

Edoardo Dotto

Introduzione all'analisi grafica

Una nota didattica

Palermo 2009

Il testo che segue è la stesura di alcune lezioni tenute nel corso di *Disegno dell'Architettura* presso la Facoltà di Architettura dell'Università di Catania con sede a Siracusa. I temi trattati - quello del 'potere' che il disegno dispiega nell'indagine della forma architettonica e del ruolo che esso ha nel costruire e precisare il pensiero progettuale - sono stati per me motivo di curiosità fin dall'elaborazione della tesi di laurea. A tanti anni di interesse non è corrisposta un'elaborazione sistematica degli argomenti, ma piuttosto, come si vedrà, una serie di riflessioni tenute insieme dall'entusiasmo per come il disegno di architettura, lontano dall'essere soltanto una congerie di tecniche e di procedure, sia connaturato all'essenza del pensiero architettonico. Questa nota, più che cercare di esaurire l'argomento, peraltro brillantemente affrontato da parecchi studiosi, vuole esclusivamente costituire un'introduzione, necessariamente parziale, alla pratica dell'analisi grafica e della consapevole rappresentazione dell'architettura.

Introduzione all'analisi grafica

Una nota didattica

La formazione scolastica che ciascuno di noi ha ricevuto, nella quasi totalità dei casi, ha privilegiato nettamente il linguaggio verbale rispetto a quello musicale o delle immagini. Probabilmente, data la straordinaria immediatezza e duttilità della parola, questa scelta ci ha permesso di comunicare fin dai primi anni di vita in modo rapido ed efficace. Purtroppo, molto spesso l'ambito in cui si esercita il linguaggio verbale si rivela pervasivo e limita nettamente l'uso di differenti forme di espressione.

Nella scuola primaria, almeno fino a qualche decennio fa, era molto frequente che si proponessero agli scolari delle esperienze didattiche distanti dal 'mondo dei libri'. Spesso si trattava di concerti, rappresentazioni teatrali o di passeggiate all'aria aperta. A questa varietà di situazioni, dettata più da occasioni fortuite che da un progetto coerente, si contrapponeva una pratica costante: ciascuna esperienza andava raccontata «per iscritto», sotto forma di "pensierini" o di "temino", a seconda delle età. Ciascuno era costretto quindi alla riduzione delle più varie esperienze al linguaggio verbale. Se in alcuni casi ciò era possibile senza grandi difficoltà, nel dovere tradurre le sensazioni visive o talvolta il ricordo preciso di alcuni passaggi musicali usando le parole, ci si scontrava con una serie di problemi che lasciavano immediatamente spazio alla retori-

ca più melensa. Usare le parole per raccontare la musica o le forme imponeva all'immaginazione ed alla memoria una forzatura che spesso smorzava i preziosi entusiasmi infantili.

Purtroppo però anche nel mondo degli adulti, le parole non sono il *medium* adatto ad ogni descrizione. Talvolta i racconti si rivelano inefficaci a rappresentare la realtà e di conseguenza si rischia di finire vittima di pericolosi fraintendimenti. Nonostante ciascuno di noi sia stato abituato all'analisi - grammaticale, logica e sintattica - del linguaggio verbale, ne sperimentiamo spesso l'inadeguatezza.

Per lo studio e la rappresentazione dell'architettura il 'mezzo linguistico' più indicato, come è ovvio, è quello delle immagini, in primo luogo il disegno. Esso costituisce uno strumento di analisi molto potente e consente di esplorare compiutamente aspetti che il linguaggio verbale può soltanto sfiorare. Studiare l'architettura attraverso il disegno significa utilizzare il linguaggio che è stato utilizzato per progettarla, significa quindi usare una chiave di accesso privilegiata per la comprensione della forma. Questo tipo di studio prende il nome di "analisi grafica" e può essere condotto non solo su disegni di rilievo e su disegni di progetto, ma a ben vedere anche su immagini di altro tipo come vedute, prospettive, disegni schematici. La pratica dell'analisi grafica è di importanza cruciale per la formazione e la crescita di un architetto. Essa consente di studiare l'architettura in modo approfondito, talvolta con esiti sorprendenti.

Il tema dell'analisi grafica è profondamente connaturato a quello della rappresentazione. Questo termine, come è noto, indica un'azione - quella del rappresentare - che non può prescindere dalla drastica sintesi di alcuni aspetti che costituiscono la realtà rappresentata. Nell'assistere ad una rappresentazione teatrale, ad esempio, ci rendiamo conto che l'azione che si svolge sotto i nostri occhi è doverosamente una sintesi della realtà (solitamente immaginaria) cui

essa allude. Le azioni dei personaggi, ovviamente, sono illustrate soltanto nelle parti significative, quelle legate all'incedere del racconto. Non li seguiremo, ad esempio, nei loro compiti domestici o di igiene personale, a meno che questo non comporti una ricaduta nell'economia dell'azione teatrale. Per fare un altro esempio, la fotografia di un'architettura costituisce senza dubbio una rappresentazione di quell'edificio. Essa però, della realtà tangibile, esclude un'enorme quantità di aspetti, eliminando tra le altre cose, la tridimensionalità, la materialità e gli odori del luogo ritratto. Quasi sempre una forma d'arte identifica anche un sistema di rappresentazione, di cui assume le regole, i limiti e le possibilità specifiche.

In definitiva, ogni rappresentazione più che riproporre la realtà, ne determina una riduzione, una sintesi, un riepilogo, escludendo in modo spesso drastico le informazioni di cui è portatrice. Lo scrittore argentino Jorge Luis Borges, in uno dei suoi fulminanti racconti, chiarisce in modo straordinario come la sintesi sia un aspetto fondamentale della rappresentazione. Egli racconta di un re¹ che sprona i suoi cartografi a realizzare una topografia del regno, quanto più dettagliata possibile, portandoli, dopo parecchie stesure, a realizzare una carta in scala "al vero", grande quanto al regno, distesa su di esso, scomoda ed ingombrante. Se nel rappresentare non si compiono le selezioni adeguate, la rappresentazione è quantomeno inutile ed inefficace.

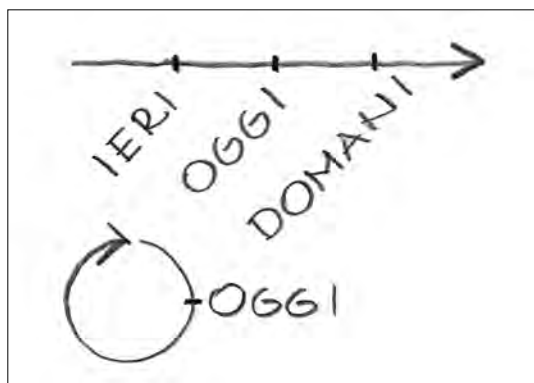
Come è ovvio non esiste, se non per aspetti macroscopici, un modo unico di selezionare gli aspetti più rilevanti della realtà, e quindi di rappresentarla. Ciascuno di noi, per così dire, di essa si forma una propria immagine, nella quale prevalgono aspetti cui è più sensibile o che semplicemente è in grado di comprendere e, di conseguenza, di comunicare efficacemente.

La qualità del vedere è indissolubilmente legata alla dimensione culturale di chi guarda. Anche dal punto di vista neurologico, vede-

re è una funzione particolarmente complessa che coinvolge in modo contemporaneo più parti del cervello. Come, con un'abile sintesi, Wim Wenders ci mostra nel suo straordinario film *Fino alla fine del mondo*² del 1991 - oltre che in alcuni suoi scritti - vedere, capire e memorizzare sono operazioni che avvengono contemporaneamente, in relazione virtuosa tra loro. Più capiamo ciò che vediamo, più siamo in grado di imparare e di conseguenza più riusciamo a vedere con acutezza e precisione. Se capiamo quello che vediamo, infatti, l'esperienza del vedere completa ed in qualche caso 'ristruttura' il nostro sapere. Ma perché, potremmo chiederci, allora sono soltanto alcuni gli aspetti della realtà che colpiscono il nostro occhio, aggiungendosi alla nostra esperienza? In altri termini, in che modo si forma il nostro personale punto di vista?

