

LA RAPPRESENTAZIONE RICONFIGURATA: MODELLI DAL DESIGN ALL'ARCHITETTURA PER UN NUOVO PROCESSING E UNA NUOVA DIDATTICA

Marco Gaiani

"To understand drawing, there is no substitute for practice"

Dalla tesi di dottorato in *Computer Science* di uno studente americano

Questo intervento si propone di esplorare la dimensione creativa del disegno per il disegno industriale e le sue ricadute sulla didattica. L'intervento è complementare a quello di Riccardo Migliari, che esplorerà la dimensione geometrica. Poiché a differenza di quanto avviene in architettura l'*industrial design* presenta il vantaggio di una procedura facilmente classificabile e univocamente identificabile, esso costituisce un punto di vista privilegiato nello studio dei processi formativi e del *corpus* disciplinare del disegno, al pari dell'esempio di Andrea Palladio nello studio degli ordini classici. Articolandosi sulla base di poche, limitate e chiaramente identificate varianti, le nostre argomentazioni tenteranno di delineare un sintetico quadro paradigmatico.

Disegnare per creare

Il concetto di creatività si presenta con varie sfaccettature, delineando un'entità affascinante, ma difficile da inquadrare, da analizzare nelle sue componenti e da 'misurare' con una qualche pretesa di obiettività¹. Si concorda generalmente sul fatto ch'essa consista nella capacità di produrre 'idee' ed 'oggetti' che siano 'nuovi', 'originali', 'appropriati', ed ai quali viene attribuito un 'valore', che può essere di natura sociale, spirituale, estetica, scientifica, tecnologica. C'è tuttavia la consapevolezza che il criterio del riconoscimento è di non facile applicazione, poiché l'idea di innovatività che abbiamo è pure essa discrezionale e non commensurabile in diversi contesti e in diverse epoche.

La gamma degli 'oggetti' che di solito consideriamo l'esito finale di processi creativi riusciti è molto ampia e riguarda diversi ambiti del sapere e dell'operare. Pensiamo alla creazione di nuovi sistemi religiosi o filosofici; alle innovazioni nel modo di impostare lo studio di determinati problemi in campo scientifico; all'individuazione di combinazioni chimiche inusuali, alle invenzioni tecnologiche, alla composizione di passi musicali o letterari; all'elaborazione di nuovi stili di rappresentazione nelle arti (pittura, scultura, danza, teatro, cinema, fotografia, letteratura) o di soluzioni avveniristiche in campo architettonico ed urbanistico; al reperimento di nuovi modi espressivi nell'ambito della moda e della pubblicità.

Ma occorre invero allargare ulteriormente la prospettiva. Vi sono, infatti, numerose situazioni nelle quali i problemi non sono dati o almeno non sono percepibili in modo evidente. E come sovente è ribadito, tra le caratteristiche delle persone creative v'è quella del tendere ad aprire problemi, del riuscire a portare alla luce incongruenze e contraddizioni latenti.

È in questa fase che interviene il disegno. "Il pensiero si forma in bocca" ha scritto il poeta Tristan Tzara riferendosi ad un altro contesto, ma volendo pur sempre significare che il 'mezzo' non è mai indipendente dal modo con il quale si concepisce l'attuazione di un progetto, ma finisce con l'influenzarlo direttamente.

Nel processo creativo è, infatti, centrale la capacità di 'pensare per immagini' e di 'produrre metafore', con le quali evidenziare, sia pure in modo figurato e approssimativo, aspetti e relazioni dell'esistente intuitive, ma non facilmente ostensibili, sia nella scienza che nell'arte².

Che l'uso linguistico contribuisca a tenere distinte le attività e gli oggetti che rientrano nella categoria dell'arte da quelli che appartengono alla scienza è un fatto incontrovertibile.

Di fatto le definizioni linguistiche appaiono nitide, circostanziate, persuasive; tali da offrire sicuri criteri di classificazione, in base a cui nessuno esiterebbe a considerare *La Gioconda* di Picasso un'originale invenzione d'artista e la *Teoria della relatività* di Einstein la formulazione definitiva di un'importante scoperta scientifica. Ma se l'attenzione si sposta dai risultati finali delle due attività ai processi e alle finalità che vi hanno presieduto, se ne ricava l'impressione di un campo d'indagine assai complesso, rispetto al quale la visione non è poi così nitida e sicura, cosa che per noi equivale a comprendere perché il disegno possa porsi come processo in cui convergono entrambe le componenti.

Sino alla fine del Rinascimento non era possibile distinguere fra le due forme di attività; i grandi artisti del primo Rinascimento erano, infatti, tutti "un po' tecnici, un po' scienziati, un po' inventori, un po' filosofi naturali". Soltanto con l'invenzione di nuovi strumenti d'osservazione e con la formulazione del metodo sperimentale, a fine Rinascimento, la scienza poté emanciparsi dall'arte³.

A una considerazione oggettiva, una stretta differenziazione tra arte e scienza appare autorizzata 'prima facie'. La distinzione poggia sull'affermazione che la meta della scienza è la scoperta di formazioni 'preesistenti', mentre l'arte introduce nel mondo 'nuove' configurazioni⁴. Ma neanche questa differenziazione fondamentale è poi così netta come sembra a prima vista. Le grandi scoperte scientifiche non descrivono semplicemente fenomeni preesistenti, ma fanno sì che il mondo ne veda in maniera nuova l'importanza o il reciproco rapporto, proprio come un nuovo stile può determinare la direzione in cui si svilupperà il campo dell'arte in cui ha operato. Può essere una sopravvalutazione dello stato reale della nostra concezione scientifica del mondo il credere che la scienza poteva svilupparsi solo nella direzione che ha preso di fatto. D'altro canto non dobbiamo neanche dimenticare che alcune delle più grandi opere d'arte sono il riflesso di qualcosa di preesistente, reso immortale dalla scelta, creativamente selettiva, dell'artista: Palladio, ad esempio, semplicemente ripensò il carattere dell'esistente villa veneta ridisegnandolo 'all'antica'.

A questo punto un ultimo argomento fondamentale per i nostri ragionamenti: il problema intuizione/autocoscienza esplicita e articolata dell'oggetto del processo creativo. Per farlo ci serviremo del pensiero di due scienziati.

Innanzitutto la distinzione tra i due momenti, che appare già chiara nel pensiero del matematico e fisico francese Jules-Henri Poincaré (1854-1912), il quale si espresse diffusamente sulle due modalità della logica e dell'intuizione, mettendole a confronto e indicandone le rispettive funzioni e complementarità. Critico verso i logici Peano e Russell, riteneva la modalità logica come indispensabile, ma solo per 'provare' ciò che l'intuizione avesse già prefigurato. Se usata in modo esclusivo, la considerava elemento cristallizzante del pensiero. Era invece convinto che le invenzioni scaturissero dall'intuizione, fondata su un 'sentire' globale, cenestesico, l'insieme di una problematica con immediatezza: come 'sentire', ad esempio, quale 'forma' dovrebbe prendere una dimostrazione matematica e quale potrebbe essere la 'tattica' migliore per procedere.

Anche Albert Einstein dava particolare importanza alla modalità intuitiva del pensiero, intesa come comprensione simpatetica dell'esperienza, ben differenziata da atteggiamenti osservativi freddi, di tipo logico. Rispetto a Poincaré ci fornisce un ulteriore approfondimento permettendoci di descrivere la successione delle operazioni mentali che precedono l'intuizione e anzi la preparano: dalle prime percezioni, alla memorizzazione visiva, al costituirsi di un serbatoio di immagini che possono essere rievocate e utilizzate a più riprese e in varie forme, al giocare liberamente con i concetti, fino a intravedere intuitivamente relazioni funzionali tra concetti e nuove esperienze sensoriali.

Il disegno di disegno industriale è indirizzato propriamente a queste due fasi: favorire e sollecitare l'intuizione nelle prime fasi di *concept*, permettere l'intero processo di autocoscienza in merito all'oggetto dell'ideazione fino alla verifica della fabbricabilità dell'oggetto realizzando la matrice stessa della costruzione.

Infine il rapporto tra processo creativo e *background* del progettista. Per quanto il processo creativo sia identificato, nella sua accezione più idealizzata, con la capacità di concepire e produrre il nuovo, esso tuttavia non scaturisce dal nulla, fondandosi in modo rilevante anche sulla funzione 'mnestica', che si esercita attraverso la selezione, l'organizzazione e la ristrutturazione di segmenti

d'esperienza. Si tratta di componenti che, combinandosi nei cosiddetti archivi della memoria in modi e proporzioni diverse, possono generare quell' 'impasto' mentale complesso da cui sembrano derivare i prodotti creativi.

Questa è una condizione importante nell'architettura (al minimo nell' 'architettura della memoria') ma essenziale nel progetto di *design*. La semiologia insegna come alle forme del 'contenuto', variabili nel tempo e nello spazio, corrispondano altrettante 'forme dell'espressione' che tengono conto del clima, delle tecnologie, dei materiali locali e del costume di vita degli utilizzatori, e del loro universo ideologico e culturale. Lo stile non è dunque solo una convenzione estetica, ma si giustifica sempre come un nuovo codice che si appoggia su contenuti emergenti. Un tipico esempio è quello delle posate, un esercizio di *re-design* su oggetti la cui tipologia, così come la conosciamo oggi, è stata codificata da due secoli di storia. I migliori progettisti italiani da Castiglioni, a Scarpa, a Sambonet, fin dal famoso concorso Reed & Barton del 1960, così l'hanno affrontata.

Il graduale affermarsi dell'idea di *design* come progetto di 'caratterizzazione', così ben delineata già quasi un quarto di secolo or sono da Giovanni Klaus Koenig nel celebre volumetto *Il design è un pipistrello 1/2 topo e 1/2 uccello*⁵, ha portato poi all'estremo l'affinarsi del concetto di referenzialità di un oggetto in un altro o in una serie di altri.

E questa è la nostra base di partenza.

Il processo creativo digitale/il processo educativo digitale

Il problema degli strumenti del disegno è stato sempre centrale nell'attività dell'architetto e, recentemente, del *designer* e nella formazione dei loro metodi di lavoro.

Un esempio notevole al quale io stesso ho dedicato risorse e energie in tempi recenti è certamente quello del mio eroe preferito attuale Andrea Palladio, per questo già citato e che riciterò. Andrea non era un grande disegnatore, ma aveva messo a punto un sistema di strumenti e tecniche in grado di concorrere alla formazione di un prodotto finale celermente ed efficacemente, seguendo un processo avente le medesime caratteristiche in tutte le sue fasi⁶.

L'avvento dell'elaboratore elettronico come strumento per il disegno e la rappresentazione dell'architettura, in particolare, ha avuto sulla nostra contemporaneità un effetto dirompente: interminabili polemiche sulla pertinenza, usi impropri omologati dalle riviste d'architettura, aspettative impossibili e incongruenti.

Tuttavia, non è una situazione nuova nella storia del disegno, anzi presenta innumerevoli analogie con molti altri casi. A proposito dell'invenzione della camera chiara, memore delle polemiche sui disegni redatti dai Prix de Rome a Villa Medici negli anni precedenti, in una lettera a suo padre del 1827, Léon Vaudoyer, l'architetto della cattedrale di Marsiglia, scrive: "Forse che le trabeazioni e i capitelli che vi inviamo ogni anno sono fatti con una *chambre-claire*? Io ho misurato il tempio di Giove Statore e sono stato io a valutare la fatica che dà questo lavoro, per misurare, per restaurare, per riportare, per mettere al pulito. Forse che con una *chambre-claire* Duc e Labrouste hanno fatto il loro viaggio a Pompei da dove hanno riportato non schizzi o viste pittoresche, ma piante e sezioni rilevate e riportate sulla carta? Non si fanno più delle minute come in altri tempi mai messe in bella copia e riposte nella cartella portafogli senza essere mai consultate."⁷ Eppure la *chambre-claire* era uno strumento assolutamente legittimo se usato per rilevare il paesaggio e ormai nella *trousse* degli strumenti di rilievo di quasi tutti gli architetti che viaggiavano.

