

Tecniche di Rappresentazione per il Disegno Industriale: il tradizionale e il virtuale

Fausto Brevi

Premessa

La storia della progettazione è, al contempo, una storia degli strumenti e dei metodi destinati a comunicare il progetto.

L'importanza di questi strumenti e metodi è tale che Tomás Maldonado afferma "È questa esigenza di comunicare il progetto, di soddisfare il desiderio della committenza di *vedere in anticipo*, che è all'origine della professione di architetto. Insomma: l'architetto nasce come visualizzatore." [1] Parlare di storia degli strumenti e dei metodi destinati a comunicare il progetto dovrebbe inevitabilmente portare ad esplorare il senso e il significato del termine rappresentazione così come si sono venuti evolvendo nel corso della storia. Non è tuttavia questa la mia intenzione in questa sede, rimandando gli interessati all'ottima trattazione svolta al riguardo da Marco Gaiani [2]. Mi limiterò a riprendere la definizione che Nikolaus Pevsner dà del termine *rappresentazione architettonica* nel suo *Dizionario di Architettura* in quanto, a mio modo di vedere, costituisce una sintesi concisa, ma efficace di questo termine.

Pevsner afferma infatti che "[rappresentazione architettonica] è la raffigurazione di opere edili, loro parti ed ambienti interni mediante mezzi pittorici e grafici o modelli tridimensionali, a scopo di riflessione teorica, di elaborazione del progetto da parte dell'architetto." [3]

Questa definizione, con poche ed ovvie modifiche, può adattarsi efficacemente anche alla rappresentazione rappresentazione nell'ambito della

Progettazione Artistica per l'Industria, elegante ancorché desueta interpretazione del termine anglosassone *Industrial Design* cui ormai ci si riferisce comunemente con il termine *Disegno Industriale*, usando quindi la parola disegno in un'accezione un po' allargata rispetto al comune sentire, ma assolutamente coerente con l'acuta osservazione di Tomás Maldonado secondo cui "[...] disegnare per progettare si manifesta al contempo come disegnare durante il progettare e progettare durante il disegnare." [4]

Al contempo allora il termine Designer non potrà essere inteso solo letteralmente come Progettista, ma piuttosto come un'estrema sintesi per Progettista di Prodotti e Sistemi di Prodotto Industriali [5].

Desidero invece soffermarmi sull'aggettivo virtuale, aggettivo che mi affascina e mi irrita al tempo stesso per l'uso e l'abuso che, in tempi recenti, si tende a farne (compreso il titolo di questo scritto).

Per una lucida trattazione in chiave storica si può sicuramente fare riferimento al saggio di Tomás Maldonado [6], da cui si può ben comprendere come il termine virtuale non possa e non debba limitarsi, come spesso avviene oggi, ad un uso limitante e limitativo, riferito a ciò che viene prodotto con il computer. Come se virtuale non fosse un termine applicabile a tutto il progettare, con tecniche tradizionali o informatizzate non importa, per il fatto stesso che il progetto è indissolubilmente legato alla non pre-esistenza dell'oggetto progettato. E comunque dimenticando che esistono anche altre tecniche, non legate al progetto e quindi che esulano dal contesto che voglio trattare, che rappresentano in maniera virtuale (ovvero, verosimile) la realtà (dalla televisione al cinema, al disegno pittorico). Ormai virtuale tende a sostituirsi al termine digitale (1) che invece, a mio avviso, rappresenterebbe in maniera più fedele il senso sopra descritto.

Obiettivo di questo scritto è quindi quello di cercare di capire quali sono le tecniche usate per progettare e per rappresentare il progetto, come queste si specificano e si caratterizzano nel progetto di disegno industriale e infine a quali modifiche sono state e sono sottoposte a causa dei mutamenti già avvenuti e di quelli in divenire provocati dall'ormai vasta e ramificata presenza degli strumenti informatici all'interno del ciclo progettuale. Io credo che sia ragionevole ipotizzare di suddividere in quattro categorie le tecniche storicamente usate per *raccontare* un progetto. Ovviamente, come tutte le semplificazioni, non tutti condivideranno questo assunto, ma io ritengo tuttavia possa essere funzionale a meglio comprendere come, dove e quanto le nuove tecniche basate sull'uso del computer siano riuscite a integrarsi con quelle tradizionali, talvolta sostituendole per gli evidenti vantaggi, talvolta no.