Gli studiosi del linguaggio hanno indagato in profondità le relazioni che intercorrono tra la nostra percezione del mondo e gli schemi linguistici che utilizziamo. Tra gli altri, Benjamin Lee Whorf - un allievo del grande linguista Edward Sapir - all'inizio del Novecento ha mostrato come sia praticamente impossibile leggere la realtà se non attraverso i nostri schemi linguistici. Secondo Whorf «... il mondo si presenta come un flusso caleidoscopico di impressioni che deve essere organizzato dalle nostre menti, il che vuol dire che deve essere organizzato in larga misura dal sistema linguistico delle nostre menti»³. Il sistema linguistico, infatti, non è soltanto uno strumento per riprodurre la realtà, esso, piuttosto, dà forma alle idee ed è addirittura «il programma e la guida dell'attività mentale dell'individuo».

Per formulare e verificare le sue ipotesi Whorf ha studiato per parecchio tempo la lingua degli indiani americani Hopi. Nel corso delle sue ricerche ha notato come essi non conoscano i tempi verbali ed utilizzino, per comunicare eventi o azioni, esclusivamente una forma verbale che si riferisce nella maggior parte dei casi al



1. *L'idea di Storia nella quale agiamo ha una struttura analoga a quella di una retta orientata, in cui gli eventi si susseguono secondo un ordine scandito dall'incedere del tempo. Ogni situazione è irripetibile. La cultura della Tradizione, invece ha uno schema ripetitivo, circolare, in cui gli eventi si ripropongono ciclicamente.*

tempo presente. Nel racconto di un fatto avvenuto in un lontano passato, l'unica differenza rispetto ad uno recente è che il primo sarà reso in modo meno vivido, più vago, con meno dettagli e minore partecipazione emotiva.

Se confrontiamo questa condizione con quella che emerge dall'osservazione dei nostri tempi verbali, risulta subito evidente la nostra diversa percezione del tempo. In italiano, ad esempio, soltanto nel modo indicativo, coniughiamo ben cinque tempi passati (imperfetto, passato prossimo, passato remoto, trapassato prossimo e trapassato remoto), il presente e due tempi futuri. Il futuro anteriore, in particolare, che descrive un futuro in cui una certa azione sarà già stata compiuta, è davvero sintomatico della precisione con la quale intendiamo situare le azioni nel tempo.

Il nostro modo di percepire il tempo, come si vede dalle strutture del nostro linguaggio (figura 1), è diametralmente opposto a quello degli indiani Hopi. Per loro il tempo si ripete ciclicamente, seguendo ritmi naturali, come l'alternarsi del giorno e della notte o il fluire delle stagioni. Per noi il tempo si orienta drasticamente in una direzione che va dal passato al futuro, dal prima al dopo. Per loro il sapere è preservato dalla Tradizione, che è un ambito culturale in

cui le soluzioni ai problemi del vivere si sono rese omogenee. Il nostro ambito, invece è quello della Storia, in cui le novità tendono spesso ad escludere le pratiche desuete, in una continua ricerca di miglioramenti. Se la Tradizione conserva uno stato di equilibrio con la realtà circostante, la Storia deve inseguirlo di continuo.

La nostra maniera di vedere il tempo si riverbera distintamente, tra l'altro, in una serie di supporti per l'organizzazione della nostra giornata. Si pensi, ad esempio, alle nostre agende, vere e proprie 'macchine del tempo' in cui possiamo leggere la traccia delle nostre azioni passate e i nostri programmi futuri. Il nostro linguaggio ci predispone ad un preciso tipo di organizzazione del tempo e questo ci lega indissolubilmente a strumenti e pratiche con le quali strutturiamo le nostre giornate e la nostra vita.

Roland Barthes a questo proposito asseriva che la lingua «è semplicemente fascista; il fascismo, infatti non è impedire di dire, ma obbligare a dire»⁴. Egli lucidamente indicava così l'enorme potere che il linguaggio ha sui pensieri e sul modo in cui possiamo organizzarli. Siamo legati l'un l'altro da una analoga capacità di vedere il mondo, veicolata direttamente dall'uso del nostro linguaggio. Ad un limite evidente delle nostre opportunità di pensiero, insito nell'adozione e nell'uso di un linguaggio, corrisponde però la possibilità di condividere i nostri pensieri con quanti utilizzano la nostra stessa lingua. In altri termini, cediamo un po' della nostra libertà in cambio della possibilità di comunicare facilmente ed efficacemente.

Di questi meccanismi era ben consapevole anche lo scrittore inglese George Orwell il quale, in una straordinaria appendice del romanzo *1984*, nel quale viene descritta una società estremamente repressiva, guidata da un fantomatico Grande fratello⁵, riflette sui principi della cosiddetta Neolingua, cioè una lingua riformata, costruita appositamente per rendere più efficace il controllo sugli

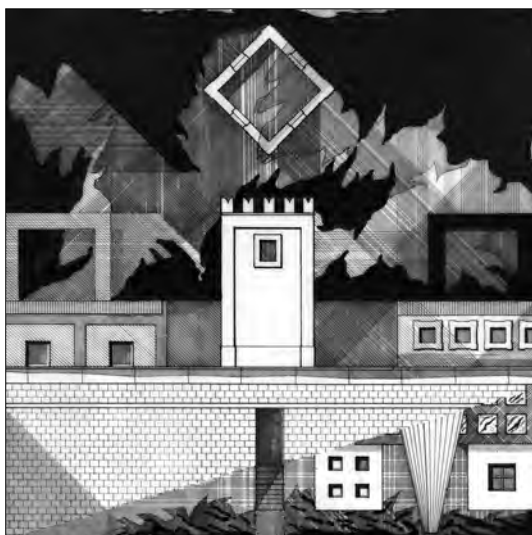
individui, impedendo una reale autonomia di pensiero. Eliminando alcuni termini cruciali dal vocabolario e storpiando il significato di altri, è possibile consegnare alla collettività una lingua che non consente alcuna riflessione fluida e coerente sui temi della libertà e della volontà individuale. Ciascuna parola è un po' come la scheda di un libro in una grande biblioteca. Una volta smarrita si perde persino coscienza dell'esistenza del libro e lo si rende definitivamente inaccessibile, con tutto ciò che esso contiene.

Dunque i nostri schemi mentali sono profondamente legati all'immagine che ci formiamo della realtà. Il modo in cui la rappresentiamo (ed il linguaggio è un tipo di rappresentazione) non può facilmente travalicare i confini dei nostri modelli linguistici. L'ambito della nostra individualità - che si mantiene comunque sorprendentemente vasto - si riduce ad uno scarto personale nell'ampiezza dei nostri strumenti linguistici e nell'uso originale di elementi della comunicazione condivisi nella collettività cui apparteniamo.

Rappresentare quindi significa, all'interno di schemi condivisi, selezionare le informazioni che della realtà consideriamo rilevanti e che siano in grado di restituire di essa un'immagine coerente. Lo strumento che usiamo per rappresentare non è neutrale, ma ha esso stesso un forte 'gradiente' analitico.

