i versanti dei contributi disciplinari. È il campo delle scelte di metodo, delle associazioni, delle combinazioni, degli incroci, dove si definiscono le strategie che consentono di ipotizzare un certo numero alternativo di scenari virtuali per l'azione progettuale. A partire dai paradigmi indiziari di riferimento si procede alla costruzione di un nuovo paradigma organizzativo che tenga conto dei contributi delle fasi precedenti.

In questa fase maggiormente si esplica la gestione del disequilibrio, della sperimentazione, dell'intercambiabilità delle matrici, della ricerca delle risposte possibili, probabili, plausibili.

La logica del processo progettuale diventa una serie più o meno lunga di passaggi ricorsivi (omotetici su modello frattale e nidificati uno nell'altro) in cui ogni passaggio esercita una retroazione sui precedenti e una proiezione sui successivi e in cui, ad ogni slittamento paradigmatico si verifica un incremento di complessità e una stratificazione di senso che rappresenta l'evoluzione del progetto.

Analogamente al concetto kuhniano, un paradigma progettuale entrando in crisi determina l'emergere di un nuovo paradigma che, nel processo evolutivo del progetto rappresenta un momento di crisi, un punto di discontinuità che genera mutamento. Nella caratterizzazione di questo mutamento il procedimento progettuale, inteso come processo di scoperta scientifica, include anche momenti extra-logici, psicologici e legati all'immaginario soggettivo. L'attivazione di una propria logica progettuale, evidentemente soggettiva e differenziata per ogni progettista, non esclude che i caratteri e gli elementi strutturali del processo siano comuni: «Il paradigma indiziario è un'ipotesi soggettiva di organizzazione non solo degli elementi/richieste esistenti, ma soprattutto di quelli a venire, ancora sconosciuti ed imperscrutabili. È quindi una scommessa, una sfida» (Soddu e Colabella, 1992, p. 205). E, inserito in una lettura della dinamica progettuale, il paradigma diviene «uno strumento di controllo dell'evoluzione. Ogni progettista utilizza paradigmi indiziari di tipo differente, anche se normalmente contengono alcuni dispositivi di controllo di tipo geometrico, topologico, dimensionale, gerarchico, e regole sul rapporto norma/eccezione» (*Ibid.*).

Un'altra qualità del paradigma è la sua adattività, cioè la flessibilità e l'elasticità in un contesto, la capacità di recepire gli stimoli provenienti dall'ambiente esterno per modificare il proprio ambiente interno, di raccogliere il nuovo e l'imprevisto e di incorporarlo per modificare o arricchire la propria azione futura. Si instaura così una ciclicità ricorsiva, un circuito a spirale di azioni e retroazioni fino al salto ad un altro paradigma.

Per citare una metafora musicale, questo lavoro continuo di perfezionamento del modello e della sua messa a punto ricorda il lavoro preparatorio della prova d'orchestra, in cui il risultato sinfonico è raggiunto solo dopo ripetute prove, tentativi, aggiustamenti continui ed esaustivi da parte delle diverse sezioni strumentali, fino all'esecuzione della "prima".

4.8. Tecniche di operatività progettuale sulle strutture logiche individuate

Qualità peculiare del controllo delle procedure logiche attivate è la risposta che i nuovi assetti formali producono sul contesto o anche rispetto alla nostra valutazione soggettiva e la possibilità che questi

nuovi risultati e giudizi rientrano in circolo per un nuovo ciclo di evoluzione di progetto. Caratteristica specifica del controllo dell'evoluzione dei sistemi è l'adattività.

La definizione generale di controllo adattivo implica che un sistema del genere debba essere capace di eseguire le seguenti operazioni: a) procurare continuamente informazioni sullo stato attuale del sistema ossia "identificare" il processo; b) paragonare le attuali prestazioni del sistema con quelle desiderate o ottimali e prendere una "decisione" per modificare il sistema in modo da arrivare a una prestazione ottimale prestabilita; c) dare inizio all'opportuna "modifica" per portare il sistema di controllo verso la condizione ottimale. Questi tre principi, "identificazione", "decisione" e "modifica", sono inerenti a qualsiasi sistema adattivo. (Williams, 1984, p. 355).

L'adattività entra anche nel discorso del metodo sistemico nelle scienze sociali, in cui sistema diviene appunto «l'articolazione linguistica di proposizioni connettenti insieme di relazioni complesse, aventi certe pretese di rappresentazione. Sistema indica allora l'esistenza di una teoria che organizza e rappresenta i fatti o gli eventi secondo un paradigma che di volta in volta può essere adattivo, comportamentale, sensivo, ecc.» (Lanzara e Pardi, 1980).

4.8.1. Adduzione

In questa fase esplorativa si verifica la raccolta di tutto il materiale che costituisce gli ingredienti, i riferimenti, le suggestioni provenienti dai vari aspetti della realtà fisica e culturale, la collezione di reagenti eterogenei che vengono introdotti nel progetto. Chiamiamo questa fase preliminare (o di propedeusi allo sviluppo del progetto) adduzione (dal latino *adductio -onis*, derivato di *adducĕre* «condurre»). Il termine indica, in fisiologia, il movimento che avvicina un arto o una parte mobile del corpo ad un piano, un asse o un punto di riferimento. Il suo contrario è abduzione, che indica allontanamento. Il progettista, opponendosi all'ordine precostituito dell'esistente (o al disordine e all'incertezza di una situazione aleatoria non strutturata), raccoglie i diversi materiali, i riferimenti, i dati e attraverso opportune tecniche di sviluppo della creatività, individuale o collaborativa (tra queste ultime, quando effettuate in gruppo, significativa l'attività di *brainstorming* e

di mappatura concettuale), li rielabora per costruire un nuovo modello. In opposizione all'aleatorio, all'instabile, al causale iniziano a crearsi delle strutture d'ordine, di organizzazione, dei legami, dei vincoli, delle interazioni: è l'inizio della morfogenesi.

Si propone un'immagine metaforica del lavoro di adduzione: l'una è quella dell'ape, l'altra quella di una conchiglia.

Il modello dell'ape (il progettista-ricercatore), che per la produzione del miele (i risultati della ricerca progettuale) si posa incessantemente sui fiori più diversi, mostra come non sia necessario approfondire la conoscenza strutturale interna di ogni complesso di conoscenze, ma basti raccogliere solo quegli aspetti utili alla nostra ricerca. Come l'ape, nella sua ricerca del polline dei fiori, in base tanto a precise regole ricettivo-percettivo-sensoriali quanto alla casualità (o aleatorietà) delle traiettorie di volo (moti browniani), produce poi, nella sua elaborazione e rigurgitamento nelle celle del favo, una sostanza zuccherina unitaria, riconoscibile come miele, allo stesso modo il progettista nella sua rielaborazione di qualsivoglia riferimento, anche ottenuto con mezzi aleatori o casuali, raggiunge nel progetto un fatto unitario che ha una sua logica interna riconoscibile.

Esiste una conchiglia, la *Xenophora*, che possiede la peculiarità di "collezionare" altre conchiglie, di incorporare nel suo nicchio, durante l'evoluzione della sua crescita, oggetti che trova sul fondo così da risultare alla fine sia con una struttura unitaria, perché comunque l'accrescimento avviene secondo un avvolgimento a spirale e quindi organizzativamente necessario, sia molteplice e irripetibile, perché il suo aspetto è in funzione della casualità dei ritrovamenti captati, utilizzati e agglutinati al suo mantello. La *Xenophora* appartiene a quell'esiguo numero di specie in cui forse è più difficile codificare in tratti somatici unitari l'appartenenza ad una specie, a ragione del fatto che il suo aspetto esterno, per quanto comunque riconoscibile, sia il risultato di un'agglomerazione di elementi eteroclitici. Ci sembra un'eloquente metafora sia delle modalità secondo cui nella fase adduttiva il progettista attragga a sé e operi con materiali eterogenei, casuali, sia di come pur utilizzando una struttura di organizzazione unitaria e necessaria si possa produrre una molteplicità di forme.

L'adduzione dai diversi campi disciplinari avviene in modo selettivo ed è possibile evidenziare le strutture di rappresentazione, valuta-

zione e ricerca dei risultati che troviamo in generale nelle attività creative e che ad esse sono comuni.

È il “principio di organizzazione tramite il disordine” di cui parla Morin, che a sua volta riprende il concetto da von Foerster, ed è rappresentato nel noto esempio dei cubi agitati:

Si abbia un certo numero di cubi leggeri ricoperti da un materiale magnetico, e caratterizzati dalla polarità opposta delle due coppie di tre facce che si uniscono in due vertici opposti. Si pongono i cubi in una scatola che vien chiusa, e che viene agitata. Sotto l'effetto dell'agitazione, i cubi si associano secondo un'architettura aleatoria (fantasiosa) e stabile. Ad ogni nuova agitazione, nuovi cubi entrano a far parte del sistema e lo completano, finché la totalità dei cubi non costituisce un'unità originale, imprevedibile in quanto tale al momento di partenza, ordinata e organizzata nel medesimo tempo.

Le condizioni di una tale costruzione sono:

a) determinazioni e vincoli caratteristici degli elementi materiali con cui si ha a che fare (forma cubica, costituzione metallica, differenze di magnetizzazione) e che costituiscono i principi d'ordine;

b) una possibilità di interazioni selettive che possono connettere questi elementi in determinate condizioni e occorrenze (interazioni magnetiche);

c) una disponibilità di energia non direzionale (agitazione disordinata);

d) la produzione, grazie a quest'energia, di numerosissimi incontri, fra i quali una minoranza *ad hoc* stabilisce le interazioni selettivamente stabili, che diventeranno così organizzazionali. (Morin, 1977, pp. 67-68 trad. it. 1983).

La lettura dell'oggetto più essere fatta in due modi: uno è il processo di analisi, di scomposizione, un modello statico; l'altro è un modello dinamico di lettura dell'evoluzione, in grado di crescere, che individui la struttura genealogica della sequenza tra forme, definisca i sistemi di interfaccia, trovi i punti nodali dei rapporti di interazione e le connessioni alle diverse scale.