La stessa aggiunta, intorno al 1840, sulla spinta dell'isometria dell'abate Farish, del terzo lato della squadra che fino ad allora era stata sempre ad "L" causò un mare di polemiche di cui si può avere ancora oggi eco ad esempio sfogliando i numeri di quegli anni della "Gazette des Beaux-Arts".

La sostanziale novità – come a tutti è noto – nel caso del digitale è che l'uso dell'elaboratore elettronico come mezzo per il disegno ha introdotto nel processo figurale un terzo elemento, strutturalmente e funzionalmente differente dai due preesistenti. Nel digitale ciò che trasforma il computer (*hardware*) non è il mezzo fisico in sé, ma un insieme di istruzioni, programmi, banche dati inserite all'interno della macchina precedentemente rispetto al nostro intervento (il *software*). Peraltro un

elemento dotato di forme di 'intelligenza', e quindi in grado di determinare pesanti condizionamenti nel nostro agire, ben oltre ciò che riuscì alla squadra con angolo a 45° che condizionò così pesantemente la progettazione di un'aula a teatro della vecchia Università da cui vengo, tanto che oggi le lezioni si possono osservare solo zenitalmente avendo come visione unica la testa del docente perché la pendenza della gradinata fu tracciata servendosi appunto semplicemente con il suddetto strumento, appoggiato sull'orizzontale.

Questo assetto basato non più su due, ma su tre termini ha determinato una situazione del tutto nuova nella struttura del 'rappresentare', creando un ulteriore insieme di condizioni a-priori rispetto al nostro operare, e dunque un contesto operativo di cui ad oggi non è ancora stato chiaramente colto il pieno significato operativo.

Il digitale permette, infatti, nel campo rappresentativo – come ha spiegato lucidamente Abraham Moles ben prima dell'avvento dell'home PC⁸ – categorie conoscitive di ordine superiore rispetto alla semplice descrizione testuale, quando il contenuto in oggetto sia altro che un testo, dunque per tutto ciò che concerne le attività di rappresentazione. Si pensi solo al campo scientifico. Esso per sua natura è basato sulla modellizzazione matematica (cioè numeri) di fenomeni o comportamenti. Ma già nel 1987 Bruce McCormick in un *panel* sulla visualizzazione scientifica spiegava come “la visualizzazione trasforma il simbolico in geometrico, permettendo ai ricercatori di osservare la loro simulazione e computazione. La visualizzazione offre un metodo per vedere il nascosto. Arricchisce il processo della scoperta scientifica e favorisce interiorità profonde e insospettite. In molti campi rivoluziona il modo in cui gli scienziati restituiscono la scienza. La visualizzazione coglie sia l'esposizione delle immagini che le immagini di sintesi. Per questo, la visualizzazione è uno strumento sia per interpretare le immagini dati generate in un computer, e per generare immagini da complessi insiemi di dati multidimensionali. Essa studia quei meccanismi negli umani e nei computer che gli permettono, in conformità col modo di percepire, di usare e comunicare informazioni visive.”⁹ E Richard Hamming che nel 1956, lavorando su uno dei primi computer (l'IBM 650), ha guidato lo sviluppo di un linguaggio di programmazione che è evoluto nei linguaggi *assembler* usati per programmare i computer odierni, ha osservato molti anni fa che “lo scopo della computazione scientifica è entro, non i numeri. Lo scopo della visualizzazione è all'interno, non i numeri. Lo scopo della visualizzazione è far leva sui metodi scientifici esistenti trovandone nuove intrinsecità, attraverso metodi visivi. Circa il 50% dei neuroni sono associati con la visione e dunque essa è un motore fenomenale di conoscenza e di capacità educativa”.¹⁰

Ne è nato ciò che oggi è chiamato *visual computing*, una soluzione *hardware-software* che mira ad offrire tecniche nella direzione della sostituzione del numerico col visivo, permettendo di osservare la simulazione in luogo della computazione. Una rivoluzione che non riguarda semplicemente il *desktop* PC, ma l'intera gamma dei dispositivi digitali che così sono in grado di abilitare un approccio multidimensionale alla conoscenza. A questo proposito, Kim Veltman ha ricostruito nel 1993 una scala di dieci livelli e tipi di conoscenza con nomi non-letterali. Nel rappresentativo digitale, questa scala è speculare a quella che Abraham Moles propose vent'anni prima per l'analogico, con 13 gradi d'iconicità (a partire dall'oggetto in sé fino al grado zero rappresentato da una descrizione verbale)¹¹. In entrambe, l'identità è la massima espressione dell'iconicità, e l'illusione della somiglianza percettiva tipicamente prodotta in diversi modi dal modello in scala e dal segno pittorico è altrettanto vicina ad una situazione in cui l'iconicità è priva d'identità.

Una seconda considerazione: i computer consentono una visualizzazione modificabile in tempo reale dietro sollecitazioni dell'osservatore. Fino a poco tempo fa, le animazioni (analogiche o digitali) potevano essere solo registrate *a-priori* e poi visualizzate in *playback* tramite qualche dispositivo d'archiviazione audiovideo. Le attuali potenze computazionali e grafiche consentono, viceversa, di animare un modello 3D renderizzato in tempo reale. Ciò permette non solo mutazioni sincroniche nell'osservazione dell'oggetto, ma anche variazioni diacroniche, muovendosi attraverso il modello e i suoi attributi, realizzando una piena virtualizzazione del reale.

In questa direzione, recentemente, un ricercatore del mio gruppo al Politecnico di Milano ha ricostruito una scala di iconicità che tiene conto anche delle tecniche digitali che permettono di interagi-

re con modelli e ambienti visualizzabili in tre dimensioni e di rappresentazione in tempo reale, modificando proprietà dell'oggetto e posizione dell'osservatore nello spazio e nel tempo secondo modalità non pre-definite, ma *on-demand* dall'utente¹².

In definitiva, potenzialmente la visualizzazione digitale rappresenta un cambiamento fondamentale nel nostro modello conoscitivo: nel modo di acquisire e visualizzare le immagini; nel modo di archiviare questi artefatti; nel modo di illustrare la conoscenza.

A parte le mutate condizioni figurative e il diverso approccio alle nozioni spaziali di scala e di misura, per la prima volta è posta in evidenza la dimensione temporale, in contrasto con le più tradizionali tesi alla base dell'atto di disegnare per progettare, secondo cui il tempo costituirebbe un attributo dello spazio e non una condizione operativa autonoma. Ciò che cambia è la possibilità di creare un'esperienza in tempo reale (input, output, memorizzazione e creazione dell'immagine) attraverso vari sistemi sensoriali, e di trasmetterla all'ideatore e a possibili fruitori immediatamente - anziché produrla impiegando un tempo lungo, e poi trasferirla ancora in un periodo prolungato identicamente a se stessa (il tradizionale *processing* della rappresentazione come progetto autonomo e della rappresentazione come 'mezzo' del progetto d'architettura)¹³.

A ciò si aggiunga che lo schema mediatico operativo del digitale ha portato ad una sostanziale separazione tra 'fare' e 'vedere'. Rimasti costantemente unificati nell'interfaccia del foglio da disegno fino alla fine del millennio scorso sono stati separati dai sistemi numerici digitali, giacché l'interfaccia di visualizzazione (il monitor) raramente è anche l'interfaccia di creazione del progetto - di solito affidata ad altro dispositivo (mouse, tastiera, etc.) di cui abbiamo solamente un riflesso a posteriori.

Narrare delle storie

Tutti noi, esistenzialmente, viviamo alla ricerca di una dimensione narrativa, preferibilmente lineare. Per questo abbiamo sempre cercato di sviluppare storie lineari, letteratura o arti figurative che sia.

L'avvento della *cyber*-cultura introduce invece un insieme di nuove possibilità di narrazione, non-lineari e interattive. Così anche in architettura e nel design, inducendo ad interpretare in modo nuovo il futuro, e a rivedere quello che Manfredo Tafuri chiamava il progetto della storia.

Il nodo consiste ora, per noi, nel comprendere quanto le tecnologie trasformino i nostri modi di raccontare.

Per questo ritengo sia importante richiamare i caratteri della narrazione per averli effettivamente in mano e penso che ancora non vi sia miglior punto di partenza di quanto espone Aristotele nella *Poetica* che ne fissa i cinque cardini in: trama (*mythos*), imitazione (*mimesis*), liberazione (*catharsis*), saggezza (*phronesis*), etica (*ethos*)¹⁴.

Una storia è il risultato di eventi, e la trama (*mythos*) è ciò che media tra eventi e storie.

Ma il punto più importante da tenere a mente è che, dalla considerazione da parte dei Greci della vita umana (*bios*) come azione comprensibile (*praxis*), fino alle più recenti descrizioni dell'esistenza come temporalità narrativa, permane l'idea che l'esistenza sia intimamente dotata di una storia che la rende pregnante.

In tale quadro, la mimesi può essere vista come la ridescrizione immaginativa che ciò che Aristotele ha chiamato l' 'essenza' (*eidos*) della nostra vita, e le storie come ridescrizioni del mondo che incorporano innumerevoli tipi di tempo, di cui i più salienti sono 'il tempo della storia' e 'il tempo di osservazione'.

Nell'epoca della rete digitale, la narrativa trasforma se stessa in un mezzo più complesso e personalizzabile. La fruizione passiva di storie precostituite sta lasciando posto a storie partecipate. Con le sue illimitate capacità di archiviare dati, il *web* oltrepassa le intrinseche limitazioni di lunghezza di tanti strumenti come i libri, i video, e allo stesso tempo può essere un perfetto complemento a quegli stessi strumenti narrativi.

L'adozione del supporto multimediale per la comunicazione di design o di architettura comporta la necessità di cambiamento a livello di strategie comunicative. In esso, non solo la componente visiva tende a prendere il sopravvento, ma le animazioni introducono il movimento come elemento nuovo e dirimpente della comunicazione.

Ne consegue che nell'era digitale la sequenzialità propria del periodo tipografico è sostituita dal concetto flessibile di *ipertesto*, le cui logiche permettono di collegare pacchetti di informazioni e di fissare nessi logici ampliando in maniera multidirezionale e multigerarchica il modo di 'scrivere' e quello di 'leggere', traghettando i modelli concettuali dalle forme lineari a quelle multilineari, in cui porzioni di immagini possono collegarsi con porzioni di altri linguaggi e contenuti.

Il vero salto di qualità è però costituito dalla possibilità di adottare un linguaggio nuovo per descrivere le architetture. Avendo a disposizione tutti gli strumenti derivanti dalla sintesi di altri media, dalla parola all'immagine, al suono, si possono costruire mix comunicativi specificamente costruiti attorno ai contenuti.

Tra il 1995 il 1998 ho curato *Otto architetture italiane del dopoguerra*¹⁵, un'applicazione ipermediale realizzata per il Museo Nazionale dell'Architettura (MusArc) di Ferrara, concepita sostanzialmente come una sorta di giano bifronte: un sistema documentale individuato dalla donazione del Museo Solomon R. Guggenheim al MusArc di otto modelli realizzati per la sezione architettura della mostra *The italian metamorphosis 1943-1968*, tenutasi a New York nel 1993¹⁶ e una storia narrata con finalità educative sulle stesse. In essa è possibile compiere una serie visite guidate attraverso animazioni 2D e 3D, in cui al potere evocativo delle immagini si aggiunge quello connesso alla multimedialità della rappresentazione¹⁷.

