

LA CURVA COME ICONA, ARCHETIPO E SOSTANZA SPAZIALE

Da Borromini a SANAA

Supervisore

Luca Reale

Co-supervisore

Orazio Carpenzano

Dottorando

Paolo Pizzichini

Scuola di Dottorato in Architettura. Teorie e Progetto

Ciclo XXXV



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Scuola
di Dottorato
in Scienze
dell'Architettura

Architettura e Costruzione
Architettura. Teorie e Progetto
Paesaggio e Ambiente

Collegio dei docenti

Rosalba Belibani, Maurizio Bradaschia,
Andrea Bruschi, Orazio Carpenzano,
Roberto Cherubini, Alessandra Criconia,
Paola Veronica Dell'Aira, Emanuele Fidone,
Nicola Flora, Gianluca Frediani,
Cherubino Gambardella, Maria Clara Ghia,
Anna Giovannelli, Paola Gregory,
Andrea Grimaldi,, Filippo Lambertucci,
Renzo Lecardane, Domizia Mandolesi,
Luca Molinari, Caterina Padoa Schioppa,
Antonella Romano, Antonino Saggio,
Guendalina Salimei, Antonello Stella,
Nicoletta Trasi, Nilda Maria Valentin,
Massimo Zammerini



Il presente documento è distribuito secondo la licenza "Tutti i diritti riservati".

Propositions

I

L'indagine è principalmente rivolta all'utilizzo e alla costruzione della forma curva nella composizione architettonica.

II

Ci si chiede se sia possibile una manifestazione analogica della curva contemporanea, e quali forme essa assuma.

III

Si esclude quasi totalmente dalla trattazione, di conseguenza, il mondo dell'Architettura parametrica e il tema del legame tra forma architettonica e strumento digitale.

IV

Come strumento di indagine ci si avvarrà principalmente di ridisegno critico e, ove possibile, della consultazione di fonti di archivio di una serie di opere moderne e contemporanee, tra le quali saranno selezionate le più idonee ad illustrare tematiche specifiche associate alla curva.

LA CURVA COME ICONA, ARCHETIPO E SOSTANZA SPAZIALE

Da Borromini a SANAA

Indice

Prologo e metodo di indagine

1 . DAL BAROCCO AL MODERNO

La curva barocca

La nascita del concetto di “estensione non interrotta”

La curva continua di Francesco Borromini

Il riemergere delle costanti barocche

L’unità delle parti ed il concetto di “monumentalità”

La costruzione moderna della curva continua: Jørn Utzon e Alvar Aalto

2. LA SINTESI DELLE ARTI

Il “Poème de l’Angle Droit” e le curve di Le Corbusier

La retta e la curva come “Poèmes”

Uno spazio ineffabile e non euclideo

I “Poèmes dans l’angle droit”

Archetipo, danza, suono

3. IMPERSONALITA’

Unità e Struttura

“Structure in art and science”

Il carattere impersonale come qualità dello spazio moderno

Giocare con la geometria e la “Struttura”: Oscar Niemeyer e Louis Kahn

4. LA CURVA ANALOGICA CONTEMPORANEA

Le basi teoriche per una interpretazione contemporanea della forma curvilinea

Complessità e Complicazione

Esatto, Inesatto, Anesatto

Verso una geometria non euclidea

La curva anesatta di Kazuyo Sejima e Ryue Nishizawa

Tre casi studio

Spazio pittorico e scienza nomade

Il Rizoma

La curva analogica di Miralles

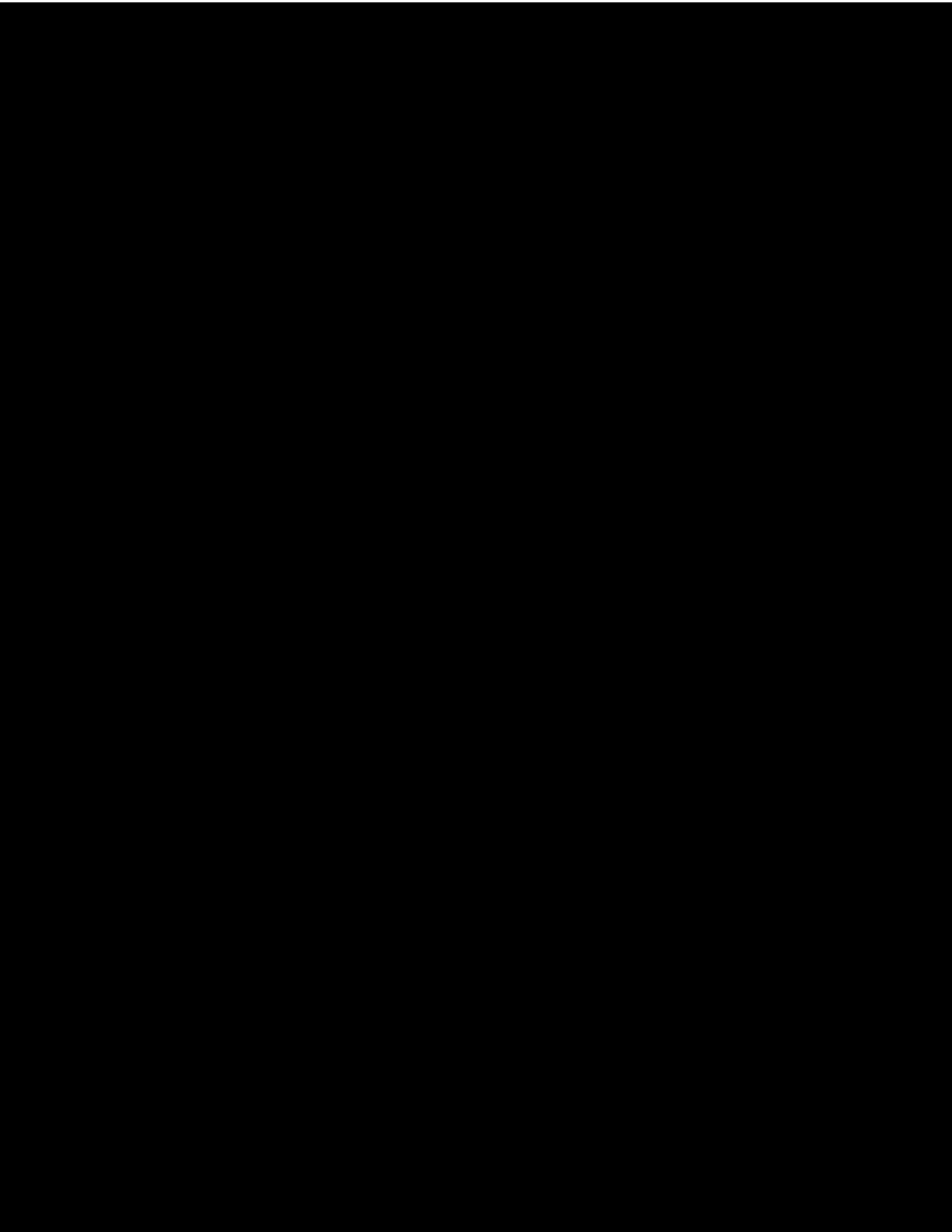
Dalla spezzata alla curva

Da “Còmo acotar un croissant” al tracciato libero

Conclusioni

Bibliografia

Indice delle immagini e illustrazioni



Prologo e metodo di indagine

La prima difficoltà con cui confrontarsi, accingendosi ad intraprendere una ricerca sulla curva, e sul suo uso in composizione, è il taglio da attribuire alla dissertazione in relazione ad un tema così vasto. La forma curvilinea, da sempre usata, può avere un'origine geometrica, essere relazionata ad uno strumento digitale, nascere dal rapporto con la forza di gravità e la distribuzione dei pesi, derivare dalla morfologia naturale o dal movimento dell'uomo nello spazio, o ancora svilupparsi a partire dalla libera intuizione artistica. In rapporto con la retta, la curva genera poi un ulteriore ed interessante universo. Le sezioni tematiche in cui è diviso il libro dell'Architetto e Professore Emerito Simon Unwin "*Curves*"¹ ben sintetizzano questa pluralità: *Movement curves*, *Structural curves*, *Curves from straight lines*, *Curves from nature*, *Orchestrating curves*....Ognuna di queste voci, a sua volta, tiene poi conto non solo di numerose sottocategorie, ma soprattutto intreccia legami di interdipendenza con le altre. Un esempio tra tutti: il mondo della forma (e della curva) plastica ha profonde origini nel rapporto uomo/natura (*Curves from nature*), ma deve molto anche alla ricerca in campo artistico sul legame Spazio/Individuo (*Movement Curves*). Nella sua tesi dottorale² John Lloyd Lambeth propone una tassonomia relativa all'uso della forma plastica in architettura, tesi che si fonda sulla relazione tra forma e forza. Egli individua tre forze principali: *Nature Forces*, *Sensual Forces*, *Behavioral Forces*, la prima a sua volta suddivisa in *gravity*, *wind*, *water*, *earth*; la seconda in *sonic*, *visual*, *tactile*; la terza in *personal*, *circulation*, *sociological*, mostrando come l'esito formale (diversissimo a seconda del tipo di manifestazione fisica) sia il risultato dell'interazione dell'uomo con tali forze, a cominciare proprio dalla forza di gravità.

Data quindi l'urgenza di circoscrivere il campo, definendo una direzione di intenti, è stato anzitutto necessario porsi domande circa l'attualità di una ricerca sulla curva. Il cambio di paradigma portato dall'introduzione dello strumento informatico in composizione, ha aperto la strada allo sviluppo di strumenti geometrici nuovi (tra tutti, NURBS, Splines e BLOBS , di cui si tratterà in questa sede), i quali a loro volta hanno permesso un controllo prima impensabile sulla forma. Patrik Schumacher, in *The Progress Of Geometry as Design Resource*, afferma:

¹ S. Unwin, *Analysing Architecture Notebooks, Curve*, Routledge, 2019.

² J. L. Lambeth, *Plastic Form in Architecture*, Master's Thesis, Rice University, 1967.

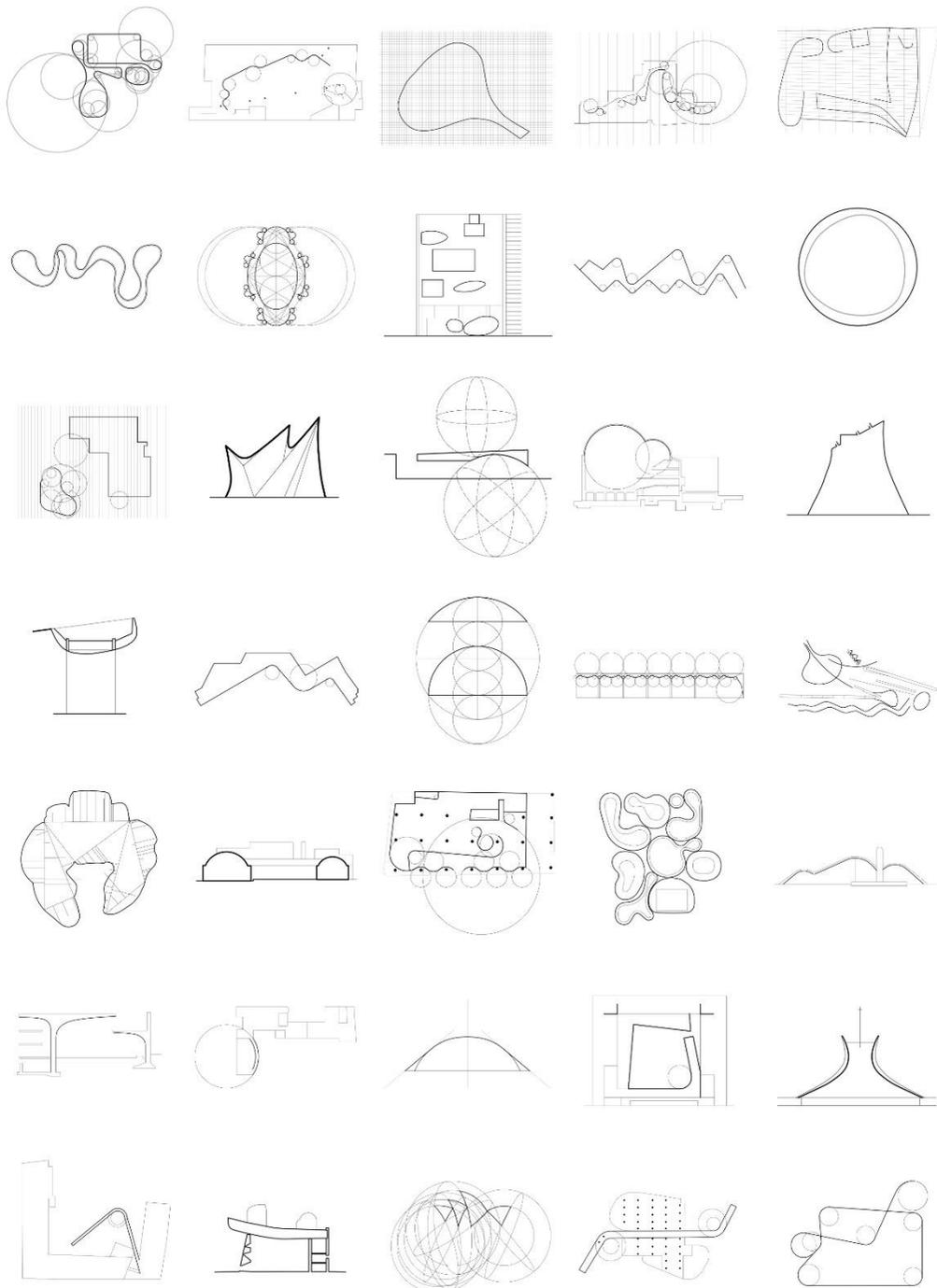
In recent years, our discipline's problem-solving capacity has developed in parallel with the advancement of its geometric resources. While the design of a building's geometry, as distinct from a building's materiality, with its tactile and visual atmospheric values, does not comprise the whole of the design task, geometry is certainly central to most of architecture's design decisions (...) The recent expansion of the geometric repertoire, called for by the increasing complexity of our tasks and made possible by techniques of computational geometry, has led to the significant progress of geometry as a crucial design resource³.

Da una diversa grammatica discende naturalmente un nuovo linguaggio, ma se da un lato, a partire dalla transizione dall'epoca meccanica alla digitale, si assiste ad un aumento consistente di forme che sono figlie di tale idioma (non a caso la letteratura dedicata alla costruzione parametrica dell'Architettura e al controllo digitale è cospicua ed in aggiornamento continuo), potrebbe aver senso chiedersi (anche ai fini di una maggior comprensione del rapporto Architettura – strumento informatico) se sia possibile una manifestazione analogica della curva contemporanea, realizzata cioè senza ricorrere ad alcun supporto digitale, e poi quali forme essa assuma, quali basi teorico critiche la supportino, e di quali strumenti ci si possa dotare per la sua costruzione. Questi quattro interrogativi costituiscono la dichiarazione di intenti della presente dissertazione, ed entrare nel vivo di ognuno ha significato, come si vedrà, attraversare più epoche. Come già accennato, per operare la necessaria restrizione del campo di osservazione, è stato fondamentale costruire un metodo di indagine che permettesse di elaborare una personale tassonomia: tale metodo consiste innanzitutto nel ridisegno scientifico, critico e selettivo di Architetture Moderne e Contemporanee (eccezion fatta per alcune opere di Francesco Borromini), che presentano un impianto compositivo integralmente (o prevalentemente) fondato sulla curva, non costruita però digitalmente. L'associazione iniziale è priva di una logica temporale o stilistica; il ridisegno è effettuato a partire dalla pianta o dalla sezione più rappresentative del progetto, delle quali sono definiti i tratti principali. Per ogni Architettura scelta è stata effettuata, quando possibile, una ricerca d'archivio, che ha portato alla luce (in alcuni, ma non in tutti i casi) disegni autoriali o tavole di progetto esemplificativi del metodo

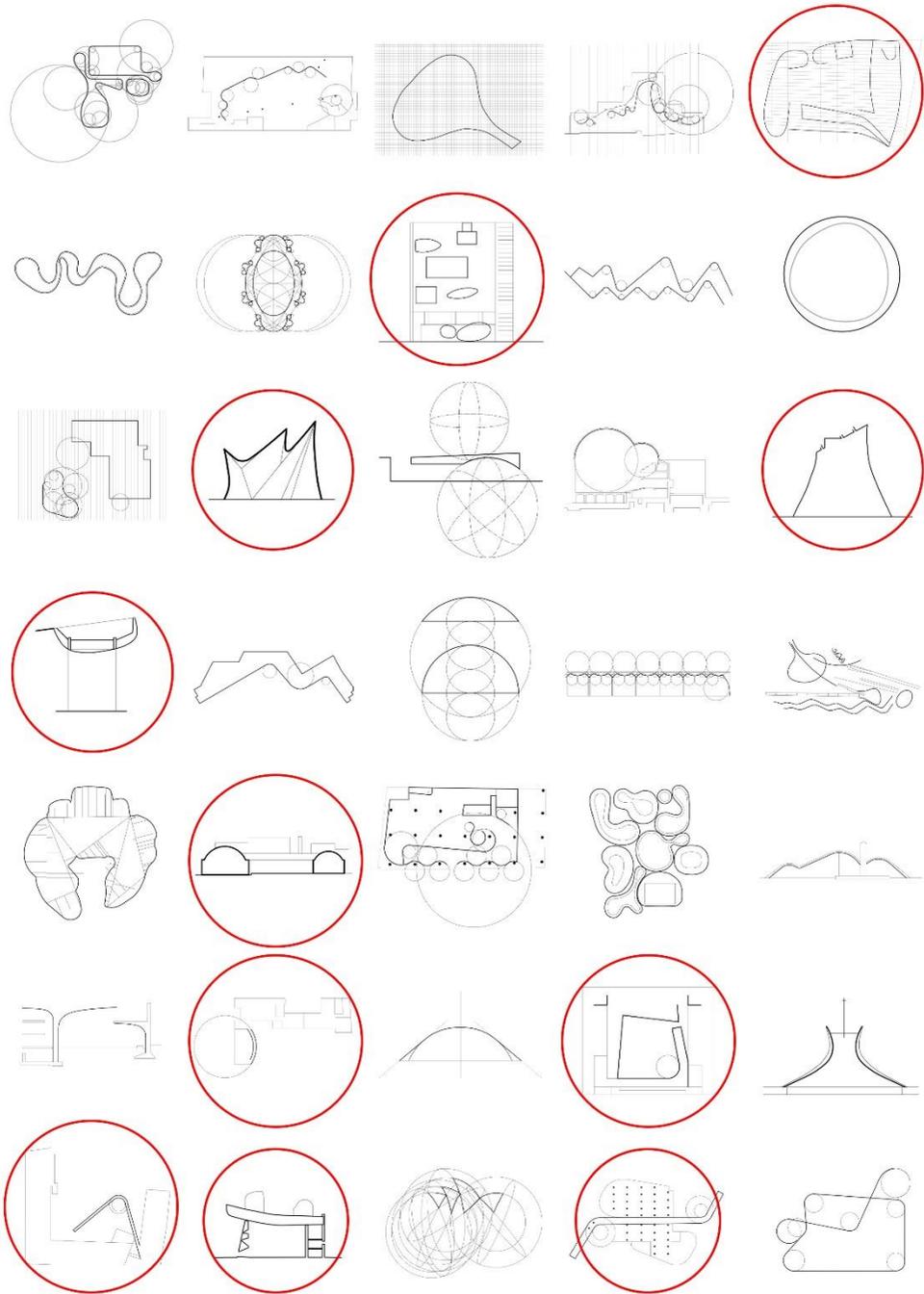
³ P. Schumacher, *The progress of Geometry as design resource*, "Log", n. 43, 2018, p. 105.

generativo della curva, o delle curve fondamentali. Alla ricerca d'archivio è stata associata una disamina delle fondamenta teorico critiche alla base della singola scelta compositiva. Ad ogni opera è stato quindi sostituito nella tavola di confronto uno schema rappresentativo dell'operazione sopra citata: ogni Architettura corrisponde ora ad una (o più) curve, delle quali sono individuate tipologia e metodo di costruzione geometrica. Un ulteriore passaggio è costituito dall'analisi dell'atto che permette la transizione da curva a spazio (es. estrusione, rotazione, scala...). A partire da questi dati, sono state raggruppate curve simili per tipologia e costruzione ed individuati macro insiemi, che hanno a loro volta portato alla definizione di specifiche tematiche compositive sull'uso della curva, caratteristiche del Moderno e del Contemporaneo. A partire da queste ultime è stata impostata la struttura delle parti della dissertazione. Il processo è sintetizzato nelle quattro tavole seguenti: nella prima, in forma schematica sono associati alcuni edifici scelti⁴; nella seconda, alle stesse architetture corrispondono ora una o più curve rappresentative (comprese le curve utilizzate per la costruzione della forma finale); nella terza e nella quarta sono evidenziati gli episodi simili per tipologia e costruzione della curva (il caso in esame considera quelle realizzate a partire dalla composizione di soli archi di cerchio o archi di cerchio e segmenti rettilinei).

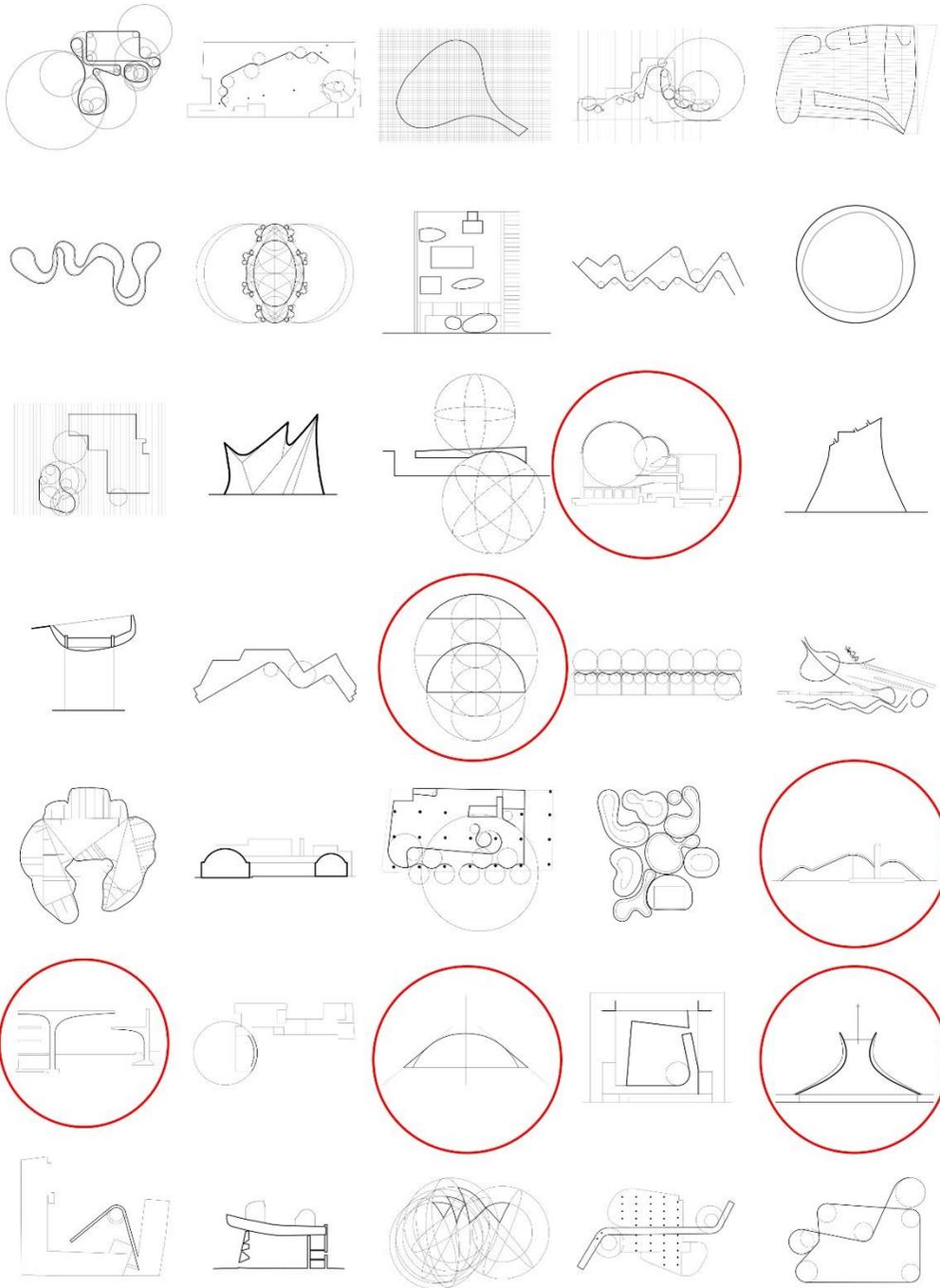
⁴ In ordine, la Onishi Town Hall di SANAA, il Padiglione Finlandese di Alvar Aalto, la Pensilina della Stazione di Kumamoto di SANAA, la Chiesa Bagsvaerd di Utzon, Notre Dame du Haut di Le Corbusier, il complesso Grace Farms di SANAA, il San Carlino di Borromini, la Nuova Biblioteca di Francia di OMA, il Cimitero di Igualada di Miralles, il Lumière Park Café di SANAA, Villa Mairea di Alvar Aalto, il Padiglione Philips di Le Corbusier, la Casa in Monsaraz di Aires Mateus, il Fronton Recoletos di Torroja, il complesso di Chandigarh di Le Corbusier, i dormitori del MIT di Alvar Aalto, l'Ospedale di Dacca di Louis Kahn, la Biblioteca di Viipuri di Alvar Aalto, il Croissant di Miralles, la Casa Atelier di Le Corbusier, il Banco Boavista di Niemeyer, il Campus Bocconi di SANAA, il Memorial Latin America di Niemeyer, l'Accademia della Scherma di Moretti, Maison La Roche di Le Corbusier, il Congresso Nazionale del Brasile di Niemeyer, il Padiglione della Conoscenza di Carrilho, la Chiesa di Brasilia di Niemeyer, l'Hedmark Museum di Sverre Fehn, la Sydney Opera House di Jorn Utzon, il Carpenter Centre di Le Corbusier, la Sedia Paimio di Alvar Aalto.