Il diagramma illustrato nella fig. 4.1 si riferisce alla rappresentazione del processo metodologico sperimentale, che, partendo dalla scelta di un oggetto, innesca una rilettura delle dinamiche di evoluzione morfologica, ne rappresenta i possibili flussi di adduzione dai vari campi di sapere trasversale, evidenzia, nelle traiettorie, i punti di cambiamento irreversibile ed anche i momenti di reversibilità; inoltre, e questo è l'aspetto più interessante e stimolante della ricerca, mostra come, partendo dalle suggestioni operate dai vari campi del sapere, con cui qui operiamo l'interconnessione – altri oggetti, opere d'arte, organismi, partiture, sistemi simbolici, geometrici, insomma tutto

l'apparato eterogeneo e illimitato che può costituire materiale di progetto –, sia possibile, attraverso un processo di decategorizzazione, mettere in moto in un unico processo progettuale, come all'interno e all'innescò di un vortice, l'arricchimento continuo e costante, nella varietà e nel mutamento, della produzione di nuovi elaborati progettuali.

Su un registro di complessità maggiore, posso operare, da progettista, utilizzando questo metodo sperimentale, con morfemi, articolazioni, strutture, paradigmi, (utilizzati come veri utensili concettuali), per la produzione di oggetti che saranno a loro volta sempre diversi ma ugualmente riconoscibili nel senso sopra esposto. La riconoscibilità potrà anche essere traslata da un piano all'altro dei campi di riferimento ed essere perciò intertestuale (provenire da musica, letteratura, arti visive, ecc.). Si tratta di trovare i registri da far vibrare, da porre in *risonanza* tra piani di molteplicità.

Se, come abbiamo visto, il primo momento è l'osservazione della realtà, l'innescò del progetto non è però soltanto un atto analitico; non utilizziamo (in modo esclusivo e finalistico) gli strumenti dello storico, né quelli del filologo. Non compiliamo un quadro tassonomico esaustivo. Ma adduciamo dalla sequenza di forme una logica di trasformazione dell'oggetto rispetto alla quale possiamo proiettare un futuro possibile, in quanto, se individuiamo una logica di trasformazione – un evento dinamico, un mutamento, una metamorfosi, un'anamorfosi, in una parola tutto quanto concerne il costituirsi di nuove forme in divenire –, individuiamo anche le sue possibili evoluzioni. Questo costituirsi di una logica evolutiva non presume di avere una validità oggettiva tale da rispondere a criteri di verificabilità o falsificabilità applicabili nella generalità, ma tenta di costruire quei modelli di funzionamento del reale che di volta in volta servono per interpretare soggettivamente pezzi di realtà (fatti, oggetti, comportamenti), i quali risolvono determinati problemi e soddisfano quell'insieme di aspettative in cui si imbatte la nostra memoria biologico-culturale, anch'essa frutto di una evoluzione prima biologica poi eminentemente culturale, e il nostro immaginario di riferimento.

La scelta della procedura caratterizzerà un aspetto determinante della *riconoscibilità* del progetto, la quale si articola almeno su tre livelli: la riconoscibilità dell'oggetto (appartenente ad una determinata classe o tipologia di oggetti); la riconoscibilità del progettista (come individuo o come gruppo); la riconoscibilità riferita ad un contesto ambientale e sociale (legata alla lettura dei valori collettivi del contesto).

4.8.2. *Imitazione*

Il concetto di imitazione è rilevante in due distinte sfere d'indagine: nell'estetica e nella psicologia sociale. Nella prima, che investe, oltre all'ambito filosofico, quello proprio della ricerca artistica e in particolare di quella musicale, si parla di imitazione (o secondo la terminologia classica *mimesi*) quando si considera l'arte essenzialmente come riproduzione della realtà naturale. Il problema poi dell'imitazione di precedenti artisti da parte di artisti nuovi ha costituito storicamente un problema centrale non solo nel momento fruitivo-critico, ma (dalla parte del progettista) nel momento di produzione ed elaborazione di una nuova cultura letteraria e artistica. A seconda che le epoche storiche siano state connotate, rispetto alla polarità classico *vs* romantico, da un avvicinamento alla prima piuttosto che alla seconda, l'imitazione fu ritenuta rispettivamente non solo legittima ma indispensabile per fare un'arte degna di restare nella tradizione, concependo l'originalità solo all'interno di essa o, all'opposto, concependo l'arte come esclusiva espressione del sentimento individuale e perciò condannando l'imitazione come difetto d'ispirazione.

L'imitazione fu oggetto di un importante saggio di Quatremère de Quincy (1823), maggiore sostenitore in Francia dei principi estetici classicisti, il cui ruolo è stato sottolineato da Marco Dezzi Bardeschi, in una recensione a margine di un convegno sul Medioevo:

Al *revival*, più o meno "fedele", al ricalco, all'immagine analoga ovvero ai concetti di imitazione, plagio, ripetizione differente si associa un linguaggio secondo ancora quasi del tutto inesplorato, un messaggio doppio, diverso ed ambiguo, semiologicamente molto più denso dello stesso messaggio primo (quello archetipico) per le continue allusioni, i complici ammiccamenti, il sapiente gioco di specchi di cui inevitabilmente si carica. Era stato del resto proprio Quatremère de Quincy, forse già presagendo l'epoca della riproducibilità tecnica dell'opera d'arte, a dire che "imitare è produrre la rassomiglianza d'una cosa in un'altra cosa che ne diviene *immagine*". Perciò invitava, nel suo elegante ed ancor attualissimo saggio sull'imitazione (1823) a non farsi ingannare e a distinguere bene "*la rassomiglianza per immagine, propria delle Belle Arti, con la similitudine per identità, propria delle arti meccaniche*". Il fatto è che ogni desiderio di ritorno al "modello", dietro l'apparente ricercata *somiglianza* (mai identità!) in realtà cela un brulicare di insanabili *differenze*. (Dezzi Bardeschi, 1984, p. 24).

Le possibilità offerte dall'informatica grafica, che consente, nella confezione di artefatti comunicativi, di fare largo e immediato uso di immagini prelevate dai più vari contesti e di utilizzare le tecniche di accostamento, assemblaggio, montaggio, mescolamento e citazione secondo una sorta di regia comunicativa, sono state approfonditamente indagate da Giovanni Anceschi, che, riguardo al riuso delle immagini attuata tramite l'invenzione e l'imitazione, definisce questa particolare situazione come una "cultura dell'imitazione":

È quasi come se ci fossimo improvvisamente svegliati in una cultura dell'imitazione, dopo aver vissuto per quasi un secolo nel culto dell'innovazione. C'è nell'aria come un continuo invito a servirsi al grande menù delle forme e delle idee, rappresentato dalla intera storia della cultura. C'è una spinta a copiare come se sembrasse che tutto sia già stato inventato. (...) Qui si contrappongono due approcci contrapposti: quello che si oppone alla copiatura, che tende cioè ad adeguare l'invenzione alle peculiarità morfologiche indotte dalle caratteristiche tecniche del mezzo (tipico approccio pionieristico, ed infatti è stata la tesi sostenuta ... da Bruno Munari); il secondo approccio, che significativamente è quello prediletto dall'ingegneristica informatica, consiste nel simulare le modalità esecutive più abituali della produzione di immagini (...). Esiste però una terza modalità del copiare. Il copiare un effetto, un risultato non significa in area informatica imitare una singola immagine. O meglio, imitare anche solo una singola immagine significa in realtà produrre per induzione il sistema (il programma) che l'ha prodotta, o uno analogo, o uno migliore. Il copiare possiede qui dunque un autentico valore euristico. (Anceschi, 1986, p. II).

Accenneremo ora all'accezione che l'imitazione ha in musica, col quale termine si intende un procedimento usato nella tecnica contrappuntistica, che consiste nel richiamare (ripetere o imitare) in modo rigoroso o libero, con una diversa voce, all'unisono o a qualsiasi intervallo di distanza e con qualunque intervallo d'altezza, una frase musicale enunciata poco prima da un'altra voce. Il disegno musicale imitato si chiama *proposta* o *antecedente*, il disegno imitante *risposta* o *conseguente*. L'imitazione oltre che *perfetta* o *imperfetta*, a seconda della rigidità nella ripetizione degli intervalli melodici tra antecedente e conseguente, può essere *libera*, *ritmica*, *per moto contrario* (gli intervalli ascendenti dell'antecedente diventano discendenti nel conseguente), *per moto retrogrado* (il tema è imitato a ritroso da destra verso sinistra), *per aumentazione* o *per diminuzione* (quando mutano i valori di durata), avendosi anche combinazioni reciproche dei suddetti

effetti. L'imitazione, intesa come possibilità di un comporre unitario pur nella complessità e varietà, può essere considerata il più importante stilema delle forme polifoniche e strumentali contrappuntistiche dall'antichità ad oggi, giungendo al massimo grado di sviluppo ed elaborazione nel *canone* e nella *fuga*.

Infine, il concetto di imitazione riveste anche grande importanza in psicologia, dove si intende un processo dinamico, tipicamente infantile, dal quale dipende gran parte dell'apprendimento e dello sviluppo della personalità. Si attua attraverso l'adozione di modelli, riproducendo gesti, espressioni, atteggiamenti degli adulti, e dei genitori in particolare, per soddisfare l'esigenza di adattamento e di integrazione con l'ambiente.

4.8.3. Agglutinazione

Agglutinazione è un termine impiegato in linguistica, coniato da de Saussure (1962, pp. 204, 212-215 trad. it. 1967), per indicare le innovazioni analogiche che hanno come effetto di ridurre ad unità una combinazione di elementi. De Saussure distingue tre fasi nel fenomeno: nella prima si ha la combinazione di più elementi in un sintagma. Nella seconda, l'agglutinazione propriamente detta, si ha la sintesi degli elementi del sintagma in un'unità nuova, per cui un concetto espresso in una sequenza di più unità significative viene a costituire un unico blocco più semplice. L'agglutinazione interviene, accanto all'analogia ma in contrasto con essa, come fattore importante nella produzione di unità nuove.