In tempi più recenti ho disegnato i supporti grafici per la mostra di architettura *GoodNews* tenutasi alla Triennale di Milano tra maggio e agosto di quest'anno e curata da Italo Rota e Fulvio Irace, una storia che cerca di spiegare i grandi temi dell'architettura di oggi e di sempre¹⁸. Pensati da Italo Rota e realizzati da un gruppo di giovani architetti e designer i disegni che costellano gli oltre mille manifesti della mostra si propongono di mostrare alcuni dei temi che hanno costituito o costituiscono la materia prima di elaborazione dell'architetto. In questo tipo di lavoro interattivo, che privilegia il dinamico allo statico, si è scelto di servirsi dell'elaboratore elettronico sia come mezzo per prendere una distanza, sia come strumento per rivedere e comprendere. E sebbene la prima tentazione sia stata quella di riprodurre con un'unica grafia e un unico *software* tutto il materiale che ci si presentava innanzi – una strada che Rota e Bruno Fortier avevano percorso più di dieci anni fa con il loro *Amate città*¹⁹ – per rendere confrontabili immagini e tipi di rappresentazione assolutamente incommensurabili, tuttavia ci siamo accorti ben presto che questa strada poneva limiti eccessivi al campo d'azione e al contenuto. Siamo quindi tornati indietro riflettendo sulla vista osservazione di Richard Hamming: lo scopo della visualizzazione è far leva sui metodi scientifici esistenti trovandone nuove intrinsecità, attraverso metodi visivi. Quindi abbiamo ridisegnato – come se lo avessimo fatto a mano – tavole scientifiche o disegni a tutti noi già noti restituendole come un sistema narrativo. 'Ridisegnare' l'uomo di Leonardo o un modello matematico dell'universo ci conduce a creare nuove immagini che sicuramente sono sempre esistite, ma che così non le avevamo mai viste. I templi antichi hanno avuto lunga vita, anzi tante vite. Palladio li ha 'ridisegnati', Piranesi li ha 'ridisegnati', l'École de Beaux-Arts li ha 'ridisegnati', la fotografia li ha 'ridisegnati'; se ogni volta erano gli stessi, ogni volta erano nuovi e noi non li avevamo mai visti così prima.

Pensare e produrre il progetto

Il sogno di ogni progettista di architettura è sempre stato quello di conoscere come sarebbe stata la costruzione da lui ordinata prima ancora di vederla edificare per valutarne la consistenza, la bellezza, gli aspetti di suo gusto o quelli non conformi alle proprie aspirazioni, suggerire eventuali modifiche, anticipare il futuro. Soufflot realizzò un grande simulacro al vero sul sedime dove era destinata a sorgere Sainte-Geneviève, il Panthéon dei francesi, per scoprire come il suo portico in stile moderno avrebbe 'occupato' il luogo. Andrea Palladio, conscio che solo il reale dimensionale fornisce

la stessa percezione spaziale della realizzazione, rifiutava l'impiego di *maquette* a scala ridotta come metodo progettuale.

“Geometricamente, - ha spiegato pochi anni fa Rudolf Arnheim - un oggetto molto grande ha, rispetto alla sua superficie, più volume di quanto ne abbia uno piccolo; più precisamente la superficie aumenta in ragione del quadrato della dimensione lineare, mentre il volume aumenta in ragione del suo cubo. Nello spazio senza peso dei matematici una simile trasposizione non fa alcuna differenza, ma quando essa si verifica nel mondo fisico, sotto l'influsso di una costante attrazione gravitazionale, conta parecchio. [...] Riducendo la distanza da un oggetto, aumenta l'angolo visuale che determina le dimensioni di un'immagine ricevuta dagli occhi. In un ambiente angusto, quindi, una parte relativamente ristretta di un edificio o di uno spazio tra edifici riempie una vasta zona nel campo visivo e può essere osservabile solo se gli occhi e la testa si muovono avanti e indietro con movimenti scanditi. Le esperienze visive che ne risultano, sono qualitativamente diverse da quelle effettuate allorché si osserva un modello”²⁰.

La circostanza introduce un nuovo e grande tema per la progettazione digitale che il foglio di carta non permetteva: quello della percezione come mezzo di progettazione.

Si pensi solo al fatto che il nostro sistema di prendere possesso dei manufatti architettonici e artistici, come di tutto lo spazio che ci circonda, è essenzialmente un modo visivo e percettivo in cui spazio e tempo ci sono restituiti come sistemi continui e iconici. Come ricorda Sartre, mutuando da Berkeley, “essere è essere percepito”, e come spiega Maurice Merleau-Ponty “La percezione analitica che ci dà il valore assoluto degli oggetti isolati, corrisponde ad un atteggiamento tardivo ed eccezionale, quello dello scienziato che osserva e del filosofo che riflette; la percezione delle forme, nel senso generale di percezione di strutture di insieme e di configurazioni deve essere considerata come il nostro modo di percepire.”²¹

A fronte di questa esperienza pratica e quotidiana, i modi che tradizionalmente abbiamo codificato trasmettono il reale solo per episodi, come eliminando in modo casuale la maggior parte dei fotogrammi in un film di animazione, ed esigendo di conseguenza processi mentali interpolativi per ripristinare la continuità del reale raffigurato.

Una risposta a questo limite è offerta dalle metodologie basate sulla rappresentazione virtuale, che permette di ricostituire una dimensione percettiva che ci è propria e che, forse, a questo punto va nuovamente recuperata nel nostro sistema didattico.

Per meglio comprendere il prosieguo, è utile a questo punto provare a comprendere meglio il significato più proprio del termine Realtà Virtuale, dal momento che esso è spesso usato in diversi contesti, non sempre appropriati, forse a causa del fascino ambiguo contenuto nel suo essere un apparente ossimoro²².

A questo proposito, due definizioni sembrano particolarmente adatte: la prima afferma che “la realtà virtuale è un modo per l'uomo di visualizzare, di manipolare e di interagire con il computer e con i dati estremamente complessi da questo generati”²³, mentre la seconda afferma che “la realtà virtuale si riferisce ad ambienti tridimensionali, immersivi, interattivi, multisensoriali, generati dal computer, e all'insieme delle tecnologie necessarie alla loro realizzazione”²⁴.

Esistono diversi metodi e tecnologie atti a generare delle situazioni di realtà virtuale, in parte funzione anche della realtà che si vuole rappresentare e del modo con cui si vuole interagire con essa, tuttavia vi sono alcune condizioni di base irrinunciabili. Partendo da queste, si può dire schematicamente che abbiamo una situazione di Realtà Virtuale quando sono presenti: *real-time rendering*; interazione 3D in *real-time*; simulazione in *real-time*; strumenti di input intuitivi e in grado di operare in uno spazio 3D; stimolazione del maggior numero possibile di sensi; immersività e/o presenza nella scena virtuale.

In questo contesto una qualità centrale in grado di influire pesantemente sulla possibilità di utilizzare la VR come sistema di progettazione è quella della visualizzazione *shaded in real-time*. Il termine *real-time rendering* si riferisce alla capacità computazionale di generare immagini di sintesi a carattere fotorealistico con frequenza tale da permettere all'osservatore di interagire con l'ambiente virtuale servendosi di accelerazione grafica tramite *hardware* dedicato²⁵.

Si tratta di passare, nella progettazione, dal tradizionale “prima penso, poi rappresento e infine (al massimo) pre-vedo”, al “vedo l’oggetto che creo come apparirà nel reale o nella mia rappresentazione finita a mano a mano che lo concepisco”, riaccorpando quindi tutte le fasi del progetto in uno spazio operativo unico²⁶.

Diviene allora centrale, relativamente alla percezione di un oggetto, il modo con cui lo vediamo. Affinché un utente possa esprimere una scena digitale 3D tramite una proiezione 2D, deve avere una fedele percezione della scena.

Apparentemente sembrerebbe trattarsi di una semplice problematica di qualità prospettica, cioè la nota tematica già sviscerata completamente da Leon Battista Alberti nel primo trattato sulla prospettiva, il *De Pictura*²⁷, mentre in realtà le cose sono assai più complesse.

Gli studi psicofisici hanno mostrato chiaramente negli ultimi venticinque anni come la visione non sia una singola funzione unitaria, ma una collezione di vari e separabili fattori²⁸, e che essa dipende non solo dai raggi di luce che colpiscono i nostri occhi, ma anche dai nostri obiettivi ed aspettative.

La necessità da parte degli informatici di una costante modellizzazione, al fine di poter trasferire concetti in linee di codice, ha fatto sì che nell’ultima decina d’anni la computergrafica abbia cominciato ad appoggiarsi largamente agli studi psicofisiologici sulla visione umana²⁹.

Una delle questioni più rilevanti in gioco è certamente quella della non-unicità del punto d’osservazione. In questo senso la maggior parte dei sistemi che tentano una qualche misura di ottimizzazione percettiva si è servita di tecniche di *head tracking* (sebbene il nostro sguardo tenda a rintracciare molto attentamente l’orientamento del nostro capo), che permettono alla scena di porsi nel medesimo sistema inerziale del nostro sistema visivo (una risposta in qualche forma alla fissità del punto di osservazione prospettico rinascimentale).

Un secondo tema fondamentale è quello del campo osservato.

Gli effetti di un campo visivo (FOV: field of view) troncato nel mondo reale sono ben documentati: essi comportano la sottovalutazione di dimensioni e distanze e l’insorgere delle difficoltà nella costruzione di una mappa cognitiva accurata dell’ambiente circostante³⁰.

Se i disegni presentano praticamente sempre un campo visivo troncato anche i dispositivi *desktop* di visualizzazione digitale consentono solo FOV limitati, quantizzabili nel fatto che il campo di vista prodotto da uno schermo piatto è proporzionale a due volte l’arcotangente dell’altezza o della larghezza dello schermo. Per visualizzazioni ad angolo visuale ampio servendosi di tecnologie a più schermi quali *videowall* o CAVE³¹, la rappresentazione a sguardo diretto offre un’opzione ricca di spunti e di possibilità di soluzioni rappresentative.

Last but not least il problema della percezione della profondità.

Gli indicatori di profondità monoculari, o extrastereoscopici (luci e ombre, dimensione relative, interposizione, gradiente di *texture*, prospettiva aerea, parallasse di movimento e, fondamentale, l’effetto prospettico), sono la base della percezione della profondità nei dispositivi visivi bidimensionali tradizionali per creare immagini che possono essere percepite come pienamente tridimensionali³². Immagini ricche di indicatori di profondità possono essere più facili da visualizzare quando viene aggiunta possibilità di visualizzazione stereoscopica binoculare, una tipica qualità che il digitale consente di aggiungere in modo assai semplice.

Ne risulta così un quadro completo di un sistema profondamente mutato.

In particolare la disponibilità di sistemi di visualizzazione stereoscopici semi-immersivi a grande schermo in grado di poter generare immagini iconiche di spazi alla scala 1:1 in cui l’utente è posto nello stesso sistema inerziale della scena consente poi di tramutare questi modelli da piccoli riferimenti a sistemi percepibili ad un osservatore similmente al reale.

Ulteriore aspetto che lega percezione e rappresentazione è quello dell’interazione tra computer e utente, argomento che può essere considerato come una vera e propria disciplina che non comprende solamente lo studio, la progettazione e la valutazione dei dispositivi con cui si interagisce con il computer - e quindi la definizione degli strumenti - ma anche delle interfacce, cioè come si è visto, del *software*.