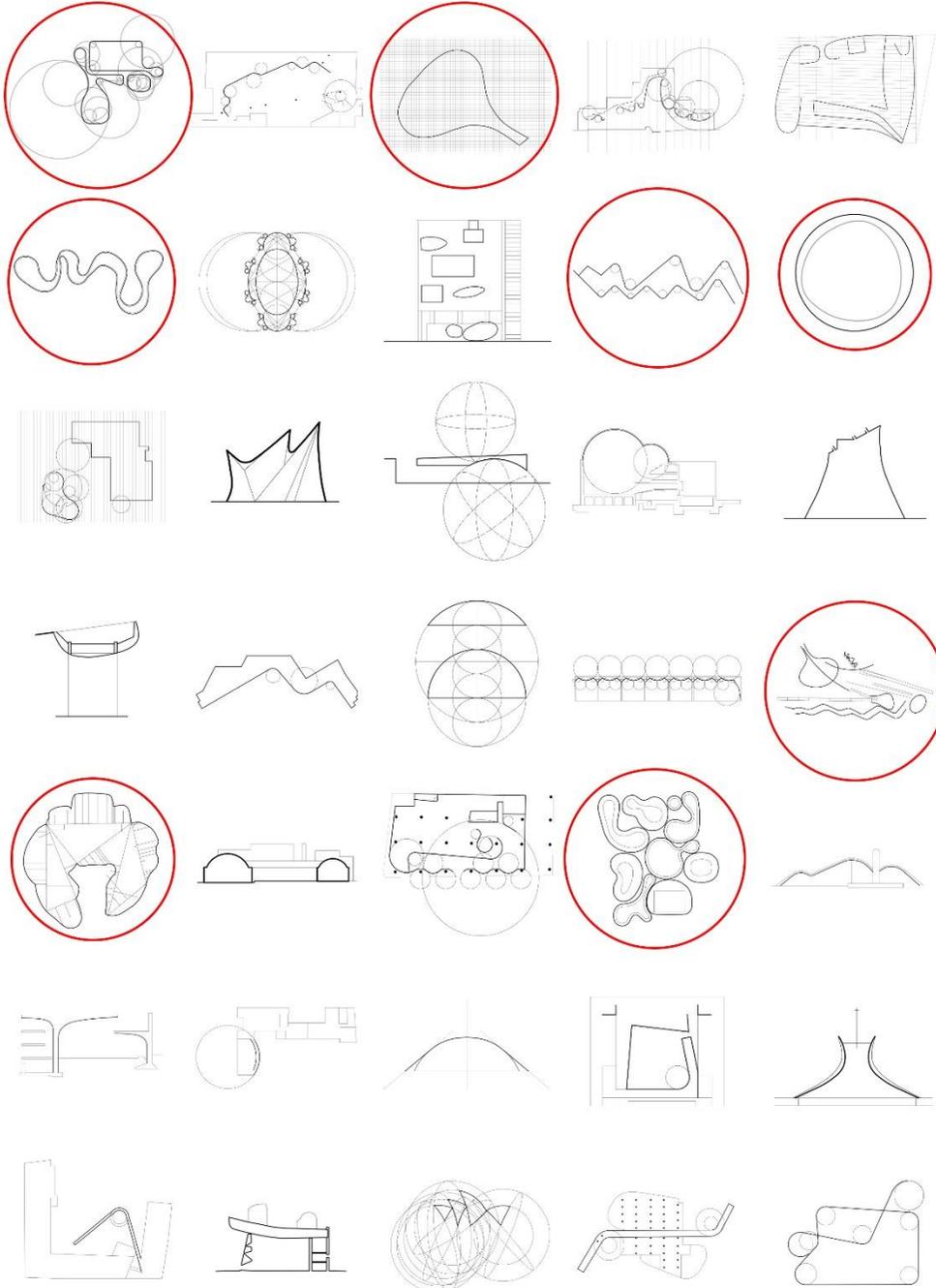
CURVE IRREGOLARI

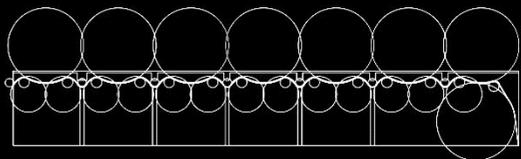
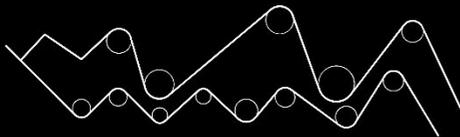
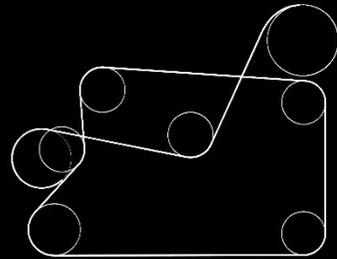
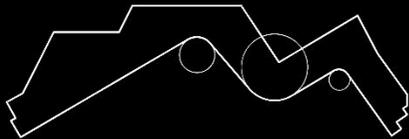
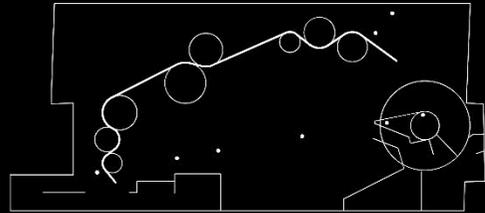
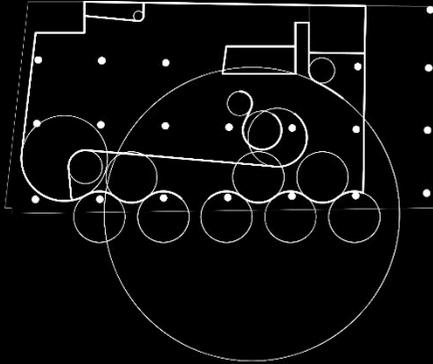
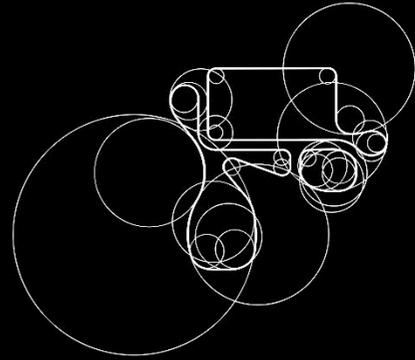
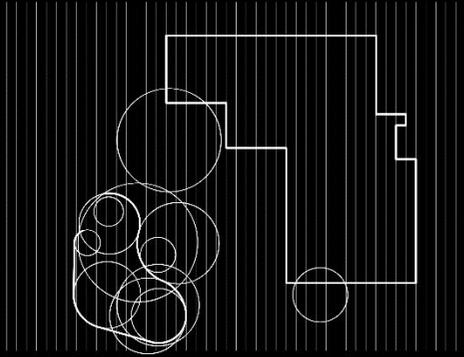
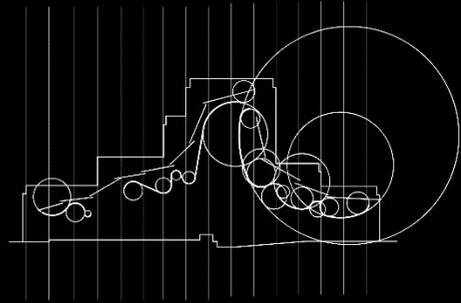
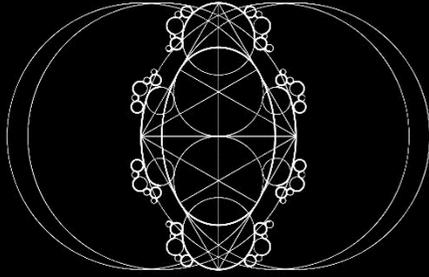


CURVE MATEMATICHE



CURVE ANESATTE





Capitolo 1

La curva barocca

La nascita del concetto di “estensione non interrotta”

La generica nozione di continuità (dal latino *continuītas -atis*⁵) rimanda, tra i molti significati etimologici, ad una “estensione non interrotta”⁶. Cosa significa calare i lemmi “estensione” ed “interruzione” nello specifico contesto della composizione architettonica? Il cruciale cambio di paradigma dal concetto rinascimentale di “estensione finita” a quello di “infinito”, avvenuto in epoca barocca, ha comportato un naturale spostamento di interesse dal problema compositivo della fine a quello del continuo.

Il Barocco inventa l’opera o l’operazione infinita. Il problema non è come finire una piega, ma come continuarla, come farla attraversare il soffitto e portarla all’infinito⁷.

Riferendosi alla liberazione dell’elemento formale “piega”, Gilles Deleuze evidenzia come la nozione di continuità sia il risultato dell’applicazione allo spazio e alla materia di tale mutato atteggiamento culturale. Ispirandosi al panteismo neoplatonico⁸, il filosofo e frate domenicano Giordano Bruno già aveva riproposto l’infinito come principio divino, dal quale discende una natura anch’essa infinita: innumerevoli mondi che in uno spazio infinito si muovono. Se Dio, come afferma Bruno, è presente in tutte le cose ed è per sua natura un principio infinito, il fabbro, l’artista, ha il compito di rendere manifesto nelle forme questo principio. Questo “piacere barocco per la curva” può ben essere associato, in effetti, alla gioia della modellatura e ai piaceri di una mente che, come monade leibniziana⁹, non ha porte nè finestre ed esprime se stessa dal suo punto di vista. Di nuovo Leibniz individua

⁵ Treccani.

⁶ Ibid.

⁷ G. Deleuze, *La piega*, cit., p. 58.

⁸ E’ proprio dal concetto di *non limitatezza* che discende uno dei cardini della concezione panteista neoplatonica: la Natura come manifestazione di un Dio che, in quanto illimitato, non può che risiedere in ogni forma.

⁹ Più che sostanze vere e proprie, le *monadi*, secondo Leibniz, sono “punti di forza”: enti indipendenti non dotati di una fine nè di un inizio. Esse posseggono una attività interna ma non possono essere influenzate da elementi esterni. Ogni monade è diversa dall’altra ma, come in un ologramma, in ognuna di esse si rispecchia l’intero universo.

nell'acqua l'esempio più intuitivamente valido di questo "labirinto del continuo"¹⁰, una successione non razionale di pieghe interne ad altre pieghe:

La divisione del continuo non deve essere considerata come quella della sabbia in granelli, ma come quella di un foglio di carta o di una tunica in pieghe, di modo che si possa formare un'infinità di pieghe, le une più piccole delle altre, senza che il corpo si dissolva mai in punti o in minima¹¹.

Se avviene tale dissoluzione nel dominio del corpo, lo stesso può dirsi dello spazio e dell'organismo architettonico. A partire da queste basi, Caravaggio opera una radicale sostituzione: allo spazio geometricamente definito del Rinascimento, governato da leggi prospettiche e spiegato da una luce chiara ed omogenea, diurna, si sostituisce una oscurità senza fine, un infinito non conosciuto ma fortemente carico di possibilità, dal quale emergono i corpi. Caravaggio piega, non spiega. La luce, in effetti, discende direttamente da questo oscuro potenziale, ne è diretta e non separabile conseguenza. Questa realtà man mano scoperta è associabile allo stesso modo di conoscere la verità del mondo teorizzato da Bruno, sempre opposto ad un sapere preposto.

Secondo Eugenio D'Ors¹²,

Il Barocco rinnega due tendenze caratteristiche della ragione classica: la ricerca dell'unità e la produzione di discontinuità formale. Il barocco tende alla multipolarità e alla continuità. Ciò che lo interessa è la melodia infinita, il multidimensionale, i flussi d'acqua e di luce. Insomma: lo scorrere stesso della vita. Ai "processi della mente che imita la mente" (forme geometriche, strutture semplici, contrappunto, colonne immutabili e così via) bisogna contrapporre i processi della mente che imita la natura: metamorfosi, ellisse a doppio fuoco, fughe, albero che cresce etc. Nessuna giustapposizione di oggetti solidificati, ma un infinito susseguirsi di elementi evanescenti¹³.

¹⁰ L'espressione "labirinto del continuo" è utilizzata da Leibniz per indicare i problemi filosofici legati ai numeri in rapporto alla descrizione matematica di tempo e spazio.

¹¹ Leibniz 1903: 614-15, cit. da Deleuze 2004:10.

¹² Lo scrittore e filosofo catalano Eugenio D'Ors ha dedicato moltissimi lavori allo studio e all'interpretazione della morfologia barocca; tra tutti si ricorda *Du Baroque* (Gallimard, 1935).

¹³ D'Ors 1999, 97.



Figura 1. Leonardo Da Vinci, Studio di Panneggio e bozzatti di studio su forme naturali: cavallo, capelli, piante e fiori.

La curva continua di Francesco Borromini

Giedion identifica in Borromini l'iniziatore di una interpretazione spaziale che ha echi più che contemporanei, e considera cruciale la sua importanza in quanto creatore di nuovi patterns costruttivi. Egli, con mezzi consuetudinari, dà inizio ad una rivoluzione che troverà maturo compimento soltanto grazie all'evoluzione di materiali e tecniche, avvenuta nel Moderno e proseguita in epoca Contemporanea (l'uso del ferro e del cemento, ma anche nuove teorie scientifiche fisico matematiche¹⁴). Tra le più rilevanti anticipazioni di Borromini c'è, secondo Giedion, lo sforzo di "trasportare il movimento del disegno attraverso lo spazio interno nello spazio esterno, anticipando un principio dell'Architettura Moderna"¹⁵. La "parete ondulante"¹⁶ del San Carlino, la cui curvatura è il risultato di un costante lavoro di ricerca sulla composizione di concavità e convessità, è così importante anche perché precorre il modo tutto moderno di sviluppare la componente plastica: l'introduzione di una curva continua. Borromini opera in un contesto culturale (il pontificato di Urbano VIII, la nuova Università La Sapienza, l'attività dell'Accademia dei Lincei) in cui inizia a diffondersi un forte dibattito sui principi scientifico naturalistici formulati da Galileo e sui legami tra matematica e natura (si veda il trattato "Il fiocco di neve esagonale" scritto da Keplero¹⁷). Egli viene introdotto ad una matematica di tipo meccanicistico, che mette in dubbio nozioni teoriche generalmente accettate sulla geometria (lo stesso concetto di curva è oggetto di discussione) e in cui viene dato spazio a forme definite esclusivamente con metodo meccanico: alla curva ideale viene sostituita quella naturalmente scaturita dalla risoluzione di problemi tecnico-pratici ed esigenze costruttive. La spirale della cupola di Sant'Ivo non è quella formulata da Archimede (cioè non disegnabile in cantiere con riga e compasso), ma ricavata da cerchi concentrici. Il progetto realizzato di San Carlino non rispecchia quello disegnato, anche perché le forme del triangolo e del cerchio sono presenti in

¹⁴ L'articolo pubblicato da Albert Einstein nel 1905 sulla rivista «Annalen der Physik» intitolato *Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento* introduce una nuova interpretazione dei concetti di Spazio e Tempo, che assumono una connotazione unificata in un continuo quadridimensionale tanto rivoluzionario da influenzare profondamente anche la ricerca artistica ed architettonica.

¹⁵ S. Giedion, *Space time and architecture*, p. 89.

¹⁶ Ibid., p. 43.

¹⁷ Nel trattato *Strena Seu De Nive Sexangula* Johannes Kepler, utilizzando tassellazioni piane e riempimenti di spazi cubici ed esagonali, si propone di indagare la causa della forma a sei punte dei fiocchi di neve.

pianta maggiormente come tracciato regolatore, a partire dal quale sviluppare operazioni di tangenza, concentricità, traslazione ed intersecazione al fine di giungere alla pianta finale.

Le immagini che seguono, provenienti dall'Archivio dell'Albertina di Vienna, mostrano un metodo di costruzione della curva di facciata (ottenuta dalla successione concavo/convessa di tre archi di circonferenza tangenti), metodo che sarà adottato come principale riferimento per la composizione di linee continue, ed evidenziano come Borromini abbia utilizzato lo stesso sistema di riferimento per interno ed esterno. Tra i centri di circonferenza evidenziati (uno interno e due esterni alla chiesa) sembra infatti stabilita una profonda relazione spaziale, che attenua la differenza tra “dentro” e “fuori”. Il successivo disegno (Albertina 170) evidenzia l'ovato su cui si imposta la pianta: esso è realizzato a partire da un sistema di cerchi e triangoli, ma essi costituiscono, più che un rigido vincolo geometrico, un sistema di tracciati regolatori utili a stabilire relazioni e effettuare operazioni spaziali: a partire dai centri delle due circonferenze speculari, e dai vertici comuni ai due triangoli, vengono tracciate delle rette che fungono da linee di forza; esse “sfondano” la pianta in quattro punti, individuando gli ambienti laterali. La retta, quindi, compare non solo come strumento di controllo del disegno, ma come elemento in grado di imprimere una forza ed una direzionalità allo spazio. Un ulteriore confronto tra un particolare della pianta dell'interno e della facciata (Albertina 170 - 176) mostra come il metodo di costruzione della curva continua illustrato si applichi a tutte le scale. La composizione di circonferenze tangenti corrisponde nel primo caso ad un più denso accumulo di materia (che avviene in corrispondenza di otto punti nevralgici), in cui pieni (in nero) e vuoti (in bianco) si susseguono con una cadenza ritmica ben ponderata: la somma di due pieni equivale al vuoto; nel caso della facciata, la circonferenza che genera la curva convessa, e che corrisponde al “pieno” dell'interno, bilancia ritmicamente la valenza delle due curve concave, le cui circonferenze di origine risiedono all'esterno. In Borromini l'addensamento di circonferenze nello spazio corrisponde quindi ad un aumento di “densità del reale”; il cerchio è ora vuoto ora materia, ora concavità ora convessità, ed il suo ruolo di regia nello sviluppo continuo di uno spazio plasmato è governato dal tema dinamico (ma rigoroso) dell'ellisse (costruita comunque su archi di cerchio). L'attenzione per

il tema della continuità spaziale è testimoniata anche dalla posizione delle colonne inalveolate, la cui articolazione evita di incorrere in spigoli vivi e permette di connettere le membrature senza interruzioni.

La stessa scelta della trama di copertura nella volta è guidata dal gusto per la ricerca di un fondamento strutturale semplice, che guidi una deformazione plastica: tale trama è in realtà piuttosto facile da controllare, in quanto croce ed esagono, i simboli utilizzati, possono essere inscritti in due quadrati uguali ed il terzo simbolo (un altro esagono) è generato dallo spazio che risulta dall'accostamento di questi due sistemi. Ad essere studiato non è quindi il singolo elemento, ma la superficie in cui tutti sono inscritti e le deformazioni che la interessano. Un simile lavoro sulle deformazioni, e sulle curve che ne risultano, è cruciale perché ripreso e ampliato da ben più contemporanei sperimentatori (si veda Thompson con il suo *On Growth and Form*, di cui si tratterà in seguito, che ispirerà le ricerche di Miralles e dello studio SANAA).

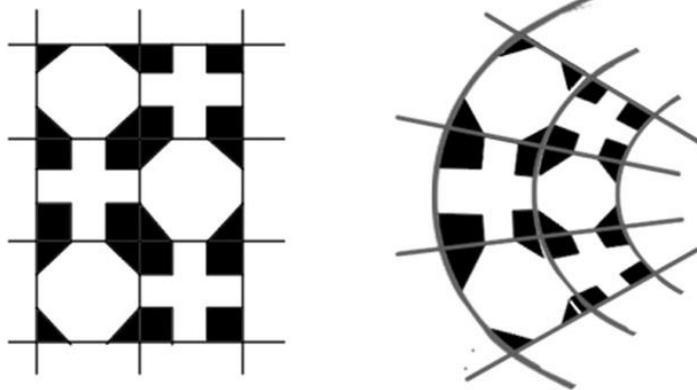
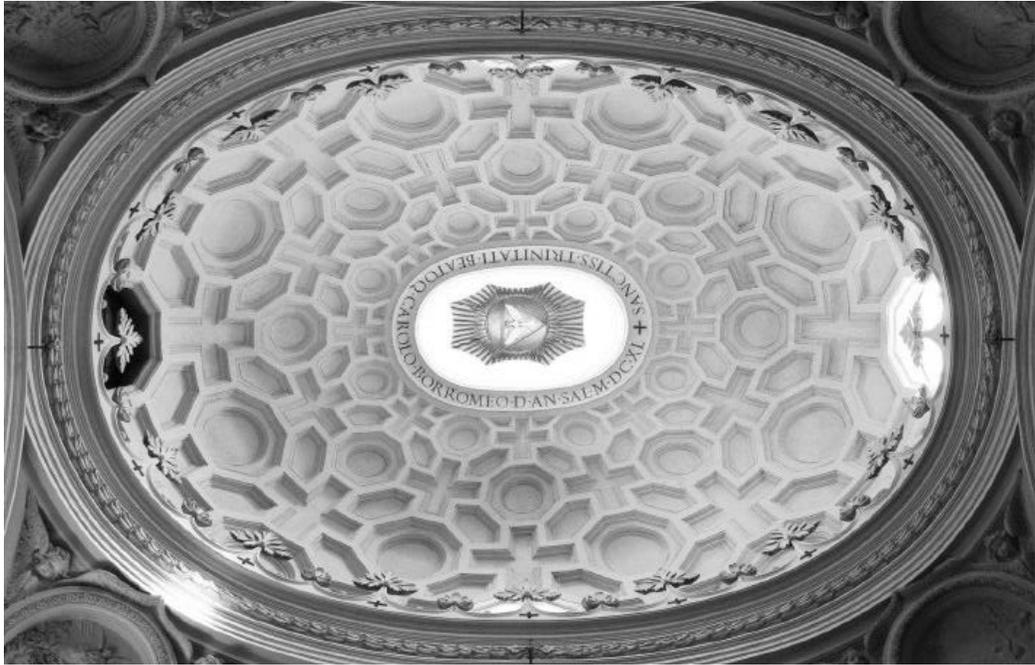


Figura 2. Deformazione cartesiana operata da Borromini sulla trama della cupola del San Carlino: l'esagono minore, in nero nel disegno, si genera spontaneamente a partire da uno spazio di risulta. Foto di Paolo Portoghesi.

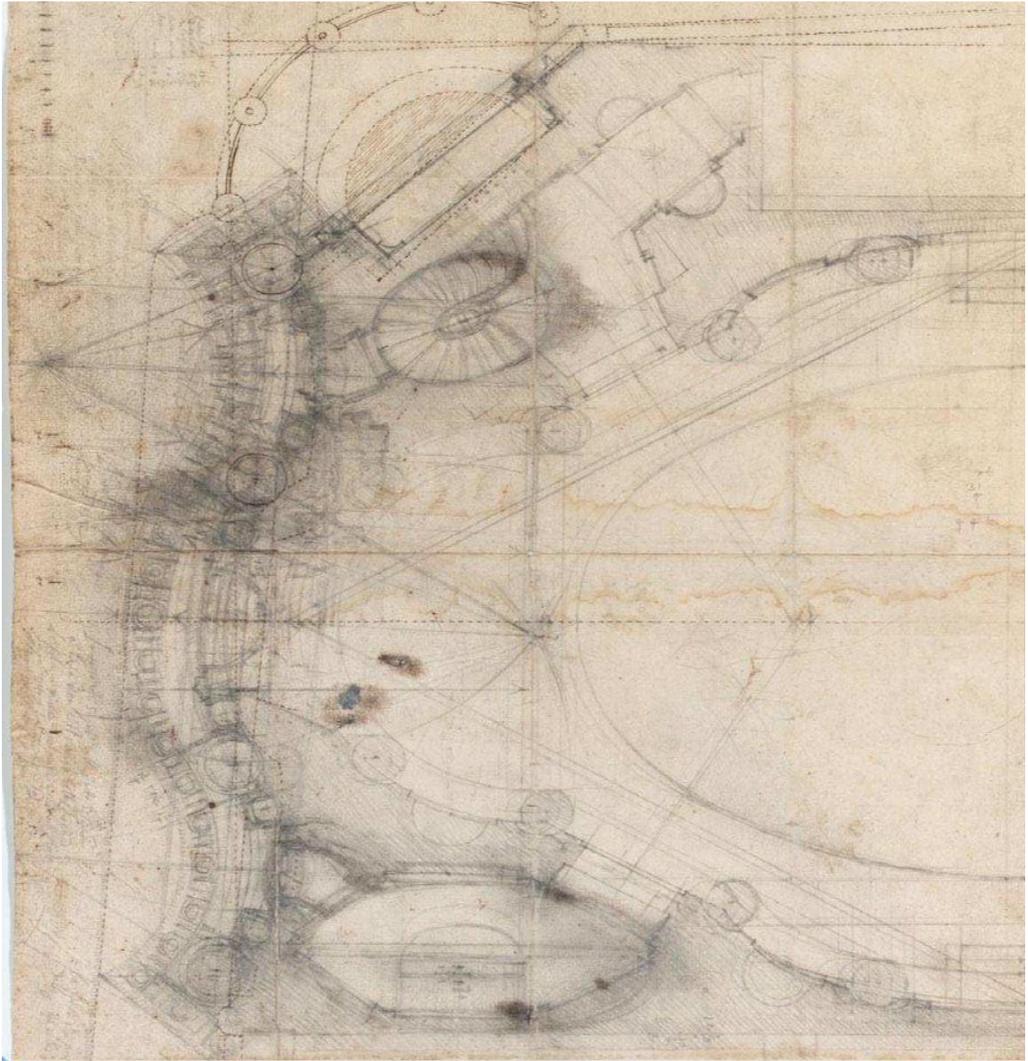


Figura 3. Disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane. Fonte: Albertina 176.

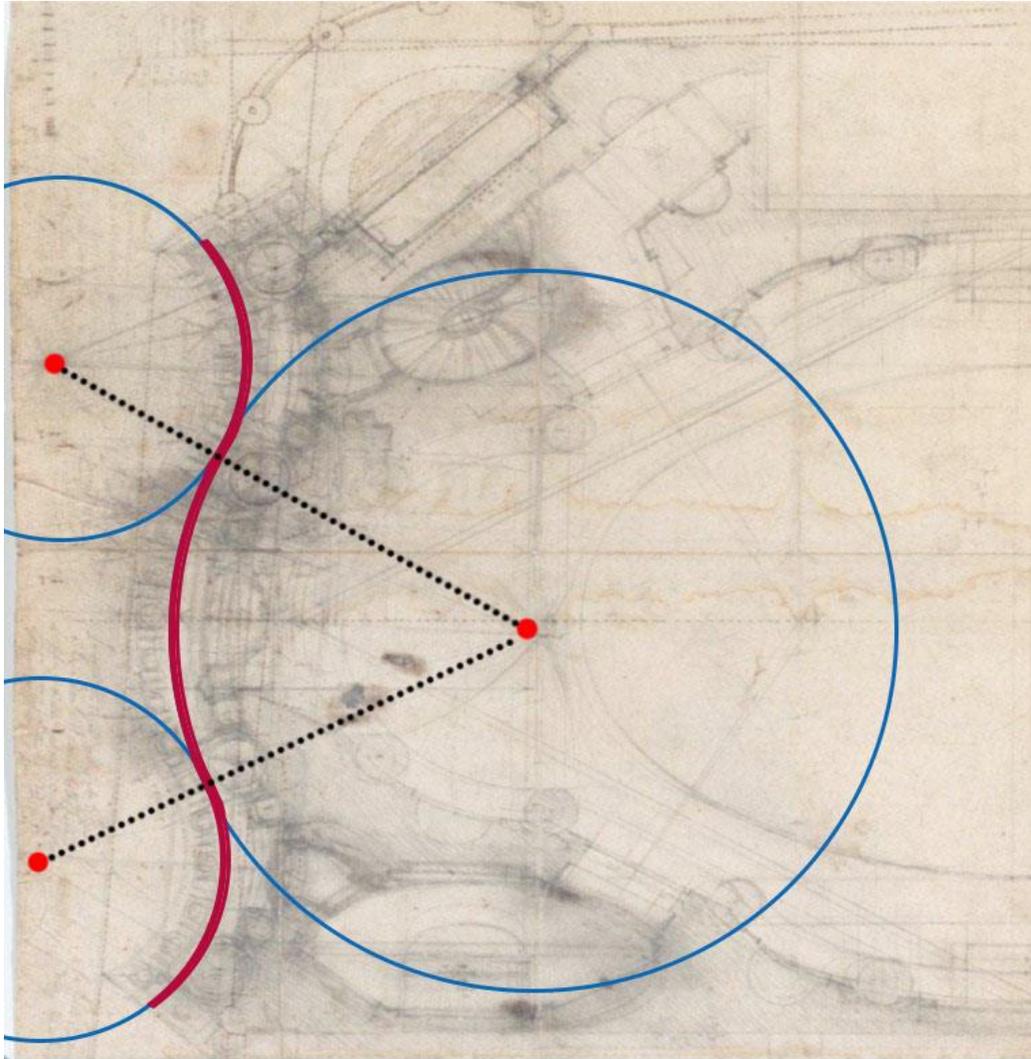


Figura 4. Disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane, Albertina 176 – L'immagine evidenzia un metodo di costruzione della curva di facciata ottenuta dalla successione concavo/convessa di tre archi di circonferenza tangenti, e mostra come Borromini utilizzi lo stesso sistema di riferimento per interno ed esterno.

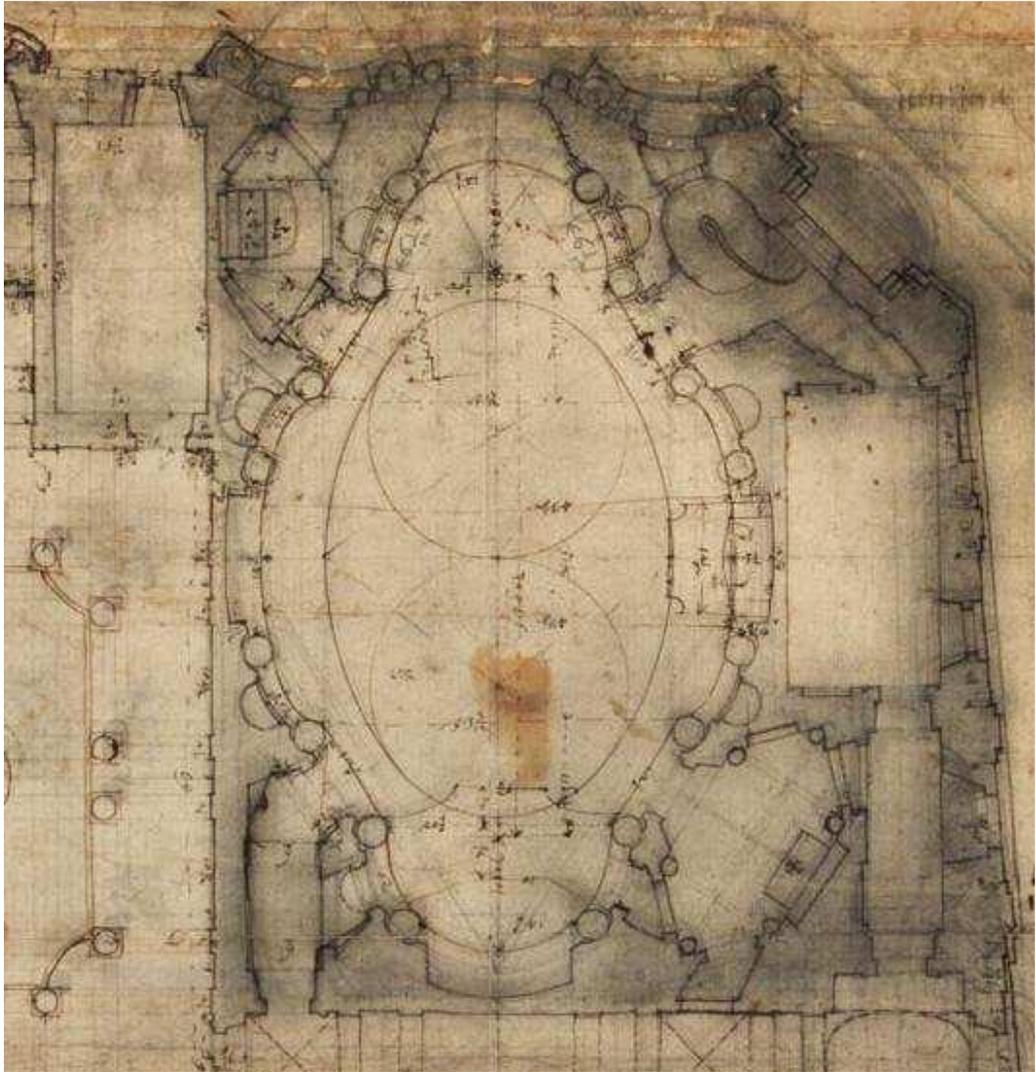


Figura 5. Stralcio di disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane. Fonte: Albertina 170.