Nel corso dell'elaborazione della mia tesi di laurea ho voluto condurre su di me un piccolo esperimento. Ad una fase piuttosto avanzata della stesura del progetto, ho provato ad utilizzare, una per volta, le tecniche di disegno di tre architetti contemporanei. Ho provato a disegnare per alcuni giorni il mio progetto imitando Franco Purini, poi Alvaro Siza, poi Umberto Riva, alla stregua di un falsario, che deve riproporre fino ai dettagli più minuti le tecniche e gli stilemi dell'autore che vuole replicare. Il progetto subiva ogni volta degli 'scantonamenti' nella direzione in cui quel modo di

2. Un disegno che imita la grafia e gli stilemi formali di Franco Purini, un "falso" maldestro. Nell'imitare questo modo di disegnare, mi sono trovato ad assumere, in modo involontario, alcuni schemi progettuali, analoghi a quelli del suo pensiero. Il linguaggio grafico che ho utilizzato non è neutrale: rende facili alcuni percorsi di progetto e ne allontana altri. Per questo motivo la scelta di uno specifico modo di disegnare deve essere sempre ponderato e consapevole.



disegnare sembrava essere il più adatto. Imitando Purini (figura 2), il progetto si chiariva nell'impianto generale, con scelte fondative nette ed evidenti. Disegnando come Siza, la struttura geometrica dell'impianto si faceva più evidente e perdeva la sua rigidità iniziale. Disegnando come Riva, l'attenzione si focalizzava sui dettagli, i materiali, la scala umana. Avveniva qualcosa di molto simile a ciò che viene descritto da Jean Genet, nel suo lavoro teatrale *Le servés*, in cui due domestiche approfittano dell'assenza della padrona per provarne i vestiti ed usarne gli oggetti personali. Dopo un po' ne assumono i modi, gli atteggiamenti, il comportamento ed il linguaggio, replicando di fatto, benché inconsapevolmente, gli schemi del suo pensiero.

Tra gli strumenti adatti alla rappresentazione delle forme, ne esiste uno con cui la nostra cultura ha stabilito una relazione granitica, una sorta di 'patto di sangue', sigillato da una fedele e collaudata continuità: la geometria. Per capire quanto essa sia ormai connaturata al nostro modo di vedere basta osservare due opere dell'artista anglosas-



3. *Richard Long, Midsummer circles, Londra 1993. Le pietre, disposte sul pavimento in modo irregolare, vengono subito riconosciute come elementi di tre cerchi sul suolo. Gli schemi geometrici che abbiamo imparato a riconoscere fin dall'infanzia influenzano la nostra capacità di comprendere e descrivere il mondo.*



4. *Richard Long, senza titolo, Inghilterra 1967. Guardando l'immagine siamo portati a riconoscere tre circonferenze anche se non abbiamo alcuna esperienza dell'andamento del terreno. L'abitudine a discernere le forme geometriche è tale da spingerci in tempi molto rapidi ad ipotesi complesse sulla forma del suolo.*

sone Richard Long⁷. La prima (figura 3) si intitola *Midsummer Circles* (Londra 1993), ed è costruita disponendo parecchie pietre di forma allungata secondo direzioni radiali lungo tre circonferenze. Dato che le pietre sono di misura diversa soltanto una faccia si trova allineata alla sagoma circolare. L'effetto visivo è molto efficace. Benché non vi sia di fatto alcuna vera circonferenza (date le superfici scabre ed irregolari delle pietre) siamo immediatamente portati a riconoscerle. La forma della circonferenza è ormai connaturata al nostro modo di vedere e, quindi, sovrapponiamo lo schema che conosciamo ad una realtà che, a ben vedere ci sollecita con un'immagine parecchio più

5. Una vignetta degli anni '40 di Carl Barks. Paperino, convinto, in seguito ad un feroce scherzo dei nipotini, di essere su di un'isola deserta, scopre di essere stato ingannato. I cerchi concentrici sul terreno, che ricordano parecchie opere di Richard Long, sono per Paperino la prova inoppugnabile della presenza umana.



complessa, irrisolta e complicata. Il nostro sistema linguistico-geometrico - potremmo dire - compie una sintesi rapida, mostrandoci una forma definita laddove in realtà vi sono soltanto parecchie pietre non squadrate. Nella seconda opera (figura 4), realizzata in Inghilterra nel 1967, si vedono tre circonferenze nette, bianche, che spiccano sulla superficie erbosa, tracciate disseminando una terra chiara. Ma anche in questo caso, se si osserva l'immagine con occhio 'innocente', si vede che la forma del terreno e lo scorcio prospettico, rendono del tutto illegibili le forme circolari. I tre cerchi sono nella nostra mente, elaborati dalla nostra cultura, e li riconosciamo tenendo conto anche delle condizioni del terreno, di cui non abbiamo alcuna esperienza diretta. La nostra capacità di analisi e di sintesi si esprime in modo quasi autonomo. Ciascuna delle forme che percepiamo, anche inconsapevolmente, finisce con l'essere interpretata attraverso i nostri schemi culturali e linguistici che ci restituiscono una rappresentazione coerente, anche se probabilmente opinabile, della realtà.

Non vi è dubbio che per noi le forme geometriche assurgano ormai a segno e traccia dell'intelligenza e della presenza umana (figura 5). Vitruvio, nell'introduzione al Sesto Libro del *De Architectura*, narra del filosofo Aristippo che «gettato in seguito a



6. Nel film di Stanley Kubrick 2001: Odissea nello spazio, la scoperta del monolito nero ritrovato nel sottosuolo di Marte, pone agli scienziati inquietanti interrogativi sulla storia dell'Universo e della vita intelligente. È difficile, infatti considerare un solido geometrico come opera del caso, piuttosto che della volontà cosciente.

naufragio sulla spiaggia di Rodi, si accorse di alcune figure geometriche tracciate sopra la sabbia e, a quanto dicono, si rivolse ai suoi compagni esclamando: abbiamo buone speranze. Scorgo infatti tracce di presenza umana»⁸. Nel racconto di Vitruvio è il segno geometrico, probabilmente una linea, a segnalare la presenza umana, più delle stesse orme del piede nudo o dei calzari. D'altra parte nel film *2001: Odissea nello spazio*, la versione cinematografica di Stanley Kubrick del romanzo di Artur C. Clarke⁹, è il “monolito” (figura 6), un nettissimo impenetrabile parallelepipedo dalle origini misteriose, a rimandare ad una civiltà intelligente che deve averlo realizzato. Un manufatto geometrico, secondo il nostro sentire comune, non può essere opera del caso, ma soltanto prodotto dell'attività consapevole dell'intelligenza.

Inoltre, siamo portati a riconoscere delle strutture geometriche anche in alcune forme naturali (che quindi sappiamo non essere prodotte dall'intelligenza umana). Alcune piante, le *cactacee* in modo particolare, hanno una forma che si presta a questo tipo di interpretazione. Non possiamo asserire ad esempio che l'*Astrophitum Myriostigma* abbia una struttura pentagonale, ma siamo fortemente orientati a riconoscerne e descriverne la forma in stretta analogia

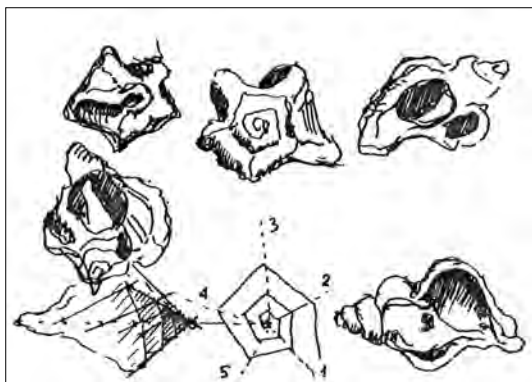
7. L' *Astrophitum* è una delle piante che in modo più evidente mostra una struttura intrinsecamente geometrica.

Ma, dobbiamo chiederci, ne riconosciamo la struttura geometrica perché siamo in qualche modo 'allenati' a farlo?

In altri termini: è la nostra cultura che ci porta a interpretare la forma vegetale in questo modo preciso?



8. L'esercizio di disegno di forme naturali risulta particolarmente utile se si cerca di estrarre dalle strutture complesse delle semplici leggi costitutive. Nel ridisegno di una conchiglia, ad esempio, sono soltanto alcune le viste che in qualche maniera ne 'svelano' l'organizzazione geometrica. Dopo averle individuate la forma si chiarisce.



con la geometria del pentagono (figura 7).

A rigor del vero, però, per riconoscere la struttura geometrica di una forma naturale dobbiamo osservarla da un punto di osservazione preciso, tale da esaltare la regolarità che cerchiamo. È quanto succede, ad esempio, se proviamo a disegnare una forma complessa, come quella di una conchiglia (figura 8). Osservata da punti di vista casuali essa si presenta come una forma criptica, priva di elementi gerarchicamente distinti. Se viene esaminata da una prospettiva precisa, invece, si chiarisce immediatamente non solo la struttura della sua forma ma anche, per così dire, la morfogenesi, il significato formale della sua crescita.