La Maquette

Prendo in considerazione per prima la tecnica all'apparenza meno coerente e omogenea con le altre, ma il motivo della sua importanza dovrebbe apparire chiaramente nel seguito della mia esposizione. In quanto unica tecnica in grado di produrre una rappresentazione 3D di una realtà 3D, la costruzione di modelli fisici ha goduto di vasta popolarità e fortuna a partire dal Rinascimento dimostrandosi la più adatta a soddisfare le esigenze di una committenza non sempre in grado di *interpretare* e quindi comprendere altre forme di rappresentazione.

Come ha puntualmente rilevato Richard Goldthwaite [7], nel corso del XIV e XV secolo cambiano tempi e aspettative della committenza, che in precedenza operava con tempi molto lunghi, al di là delle aspettative di vita individuale. Nel corso del Rinascimento i tempi di realizzazione delle opere si accorciano e, di pari passo, cresce il desiderio di *pre-vedere* l'opera che si è commissionata.

In effetti, da quelli lignei per Santa Maria del Fiore a Firenze in poi, quando, oltre al famoso modello per la cupola del Brunelleschi, vennero ordinati anche un modello per l'attiguo campanile (1353) ed uno per la soluzione di problemi legati a cappelle perimetrali e finestre (1355) [8], i modelli si rivelano come il metodo più appropriato anche per la descrizione della componente tecnologica degli oggetti progettati e per la verifica di comportamenti statici, al punto che vasta diffusione acquistano anche i modelli in muratura, il più significativo dei quali è probabilmente quello elaborato da Antonio di Vincenzo per la chiesa di San Petronio a Bologna nel 1390. I modelli tuttavia non hanno tutti la stessa similarità con la realtà che rappresentano. Un'analisi interessante da questo punto di vista è ancora di Tomás Maldonado che suddivide i modelli secondo le categorie

dell'omologia, dell'analogia e dell'isomorfismo pur nella consapevolezza che non tutti condivideranno la sua interpretazione lessicale dei termini. Per Maldonado "siamo di fronte a realtà [il modello e ciò che il modello rappresenta] da considerare omologhe quando è simile la loro struttura ma non la loro forma e la loro funzione; a realtà analoghe quando sono simili struttura e funzione ma non la forma; a realtà isomorfe quando sono simili struttura e forma ma

la funzione può essere o non essere simile. [...]

È evidente che il plastico (2) [...] può essere solo iso-morfico nei riguardi della realtà che vuole rappresentare." [4].

Il plastico d'architettura ha poi la inevitabile caratteristica di essere un *modello di scala* [9] a causa delle dimensioni della realtà che è chiamato a rappresentare, e questa è una peculiarità del plastico architettonico non sempre riscontrabile invece nell'ambito del Disegno Industriale dove molto spesso è invece possibile costruire un modello in scala 1:1, comunemente chiamato prototipo (3), in grado di rappresentare anche diversi livelli di funzionalità (4). A proposito dei modelli in scala, nota bene Rudolf Arnheim che "geometricamente, 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. Nella misura in cui un aumento di volume significa un aumento di peso, il rapporto fra peso e forma risulta alterato col mutare delle dimensioni." [10]. Se questo è stato scritto e pensato per i plastici di architettura, è però altrettanto vero a proposito di quei modelli industriali che, sovente per motivi di costi prima ancora che di dimensioni, vengono realizzati in scala. A questo proposito, l'esempio più evidente è quello dei prototipi non-funzionanti che vengono realizzati nel ciclo di progettazione delle automobili, le cui prime versioni sono normalmente in scala 1:4.

Hanno una loro evidente utilità per aiutare a comprendere problemi macroscopici con costi e tempi di realizzazione sensibilmente inferiori, ma non consentono di prescindere dalla realizzazione di almeno un prototipo in scala 1:1 per consentire la verifica finale dell'equilibrio tra volumi e pesi visivi nel senso inteso così efficacemente da Arnheim.