Quasi tutti gli elementi chiave di un sistema di grafica interattivo sono espressi nel primo paragrafo della tesi di dottorato di Donald Sutherland, intitolata *Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System* discussa al MIT nel 1963³³. Su questo schema sono impostati anche gli attuali sistemi i quali hanno cercato di sviluppare da un lato la capacità gestuale dell'utente nell'atto creativo dall'altro la capacità di *'being there'* (sostituendo l'ambiente fisico con quello virtuale).

Vista la parte che concerne la visualizzazione di questo sistema, rivolgiamo ora l'attenzione all'interazione che ha le sue componenti fondamentali nell'interfaccia-utente e nel dispositivo di input.

Un dispositivo di input è semplicemente dato da alcune parti di hardware utilizzate per comunicare col sistema (ad esempio *mouse*, tastiera, stilo, *touch screen*, etc.), mentre l'interfaccia utente è il mezzo della comunicazione.

Una tecnica di interazione è parte dell'interfaccia utente (UI), dipende dal tipo di dispositivo impiegato, e consiste in un metodo che permette all'utente di realizzare alcuni compiti nel sistema, e include sia l'*hardware* (dispositivi di input) che il *software*. La questione dei dispositivi di input, peraltro, è fondamentale per la progettazione servendosi di sistemi di visualizzazione di grandi dimensioni, nel cui utilizzo si palesa in tutta la sua inadeguatezza l'interazione classica basata su *mouse* e tastiera.

Certamente il sistema di input più familiare all'architetto è quello formato da penna fisica e tavoletta. La peculiarità del sistema è quella per cui nel mondo virtuale sono visualizzati come entità corrispondenti ancora una penna e una tavoletta³⁴. Ma anche nel sistema *pen & tablet* emerge uno dei problemi fondamentali relativi ai sistemi di input in un ambiente di VR: il rapporto tra interfacce operative 2D e ambiente 3D da gestire, tema che ha suscitato vari adattamenti del sistema, nessuno dei quali definitivo.

Negli ultimi anni alcune delle tecnologie usate per creare contesti di realtà virtuale si sono evolute al punto da poter essere usate nel contesto del *design* di prodotto, ma anche dell'architettura, con modalità e risultati tali da giustificare l'introduzione del termine *Virtual Prototyping*.

Ciò che costruisce la VR come strumento di progettazione è l'essere basata su modelli tridimensionali, veri e propri prototipi dell'oggetto da realizzare.

Sebbene la storia dei modelli presenti lacune e incongruenze perché divisa tra due concetti, quello delle analogie cenestetiche approssimative e quello delle riduzioni algebriche astratte, le cui simulazioni visuali sono soltanto un'evoluzione recente improntata alla tradizione del disegno, generalizzando da quanto scritto sopra è certo che il paradigma informatico ha portato con sé per la prima volta, dacché i modelli sono comparsi sulla scena dell'architetto, la possibilità di realizzare non solo uno schema, ma la matrice stessa dell'oggetto finale, simile in tutte le parti al reale, ma altresì capace di generarsi in modo automatico e infinitamente ripetibile, anche laddove i modelli fisici siano impossibilitati ad operare. Le tecniche di prototipazione digitale consentono, dunque, di ottenere al tempo stesso modalità di rappresentazione percettive e concettuali, semplicemente variando gli attributi della scena o il mezzo di consultazione, con la possibilità di generare soluzioni non solo al problema della dimostrazione della 'bellezza', della funzionalità, della fabbricabilità e analizzabilità di un oggetto³⁵.

Il modello digitale quindi non è più solo *maquette*, ma anche mezzo di simulazione, raccogliendo una proprietà che Jacques Guillerme, in un suo scritto di quindici anni or sono e all'interno di un contesto più ampio, aveva chiaramente individuato, definendo il modello come "un artificio che si colloca in un processo di progettazione grazie alle sue capacità (variabili) di simulazione"³⁶. Come suggerito da altri autori, operativamente si tratta della "manipolazione di un modello nel suo operare nello spazio e nel tempo, al fine di permettere la percezione delle interazioni non immediatamente apparenti, causa la loro separazione nello spazio e nel tempo"³⁷. E, al pari di tutte le simulazioni, anche quelle sui modelli sono iterative: si sviluppa un modello, lo si simula, s'impara dalla simulazione, si revisiona il modello, e continua l'iterazione fino a che è stato sviluppato un adeguato livello di comprensione. Questa qualità è assai marginale nei modelli tradizionali, mentre rappresenta il carattere tipico dei modelli digitali. Una peculiarità che mi è stata anche confermata da una statistica

che ho tenuto negli ultimi dieci anni tra gli studenti delle Facoltà di Architettura e Disegno Industriale in cui ho insegnato: il 90% degli studenti che avevano appreso tecniche di modellazione digitale realizzava il proprio *concept* di progetto non tramite schizzi, ma servendosi di *maquette* virtuali. Appare chiaro come in questa nuova condizione il disegno si appropri di una dimensione centrale: quella di non essere semplicemente uno dei mezzi, ma il mezzo e il fine. Ed è altrettanto lampante la necessità di individuare strumenti e tecniche che si adattino alle modalità di rappresentazione ad alto livello di iconicità caratteristiche del disegno digitale, cioè all'espressione di un'idea in maniera rapida ma allo stesso tempo molto precisa e alla definizione immediatamente comprensibile di tutti i contenuti³⁸, flessibilmente in funzione del tipo di comunicazione e del tipo di oggetto da progettare³⁹.

Se è vero che ogni progetto vale certamente per l'idea, ma poi è come e quanto lo si elabora che ne determina il successo o l'insuccesso, la fortuna o l'abbandono nell'oblio, è certo vero che le tecniche di prototipazione digitale aumentano il grado di elaborazione del progetto e la qualità di questa elaborazione ben oltre ciò che possiamo fare con le tecniche di disegno bidimensionale.

Insomma, i prototipi digitali consentono all'architetto non solo di essere ideatore, ma di tornare 'costruttore' della propria opera, giacché essi non solo rappresentano l'oggetto ideato, ma anche il codice che ne permetterà la realizzazione su macchine a controllo numerico.

In questo contesto si inserisce poi la questione dell'impiego dei computer per comunicare l'architettura: come possiamo servirci della tecnologia digitale per realizzare immagini capaci di rappresentare le nostre idee con la ricchezza di significati, molteplicità di letture e interpretazioni, e perfino con quella confortevole ambiguità caratteristica dei nostri 'vecchi' disegni? Come possiamo ampliare le nostre capacità di esprimere i contenuti dell'architettura per produrre immagini e raccontare storie che "stimolando il pensiero astratto ti fanno pensare più di quello che vedi"⁴⁰.

In questa direzione le maggiori innovazioni offerte dalla computergrafica, nel campo della visualizzazione come ausilio alla progettazione e alla sua presentazione, riguardano l'affiancamento di strategie tridimensionali digitali *rendering-based* alle consuete tecniche bidimensionali.

Nel settore del disegno industriale di prodotto, infine, come testimonia ampiamente il ramo dell'automotive, la rappresentazione per modelli ombreggiati, ha permesso di costituire una metodologia capace di condurre senza soluzioni di continuità il *fil rouge* del progetto dalla concezione all'oggetto finito attraverso i disegni, la prototipazione, la visualizzazione con finalità di analisi specifiche (termiche, strutturali, verifica di interferenze, ecc.) e illustrative (*marketing*, divulgazione, manualistica, ecc.). In questo modo la progettazione *rendering-based* ha sostituito o sta sostituendo completamente ogni altra pratica di rappresentazione e gestione del progetto.

Tra i primi risultati, vi è quello della riconciliazione e riunificazione dei momenti progettuali di concezione ed esecutivizzazione in un unico media.

Si apre così uno scenario nuovo e largamente inesplorato che richiederebbe uno spazio autonomo e ampio, da dedicare alla percezione delle immagini e alla loro similitudine rispetto al reale, ma per economia dello scritto e necessità di mantenere continuità di discorso preferisco rimandare a una mia più vasta e appropriata trattazione⁴¹.

Ricorderemo solo due, fra gli obiettivi prioritari nella creazione delle immagini per il progetto:

- una simulazione quanto più facilmente interpretabile di ciò che vogliamo simulare, per la prefigurazione di un'immagine virtuale il più possibile simile al reale;
- un sistema di percezione dell'immagine in grado di permettere una fruizione quanto più vicina possibile al nostro modo di percepire lo spazio e il tempo.

Oggi il realismo visivo in computergrafica sfocia in puntuali ricerche sul grado di 'veridicità' o di 'verosimiglianza', ovvero sulla capacità di realizzare immagini di sintesi digitali realistiche, come testimoniano gli atti dei congressi annuali SIGGRAPH tenuti tra il 1970 e il 2006, che fondamentalmente ricapitolano la storia della pittura da *La Trinità* di Masaccio alla traiettoria dell'immagine fotografica.

E la visualizzazione fornita dall'insieme dispositivo di visualizzazione – immagine di sintesi può essere dimostrato con l'esempio della decorazione illusionistica dell'affresco di Andrea Pozzo *La*

gloria di Sant'Ignazio sul soffitto di Sant'Ignazio a Roma, praticamente un primo esempio di proiezione immersiva e realtà virtuale. Il teatro immersivo che nel caso di Pozzo era lo spazio architettonico creato dalla volta della chiesa, oggi è dato piuttosto da un insieme di proiettori in una CAVE Automatic Virtual Environment⁴². L'effetto del soffitto dipinto di Pozzo è di grande potenza per due ragioni: l'affresco è visto dall'esatto centro di proiezione, che è segnalato da un ampio cerchio sul pavimento della chiesa; la superficie dipinta è assai difficile da percepire poiché la cupola è molto distante e in questo modo enfatizza l'illusione di spazio tridimensionale.

Ma come ben sappiamo il realismo non è la sola soluzione possibile ed anzi noi utilizziamo soprattutto immagini astratte. La copertina del catalogo della mostra al Museum of Modern Art di New York in 1936 del curatore Alfred Barr sullo sviluppo dell'arte astratta e del cubismo, e le varie influenze che differenti stili hanno fra loro, sebbene punto di vista parziale, ci fornisce un primo chiaro quadro delle soluzioni possibili. In computergrafica è usato l'assurdo termine *render non-fotorealistico* per indicare tutti questi differenti stili, di cui quelli più legati a noi sono certamente quelli legati all'illustrazione scientifica e dell'ingegneria.

A questo punto sorge un quesito la cui risposta, se univocamente determinabile, sarebbe fondamentale per la didattica del disegno: che cos'è una buona immagine? Un'immagine assai realistica, oppure un'immagine astratta, come affermano moltissimi psicologi, sostenendo che le nostre rappresentazioni mentali interne non siano fedeli raffigurazioni dell'immagine retinica? Semir Zeki dichiara che gli artisti sono neurologi, esperti nella attivazione selettiva di percorsi visivi, ma la questione è più che mai aperta⁴³.

Ora non resta che trattare un tema centrale, quello delle transizioni tra disegno 2D e modelli 3D, una questione che non ha soluzione nel sistema analogico perché prodotti di due tecniche differenti che richiedono il reinizio e mantengono una scissione operativa permanente, con innumerevoli problemi quando si cerca di trasporre uno schizzo in un modello 3D o ancor di più un insieme di viste bidimensionali in un oggetto reale.