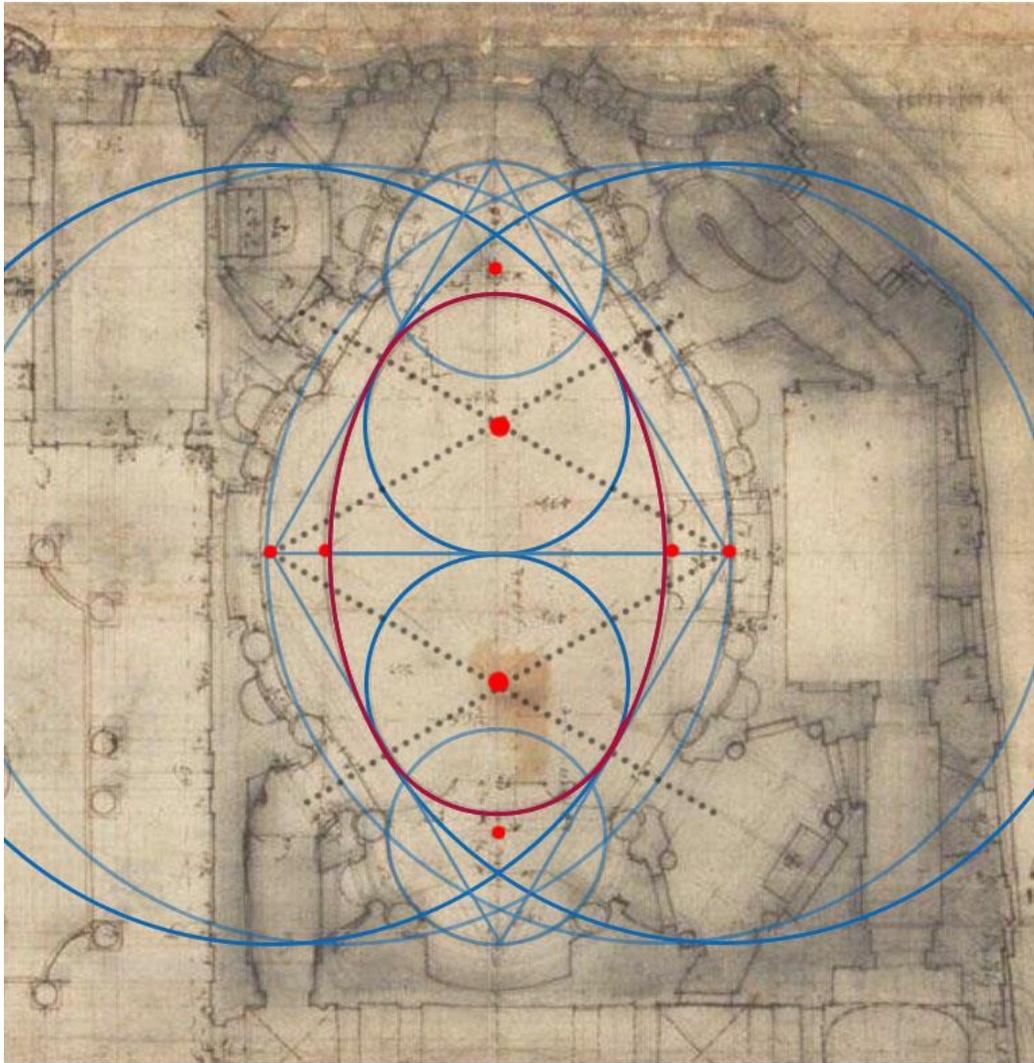


Figura 6. Stralcio di disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane, Albertina 170. Sistema di costruzione dell'impianto planimetrico.

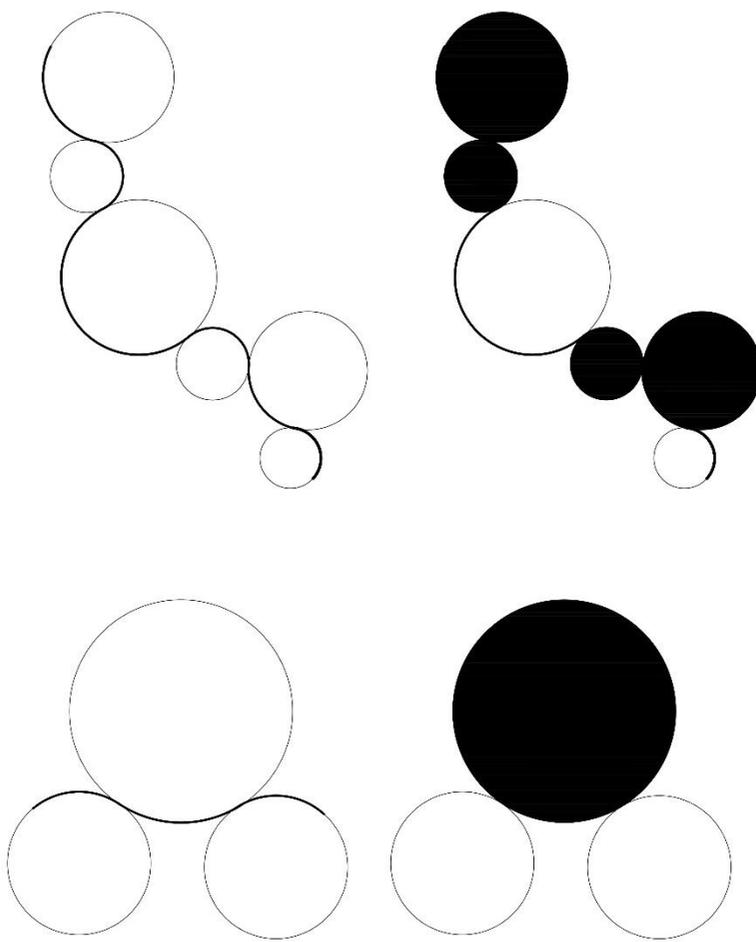


Figura 7. Confronto tra un particolare di costruzione geometrica della pianta dell'interno e della facciata (Albertina 170 - 176).



Figura 8. Particolare della curva di facciata del San Carlino in una fotografia di Paolo Portoghesi.

Un altro riferimento rilevante è costituito dal progetto del Tiburio di Sant'Andrea delle Fratte in Roma¹⁸. In “Lo spazio della linea. Il tiburio di Sant'Andrea delle Fratte”¹⁹, Giovanna Spadafora definisce il tratto di Borromini “una linea mista che si dispiega all'interno di una intelaiatura geometrica molto precisa”²⁰, e mostra come nel tiburio confluiscono vari temi compositivi legati alla curva, già in parte evidenti nel San Carlino, e veri e propri *topic* della presente ricerca: il rapporto tra linea sinuosa e intelaiatura geometrica; la sovrapposizione di linee con andamenti diversi (sviluppo di concavità e convessità); la linea come profilo che, a seguito di operazioni di estrusione o rotazione, dà luogo a forme complesse; l'uniformità di trattamento della curva dalla piccola alla grande scala. Il disegno autografo utilizzato come riferimento per indagare la costruzione geometrica del tiburio è l'AzRom 108, che rappresenta la pianta all'altezza delle finestre. Il particolare che preme mettere in luce, perché indicativo di uno specifico e ricorrente pensiero compositivo, è il seguente:

Il tiburio prende forma nel disegno, attraverso una sequenza di linee appartenenti a piani orizzontali sovrapposti, all'interno di una costruzione geometrica pensata nello spazio, ma che le governa tutte su di un unico piano. Borromini traccia, quindi, una pianta sinottica, costruendo nelle due dimensioni un ragionamento tridimensionale²¹.

Borromini sviluppa il suo pensiero in tre dimensioni a partire da un unico disegno bidimensionale, su cui traccia sequenzialmente il sistema di regole geometriche a cui si legano tutti i livelli progressivi dell'elemento architettonico: dal basamento alla quota delle finestre, alla cornice di coronamento, alla trabeazione²². È questo un modo di gestire forme complesse a partire da pochi semplici strumenti.

¹⁸ Come specificato dalla stessa Spadafora, Borromini subentrerà nel cantiere del Sant'Andrea nel 1653, a lavorazioni già avviate da Gaspare Guerra, e si concentrerà sulla cupola.

¹⁹ G. Spadafora, *Lo spazio della linea. Il tiburio di Sant'Andrea delle Fratte*, in L. De Carlo (ed.), L. Paris (ed.), *Le linee curve per l'Architettura e il design*, pp. 171 – 182.

²⁰ Ibid., p. 171.

²¹ Ibid., p. 174.

²² L'approccio non è dissimile da quello utilizzato nella moderna topografia, o nella progettazione degli scavi delle imbarcazioni, per i quali si utilizzano ancora piante sinottiche.

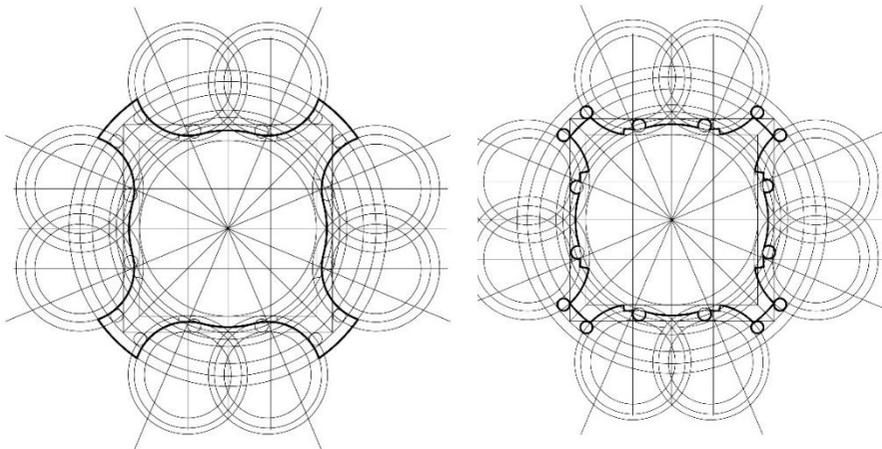
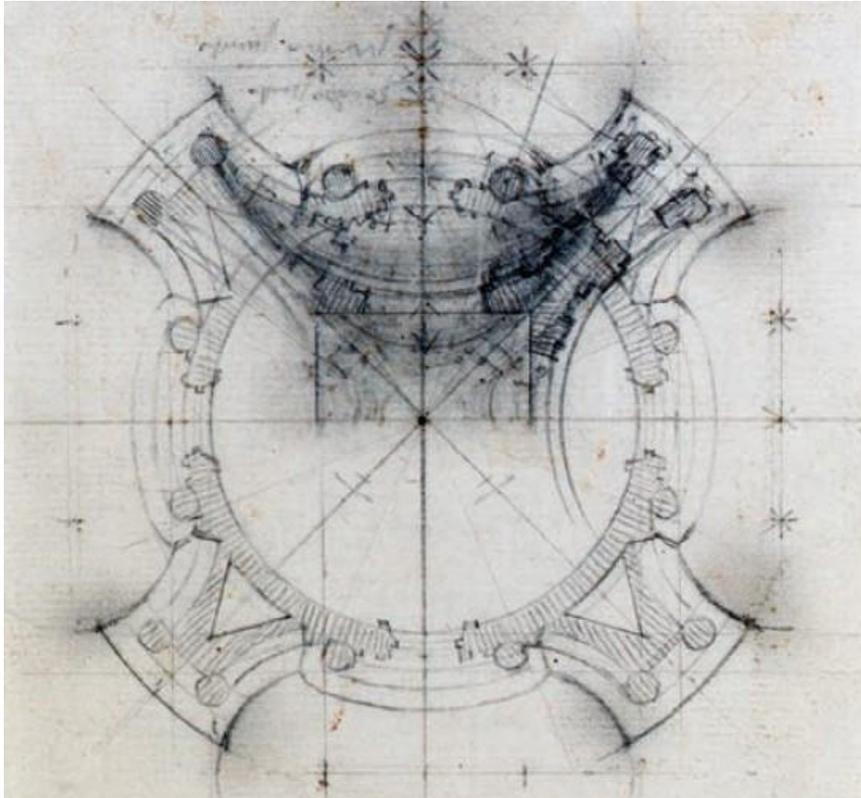


Figura 9. Stralcio di disegno di Borromini per Sant'Andrea delle Fratte - AzRom 108 - Museo Albertina Vienna. Sotto, ricostruzioni autografe della struttura geometrica di costruzione della base e della trabeazione del tiburio.

Il riemergere delle costanti barocche

In un momento storico culturale²³ in cui dominava la tendenza a fare dell'architettura un'arte meccanica e tecnica, protesa al soddisfacimento di esigenze economico prestazionali ed igieniche, Brinckmann, nel suo *Plastik und Raum, als Grundformen künstlerischer Gestaltung*²⁴, indaga le potenzialità plastico spaziali dell'Architettura ed individua nel corso della storia una alternanza ciclica di epoche “scarsamente plastiche”, come la gotica e la rinascimentale, ed epoche dove “il senso plastico si sviluppa e giganteggia come l'epoca barocca”²⁵. Non è d'altra parte nuova tale visione: la scuola di Focillon²⁶ aveva già ben illustrato l'idea di una alternanza nel mondo delle forme, più o meno regolare, di periodi classici e periodi romantici, come pure di staticità e dinamicità. Un punto di vista, questo, parzialmente criticato da Gillo Dorfles, che mette in guardia nei confronti di una interpretazione eccessivamente letterale di tale principio:

Il ripetersi a distanza di tempo e di spazio, di analoghe costanti formali (...) non deve però portare a ritenere ch'ogni arte, ovunque sorta, abbia a ripetere la stessa successione di periodi con analoghi sviluppi formali e stilistici. Tale teoria si offre a troppo facili e troppo arbitrari parallelismi (...). E' indubbio che si può assistere alla convivenza in una stessa epoca di forme appartenenti a periodi di evoluzione artistica molto diversi, ma ci sembra egualmente ingenuo di voler assimilare a un preteso “barocco” – ricorrente in civiltà diverse (indiana, cinese, messicana, ellenica) il nostro barocco – ossia quel particolare stile sorto in Europa e precisamente in Italia e in Germania sullo scorcio del '600²⁷.

Brinckmann predice un rifiorire di forme più libere e sottolinea come nel primo periodo del Barocco (rappresentato da Bramante, Sangallo, Michelangelo), abbia

²³ Negli anni che vanno dal 1915 al 1930 la ricerca architettonica sembra trascurare esigenze formali ed estetiche per concentrarsi su una semplificazione estrema di variabili, resa necessaria da impulsi *razionali* legati alle sopra citate esigenze funzionali.

²⁴ A. E. Brinckmann, *Plastik und Raum, als Grundformen künstlerischer Gestaltung*, University of California Libraries, 1922.

²⁵ G. Dorfles, *Il Barocco nell'Architettura Moderna*, Libreria Editrice Politecnica Tamburini Milano, 1951, p. 10.

²⁶ Lo storico dell'arte Henri Focillon propose un'idea di sviluppo della forma interno, del tutto autonomo e legato al ruolo di materiali e tecniche, distaccandosi in tal modo dalla tradizione filologica e archeologica.

²⁷ *Ibid.*, p. 16

iniziato a configurarsi una identificazione tra la funzione plastica ed il ritmo spaziale, fondamentale anche per il Moderno.

L'indipendenza delle componenti spaziali si trasforma in una successione legata ritmicamente. Tale ritmo determina anche l'ordinamento delle singole parti del corpo plastico. La plastica si lega allo spazio architettonico modellandolo²⁸.

Così nel tardo Barocco (Borromini, Guarini, Juvara, Bernini):

si compenetrano il corpo plastico e il corpo spaziale. La scultura diventa una sintesi plastico-spaziale. La pittura: illusione dell'infinita spaziale²⁹.

La rassegna continua, ma ciò che più conta è che Brinckmann individui nel XX secolo il sorgere di costruzioni che evidenziano un "impulso verso un rinnovamento plastico spaziale"³⁰ (sono un esempio la Einsteinturm di Mendelsohn, il Goetheanum di Steiner, la Pedrera di Gaudì, la casa di Horta e le opere di Aalto). Non si tratta, come sottolineato da Dorfles, di un "ridestarsi di impulsi romantici che seguono ad un presunto periodo classico"³¹, ma della manifestazione di alcune costanti "barocche" che il Razionalismo aveva perduto. Lo sforzo di Dorfles di legare il '600 alla prima metà del '900 ("soli due secoli ci separano"³²) è quindi tutt'altro che il tentativo di identificare il riemergere di una categoria atemporale e stilisticamente ricorrente, quanto piuttosto offrire l'interpretazione di alcuni tratti del Moderno come estrema propaggine di una particolare epoca (il '600). Dorfles utilizza una metafora interessante per inquadrare la critica mossa a Focillon e ad Eugenio D'Ors: commette lo stesso errore chi, trovando nella pittura di Picasso tratti tipici dell'arte precolombiana, propone di assegnare l'appellativo "cubista" ad opere azteche o incaiche.

Nè potremo per la medesima ragione considerare come barocco tutto ciò che è curvo, non rettilineo, non simmetrico, disordinato, romantico, nebuloso³³.

²⁸ G. Dorfles citando Brickman, in *Ibid.*, p. 12.

²⁹ G. Dorfles citando Brickman, in *Ibid.*, p. 12.

³⁰ A. E. Brinckmann, *Plastik und Raum, als Grundformen künstlerischer Gestaltung*, p. 77.

³¹ G. Dorfles, *Il Barocco nell'Architettura Moderna*, p. 17.

³² *Ibid.*, p. 16.

³³ *Ibid.*, p. 18.

Più corretto è invece identificare in Bernini, Borromini, Guarini, l'emergere di una "dilatazione della spazialità architettonica che mai prima si era concepita"³⁴ e di un atteggiamento compositivo che si evolverà sino al Moderno, per approdare poi al Contemporaneo. Queste costanti si inseriscono via via nel pensiero scientifico dominante, nelle sperimentazioni sulle potenzialità dei materiali, vengono rielaborate e rese più complesse, ma il vero elemento di interesse risiede nella possibilità di riconoscerne ed individuarne tutt'ora l'essenza (nell'Architettura di Aalto e di SANAA, nella scultura di Moore, Arp, Max Bill e Anish Kapoor, nella pittura di Klee, Kandinsky, Pollock e Rothko, nella musica di Stravinsky e Mahler).

L'urto delle masse costruttive, l'accidentato aggettare e rientrare dei corpi, le fronti uscenti dal piano, l'innestarsi di membri plastici gli uni agli altri, sono l'embrione di quelle possibilità costruttive che solo due o tre secoli più tardi avrebbero avuto la possibilità di realizzarsi con l'avvento dell'acciaio e del cemento armato³⁵.

E' ancora dibattuta l'importanza del *Liberty* per questa forma pensiero: Nikolaus Pevsner (in *I pionieri del Movimento Moderno da W. Morris e W. Gropius*, Rosa e Ballo, Milano, 1943) non lo collega al Barocco ma al nuovo indirizzo assunto dall'arte applicata, dall'architettura e dalle arti figurative per l'influsso meccanico.

L'unità delle parti e il concetto di monumentalità

Cosa favorisce il riemergere di queste costanti? E' nel Barocco che il concetto di "monumentalità" inizia ad essere associato all'idea di unione, al carattere monolitico, alla non interruzione. Alla lineare e rinascimentale suddivisione di moduli costruttivi (alternanza di piani, finestre, cornicioni) si sostituisce la fusione, la non separabilità. Wölfflin arriva addirittura ad affermare che "carattere massiccio e movimento sono i principii dello stile barocco"³⁶. Nell'emergere in epoca moderna di edifici concepiti come unità indipendenti possono ben essere individuati questi principii. La curva, in questo contesto, ha sempre il ruolo di elemento unificatore, di raccordo visivo e concettuale, di componente spaziale generatore di continuità e di accelerazione del movimento della linea: nei dormitori del MIT di Cambridge (Massachusetts) di

³⁴ Ibid., p. 18.

³⁵ Ibid., p. 19.

³⁶ H. Wölfflin, *Rinascimento e Barocco*, p. 85.

Aalto, nella Eisteinturum di Mendelsohn, nel Chilehaus di Hoyer essa rende l'organismo architettonico non frammentabile (si torna all'immagine leibniziana dell'acqua come esempio di labirinto del continuo). Una precisazione sull'idea barocca di monumentalità è tuttavia doverosa. Tale concetto non è assolutamente legato ad un rapporto di scala (come è noto, il S. Carlino di Borromini ha le dimensioni di un solo pilastro della cupola della basilica di S. Pietro): "...ciò che conta non è la grandezza ponderale dell'opera, ma la sua grandiosità spirituale"³⁷. Dallo stadio alla stazione, alla civile abitazione, all'installazione, questo "spirito barocco" sembra emergere ovunque non vi sia una qualsivoglia standardizzazione. Ma c'è di più: secondo Dorflès "Tutto nel Barocco risponde a un concetto di ritmo"³⁸. Alla "metrica" rinascimentale sembra sostituirsi la "ritmica": la nozione di "ritmo", con la sua plastica "trascendente, imprecisa ed imponderabile" (Dorflès), avvicina in effetti architettura e musica e sarà fondamentale per comprendere la genesi compositiva, il ruolo e la costruzione della curva in progetti ben più contemporanei. Nella frase di Wölflin:

Il Barocco osa dare delle proporzioni impure e rendere dissonante l'armonia delle forme (...) Il Barocco ci dà (...) parti che sono prese da un'altra tonalità, che sono accordate secondo una scala differente di proporzioni; il fascino artistico consiste allora nella soluzione delle dissonanze: dalle dissonanze si sviluppa un'armonia di proporzioni pure³⁹.

Non può non essere riconosciuto il seme del concetto di "anesatto" postulato da Greg Lynn negli anni Novanta del '900. Perciò ha forse senso chiedersi se alcune opere moderne e contemporanee vedano il manifestarsi di tali costanti, seppur modulate ed interpretate alla luce di diverse basi concettuali. Sintomatico della vicinanza tra musica ed architettura riscontrata da Wölflin è l'uso costante e significativo di lemmi musicali applicati all'arte del costruire: dissonanza, tonalità, accordatura. Lo stesso concetto di armonia è in realtà più vicino allo stile contrappuntistico di Bach che alla manipolazione della materia.

³⁷ G. Dorflès, *Il Barocco nell'Architettura Moderna*, p. 24.

³⁸ Ibid., p. 26.

³⁹ G. Dorflès citando Brinckmann, in Ibid., p. 26.

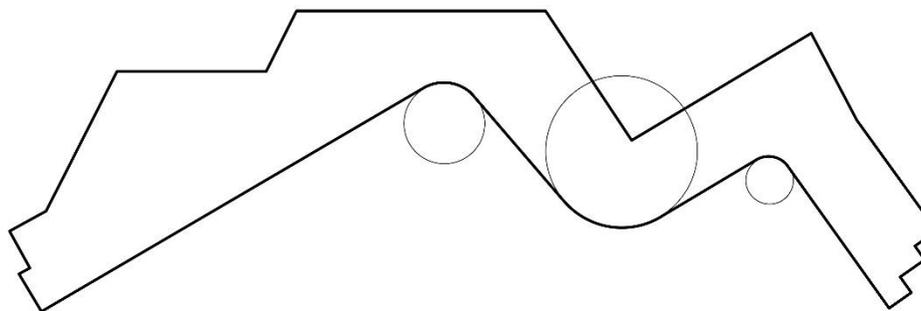
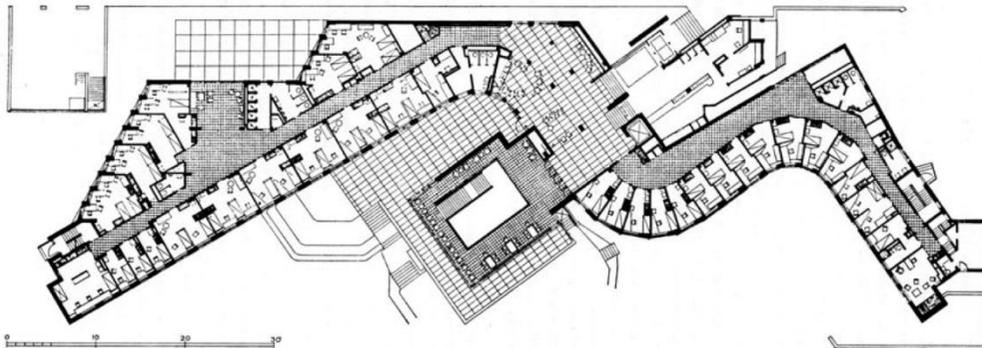


Figura 10. Alvar Aalto, *Dormitori del MIT*, Cambridge, USA, 1947-48. La costruzione della linea continua che caratterizza la facciata lato fiume (non a caso la sinuosità si sviluppa verso l'elemento naturale topograficamente dominante) è affidata alla tradizionale composizione di quattro segmenti rettilinei e tre archi di cerchio. Il risultato è un elemento monolitico dal forte effetto chiaroscurale, che possiede la caratteristica monumentalità e non divisibilità citate da Wolfflin e che, secondo Giedion, deve molto anche alla “parete ondulante” del San Carlino.

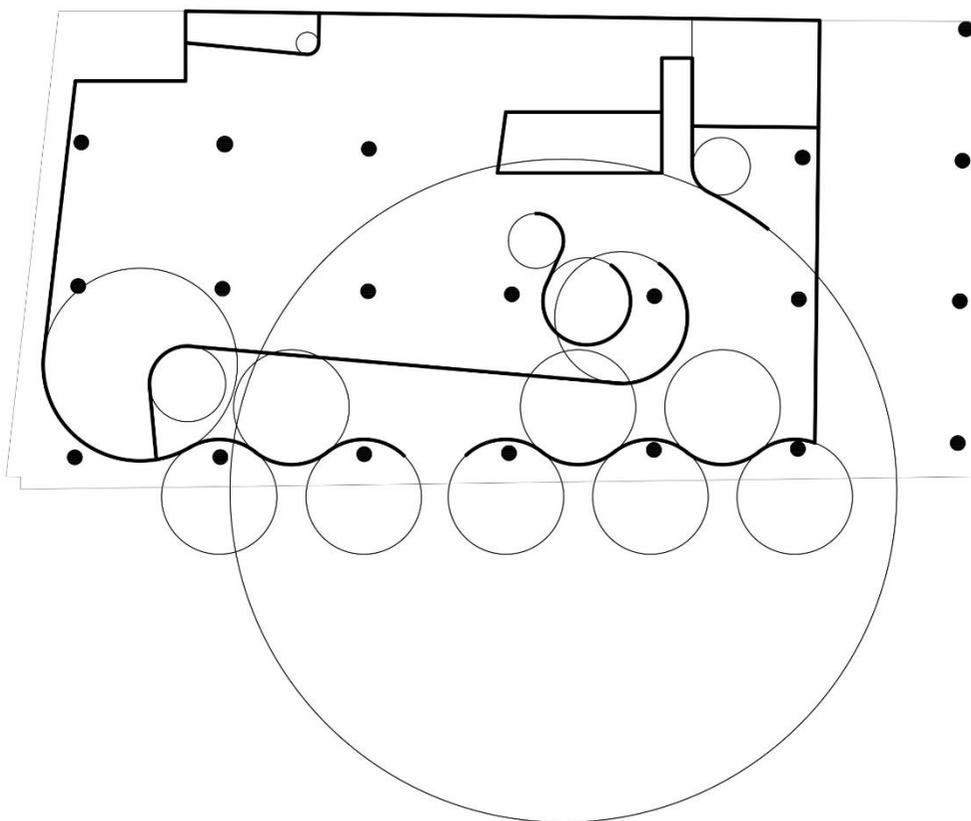


Figura 11. Oscar Niemeyer, *Banco Boavista*, Rio De Janeiro, 1946. Pianta piano terra – Ridisegno autografo con evidenziato il sistema di costruzione delle curve.



Figura 12. Oscar Niemeyer, *Banco Boavista*, Rio De Janeiro, 1946. Veduta della sala principale al piano terra: le sedute di attesa sono ospitate dalle porzioni concave della parete ondulata. © Kurt Hutton.

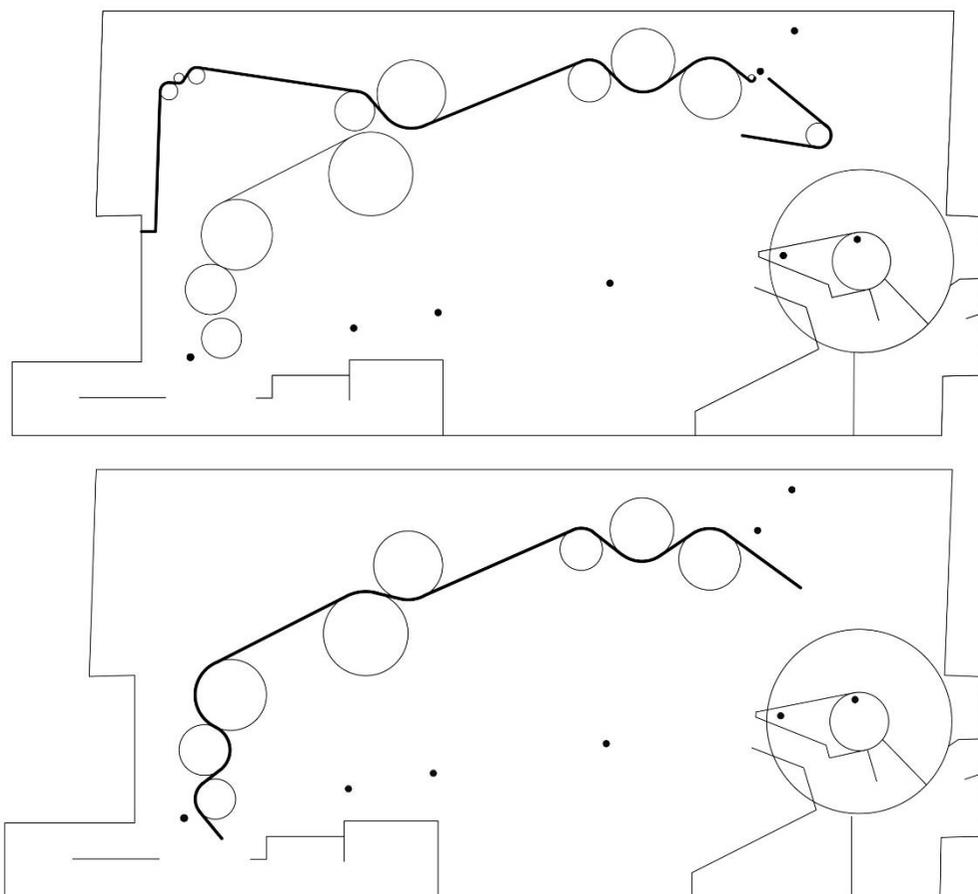


Figura 13. Padiglione Finlandese disegnato da Alvar Aalto per l'Esposizione di New York del 1939. Ridisegno autografo con evidenziato il sistema di costruzione delle curve.