I modelli numerici realizzati a computer consentono spesso una sintesi di tutte le sfaccettature che abbiamo testato illustrato: una crasi delle tre "similarità" in quanto in grado di gestire sia le prestazioni dei modelli iconici (isomorfi) che di quelli non-iconici (modelli diagrammatici e matematici); una sostanziale indifferenza al problema dei modelli in scala dal momento che i modelli digitali vengono sempre costruiti in scala reale (1:1) e prodotti, eventualmente, in scale diverse a seconda dei diversi impieghi e delle diverse necessità; una capacità di contenere all'interno di un'unico modello i diversi livelli di funzionalità dei prototipi; e non ultima la possibilità di usare i modelli in scala 1:1 per analizzarli visivamente senza doverne produrre l'equivalente fisico [11].

Modello digitale migliore della maquette tradizionale quindi? Il dibattito in proposito è quanto mai acceso, entrandovi in gioco anche ignoranza, pigrizia, prevenzione verso la tecnologia e, all'opposto, fideismo cieco nella stessa. Marco Gaiani comunque non pare avere dubbi in merito quando afferma che "Nella valutazione di funzionamento i prototipi digitali possono essere considerati persino superiori alle loro controparti fisiche, e per questo possono essere usati come parte integrante, piuttosto che come conseguenza, del processo di progettazione. In altre parole, con gli strumenti di prototipazione digitale è possibile testare e identificare i problemi durante il ciclo di elaborazione concettuale invece che alla sua conclusione, effettuare test e analisi del tipo 'che cosa accadrebbe se', e analizzare il comportamento in modo impensabile con i metodi tradizionali." [12].

La Rappresentazione Geometrica

Rappresentazione geometrica può essere definita la tecnica tramite la quale ci si appropria di uno spazio tridimensionale per rappresentarlo su un supporto bidimensionale. Nella rappresentazione geometrica, il rapporto fra spazio 3D e sua rappresentazione 2D è codificato attraverso delle regole messe a punto nel corso dei secoli e che, nel loro insieme, formano il *corpus* della Scienza della Rappresentazione.

Un contributo fondamentale allo sviluppo di questa scienza è stato quello fornito dalla Geometria Descrittiva, che costituisce, con il Disegno e con il Rilievo, la base teorica irrinunciabile per poter comprendere i processi legati alla Rappresentazione.

Volutamente sto parlando di Rappresentazione Geometrica e non di Disegno Tecnico che pure è termine di largo uso specialmente nella progettazione meccanica, ambito spesso accomunato al Disegno Industriale. Al disegno tecnico appartengono infatti anche tutte quelle convenzioni atte a presentare informazioni legate alla documentazione di progetto che esulano dal contesto che mi interessa prendere in considerazione.

C'è una carenza, probabilmente non più eludibile, nella capacità di individuare le specificità e l'autonomia del *Disegno del Disegno Industriale*, troppo a lungo equiparato al Disegno dell'Architetto o a quello dell'Ingegnere.

L'impressione è che per lungo tempo si sia invano tentato di ridurlo ora all'uno, ora all'altro e che solo in tempi recenti si stia, finalmente ma faticosamente, cercando di definirne la sua autonomia [12]. Abbiamo parlato delle maquette e dei modelli digitali come metodi di rappresentazione 3D di una realtà (o di un'idea di realtà in divenire), ma si potrebbe obiettare, a ragione, che tutti i disegni di un progettista sono dei modelli, o meglio tutti i disegni del progettista sono dei modelli utili a rappresentare l'organizzazione dello spazio tridimensionale concepito, e anche, d'altra parte, che i modelli digitali vengono poi rappresentati in uno spazio bidimensionale come lo schermo del monitor annullando quindi le differenze con la rappresentazione geometrica tradizionale.

In definitiva, allora il computer andrebbe solo a sostituirsi alla pratica del *disegnatore*, inteso come colui che conosce la geometria descrittiva.