Tradizionalmente gli schizzi sono usati soprattutto nella fase ideativa. Ciò che caratterizza gli schizzi rispetto ai modelli 3D è un intrinseco limite nella quantità di informazione geometrica che possono contenere. Divenendo velocemente troppo complessi e troppo dettagliati per essere modificati, i designer devono, infatti, distribuire 'informazione geometrica complessiva' su più schizzi. Questa distribuzione presenta innumerevoli effetti positivi; ad esempio incoraggia il designer a segmentare il problema di progetto, e quindi il loro utilizzo è pressoché imprescindibile.

Le ricerche più recenti nell'ambito dei sistemi di rappresentazione digitali sono volte proprio a fornire nuovi strumenti per modificare e visualizzare gli schizzi direttamente, rimuovendo gli ostacoli che dividono proiezioni piane e modellazione 3D e la divisione tra sistemi di rappresentazione differenti.⁴⁴

In questa direzione vanno visti anche gli innumerevoli tentativi di abbassare il livello di complessità della modellazione digitale, che può distogliere il progettista dal problema estetico e formale⁴⁵.

Abbiamo già accennato alla questione dell'importanza del sistema rappresentativo, poiché il progetto si forma rappresentandolo (le nostre azioni in generale sono percepite nel modo in cui sono condotte).

Il modello di costruzione percettivo motiva così lo sviluppo di mezzi di creazione della forma che la leghino al tracciamento manuale nello spazio, il nostro progetto di ricerca attualmente in atto.

Qui si pone un'altra problematica che richiede un approccio assai più sistematico di quanto si è proposto finora: quella della appropriatezza della strumentazione/metodologia alla condizione intenzionale del progettista, oltre a quella puramente costruttiva. Ma questo resta un capitolo ancora completamente da scrivere.

Se guardiamo tuttavia unitariamente tutti questi temi possiamo notare come la didattica e la ricerca del Disegno dell'Industrial Design milanese⁴⁶, per la natura intrinseca del proprio campo d'azione, abbiano già tentato da diversi anni di porli al centro della propria attenzione. Si tratta di un tema/programma d'insegnamento e di studio caratterizzato da una didattica di tipo induttivo, in cui i temi toccati riguardano essenzialmente quattro campi:

- il rapporto virtuale/materiale, ovvero le modalità delle nozze incestuose tra modello fisico (*maquette*, fotografia, ma anche semplice grafia) e modello digitale;
- il rapporto uomo/tecnologia, ovvero il problema non della tecnologia in sé, ma del suo impiego come strumento pro-attivo per il progetto nell'ambito dei processi e delle procedure esistenti;
- il rapporto metrico/percettivo, ovvero il problema della forma rappresentativa che conduce al progetto;
- il rapporto progettista/interfaccia per progettare, ovvero gli strumenti per disegnare e il loro modo di impiegarli proficuamente nel progetto.

Il disegno per il disegno industriale: primi tentativi per una definizione

La produzione del progetto di Industrial Design è una procedura che il nuovo millennio ha definito come integralmente digitale, certamente nella sua parte di sviluppo prodotto, ma ormai anche nella fase di *concept*⁴⁷. Si pensi solo al caso di Alessi, certamente una delle aziende per le quali maggiormente la figura del designer ricopre un ruolo centrale nella definizione del prodotto finale, che ha imposto nel 2003 ai *designer* (da Philippe Stark a Ettore Sottsass) la consegna del progetto come *file* prototipabile, pena la decadenza di ogni collaborazione.

Si parte con uno schizzo (analogico o digitale) oppure con una *maquette* o direttamente modellando con un sistema CAID⁴⁸, e in ogni caso tutto confluisce in quest'ultimo per ottenere ogni output necessario (immagini prefigurative, *file* da inviare al sistema di prototipazione o al *manufacturing*, ma anche *movie* o pagina già pronta per la stampa, modelli illustrative delle differenti varianti di progetto) senza che nulla di non digitale sia più necessario od opportuno.

Tuttavia, a dispetto delle schematizzazioni che appaiono su tutte le riviste tecniche e negli studi delle *softwarehouse* che vogliono mostrare un processo in equilibrio maturo saturo, questa procedura pone un nuovo e fondamentale snodo: che cosa significa operare con un sistema digitale ponendosi come obiettivo non solo la composizione dello schema (il tipico output della rappresentazione), ma la predisposizione del mezzo di costruzione dell'oggetto finito. Inoltre, se si osserva la filiera di produzione del modello 3D dal punto di vista dello sviluppatore, essa funziona benissimo a partire dall'acquisizione dati fino ai modelli finali dotati di tutte le proprietà di riflettanza che caratterizzano la loro superficie, dalla loro costruzione alla loro visualizzazione su sistemi a bassa od elevata iconicità. Ma se si cerca di seguire questa *pipeline* come utenti, anche sfruttando le migliori soluzioni *hardware* e *software* disponibili, si incontreranno innumerevoli problemi prima di ottenere risultati realmente riutilizzabili.

Per questo risulta necessaria una riflessione su questi temi per cercare di ricostruire quei processi rappresentativi che tanti bellissimi libri scritti da noi e da nostri colleghi mostrano e che possiamo attuare con facilità di esecuzione e chiarezza di risultati.

E ciò deve essere rifatto a partire da quelli che sono i caratteri fondamentali del disegno digitale ai fini di progetto:

- gli sviluppi nelle direzioni differenti e complementari della rappresentazione e della documentazione, quindi del loro uso, da un lato come mezzi di consultazione in tempo reale capace di illustrarci lo spazio in modo iconico e continuo, dall'altro con la loro messa in serie come sistema *database* tridimensionale⁴⁹ (la storia della rappresentazione ci ha insegnato come un sistema grafico destinato al progetto, sia più efficace se dotato della capacità di realizzare effettivi miglioramenti/estrazioni dell'informazione che interessa, sia affine ai sistemi percettivi umani, possedga capacità illustrative e sia di facile interazione/fruizione⁵⁰);
- l'utilizzo di strategie tridimensionali digitali *rendering-based* in *real-time* favorisce la possibilità di visualizzare riflettanza delle superfici e ombreggiature, elementi indispensabili per procedere alla definizione del progetto.

In forme differenziate e con varie funzioni, il *rendering* tende quindi ad interessare tutte le fasi del processo progettuale:

- *concept* dell'idea originaria;

- sviluppo per successive iterazioni;
- valutazione di stati intermedi, cioè analisi di forme, curvature, sovrailluminazioni e spigoli, realizzazione in forma dinamica di sezioni, riconoscimento in forma visuale delle condizioni di continuità delle superfici;
- comunicazione delle idee durante le fasi d'ingegnerizzazione, produzione e *management*;
- presentazione del risultato finale.

Su questo schema, un nuovo apporto lo fornisce l'animazione *real-time*. Nell'ambito del disegno industriale, oltre che la funzione di presentazione di progetti, la creazione di animazioni può assolvere numerose altre problematiche di visualizzazione:

- pianificazione e studio di varianti in corso d'opera;
- navigazione all'interno di grandi assemblaggi e studio di opzioni di *layout* e di configurazione;
- creazione di sequenze animate di servizio destinate all'istruzione;
- analisi delle caratteristiche formali delle superfici servendosi di riflessioni;
- creazione di comportamenti realistici per simulare i controlli e le interazioni di un guidatore;
- simulazione dei comportamenti meccanici;
- esecuzione di test d'interferenza;
- presentazione e revisione dei progetti;
- integrazioni con altre applicazioni per presentazioni e verifiche che coinvolgono attivamente il cliente;
- studio degli aspetti ergonomici tramite l'acquisizione di comportamenti con l'inserimento di manichini.

In questo paradigma resta la chiara distinzione tra momento autografico (costruzione del progetto) e momento allografico (presentazione del progetto), che richiedono modi e tecniche di illustrazione differenti, al punto che proprio su questo nodo si sta aprendo una vera e propria forbice, nel senso che la specializzazione richiesta nelle diverse fasi sta effettivamente creando strumenti e tecniche differenziati. Capita sempre più spesso di andare nello studio dell'architetto e assistere ad una presentazione tramite videoproiettore - del resto le stesse *virtual room* sono nate come sale per presentazione e revisione - mentre tutto il lavoro progettuale si svolge al *desktop*. Cosicché in fase di progetto il tipo di funzione preponderante è l'interazione, mentre nella presentazione lo è la navigazione.

Ad esempio, un tipico studio di progettazione automobilistica supporta un flusso di lavoro che implica una miriade di tipi di dati, da schizzi di *concept* bidimensionali, a *render* digitali, ad animazioni e filmati in vari ambienti, modelli digitali e fisici in argilla a varie scale, tessuti di interni, dati di ingegneria. Tutti questi dati necessitano di essere trasportati attraverso insiemi di processi divergenti: lo sviluppo concettuale, le specifiche interne ed esterne, la progettazione e i vincoli di ingegneria, la revisione del progetto, le valutazioni e il *manufacturing* finale. Per giunta, i differenti passi in questo complesso flusso di lavoro, sono realizzati solitamente da persone diverse, in differenti luoghi e, solitamente, usando *hardware* e *software* specializzati. Quanto al tipo di strumentazione impiegata, il terminale di maggiori dimensioni è tipicamente uno schermo di 6x2 m. retroproiettato (*Powerwall*), che mostra immagini 2D e contenuti 3D ambientati fornendo ai *designer* la contestualizzazione del loro lavoro, ed è altresì assai appropriato per la valutazione del *design* dell'esterno delle vetture in 3D, specialmente quando sono necessarie visualizzazioni a scala reale. Inoltre, mezzi visivi di questo genere possono essere usati come schermi *general purpose*, per presentazioni a gruppi di lavoro o a committenti.

È poi facilmente possibile incontrare dispositivi di visualizzazione a scala media, come schermi da 50 e più pollici, dotati di superficie sensibile al tatto, utilizzati essenzialmente come strumenti di integrazione dei flussi di lavoro per analizzare comparativamente interi sistemi digitali come immagini, modelli 3D, animazioni, filmati.

Infine gli spazi dello studio saranno popolati di innumerevoli PC usati per l'*engineering*, il *design*, e le applicazioni di costruzione dei modelli. Mentre nel caso dei disegni è chiaro come questi possano essere confrontati e gestiti (sebbene la loro gestione non sia un'operazione semplice) nel caso dell'e-

laborazione digitale occorre creare nuovi dispositivi per connettere i vari ambienti, che per contro potranno non essere riuniti in unico sito, ma verosimilmente potranno risultare sparsi in varie ubicazioni, anche distanti migliaia di chilometri fra loro.

A questo proposito i dispositivi personali come PDA e, nel futuro, altri dispositivi *wireless* come i telefoni cellulari, sono perfetti candidati a strumenti di input di ampio uso per il progettista, per gestire i dati di progetto e scambiare dati multimediali tra differenti operatori⁵¹.

I PDA sono, infatti, in grado di supportare testo, immagini e altri dati multimediali, navigare sul Web, far ascoltare la musica e riprodurre video tramite un unico dispositivo, che rappresenta un'interfaccia naturale e trasparente di dati digitali multimediali. Inoltre, essi permettono un'interazione concorrente multiutente per ambienti in rete con visualizzazione su schermi di grandi dimensioni, come in un teatro virtuale, e consentono scambio e collezione di dati multimediali. Essi forniscono dunque la possibilità di raccogliere e richiamare dati, stabilire relazioni tra i dati stessi e i modelli, nonché la realizzazione di analisi accurate.

Una soluzione ricca di potenzialità e prospettive, che consente di creare interazione tra grandi schermi e utente in modo semplice, è quella di implementare lo *screen manager* per aggiornare e maneggiare la GUI proprio sul PDA. In questo modo l'utente, oltre che con i dati, interagisce direttamente con la GUI, generando gli eventi necessari ad analisi e progettazione.