9. *La forma intricata della Pirite cubica, uno dei minerali da cui si estrae il ferro, diviene immediatamente chiara se la si interpreta come l'intersezione di parecchi cubi di diverse misure. Anche in questo caso è la nostra conoscenza della geometria a fornirci le categorie adatte per descrivere la forma in modo chiaro ed efficace.*

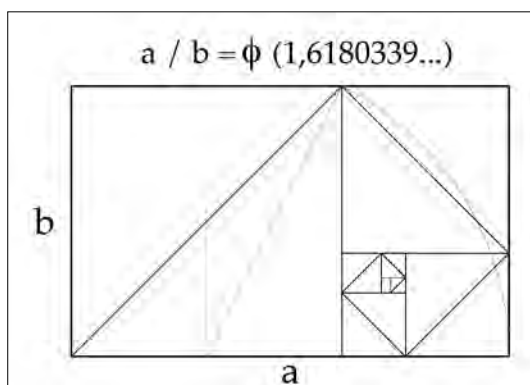


10. *In un disegno infantile possiamo trovare molti esempi del modo in cui il mondo circostante viene filtrato dalla conoscenza delle forme geometriche elementari che acquisiamo fin dai primi anni di vita. La complessità delle cose viene ridotta con disinvoltura e fantasia a pochi stilemi formali che apprendiamo soprattutto attraverso il gioco.*

L'immagine confusa della *pirite cubica* (figura 9) diventa immediatamente chiara se pensiamo che si tratta di cubi di dimensioni diverse che si intersecano vicendevolmente. Anzi è molto facile che, abituati come siamo a riconoscere le forme geometriche, realizziamo questa semplificazione senza alcuno sforzo, spontaneamente.

Molto probabilmente apprendiamo questa capacità di realizzare sintesi attraverso analogie con le forme geometriche nei primi anni di vita. Se osserviamo un disegno infantile (figura 10), ci rendiamo conto di come tra le tante forme che suggeriscono una diretta corrispondenza con figure geometriche (il sole come una circonferen-

11. *Il rapporto tra due numeri consecutivi in una serie di Fibonacci, tende ad un numero irrazionale che è lo stesso che esprime il rapporto tra i due lati del rettangolo aureo. Esso mantiene la propria forma se vi si somma o vi si sottrae un quadrato. Molte regole di accrescimento in natura si basano su questa legge matematica.*



za, la casa composta di triangoli e rettangoli) ve ne siano altre, come la forma di un tronco d'albero, in cui la 'forzatura' cui sottoponiamo la realtà si mostra più evidente. La geometria è una sorta di filtro che interponiamo tra i nostri occhi ed il mondo. È uno schema che, esattamente come dice Whorf, consente di discernere, anche grossolanamente, gli elementi della realtà laddove altrimenti vi sarebbe soltanto «un flusso caleidoscopico di immagini».

La nostra capacità di leggere il mondo e di interpretarlo facendo ricorso a delle forme che ad esso ci sembrano 'analoghe', non si può scindere dalla nostra creatività e dalla nostra attitudine ad immaginare. In entrambi i casi utilizziamo la nostra capacità di rappresentare. Se nel primo caso - raccontando il mondo esistente - facciamo riferimento all'aspetto "mimetico" della rappresentazione, nel secondo caso - quando utilizziamo la nostra creatività ad esempio per progettare l'architettura - ne applichiamo le immense possibilità "poietiche"¹⁰. Gli schemi, anche quelli geometrici, attraverso i quali leggiamo la realtà, sono gli stessi di cui ci serviamo per dare ordine alla nostra immaginazione.

Per dimostrarlo, basterebbe analizzare in modo approfondito -

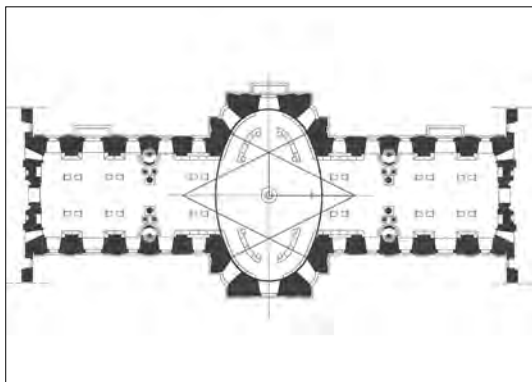


12. *Il Nautilus, tra tutte le conchiglie, è forse quella che in modo più chiaro mostra la corrispondenza tra una forma naturale e la regola di accrescimento basata sulla serie di Fibonacci e sul rettangolo aureo. Per Le Corbusier, che si interessò molto a questi temi, essa era una sorta di 'segno' della presenza delle leggi geometriche in natura.*

purtroppo non in questa nota - l'intreccio fitto tra il rapporto aureo (e quindi la serie di Fibonacci), la geometria del pentagono e del decagono e la struttura geometrica di alcune forme naturali. L'eccezionale condizione matematica della serie di Fibonacci (ciascun numero è medio proporzionale tra quello che precede e quello che segue ed è somma dei due che precedono), si può sintetizzare nel rapporto che intercorre tra due numeri contigui (cioè il numero ϕ , irrazionale, che vale 0,618...) che è anche il rapporto tra i lati del cosiddetto rettangolo aureo (figura 11).

Tale rettangolo gode di una proprietà unica, cioè quella di mantenere la propria forma, quindi il rapporto tra i lati, se ad esso si sottrae o si somma un quadrato. Nel mondo delle scienze naturali, ad esempio nello studio di piante e conchiglie, questo numero ha guidato la lettura della forma di parecchie specie. Nelle conchiglie non è raro che la struttura del guscio sia tale, infatti, da lasciare inalterata la forma complessiva della conchiglia nel corso dell'accrescimento (figura 12). Pur con lo svilupparsi del mollusco, e quindi con il necessario accrescimento del guscio, la forma complessiva rimane identica, in modo tale che la conchiglia pur aumentando di volume si mantiene - potremmo dire - omotetica a se stessa. Nella maggior

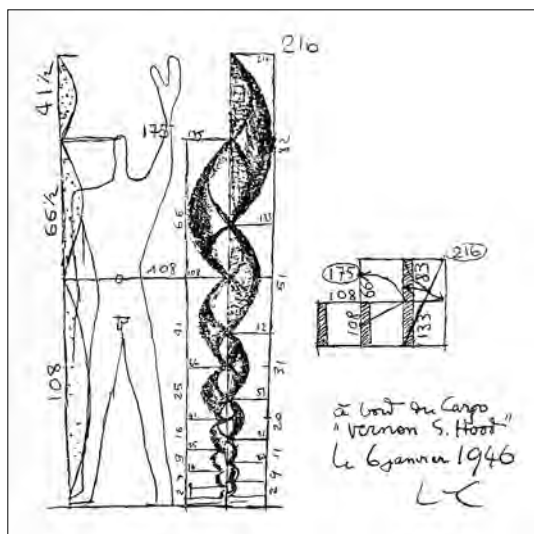
13. L'ovale centrale della pianta della biblioteca di Vienna, realizzata attorno al 1720 da J. B. Fischer Von Erlach, ha un rapporto tra le lunghezze degli assi uguale al numero aureo ϕ . È molto frequente che si applichino nel progetto gli stessi schemi che si è imparato a riconoscere nell'interpretazione del mondo circostante.



parte dei casi, le forme che hanno queste caratteristiche sono sempre intrinsecamente legate a rapporti aurei.