Figura 14. Un altro esempio di “parete ondulante” moderna: l'interno del Padiglione Finlandese disegnato da Alvar Aalto per l'Esposizione di New York del 1939. © Ezra Stoller Photographs.

La costruzione moderna della curva continua: Jørn Utzon e Alvar Aalto

Nel manifesto dell'architetto danese Jørn Utzon *“Platforms and Plateaus: Ideas of a Danish architect”*⁴⁰ compare un argomento, illustrato in uno schizzo a mano libera, che risulta cruciale non solo per comprendere uno dei motivi ricorrenti nella produzione dello stesso Utzon, ma anche più in generale il tema dell'uso della curva “in sezione” tra Moderno e Contemporaneo, ed il ruolo della letteratura inter culturale nella composizione architettonica del ventesimo secolo.

Il bozzetto in questione figura un tetto simmetrico, sinuoso e leggero che, privo di qualsiasi appoggio, quasi galleggia su un podio solido e asimmetrico. Ad accompagnare questa immagine, altri tre disegni: delle nuvole sopra la superficie oceanica, due forme intrecciate su un piano piatto, “cartesiano”, ed un tetto curvo che, di nuovo, sovrasta una base regolare e ortogonale.

plate calanous. An effect, no client or architect would have dreamed possible in advance, has been achieved by so very few means.

Chinese houses and temples owe much of their feeling of firmness and security to the fact that they stand on a platform with the same outline as that of the roof or sometimes even of larger size, depending upon the importance of the building. There is magic in the play between roof and platform.

The floor in a traditional Japanese house is a delicate bridge-like platform. This Japanese platform is like a table top and you do not walk on a table top. It is a piece of furniture. The floor here attracts you as the wall does in a European house. You want to sit close to the wall in a European house, and here in Japan, you want to sit on the floor and not walk on it. All life in Japanese houses is expressed in sitting, lying or crawling movements. Contrary to the Mexican rock-like feeling of the platform, here you have a feeling similar to the one you have when standing on a small wooden bridge, dimensioned to take just your weight and nothing more.

A refined addition to the expression of the platform in the Japanese house is the horizontal emphasis provided by the movements of the sliding doors and screens, and the black pattern made by the edges of the floor mats accentuate the surface.

An almost violent, but highly effective and wonderful contrast to this calm, linear, natural coloured architecture is created by the Japanese women moving noiselessly around like exotic butterflies in their gaily coloured silk kimonos.

The second example from Mexico is Monte Alban, an ingeniously chosen site for devotion to the Gods. The human regulation or adaptation of the site has resulted in something even stronger than nature and has given it spiritual content.

The little mountain, Monte Alban, almost a pyramid, dominates three valleys outside the town, Oaxaca, in Southern Mexico. The top of the pyramid is lacking and leaves a great flat part, approximately 100 metres to 100 metres. By the introduction of staircase arrangements and step-like buildings on the edge of the platform and keeping the central part at a lower level, the mountain top has been converted into a completely independent thing floating in the air, separated from the earth, and from up there you see actually nothing but the sky and the passing clouds, — a new planet.

Some of my projects from recent years.



are based on this architectural element, the platform. Besides its architectural force, the platform gives a good answer to today's traffic problems. The simple thing that cars can pass underneath a surface, which is reserved for pedestrian traffic, can be developed in many ways.

Most of our beautiful European squares suffer from cars. Buildings, that “spoke with each other” across a square, either in axis systems or in balanced composition, are not corresponding any more because of the traffic flow. The height of the cars, their speed and surprisingly noisy behavior make us seek away from squares, which used to be restful places for walking.

In none of the schemes shown, there are various traffic layers under the platform — for covered pedestrian inter-communication, for carriages and for parking. The buildings stand on top of the platform supporting each other in an undisturbed composition.

In the Sydney Opera House scheme, the idea has been to let the platform sit through like a knife and separate primary and secondary functions completely. On top of the platform the spectators receive the completed work of art and beneath the platform every preparation for it takes place.

To express the platform and avoid destroying it is a very important thing, when you start building on top of it. A flat roof does not express the flatness of the platform.

As shown here in the schemes for the Sydney Opera House and the High School, you can see roofs, curved forms, hanging higher or lower over the platform. The contrast of forms and the constantly changing heights between these two elements result in spaces of great architectural force made possible by the modern structural approach to concrete construction, which has given so many beautiful tools into the hands of the architect.

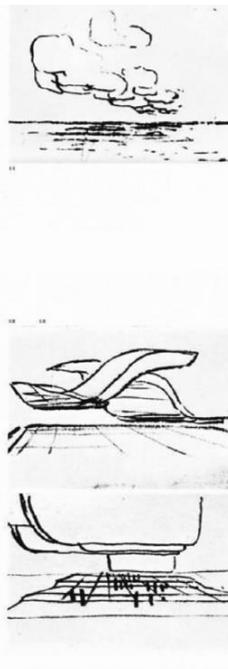


Figura 15. Pagina tratta da *“Platforms and Plateaus: Ideas of a Danish architect”*, pubblicata su *“Chinese houses and temples”*. Dagli archivi Utzon, Biblioteca dell'Università di Aalborg, Danimarca.

⁴⁰ J. Utzon, *Platforms and Plateaus: Ideas of a Danish Architect*, Zodiac 10, 1962.

Dove nascono questi motivi, e come vengono declinati?

L'articolo di Chen-Yu Chiu, Philip Goad, Peter Myers e Nur Yıldız Kılınçer “*My Country and My People and Sydney Opera House: The missing link*”⁴¹ illustra lo strettissimo rapporto tra Utzon e lo scrittore e autore Lin Yutang⁴², e l’impatto della cultura cinese su tutta la carriera professionale e l’ispirazione estetica dell’architetto danese. La lettura dell’opera *My country and my people*⁴³ sembra aprire gli orizzonti non soltanto alla tradizione costruttiva cinese, ma anche ai legami di quest’ultima con la natura, la letteratura, la pittura e, soprattutto, la calligrafia. La ricerca citata riporta un estratto significativo di *My country and my people* ripreso dal primo Manifesto redatto da Utzon e Faber alla fine degli anni ‘40, “*Tendenser i Nutidens Arkitektur (Tendencies in present-day Architecture)*”⁴⁴:

[...] the artist must absorb impressions from the myriad forms of nature, its insects and trees and clouds and waterfalls. In order to paint them he must love them, and his spirit must commune with them. He must know and be familiar with their ways, and he must know how the same tree changes its shade and colour between morning and night or between a clear day and a misty morning, and he must see with his own eyes how the mountain clouds "entwine the rocks and encircle the trees"⁴⁵.

E ancora:

In other words, we see everywhere in Chinese architecture an effort to seek relief from straight lines through some form of irregularity suggestive of animal and plant forms. This leads to a consideration of the use of symbolism [...]⁴⁶

Utzon e Faber interpretano visivamente questo passaggio trasformandolo in una serie di ventisette immagini in cui sono liberamente affiancati paesaggi nordici, forme naturali ed architetture vernacolari cinesi. Il principio fondamentale che queste ultime esprimono (più volte ripreso da Yutang), e su cui in questa sede si vuole porre l’attenzione, è quello di una profonda sintesi dualistica tra elemento “femminile”

⁴¹ L. Yutang, *My Country and My People*, William Heinemann; London and Toronto, 1936.

⁴² Scrittore e saggista cinese, dedicò numerosi testi alla cultura artistica, letteraria e vernacolare del suo paese.

⁴³ Il primo contatto di Utzon con *My country and my people* risale al 1942, quando dopo la laurea alla Royal Academy in Danimarca lesse il testo all’interno del Centro di Archeologia cinese di Stoccolma.

⁴⁴ T. Faber, J. Utzon, *Tendenser i Nutidens Arkitektur*, in *Arkitekten*, 1947.

⁴⁵ L. Yutang., *My Country and My People*, William Heinemann; London and Toronto, 1936, pp. 272 – 273.

⁴⁶ *Ibid.*, p. 299.

Il contrasto tra basamento, verticale del pilastro e curva del tetto a pagoda negli edifici tradizionali cinesi, tradotto da Utzon in un motivo di profonda ispirazione architettonica, sembra a sua volta derivare dalla millenaria tradizione calligrafica cinese. Fondamentale a questo proposito è, di nuovo, un passaggio di *My country and my people* in cui Yutang analizza l'equilibrio tra principio maschile e femminile alla base della struttura grafica di alcuni ideogrammi:

Unbelievable as it seems, the influence of calligraphy comes in even in Chinese architecture. This influence is seen in the bold use of skeleton structures, like pillars and roofs, in the hatred of straight, dead lines, notably in the evolution of the sagging roof, and in the general sense of form and proportion and grace and severity of temples and palaces⁴⁸.

Non sorprende quindi che, in fase di sviluppo della proposta per la nuova Opera di Sydney, Utzon si sia mosso a partire da questo equilibrio degli opposti: un podio urbano massivo ed ortogonale, contenente le funzioni secondarie, una copertura curva e leggera, sede delle sale da concerto. Una fonte rilevante a questo proposito è il così detto *Red Book*⁴⁹, in cui l'architetto presenta il primo schema progettuale rivisitato dopo il concorso del '57. Nello sviluppo di questa dialettica, l'architetto deve però confrontarsi e scontrarsi con alcuni vincoli ed istanze, il cui esito e la cui risoluzione costituisce un punto di grande interesse ai fini del tema trattato in questa sede.

A partire dalla volontà di non ricorrere a nessun tipo di appoggio intermedio (invariante non sindacabile per il progettista) Utzon, in collaborazione con l'architetto, ingegnere e imprenditore britannico Ove Arup, abbandona la forma curva iperbolica utilizzata nella proposta di concorso e, rifiutando anche il doppio guscio con struttura ibrida (più sensata da un punto di vista statico, quest'ultima soluzione, proposta da Arup, era costituita da una substruttura parabolica in acciaio e da un involucro a guscio d'uovo in calcestruzzo prefabbricato), al termine di quattro anni di sperimentazioni strutturali e spaziali ricava una serie di volte a guscio il cui principio generativo è ben definito ed illustrato in "*China Receives Utzon: The*

⁴⁸ Ibid., p.296.

⁴⁹ Il cosiddetto *Red Book* è il report presentato da Utzon nel 1958 al committente per illustrare l'idea progettuale alla base dell'opera di Sydney.

*Role of Jørn Utzon's 1958 Study Trip to China in His Architectural Maturity*⁵⁰: dividere la superficie di una sfera in segmenti variabili a forma di ventaglio, suddivisi a loro volta in costole curve dimensionalmente identiche. Ogni costola, poi, può essere porzionata in un'altra serie di griglie consecutive, ed ogni griglia, alla stessa latitudine,

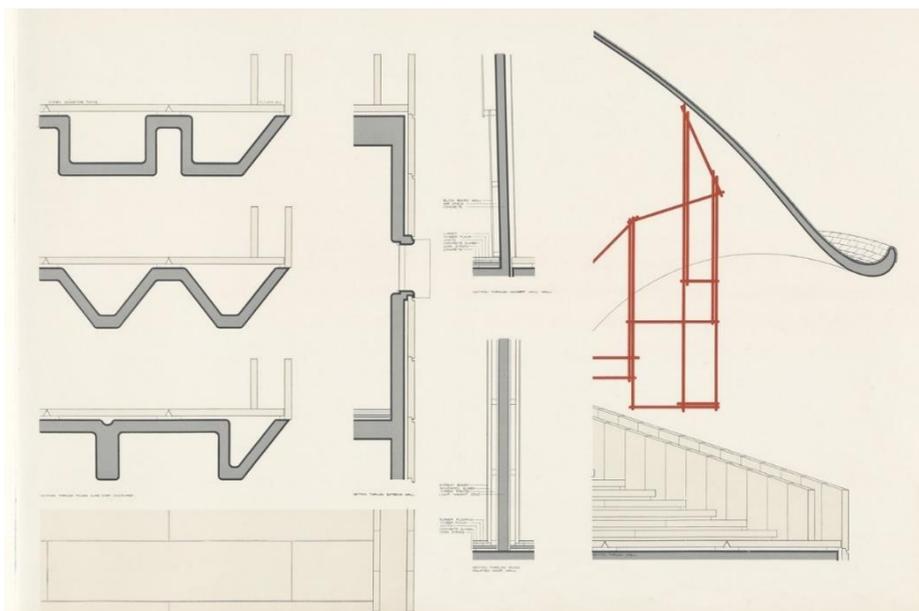


Figura 17. Sezione di dettaglio della proposta di concorso per la Sydney Opera House in cui si evince il rapporto tra elemento “femminile” leggero e struttura “maschile” ortogonale. © The Sydney Opera House Trust.

Sotto, alcuni ideogrammi utilizzati da Lin Yutang per indagare il rapporto tra calligrafia e forma architettonica tratti da *My Country and My People*.

⁵⁰ Chiu, C.-Y., 2016. *China Receives Utzon: The Role of Jørn Utzon's 1958 Study Trip to China in His Architectural Maturity*. *Architectural Histories*, 4(1), p.12. DOI: <http://doi.org/10.5334/ah.182>.

ha la medesima dimensione. Tale metodo generativo risolve il problema fondamentale della realizzazione di segmenti d'arco con curvatura variabile a partire della stessa gamma di unità modulari prefabbricate, permettendo una standardizzazione delle stesse.

L'osservazione di un disegno tecnico contenuto nel *Yellow Book*⁵¹ rende più chiaro il processo di costruzione geometrica dei gusci ed è un esempio significativo di utilizzo analogico della forma circolare come base per lo sviluppo di curve spaziali: ognuna delle quattro volte è ricavata da un sistema, individuato nello schema sottostante da un colore, costituito (semplificando) da due sfere concentriche e due circonferenze di raggio pari alla sfera maggiore. La copertura è ottenuta sezionando la sfera minore con le due circonferenze stabilite (oltre ad una serie di altre circonferenze di uguale raggio per le singole costole). La necessità di utilizzare due sfere concentriche, e non utilizzare due circonferenze di raggio pari alla sfera minore (sistema costituito da soli tre elementi), deriva dal fatto che il “ventaglio” ottenuto doveva essere costituito da segmenti di dimensione minore del raggio della sfera più piccola. Il sistema di costruzione di ognuno dei gusci, inoltre, non è come si vede isolato, ma interpolato con quelli adiacenti: le sfere e le circonferenze appartenenti ai colori rosso e giallo contribuiscono alla costruzione della volta verde, rendendo molto profonda la relazione tra i quattro elementi di copertura. Il sistema di costruzione di queste ultime, inoltre, si complica: nel caso del verde le sfere sono tre, una delle quali (la rossa) funge da elemento di “taglio” della volta per cui si hanno tre sfere ed una circonferenza, mentre per il giallo si hanno tre sfere e due circonferenze.

⁵¹ Lo *Yellow Book* è un report del 1962 che illustra, oltre alle piante aggiornate, anche il processo di costruzione geometrica degli elementi costitutivi dell'Opera House, tra cui i gusci ed i controsoffitti in legno.

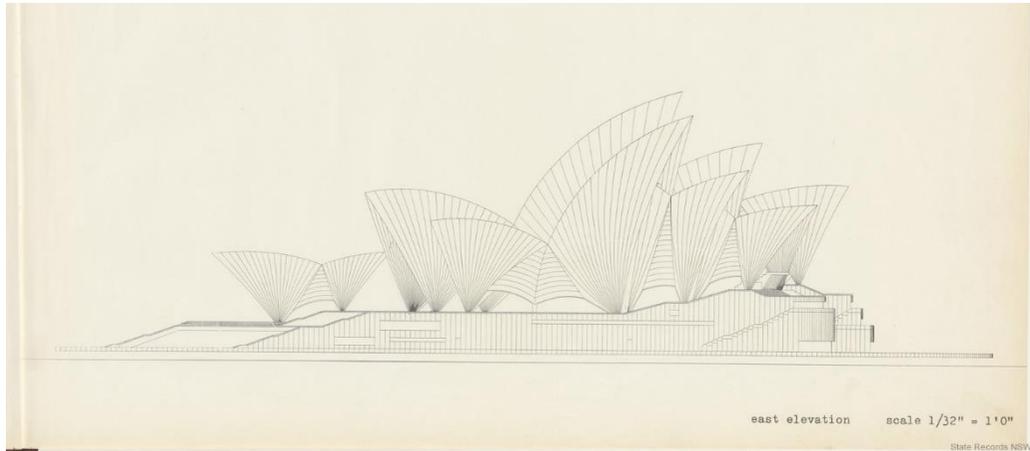


Figura 18. Disegno di prospetto tratto dal *Yellow Book* - Disegni di concept per la forma delle volte. © The Sydney Opera House Trust.

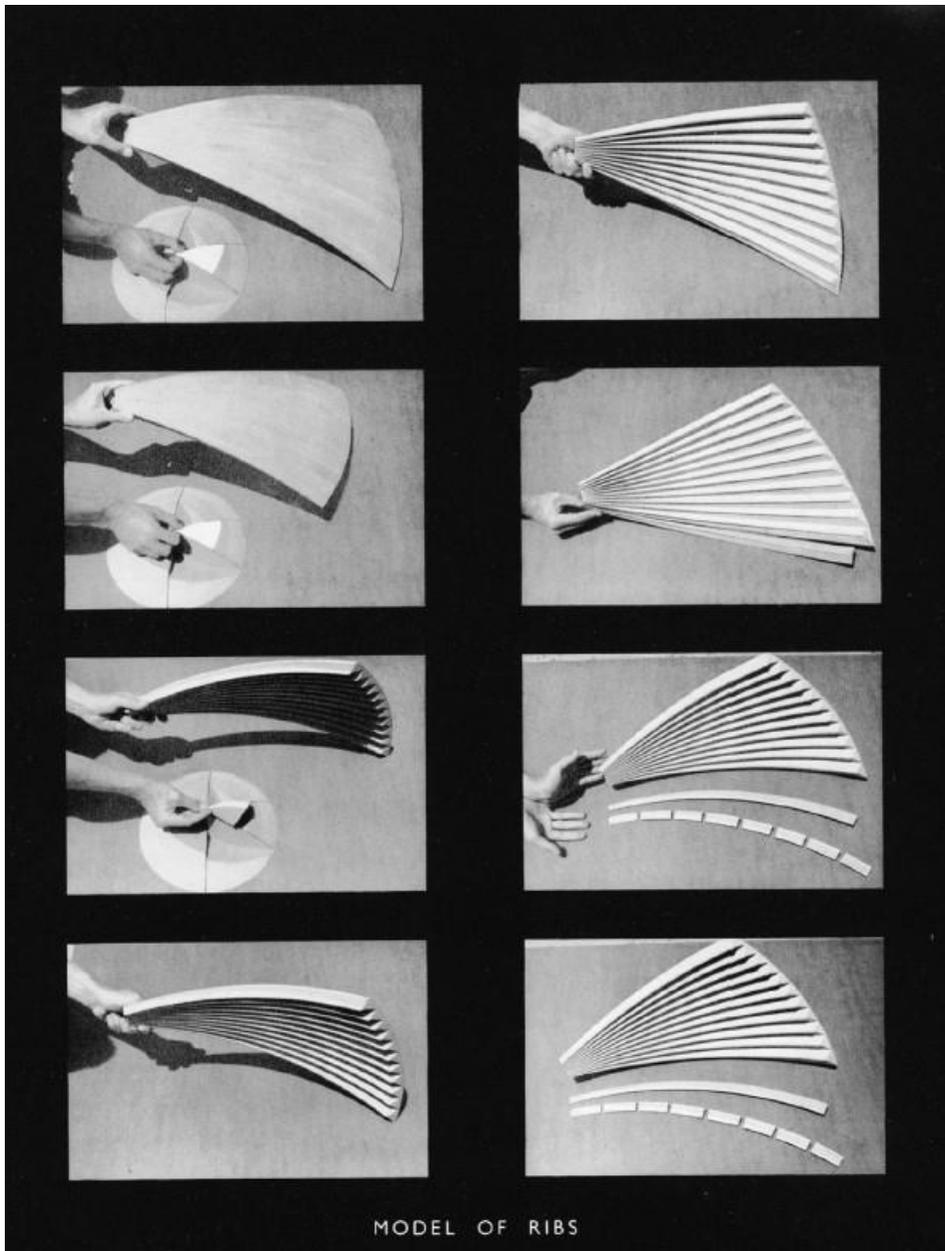


Figura 19. La serie di fotografie illustra la genesi delle volte, dal taglio della sfera alla singola costola composta da elementi modulari prefabbricati. © The Sydney Opera House Trust, Zodiac 14.

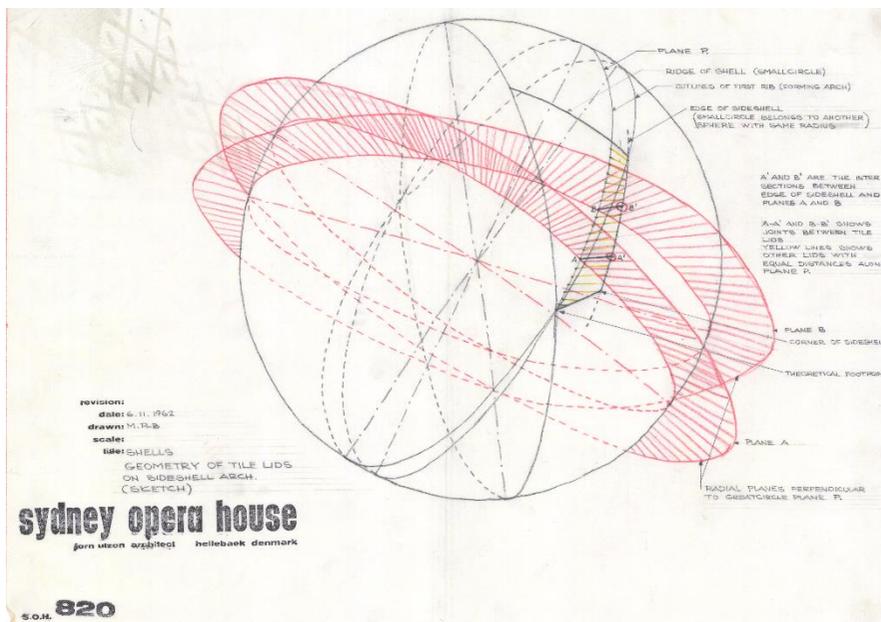
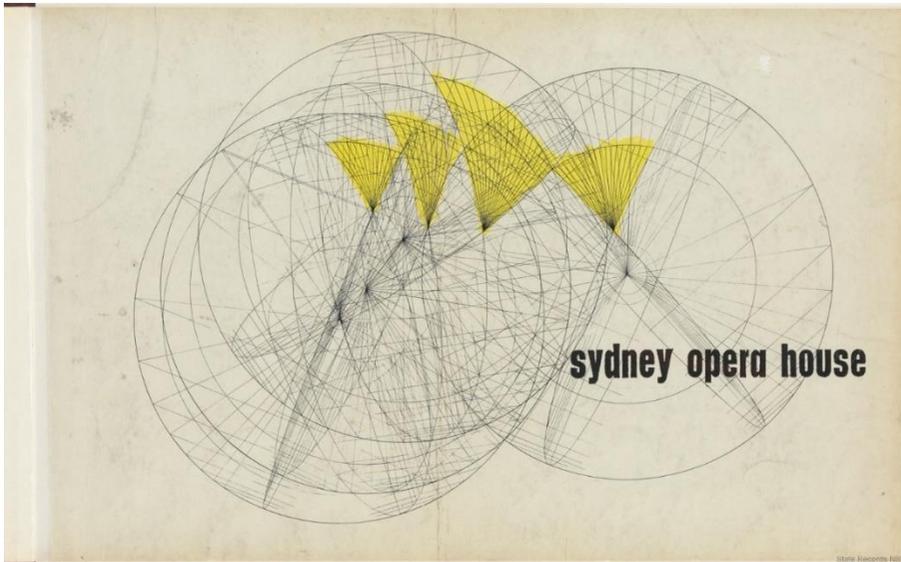


Figura 20. Copertina del *Yellow Book* con rappresentato il processo di costruzione geometrica dei gusci; sotto: tavola di progetto riassuntiva delle componenti della singola volta. © The Sydney Opera House Trust.

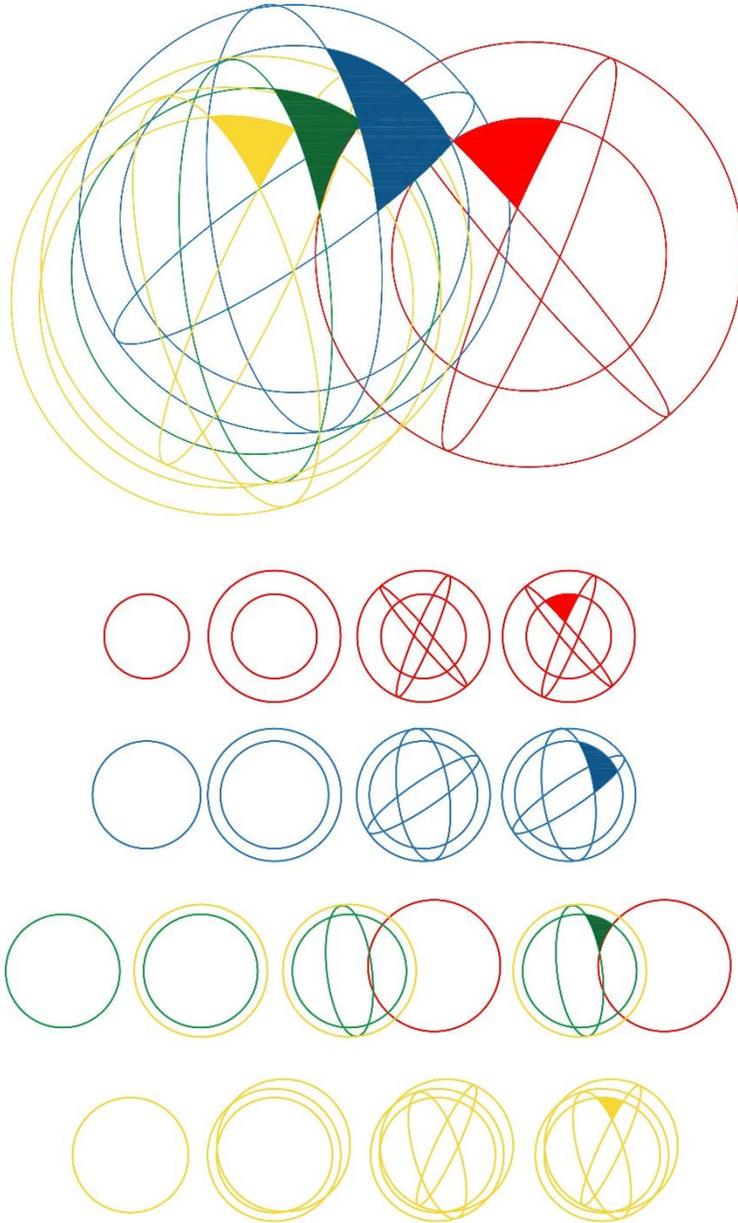
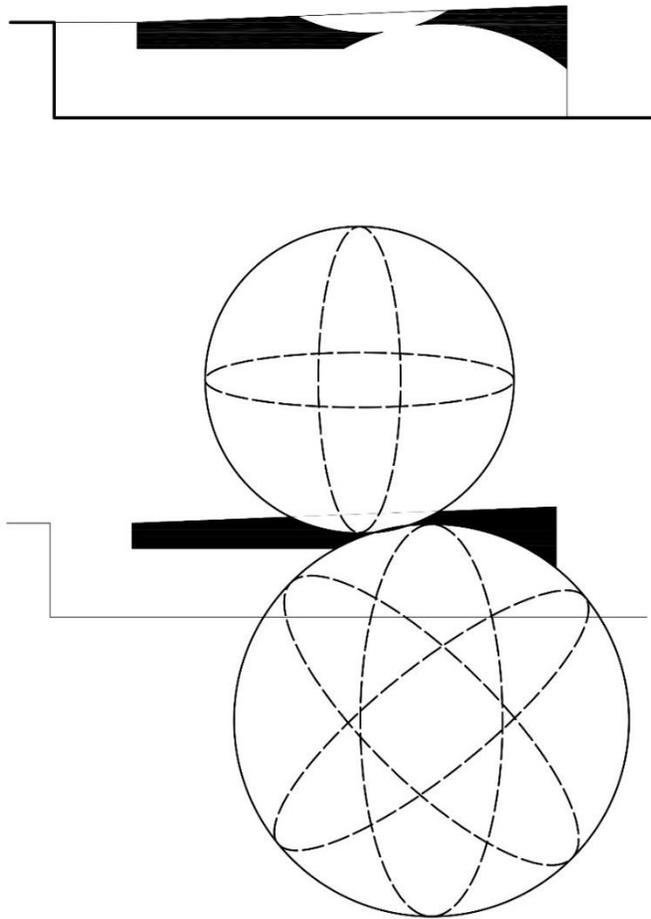


Figura 21. Rappresentazione schematica del processo generativo di ogni singolo guscio: ad ogni volta corrisponde un colore, e la scomposizione evidenzia i rapporti di interdipendenza tra ognuno dei quattro elementi.

Nella pagina successiva, figura 22: ricostruzione schematica dell'impianto geometrico alla base del disegno di sezione della casa in Monsaz di Aires Mateus.

Un principio simile è utilizzato molto più recentemente dall'architetto portoghese Manuel Aires Mateus per la definizione spaziale di un progetto d'abitazione in Monsaraz⁵²: lo spazio cavo e avvolgente del patio di ingresso, aperto in sommità, è ricavato da una operazione di “scavo” ottenuta dalla composizione di due sfere non perfettamente tangenti. L'interpolazione minima permette lo sfondamento circolare superiore, mettendo in comunicazione le due concavità, ed il processo è esattamente opposto a quello a cui ricorre Utzon: l'incontro di curve circolari in questo caso non definisce ambiti di materia, ma delimita vuoti.



⁵² Risalente al 2018, il progetto muove a partire dal tema di sezione trattato e da una serie di patii circolari ipogei che definiscono l'impianto planimetrico.