Recentemente abbiamo avviato un progetto, assieme all'Università degli Studi di Bologna, che utilizza un PDA come terminale portatile che gestisce un'applicazione immersiva, per permettere partecipazione attiva e semplice e per visualizzare e inserire dati multimediali e commenti⁵².

Questo sistema attiva funzionalità e un modo di lavorare estremamente utili, ad esempio nel campo della conservazione dei monumenti. Gli archeologi possono utilizzare un PDA per inserire e catalogare note ed evidenze fisiche *in situ* durante il processo di scavo. Inoltre, tramite lo stesso dispositivo possono gestire l'esperienza virtuale, facilitando il processo di stabilire relazioni tra dati e modelli, collezionando e richiamando informazioni e realizzando rapidamente e in modo accurato analisi specifiche. Ad esempio, mentre analizzano un modello 3D di un manufatto sul visualizzatore principale, possono compararlo con un piccolo filmato del manufatto reale direttamente sul PDA, senza nascondere la visualizzazione del modello 3D.

Dal disegno alla didattica

Da quanto abbiamo visto finora, lo snodo fondamentale su cui intervenire principalmente nel sistema educativo, è quello delle modalità di generazione delle immagini e della guida alla loro qualità (oltre al problema della geometria descrittiva descritto magistralmente in questi stessi atti da Riccardo Migliari).

Si tratta di un problema al tempo stesso semplice e complesso, almeno al pari di quello connesso all'operazione di creare un'immagine o un filmato a partire dall'allestimento del *set* di ripresa, atto che possiede valenze tecniche e semantiche al tempo stesso. Restiamo per semplicità sulle prime e al suo equivalente analogico, per capirne la consistenza, e soffermiamoci sul problema dell'illuminazione della scena che consideriamo.

Un'immagine fotografica apparentemente semplice, può in realtà richiedere diversi tipi di lampade, avere problemi di esposizione, di direzione della luce, di qualità dell'ombreggiatura, di rapporto tra primo piano e sfondo. Per questo, nell'illuminazione reale, i fotografi usano una grande quantità di controlli per manipolare la luce e per fissarla: alette specchiate sui corpi illuminanti, teli riflettenti e diffusori, *softbox* e ombrelli, riflettori, nebbia e fumo, effetti di laboratorio, paraboliche, diffrazione e filtri sulle lenti. La regolazione dell'illuminazione può, infatti, mutare completamente la percezione di un oggetto o di una scena: per questo, ad esempio, Caravaggio nella *Chiamata di Matteo* (1599) non disegna alcune ombre e usa più fonti di illuminazione al fine di avere in luce ciò che doveva esserlo. Nella stessa direzione, sempre Caravaggio, poco più tardi, nel *Martirio di S. Matteo* (1599-1600) alterna l'uso di ombre a contorni netti con ombre a contorni sfumati.

Passando ad immagini digitali, nella figura tratta dal recente film *Final fantasy*, i diffusori servono ad emulare le ombre di una finestra non modellata, la riflessione 'softbox' di una finestra dipinta viene riflessa negli occhi di una persona che guarda, e la luce non proviene da dietro la finestra ma davanti. Le ombre cieche sono restituite come *texture* dipinta, pelle e maglietta presentano ombre a contorni netti, mentre l'ombra dei capelli è ottenuta con un semplice metodo di sfocatura a partire da un oggetto di prossimità, un abbagliamento composito aiuta a definire i contorni, i rimbalzi di sovralluminazione diffusa sulla maglietta sono ottenuti a partire da muri non esistenti, e infine gli artefatti sono ottenuti da *compositing 2D*.

Lo stesso tipo di controllo e cura sono necessari nelle applicazioni *real-time* per la realtà virtuale, in cui peraltro il punto di vista non è univoco e prefissato e quindi occorre pensare alle molteplici posizioni dell'osservatore e a velocità spazio-temporali variabili.

Globalmente dunque il tema da affrontare è quello delle tecniche di rappresentazione degli oggetti, visti o immaginati.

Sappiamo tutti che il modo con cui 'tradizionalmente' progettiamo disegnando, quello già descritto da Vitruvio e consolidatosi nel Rinascimento, è fondato su un meccanismo che, ponendo il suo momento centrale nella 'visione', raccoglie e fa propria la possibilità di infinite varianti ad una stessa forma-base, cioè presuppone il nostro modo non-univoco di percepire⁵³. Il vedere, in architettura, è inteso tradizionalmente come 'visione', ovvero come quella particolare caratteristica dello sguardo che lo mette in comunicazione con il pensiero, collegando l'occhio alla mente. In architettura si tratta di una particolare categoria della percezione, legata alla visione prospettica monoculare, dato che la visione monoculare del soggetto, in architettura, permette di risolvere tutte le proiezioni dello spazio su un'unica superficie piana⁵⁴.

Nel Cinquecento la prospettiva fu il mezzo che permise il consolidarsi della visione antropocentrica dell'architettura. Tuttavia il sistema di Brunelleschi fu ben più importante che non tutte le successive variazioni stilistiche, poiché confermò la 'visione' come discorso centrale nell'architettura, posizione mantenuta dal XVI secolo fino ai giorni nostri. Ciò significa che, nonostante i numerosi cambiamenti stilistici che si sono susseguiti nel tempo, fino alla fine del XX secolo, e nonostante i molti tentativi di modificare tale visione, la posizione di centralità del soggetto osservante - monoculare e antropocentrico - ha costituito sempre il termine discorsivo fondamentale dell'architettura, a fronte della distorsione: la prospettiva impone all'osservatore di rimanere immobile e guardare con un occhio solo, mentre di fatto la percezione della profondità dipende interamente dalla differente posizione dei due occhi che sono in continuo movimento.

È in questa scarsa precisione, confermata dal meccanismo monoculare, che si insinua la necessità di un'indagine sulle 'altre' forme di rappresentazione, e quindi è confermata la necessità di sondare e utilizzare forme alternative.

Il secondo nodo da sciogliere, riguarda il tentativo di effettuare una prima sintesi del problema della formulazione di nuove categorie mentali di giudizio e di analisi, legandole alle convenzioni che un nuovo mezzo impone. Infatti, quando cominciamo ad usare una nuova tecnologia non ne possediamo le categorie di utilizzo, né conosciamo gli output e le metodologie d'uso che la governano ed enfatizzano ai nostri fini. Così anche per il digitale, e quindi finché non sarà stato completamente digerito il nuovo schema e i relativi caratteri, si vivrà in una fase di transizione⁵⁵, un tema che James Ackerman ha inquadrato magistralmente nel suo saggio *Sulle origini della fotografia architettonica*⁵⁶.

Agli argomenti affrontati da Ackerman mi permetto di aggiungerne un altro non meno importante: quello della separazione fra teoria e prassi. Si tratta di una tematica che fino ad ora non ha trovato risposta, ma che induce alla necessità di nuovi sperimentalismi e pratiche. Il disegno di architettura è sempre vissuto di una duplice dimensione: una complessa, teorica piuttosto che sperimentale, erudita e dotta, legata alla sua descrizione letteraria, un'altra semplice, completamente sperimentale, strettamente connessa col discorso 'euclideo', legata alla sua dimensione figurale, raramente giungendo a sintesi complessiva.

Il disegno per il *design*, proprio per la sua natura intrinseca, e per il tipo di oggetto che lo contraddistingue, può proporsi come tentativo di porre materia in queste due tematiche fondamentali. Innanzitutto, quella della formazione di nuove categorie, differenti da quelle relative alle rappresentazioni precedenti, utilizzate perché in fondo sono le uniche note e di cui è evidente il modo di utilizzo, e poi quella della doppia faccia della tradizione rappresentativa dell'architettura, non accettandola passivamente, ma cogliendone in modo attivo la possibilità di descrivere secondo modalità differenti due aspetti dello stesso problema.

Il sistema rappresentativo del design si propone, infatti, con scopi differenti rispetto a quelli codificati nella tradizione educativa delle scuole di architettura e di ingegneria. Piuttosto che la rappresentazione dello 'spazio dell'oggetto' e dell' 'oggetto nello spazio', ricerca la rappresentazione come mezzo di trasmissione, di trasposizione, di 'traduzione', di fase attraverso la quale si realizza il passaggio dall'ideale al reale, dall'idea originaria alla specificazione delle qualità formali, materiali e costruttive. In questo ruolo la rappresentazione diviene strumento di mediazione attivo, che fornisce la possibilità di oggettivizzare le nostre idee in uno spazio strutturalmente simile allo spazio reale, attraverso una serie di convenzioni che fanno riferimento a sistemi associativi complessi e a criteri basati sull'analogia e sull'opposizione che li ordinano organicamente.

Se lo schema approssimativo che ho appena cercato di delineare può rappresentare certamente un *framework* entro il quale operare, è indubbio come il cammino verso un sistema maturo sia ancora lungo e necessiti di continui e sistematici apporti.

Paola Bertola, attuale Presidente del corso di laurea in Design della Moda del Politecnico di Milano, quattro anni fa, in questa sede di Lerici, delineò chiaramente il modo in cui erano state inserite le discipline del disegno all'interno della laurea in Industrial Design, nell'ipotesi di porre il saper fare accanto al sapere, e dunque proponendo un approccio induttivo in luogo del tradizionale approccio deduttivo caratterizzato da formazione strutturata in modo lineare e sequenziale, in cui tutti i contenuti teorici - il 'sapere' - si situano alla base del processo di formazione, lasciando i contenuti tecnico applicativi - il 'saper fare' - alla fine di tale processo, o al limite demandandoli al momento dell'inserimento degli individui nel mondo del lavoro, secondo un assetto consolidato nell'Università italiana, ma che la stessa riforma del 3+2 tende a scardinare.

In questo quadro il ruolo del disegno va inserito all'interno degli strumenti per il progetto.

L'offerta formativa comprende, sia al primo che al secondo livello degli studi, diversi insegnamenti che si collocano nell'area del disegno, e proprio in questa accezione ampia della rappresentazione, non solo comprende tutti gli strumenti oggi a disposizione - dal disegno a mano libera alla fotografia, dalla modellazione tradizionale alla computergrafica - ma tende ad esplorare le potenzialità della disciplina nella sua dimensione 'disgelante' della realtà che rappresenta.

Negli ultimi sette anni di lavoro presso la Facoltà del Design del Politecnico di Milano, ho guidato una serie di iniziative atte a formare, all'interno di questo sistema, da un lato un quadro metodologico capace di sfruttare gli apporti più vasti possibili, dall'altro a costruire gli strumenti necessari ad attuare e rendere efficace questo quadro didattico.

Il primo progetto è stato quello relativo alla realizzazione del periodico digitale "Disegno e Design Digitale - DDD", disponibile *on-line*⁵⁷. Nei suoi due anni di vita DDD si è posto come strumento di indagine a vasto raggio, in una fase di forte trasformazione tecnologica e strumentale, degli effetti dell'interazione tra disegno e progettazione, con una particolare attenzione verso le nuove prospettive che le tecnologie digitali aprono affrontando una vasta serie di temi - dal disegno digitale al *rendering*, dal design nautico alle nuove tecnologie per il territorio, fino alla prototipazione digitale e al colore, dai videogiochi alle interfacce.

Il secondo progetto, sempre di natura editoriale, è consistito nella redazione e pubblicazione di una serie di testi che potremmo definire 'genericamente didattici' del disegno per il *design* e la conservazione dei beni culturali, e che costituiscono un tentativo di affrontare il tema di fondo: che cos'è un manuale alle soglie del terzo millennio, e soprattutto come può articolarsi un manuale che si occupa di argomenti il cui *corpus* è in continua evoluzione. Tema collegato ad una tipologia di letteratura scientifica, tecnica e divulgativa che presenta radici profonde nella cultura politecnica ed edito-

riale milanese e che, oggi, secondo me si trova in grande crisi di identità per l'avvento delle edizioni elettroniche e del *web*, ma che reputo possa ancora porsi quale supporto didattico, in senso lato, indispensabile⁵⁸.