4.8.4. Aleatorietà

I processi *aleatori* o *stocastici* sono modelli matematici adatti a studiare l'andamento dei fenomeni che seguono leggi casuali o probabilistiche. Essi rappresentano lo sviluppo più approfondito del calcolo delle probabilità e anche il più importante per le applicazioni, in quanto è riconosciuto che in tutti i fenomeni naturali è presente, sia per la loro stessa natura che per gli errori di osservazione, una componente casuale o accidentale che fa sì che non sia possibile prevedere con cer-

tezza quale sarà il risultato di un fenomeno. Purtuttavia, a questa imprevedibilità, se governata e controllata da opportune procedure logiche, fa riscontro, come riportato nel semplice esempio precedente, una riconoscibilità dei risultati del processo. Anzi a volte è proprio dalla casualità e dal disordine delle condizioni iniziali che si strutturano forme di organizzazione e di ordine. Esempio di processo stocastico in natura è il *moto browniano*, notevole fenomeno la cui scoperta nel 1827 viene comunemente attribuita al botanico britannico Robert Brown e che consiste nel movimento continuo, rapido e irregolare, in tutte le direzioni, di particelle in sospensione in un fluido o delle molecole stesse di un fluido, dovuto all'urto reciproco e alla collisione casuale tra le molecole. Il fenomeno, spesso citato da antropologi e filosofi per denotare fenomeni imprevedibili, è comunemente spiegato nella teoria cinetica della materia inanimata ma si riscontra diffusamente anche nel movimento stesso di alcuni organismi viventi⁷.

Bateson (1979, pp. 61-67 trad. it. 1984) si riferisce al moto browniano per illustrare la distinzione tra quelli che ritiene essere i due grandi sistemi stocastici: le successioni convergenti, che sono sequenze di eventi prevedibili, e le successioni divergenti, che sono imprevedibili – e di cui il moto browniano è esempio – e che caratterizzano tutti i sistemi innovativi o *creativi*. Riportando i termini designati da Waddington, nel primo sistema, quello dell'*epigenesi*, «ogni stadio embriologico è un atto di divenire (in greco *génésis*) che dev'essere costruito *sopra* (in greco *epi*) lo stato immediatamente precedente» e non c'è posto per informazioni nuove; il sistema somiglia ad una complessa tautologia in cui nulla viene aggiunto una volta stabiliti assiomi e definizioni. «Contrapposto all'*epigenesi* e alla tautologia, che costituiscono mondi di replicazione, c'è tutto il regno della creatività, dell'arte, dell'apprendimento e dell'evoluzione, in cui i processi dinamici del cambiamento *si alimentano del casuale*. L'essenza del cambiamento sta nella ripetizione prevedibile; l'essenza dell'evoluzione sta nell'esplorazione e nel cambiamento» (Bateson, 1979, pp. 69-70 trad. it. 1984).

⁷ Cfr. il paragrafo *Moto browniano* in Thompson (1917) in cui sono riportate le parole di Maxwell alla British Association a Bradford nel 1873: «Se ne ha l'esempio migliore osservando uno sciame, in cui ogni singola ape vola furiosamente, prima in una direzione e poi in un'altra, mentre lo sciame nel suo complesso o è fermo o si muove lentamente nell'aria» (Thompson, 1917, p. 57 trad. it. 1969).

Per *musica stocastica* si intende quella ottenuta mediante processi formali definiti in termini probabilistici. Tali processi compositivi, sebbene non consentano la precisa determinazione dei singoli eventi, permettono un controllo globale – e quindi prevedibile – del comportamento generale degli avvenimenti durante la *performance*. Si differenzia dalla musica aleatoria in quanto, pur basandosi su principi di casualità, è guidata da rigorose regole formali che definiscono il modello di composizione. L'autore che utilizzò per primo questi concetti e che introdusse il termine fu Iannis Xenakis⁸.

Il processo generativo che caratterizza la *musica aleatoria* è sorretto da un criterio compositivo in cui uno o più aspetti dell'opera sono frutto di scelte casuali (lancio di monete dell'I Ching o imperfezioni della carta) e/o lasciati alle libere decisioni dell'esecutore. Sul versante esecutivo, è quindi una musica "aperta", che offre all'interprete opzioni e possibilità esecutive diverse, concedendogli, a fronte di notazioni indeterminate, una libertà totale. Il primo a far uso di "operazioni casuali" fu John Cage, all'inizio degli anni Cinquanta. Secondo la sua definizione, "sperimentale" è un procedimento di cui non si può prevedere il risultato. La dimensione casuale, indeterminata, della sua musica e il rifiuto di compiere vere e proprie scelte compositive hanno portato Cage ad assumere un ruolo radicalmente distruttivo nei confronti dei capisaldi della razionalità costruttiva della partitura musicale nella tradizione occidentale.

Lo studio dei processi aleatori e il loro ruolo nella costruzione della città potranno incidere radicalmente sulle future programmazioni delle possibilità evolutive e di progetto. In questo campo le ricerche di Soddu (1989) sulle determinazioni progettuali di città aleatorie dimostrano come la rappresentazione dell'evoluzione urbana possa essere tradotta in un sistema di dispositivi di simulazione formale informatizzata di logiche compositive e di logiche di crescita urbana, basati su algoritmi di generazione di architetture aleatorie:

⁸ Per un'esposizione del pensiero musicale di Xenakis, tra l'altro con l'interessante relazione sulla collaborazione con Le Corbusier per il progetto e la costruzione del Padiglione Philips e quindi, in generale, sui rapporti tra architettura e spazio architettonico, si veda Xenakis (1976).

Questa rappresentazione si configura, ad immagine dello sviluppo reale di un progetto, come un sistema dinamico di tipo aleatorio, in quanto gli eventi successivi che genera non sono prevedibili. Non possono, infatti essere prevedibili i disegni di architettura che genererà, per due ragioni principali:

- non deve trattarsi di una raccolta di progetti ma di una rappresentazione che simula ed esplicita una logica di sviluppo;

- ogni disegno di architettura dipenderà da occasioni di progetto generate in modo casuale e sempre diverso, in modo da esplicitare le modalità di gestione delle occasioni stesse;

- ogni scelta compositiva operata utilizzando i margini di aleatorietà presenti inciderà sulle scelte successive rendendo imprevedibili (ma riconoscibili) gli eventi architettonici rappresentati successivamente. (Soddu, 1989, p. 18).

5. Conclusioni

Negli ultimi anni le categorie di progetto orientate ad un approccio morfologico hanno raggiunto una maturazione concettuale di fondamentale importanza. Questo cambiamento, oltre ad aver rinvigorito il primato della forma, della sua rappresentazione, della sua modellizzazione, della ricerca delle procedure logiche della sua formazione e del suo sviluppo, ha ricevuto impulso da un mutamento nel quadro epistemologico generale, nel quale hanno rivestito un ruolo primario nuovi modelli di razionalità, legati ai problemi posti dall'incremento di complessità dei sistemi e alle teorie portatrici di nuove modellizzazioni dei fenomeni.

In questo contesto è possibile individuare dei nuclei conclusivi della presente monografia, riferendosi da una parte a quelle teorie appartenenti a discipline consolidate, che costituiscono il retaggio dell'approccio morfologico classico – simmetria, topologia, geometria, percezione, oltre che delle teorie estetiche e artistiche –, e dall'altra parte a quelle teorie che costituiscono le tendenze in atto più avanzate – le teorie dei sistemi dinamici, del caos, delle catastrofi, dei frattali, della morfogenesi biologica.

La razionalità interna del processo generativo che sta alla base delle ragioni progettuali si sta avviando ad essere *procedura di controllo* più che pratica intuitiva rudimentale, costruzione di una rete di modelli interpretativi della realtà più che assunzione acritica o ingenua di modelli assiomatici e categorici.

In questo senso, il progetto può diventare l'operatore teorico per la trasformazione della realtà esistente e per la costruzione e produzione di una nuova futura realtà e al tempo stesso il paradigma di controllo delle trasformazioni che, ponendosi contro la metafisica di forme ineffabili o

solamente simboliche o immateriali, propugna invece la ricostituzione rigorosa e molteplice dei suoi fondamenti teorici e metodologici.

Le logiche evolutive vengono così anch'esse rappresentate da *sistemi dinamici*, i cui assetti strutturali sono contraddistinti da fenomeni di discontinuità, da ricorrenti biforcazioni, da rotture di simmetria, in analogia a quanto accade nei paradigmi della nuova scienza contemporanea, che, al di là di una visione deterministica e oltre la visione probabilistica, dispiega nella capacità progettuale di dare forma al nostro mondo, nella sua progettualità oltre la programmazione e la pianificazione, la caratterizzazione più importante di quest'epoca.

Tale concettualizzazione ha aperto suggestivi terreni di incontro tra procedure di elaborazione teorica nel campo delle nuove scienze, che modellizzano e formalizzano sofisticate procedure per la descrizione dei sistemi dinamici complessi (qual è pure il sistema degli oggetti) e l'esplicazione della rete strutturale dell'operabilità progettuale negli interventi modificativi. I nuclei morfogenetici generano nuove configurazioni all'interno dei sistemi dinamici opponendosi all'inerzia del sistema contestuale, in analogia coi sistemi biologici di morfogenesi.

La rivalutazione ed estensione del concetto di *morfologia* in quanto configurazione espressiva, descrittiva e affidabile di uno stato della dinamica del sistema, connotato da una condizione di stabilità strutturale, viene ad assumere un ruolo di riferimento per gli sforzi multidisciplinari di fondazione teorica che vanno sostituendo al concetto di *forma* ereditato dalla filosofia al naturalismo, dalla linguistica alle scienze esatte, una concezione generativa della forma, che mutua dalla biologia il termine *morfogenesi* per esprimere l'insorgenza di una forma e il suo sviluppo, che si compie mediante dinamiche globali, lente, e locali, più rapide, spesso in competizione tra parecchi sistemi in crescita o in coevoluzione.

In definitiva il referente morfologico e la ricerca di matrici formali risultano maggiormente affidabili rispetto ad altri referenti di natura tipologica, per controllare l'evoluzione delle dinamiche delle idee "progettanti". Lo spostamento di aggettivazione da progettuale al participio progettante conferisce una nuova connotazione di svolgimento dinamico e partecipativo delle molteplici realtà che attraverso l'adduzione si riversano nella progettazione. Significa attribuire alle forme capacità autorganizzative proprie di una macchina autopoietica e al

tempo stesso sottoporle alla gestione e al controllo delle dinamiche evolutive da parte del progettista.

La ricerca progettuale come prefigurazione del possibile e come selezione di alternative di più scenari paralleli taglia così trasversalmente tutte le aree del pensiero, delle scienze, delle arti, delle tecniche.