Figura 23. Aires Mateus,
Casa in Monsaraz, 2018.

© João Guimarães

Il progetto della Chiesa luterana a Bagsvaerd, realizzato tra gli anni '74 e '76, è occasione per Utzon per declinare ulteriormente il tema della sintesi dualistica in precedenza illustrato: in questo caso l'equilibrio degli opposti (sempre sviluppato in sezione) poggia da una parte sul soffitto curvo dello spazio liturgico, dall'altra su un impianto planimetrico e di prospetto fortemente ortogonale. La logica strutturale di quest'ultimo è costituita da una griglia ortogonale quadrata di cellule da 2,2 x 2,2 metri; tale geometria ritmica e generativa è utilizzata per modulare il prospetto gradonato (ispirato alla tradizione templare cinese) e l'organizzazione della pianta, costituita da una successione di ambienti rettangolari intervallati da patii e collegati da camminamenti perimetrali⁵³. La struttura, realizzata a scheletro come le

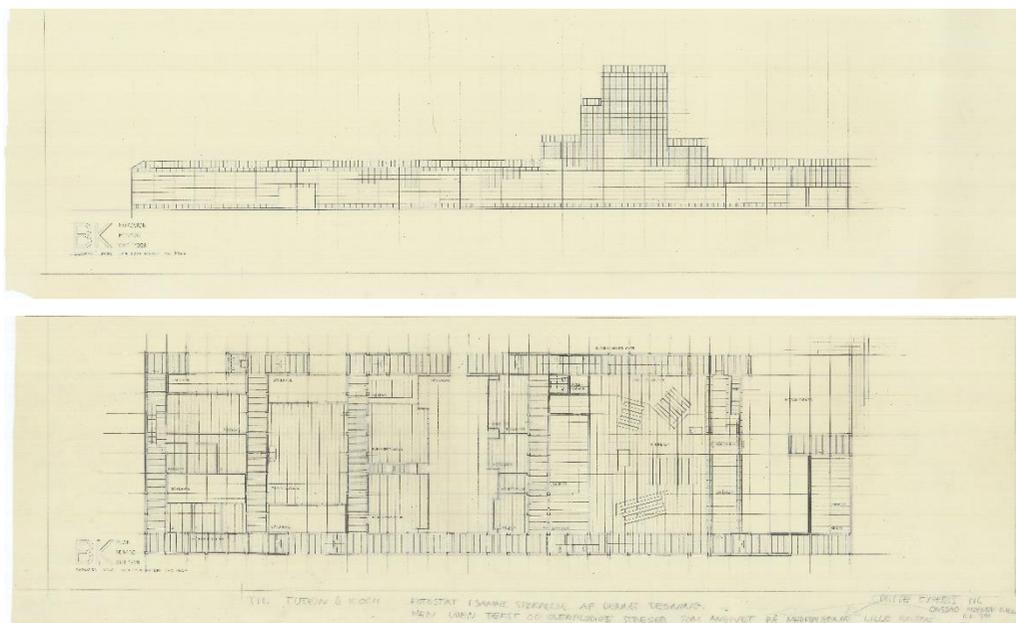


Figura 24. Prospetto e pianta di progetto della chiesa Bagsvaerd in cui evince la dipendenza del disegno planimetrico e di facciata dalla griglia di base quadrata 2,2 x 2,2 mt © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.

⁵³ L'organizzazione della pianta è molto vicina a quella dello *Unity Temple* di Frank Lloyd Wright (1905 – 1908), in particolare nel ruolo dei muri perimetrali che fungono da navate e nell'impostazione quadrata dello spazio ecclesiastico. L'edificio di Wright trae ispirazione dalla cultura mesoamericana, e non è un unicum: uno sguardo transculturale può essere riconosciuto nella pratica compositiva di molti architetti contemporanei sia di Wright sia di Utzon, tra cui Sullivan, Taut, Poelzig, Van Eyck, Hertzberger.

tradizionali chiese nordiche⁵⁴, è costituita da quattro serie di colonne parallele in calcestruzzo armato che, tra esterno ed interno, mutano la loro logica costruttiva: da membrature verticali a tutta altezza all'esterno, a diaframma monolitico all'interno, utile a sostenere le volte a guscio del soffitto.

La controparte “femminile” di questo sistema rigido è il vero e proprio spazio sacro, il cui soffitto curvo è realizzato in calcestruzzo spruzzato su un rinforzo a rete. La prima ispirazione per l'ambiente liturgico, dichiarata dallo stesso autore, viene da un'esperienza vissuta su una spiaggia ventosa in un'isola delle Hawaii:

The inspiration for the form and the architecture came from a wonderful visit, not once, but several times, to a vast sandy beach on one of the Hawaiian islands Oahu, on the windward side, where the trade wind ceaselessly comes from California many thousands of meters above the sea, like a completely steady breeze, and from early morning it increases in strength until 11 o'clock so that you can lean against it – otherwise you simply don't know the peace that wind gives – and sometimes it brings some clouds with it, and then the light and the sun fall through the clouds down on to the sand⁵⁵.

L'obiettivo compositivo di Utzon è ben illustrato anche da uno schizzo autografo, che fa eco a quelli presentati in *Platforms and Plateaus*, prima esaminati: ricreare un'atmosfera che evochi la luce e l'inconsistenza di un cielo nuvoloso e leggero, a copertura di un piano tutto “umano”, governato da differenti logiche spaziali. L'analogia non è d'altra parte solo visiva: è il funzionamento stesso della copertura della sala ad essere assimilabile a quello di una nuvola, nel suo ruolo di trasmissione diffusa e mutevole della luce. Ad arricchire questa suggestione si aggiunge anche un'altra serie rilevante di spunti: tra i primi disegni a mano compare una sezione (di seguito presentata) in cui la curva continua è tracciata con un gesto quasi “calligrafico”, la cui analogia con la già citata tradizione cinese di scrittura è immediata. La fusione di luce e struttura in un “continuo non interrotto” non può inoltre non essere associata alla spazialità barocca esaminata nei precedenti capitoli,

⁵⁴ Si ricorda a questo proposito la trasposizione pratica e teorica operata da Perret da legno a cemento armato, in cui un dato materiale ed un dato sistema strutturale conservano il loro carattere tettonico originale pur adottando una diversa forma costruttiva.

⁵⁵ Utzon and Blöndal, 2005, 116.

ed il legame sussiste già a partire dalla costruzione geometrica della curva: Utzon, lavorando in sezione come Borromini fa in pianta, ricorre ad una successione lirica (ma meno regolare) di circonferenze e segmenti rettilinei. Tale successione, facendo quasi eco ad una composizione musicale, ha un inizio, uno svolgimento che conduce ad un punto di massima tensione in cui la trama si complica e drammatizza, ed una conclusione. Il ruolo della retta in questo caso è più marginale, ma evidenzia ed esaspera la tensione iniziale della forma verso il suo apice, per poi lasciare il posto a cuspidi nella parte di ridiscesa verso il finale.

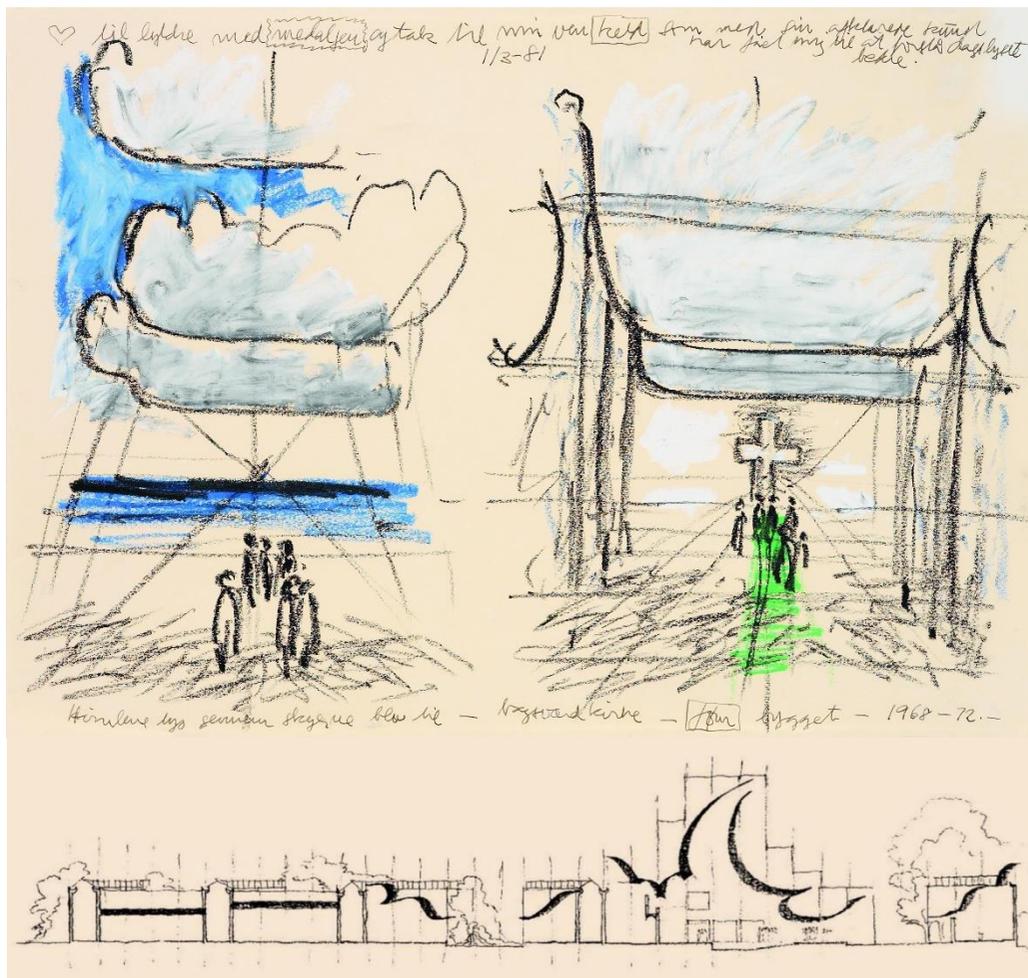
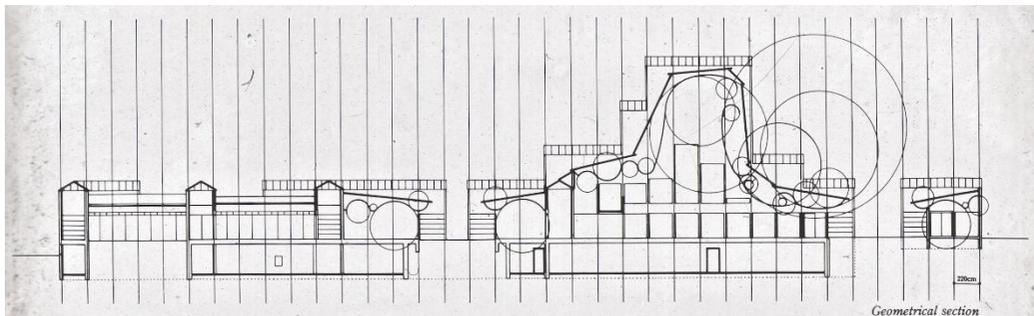
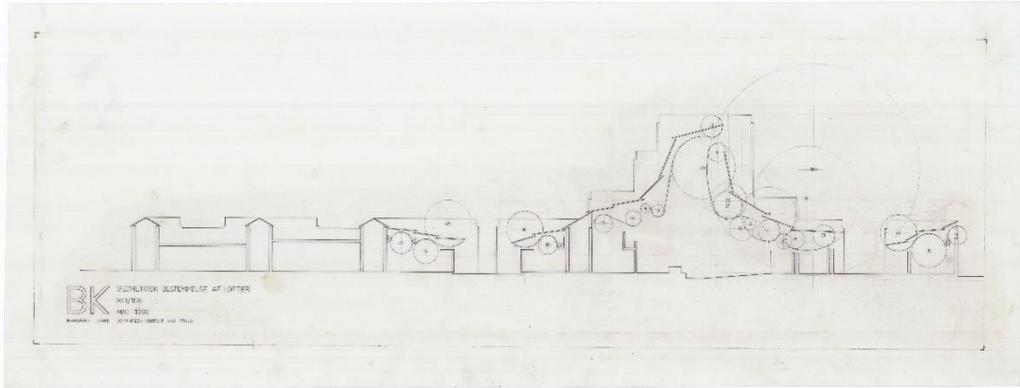


Figura 25. Schizzi di *concept* della Chiesa © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.



ンスの半円筒ヴォールトやドームからバロック時代のボヘミアンキャップやソーサードームによる解釈に至るまで。ウツソンのヴォールトは、したがって、古く且つ新しい。大きなイメージがわれらの時代にも可能であることを語る。ここで、現代技術は「その真の実践をなすとげ、建築に昇華された」というミース・ファン・デア・ローエの言葉を思い出させる。ヴォールトからは光が侵入し、主空間を全き白さであふれさせる。穏やかな平和が支配し、ここで人は、己れの旅を振り返りそれが無駄ではなかったと実感するのである。

とにすることができる。

バウスヴェアーの教会で、ヨーン・ウツソンは、あらゆる建築のイメージのうちでも最も困難なもの、教会のイメージを回復した。〈ドムス・デイ〉は言うにおよばず、〈世界像〉全体として、教会は他の建築のしごと以上に手間のかかるものだが、そのうえ深い詩的なヴィジョンも求められる。われわれの時代では、フランク・ロイド・ライト、ル・コルビュジエ、アルヴァ・アアルト、ルイス・カーンといった少数の建築家が、ヴィジョンを描くという必須の能力を持っていたにすぎない。彼らのうちのひと

Figura 26. Disegni di progetto esemplificativi del metodo di costruzione geometrica della curva del soffitto e del rapporto tra curva e griglia ortogonale © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.

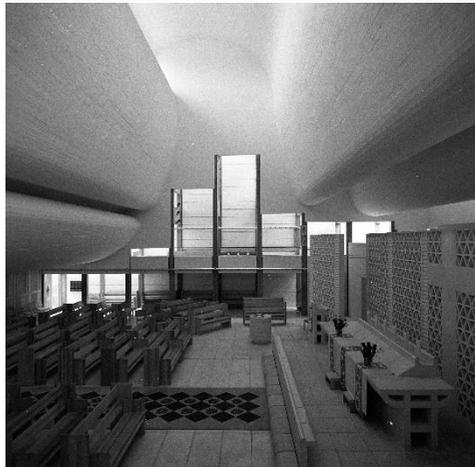
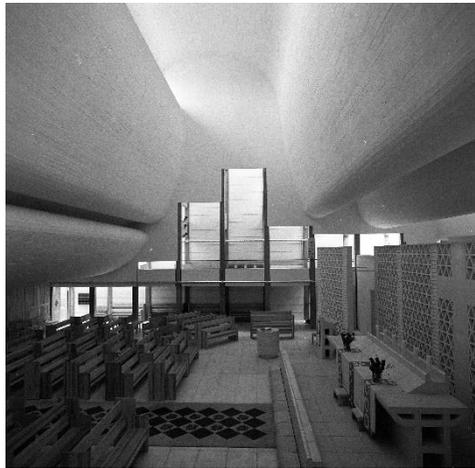


Figura 27. Restituzione fotografica dell'ambiente liturgico con varie condizioni di luminosità © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.

Più contemporaneo all'autore è un altro riferimento progettuale evidente: la costruzione della curva del controsoffitto della sala Conferenze della Biblioteca Centrale di Viipuri di Alvar Aalto, in cui la continuità sinuosa, necessaria da un punto di vista acustico, è garantita dalla composizione regolare di gruppi di circonferenze. Ogni sezione della linea è costituita da cinque archi di cerchio uguali a due a due, più un quinto di dimensione maggiore. In entrambi i casi, un'azione di estrusione consente il passaggio da curva a spazio.

L'operazione è d'altra parte adottata da Aalto anche alla piccola scala: la scomposizione della sezione della sedia Paimio rivela una struttura grafica meno elaborata delle precedenti, ma comunque fondata sul raccordo di archi di cerchio, il cui posizionamento sul piano di estrusione non si fonda su un astratto universo geometrico, ma è ergonomicamente associato alla corporalità dello spazio vissuto da un individuo seduto e rilassato.

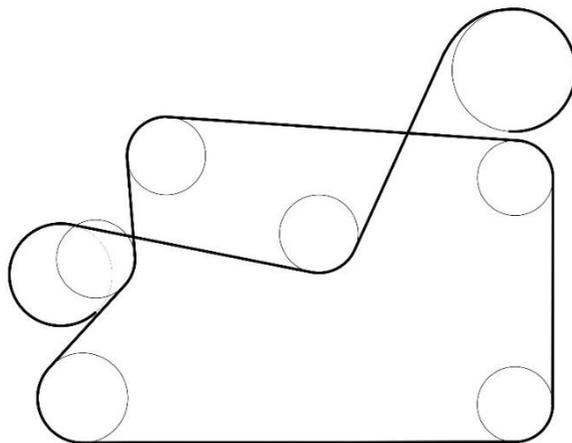


Figura 28. Ricostruzione schematica dell'impianto geometrico della sezione della sedia Paimio: la curva continua deriva dalla successione di otto archi di circonferenza e sette segmenti rettilinei.

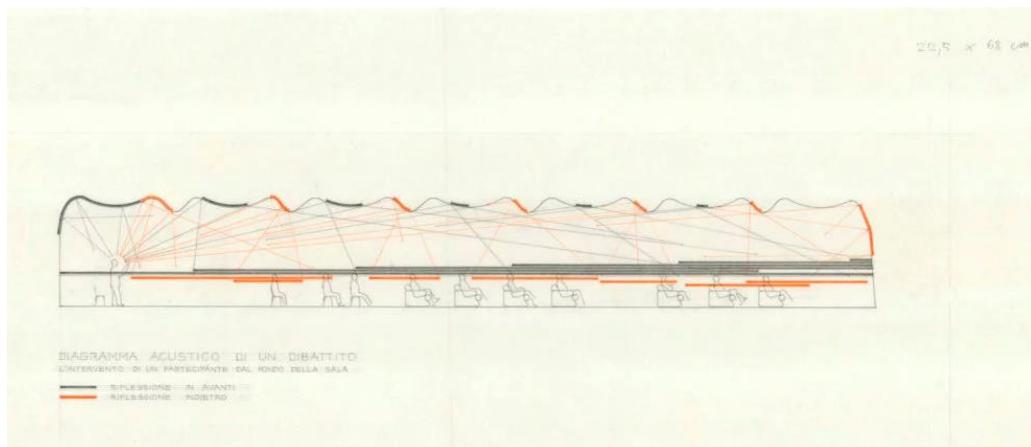
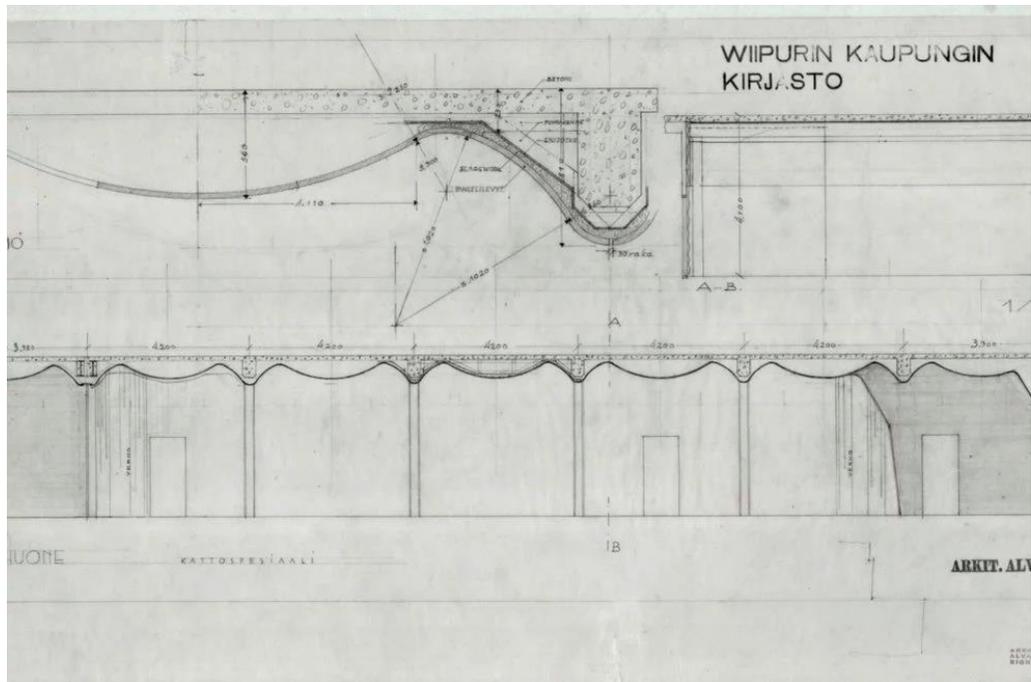


Figura 29. Particolare costruttivo del soffitto ondulato della sala conferenze della Biblioteca di Viipuri in cui è messa in risalto anche la sottostruttura geometrica alla base del disegno della curva. Sotto, uno studio acustico dell'ambiente mette in risalto il rapporto tra suono e forma sinuosa. © Fondazione Alvar Aalto

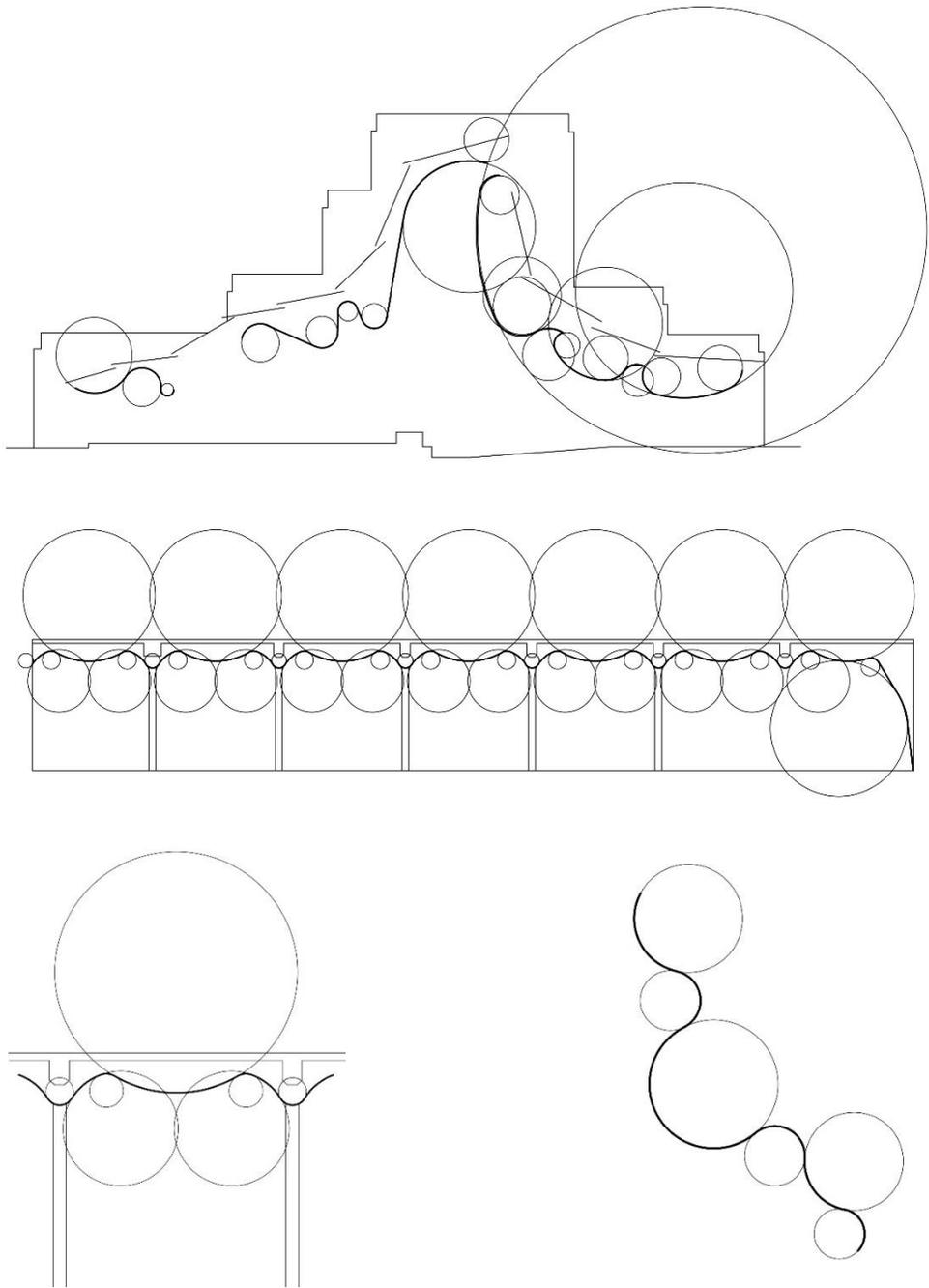


Figura 30. Schemi grafici che mettono in rialto la medesima costruzione geometrica delle curve di, in ordine, Chiesa di Bagsvaerd, Biblioteca di Viipuri e San Carlino a Roma (particolare di pianta in basso a destra).

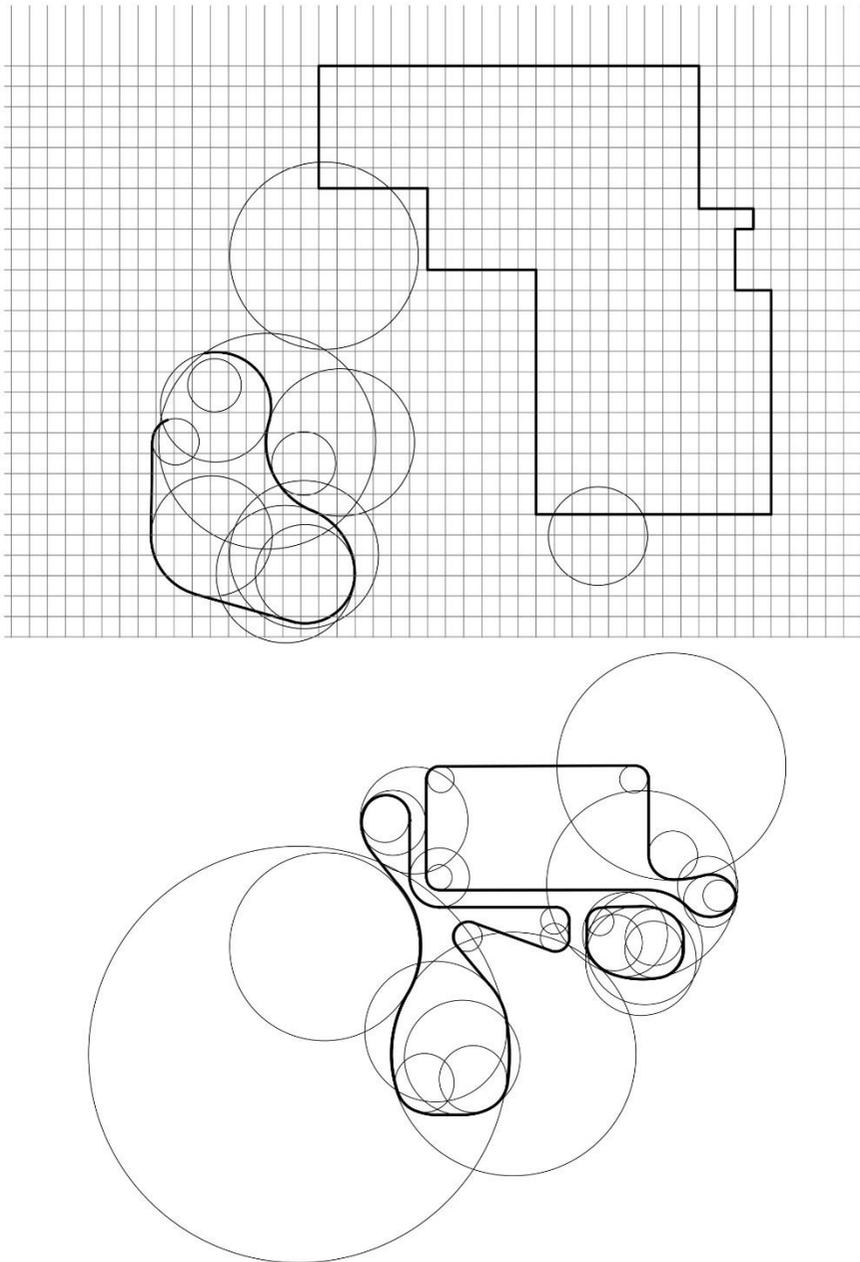
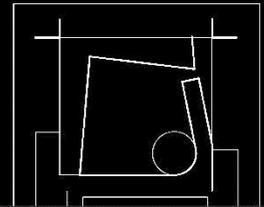
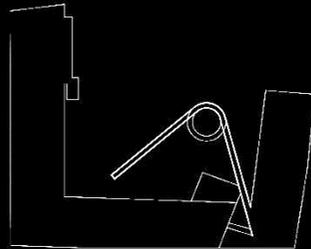
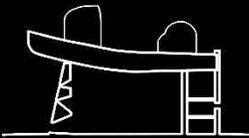
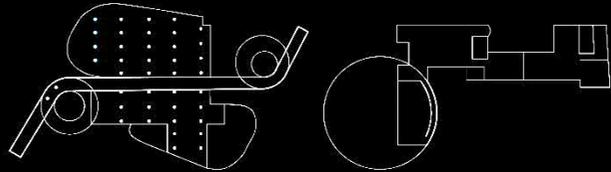
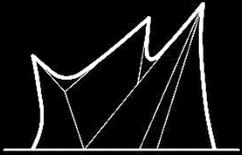
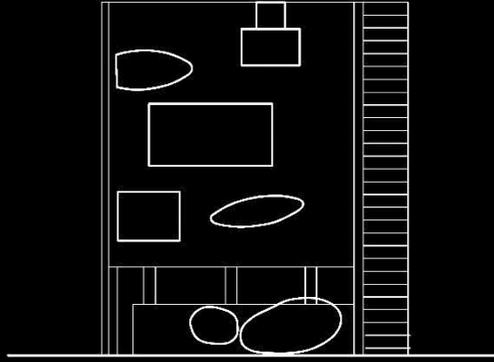
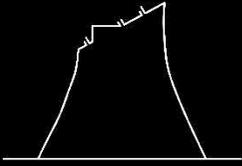
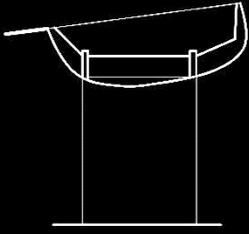


Figura 31. Ricostruzione della struttura grafica di costruzione del disegno di Villa Mairea di Alvar Aalto e della Onishi Town Hall di SANAA.