Gli argomenti affrontati, dalle metodologie di digitalizzazione dei giacimenti documentali storici, al *design* delle superfici, ai metodi di acquisizione 3D, alle tecniche di prototipazione virtuale fino all'ultimo lavoro su *La rappresentazione riconfigurata*, si pongono come il tentativo di descrivere il processo di produzione e di rappresentazione del progetto nell'era digitale dal punto di vista del progettista e non dello sviluppatore, cioè oltre la semplice prospettiva del manuale dei comandi del *software*, pressoché unico prodotto editoriale facilmente reperibile, quasi che si fosse improvvisamente diventati incapaci di scrivere un manuale di disegno per il terzo millennio.

A questo tipo di progetto se ne collega un altro più strettamente legato alla metodologia e alle tecniche di insegnamento. Esso mira a sviluppare le sinergie tra *e-learning* e *knowledge management system* per il complesso sistema della modellazione 3D digitale di *industrial design*, proponendo nuovi modi di concettualizzazione e nuovi strumenti in grado di migliorare la curva di apprendimento e l'integrazione tra singoli operatori e gruppi di lavoro, attraverso la valutazione e l'applicazione di metodologie didattiche nuove e appropriati requisiti, nonché standard di Innovation Technology innovativi (model based training, JAVA, XML), ponendosi tre specifici obiettivi:

- a. studiare e analizzare concetti di base e metodologia alla base delle tecniche di modellazione 3D digitale per il disegno industriale, al fine di esplicitare in una serie di concetti e metodi propri dell'industrial designer, strumenti definiti matematicamente e implementati semplicemente come comandi nei sistemi CAID (Computer Aided Industrial Design) correnti;
- b. spiegare metodologie 3D con tecniche di apprendimento 3D fin'ora rimaste inesplorate, poiché quasi tutti i nostri metodi di spiegazione sono basati su sistemi 1D o 2D;
- c. la messa a punto di un ambiente di apprendimento avanzato, dotato di maggiore *appealing* rispetto ai tradizionali metodi, che permetta di integrare i *tools* avanzati messi a punto nei punti a. e b. con un sistema *model based* di sperimentazione e apprendimento e un sistema di *autoreview* e autovalutazione.

Primi punti realizzati di questo vasto programma che proseguirà nei prossimi anni sono stati:

- a. la compilazione di una prima serie di lezioni di rappresentazione per il *design* con tecnologia *web-based* dallo stile complessivamente narrativo, certamente fondate su argomenti tecnici e tecnologici, ma basate non solo sulla descrizione dei caratteri geometrici, ma anche di quelli percettivi, e concepite come un sistema complementare di testi, immagini, filmati e strumenti dimostrativi di base a carattere 3D.
- b. una serie di *tutorial* – il tipico modo di apprendimento di un *software* – però corredati di 'eventi didattici' esplicativi di tipiche problematiche di modellazione 3D (ad esempio differenza tra modellazione per solidi e modellazioni per superfici) per migliorare la 'facilità' di apprendimento da parte dell'utente in determinati passaggi chiave e di una serie di *applet*, strumenti sono solo per cercare di replicare da parte del docente i grandi e bellissimi disegni realizzati alla lavagna da tanti miei maestri, ma "*To understand drawing, there is no substitute for practice*" e quindi strumento di interazione tra docente e studente (il nuovo paradigma digitale).

Il terzo progetto, che già ho ampiamente documentato qui e altrove, è quello di una nuova forma laboratoriale, che nell'esperienza milanese è stata chiamata di Reverse Modeling & Virtual Prototyping. Questa realtà si propone come un insieme di spazi, attrezzature e risorse rivolti alla formazione di un sistema polivalente, la cui funzionalità di base consiste nel fornire tutti gli strumenti necessari alla formazione nel processo di progettazione e definizione del prototipo digitale, servendosi di sistemi a iconicità e ergonomia crescente cioè con maggiore capacità di interazione percettiva rispetto agli strumenti tradizionalmente impiegati. L'idea di un Laboratorio di Prototipazione Digitale è differente da quella di un'aula didattica con computer in cui si possono tenere lezioni, ma anche da quella di una *virtual room*: in un'aula informatizzata è il computer o l'utilizzo di un singolo software l'oggetto dell'insegnamento, non il processo di produzione del progetto dell'oggetto; in un

virtual center si osserva un oggetto passivamente, non lo si crea, raramente lo si manipola, e anche quando lo si fa, in ogni caso, la modificazione è marginale.

Infine, la definizione di un sistema programmatico e di immagine coordinata comuni tra i vari corsi afferenti all'area disciplinare che penso siano qualità importanti come risposta alle formule proposte dalla riforma della didattica, che richiede necessariamente la compressione dei tempi e, inoltre, un primo importante segnale all'allievo designer del carattere del prodotto a lui richiesto. Questo sforzo di costruire programmi commensurabili e correlati fra vari docenti della medesima disciplina e un'immagine coordinata collettiva non è per gli architetti una condizione originale ma quella proposta nella storia dai progetti di architettura su vasta scala, dalla Parigi di Haussmann alla città di VEMA immaginata da Franco Purini, mostrata all'ultima biennale veneziana.

E penso oggi stia proprio anche nella nostra capacità di saper 'leggere' e 'rispondere' a questa nuova condizione, che stiano le nostre possibilità di una didattica nuova e capace di raggiungere i suoi obiettivi.

¹ Queste note sono state ricostruite servendosi essenzialmente di Bartoli G., *Psicologia della creatività. Le condotte artistiche e scientifiche*, Monolite Editrice, Roma, 2005; Bartoli G., *Scritti di psicologia dell'arte e dell'esperienza estetica*, Monolite Editrice, Roma, 2003.

² Tra gli esempi più efficaci a questo proposito, ricordiamo la metafora del 'sistema solare', usata dal fisico danese Niels Bohr nel 1913, per rappresentare il sistema dell'atomo con gli elettroni che ruotano attorno al nucleo. Che Leonardo abbia prodotto più disegni che pitture è cosa nota; e non fu solo per via dei numerosi progetti che elaborò come architetto ed ingegnere; ma anche perché il disegno, come componimento in sé, aveva finito con l'assumere per lui una valenza assolutamente autonoma ed era lo strumento più duttile per la riflessione creativa.

³ Cfr. Galluzzi P., *Gli ingegneri del Rinascimento. Da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*, Giunti, Firenze, 2001.

⁴ Eissler K.R., *Leonardo da Vinci: Psychoanalytic Notes on the Enigma*, International University Press, New York, 1961, pp. 265 e segg.

⁵ La casa Usher, Firenze, 1991.

⁶ Gaiani M., Slossel S., *Andrea Palladio e il suo mito: tre secoli di disegni di architettura palladiana a Vicenza*, in "Ikhnos", 2005, pp. 41-92.

⁷ Cfr. Gaiani M., *Voyage d'Italie (1824-1830)*, in R. Dubbini (a cura di), *Henri Labrousse architetto (1801-1875)*, Electa, Milano, 2002, pp. 50-76.

⁸ Moles A., *Teoria informazionale dello schema*, in "Versus" n. 2, gennaio-aprile, 1972.

⁹ McCormik B.H., De Fanti T.A., Brown M.D., *Visualization in Scientific Computing* in "Computer Graphics", Vol. 21, n. 6, (special issue), November 1987, pp. 61-70.

¹⁰ Morgan S.P., *Richard Wesley Hamming (1915-1998)*, in "Notices of the American Mathematical Society", Vol. 45, n. 8, 1998, pp. 972-977.

¹¹ Cfr. Veltman K.H., *Electronic Media and Visual Knowledge*, in *Knowledge Organisation*, Wurzburg, Vol. 20 n. 1, 1993, pp. 47-54; Moles A., *L'image - communication fonctionnelle*, Casterman, Bruxelles, 1981. Cfr. anche Lund University, Department of Semiotics, *The Internet Semiotics Encyclopaedia*, www.arthist.lu.se/kultsem/encyclo/iconicity.html.

¹² Ceconello M., *Strumenti e tecniche di visualizzazione*, in Gaiani M. (a cura di), *Metodi di prototipazione digitale e visualizzazione per il disegno industriale, l'architettura degli interni e i beni culturali*, Polidesign, Milano, 2003.

¹³ Il tema è sviluppato in Gaiani M., *Elementi per un approccio al disegno a partire dalla sua dimensione temporale. Dalla 'visione' alla grafica in tempo reale attraverso il disegno come modello per la costruzione*, in De Rosa A., *Lo sguardo denigrato - Ruolo dell'osservatore nell'era della rappresentazione digitale*, Il Poligrafo, Padova, 2003, pp. 341-354.

¹⁴ Il lavoro del mito, come definito nella Poetica, fornisce una specifica grammatica all'azione trasponendola in un racconto; una favola o fantasia; una struttura. Tutti e tre i significati del mito comunicano la funzione comune di narrazione come *poiesis*; che è il modo di restituire ciò che viviamo in storie di vita. Queste esistono sempre ma divengono esplicite solo quando trasposte nei tre generi poetici: la tragedia, l'epica o la commedia. Sant'Agostino ha interiorizzato questa struttura narrative come un'interazione fra parti disperse che si integrano nell'anima stessa, ciò che ha chiamato *distentio animi*, attribuendola alla nostra natura caduca e evincendola nella dispersione del sé su passato, presente e futuro. Quest'ultima funzione di integrazione la ascrive al movimento compensatorio della psiche verso l'identità rispetto al tempo (*intentio animi*). Il dramma risultante tra queste due tendenze sfocia in una tensione tra discordanza e concordanza che rende ogni vita una trama temporale alla ricerca di un autore finale, Dio. Partendo da questa descrizione proto-esistenziale della trama e della temporalità umana, i fenomenologi del XX secolo hanno indicato modi differenti per riformulare questo dramma narrativo: Husserl lo ha chiamato l'interno tempo-coscienza di ritenzione e protezione; Heidegger il cerchio temporale del richiamo (*Wiederholung*) e progetto (*Entwurf*), alla luce del nostro 'essere verso la fine' o 'essere-verso-la morte'. Gadamer lo ha chiamato l' 'anticipazione del completamento' che organizza la mia esistenza come un intero; e Ricoeur, la 'sintesi dell'eterogeneo' figurativa. La nostra fenomenologia contemporanea riconosce che la narratività è ciò che segna, organizza e rende evidente l'esperienza temporale; e che ogni processo storico è riconosciuto così per il grado che può essere raggiunto.

¹⁵ Gaiani M. (a cura di), *Otto Architetture Italiane del Dopoguerra*, CD-ROM Windows-Macintosh, Maggioli, Rimini, 1999.

¹⁶ Le *maquettes* riguardano le architetture: Nello Aprile, Cino Calcaprina, Aldo Cardelli, Mario Fiorentino, Giuseppe Perugini; *Sacrario delle Fosse Ardeatine*, Roma 1944-52; BBPR (Lodovico Barbiano di Belgiojoso, Enrico Peressutti, Ernesto Nathan Rogers), *Monumento ai caduti nei campi di concentramento in Germania*, Milano - cimitero monumentale 1945-55; Carlo Mollino, *Stazione albergo al lago Nero*, Sauze d'Oulx (Torino) 1946-47; Luigi Caccia Dominioni, *Edificio per uffici Loro & Parisini*, Milano 1951-57; Saverio Muratori, *Sede provinciale dell'ENPAS, Bologna* 1952-6; Mario Ridolfi e Wolfgang Frankl, *Palazzina in via Marco Polo*, Roma 1952-56; Marco Zanuso, *Stabilimento Olivetti*, Merlo (Argentina) 1955-61; Carlo Aymonino (con Maurizio Aymonino, Alessandro De Rossi, Sachin Messaré), Aldo Rossi, *Complesso residenziale Monte Amiata al Gallarate*, Milano 1967-72. Il catalogo della mostra è Celant G. (a cura di), *The Italian Metamorphosis 1943-1968*, Progetti Museali editori, Roma, 1994.