I processi morfogenetici attraverso cui si compie la morfogenesi del sistema degli oggetti agiscono sul terreno delle trasformazioni *locali* per generare un più ampio meccanismo di differenziamento, sviluppo e modificazione degli assetti *globali*; agiscono nel discreto ambiente nel quale si svolge l'azione tra i poli dell'attività creatrice, la mano e l'occhio, per riflettersi nel più vasto ambiente meraviglioso e immaginario che si è esteriorizzato nella cultura, durante il cammino e l'ascesa della civiltà.

Da qui l'importanza di prevederne la maturazione e gli sviluppi nel futuro perché se, con sant'Agostino, «il presente del passato è la memoria, il presente del presente è la visione, il presente del futuro è l'attesa»¹, il progetto si proietta in avanti nel tempo, racchiudendo nella sua sostanza, custodito come gemma preziosa, il patrimonio di storie, di saperi, di speranze e di *forme*, che noi trasferiamo con tradizione ininterrotta nel futuro, attualizzando il nostro dialogo col mondo.

¹ «Né futuro né passato esistono. È inesatto dire che i tempi sono tre: passato, presente, futuro. Forse sarebbe esatto dire che i tempi sono tre: presente del passato, presente del presente, presente del futuro. Queste tre specie di tempi esistono in qualche modo nell'animo e non vedo altrove: il presente del passato è la memoria, il presente del presente è la visione, il presente del futuro è l'attesa». Sant'Agostino, *Le Confessioni*, Libro XI, 20.26, Mondadori, Milano, 1989, p. 331.

Riferimenti bibliografici

- Agazzi E., a cura di (1973), *La simmetria*, il Mulino, Bologna.
- Albers J. (1971), *Interaction of color*, Yale University Press, New Haven-London (trad. it.: *Interazione del colore*, Pratiche, Parma, 1991).
- Alexander C. (1964), *Notes on the Synthesis of Form*, Harvard University Press, Cambridge.
- Alexander C. (1968), *D'un ensemble de forces à une forme*, in Kepes G., a cura di, *L'object créé par l'homme*, La Connaissance, Bruxelles, pp. 96-108.
- Altmann S.L. (1992), *Icons and Symmetries*, Oxford University Press, New York.
- Amsterdamski S. (1980), *Naturale/artificiale*, in *Enciclopedia*, vol. IX, Einaudi, Torino, pp. 792-821.
- Anceschi G. (1973), "Max Bense. Digressione sui concetti di Gestalt e Struttura", *Il Verri*, 3: 49-63.
- Anceschi G. (1983), "Design di base, fundamenta del design", *Ottagono*, 70.
- Anceschi G. (1986), "La cultura dell'imitazione", Supplemento di *Alfabeta*, 83: III-V.
- Argan G.C. (1989), *Storia dell'arte italiana. 1. Dall'antichità a Duccio*, Sansoni, Firenze.
- Arnaboldi M.A. e Garbagnati E. (1966), *Genesi della forma*, Marsilio, Padova.
- Arnheim R. (1954), *Art and Visual Perception: a Psychology of the Creative Eye*, University of California, Berkeley-Los Angeles (trad. it.: *Arte e percezione visiva*, Feltrinelli, Milano, 1962).
- Arnheim R. (1966), *Toward a Psychology of Art*, University of California, Berkeley-Los Angeles (trad. it.: *Verso una psicologia dell'arte. Espressione visiva, simboli e interpretazione*, Einaudi, Torino, 1969).
- Arnheim R. (1969), *Visual Thinking*, University of California, Berkeley-Los Angeles (trad. it.: *Il pensiero visivo. La percezione visiva come attività conoscitiva*, Einaudi, Torino, 1974).
- Arnheim R. (1971), *Entropy and Art. An Essay on disorder and order*, University of California Press, Berkeley (trad. it.: *Entropia e arte. Saggio sul disordine e l'ordine*, Einaudi, Torino, 1974).

- Arnheim R. (1977), *The Dynamics of Architectural Form*, University of California Press, Berkeley (trad. it.: *La dinamica della forma architettonica*, Feltrinelli, Milano 1985).
- Arnheim R. (1977), *The Dynamics of Architectural Form*, University of California Press, Berkeley (trad. it.: *La dinamica della forma architettonica*, Feltrinelli, Milano, 1985).
- Arnol'd V.I. (1983), *Teorija Katastrof*, Moskva (trad. it.: *Teoria delle catastrofi*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990).
- Asimow M. (1962), *Introduction to Design*, Prentice-Hall, Englewood Cliff N.I. (trad. it.: *Principi di progettazione*, Marsilio, Venezia, 1968).
- Atlan H. (1979), *Entre le cristal et la fumée*, Seuil, Paris (trad. it.: *Tra il cristallo e il fumo. Saggio sull'organizzazione del vivente*, Hopeful Monster, Firenze, 1986).
- Bairati C. (1952), *La simmetria dinamica*, Politecnica, Milano.
- Bak P. e Chen K. (1991), "La criticità autorganizzata", *Le Scienze*, 271: 22-30.
- Barilli R., Caglioti G., Dorfles G. e Fagone V. (1993), *Arte e scienza*, Ilisso, Nuoro.
- Barthes R. (1972), *Le degré zéro de l'écriture suivi de Nouveaux essais critiques*, Seuil, Paris (trad. it.: *Il grado zero della scrittura*, Einaudi, Torino, 1982).
- Bassi A. (2007), *Design anonimo in Italia: oggetti comuni e progetto incognito*, Electa, Milano.
- Bastide R., a cura di (1962), *Sens et usage du terme structure. Dans les sciences humaines et sociales*, Mouton, Gravenhage (trad. it.: *Usi e significati del termine "struttura". Nelle scienze umane e sociali*, Bompiani, Milano, 1965).
- Bateson G. (1979), *Mind and Nature. A necessary Unity*, Dutton, New York (trad. it.: *Mente e natura. Un'unità necessaria*, Adelphi, Milano, 1984).
- Baudrillard J. (1968), *Le système des objets*, Gallimard, Paris (trad. it.: *Il sistema degli oggetti*, Bompiani, Milano, 1972).
- Bellini M. (1991), "Firmato: «Anonimo»", *Domus*, 726: II.
- Belusov B.P. (1958), *Sborn referat. radiat. Meditsin za*, Medgiz, Moscou.
- Bénard H. (1900), "Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide", *Revue générale de sciences pures et appliquées*, 11: 1261-1271, 1309-1328.
- Benjamin W. (1963), *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*, Suhrkamp, Frankfurt am Main (trad. it.: *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Einaudi, Torino, 1972).
- Bense M. (1954), *Aesthetica*, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (trad. it.: *Estetica*, Bompiani, Milano, 1974).
- Bernal J.D. (1937), *Art and the Scientist*, in Martin J.L., Nicholson B. and Gabo N., eds., *Circle. International Survey of Constructive Art*, Faber and Faber, London.
- Bertoldini M., Nardi G. e Talamo C., a cura di (1993), *Poiesis. L'informatica nel progetto euristico*, Città Studi, Milano.
- Bill M. (1952), *Form*, Werner, Basilea.
- Birkhoff G.D. (1933), *Aesthetic measure*, Harvard University Press, Cambridge.

- Bloomfield L. (1933), *Language*, Holt, New York (trad. it.: *Il linguaggio*, il Saggiatore, Milano, 1974).
- Bocchi G. e Ceruti M., a cura di (1985), *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano.
- Boirel R. (1961), *Théorie générale de l'invention*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Bonfantini M.A. (1993), *La semiosi dell'invenzione progettuale*, in Bertoldini M., Nardi G., Talamo C., a cura di, *Poiesis. L'informatica nel progetto euristico*, Città Studi, Milano.
- Bonfantini M.A. et al., a cura di (1984), *Le leggi dell'ipotesi*, Bompiani, Milano.
- Bonsiepe G. (1995), *Dall'oggetto all'interfaccia. Mutazioni del design*, Feltrinelli, Milano.
- Bonsiepe G. (1993), *Teoria e pratica del disegno industriale. Elementi per una manualistica critica*, Feltrinelli, Milano.
- Boulez P. (1975), *Par volonté et par hasard*, Seuil, Paris (trad. it.: *Per volontà e per caso*, Einaudi, Torino, 1977).
- Boulez P. (1989), *Le pays fertile*, Gallimard, Paris (trad. it.: *Il paese fertile. Paul Klee e la musica*, Leonardo, Milano, 1990).
- Boutot A. (1993), *L'invention des formes*, Odile Jacob, Paris.
- Bruner J.S. (1944), *On Knowing. Essay for the Left Hand*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge (trad. it.: *Il conoscere. Saggi per la mano sinistra*, Armando, Roma, 1968).
- Brusatin M. (1978), *Disegno/progetto*, in *Enciclopedia*, vol. IV, Einaudi, Torino, pp. 1098-1152 e tavv. 34.
- Bruter C.-P. (1974), *Topologie et perception*, Doin et Maloine, Paris.
- Bruter C.-P. (1980), *Sviluppo e morfogenesi*, in *Enciclopedia*, Einaudi, Torino, pp. 917-945.
- Buiatti M. (1990), "Le forme della vita", *Casabella*, 54, 566: 36-39.
- Bürdek B.E. (1991), *Design: Geschichte, Theorie und Praxis der Produktgestaltung*, DuMont, Köln (trad. it.: *Design: storia, teoria e prassi del disegno industriale*, Mondadori, Milano, 1992).
- Bürdek B.E. (1971), *Design-Theorie. Problem lösungsverfahren, Planungsmethoden, Strukturierungsprozesse*, Frankfurt am Main (trad. it.: *Teoria del Design. Procedimenti di problem-solving, metodi di pianificazione, processi di strutturazione*, Mursia, Milano, 1971).
- Cache B. (1989), *L'ameublement du territoire*, Paris.
- Caglioti G. (1983), *Simmetria e ambiguità nella fisica e nelle arti figurative*, in *Anuario dell'Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Mondadori, Milano, pp. 332-337.
- Caglioti G. (1992), *The dynamics of ambiguity*, Springer, Berlin.
- Caglioti G. (1994), *Simmetrie infrante nella scienza e nell'arte*, Città Studi, Milano.
- Caglioti G. (1995), *Eidos e psiche. Struttura della materia e dinamica dell'immagine*, Ilisso, Nuoro.