Una tale convergenza tra aspetti desunti dall'osservazione della natura e da intuizioni in campo esclusivamente matematico, non ha lasciato indifferenti artisti ed architetti, formati al disegno geometrico e consapevoli della struttura di pentagoni e decagoni, la cui costruzione si fonda sulla ricerca della parte aurea di un segmento. Fin dal periodo classico, infatti, alcuni templi sono disegnati nel rispetto del rapporto aureo, non solo in facciata. A Vienna nel Settecento, l'architetto Johann Bernhard Fischer von Erlach usò un ovale aureo per delimitare l'aula centrale della biblioteca cittadina¹¹ (figura 13). Le Corbusier negli anni Quaranta del secolo scorso, riflettendo sui legami tra il rapporto aureo, le misure del corpo umano e le posizioni che esso assume nello svolgere le varie attività, costruì un affascinante sistema armonico di lunghezze che consente di dimensionare in modo semplice mobili, oggetti, abitazioni e persino ambiti urbani¹² (figura 14).

Uno schema astratto come quello della sezione aurea non solo riesce a guidarci con sicurezza nella lettura di forme naturali, ma può indirizzare la nostra creatività, disciplinando l'invenzione attraverso

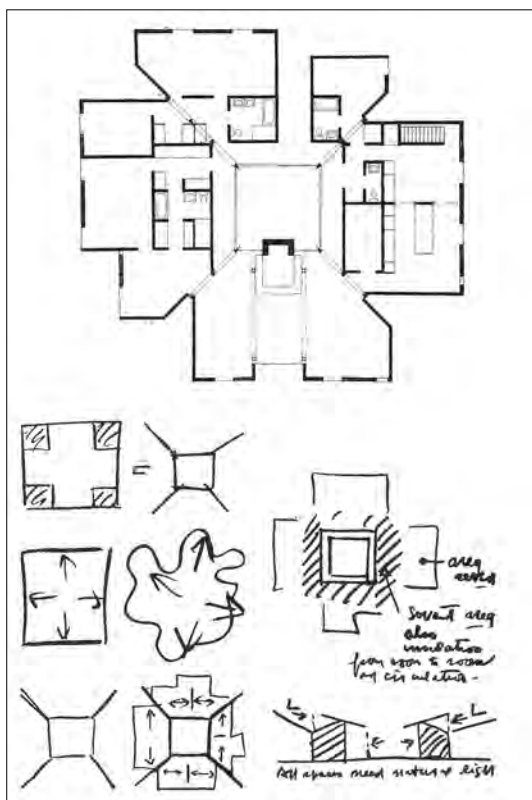


14. Tra il 1942 ed il 1948, Le Corbusier mise a punto un sistema di dimensioni armoniche, basate sulle misure del corpo umano e legate tra loro dalla legge matematica della serie di Fibonacci. Questo sistema di misura, il Modulor, venne trascritto in alcune tabelle ed in un nastro graduato, per potere essere utilizzato comodamente sia sul tavolo da disegno che in cantiere. Benché sia stato poco utilizzato, il Modulor costituisce ancora una lezione di armonia.

regole condivise all'interno della nostra cultura, che appartengono allo stesso linguaggio geometrico sul quale ci formiamo da molte generazioni. Questa condizione è comune a parecchie leggi geometriche, metodi di tracciamento e tecniche grafiche. Ciascuna di esse, nel costituire un modo per leggere il nostro ambiente, determina uno schema di pensiero che si manifesta in forme diverse nella nostra attività creativa.

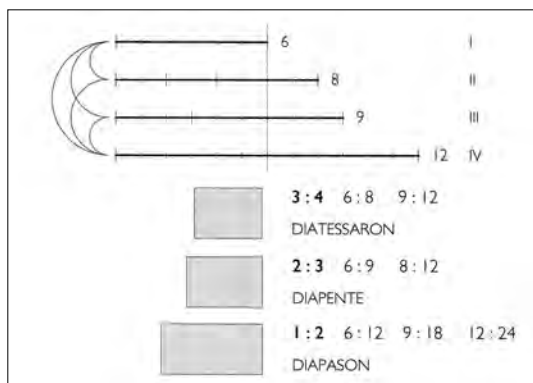
Se è vero che le forme che inventiamo sono quasi sempre un'elaborazione, più o meno complessa, di ciò che abbiamo appreso e maturato nel corso della nostra formazione, allora è probabile che ogni volta che vogliamo studiare un'architettura - attraverso il disegno magari - è necessario essere informati sugli schemi mentali, le conoscenze geometriche, le abitudini formali dell'autore. In altre parole, dobbiamo conoscerne il linguaggio grafico e geometrico ed essere coscienti di quali strumenti, tecnici e concettuali, può avere usato per sviluppare il suo progetto.

15. La pianta della casa Goldenberg, progettata da Louis I. Kahn nel 1959, a prescindere dall'immagine finale, ha una forma che è pienamente debitrice della geometria del quadrato. Oltre al cortile centrale, se ne leggono le diagonali ed alcuni frammenti del contorno più esterno. In una intervista alla rivista studentesca *Perspecta*, Kahn con alcuni schemi mostrò con chiarezza quale fosse la gerarchia degli elementi che costituiscono la casa, riferendoli sempre allo schema di base. La geometria, se usata con consapevolezza e con intelligenza, è uno strumento di controllo eccezionale per il progetto di architettura e nell'opera di architetti come Kahn può diventare persino fonte di ispirazione poetica.



Ovviamente non siamo in grado, il più delle volte, di analizzare un'architettura conoscendo esattamente il repertorio tecnico dell'autore, ma è possibile, confidando nel nostro buon senso, orientarci in modo responsabile. In altre parole, possiamo indagare le architetture utilizzando degli strumenti che reputiamo essere quantomeno pertinenti rispetto all'ambito culturale in cui l'autore ha maturato il suo progetto. Non avrebbe molto senso, ad esempio, utilizzare la geometria frattale per studiare l'architettura romana e spiegarne la forma.

A questo proposito è illuminante un'intervista di Alberto Arbasino a Borges. Il primo, raffinato poliglotta, chiese a Borges in



16. I rapporti armonici fondamentali della musica greca derivano da teorie matematiche di ambito pitagorico. Essi sono stati utilizzati da pittori ed architetti, specie un'età rinascimentale, per dare le 'giuste' proporzioni agli spazi ed agli impianti architettonici, nella convinzione che le stesse qualità dell'armonia sonora fossero percepibili visivamente.

che lingua avrebbe preferito condurre l'intervista. Il maestro argentino rispose con naturalezza che non lo sapeva, perchè non sapeva di quale argomento avrebbero parlato. Se si fosse discusso di poesia avrebbe preferito l'italiano. Per discettare di teologia senza dubbio avrebbe utilizzato il tedesco mentre avrebbe riservato la lingua inglese a questioni più 'immanenti'. In altri termini avrebbe scelto, fra quelle che conosceva, la lingua più pertinente all'oggetto da trattare, lo strumento più 'accordato' alla realtà da descrivere.

Anche se disponiamo di strumenti ben più modesti di quelli messi in campo da Borges, il suo approccio è probabilmente il più efficace quando si vuole praticare consapevolmente l'analisi dell'architettura. La pianta della casa Goldenberg di Louis Kahn¹³ (figura 15), ad esempio, è più legata alla struttura del quadrato di quanto non sia possibile immaginare ad una prima lettura. Se studiamo i progetti di Kahn tenendo ben presente la sua grande passione per la geometria piana elementare, abbiamo la possibilità di mettere nel campo dell'analisi gli strumenti più adeguati ad una corretta lettura critica. Se invece vogliamo approfondire la conoscenza dell'architettura di Leon Battista Alberti¹⁴ (figure 16 e 17), ad esempio, non possiamo non tenere conto che egli, come molti suoi contemporanei, fece

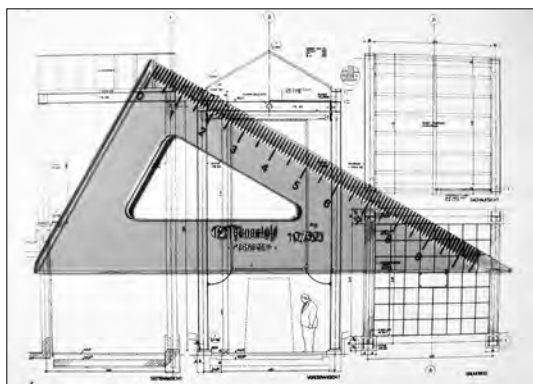
17. *Schemi armonici basati sul quadrato nel prospetto della chiesa di Santa Maria Novella a Firenze, realizzata da Leon Battista Alberti tra il 1456 ed il 1470. I tracciati geometrici sottesi alla definizione della forma costituiscono una sorta di trama invisibile su cui si dipana l'organizzazione plastica della facciata.*



largo uso dei rapporti armonici¹⁵, cioè di speciali rapporti numerici di origine pitagorica che, fin dal periodo classico, furono applicati sia al campo dell'architettura che della musica.