Poichè le regole della geometria descrittiva sono codificate, questa sostituzione è sicuramente possibile, auspicabile e, in buona parte, già avvenuta. Questa visione, pur se già ricca di conseguenze, è tuttavia limitata e non giustifica il trattare i modelli digitali come entità spaziali se poi vengono rappresentati semplicemente automatizzando le tecniche tradizionali (5). Ciò che voglio infatti affermare è che il computer, proprio grazie ai suoi automatismi e alla sua velocità, rappresenta un modello spaziale su un supporto bidimensionale con un risultato percettivo assolutamente diverso e innovativo rispetto a quanto avvenuto tradizionalmente. Riccardo Migliari coglie con grande lucidità questa caratteristica quando dice che "[...] c'è una differenza profonda tra il modello informatico e quello grafico, poichè il primo appare in tre dimensioni, come se lo schermo del computer fosse una finestra aperta sul suo spazio, mentre il secondo appare inesorabilmente piano, come una fotografia. In realtà, basta riflettere un poco, per rendersi conto che la differenza è tutt'altra, poichè il primo, il modello informatico, è dinamico e a ciò si deve il suo realismo, mentre il secondo è statico. E il primo è dinamico solo perchè costituito da un numero inesauribile di viste piane in rapida sequenza [...]" [15]. Quindi ecco riportata in primo piano la centralità del modello tridimensionale digitale, cui accedere in continuo per ottenere automaticamente delle rappresentazioni piane, ma anche e direi soprattutto per esplorarlo, per studiarlo, appunto per progettarlo.

Il Rendering

Rendering è una parola piena di fascino e di mistificazioni. E, a differenza di quanto molti sembrano credere, non è per nulla una parola nuova, figlia della computer grafica, anzi. Molti definiscono rendering l'algoritmo usato dal computer per rendere più realistica la rappresentazione 2D di un modello virtuale (o digitale, come abbiamo visto sarebbe più appropriato definirlo). In effetti il significato di questa parola si è evoluto e modificato nel corso del tempo, ma possiamo comunque andare alla ricerca delle sue radici. Rendering è con tutta evidenza un termine anglosassone che sui dizionari (almeno su quelli un po' datati) si trova nel significato di *traduzione* (6), nel senso di *ritrarre* e di *descrivere*. Ovvero, rendere l'idea per mezzo di un'adeguata rappresentazione.

In italiano, potrebbe quindi essere usato il verbo *rendere* o la parola *resa*, intendendo la resa finale di un lavoro o la finitura di una superficie.

Alberto Pratelli ricorda sagacemente come tale

rappresentazione corrisponda "[...] in architettura ad

una resa prospettica di tipo realistico, quella che gli americani dicevano *commercial*, in quanto eseguita per dare un'idea affascinante al committente [...]" e anche come tale rappresentazione sia "[...] solo importante e necessaria per fare approvare un progetto, ma non spiega nulla del progetto." [16].

È vero, ma anche per il rendering valgono in buona parte le considerazioni storiche svolte a proposito della maquette e della necessità per gli artisti di presentare al committente una rappresentazione realistica dell'opera (scultura, edificio, monumento) che gli veniva commissionata.

Con un salto temporale vistoso, ma restando coerenti nella logica, Laura Garroni nota come "[...] l'utilizzo del disegno di rendering [nel campo pubblicitario], adottato con le più sofisticate e avanzate tecnologie, invade continuamente l'immaginario collettivo cercando, anche in modo celato, di persuadere l'uomo della strada a desiderare fortemente determinati prodotti fino ad indurlo ad acquistarli." [17]. Resta comunque la considerazione di fondo che, vuoi con tecniche tradizionali (matita, pastello, gessetti, aerografo, pennarelli, ma potrei continuare), vuoi con quelle innovative basate sull'uso del computer, il rendering è e rimane un mezzo con cui *rendere* un materiale usandone un altro, perchè significa rappresentare non solo le forme geometriche, come visto fin qui, ma la trama dei materiali, la resa delle luci, i colori, con l'obiettivo dichiarato (oggi) di simulare (altro verbo denso di possibili implicazioni collaterali) la fotografia di un oggetto che non esiste. E restano da studiare le profonde implicazioni sul progetto che potrà portare nei prossimi anni il passaggio, che è in atto proprio

ora, dal rendering inteso come fotografia virtuale al

cosiddetto rendering in real-time, ovvero la possibilità ancora una volta di generare non una sola immagine per quanto precisa e raffinata, ma una sequenza in rapida successione che ci consenta di esplorare il progetto osservandolo non solo nelle sue pure forme geometriche, ma anche nelle sue caratteristiche di resa. Marco Gaiani afferma che "La vera rivoluzione che la computazione ci ha fornito negli ultimi anni è la possibilità di usare questi modelli non solo come simulazione fotorealistica del reale, ma come veri e propri prototipi virtuali che ci mettono in condizione di osservare e analizzare il reale o una sua prefigurazione in modo assai migliore di quanto permettano le tecnologie analogiche a noi note sia nella visualizzazione che nella base dati." [12].