- Caillois R. (1973), *Fecondità della dissimmetria*, in Agazzi E., a cura di, *La simmetria*, il Mulino, Bologna, p. 425.
- Calabrese O. (1985), *Il linguaggio dell'arte*, Bompiani, Milano.
- Calabrese O., a cura di (1980), *Semiotica della pittura*, il Saggiatore, Milano.
- Calvino I. (1988), *Lezioni americane. Sei proposte per il prossimo millennio*, Garzanti, Milano.
- Canguilhem G. (1982), *L'albero della conoscenza*, il Mulino, Bologna.
- Cappelletti V. (1973), *La simmetria e il principio della forma*, in Agazzi E., a cura di, *La simmetria*, il Mulino, Bologna, p. 13.
- Carandini A. (1975), *Archeologia e cultura materiale. Lavori senza gloria nell'antichità classica*, De Donato, Bari.
- Carmagnola F. (1989), *La visibilità. Per un'estetica dei fenomeni complessi*, Guerini e Associati, Milano.
- Carmagnola F. (1991), *Luoghi della qualità. Estetica e tecnologia nel postindustriale*, Domus Academy, Milano.
- Carrà S. (1989), *La formazione delle strutture*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Ceruti M. (1985), *La hybris dell'onniscienza e la sfida della complessità*, in Bocchi G. e Ceruti M., a cura di, *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano, pp. 25-48.
- Changeux J.-P. (1995), *Ragione e piacere. Dalla scienza all'arte*, Raffaello Cortina, Milano.
- Chisini O. e Masotti Biggiogero G. (1975), *Lezioni di geometria descrittiva*, Tamburini, Milano.
- Chomsky N. (1975), *La grammatica trasformazionale. Scritti espositivi*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Conti F. e Giusti E., a cura di (1993), *Oltre il compasso. La geometria delle curve*, Carte Segrete, Roma.
- Corti M. (1983), "Luoghi mentali e percorsi dell'invenzione", *Casabella*, 48, 503: 52-55.
- Couillet P. e Emilson K. (1992), *Rhythms and Patterns: the mathematics of time and space*, Institute Non Lineaire, Nice.
- Crotti S. (1985), *Il progetto come rete di modelli*, in d'Alfonso E., a cura di, *Ragioni della storia e ragioni del progetto. Discussioni sulla teoria con Françoise Choay*, Clup, Milano, pp. 100-120.
- Crutchfield J.P., Doyné Farmer J., Packard N.H. e Shaw R.S. (1987), "Il caos", *Le Scienze*, 222: 10-21.
- d'Alfonso E., Franzini E., a cura di (1991), *Metafora mimesi morfogenesi progetto. Un dialogo tra filosofi e architetti*, Guerini, Milano.
- D'Auria A. (1993), "Per un'estetica della ricezione del design", *Op. cit.*, 88: 24-37.
- Dawkins R. (1976), *The Selfish Gene*, Oxford University Press, London (trad. it.: *Il gene egoista*, Zanichelli, Bologna, 1979).
- de Faria L. (1988), *Evolution without selection*, Elsevier, Amsterdam-New York.

- De Fusco R. (1964), *La cultura dell'Einfühlung e la critica architettonica*, in *L'idea di architettura*, Milano, pp. 43-71
- De Fusco R. (1989), "Il "piacere" del design", *Op. cit.*, 75: 18-32.
- de Kerckhove D. (1994), *Remapping sensoriale nella realtà virtuale e nelle altre tecnologie ciberattive*, in Capucci P., a cura di, *Il corpo tecnologico*, Baskerville, Bologna.
- de Saussure F. (1962), *Cours de linguistique générale*, publ. par Charles Bally et Albert Sechehaye, Payot, Paris (trad. it.: *Corso di linguistica generale*, Laterza, Bari, 1967).
- de Seta C. (1980), *Oggetto*, in *Enciclopedia*, vol. IX, Einaudi, Torino, pp. 997-1019.
- Deleuze G. (1988), *Le pli. Leibniz et le Baroque*, Paris (trad. it.: *La piega. Leibniz e il Barocco*, Einaudi, Torino, 1990).
- Deleuze G. e Guattari F. (1976), *Rhizome (introduction)*, Le Edition de Minuit, Paris (trad. it.: *Rizoma*, Pratiche, Parma-Lucca, 1977).
- Della Volpe G. (1960), *Critica del gusto*, Milano.
- Dewey J. (1934), *Art as Experience*, Minton, Balch and Co., New York (trad. it.: *L'arte come esperienza*, La Nuova Italia, Firenze, 1951).
- Dezzi Bardeschi M. (1984), "Una lezione di stile: il Medioevo tra noi", *Domus*, 647: 24.
- Donolo C. e Fichera F. (1989), *Le vie dell'innovazione*, Feltrinelli, Milano.
- Dorfles G. (1959), *Il divenire delle arti*, Einaudi, Torino.
- Dorfles G. (1962), *Simbolo comunicazione consumo*, Einaudi, Torino.
- Dorfles G. (1968), *Artificio e natura*, Einaudi, Torino.
- Dorfles G. (1970), *Le oscillazioni del gusto. L'arte di oggi tra tecnocrazia e consumismo*, Einaudi, Torino.
- Dorfles G. (1972), *Introduzione al disegno industriale*, Einaudi, Torino.
- Dorigati R. (1900), *Su alcune tecniche di progetto: le proprietà traslate*, in *Quaderni del Dipartimento di progettazione dell'architettura*, n. 10, Clup, Milano, pp. 89-98.
- Dufrenne M. (1977), *Eстетica*, in *Enciclopedia del Novecento*, vol. II, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, pp. 811-823.
- Eco U. (1981), *Significato* in *Enciclopedia*, vol. XII, Einaudi, Torino.
- Éjzenštejn S.M. (1985), *Teoria generale del montaggio*, Marsilio, Venezia.
- Emmer M. (1991), *Bolle di sapone*, La Nuova Italia, Firenze.
- Emmer M. (1991), *La perfezione visibile*, Theoria, Roma.
- Ernst B. (1990), *Lo specchio magico di Maurits Cornelis Escher*, Taschen, Berlin.
- Fanelli G. e Fanelli R. (1976), *Il tessuto moderno. Disegno moda architettura 1890-1940*, Vallecchi, Firenze.
- Farnè M. (1972), *La percezione dello spazio visivo*, Cappelli, Bologna.
- Focillon H. (1943), *Vie des Formes suivi de Eloge de la main*, Presses Universitaires de France, Paris (trad. it.: *Vita delle forme seguito da Elogio della mano*, Einaudi, Torino, 1990).
- Formaggio D. (1962), *L'idea di artisticità*, Ceschina, Milano.
- Formaggio D. (1973), *Arte*, ISEDI, Milano.
- Formaggio D. (1987), "Forma, paradigma, trans-morfosi", *Belfagor*, 42, 1: 1-14.

- Fornari F. (1979), *Coinema e icone. Nuova proposta per la psicoanalisi dell'arte*, il Saggiatore, Milano.
- Gabo N., Martin J.L. e Nicholson B., eds. (1937), *Circle. International Survey of Constructive Art*, Faber and Faber, London.
- Gardner M. (1959), *Mathematical puzzles and diversions*, Simon and Schuster, New York (trad. it.: *Enigmi e giochi matematici*, Sansoni, Firenze, 1972).
- Gargani A. et al. (1976), *Crisi della ragione*, Einaudi, Torino.
- Garroni E. (1978), *Creatività*, in *Enciclopedia*, vol.IV, Einaudi, Torino 1978, pp. 25-99.
- Gibson J.J. (1950), *The Perception of the Visual World*, Houghton Mifflin, Boston.
- Gil F. (1981), voce *Ricerca*, Enciclopedia Einaudi, Torino, Vol. XII, pp. 3-32.
- Ginzburg C. e Prosperi A. (1975), *Giochi di pazienza. Un seminario sul "Beneficio di Cristo"*, Einaudi, Torino.
- Ginzburg M.J. (1923), *Ritm v Architekture, Stil' i epocha* (1924), *Zilisce* (1934), (trad. it.: *Saggi sull'architettura costruttivista*, Feltrinelli, Milano, 1977).
- Gleick J. (1987), *Chaos*, Viking Penguin, New York (trad. it.: *Caos*, Rizzoli, Milano, 1989).
- Goethe J.W. (1817-22), *Zur Naturwissenschaft überhaupt, besonders zur Morphologie. Erfahrung, Betrachtung, Folgerung, durch Lebensereignisse verbunden*, Stuttgart (trad. it.: *La metamorfosi delle piante e altri scritti sulla scienza della natura*, Guanda, Milano, 1983).
- Gombrich E.H. (1959), *Art and Illusion. A Study in the Psychology of Pictorial Representation*, the Trustees of the National Gallery of Arts, Washington (trad. it.: *Arte e illusione. Studio sulla psicologia della rappresentazione pittorica*, Einaudi, Torino, 1965).
- Gombrich E.H. (1979), *The Sense of Order. A Study in the Psychology of Decorative Art*, Phaidon Press, Oxford (trad. it.: *Il senso dell'ordine. Studio sulla psicologia dell'arte decorativa*, Einaudi, Torino, 1984).
- Gombrich E.H. (1991), *Topics of Our Time. Twentieth-century issues in learning and in art*, Phaidon Press, London (trad. it.: *Argomenti del nostro tempo. Cultura e arte nel XX secolo*, Einaudi, Torino, 1994).
- Goodman N. (1968), *Languages of Art*, The Bobbs-Merrill Company (trad. it.: *I linguaggi dell'arte*, il Saggiatore, Milano, 1976).
- Gregory R.L. (1966), *Eye and Brain*, Weidenfeld and Nicholson, London (trad. it.: *Occhio e cervello. La psicologia del vedere*, il Saggiatore, Milano, 1979).
- Gregotti V. (1966), *Il territorio dell'architettura*, Feltrinelli, Milano.
- Grignani F. (1975), *Una metodologia della visione*, Comune di Milano, Milano.
- Guillaume P. (1973), *La psicologia della forma*, Firenze, 1973.
- Haeckel E.H. (1899), *Kunstformen der Nature*, Verlag des Bibliographischen Instituts, Leipzig und Wien; rist. ingl. *Artforms in Nature*, Dover, New York 1974.
- Hambidge J. (1967), *The Elements of Dynamic Symmetry*, Dover, New York.
- Hargittai I. e Hargittai M. (1994), *Symmetry. A unifying concept*, Shelter, Bolinas.