Capitolo 2

Il Poème de l'Angle Droit e le curve di Le Corbusier

Dal 1947 al 1955 Le Corbusier si vede impegnato nella stesura delle 155 pagine di un libro d'arte, *Le Poème de l'angle droit*, una combinazione di testi ed immagini in formato 32 x 42 centimetri a tiratura limitata (250 esemplari numerati), edito dalla Edition Verve (la stessa casa parigina responsabile negli anni Quaranta della diffusione di edizioni artistiche di Henri Matisse, Pablo Picasso e Fernand Lèger, la cui produzione è mossa dall'idea di "sintesi delle arti"). L'opera, interessante anzitutto per la tecnica di restituzione litografica utilizzata (i disegni autografi vengono assemblati dall'autore in un *collage*, seguendo un procedimento manuale di ritaglio e incollatura), costituisce non solo una fonte di indagine rilevante sulle idee di Le Corbusier in merito al processo di creazione artistica ed architettonica e sul suo rapporto con la curva, ma si inserisce nella ricerca di ben più ampio respiro sulla forma plastica che anima la produzione architettonica del dopoguerra. Il ruolo della relazione tra arte e architettura nella "ricostruzione materiale e morale del mondo" era stato in effetti al centro del dibattito inaugurato dai CIAM degli anni Quaranta e Cinquanta. Come illustrato da Juan Calatrava nel suo "Le Corbusier e il *Poème de l'Angle Droit*: un poema abitabile, una casa poetica"⁵⁶, tra i possibili sottoscrittori individuati da Le Corbusier per la diffusione dell'opera figurano non a caso, tra gli altri, Pier Luigi Nervi, Alvar Aalto, Walter Gropius, Siegfried Giedion, Gio Ponti, Oscar Niemeyer, Costantino Nivola, José Luis Sert. La funzione del *Poème* di manifesto di uno specifico approccio alla forma e alla composizione è tanto più evidente se si riflette sulle date di ultimazione di alcuni progetti: tra tutti Notre Dame du Haut, ultimata proprio nel '55, e il progetto per la nuova capitale del Punjab, Chandigarh, che impegnerà Le Corbusier dai primi anni Cinquanta fino alla sua morte.

⁵⁶ J. Calatrava, *Le Corbusier e le Poème de l'Angle Droit: un poema abitabile, una casa poetica*, Electa, Milano, 2007.

La retta e la curva come Poème

Perchè, anzitutto, *Poème*? Un'indagine etimologica è cruciale per comprendere alcuni dei ruoli attribuiti dall'autore alla curva. Il lemma, utilizzato in lingua latina [*pöema - ätis*]⁵⁷ con il significato di “composizione poetica”, deriva in realtà dal Greco [ποίημα -ατος, da ποιέω]⁵⁸ e designa il più generico atto del “fare”, del “produrre”. Se in epoca antica il significato della parola sembra più legato all'etimo latino (è utilizzata in ambito letterario per descrivere una “Opera poetica, di carattere narrativo o didascalico, di notevole estensione e di vasto respiro, di tono e argomenti vari”⁵⁹), a partire dai primi anni del Novecento essa sembra liberarsi da vincoli metrici e di lunghezza, ed inizia a designare genericamente “brevi composizioni di tono lirico”⁶⁰ (si vedano nel contesto italiano i Poemi Conviviali di Pascoli, o il Poema Paradisiaco di D'Annunzio, o in ambito musicale i Poemi Sinfonici di Liszt, Debussy, Respighi). Tale scostamento è fondamentale; al 1957 risale una trilogia autografa, la *Von der Poesie des Bauens*⁶¹, in cui Le Corbusier indaga, come nel *Poème*, il fatto architettonico da un punto di vista non solo funzionale, ma squisitamente poetico, e la sua interpretazione della curva e della forma plastica sembrano intimamente legate al significato contemporaneo attribuito al Poema: una composizione di non ampio respiro, in sé conclusa, dal marcato carattere lirico ed evocativo (la stessa caratterizzazione potrebbe in effetti esser data per un'opera architettonica come Ronchamp). L'Architetto, tuttavia, sembra legare la parola non ad un ideale curvilineo, ma ad un universo di forme ortogonali ricavabile dalla perfezione dei novanta gradi dell'angolo retto (la specificazione è, in effetti, “*de l'Angle Droit*”). Il tentativo di tessere dei fili tra la forma letteraria e la composizione architettonica ha d'altra parte senso se si considera il manifesto del *Lettrisme* del poeta e cineasta romeno Isidore Isou, esemplificativo della tendenza in voga nell'ambiente artistico

⁵⁷ Treccani.

⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Ibid.

⁶¹ Il testo, pubblicato per la prima volta dalla casa editrice svizzera Verlag Der Arche, presenta come il *Poème* una successione alternata di testi, immagini e disegni autografi, ma conserva ancora una impostazione editoriale tradizionale.

francese degli anni '40 di legare letteratura ed arti figurative. Sull'uso non solo relegato al linguaggio della figura retorica Paul Valery scrive:

Che cos'è una metafora se non una sorta di piroetta dello spirito dell'idea con la quale ravviciniamo le diverse immagini o i diversi nomi? E che cosa sono tutte queste figure, delle quali ci serviamo, tutti questi mezzi come la rima, l'inversione, l'antitesi, se non forme di utilizzazione di tutte le possibilità espressive del linguaggio, che ci allontanano dal mondo pratico per consentirci di dare una forma al nostro universo particolare, luogo privilegiato della danza dello spirito?⁶²

Per fornire una possibile interpretazione di tale associazione occorre esaminare più nel dettaglio i contenuti del *Poème*, ma è fondamentale anche tener conto del fatto che negli anni che vanno dal 1950 al 1955 Le Corbusier si era dedicato alla formulazione teorica del sistema di misura universale del *Modulor* e che esso può fornire una ulteriore chiave di comprensione del testo in esame (ne costituisce in qualche modo la controparte complementare, e non a caso se ne ritrova una litografia nella sezione B.2 del *Poème*, l'*Espirit*).

Uno spazio ineffabile e non euclideo

Quale ruolo viene dato da Le Corbusier all'angolo retto? La struttura del libro d'arte è concepita come una iconostasi⁶³ strutturata, sia visualmente che concettualmente, in base ad una combinazione di lettere, colori ed immagini. Sette file, designate con le lettere dalla "A" alla "G", compongono un asse verticale in cui ad ogni lettera è assegnato un tema. Si hanno così A: *Milieu* (ambiente); B: *Esprit* (mente); C: *Chair* (carne); D: *Fusion* (fusione); E: *Caractères* (caratteri); F: *Offre* (offerta); G: *Outil* (strumento). Ad ogni tema corrisponde un numero disuguale di sotto capitoli, identificati da una litografia a colori che occupa uno dei quadri dell'iconostasi (le diciannove litografie sono disposte orizzontalmente lungo una linea dell'iconostasi stessa). A partire dalla sezione "A" del *Poème* si registra il tentativo di ridefinire il ruolo della geometria nel processo conoscitivo e creativo: non più sistema

⁶² P. Valery, *Filosofia della Danza*, cit., ora in B. D'Elia, a cura di, *Fechner Mallarmè Valéry Otto. Filosofia della Danza*, cit., p. 92.

⁶³ Dal greco *eikonostasion*, è un elemento architettonico originario della cultura paleocristiana e bizantina costituito da un divisorio decorato con icone che nelle chiese ortodosse separa la navata dal santuario dove è celebrata l'Eucarestia.

assiomatico di regole matematiche, ma concezione “naturale”, euristica, non intellettualmente e matematicamente astratta (“più pitagorica che euclidiana”, come rilevato dallo stesso Calatrava). Il senso dell’angolo retto come costante, come “normale”, non è desunto da un’ideale logica geometrica, ma dall’incontro di due leggi di natura: la gravità che produce la verticale, la stabilità dell’orizzonte che definisce l’orizzontale. Anche questo “spirito ortogonale”ⁿ non sembra quindi appartenere ad un freddo dominio meccanicista e super imposto, ma è desunto da un ben più lirico ed emozionale universo. Già nel 1924 egli così scriveva ne *L’Angle Droit*⁶⁴ (articolo antesignano del *Poème*):

La legge della gravità sembra risolverci il conflitto delle forze e mantenere il suo equilibrio nell’universo; in virtù di essa abbiamo la verticale. Nell’orizzontale si disegna l’orizzonte, impronta del piano trascendente dell’immobilità. La verticale forma con l’orizzontale due angoli retti. Solo vi è una verticale e un’orizzontale; si tratta di due costanti. L’angolo retto è come l’integrale delle forze che mantengono il mondo in equilibrio⁶⁵.

Da questo approccio scaturisce quello spazio “indicibile”, non misurabile nè controllabile con gli strumenti della prospettiva e della proporzione, protagonista dell’omonimo articolo (“L’espace Indicible”), pubblicato nel 1946 su “L’Architecture d’Aujourd’hui”. Ecco il senso dell’attribuzione dell’evocatività della forma letteraria Poema all’angolo retto: la verticale e l’orizzontale sono costanti di un sistema che appare non geometricamente esatto ma neppure privo di logica, non euclideo ma rigoroso (questo concetto di rigore in un campo di non esattezza sembra in effetti precedere la contemporanea nozione di “anesatto” di Greg Lynn, di cui si tratterà in seguito). Lo stesso Le Corbusier non sembra concentrarsi in effetti sull’elemento *retta*; l’attenzione è piuttosto posta sul rapporto tra due direzioni, risolto in un angolo (non è il Poema della retta, ma dell’Angolo retto). A tale sistema appartiene un apparato di forme curve dall’indubbio valore iconografico e simbolico: la mano come trasformatrice, l’occhio come mediatore, il Sole come principio di

⁶⁴ L’articolo *L’Angle Droit* è pubblicato nel numero 18 di “L’esprit Nouveau”. E’ in esso che Le Corbusier adotta l’angolo (incontro tra la verticale e l’orizzontale) retto come “normale”, costante dell’arte e del sistema di relazione tra uomo e natura; l’atto creativo è inoltre riconosciuto come processo di individuazione di tali costanti.

⁶⁵ Le Corbusier, *L’Angle Droit*, cit. J. Calatrava, *Le Corbusier e il Poème de l’Angle Droit: un poema abitabile, una casa poetica*, p.183.

ordine ciclico, il corpo di donna come principio femminile, la conchiglia come spirale, tipo di proporzione nato dal lavoro della natura stessa, l'acqua come elemento instabile e simbolo di cambiamento continuo, il ciottolo come testimone dello scorrere del tempo, la pigna, i meandri del fiume come limite ed incontro tra la fluidità dell'acqua e la solida resistenza della terra. Ma il senso di questo universo di figure si rivela, più che come presunti veicoli di una oscura dottrina esoterica, se considerati alla luce di un vivo interesse per un universo plastico di forme "anti illuministiche" e dalla forte autonomia estetica (sono tutti *objets à réaction poétique*), non in antitesi ma come diretta conseguenza del significato attribuito alla verticale e all'orizzontale. All'interpretazione dell'ortogonale come costante di una dimensione più emozionale che intellettuale, come metafora più che come geometria in senso stretto, consegue una ulteriore lettura della forma plastica. Si è detto che la concezione novecentesca dell'opera letteraria *Poema* rimanda ad una "composizione di non ampio respiro, in sé conclusa, dal marcato carattere lirico ed evocativo"; non è infrequente in Le Corbusier l'inserimento, in un sistema marcatamente ortogonale, di forme curve (il quale ha però, come visto, la stessa origine anti cartesiana) che posseggono proprio la caratteristica di eccezione lirica, episodio poetico, "*Poèmes dans l'angle droit*", in questo caso.

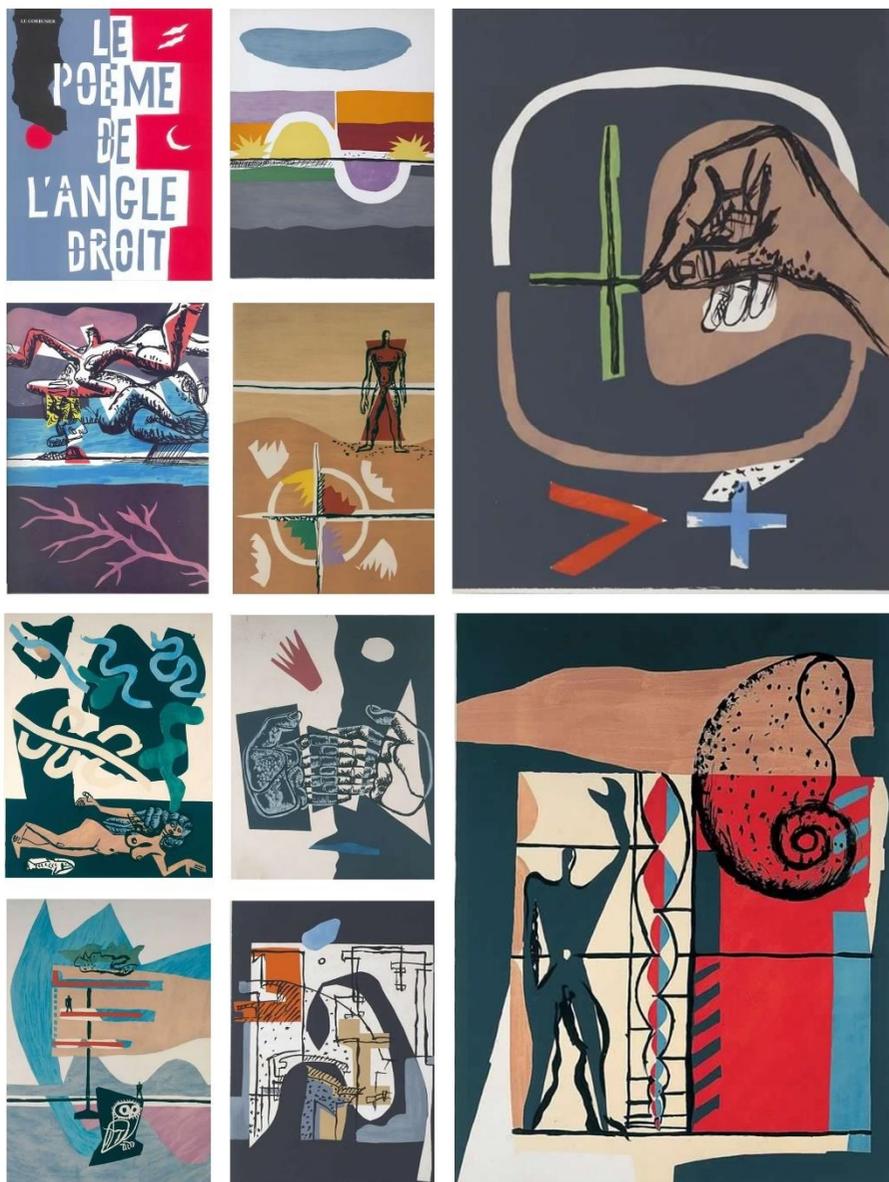


Figura 32. Le Corbusier, alcune tavole grafiche inserite nel *Poème* – Fonte: © FLC/ADAGP.

“Poèmes dans l’angle droit”

Il rimando ad una forma biomorfica, all’immagine archetipica e simbolica della conchiglia e al tema del suono, come si è visto caro a Le Corbusier, è sicuramente evidente in Notre Dame du Haut, ma ci sono particolari interessanti che possono esser messi in luce in relazione al rapporto tra curvilinearità, interpretazione contemporanea della forma letteraria Poema, e manufatto architettonico. L’opera possiede in effetti tutte le caratteristiche di lirismo proprie del Poema contemporaneo (è una composizione di non ampio respiro, in sé conclusa, dal marcato carattere evocativo), e sembra appartenere all’universo formale proprio del *Poème de l’Angle Droit*; per queste ragioni costituisce un valido terreno di analisi. Il particolare interesse suscitato delle curve di Ronchamp risiede proprio nella loro irregolarità, nell’impossibilità di essere ricondotte ad una forma pura (circonferenza o arco di cerchio). Come è costruita tale irregolarità? L’osservazione e l’analisi di un disegno autografo rende evidente un substrato regolare (corrispondente al *layout di* copertura) costituito da una griglia, che sembra fungere da appoggio per lo sviluppo delle pareti, i cui punti nevralgici si ancorano a specifici luoghi del sistema ortogonale: un “poème” inserito in un “angle droit”, e ad esso intimamente legato (si renderà evidente l’assonanza con metodi ben più contemporanei di approccio al curvilineo). Il gioco della curva si sviluppa anche in sezione: in “*Laminar ceilings? Shell construction in the work of some masters of modern architecture*”⁶⁶ Rafael Garcia mostra come l’idea di “cuscino”, di elemento leggero e plastico (non laminare) sia resa possibile dall’utilizzo di due gusci, uno superiore ed uno inferiore, supportati da una serie di sette costole trasversali dalla forma irregolare che hanno la funzione di travi, e che si incrociano con altre travi longitudinali a costituire una griglia rigida. Per la parte superiore della copertura viene usata la forma di un conoide asimmetrico, così che essa possa beneficiare della sua condizione di superficie regolare ed essere risolta con un rettilineo di travetti supportati dalle costole; per la parte inferiore è stata invece formata una superficie sottile, appesa alla griglia di travi longitudinali e trasversali: l’incontro, dialettico e compositivo, è quindi tra la curva più regolare della parte superiore e quella meno regolare della inferiore. La soluzione inferiore è

⁶⁶ R. Garcia, *Laminar ceilings? Shell construction in the work of some masters of Modern Architecture*, “Cuaderno de notas”, 19, 2018.

particolarmente interessante da un punto di vista costruttivo perché ripetuta anche nel portico di Chandigarh: la superficie della “volta invertita”, che ricorda una tenda, è sostenuta da tredici supporti che superano l’altezza dell’elemento stesso, e acquisiscono la funzione di costole di irrigidimento e di legamento dell’oggetto curvo. Esso, interpretabile di nuovo come *poème* inserito in un sistema più rigoroso, è diviso in sette sezioni percorse da travi longitudinali che corrono per tutta la lunghezza dell’elemento e sono sorrette dai supporti verticali. Sono inoltre presenti nervature minori sia longitudinalmente che trasversalmente. Come in Ronchamp, quindi, l’elemento curvo non è altro che il rivestimento inferiore continuo di una griglia strutturale di nervature. Non poco degno di nota è il fatto che Le Corbusier fosse figlio di una musicista e fratello di un violinista e compositore: la libertà espressiva della linea melodica si sviluppa entro una griglia strutturata e rigida nello spartito, che pure fornisce una base solida su cui costruire lirismo e libertà espressiva.

Un simile approccio è utilizzato da Rem Koolhaas per il progetto della Biblioteca Nazionale di Francia (1989), in cui una serie di “oggetti a reazione poetica” è inserita all’interno di un telaio rigido. L’Architetto, fondendo i principi spaziali della Maison Dom-Ino e del *Poème*, rielabora alcune forme evocative ricorrenti in Le Corbusier e le trasforma in vuoti che rompono un sistema fortemente regolare. Non è un caso che, nel *book* allegato al progetto di concorso, tali vuoti vengano chiamati “ciottoli”, “intersezione”, “spirale” e “conchiglia”, evidenti richiami al già discusso dominio dell’“anesatto” postulato dal maestro svizzero, collocati in una sintesi spaziale perfettamente rispondente ai contenuti del *Poème de l’Angle Droit*. Tale sintesi risente tuttavia del ben più contemporaneo input alla creazione di un edificio che costituisca un vero e proprio “blocco di informazione”. I vuoti diventano “forme della memoria, embrioni galleggianti in una placenta tecnologica”⁶⁷:

The Very Big Library is interpreted as a solid block of information, a repository of all forms of memory – books, laser disks, microfiche, computers, databases. In this block, the major public spaces are defined as *absences of building*, voids carved out of the

⁶⁷ Quella evocata è una immagine volutamente amorfa: il ricorso a forme indeterminate ed indipendenti all’interno di un fluido contenitore è un tema caro a Greg Lynn.

information solid. Floating in memory, they are multiple embryos, each with its own technological placenta⁶⁸.

Proprio come nell'universo "anesatto" costruito da Le Corbusier, ogni scavo segue una propria logica formale ed è indipendente non solo dagli altri, ma anche dal contesto esterno e da vincoli costruttivi, fino anche dalla stessa forza di gravità:

Since they are voids – they do not have to be "built" – individual libraries can be shaped strictly according to their own logic, independent of each other, of the external envelope, of the usual difficulties of architecture, even gravity⁶⁹.

⁶⁸ Estratto dal *book Strategy of the Void*, allegato alla proposta di concorso per la Biblioteca Nazionale di Francia del 1989, p.616.

⁶⁹ *Ibid.*, p. 620.

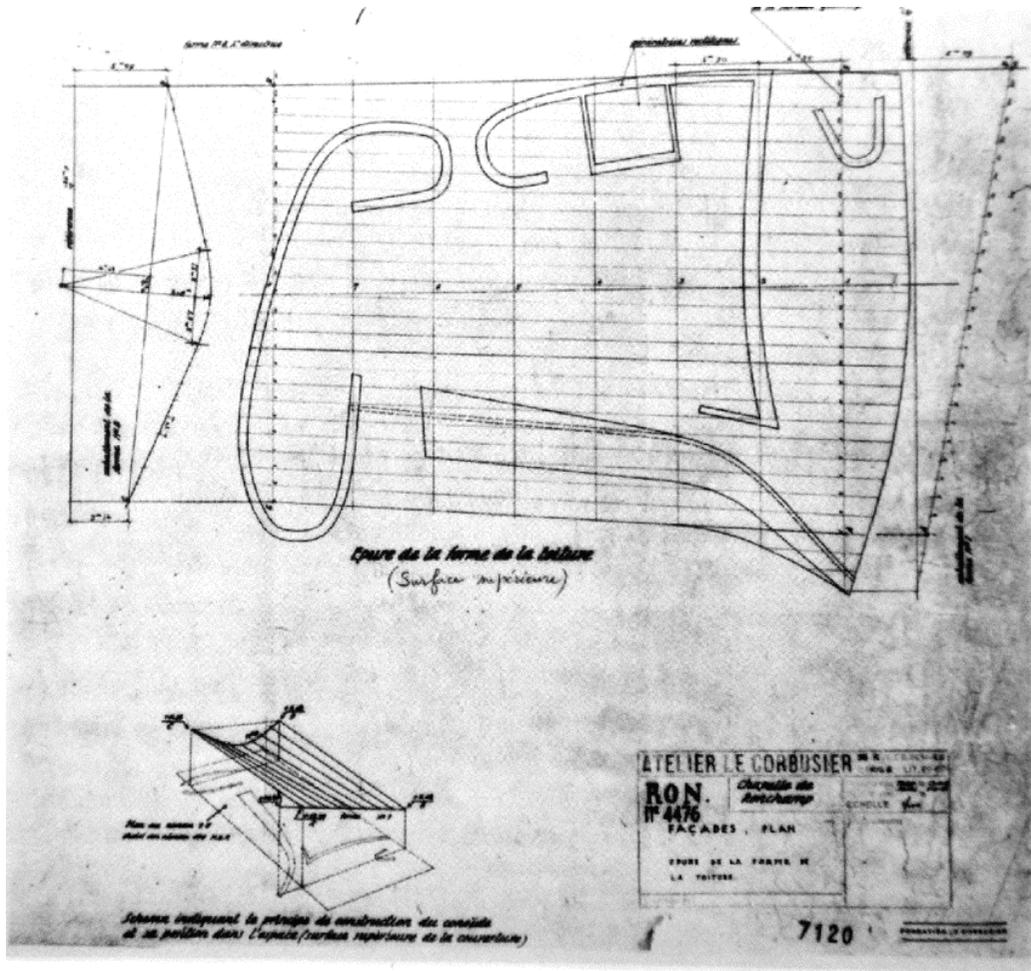


Figura33. Le Corbusier, disegno di progetto per *Notre Dame Du Haut*, 1950. Disegno 7120 (Le Corbusier – 1983b:12).

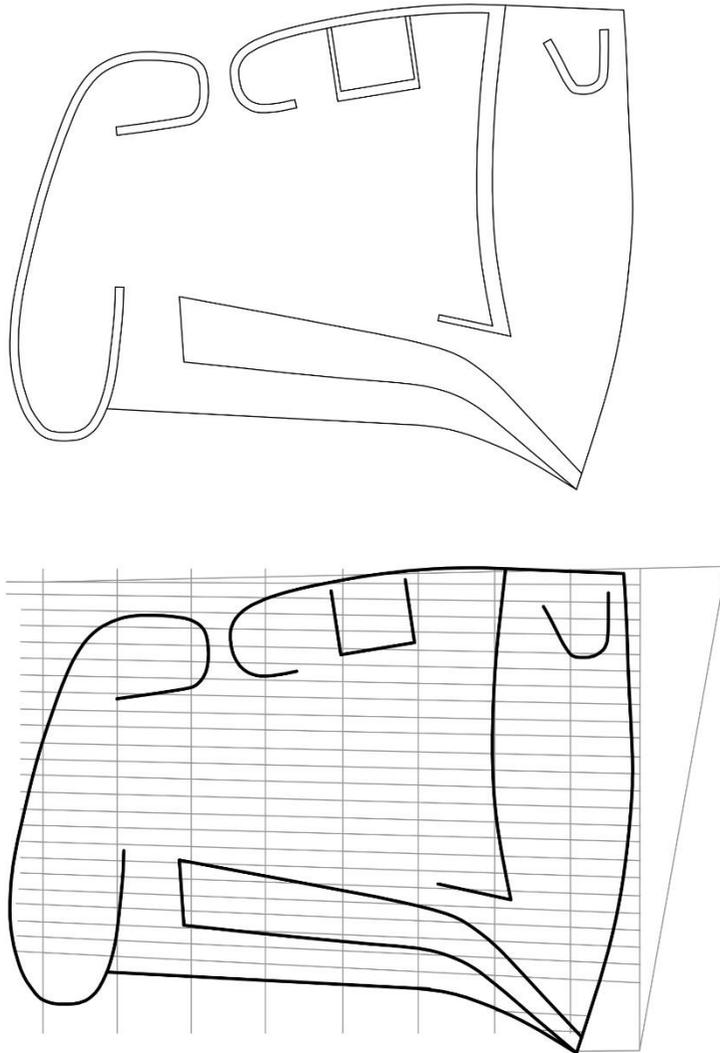


Figura 34. La curva libera alla base di Notre Dame du Haut sembra avere uno stretto rapporto con il sistema ortogonale di copertura. Dal disegno di progetto risultano infatti sovrapposti: un *Poeme* inserito in un *Angle Droit*.

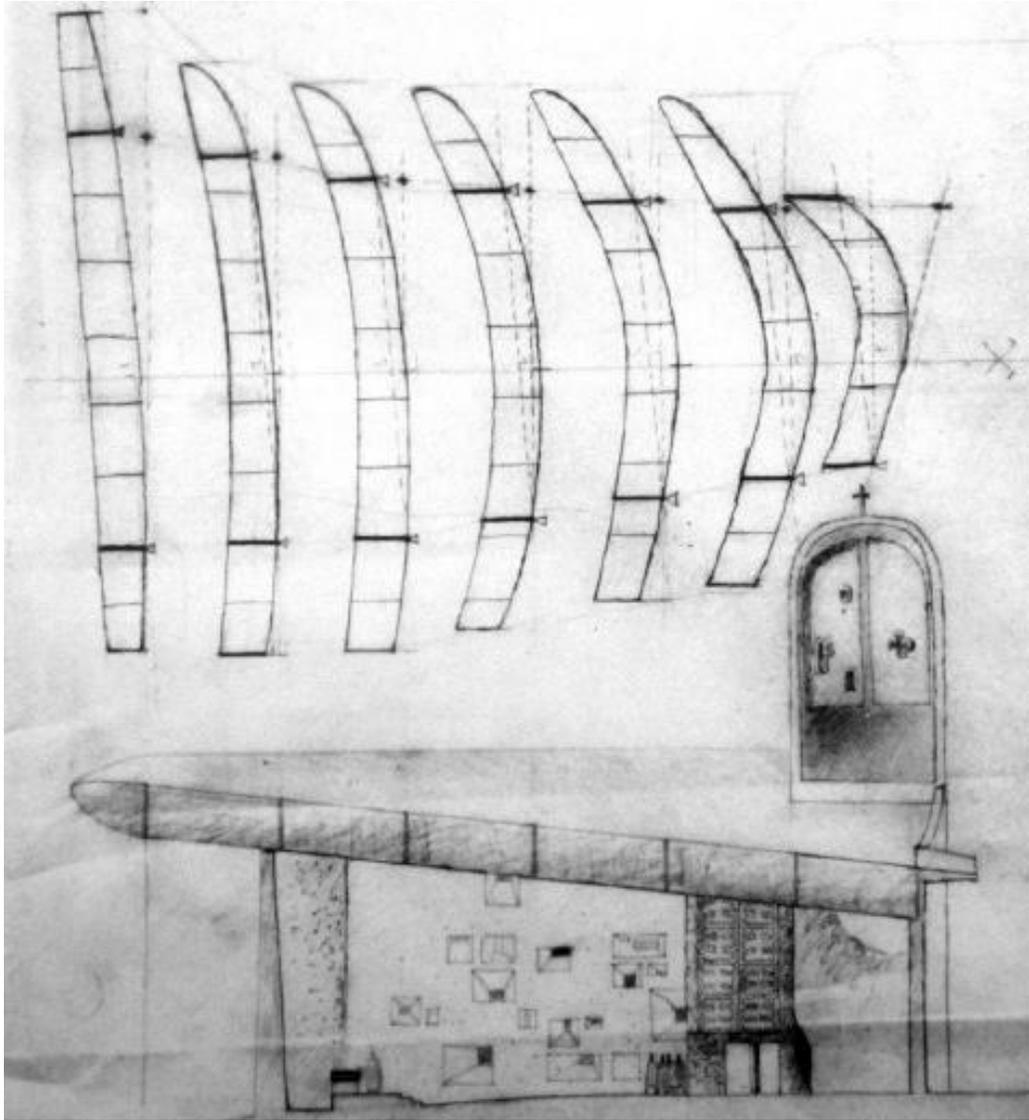


Figura 35. Le Corbusier, disegno di progetto per *Notre Dame Du Haut*, 1950. Particolare studio sulla forma libera delle travi di copertura. Disegno 7390 (Le Corbusier – 1983b:115).