Il maestro del Razionalismo svizzero Alberto Sartoris, alla metà degli anni Ottanta, ormai anziano, rilasciò una straordinaria intervista sul suo modo di disegnare, sulle sue tecniche di progetto, sugli strumenti che utilizzava¹⁶. A proposito del compasso disse delle parole illuminanti: «Il compasso mi fu molto utile. La curva ha una grande importanza nella mia architettura». A ben vedere questa frase, apparentemente innocente, colloca con nettezza e precisione il ruolo della geometria e degli strumenti da disegno. Sartoris pone sulla stessa 'linea di mira' il compasso, cioè lo strumento, la curva, cioè la forma geometrica, e l'architettura, cioè la forma costruita. La relazione che si determina è di assoluta contiguità, le tre realtà sono strettamente interrelate e, a ben vedere, nella pratica del progetto esse sono in qualche modo 'sincroniche', quasi come se fossero la stessa medesima cosa.

Gli strumenti da disegno hanno una potenza enorme nel guidare la nostra immaginazione. Ci serviamo di strumenti che consentono con semplicità di tracciare delle forme, e li scegliamo perchè ci aiu-

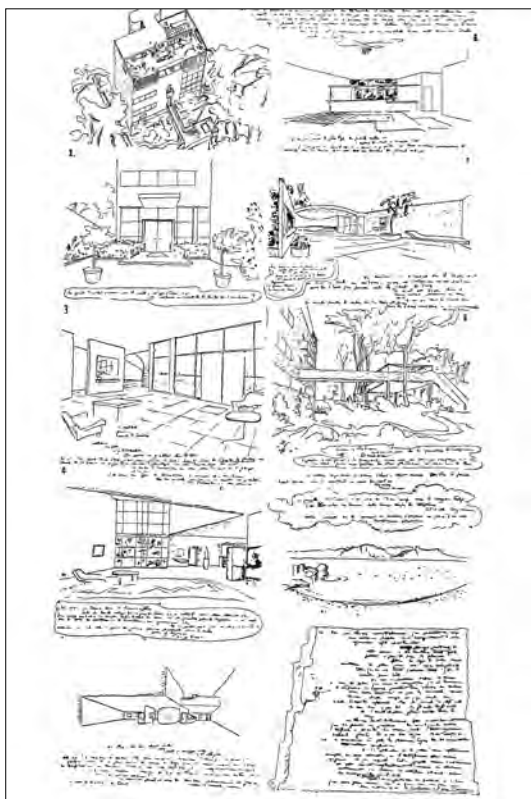


18. La copertura del piccolo ingresso della Staatsgalerie di Stoccarda progettata da James Stirling, segue esattamente l'inclinazione della squadretta. Lo strumento ha in qualche modo 'suggerito' al progettista una soluzione. Siamo sempre consapevoli del fatto che gli strumenti che utilizziamo influiscono sulle nostre scelte?

tino a disegnare proprio quelle forme e non altre. L'evoluzione degli strumenti da disegno ha una stretta relazione con il mutare della forma architettonica e, benché questa storia 'incrociata' sia ancora tutta da scrivere, le vicende degli ultimi decenni ci mostrano quanto sia fitto questo legame. La diffusione dei programmi di CAD nel mondo dell'architettura ha infatti aperto nuove possibilità di disegno che hanno rapidamente tracciato nuove strade per l'immaginazione, consentendo la progettazione e la realizzazione di forme letteralmente impensabili anche solo venti anni fa.

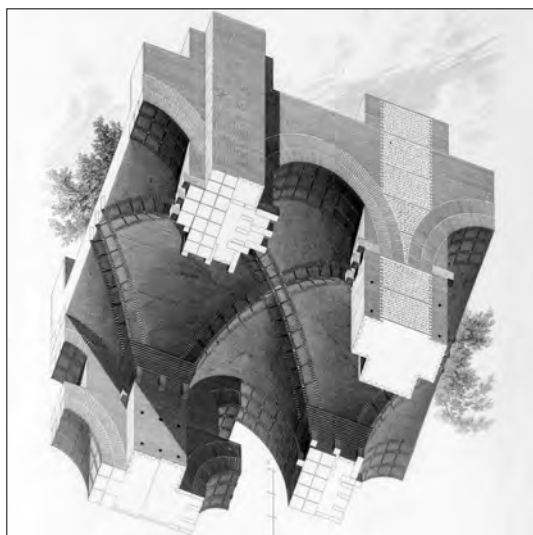
Ma questo meccanismo si svolge anche al livello più minuto. James Stirling, ad esempio, nel progettare la piccola pensilina dell'ingresso alla *Staatsgalerie* di Stoccarda¹⁷ (figura 18), ne ha inclinato le falde di 30°. Certamente anche un'inclinazione di 29 o 31 gradi sarebbe stata accettabile sia dal punto di vista tecnico che formale ma, come è ovvio che sia, l'architetto ha scelto un'inclinazione 'trovata' sulla sua squadra da disegno, affidandosi docilmente, come avviene il più delle volte, alla soluzione proposta dal suo strumento. Ovviamente, quanto più potente e complesso è lo strumento, tanto più intricata ed indistinguibile è l'influenza che esso ha sulla creatività. Un moderno *software* per il disegno architettonico fornisce una

19. *Le Corbusier nella lettera che scrive nel 1925 ad una sua committente, M.me Mayer, mostra l'esito del suo progetto disegnando una assonometria ed alcune prospettive. La complessità spaziale del progetto è tale che una serie di piante e di sezioni non sarebbero state in grado di rendere appieno la qualità dell'edificio. Le Corbusier preferisce quindi disegnare otto prospettive, in sequenza, dipanando una sorta di racconto 'cinematografico' del percorso all'interno della casa. In generale, il tipo di rappresentazione che utilizziamo va adeguato alle caratteristiche dell'architettura che disegniamo. Operando in modo inconsapevole e casuale, rischiamo di non riuscire a comunicare la forma dell'architettura.*



gamma sterminata di strumenti grafici innovativi, che talvolta non hanno un diretto corrispettivo nelle funzioni offerte dagli strumenti da disegno tradizionali.

Generalmente si associa l'analisi grafica alla ricerca ed al ridisegno delle geometrie sottese alla forma dell'architettura. Gli schemi che si ottengono, che talvolta hanno un'evidenza immediata ed una straordinaria capacità comunicativa, vengono sovrapposti a piante, prospettive o sezioni del progetto studiato. In alcuni casi fortunati si arriva a mostrare come a partire da geometrie elementari sapientemente com-

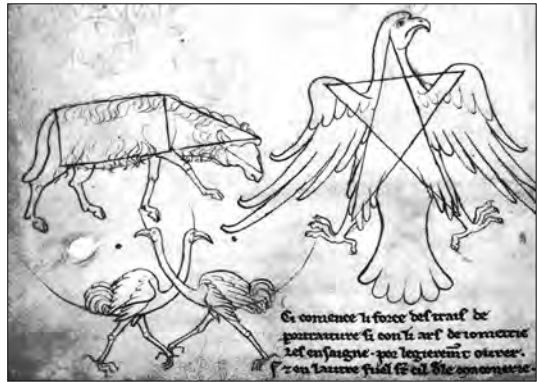


20. Una delle tavole tratte dal volume di August Choisy *L'art de bâtir chez les Romains*, del 1873. L'uso dell'assonometria militare dal basso si rivela in questo caso perfettamente adatta a mostrare contemporaneamente la pianta, lo spazio interno e la struttura dell'architettura. La scelta opportuna del metodo di rappresentazione e della direzione di proiezione è un aspetto fondamentale della rappresentazione dell'architettura ed in nessun caso può essere sottovalutato.

binare si ottengono coerentemente forme complesse. In questi casi, gli esiti dell'analisi grafica mostrano strette analogie con i disegni di progetto originali, nei quali talvolta si vede emergere la forma dal reticolo di linee determinato dalla trama geometrica che regge la pianta o il prospetto. Questo, però, non è l'unico modo di affrontare l'analisi grafica. Ciascun metodo di rappresentazione, a ben vedere, costituisce un modo fortemente orientato e parziale di descrivere un oggetto. Quello che una pianta racconta è profondamente diverso da quello che può comunicare una sezione. Un'assonometria ed una prospettiva della stessa architettura ne mostrano aspetti molto diversi.