- Heesch H. e Kienzle O. (1963), *Flächenschluss*, Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- Heidegger M. (1957), *Sein und Zeit*, M. Niemeyer, Tübingen (trad. it.: *Essere e tempo*, Longanesi, Milano, 1984).
- Helmcke J.G. (1973), *Simmetria e ritmo nella natura vivente e nel pensiero umano*, in Agazzi E., a cura di, *La simmetria*, il Mulino, Bologna, p. 273.
- Hesselgren S. (1969), *The Language of Architecture*, Applied Science Publishers, Barking.
- Hilbert D., Cohn-Vossen S. (1932), *Anschauliche Geometrie*, Julius Springer Verlag, Berlin (trad. it.: *Geometria intuitiva*, Bollati Boringhieri, Torino, 1972).
- Hjelmslev L. (1943), *Omkring sprogteoriens grundlæggelse*, Munksgaard, København (trad. it.: *I fondamenti della teoria del linguaggio*, Einaudi, Torino, 1968).
- Hofstadter D.R. (1979), *Gödel, Escher, Bach. An Eternal Golden Braid*, Basic Book, New York (trad. it.: *Gödel, Escher, Bach: un'Eterna Ghirlanda Brillante*, Adelphi, Milano, 1984).
- Hofstadter D.R. (1985), *Metamagical Themas: Questing for the Essence of Mind and Pattern*, Basic Book, New York.
- Holub R.C., a cura di (1989), *Teoria della ricezione*, Einaudi, Torino.
- Honzik K. (1937), *A note on Biotechnics*, in Gabo N., Martin J.L. e Nicholson B., eds., *Circle. International Survey of Constructive Art*, Faber and Faber, London.
- Huff W.H. (1990), "What is Basic Design? Generic problems of synthetic design", *Inter sight*, 1: 78.
- Huff W.S. (1967), *Symmetry: an Appreciation of its presence in Man's Consciousness*, Pittsburgh.
- Huff W.S. (1984), "Geometrizzare e percettualizzare", *Rassegna*, 6, 19: 36-39.
- Iser W. (1989), *Il processo della lettura. Una prospettiva fenomenologica*, in Holub R.C., a cura di, *Teoria della ricezione*, Einaudi, Torino.
- Jaeger F.M. (1917), *Lectures on the principle of symmetry and its applications in all natural sciences*, Elsevier, Amsterdam.
- Jones O. (1868), *The Grammar of Ornament*, Bernard Quaritch, London.
- Jürgens H., Peitgen H-O. e Saupe D. (1990), "Il linguaggio dei frattali", *Le Scienze*, n. 266 (ottobre 1990), pp.42-49.
- Kanizsa G. (1976), "Contorni soggettivi", *Le Scienze*, 17, 96: 30-36.
- Kanizsa G. (1980), *Grammatica del vedere. Saggi su percezione e gestalt*, il Mulino, Bologna.
- Katz D. (1948), *Gestaltpsychologie*, Benno Schwabe & Co., Basilea (trad. it.: *La psicologia della forma*, Bollati Boringhieri, Torino, 1979).
- Kauffman S.A. (1991), "Anticaos ed evoluzione biologica", *Le Scienze*, 278: 82-103.
- Kauffman S.A. (1993), *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, New York.
- Kemp M. (1990), *The Science of Art. Optical themes in western art from Brunelleschi to Seurat*, Yale University Press, New Haven-London (trad. it.: *La scienza dell'arte. Prospettiva e percezione visiva da Brunelleschi a Seurat*, Giunti, Firenze, 1994).

- Kepes G. (1966), *Module, Proportion, Symmetry, Rhythm*, Braziller, New York.
- Kepes G. (1967), *Language of Vision*, Theobald, Chicago (trad. it.: *Il linguaggio della visione*, Dedalo, Bari, 1971).
- Kepler J. (1596), *Mysterium Cosmographicum*, Tübingen.
- Kiesler F.J. (1939), "On Correalism and Biotechnique: a Definition and Test of a New Approach to Building Design", *Architectural Record* (september 1939): 60-69.
- Klee P. (1945), *Über die moderne Kunst*, Benteli, Bern (trad. it.: *Teoria della forma e della figurazione*, Feltrinelli, Milano, 1980).
- Klein R. (1970), *La forme et l'intelligible*, Gallimard, Paris (trad. it.: *La forma e l'intelligibile. Scritti sul Rinascimento e l'arte moderna*, Einaudi, Torino, 1975).
- Klingender F.D. (1968), *Art and Industrial Revolution*, Adams and Macbay, London (trad. it.: *Arte e rivoluzione industriale*, Einaudi, Torino, 1972).
- Koffka K. (1935), *Principles of Gestalt Psychology*, Hartcourt, New York (trad. it.: *Principi di psicologia della forma*, Bollati Boringhieri, Torino, 1970).
- Köhler W. (1929), *Gestalt Psychology*, Liveright, New York (trad. it.: *La psicologia della Gestalt*, Feltrinelli, Milano, 1961).
- Köhler W. (1971), *Evoluzione e compiti della psicologia della forma*, Armando, Roma.
- Kubler G. (1972), *The Shape of Time. Remarks on the History of Things*, Yale University Press, New Haven-London (trad. it.: *La forma del tempo. Considerazioni sulla storia delle cose*, Einaudi, Torino, 1976).
- Kuhn T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago (trad. it.: *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969).
- Kuhn T.S. (1977), *The Essential Tension*, The University of Chicago Press, Chicago (trad. it.: *La tensione essenziale. Cambiamenti e continuità nella scienza*, Einaudi, Torino, 1985).
- Lanzara G.F. e Pardi F. (1980), *L'interpretazione della complessità. Metodo sistematico e scienze sociali*, Guida, Napoli.
- Le Corbusier (1925), *L'art décoratif d'aujourd'hui*, Vincent Fréal & Cie, Paris (trad. it.: *Arte decorativa e design*, Laterza, Bari, 1972).
- Le Moigne J.-L. (1985), *Progettazione della complessità e complessità della progettazione*, in Bocchi G., Ceruti M., a cura di, *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano 1985, pp.84-102.
- Leonardo da Vinci, *Trattato della pittura (Condotto sul Cod. Vaticano Urbinate 1270)*, TEA, Milano, 1995.
- Leonardo de paoli, *Della natura, peso e moto delle acque. Il Codice Leicester*, Electa, Milano, 1995.
- Leroi-Gourhan A. (1964), *Le geste et la parole. Technique et langage*, Albin Michel, Paris (trad. it.: *Il gesto e la parola. Tecnica e linguaggio*, Einaudi, Torino, 1977).

- Leroi-Gourhan A. (1965), *Le geste et la parole. La mémoire et les rythmes*, Albin Michel, Paris (trad. it.: *Il gesto e la parola. La memoria e i ritmi*, Einaudi, Torino, 1977).
- Lewin K. (1961), *Principi di psicologia topologica*, Organizzazioni Speciali, Firenze.
- Loeb A.L. (1989), "Symmetry of Structure, an Interdisciplinary Symposium, 13-19 August 1989", *Leonardo*, 23, 2: 321-322.
- Loeb A.L. (1971), *Color and Symmetry*, John Wiley & Sons, New York, London, Sidney, Toronto.
- Lotman J.M. (1993), *Kul'tura i vzryv*, Gnosis, Moskva (trad. it.: *La cultura e l'esplosione. Prevedibilità e imprevedibilità*, Feltrinelli, Milano, 1993).
- Maldonado T. (1963), "Design-Objekte und Kunst-Objekte", *Ulm*, 7: 18-22.
- Maldonado T. (1963), "Ist Produktgestaltung eine künstlerische Tätigkeit?", *Ulm*, 7: 10-11.
- Maldonado T. (1970), *La speranza progettuale. Ambiente e società*, Einaudi, Torino.
- Maldonado T. (1974), *Avanguardia e razionalità. Articoli, saggi, pamphlets 1946-1974*, Einaudi, Torino.
- Maldonado T., a cura di (1979), *Tecnica e cultura. Il dibattito tedesco fra Bismark e Weimar*, Feltrinelli, Milano.
- Maldonado T. (1987), *Il futuro della modernità*, Feltrinelli, Milano.
- Maldonado T. (1990), *Cultura, democrazia, ambiente. Saggi sul mutamento*, Feltrinelli, Milano.
- Maldonado T. (1991), *Disegno industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano.
- Maldonado T. (1992), *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano.
- Maldonado T. (1994), *Corpo tecnologico e scienza*, in Capucci P. (a cura di), *Il corpo tecnologico*, Baskerville, Bologna, pp. 77-97.
- Maldonado T. (1995), *Che cos'è un intellettuale? Avventure e disavventure di un ruolo*, Feltrinelli, Milano.
- Mandelbrot B.B. (1975), *Les objets fractals: forme, hasard et dimension*, Flammarion, Paris (trad. it.: *Gli oggetti frattali. Forma, caso e dimensione*, Einaudi, Torino, 1987).
- Mandelbrot B.B. (1977), *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman, New York.
- Mandelbrot B.B. (1989), *La geometria della natura. Sulla teoria dei frattali*, Theoria, Roma-Napoli.
- Manzini E. (1990), "Design come arte delle cose amabili", *Op.cit.*, 78: 17-26.
- March L. e Steadman P. (1971), *The Geometry of Environment*, RIBA, London (trad. it.: *La geometria dell'ambiente*, Mazzotta, Milano, 1974).
- Marculli A. (1971), *Teoria del campo. Corso di educazione alla visione*, Sansoni, Firenze.
- Marculli A. (1978), *Teoria del campo. Corso di metodologia della visione*, Sansoni, Firenze.