La Rappresentazione Naturale

Ho *rubato* questa definizione a Riccardo Migliari perchè l'ho trovata più precisa, elegante e puntuale che non Disegno al Tratto che invece evoca maggiormente, a mio modo di vedere, la pittura. Lungi da me l'idea di sottovalutare l'importanza o la difficoltà della pittura, ma questa non si pone, ovviamente, né l'intento di progettare, né quello di rappresentare un progetto.

Schizzo avrebbe una sua forza storica essendo termine usato già dal Vasari che ce ne racconta come di "[...] una prima sorte di disegni, che si fanno per trovare il modo delle attitudini et il primo componimento dell'opra. E sono fatti in forma di una macchia, accennati solamente da noi in una sola bozza del tutto." [19], tuttavia Rappresentazione Naturale mi è perso termine più appropriato per cogliere similitudini e differenze con quanto precedentemente definito Rappresentazione

Geometrica. Dunque Migliari descrive la Rappresentazione Naturale come "l'esercizio quotidiano dell'architetto, sia che annoti sul taccuino le impressioni di un viaggio, sia che annoti le prime idee di un progetto o la soluzione di dettaglio di un progetto avanzato. Non vi è, tuttavia, rappresentazione naturale di architettura

senza una conoscenza anche meramente operativa del codice della rappresentazione geometrica. Non vi è architetto che ricordi in dettaglio i suoi studi di geometria, e tuttavia non vi è architetto che non posseda il frutto di quegli studi, vale a dire la capacità di operare sul foglio da disegno il miracolo della simulazione dello spazio, sia come proiezione dalla realtà al disegno, che come proiezione dalla mente verso l'esterno." [18]. Apparentemente questa tecnica sembrerebbe con tutta evidenza impossibile assoggettarla alla logica propria del computer e della sua sistematizzazione, tuttavia vi sono alcuni aspetti su cui vale la pena soffermarsi. Appare chiaramente come la natura di questa tecnica di proporsi, diversamente da tutte le altre precedentemente prese in considerazione, come strumento di annotazione usabile ovunque e senza impiego di strumenti aggiuntivi (righe, squadre, compasso e quant'altro) costituisca il modo più diretto per il progettista di fermare le idee, di instaurare una forma di dialogo con il proprio progetto. Maldonado nota come sia "la compresenza interagente fra il mezzo (disegnare) e il fine (progettare) che consente di avanzare verso la soluzione cercata e talvolta solo trovata." [1]. Non vanno però sottovalutati alcuni aspetti legati in maniera apparentemente collaterale all'ausilio alla progettazione fornito dai computer.

Da un lato, esistono strumenti informatici chiamati *paint*, *sketch*, *sketchbook* e similia, che rimandano al disegno a mano libera tramite l'uso di una tavoletta grafica collegata al computer. Questi strumenti non fanno che consentire di usare la stessa gestualità e la stessa metodologia normalmente usate con le tecniche tradizionali, sfruttando altresì alcuni innegabili pregevoli caratteristiche degli ambienti informatici (7). A fronte di alcuni vantaggi, questi sistemi scontano però lo scollamento con il modello tridimensionale, che abbiamo visto costituire il cuore della logica digitale, e la scarsa trasportabilità se raffrontata con quella di carta e matita. Stanno tuttavia sviluppandosi due interessanti esperimenti cui occorrerà prestare attenzione:

- la nascita di sistemi che consentono di operare con le tecniche della rappresentazione naturale all'interno di un ambiente di modellazione, ovvero in uno di quei sistemi con cui realizzare i modelli digitali, e da cui ottenere i dati per la realizzazione di una maquette fisica, le immagini di una rappresentazione geometrica e di un rendering fotorealistico.

In altre parole, poter schizzare per poi modellare per poi riprendere a schizzare su un primo modello che definisce i volumi principali, secondo una logica che va dal generale al particolare, riprendendo quindi tanta parte del modus operandi tradizionale e, al contempo, riportare anche questa tecnica ad interagire direttamente con il modello tridimensionale digitale.