Nella straordinaria lettera a madame Mayer di Le Corbusier¹⁸ (figura 19), nella quale l'architetto simula una passeggiata virtuale all'interno della villa progettata, si trovano quasi soltanto prospettive a tratto lineare, acute ed efficaci. Probabilmente questo era il modo più adatto di analizzare e di mostrare l'organizzazione spaziale dei volumi dell'edificio utilizzando uno sguardo 'in soggettiva'. D'altra parte, ad esempio, le celebri assonometrie di Choisy¹⁹ (figura 20) puntual-

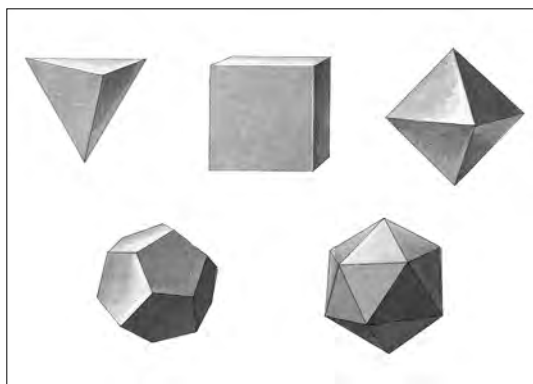
21. Un'immagine tratta dal taccuino duecentesco di Villard de Honnecourt. In parecchi casi gli schemi geometrici che Villard sovrappone alle immagini di animali appaiono del tutto insufficienti ad interpretarne la forma e ne forzano visibilmente la figura. Non sempre gli schemi più semplici sono adatti a descrivere fenomeni complessi.



mente descrivono al contempo spazi e strutture dell'architettura, specie nel caso di assonometrie iposcopiche.

A seconda del tipo di analisi che si vuole condurre, si possono (e si devono!) scegliere modi diversi di rappresentare, quindi diverse maniere di esaltare o sottacere degli aspetti dell'oggetto rappresentato. Occorre compiere delle scelte sul modo di raccontare un'architettura che siano coerenti con le nostre intenzioni. Adottare un metodo di rappresentazione è come scegliere una lingua precisa. Significa trovarsi nella situazione di 'obbligo' cui si riferisce Barthes, cioè scegliere una lingua la cui struttura influenza il nostro racconto in una precisa direzione. Per questo dobbiamo usare un metodo di rappresentazione che sia pertinente rispetto a quello che desideriamo mostrare. Dobbiamo scegliere la 'lingua' più adatta, proprio come diceva Borges ad Arbasino.

Molto spesso l'analisi e la descrizione delle architetture si rifanno al criterio di massima semplicità. Più una descrizione, un modello di riferimento, una geometria di generazione appare semplice, immediata, lineare, più si è tentati di considerare questa rappresentazione come quella corretta. Purtroppo le cose non funzionano sempre così. Spesso troviamo delle regole semplici per interpretare le forme



2.2. I poliedri regolari. Sono soltanto cinque ed hanno per facce poligoni regolari. Sono il tetraedro, l'esaedro (o cubo), l'ottaedro, il dodecaedro e l'icosaedro. Noti fin dall'antichità, sono studiati nell'ultimo libro degli Elementi di Euclide. Per la loro impene-trabile bellezza, in molti periodi della Storia, sono stati caricati di valori simbolici.

perchè queste regole sono quelle che conosciamo meglio, che applichiamo con maggiore assiduità e su cui abbiamo basato la nostra formazione. Dobbiamo fare continuamente attenzione al modo in cui applichiamo gli strumenti dell'analisi grafica. Come si è visto, i modelli che utilizziamo per descrivere la realtà influenzano in modo determinante il nostro modo di vedere. Talvolta la scelta di uno di essi 'forza' così tanto la lettura delle cose da portare sia a travisamenti che addirittura ad errori paradossali.

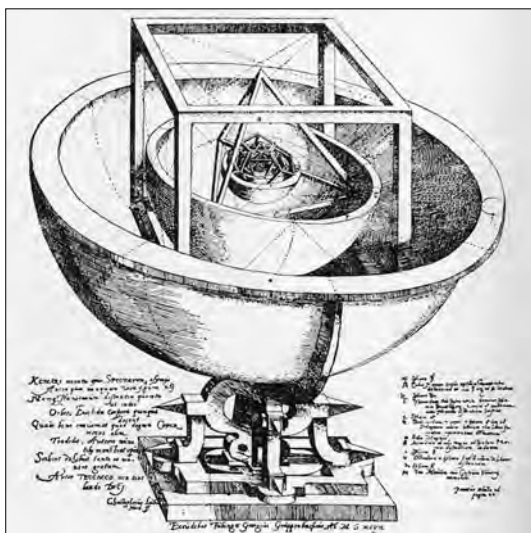
Tra i disegni del taccuino di Villard De Honnecourt²⁰, si trovano parecchie figure di animali (figura 21). Ad alcune di esse Villard sovrappone delle figure geometriche elementari, interpretando le forme naturali con l'ausilio del linguaggio geometrico. Se in alcuni casi le geometrie descrivono con buona approssimazione animali e volti umani, in altri casi la sovrapposizione appare forzata, eccessiva ed inconcludente.

La 'perfezione' geometrica e la sua intrinseca semplicità, hanno - per così dire - un tale potere seduttivo anche sulle menti più brillanti, che talvolta pare che il desiderio di utilizzare la geometria come modello analitico possa addirittura offuscare le capacità di giudizio. Si veda il caso dei cinque poliedri regolari²¹ (figura 22). In gioventù

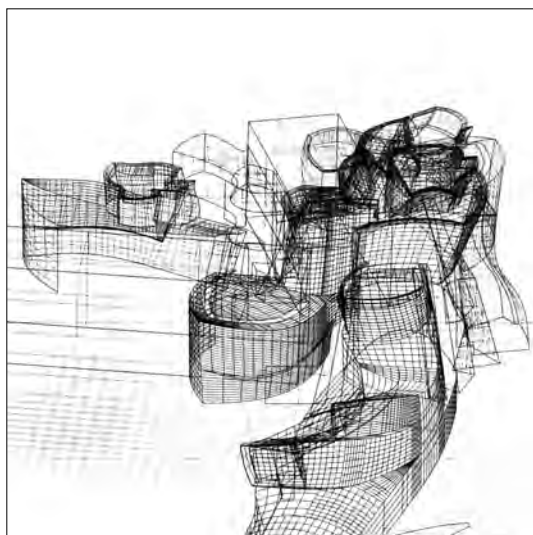
23. Un'immagine che mostra l'ipotesi formulata da Keplero sulla distribuzione dei pianeti lungo circonferenze che appartengono a sfere inscritte e circoscritte ai poliedri regolari.

Ovviamente questa ipotesi è del tutto priva di fondamento e non ha alcun valore scientifico, ma mostra con chiarezza quanto possa essere attraente un modello interpretativo della realtà basato su semplici considerazioni geometriche.

Purtroppo la chiarezza e l'eleganza di un'ipotesi non ne garantiscono la veridicità.