- Maturana H. e Varela F. (1980), *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*, Reidel, Dordrecht (trad. it.: *Autopoiesi e cognizione*, Marsilio, Padova, 1985).
- Maturana H. e Varela F. (1984), *El árbol del conocimiento*, Universidad de Chile, Santiago (trad. it.: *L'albero della conoscenza*, Garzanti, Milano, 1987).
- Menna F. (1965), "Design, comunicazione estetica e mass media", *Edilizia moderna*, 85: 32-37.
- Menna F. (1975), *La linea analitica dell'arte moderna. Le figure e le icone*, Einaudi, Torino.
- Merleau-Ponty M. (1945), *Phénoménologie de la perception*, Gallimard, Paris (trad. it.: *Fenomenologia della percezione*, il Saggiatore, Milano, 1965).
- Merleau-Ponty M. (1964), *Le visible et l'invisible*, Gallimard, Paris (trad. it.: *Il visibile e l'invisibile*, Bompiani, Milano, 1969).
- Migliari M., "La ricerca delle illustrazioni mancanti. L'evoluzione degli oggetti tecnici secondo Gilbert Simondon", *Stileindustria*, 1, 1: 30-39.
- Moholy-Nagy L. (1946), *Vision in motion*, Theobald, Chicago.
- Monod J. (1970), *Le hasard et la nécessité: essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Seuil, Paris (trad. it.: *Il caso e la necessità*, Mondadori, Milano 1974).
- Morello A. (1995), "Progetto ed enciclopedia. La necessità di un'organizzazione del sapere", *Stileindustria*, 1, 1: 8-11.
- Morin E. (1977), *La Méthode. I. La nature de la nature*, Paris (trad. it.: *Il metodo. Ordine disordine organizzazione*, Feltrinelli, Milano, 1983).
- Morin E. (1990), *Introduction à la pensée complexe* (trad. it.: *Introduzione al pensiero complesso*, Sperling & Kupfer, Milano, 1993).
- Morris C. (1938), *Foundation of the Theory of Signs*, The University of Chicago Press, Chicago (trad. it.: *Lineamenti di una teoria dei segni*, Paravia, Torino, 1954).
- Morris C. (1946), *Signs, Language, and Behavior*, Prentice-Hall, New York (trad. it.: *Segni, linguaggio e comportamento*, Longanesi, Milano, 1949).
- Morteo E. e Romanelli M. (1911), "Oggetti anonimi", *Domus*, 726: 72-92.
- Mukarovsky J. (1966), *Studie z estetiky*, Praha (trad. it.: *Il significato dell'estetica*, Einaudi, Torino, 1973).
- Mumford L. (1952), *Art and Technics*, Columbia University Press, New York (trad. it.: *Arte e tecnica*, Etas, Milano, 1966).
- Nelson D.R. (1986), "I quasicristalli", *Le Scienze*, 218: 24-33.
- Nicolis G. e Prigogine I. (1987), *Exploring Complexity. An Introduction*, Piper & Co., München (trad. it.: *La complessità. Esplorazioni nei nuovi campi della scienza*, Einaudi, Torino, 1991).
- Noël É., a cura di (1991), *Le hasard aujourd'hui*, Seuil, Paris (trad. it.: *Aggiornamenti sull'idea di "caso"*, Bollati Boringhieri, Torino, 1992).
- Ore O. (1963), *Graphs and Their Uses*, Yale University Press, New Haven-London (trad. it.: *I grafi e le loro applicazioni*, Zanichelli, Bologna, 1965).

- Ottino J.M. (1989), “Il mescolamento dei fluidi”, *Le Scienze*, 247: 34-43.
- Paci E. (1966), *Relazioni e significati*, Lampugnani Nigri, Milano.
- Pareyson L. (1968), *L'estetica come teoria della formatività*, Bompiani, Milano.
- Pascal B. (1670), *Pensées*, Port-Royal des Champs (trad. it.: *Pensieri*, Rusconi, Milano, 1993).
- Pascal B. (1670), *Pensées*, Port-Royal des Champs (trad. it.: *Pensieri*, Rusconi, Milano, 1993).
- Pedretti B. (1989), “Sulla trasmissione vitale della critica”, *Casabella*, 53, 557: 22-24.
- Peirce C.S. (1931-1958), *Collected Papers*, Harvard University Press, Cambridge (trad. it. parz.: *Semiotica. I fondamenti della semiotica cognitiva*, Einaudi, Torino, 1980).
- Peitgen H.-O. e Richter P.H., a cura di (1986), *The Beauty of Fractals*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg (trad. it.: *La bellezza dei frattali: immagini di sistemi dinamici complessi*, Bollati Boringhieri, Torino, 1987).
- Penrose L.S. e Penrose R. (1958), “Impossible Object: Special Type of Illusion”, *British Journal of Psychology*, 46: 31.
- Petitot J. (1977), *Centrato/acentrato*, in *Enciclopedia*, vol. II, Einaudi, Torino, pp. 894-954.
- Petter G. (1973), *Procedimenti euristici nel campo del pensiero produttivo*, in Mosconi G. e D'Urso V., a cura di, *La soluzione dei problemi*, Barbera-Giunti, Firenze.
- Pierantoni R. (1981), *L'occhio e l'idea. Fisiologia e storia della visione*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Pierantoni R. (1986), *Forma fluens. Il movimento e la sua rappresentazione nella scienza, nell'arte e nella tecnica*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Pinchetti P. (1912), *Il disegnatore per tessuti, ossia l'arte di disporre i disegni per la decorazione delle stoffe*, Pietro Cairoli, Como.
- Pitt-Rivers A. (1906), *The Evolution of Culture and other Essays*, Oxford.
- Poe E.A. (1846), “Philosophy of Composition”, *Graham's Magazine*, New York (trad. it.: *Filosofia della composizione e altri saggi*, Guida, Napoli, 1986).
- Poggio T. (1991), *L'occhio e il cervello*, Theoria, Roma.
- Popper F. (1970), *L'arte cinetica. Immagine del movimento nelle arti plastiche dopo il 1860*, Einaudi, Torino.
- Popper K.R. (1934), *Logik der Forschung*, Wien (trad. it.: *Logica della scoperta scientifica. Il carattere autocorrettivo della scienza*, Einaudi, Torino, 1970).
- Prat J.-L., a cura di (1992), *L'art en mouvement*, Catalogo della mostra, Fondation Maeght, Sain-Paul de Vence.
- Prigogine I. e Stengers I., (1979), *La nouvelle alliance*, Gallimard, Paris (trad. it.: *La nuova alleanza*, Einaudi, Torino, 1981).
- Propp V.J. (1928), *Morfologija skazki*, Academai, Leningrad (trad. it.: *Morfologia della fiaba*, Einaudi, Torino, 1966).
- Quaroni L. (1977), *Progettare un edificio. Otto lezioni di architettura*, Mazzotta, Milano.

- Radicati di Brozolo L.A. (1982), *Simmetrie e invarianze*, in *Enciclopedia del Novecento*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, vol. VI, pp. 551-566.
- Restany P. (1990), *Arte e produzione. Storia del plusvalore estetico*, Domus Academy, Milano.
- Ribot T.-A. (1900), *Essai sur l'imagination créatrice*, Alcan, Paris.
- Ricoeur P. (1975), *La métaphore vive*, Seuil, Paris (trad. it.: *La metafora viva*, Jaca Book, Milano, 1981).
- Rock I. e Palmer S. (1991), "L'eredità della psicologia della Gestalt", *Le Scienze*, 270: 60-66.
- Rowe C. e Koetter F. (1981), *Collage City*, MIT Press, Cambridge (trad. it.: *Collage City*, il Saggiatore, Milano, 1981).
- Ruelle D. (1989), *Chaotic Evolution and Strange Attractors*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruelle D. (1991), *Hasard et chaos*, Odile Jacob, Paris (trad. it.: *Caso e caos*, Bollati Boringhieri, Torino, 1992).
- Rykwert J. (1988), *Necessità dell'artificio*, Comunità, Milano.
- Saffaro L. (1991), "Tassellature centrali e non-archimedee", *Le Scienze*, 271: 32-40.
- Saffaro L. (1992), *Le nuove tassellature del piano*, in *Annuario EST Mondadori*, Milano, pp. 356-360.
- Salvadori F. (1982), "L'arte e la catastrofe", *Flash Art*, 16, 110: 6-27.
- Sander L.M. (1987), "L'accrescimento dei frattali", *Le Scienze*, 223: 68-76.
- Santoro G. (1976), *Introduzione alle matematiche*, La Viscontea, Milano.
- Saxl F. (1957), *Lectures*, The Warburg Institute, London (trad. it.: *La storia delle immagini*, Laterza, Bari, 1982).
- Schroeder M. (1991), *Fractals, Chaos, power laws: minutes from an infinite paradise*, Freeman, New York.
- Schulte J. (1982), "Coro e legge, Il «metodo morfologico» in Goethe e Wittgenstein", *Intersezioni*, 1: 99-124.
- Sconosciuti e familiari: oggetti di design anonimo prodotti in Svizzera dal 1920*, Hoepli, Milano, 1983. Catalogo della Mostra tenuta a Zurigo nel 1987.
- Seassaro A. (1968), *I morfemi*, Studio 2B, Bergamo.
- Sedlmayr H. (1948), *Verlust der Mitte*, Otto Müller Verlag, Salzburg (trad. it.: *Perdita del centro. Le arti figurative dei secoli diciannovesimo e ventesimo come sintomo e simbolo di un'epoca*, Rusconi, Milano, 1974).
- Severino E. (1979), *Legge e caso*, Adelphi, Milano.
- Shubnikov A.V., Belov N.V. (1964), *Colored symmetry*, MacMillan, New York.
- Shubnikov A.V., Kopstik V.A. (1974), *Symmetry in Science and Art*, Plenum Press, New York.
- Simmetrie, Atti del simposio, Roma, 9-11 marzo 1969*, Quaderno n. 36, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 1970.
- Simon H.A. (1981), *The Sciences of Artificial*, Cambridge (trad. it.: *Le scienze dell'artificiale*, il Mulino, Bologna, 1988).