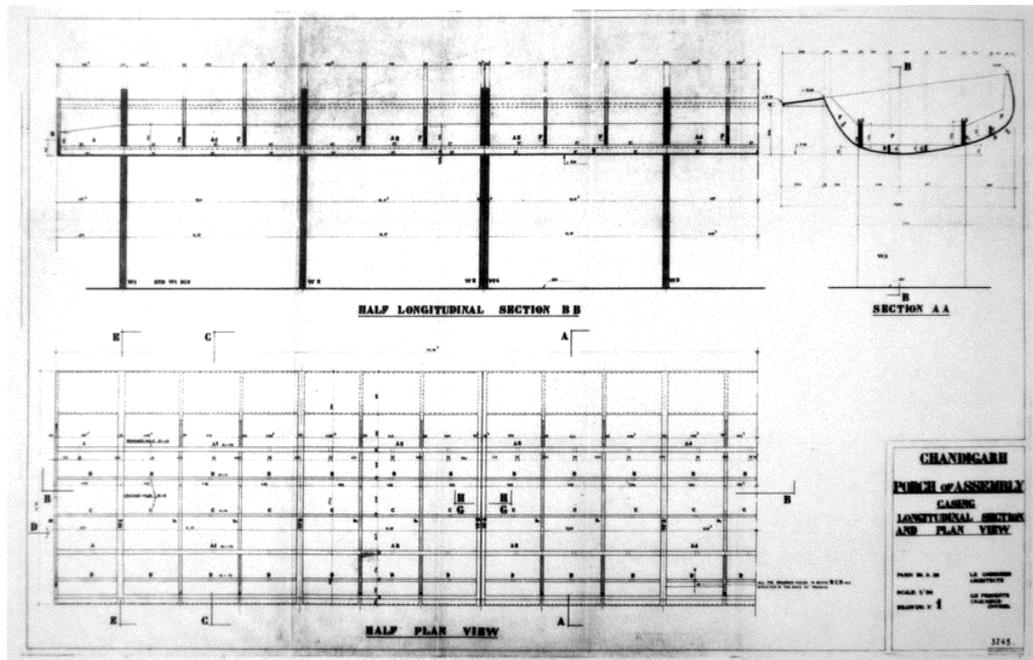


Figura 36. Le Corbusier, disegno di progetto per il Portico del Palazzo dell'Assemblea di Chandigarh. La superficie della “volta invertita”, che ricorda una tenda, è sostenuta da tredici supporti che superano l'altezza dell'elemento stesso, e acquisiscono la funzione di costole di irrigidimento e di legamento dell'oggetto curvo. Il sistema strutturale è lo stesso utilizzato a Notre Dame du Haut per sostenere la forma libera di copertura (come mostra la tavola dedicata), e di nuovo sembra osservare un *Poème* (la tenda), inserita in un sistema di *Angles Droits*. Disegno 3245 (Le Corbusier – 1983c:282).

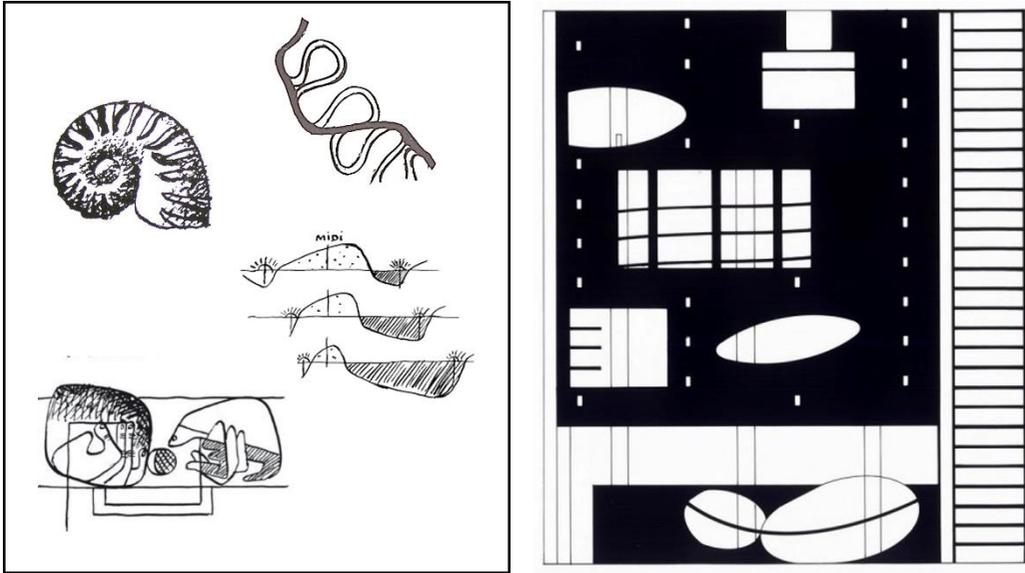


Figura 37. Un confronto tra la sezione schematica della Biblioteca Nazionale di Francia e alcuni disegni autografi di Le Corbusier su forme ricorrenti nel suo vocabolario formale: mani e ciottoli, intersezione del percorso del Sole con la linea dell'orizzonte, conchiglia, anse del fiume/spirale.

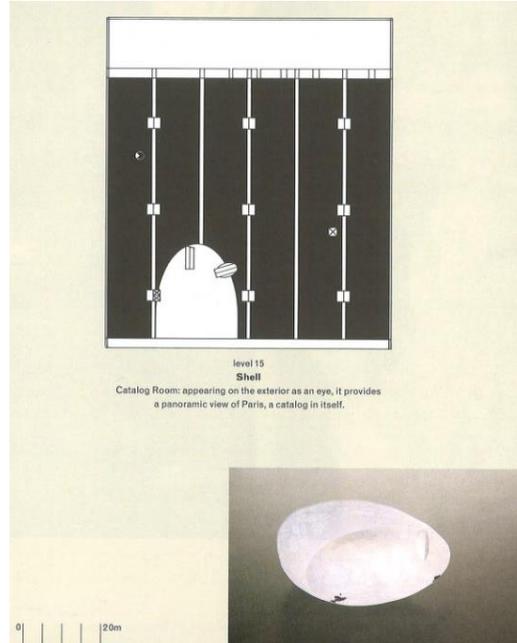
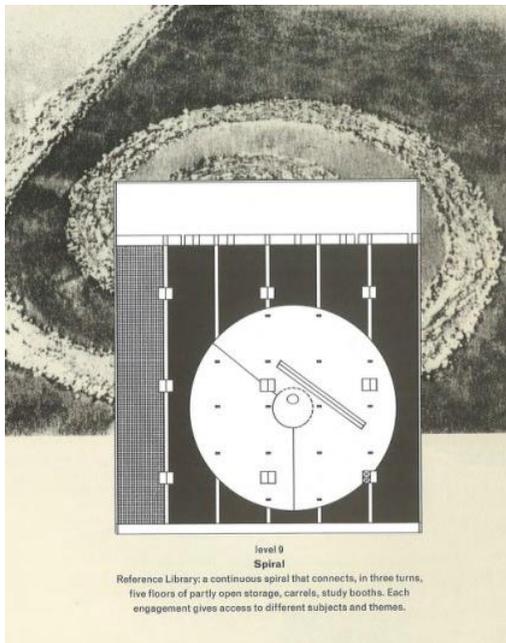
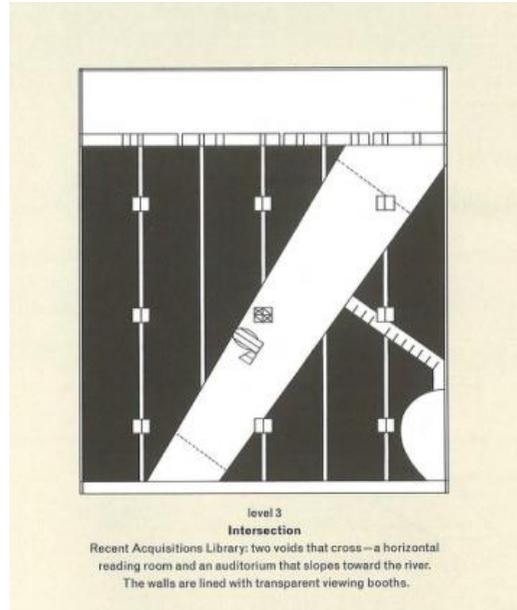
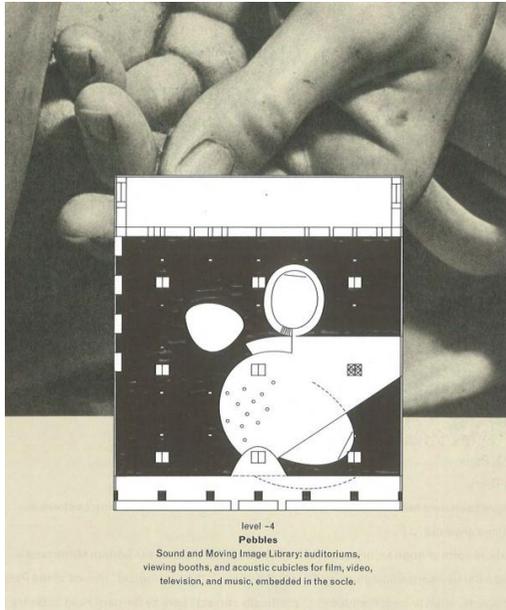


Figura 38. Dal book *Strategy of the Void* allegato al progetto di concorso (1989): quattro riferimenti formali per i vuoti della biblioteca: Ciottoli, Intersezioni, Spirale, Conchiglia.

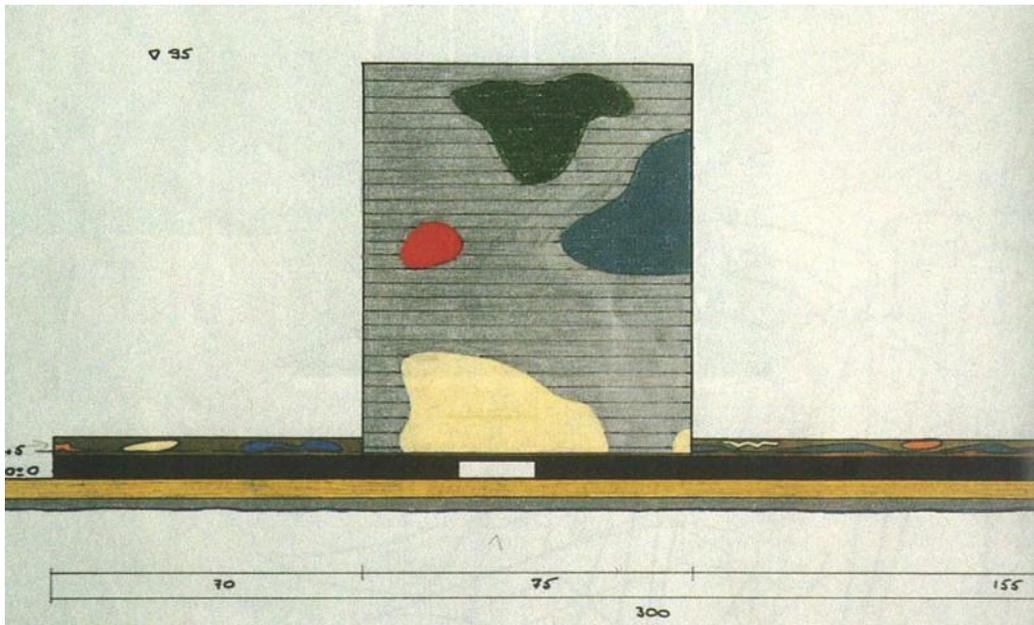
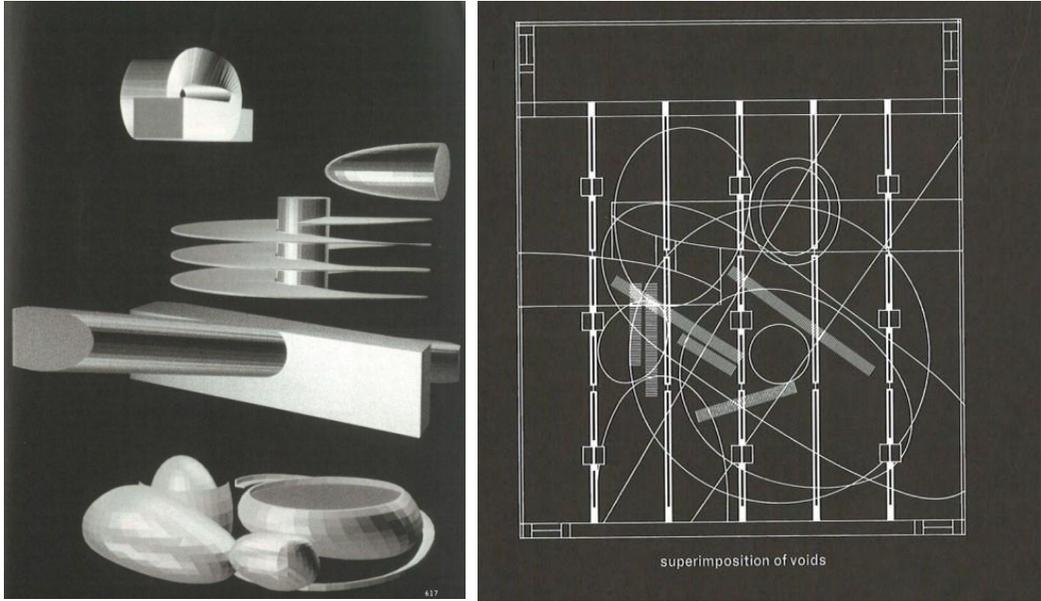


Figura 39. Dal book *Strategy of the Void* allegato al progetto di concorso (1989): schemi di concept illustrativi della distribuzione e della forma dei vuoti.

Archetipo, danza, suono

Il controllo di una curva irregolare è sicuramente uno dei temi cardine ai fini della trattazione, ma non è di certo per Le Corbusier l'unica occasione di confronto con l'universo delle forme curvilinee. L'interesse per le strutture voltate (soprattutto per uso domestico) riprese dalla tradizione Mediterranea, spinge in più occasioni a ricorrere alla tecnologia costruttiva dell'arco e della volta: si vedano a questo proposito la Maisons Monol e la Port Molitor, la Weekend House, o la Villa Sraibhai e le Jaoul in Neuilly-sur-Seine, queste ultime con struttura in elevazione in mattoni. L'interesse per le volte sottili in cemento armato sembra invece derivare dal rapporto di formazione ventennale instaurato con Auguste Perret, e dal ruolo innovativo ed esteticamente autosufficiente assegnato dall'architetto francese al nuovo materiale da costruzione. Stando all'interpretazione di Garcia, la fascinazione per le forme conoidali deriverebbe invece dall'ingegnere Eugène Freyssinet, inventore del cemento precompresso, che iniziò ad usarle prima del 1930 per edifici industriali, e che Le Corbusier propone per il progetto di una casa atelier⁷⁰, utilizzando la stessa curva ma applicandola ad uno spazio domestico. L'interesse per forme derivate dal mondo dell'industria si manifesta anche nella torre di Chandigarh, che è la più grande superficie laminare realizzata dall'autore. Essa è infatti un'iperboloide di rivoluzione che costituisce una soluzione resistente, economica, sottile e con casseforme di facile realizzazione, in quanto regolari. Questo tipo di curva è quindi vantaggioso; la sua originale adozione nel settore produttivo ed il suo uso derivano da ragioni strettamente pratiche.

L'influenza delle ricerche del Costruttivismo Russo è fondamentale per tutto il Movimento Moderno, ed evidente in Le Corbusier, nell'inserimento in alcune opere di un percorso curvo per esperire l'Architettura: l'indagine del rapporto tra danza, spazio e tempo operata da Taut, El Lissitzky e Moholy Nagy aveva infatti consacrato la traiettoria curvilinea come strumento prediletto di approccio allo spazio. Tra i

⁷⁰ Nell'attico riservato al suo stesso atelier in Rue Nungesser et Coli a Parigi (1933), Le Corbusier utilizza due volte asimmetriche: la più grande, di altezza 2,10 mt, copre una luce di 6,90 mt e poggia su due travi longitudinali disposte parallelamente alla facciata. A loro volta le travi insistono su tre punti di supporto, uno dei quali di forma a "V" con una barra verticale. Questo tipo di supporto deriva direttamente dalla tradizione costruttiva vernacolare mediterranea.

canoni sostenuti dagli allievi di Taut c'è una predilezione per il principio costruttivo del cerchio e dell'ellisse, che avrebbe dovuto sostituire quello del cubo e del rettangolo a tutte le scale (principio anticipato dalle tendenze curvilinee di Van de Velde).

Le Corbusier con la Villa Savoye a Poissy del 1925 e Berthold Lubetkin con la Penguin Pool del 1933 per lo Zoo di Londra, inscenano delle vere e proprie regie del movimento, utilizzando la rampa come supporto ideale per movimenti lenti e fluidi che trasformano il fruitore in osservatore dinamico, la condizione dell'uomo moderno nello spazio, che affrancandosi dalle visioni prospettiche rinascimentali viene traghettato nelle modalità proprie della rappresentazione che nasce con il secolo nuovo: il cinema. Nel cinema il movimento della telecamera è parte fondamentale del linguaggio espressivo del film, del quale sono artefici il regista e il direttore della fotografia. Non mancano esempi di virtuosismo dove lo spazio curvo viene esaltato dal movimento della telecamera⁷¹.

Nella Maison La Roche questo tema è così importante che una parete, completamente votata alla curva, si piega per accogliere la rampa; nel Carpenter Centre il percorso curvilineo attraversa e penetra integralmente l'ortogonale dell'edificio. La tipologia di curva utilizzata per i percorsi è tuttavia sempre estremamente razionale, ed è la meno "libera" utilizzata da Le Corbusier: la continuità è infatti costruita tradizionalmente affiancando segmenti rettilinei ad archi di cerchio. La costruzione analogica di una curva regolare (costituita da archi di cerchio e segmenti rettilinei) utilizzata come percorso per esperire l'architettura è un tema compositivo ricorrente in progetti ben più recenti: se ne serve Sverre Fehn per la rampa di accesso all'Hedmark Museum (1967), o Carrilho da Graça nel Padiglione della Conoscenza di Lisbona (1998), in cui è l'edificio stesso a inflettersi assecondando la porzione curvilinea dell'accesso. In entrambi i casi, un unico arco di cerchio rompe la regolarità di un insieme e permette la "scoperta" lenta, dinamica, dell'organismo architettonico.

⁷¹ M. Zammerini, *Traiettorie curvilinee tra architettura, teatro, cinema e design*, in L. De Carlo (ed.), L. Paris (ed.), *Le linee curve per l'Architettura e il design*, p. 249.

Sul concepimento cinetico e “gestuale” dello spazio, sulla forte interazione tra danza ed architettura e sul conseguente trattamento della forma curva, è interessante fare un confronto con la strategia adottata da Luigi Moretti nel progetto, non realizzato, per la nuova sede dell'Accademia Nazionale di Roma. L'associazione non è illogica, considerando che l'incarico di riuso e ampliamento della Casa della Giovane Italiana, inserito nell'ambito di trasformazione della Regia Scuola di Danza in Accademia Nazionale, viene affidato a Moretti da Jia Ruskaja, coreografa russa naturalizzata italiana, la cui impostazione culturale risente fortemente delle ricerche del Costruttivismo (lei stessa aveva elaborato un metodo di trascrizione grafica della danza⁷²). Il lavoro di Annalisa Viati Navone⁷³ ben illustra l'intera genesi progettuale, ma ciò su cui è sembrato opportuno soffermarsi in questa sede è il trattamento riservato al corpo del collegio: una deformazione planimetrica conduce alla rotazione di un volume rettangolare (la cui forma in pianta è riconducibile a quella di un ramo di iperbole) in senso orario, e introduce una direttrice obliqua rispetto all'orizzontale del recinto. All'osservatore esterno è restituita quindi la visione di due corpi, un muro e un oggetto su di esso posato (completamente chiuso verso l'esterno), la cui natura però varia fortemente in relazione allo spostamento del punto di vista: se osservato da una posizione eccentrica, il volume risulta molto curvo e quasi privo di origine; spostandosi frontalmente, la curvilinearità scompare e la conformazione geometrica dei due elementi sembra coincidere.

L'edificio, dunque, si rivela congegnato in modo che l'immagine appresa, spostando il punto di vista, soggiaccia a continue trasformazioni: questo capita perchè il movimento intorno all'oggetto è introdotto in qualità di presupposto non dispensabile per la piena comprensione dell'architettura⁷⁴.

⁷² Si veda a questo proposito *Teoria e scrittura della danza*, Edizioni di Spazio, 1970.

⁷³ A. V. Navone, *Architettura, allegoria della danza. Il progetto per la nuova sede dell'Accademia Nazionale di Roma*. Il testo, che corrisponde all'intervento dell'autore al Convegno “Luigi Moretti Architetto del Novecento”, Roma, 24-25-26 Settembre 2009, è confluito, ampliandone i contenuti, nel volume B. Reichlin e L. Tedeschi (a cura di), *Luigi Moretti. Razionalismo e trasgressività tra barocco e informale*, Milano, Electa, 2010, uscito in concomitanza con la Mostra del MAXXI “Luigi Moretti architetto. Dal Razionalismo all'informale”, a cura di Bruno Reichlin e Maristella Casciato, Roma, 30 Maggio – 28 Novembre 2010.

⁷⁴ A. V. Navone, *Architettura, allegoria della danza. Il progetto per la nuova sede dell'Accademia Nazionale di Roma*, in C. Bozzoni, D. Fonti (ed.), *Luigi Moretti Architetto del Novecento*, Gangemi Editore, 2009, p. 390.

La forma curva e la giacitura dell'oggetto, sono quindi fondamentali per esperire l'edificio da un punto di vista spazio-temporale, e la costruzione dell'immagine può senza dubbio definirsi "cinetica".

Un'ultima menzione merita il padiglione Philips, dove al tema dell'evocazione biomorfica (la forma di pianta deriva dalla stilizzazione di uno stomaco) e del ricorso ai paraboloidi iperbolici (questa volta per necessità di riverberazione sonora) è affiancata una ricerca d'avanguardia sul rapporto tra suono e spazio. Per effetti di riflessione, infatti, nell'installazione non poteva esserci separazione tra soffitto e pareti (era escluso naturalmente qualsiasi ricorso all'angolo retto). L'edificio è in realtà concepito come una tenda autoportante: lastre in cemento di un metro quadro (curvate seccandole su mucchi di sabbia modellati) sono sorrette da due tele di cavi di acciaio, una interna ed una esterna, messe in tensione tramite tendicavi. La forma in alzato, costituita da otto superfici, è ottenuta dal movimento nello spazio di una linea retta come generatrice geometrica. La proposta iniziale prevedeva in realtà un volume conico, un giunto, la superficie generata dalla relazione tra questi, i paraboloidi iperbolici e due triangoli vuoti che rappresentavano gli accessi. Nella configurazione finale invece le forme coniche vengono sostituite da paraboloidi iperbolici.

Il padiglione è così significativo perché costituisce, secondo Iannis Xenakis, "L'inizio di una nuova epoca nel campo dell'Architettura"⁷⁵, come riportato da Marco Pogacnik in "L'estetica dell'Impersonale"⁷⁶. Per l'ingegnere, architetto e compositore francese, responsabile con Le Corbusier della ideazione e realizzazione dell'installazione, nel Philips si assiste ad un passaggio cruciale: da costrutti geometrici basati su figure lineari e bidimensionali, passando attraverso "una fase intermedia in cui con la costruzione voltata l'architettura incontra per la prima volta il tema dello spazio"⁷⁷, si approda alla così definita "Architettura del gruppo

⁷⁵ M. Pagacnik, *L'estetica dell'Impersonale*, in *La Concezione Strutturale. Ingegneria e Architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta*, Allemandi & C., Torino, 2012, p. 21.

⁷⁶ Ibid.

⁷⁷ Ibid.

volumetrico”⁷⁸ ottenuta dall’utilizzo spaziale di conoidi e paraboloidi iperbolic. Tale impulso compositivo legato alla curva sarà al centro del prossimo capitolo.

⁷⁸ I. Xenakis, *Musica Architettura*, Spirali, Milano 1982, p. 98.

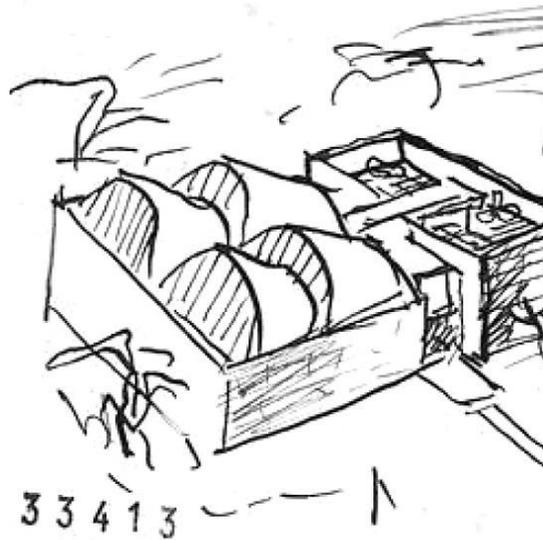
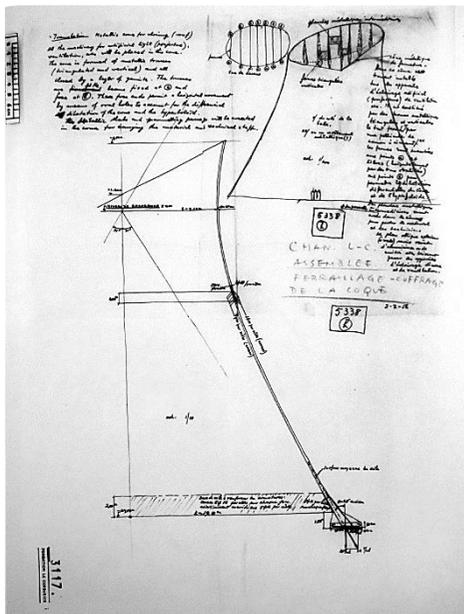
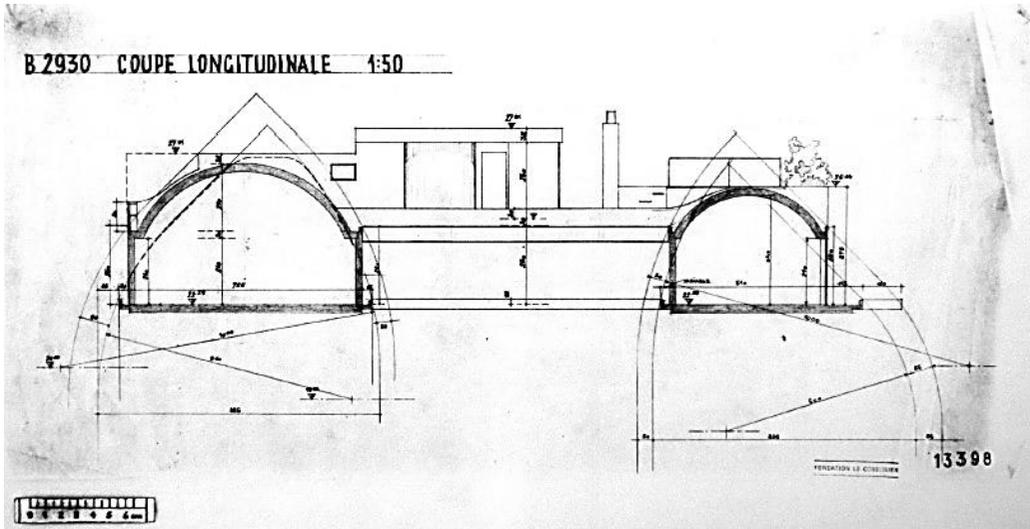


Figura 40. Alcune forme vernacolari usate e rielaborate da Le Corbusier: sezione definitiva delle volte dell'attico di Porte Molitor (il sistema costruttivo proviene dalla tradizione mediterranea, ma l'uso delle volte in cemento armato si deve ad Auguste Perret); sezione della torre di Chandigarh: un iperboloido utilizzato tradizionalmente per le torri di raffreddamento; conoidi proposti per la copertura di una civile abitazione e derivati dagli studi di Eugene Freyssinet per il rivestimento di grandi spazi industriali. In ordine, Disegno 13398 (Le Corbusier – 1983a:45) – Disegno 3117 (Le Corbusier – 1983c:225) – Disegno 33413 FLC.