Keplero suggerì che la posizione reciproca dei pianeti del sistema solare potesse essere dettata dalla loro disposizione lungo le circonferenze massime di sei sfere concentriche, inscritte e circoscritte a dei solidi regolari di misura diversa²². Anzi, a dire il vero, non solo avanzò l'ipotesi, ma lo fece dicendo che avrebbe «dimostrato che Dio, nel creare l'universo, aveva in mente i solidi regolari». Ovviamente l'ipotesi del giovane Keplero era terribilmente azzardata e fuori di logica. Tra l'altro il numero delle sfere celesti così ottenute non era uguale a quello dei pianeti allora conosciuti (figura 23). In questo caso emblematico il modello geometrico utilizzato per spiegare la realtà appariva talmente perfetto e convincente da ammaliare l'intelletto perfino di un uomo come Keplero. Per inciso va detto che pochi anni dopo Keplero avrebbe seguito molto da vicino Tycho Brahe, il quale aveva raccolto una immensa quantità di dati desunti da attente osservazioni, che permisero a Keplero di formulare ipotesi scientifiche, seppure più complesse, di ben altra fondatezza.



24. Un'immagine wireframe del progetto del museo Guggenheim di Bilbao, di Frank O' Gehry. I volumi non sono dei solidi semplici, parallelepipedi, prismi o porzioni di sfera, ma piuttosto dei corpi complessi, modellati, tra l'altro, con l'ausilio di potenti softwares. A quali risultati si può giungere se si cerca di interpretare questa architettura con gli strumenti della geometria elementare? Non sono forse necessari altri, più 'accordati' strumenti di indagine?

I solidi regolari sono presi in considerazione anche nel Timeo di Platone²³, e per questo motivo sono detti anche “solidi platonici”. A ciascuno di essi Platone accoppia un elemento della natura, la terra all'esaedro, il fuoco al tetraedro, l'acqua all'ottaedro ed infine l'aria all'icosaedro. Dato che i solidi sono cinque e gli elementi soltanto quattro, al dodecaedro Platone associa una “quinta essenza” che non definisce compiutamente ma la cui esistenza è in qualche modo provata dall'esistenza del quinto solido regolare. In altri termini, in questo caso, come anche nell'ipotesi di Keplero, è il modello utilizzato per descrivere i fenomeni ad imporre dei ripensamenti sulla realtà.

La tentazione di applicare un modello di analisi semplice ed apparentemente perfetto può portare a grandi confusioni nell'esame della realtà. Se questi errori (o sviste) celebri sono state operati da menti di grande statura, noi, a maggior ragione, nello scegliere ed utilizzare i nostri schemi di analisi, nella comune pratica di studio dobbiamo impedire che le nostre ipotesi, benché eleganti, ci porti-

no a travisare la realtà in modo grossolano.

La ricerca dei metodi da utilizzare nello studio di una specifica architettura quindi va compiuta con attenzione, nel tentativo di dotarci e servirci di uno strumento pertinente adatto al nostro scopo. La semplicità, talvolta, non è un criterio di scelta sufficiente. Come potremmo, con la geometria solida elementare e con le sole proiezioni ortogonali, descrivere compiutamente e comprendere a fondo ad esempio le forme delle architetture di Frank Gehry²⁴ (figura 24) o di Zaha Hadid?

In definitiva l'analisi grafica non prevede un procedimento univoco. I nostri modi di operare vanno selezionati in relazione all'oggetto da studiare, basandoci sulla nostra cultura, la nostra esperienza ed eventualmente sul nostro intuito. L'analisi grafica non si fonda su un percorso deduttivo, ma piuttosto ci obbliga ad usare i nostri strumenti spingendoci talvolta alla ricerca di regole inedite. Come si è detto, non è possibile sfuggire al condizionamento che i nostri schemi mentali ci impongono, perché è soltanto attraverso l'uso che di essi facciamo che riusciamo a leggere ed organizzare la nostra esperienza della realtà. Ma rispetto a questa costrizione abbiamo un vantaggio, sappiamo che essa opera in noi continuamente e quindi possiamo esercitare la nostra libertà decidendo di guidare consapevolmente la nostra formazione. Sappiamo che ciò che studiamo ci influenza, ma possiamo scegliere liberamente cosa studiare, dotandoci, seppure lentamente, di strumenti articolati e sensibili, integrati con i nostri interessi.

La scelta dei modi dell'analisi è frutto di esperienza e di competenza e la sua qualità coincide senza mediazioni col nostro percorso formativo, con le nostre passioni, con le nostre capacità, affinandosi continuamente, in un percorso dialettico, senza fine.

Note

- ¹ J. L. Borges, *Del rigore nella scienza*, in *idem*, *L'Artefice*, Milano 1999, pp. 180-181.
- ² W. Wenders, *L'atto di vedere*, Milano 1992. W. Wenders, *Fino alla fine del Mondo*, film, 1991.
- ³ B. Lee Whorf, *Linguaggio, pensiero e realtà*, Torino 1977, pp. 169-170.
- ⁴ R. Barthes, *Lezione*, Torino 1981, p. 9.
- ⁵ G. Orwell, *1984*, Milano 1973, pp. 329-342.
- ⁶ J. Genet, *Le serve*, Milano 1972.
- ⁷ AA. VV., *Richard Long*, catalogo (Roma 1994), Milano 1994.
- ⁸ M. Vitruvio Pollione, *De Architectura*, Studio Tesi, Pordenone 1992, p. 251.
- ⁹ S. Kubrick, *2001: Odissea nello spazio*, film, 1968. A. C. Clarke, *2001: Odissea nello spazio*, Milano 2008 (titolo originale: *The Sentinel*, 1948).
- ¹⁰ V. Ugo, *Fondamenti della rappresentazione architettonica*, Bologna 1994, pp. 15-19.
- ¹¹ J. Sedlmayr, *J. B. Fischer von Erlach architetto*, Milano 1996, p. 315.
- ¹² Le Corbusier, *Il Modulor*, Milano 1974.
- ¹³ D. B. Brownlee, D. G. De Long, *Louis Kahn: In the Realm of Architecture*, New York 1991, p. 67.
- ¹⁴ Su questi temi si veda il volume fondamentale di R. Wittkower, *Principi architettonici nell'età dell'umanesimo*, Torino 1964.
- ¹⁵ Per una sintesi sul tema dei rapporti armonici, cfr. E. Dotto, *Il disegno degli ovali armonici*, Catania 2002.
- ¹⁶ AA. VV., *Alberto Sartoris. Opere 1920-1986*, a cura di M. Cometa, Cefalù 1987, p. 7.
- ¹⁷ J. Stirling, M. Wilford and Associates, *La nuova Galleria di Stato a Stoccarda*, a cura di M. Zardini, supplemento a «Casabella» n. 516, Milano, Settembre 1985.
- ¹⁸ W. Boesiger, H. Girsberger, *Le Corbusier 1910-65*, Bologna 1987, pp. 46-47.
- ¹⁹ A. Choisy, *L'art de bâtir chez les Romains*, Paris 1873.
- ²⁰ A. Erlande-Brandenbourg, R. Pernoud, J. Gimpel, R. Bechmann, *Villard de Honnecourt. Disegni*, Milano 1987.
- ²¹ Sui poliedri regolari esistono parecchi studi di grande interesse. Tra i più adatti ad esplorare l'argomento si segnala: M. Emmer, *La perfezione visibile*, Roma-Napoli 1991.
- ²² W. R. Shea, *La rivoluzione scientifica*, in AA. VV., *Storia delle scienze. Le scienze fisiche ed astronomiche*, Torino 1992, p. 176.
- ²³ Platone, *Timeo*, a cura di G. Reale, Milano 1984, pp. 161-163.
- ²⁴ *Frank O' Gehry 1991 1995*, numero monografico di «El croquis», n. 74-75, Barcellona 1995, pp. 182-199.

Finito di stampare nel mese di dicembre 2009 presso la tipografia ZetaPrinting, Palermo.