- Simondon G. (1958), *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier-Montaigne, Paris.
- Simondon G. (1986), *L'individu et sa genèse physico-biologique*, Puf, Paris.
- Soddu C. (1979), *L'artificiale progettato*, Casa del libro, Reggio Calabria.
- Soddu C. (1987), *L'immagine non euclidea*, Gangemi, Napoli.
- Soddu C. (1988), *Possibilità e prospettive della simulazione tridimensionale computerizzata. Dalla ricostruzione stereometrica alla prospettiva non euclidea* in Atti del congresso *I fondamenti scientifici della rappresentazione*, Kappa, Roma.
- Soddu C. (1989), *Città aleatorie*, Masson, Torino.
- Soddu C. (1991), *La simulazione della dinamica evolutiva della forma. Dagli scenari metropolitani al design morfogenetico*, in Atti del convegno *La città interattiva*, Politecnico di Milano.
- Soddu C. (1993), *Il progetto ambientale attraverso i codici morfogenetici del naturale/artificiale*, in Bertoldini M., Nardi G. e Talamo C., a cura di, *Poiesis. L'informatica nel progetto euristico*, Città Studi, Milano.
- Soddu C. (1994), "Intelligenza artificiale e progetto di architettura. Dai vecchi CAD a nuovi strumenti che incrementano la creatività individuale come pensiero del possibile", *Archimedia*, 4.
- Soddu C. e Colabella E. (1992), *Il progetto di morfogenesi. Codici genetici dell'artificiale*, Esculapio, Bologna.
- Speiser A. (1924), *Die Theorie der Gruppen von Endlicher Ordnung*, Springer, Berlin.
- Speiser A. (1960), "Symmetry in Science and Art", *Daedalus*, 89, 1.
- Spinella M. (1991), *Cadavres exquis & disiecta membra*, in *Il sogno rivela la natura delle cose*, Catalogo della mostra, Società per le Belle Arti ed Esposizione Permanente, Mazzotta, Milano, pp. 193-225.
- Steadman P. (1979), *The Evolution of Designs*, Cambridge University Press, Cambridge (trad. it.: *L'evoluzione del design. L'analogia biologica in architettura e nelle arti applicate*, Liguori, Napoli, 1988).
- Steinhaus H. (1994), *Matematica per istantanee*, Zanichelli, Bologna.
- Syed J.A. e Salman A.S. (1995), *Symmetries of Islamic geometrical Patterns*, World Scientific, London.
- Tafuri M. (1980), *La sfera e il labirinto. Avanguardie e architettura da Piranesi agli anni '70*, Einaudi, Torino.
- Thom R. (1972), *Stabilité Structurelle et Morphogénèse. Essai d'une théorie générale des modèles*, InterEditions, Paris (trad. it.: *Stabilità strutturale e morfogenesi. Saggio di una teoria generale dei modelli*, Einaudi, Torino, 1980).
- Thom R. (1974), *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, Paris (trad. it.: *Modelli matematici della morfogenesi*, Einaudi, Torino, 1985).
- Thom R. (1980), *Qualità/quantità*, in *Enciclopedia*, vol. XI, Einaudi, Torino, pp.460-476.
- Thom R. (1983), *Paraboles et catastrophes: entretiens sur les mathématiques, la science et la philosophie*, Flammarion, Paris (trad. it.: *Parabole e catastrofi: intervista su matematica, scienza e filosofia*, il Saggiatore, Milano, 1980).

- Thompson D.W. (1917), *On Growth and Form*, Cambridge University Press, Cambridge. Ed. ridotta: Thompson D.W. (1961), *On Growth and Form. An Abridged Edition edited by J.T. Bonner*, Cambridge University Press, Cambridge (trad. it.: *Crescita e forma. Edizione ridotta a cura di John Tyler Bonner*, Bollati Boringhieri, Torino, 1969).
- Toraldo di Francia G. (1986), *Le cose e i loro nomi*, Laterza, Bari.
- Treisman A. (1987), "L'elaborazione visiva di caratteristiche e oggetti", *Le Scienze*, 20, 221: 76-86.
- Tveresky A. (1977), "Features of Similarity", *Psychological Review*, 84, 4 : 327-352.
- Tzonis A., Lefaivre L. (1993), "Le due nuove scienze della rappresentazione", *Casabella*, 57, 605: 42-44.
- Valéry P. (1894), *Introduction à la Méthode de Léonard de Vinci*, Editions de la Nouvelle Revue française, Paris (trad. it.: *Scritti su Leonardo*, Electa, Milano, 1984).
- Valéry P. (1921), "Eupalinos, ou l'Architecte", *Nouvelle Revue Française* (trad. it.: *Eupalino o l'architetto*, Edizioni Biblioteca dell'immagine, Pordenone, 1991).
- Van Onck A. (1965), "Metadesign", *Edilizia Moderna*, 85: 52-57.
- Van Onck A. (1994), *Design. Il senso delle forme dei prodotti*, Lupetti, Milano.
- Varela F.J. (1994), *Il reincanto del concreto*, in Capucci P., a cura di, *Il corpo tecnologico*, Baskerville, Bologna, pp. 143-159.
- Vinca Masini L., a cura di (1978), *Topologia e morfogenesi*, Biennale di Venezia.
- Vitruvio, *Dell'architettura di Marco Vitruvio Pollione Libri Dieci pubblicati da Carlo Amati*, Milano 1829, vol. I, pp. 13-16.
- Volli U., a cura di (1972), *La scienza e l'arte*, Mazzotta, Milano.
- Volli U. (1983), "La forma della simmetria", *Rassegna*, 5, 13: 28-33.
- Volli U. (1992), *Per il politeismo*, Feltrinelli, Milano.
- Volli U. (1994), *Il libro della comunicazione. Idee, strumenti, modelli*, il Saggiatore, Milano.
- Waddington C.H. (1977), *Tools for Thought*, The Estate of the Late C.H. Waddington and Yolanda Sonnabend (trad. it.: *Strumenti per pensare. Un approccio globale ai sistemi complessi*, Mondadori, Milano, 1977).
- Watzlawick P., Weakland J.H. e Fisch R. (1974), *Change: la formazione e la soluzione dei problemi*, Astrolabio, Roma.
- Weyl H. (1962), *Symmetry*, Princeton University Press, Princeton (trad. it.: *La Simmetria*, Feltrinelli, Milano, 1962).
- Whyte L.L. (1968), *Aspects of form*, Lund Humphries, London (trad. it.: *Aspetti della forma nella natura e nell'arte*, Dedalo, Bari, 1977).
- Williams T.J. (1984), *Tecnica dei controlli e automazione*, in *Enciclopedia del Novecento*, vol. VII, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, pp. 352-367.
- Wittgenstein L. (1953), *Philosophische Untersuchungen*, Basil Blackwell, Oxford (trad. it.: *Ricerche filosofiche*, Einaudi, Torino, 1995).

- Wolf K.L. e Wolff R. (1956), *Symmetrie, Versuch einer Anweisung zu gestalthaftem Sehen und sinnvollem Gestalten, systematisch argestellt und an zahlreichen Beispielen erläutert*, Böhlau Verlag, Münster-Köln.
- Wölfflin H. (1915), *Kunstgeschichtliche Grundbegriffe*, Monaco (trad. it.: *Concetti fondamentali di storia dell'arte*, TEA, Milano, 1994).
- Xenakis I. (1976), *Musique. Architecture*, Casterman, Paris (trad. it.: *Musica Architettura*, Spirali, Milano, 1982).
- Zarotti C. (1992), "Nuovi materiali", *Ottagono*, 27, 105: 29-36.
- Zeeman E.C. (1976), "Catastrophe Theory", *Scientific American*, 234, 4: 65-83 (trad. it.: "La teoria della catastrofe", *Le Scienze*, 18, 8:16-29).
- Zeischegg W. e Scholtz A. (1992), *Kartoffelchips im Wellflächenquadrat. Walter Zeischegg, Plastiker, Designer und Lehrer an der HfG Ulm 1951-1968: eine Ausstellung des Archivs der Hochschule für Gestaltung Ulm 13. September-18. Oktober 1992*, Stadt Ulm HfG-Archiv, Ulm.
- Zevi B. (1948), *Saper vedere l'architettura. Saggio sull'interpretazione spaziale dell'architettura*, Einaudi, Torino.
- Zevi B. (1973), *Il linguaggio moderno dell'architettura. Guida al codice anticlasico*, Einaudi, Torino.

Quando si progetta è ineludibile affrontare, assieme alle determinazioni tecnologiche e tipologiche, i problemi di determinazione della forma degli oggetti. Questo libro compie una ricognizione fra le diverse discipline in cui è preminente il problema della genesi della forma attraversando i vari campi del sapere in cui esso si manifesta. Sia che operiamo nel campo delle arti, dell'architettura, del design, ogni trasformazione della realtà e dell'ambiente, sia essa naturale o artificiale, implica un processo di morfogenesi. E la forma degli oggetti, sia nel caso che venga indagata consapevolmente attraverso un processo di ricerca metodologica razionalmente fondata, sia nel caso in cui scaturisca spontaneamente con modalità euristiche attraverso un processo di ricerca intuitivamente fondato, rappresenta il risultato ultimo che si manifesta e si offre alla percezione, qualificandone l'esperienza come dato vitale e necessario. Indagare il fenomeno della varietà e della molteplicità di forme e delle loro trasformazioni, pur nella costanza di invarianti che permangono e travalicano i confini disciplinari e che soggiacciono al loro manifestarsi come dato normativo e che governano, indirizzandoli, i processi di creazione e sviluppo di nuovi prodotti, ricercare quei fili che connettono le inesauribili risorse che provengono dai repertori formali, dalle sequenze evolutive di artefatti, dalla storia degli oggetti d'uso, rintracciandone i fondamenti teorici, è uno degli scopi di questo libro. Un volume che intende restituire, pur con tagli di indagini settoriali e punti di vista derivanti dai diversi approcci possibili nella cultura del progetto, il fascino che le forme esercitano, in pari grado, sul progettista che ne gestisce la creazione e il destinatario finale che ne fruisce la ricezione, per riunirli in un processo unitario di progetto della bellezza.

Roberto de Paolis, PhD in disegno industriale al Politecnico di Milano, è ricercatore in disegno industriale presso il Dipartimento di Design del Politecnico di Milano dove svolge attività di ricerca e didattica sui fondamenti del progetto e gli ambiti disciplinari del metaprogetto, del design della moda, del design del prodotto d'arredo e del design dei beni culturali. Ha partecipato a programmi di ricerca di interesse nazionale e internazionale. È autore di numerose pubblicazioni, saggi, articoli scientifici, in italiano e in inglese.