- la nascita di nuovi strumenti di lavoro portatili, chiamati tablet-PC, che integrano in un piccolo computer portatile uno schermo sensibile, su cui operare con uno stilo in tutto simile ad una matita, e un software per il disegno naturale. In questo modo si realizzerà, forse, uno strumento informatico portatile utile a soddisfare la necessità del progettista di poter cogliere rapidamente un appunto grafico.

Conclusioni

Appare infine nella sua chiarezza quella che è la vera novità insita nell'uso delle tecnologie digitali applicate al disegno e al progetto: quella che tradizionalmente era solo una delle tante possibili tecniche di (rap)presentazione di un modello 3D presente nella mente del progettista, la maquette, assume ora un ruolo centrale, trasformandosi in un modello 3D numerico da cui discendono (prototipo fisico, prototipo virtuale, disegno tecnico e rendering) o a cui ascendono (disegno al tratto) tutte le altre tecniche. In questo modo il computer diventa un importante complemento per la mente del progettista, che non deve più compiere il passaggio 3D->2D (dall'idea spaziale alla sua rappresentazione su un piano) nella sua mente per poi esplicitarlo su un supporto 2D, ma deve compiere un passaggio 3D->3D (la costruzione del modello digitale come esplicitazione della spazialità concepita) demandando al computer la gestione del passaggio 3D->2D. Così facendo si può liberare di alcuni processi storicamente ritenuti poco gratificanti per farsi carico di un processo forse anche più complesso, ma che costituisce sicuramente un'esperienza completa e appagante come ha acutamente notato anche Riccardo Migliari: "Io presagisco dunque un tempo in cui il disegno tecnico sarà affidato alle macchine, l'espressione artistica resterà all'uomo, finalmente libero dalle incombenze, a volte frustranti, del disegno esecutivo." [15].

Ecco allora come il vero nodo intorno cui dibattere debba essere, a mio modo di vedere, se le tecniche digitali consentano solo maggior velocità, precisione e duttilità nelle fasi di (rap)presentazione o se possano incidere significativamente nella fase di concezione del progetto.

Alberto Sdegno [14] ha cercato di mettere a confronto questi due aspetti, analizzando l'uso dei modelli digitali all'interno di due studi di architettura, quello di Frank Ghery e quello di Peter Eisenman, e notando come nel caso di Frank Ghery ci si trovi ad usare il computer dopo il progetto, mentre da parte di Eisenman ne vengano mentalmente adottati i canoni figurativi evocando un paradigma elettronico esplicitamente teorizzato dallo stesso Eisenman [13].

Seppure molto interessante, questo confronto non riesce comunque a soddisfare la mia domanda per almeno due motivi: da un lato perché Eisenman usa più i canoni figurativi dell'informatica che non l'informatica e quindi il computer come strumento di ispirazione formale piuttosto che come mezzo da usare e, nel caso, da piegare alle proprie idee e alle proprie aspettative; dall'altro, ancora una volta, perché rifarsi ad una situazione e ad uno scenario legato alla progettazione architettonica, costituisce un elemento di per sé stesso fuorviante rispetto ad una ricerca che vuole incentrare il suo interesse sul disegno industriale. Tuttavia a me appare chiaro quello che, con il maturare delle tecnologie basate sulla Computer Grafica, deve configurarsi sempre più come una necessità ineludibile e non ulteriormente procrastinabile per chiunque voglia avvalersi di queste moderne tecniche senza restarne vittima: uno studio accurato e integrato delle teorie e delle metodologie tanto della scienza della Computer Grafica (il virtuale) quanto della scienza della

Rappresentazione Classica (il tradizionale), ovvero della Geometria Descrittiva e del Disegno Classico, in quanto unica strada che possa portare a padroneggiare efficacemente i nuovi strumenti piegandoli al proprio estro progettuale senza restarne schiacciati.