¹⁷ Il progetto è descritto più dettagliatamente in: Gaiani M., Loschi C., Luitprandi M., Zagnoni S., Zannoni M., *Representing contemporary architecture using hypermedia - "Eight Italian architectures in the postwar period"*, in *Eurographicsmultimedia'99 proceedings*, Springer Verlag, Berlin, 1999; Zagnoni S., *Architettura contemporanea e multimedia: "Otto architetture italiane del dopoguerra"*, in supplemento a "Paesaggio urbano" n. 3, luglio-agosto 1999.

¹⁸ Irace F., Rota I. (a cura di), *Good N.E.W.S. - Temi e percorsi dell'architettura*, catalogo della mostra, Electa, Milano, 2006.

¹⁹ Rota I. (a cura di), *Amate città. Un secolo di architettura metropolitana*, catalogo dell'esposizione, Electa, Milano, 1995, pp. 72; Fortier B., *Amate città*, Electa, Milano, 1995, pp. 216.

²⁰ Cfr. Arnheim R., *La dinamica della forma architettonica*, Feltrinelli, Milano, 1977 (I ed. Berkeley, 1977), pp. 143-144.

²¹ Merleau-Ponty M., *La fenomenologia della percezione*, Il Saggiatore, Milano, 1965, p. 84.

²² Queste note risviluppano quanto pubblicato da Brevi F., *Metodi e strumenti per il design di prodotto*, in Gaiani M. (a cura di), *Metodi di Prototipazione Digitale e Visualizzazione per il Disegno Industriale*, cit., pp. 599-608.

- ²³ Aukstakalnis S., Blatner D., *Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality*, Peach Pit Press, 1992.
- ²⁴ Cruz-Neira C., SIGGRAPH 1993 Course 23 Notes, *Applied Virtual Reality*.
- ²⁵ Cfr. Gaiani M., *Grafica Real Time*, in Gaiani M. (a cura di), *Metodi di Prototipazione Digitale e Visualizzazione per il Disegno Industriale*, cit., pp. 307-510.
- ²⁶ Sui metodi di rappresentazione per la progettazione e sui metodi di modellazione per la progettazione cfr. Gaiani M., *Del disegno e del modello: rappresentazioni per il disegno industriale*, in Penati A. (a cura di), *Giovane è il design*, Edizioni POLIdesign, Milano, 2001, pp. 137-160.
- ²⁷ Cfr. Alberti L.B., *De Pictura*, Grayson c. (a cura di); Laterza, Bari 1980.
- ²⁸ I testi di riferimento usati per questo inquadramento sono: Bruce V., Green P.R., Georgeson M.A., *Visual Perception: Physiology, Psychology and Ecology*, Psychology Pr, 1996; Pugh E.N., *Vision: Physics and Retinal Physiology*, in *Steven's Handbook of Experimental Psychology*, II edizione, John Wiley & Sons, New York, 1988, pp. 75-163; Hurvich L., *Color Vision*, Sinauer Assoc., Sunderland, Mass., 1981; Sekuler R., Blake R., *Perception*, McGraw-Hill, New York, 1994; Spillman L., Werner J.S. (a cura di), *Visual Perception: The Neurophysiological Foundations*, Academic Press, San Diego, 1990; Ferwerda J.A., *Elements of Early Vision for Computer Graphics*, in "IEEE Computer Graphics and Applications", September/October 2001, pp. 22-33; Solso R.L., *Cognition and the Visual Arts*, MIT Press/Bradford Books, 1994; Kubovy M., *The Psychology of Perspective and Renaissance Art*, Cambridge University Press, London, 1986; Gombrich E.H., *The Image and the Eye: Further Studies in the Psychology of Pictorial Representation*, Phaidon, Oxford, 1982; Hood D. C., Finkelstein, M. A., *Sensitivity to light*, in Boff K. R., Kaufman L. R., Thomas, J. P. (a cura di), *Handbook of Perception & Human Performance*, cap. 5, Wiley New York, 1986.
- ²⁹ Cfr. Gaiani M., *Elementi per un approccio al disegno a partire dalla sua dimensione temporale* cit.
- ³⁰ Alfano P.L., George M.F., *Restricting the field of view: Perceptual and performance effects*, in "Perceptual and Motor Skills", vol. 70, 1990, pp. 35-40; Dolzeal H., *Living in a World Transformed - Perceptual and Performatory Adaptation to Visual Distortion*, Academic Press Inc., New York 1982.
- ³¹ Una tassonomia e una descrizione di questi sistemi è in Gaiani M., Rossi M., Rizzi A., *Percezione delle immagini virtuali*, cit.
- ³² Kaufman L., *Sight and mind: An introduction to visual perception*, Oxford University Press, New York, 1974.
- ³³ Sutherland I., *SketchPad: A Man-Machine Graphical Communication System*, in *AFIPS Spring Joint Computer Conference*, 1963, pp. 329-346.
- ³⁴ Angus I., Sowizral H., *Embedding the 2D Interaction Metaphor in a Real 3D Virtual Environment*, in *Proceedings of SPIE, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems*, 1995, pp. 282-293.
- ³⁵ Sulle tecniche di prototipazione virtuale per il Disegno Industriale cfr. Gaiani M., *Il disegno del "disegno industriale"*, in "Disegno e Design Digitale", vol. 01, n. 1, gennaio-marzo 2002, <<http://www.polidesign.net/ddd/>>.
- ³⁶ Guillerme J., *Il modello nella regola del discorso scientifico*, in "Rassegna", n. 32, 1987, p. 29.
- ³⁷ Bertalanffy, L. von, *Perspectives on General Systems Theory. Scientific-Philosophical Studies*, Braziller, New York, 1975.
- ³⁸ Gaiani M., *Software, cioè linguaggio coordinato in comandi*, in "Paesaggio Urbano", n. 3, maggio-giugno 1997, pp. 118-121.
- ³⁹ Sulle tecniche di prototipazione virtuale per il Disegno Industriale cfr. Gaiani M., *Il disegno del "disegno industriale"*, in "Disegno e Design Digitale", anno 01, n. 1, gennaio-marzo 2002, <http://www.polidesign.net/ddd/>.
- ⁴⁰ Ceccarelli N., *Il SIGGRAPH '94 tra reale e virtuale*, in "Archimedia", n. 5, 1994.
- ⁴¹ Gaiani M., Rossi M., Rizzi A., *Percezione delle immagini virtuali*, cit.
- ⁴² Cruz-Neira C., Sandin D., De Fanti T., *Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE*, in *SIGGRAPH 1993 Proceedings*, ACM Press, New York, 1993, pp. 135-142, 1993.
- ⁴³ Zeki S., *La visione dall'interno - Arte e cervello*, Bollati Boringhieri, Torino, 2003 (I ed. Oxford, 1999).
- ⁴⁴ Alex J., *Hybrid Sketching: A New Middle Ground Between 2- and 3-D*, PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- ⁴⁵ Schkolne S., *Surface Drawing: The Perceptual Construction of Aesthetic Form*, Master thesis, California Institute of Technology, 1999.
- ⁴⁶ Mi riferisco alle attività di sperimentazione promosse dalla Facoltà del Design del Politecnico di Milano a partire dalla sua costituzione nel 2001. Sul tema cfr. Gaiani M., Micoli L.L., *A framework to build and visualize 3D models from real world data for historical architecture and archaeology as a base for a 3D information system*, in Forte M. (a cura di), *The reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies proceedings*, BAR international series, 1379, 2005, Berkeley, USA, May, 2005, pp. 103-125 e il numero monografico della rivista "Disegno e Design Digitale", vol. 01, n. 2, 2002, <<http://www.polidesign.net/ddd/>>.
- ⁴⁷ Queste tematiche riprendono lo scritto: Gaiani M., *Interazione tra reale e ideale: reverse modeling come strategia progettuale*, in "Disegno e Design Digitale", vol. 02, n. 5, 2003, <<http://www.polidesign.net/ddd/>>, pp. 58-108.
- ⁴⁸ Computer Aided Industrial Design.
- ⁴⁹ Su questi temi un primo riferimento è nel numero monografico su *Prototipazione digitale come metodo di progettazione* di "Disegno e Design Digitale", vol. 02, n. 5, 2003, <<http://www.polidesign.net/ddd/>> e Gaiani M., *Dal numerico al visuale: strategie di rappresentazione rendering-based*, in Biagini C. (a cura di), *Information Technology ed automazione del progetto*, Firenze University Press, Firenze, 2002, pp. 21-57.
- ⁵⁰ Cfr. Gaiani M., *Strategie di rappresentazione rendering based*, in Galloni L. (a cura di), *Disegnare il design*, Hoepli, Milano, 2001, pp. 85-110.
- ⁵¹ Hill L., Cruz-Neira C., *Palmtop Interaction Methods for Immersive Projection Technology Systems*, in *Fourth International Immersive Projection Technology Workshop, IPT'2000*, Iowa State University, Ames, Iowa, 2000, pp. 1-5.
- ⁵² Farella E., Brunelli D., Benini L., Riccò B., Bonfigli M.E., *Pervasive Computing for Interactive Virtual Heritage*, in "IEEE Multimedia", July-September 2005, pp. 46-58; Farella E., Brunelli D., Benini L., Riccò B., Bonfigli M.E., Gaiani M., *Using Palmtop Computers and Immersive Virtual Reality for Cooperative archaeological analysis: the Appian Way case study*, in *8th International conference on virtual systems and multimedia proceedings*, Seoul, 2002, pp. 791-799.
- ⁵³ Il riferimento è al noto passo contenuto nel De Architectura: Vitruvio Pollio M., *De Architectura*, I, II, 1.
- ⁵⁴ Cfr. Eisenman P., *Oltre lo sguardo - L'architettura nell'epoca dei media elettronici*, in "Domus" n. 734, gennaio 1992, pp. 17-24.
- ⁵⁵ Cfr. Gaiani M., *Disegnare in un'epoca di transizione*, in "Disegnare" n. 11, dicembre 1995, pp. 7-16.
- ⁵⁶ Ackemann J.S., *Architettura e disegno. La rappresentazione da Vitruvio a Gehry*, Electa, Milano, 2003, cit., pp.84-107.
- ⁵⁷ All'URL <http://www.polidesign.net/ddd>.
- ⁵⁸ Gaiani M., Beltrami G. (a cura di), *Una metodologia per l'acquisizione e la restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura - I materiali per lo studio di Andrea Palladio*, Edizioni Polidesign, Milano, 2003; Gaiani M. (a cura di), *Metodi di Prototipazione Digitale e Visualizzazione per il Disegno Industriale*, cit.; Brevi F., *Il design delle superfici*, Edizioni Polidesign, Milano, 2004; Guidi G., Beraldin J.-A., *Acquisizione 3D e modellazione poligonale: dall'oggetto fisico al suo calco digitale*, Edizioni POLIdesign, Milano, 2004; Gaiani M. (a cura di), *La rappresentazione riconfigurata: un viaggio lungo il processo di produzione del progetto di disegno industriale*, Edizioni Polidesign, Milano, 2006.