Note

1. Derivazione italiana dell'inglese digit, numero, a sua volta proveniente dal latino *digitus*, dito, ma anche, strumento per contare.
2. Il termine plastico viene usato da Maldonado in quanto da lui ritenuto come il più indicato a tradurre in italiano la parola maquette.
3. Dal greco *protótypos*: che è primo tipo.
4. I prototipi comunemente si classificano, a seconda della loro capacità di riprodurre anche il funzionamento che avrà il prodotto finito, in prototipi non-funzionanti, semifunzionanti e funzionanti.
5. Approccio che ha portato a coniare il termine Disegno Automatico, con risultati non sempre felici.
6. Il Nuovo Dizionario Inglese, Garzanti, 1984.
7. Si pensi, a solo titolo d'esempio, alla possibilità di organizzare il proprio disegno in diversi layer o di sfruttare la memoria dei computer per poter disfare operazioni già fatte, ma che non ci hanno soddisfatto (undo).
8. Tanto più vero nel Disegno Industriale, in quanto nella progettazione architettonica spesso sopravvive la vecchia, e secondo me cattiva, abitudine di studiare il progetto attraverso pianta e prospetti rischiando la perdita della progettazione dello spazio che dovrebbe invece rappresentare il fine ultimo dell'architettura.

Bibliografia

1. Maldonado T., *Modello e Realtà del Progetto*, in Reale e Virtuale, Giunti Editore, Milano 1994.
2. Gaiani M., *Rappresentazione*, CLUEB, Bologna 1993.
3. Pevsner N., Fleming J., Honour H., *Dizionario di Architettura*, Einaudi Editore, Torino 1981
4. Maldonado T., *Questioni di similarità*, in "Rassegna" n.32, Milano 1987.
5. Seassaro A., *Il ruolo del disegno nella formazione del designer*, in "DDD: Disegno e Design Digitale" n.01, Poli.Design, Milano 2001 (disponibile anche on-line all'indirizzo http://www.mediadigitali.polimi.it/ddd/ddd_001).
6. Maldonado T., *Reale e Virtuale*, Giunti Editore, Milano 1994.
7. Goldthwaite R.A., *La costruzione della Firenze rinascimentale. Una storia economica e sociale*, Il Mulino, Bologna 1984.
8. Pacciani R., *I modelli lignei nella progettazione rinascimentale*, in "Rassegna" n.32, Milano 1987.
9. Black M., *Models and Metaphors*, Cornell University Press, Ithaca 1962.
10. Arnheim R., *La dinamica della forma architettonica*, Giunti Editore, Milano 1981.
11. Brevi F., *Rendering in Real Time per il Disegno Industriale:Architetture*, in "DDD: Disegno e Design Digitale" n.02, Poli.Design, Milano 2002 (disponibile anche on-line all'indirizzo http://www.mediadigitali.polimi.it/ddd/ddd_002).
12. Gaiani M., *Il Disegno del "Disegno Industriale"*, in "DDD: Disegno e Design Digitale" n.01, Poli.Design, Milano 2001 (disponibile anche on-line all'indirizzo http://www.mediadigitali.polimi.it/ddd/ddd_001).
13. Eisenman P., *Oltre lo sguardo. L'architettura nell'epoca dei media elettronici*, in "Domus" n. 734, Milano 1992.
14. Sdegno A., *L'architettura nell'epoca del computer*, in "Casabella" n. 691, Milano XXXX.
15. Migliari R., *Riflessioni sulla geometria descrittiva e sul suo insegnamento*, in "DDD: Disegno e Design Digitale" n.01, Poli.Design, Milano 2001 (disponibile anche on-line all'indirizzo http://www.mediadigitali.polimi.it/ddd/ddd_001).
16. Pratelli A., *La resa del rendering, un problema di sempre*, in "DDD: Disegno e Design Digitale" n.02, Poli.Design, Milano 2002 (disponibile anche on-line all'indirizzo http://www.mediadigitali.polimi.it/ddd/ddd_002).
17. Garroni L., *Rendering per il Disegno Industriale*, in "DDD: Disegno e Design Digitale" n.02, Poli.Design, Milano 2002 (disponibile anche on-line all'indirizzo http://www.mediadigitali.polimi.it/ddd/ddd_002).
18. Migliari R., *Fondamenti della Rappresentazione Geometrica e Informatica dell'Architettura*, Edizioni Kappa, Roma 2000.
19. Vasari G., *Le vite de' Più Eccellenti Architetti, Pittori, et Scultori da Cimabue insino ai nostri tempi*, Firenze 1966.