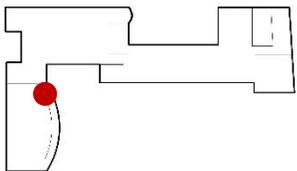
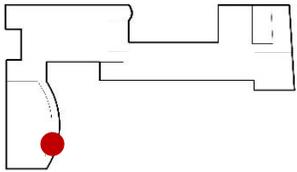
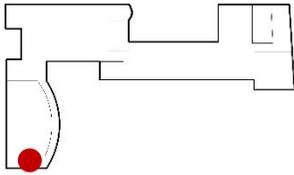


Figura 41. Le Corbusier, *Maison La Roche*, Parigi, 1925. Particolare sequenza che illustra il ruolo del percorso curvo (e della parete che si “incurva” per ospitarlo) nell’evocare una progressivamente diversa percezione dello spazio.

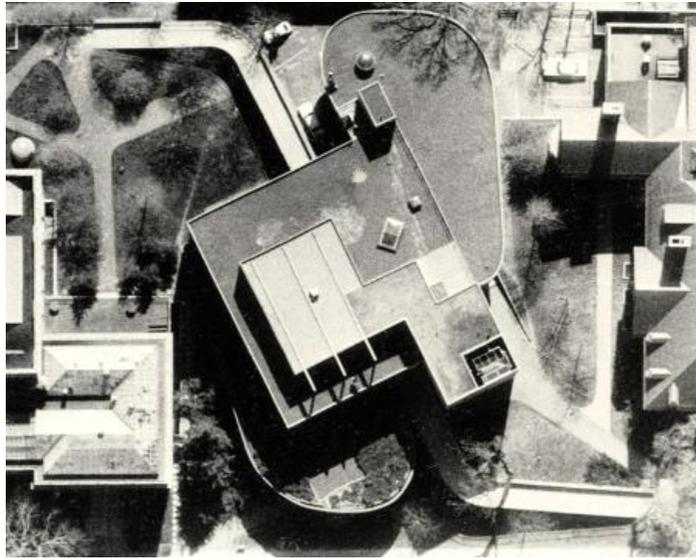
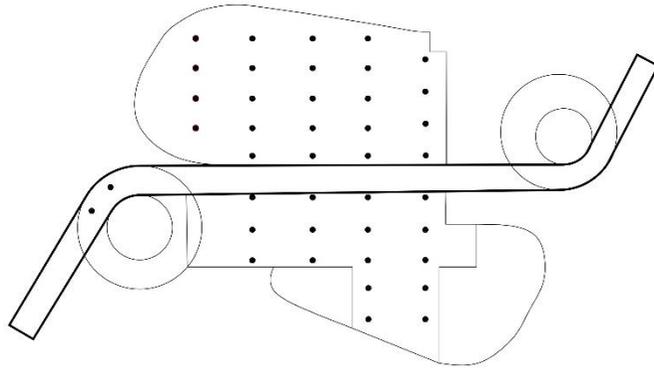


Figura 42. Le Corbusier, Carpenter Centre for Visual Arts, Università di Harvard (Cambridge, Massachusetts), 1961- 1964. Pianta e restituzione fotografica.

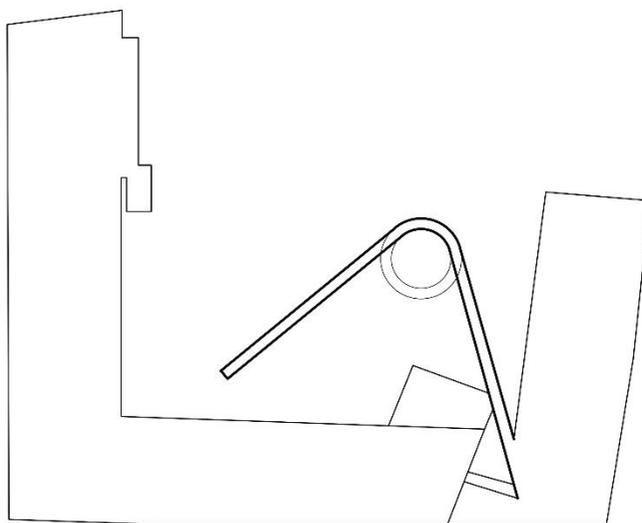


Figura 43. Sverre Fehn, Hedmark Museum, Hamar (Norvegia), 1967. Pianta e particolare fotografico del percorso curvo che attraversa lo spazio museale. Foto: © Hélène Binet - Caroline Vaussanvin.

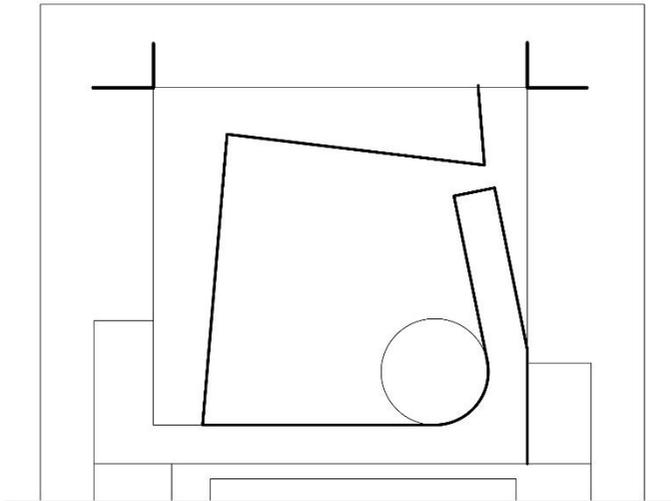


Figura 44. Carrilho Da Graça, Padiglione della Conoscenza, Lisbona 1998. Pianta e particolare fotografico della curva del percorso di accesso alle sale espositive. Foto: © Cristian Richter.

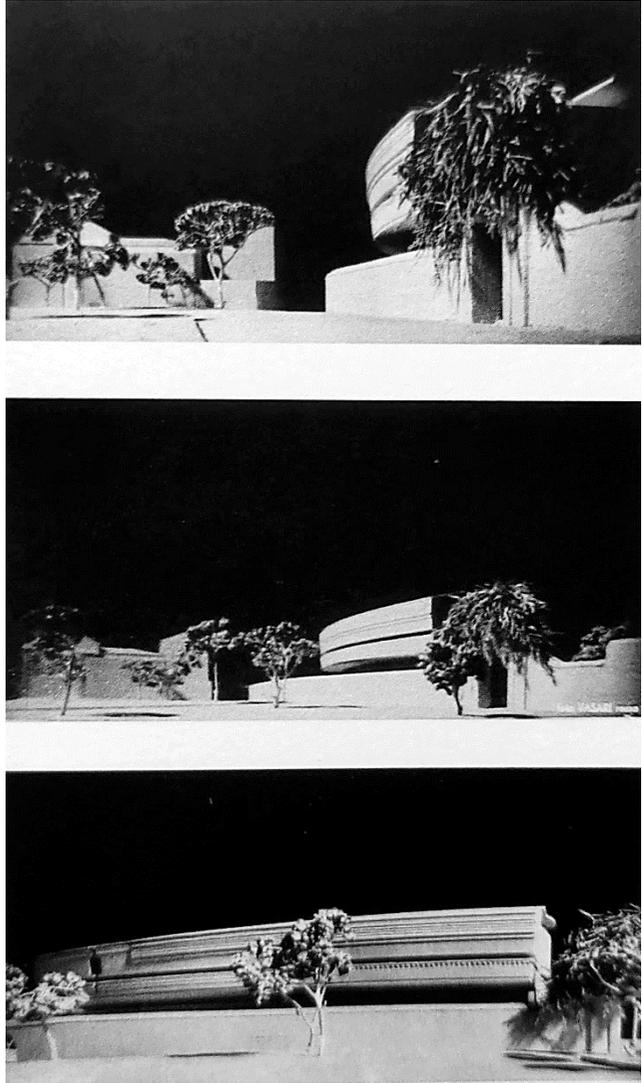


Figura 45. L. Moretti, foto del modello del corpo del collegio (ACS, Fondo Moretti). Le tre immagini mostrano il diverso carattere che la curva conferisce all'edificio in relazione alla direzione di avvicinamento.

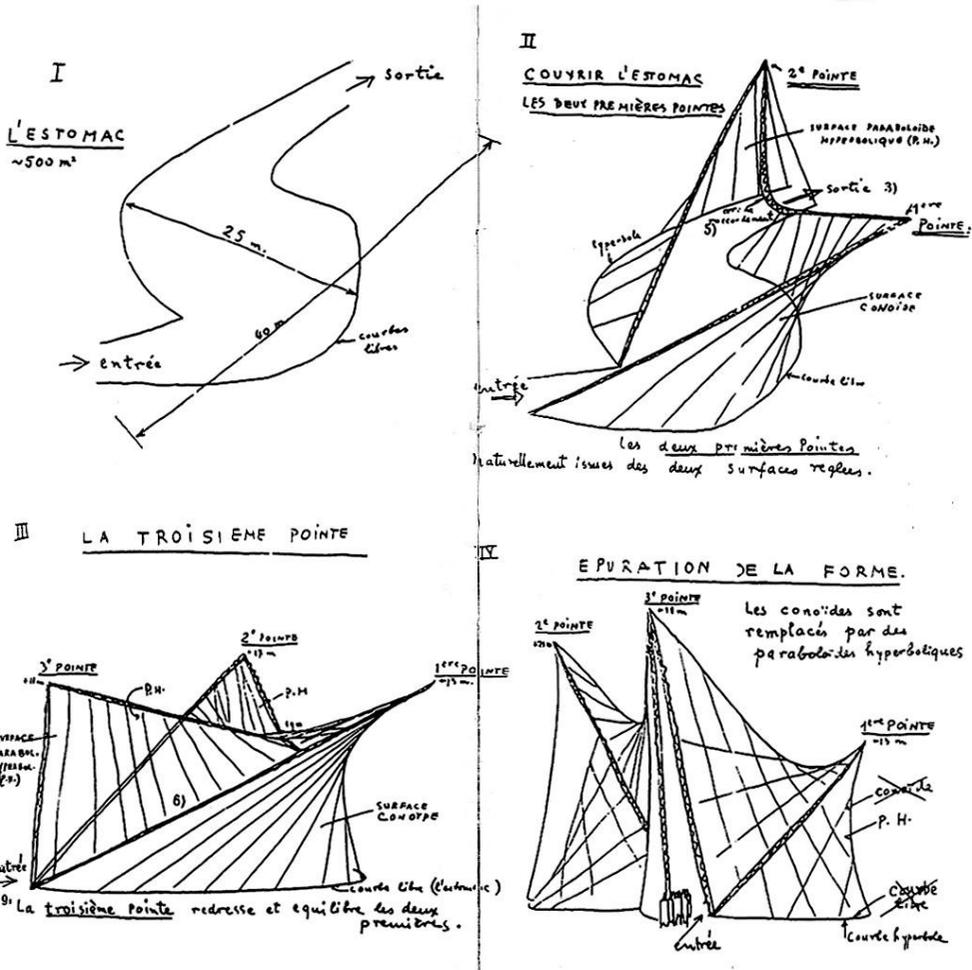
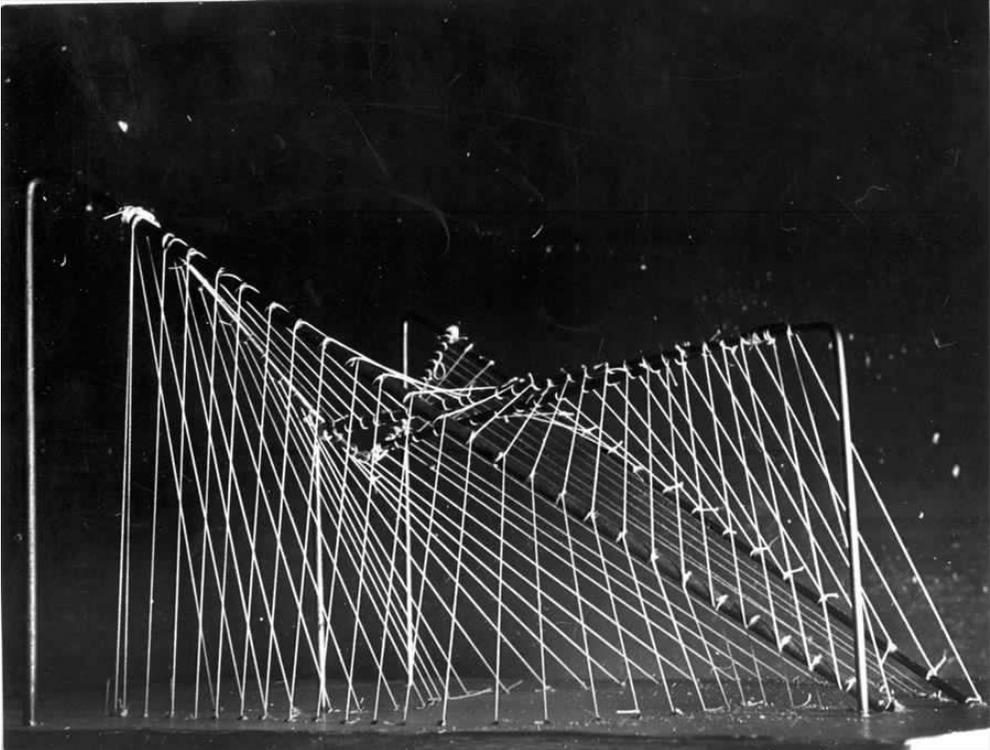
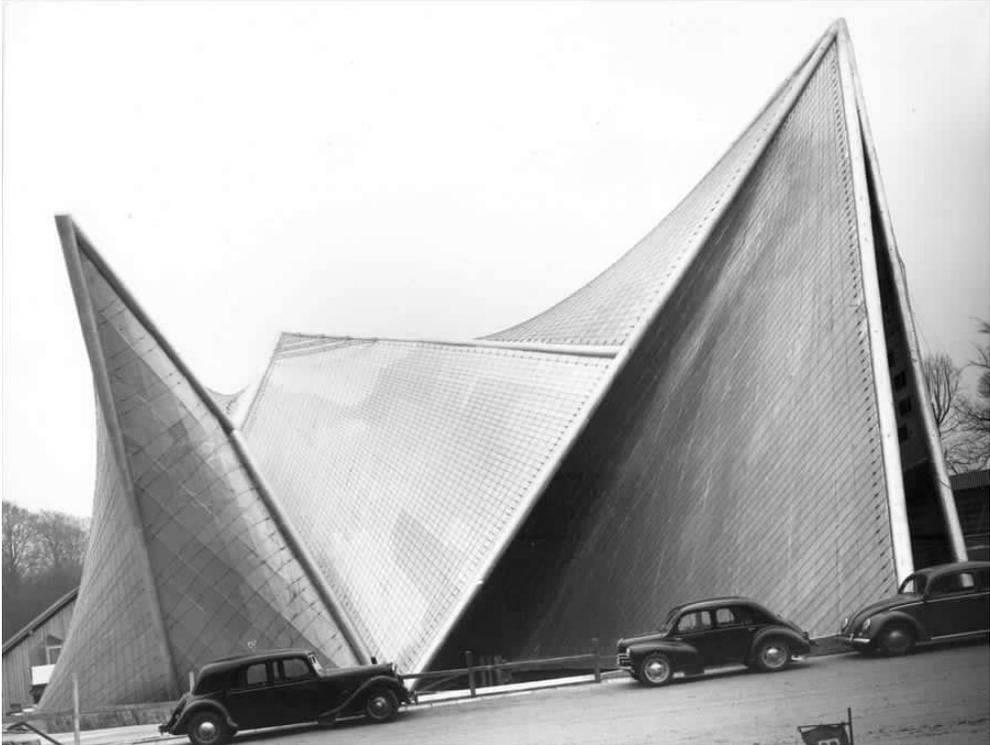
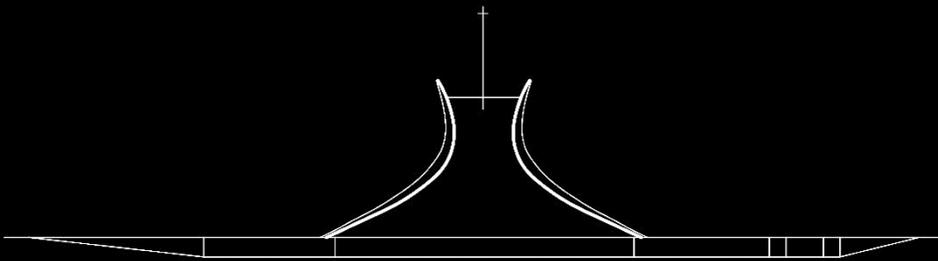
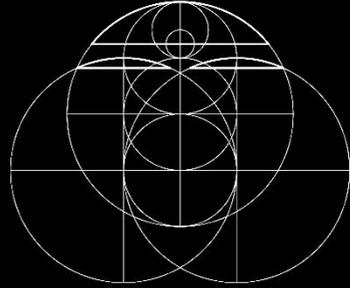
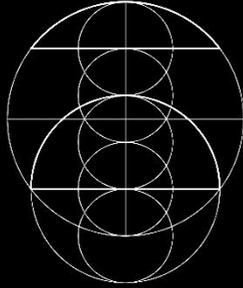
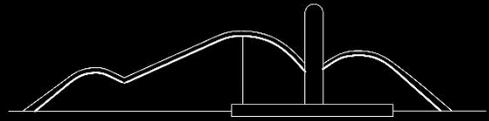
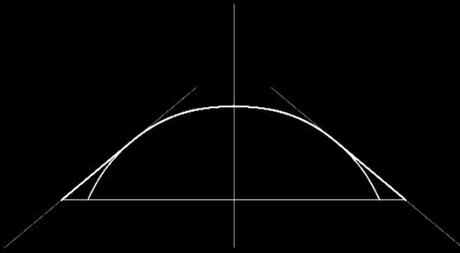
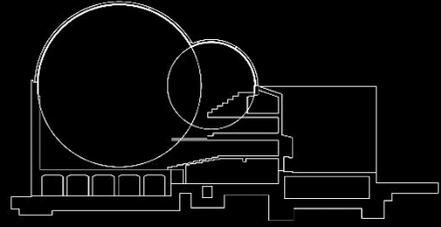
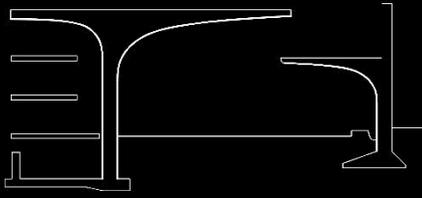


Figura 46. Le Corbusier, disegni di studio per il Padiglione Philips all'Expo di Bruxelles, 1958. A partire da una forma evocativa e poetica in pianta si ricava un sistema di rivestimento costituito da curve matematiche complesse.

Pagina successiva, figura 47: fotografia del Padiglione realizzato e modello di studio che mostra il layout dei cavi di acciaio a sostegno delle lastre. Fonte: © FLC/ADAGP.





Capitolo 3

Unità e Struttura

“Structure in Art and Science”

L'anno 1965 vede l'uscita di un testo edito dal designer ungherese György Kepes, *“Structure in Art and Science”*⁷⁹, contenente saggi dedicati al tema del rapporto tra arte e scienza nel ventesimo secolo, e ricavati da una serie di seminari condotti dall'autore al Massachusetts Institute of Technology nell'arco di circa quindici anni. Tra i contributi figurano quello del filosofo e storico della scienza Lancelot L. Whyte (*Atomism, Structure and Form*⁸⁰), del matematico Jacob Bronowski (*The Discovery of Form*⁸¹), di Buckminster Fuller (*Conceptuality of Fundamental Structures*⁸²), di Alison e Peter Smithson (*Building toward the Community Structure*⁸³), di Fumihiko Maki e Masato Ohtaka (*Some Thoughts on Collective Form*⁸⁴), di Max Bill (*Structure as Art? Art as Structure?*⁸⁵) e non ultimo di Pier Luigi Nervi, (*Is Architecture Moving toward Unchangeable Forms?*⁸⁶). La stessa organizzazione del volume è molto interessante: una prima sezione esclusivamente grafica affianca immagini appartenenti al mondo biologico a suggestioni artistico-architettoniche; ad essa seguono una prima serie di saggi dedicati all'indagine sulla struttura nel mondo naturale (organico ed inorganico); un'ultima parte contiene scritti sulla ricerca di principi strutturali nel mondo della forma scaturita dall'umana espressione creativa. Molto vicino all'idea di “sintesi delle arti” indagata nell'immediato dopoguerra e risolta, come visto nel capitolo precedente, con il ricorso alla forma plastica come ponte tra la creazione artistica ed architettonica, Kepes sottolinea l'urgenza di un nuovo tipo di riconciliazione: quella tra il mondo umanistico e scientifico, separati da una eccessiva frammentazione della conoscenza. Nell'introduzione all'opera egli scrive:

⁷⁹ G. Kepes, *Structure in Art and Science*, George Braziller, 1965.

⁸⁰ Ibid., p. 20

⁸¹ Ibid., p. 55

⁸² Ibid., p. 66

⁸³ Ibid., p. 111

⁸⁴ Ibid., p. 116

⁸⁵ Ibid., p. 150

⁸⁶ Ibid., p. 96

We need, therefore, to find new centripetal forces that can hold our common understanding together and realize for us the spirit of our times. We now speak many different dialects, to be sure, but these are dialects of the same basic language⁸⁷.

La necessità di risalire allo “spirito del tempo”, ad un substrato comune, porta ad indagare sul concetto di “struttura”, che sembra risolvere questo conflitto. Come interpretare questo lemma?

Structure, in its basic sense, is the created unity of the parts and joints of entities. It is a pattern of dynamic cohesion in which noun and verb, *form* and *to form*, are coexistent and interchangeable; of interacting forces perceived as a single spatio-temporal entity. It is no quibble to separate the notion of structure from such related concepts as order, form, organized complexity, whole, system, or *Gestalt*. Each historical era seeks and needs a central model of understanding. Structure seems central to our time – the unique substance of our vision⁸⁸.

“Struttura”, quindi, come principio di relazione che sottende all’unità di un insieme, sia esso inorganico, vegetale, animale o persino cognitivo (il processo del pensiero, come illustrato in quegli anni dalla psicologia della *Gestalt*⁸⁹, non avviene tramite accumulazione di dati, ma scaturisce da una rete di relazioni intessute tra i singoli stimoli, che è appunto struttura). La stessa ricerca artistica del Novecento muove pian piano (a partire da Cézanne, secondo Kepes⁹⁰) dalla figuratività all’indagine sulle

⁸⁷ Ibid., p. 12

⁸⁸ Ibid., p. 14

⁸⁹ Utilizzata per la prima volta da Ernst Mach, Edmund Husserl e Christian Von Ehrenfels (come termine tecnico prima ancora che in campo psicologico), la parola *Gestalt* (da *gestalten*) fa in effetti diretto riferimento all’idea di “mettere in forma”, o “dare una struttura significante” (Treccani).

⁹⁰ Creative exploration in the arts has yielded significant parallels with scientific investigation. The early twentieth-century painters who were still hoping and trying to embrace the complete vista of contemporary conditions looked for structural principles in art. Instead of aiming at an illusionary rendering of what they could see around them, they invented images and patterns. Clear, unmodulated surfaces, abstract shapes, and simple, basic colors devoid of emotional overtones were used as building blocks. “True architecture”, wrote Juan Gris, a thoughtful pioneering painter of this period, “cannot be broken up into different pieces, each of which is autonomous and exists alone. A fragment of architecture will be no more than an odd, mutilated object that ceases to exist when it is removed from the one place where it belongs. Construction, then, is merely the imitation of architecture. The technique of painting is flat, colored architecture, and not construction. It is based on the relations between colors and the form that contains them”. This passionate involvement with image-building process had its great ancestor in Cézanne, many of whose successors built consistent, legible pictorial structures from the direct data of inner sensibility”. (G. Kepes, *Structure in Art and Science*, p. 14).

fondamenta strutturali della forma astratta, del rapporto tra colori e fra colore e superficie.

In “Forma come struttura” (1957) Luigi Moretti aveva sottolineato che “l’operare in arte, è [...] l’atto di comunicare [...] esprimere una struttura”⁹¹ intesa proprio come sistema di relazioni che legano le diverse forme “cui è sospinto lo spirito dell’artista”, e aveva espresso l’idea stessa di “forma” come complesso di rapporti esprimibili in termini matematici. La sua nozione di “architettura parametrica”⁹² intesa come “studio di sistemi architettonici che hanno l’obiettivo di definire le relazioni tra le dimensioni dipendenti dai vari parametri” è applicata al progetto sperimentale di uno stadio, esposto alla XII Triennale di Milano nel 1960, in cui egli mostra come la configurazione finale derivi dalla combinazione di diciannove parametri, tra cui costo del calcestruzzo ed angoli di visuale. Poco più avanti sarà Sergio Musmeci a parlare di “inversione del processo progettuale”, abbandonando l’idea di forma generata a priori e trasformandola in una incognita dipendente dalle tensioni.

Il modo più efficace per comprendere la natura di una equazione parametrica, nonché l’uso della stessa nel processo compositivo, è analizzare il modello a catena sospesa di Antoni Gaudì: esso consta infatti di una serie di parametri indipendenti (lunghezza della stringa, posizione del punto di ancoraggio, peso delle maglie della catena) e una serie di risultati derivanti da tali parametri (differenti posizioni dei vertici dei punti sulle stringhe). La derivazione dei risultati dai parametri si ottiene applicando delle funzioni, che in questo caso sono le leggi del movimento. Modificando i parametri iniziali ma conservando lo stesso approccio, Gaudì ha ottenuto un numero incredibile di forme diverse, tutte in pura compressione. L’innovazione rilevante di questo metodo è che il raggiungimento dei risultati avviene in modo del tutto automatico e non manuale (come invece operavano i matematici): basta far agire la forza di gravità sulle corde. Frei Otto sublimerà tale approccio di esplorazione della forma e sua derivazione dall’applicazione della pura gravità.

⁹¹ Luigi Moretti in *Spazio*.

⁹² Secondo il matematico Robert Stiles è da attribuire a Moretti la nascita dell’architettura parametrica, ben prima dell’avvento dello strumento digitale.

In che modo questa tendenza si declina in campo architettonico, e perché coinvolge intimamente la curva?

Il carattere impersonale come qualità dello spazio moderno

Nel suo già citato contributo, Nervi osserva come il sempre maggiore incremento dimensionale degli edifici contemporanei porti inevitabilmente in luce il tema della struttura (non intesa solo in senso costruttivo, ma anche come principio compositivo di unità dello spazio), che assume una rilevante importanza formale perché diviene il centro della ricerca sul progetto. Necessità costruttive specifiche (auto, grattacieli, aerei, grandi infrastrutture) e nuove possibilità tecnologiche (cemento armato ed acciaio) hanno infatti posto l'uomo, secondo l'autore, ancor più di fronte a leggi eterne ed immutabili, che si sono materializzate in forme e strutture. Esse quindi non derivano da gusto o aspirazione estetica, ma discendono dalla fisica e costituiscono una base universalmente e sempre valida: sono in sintesi impersonali. Perché Nervi muove il suo ragionamento dalle opere d'ingegneria di ingenti dimensioni? Una porta o una finestra possono avere una forma arbitraria che segue mode e tendenze del momento, ma un grande arco, un grande ponte o altre grandi strutture necessitano di forme definite da leggi di natura, dunque impersonali:

Therefore, while the arch of a bridge of limited span, or even more a door or a window, could be designed arbitrarily and could follow the aesthetic tendencies of the moment, the arch of great span, the covering for a vast interior space, the structure having to resist great weights, all must have forms that are defined and fixed beforehand by nature, no matter what the aesthetic tendency of their design may be⁹³.

La necessità di coprire grandi spazi senza pilastri intermedi comporta il ricorso necessario ad una curva; il bisogno tecnico di migliorare la prestazione di un'auto o un aereo in termini di velocità media rende il curvilineo l'unico terreno di sicura riuscita, e in questo terreno non vi è scelta da compiere. Nervi descrive una personale esperienza di lettura in cui veniva illustrata la tecnica per ricavare la forma più

⁹³ P. L. Nervi, *Is Architecture Moving toward Unchangeable Forms?*, in G. Kepes, *Structure in Art and Science*, George Braziller, 1965, p. 98.

performante per un veicolo da corsa: sparare aria su un pezzo di ghiaccio e osservare il risultato dell'azione del vento sulla materia.

I read some time ago that to define more accurately the forms for minimum resistance to movement for automobile bodies, a builder resorted to models of ice placed in a current of air which directly modified and corrected the models, melting the various points according to their greater or lesser resistance to the current, and producing the desired result. Where can one find a more impersonal and unchangeable molding process?⁹⁴

La superficie di minima resistenza al movimento così formata non dipende da aspirazioni estetiche: il risultato formale sarebbe lo stesso, se effettuato in qualsiasi luogo ed in qualsiasi tempo. Come ben messo in luce dall'autore, l'impatto di questa tendenza (e del numero di grandi strutture che la mettono in luce) diviene tanto inarrestabile da invadere tutte le scale del progetto, generando un vero e proprio stile:

In fact, we can observe that the aerodynamic forms necessary for fast vehicles, but absolutely superfluous for slow ones, have already formed our tastes to such a degree that any vehicle – from a heavy truck to a baby carriage – appears decidedly ugly to us unless it confirms in some way to, or has some characteristic element of, that style⁹⁵.

Un esempio è la lampada *Falkland* di Bruno Munari, in cui il tessuto elastico si deforma grazie all'azione della gravità ed assume una configurazione ad iperboloidi che corrisponde all'equilibrio delle forze: l'esito formale non è super imposto.

Nell'ambito dello spazio architettonico il passaggio chiave, illustrato nel già citato contributo di Marco Pogacnik "L'estetica dell'Impersonale"⁹⁶, è quello dell'utilizzo del cemento armato non confinato alla configurazione costruttiva di travi e pilastri (come aveva teorizzato Perret nella riproposizione in calcestruzzo del tradizionale telaio ligneo), ma rivolto ad un più ampio spettro di forme curve, dai gusci agli iperboloidi. L'approccio alla gestione di tali forme sembra inoltre, negli anni del

⁹⁴ Ibid., p. 96.

⁹⁵ Ibid., p. 98.

⁹⁶ M. Pogacnik, *L'estetica dell'Impersonale*, in *La Concezione Strutturale. Ingegneria e Architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta*, Allemandi & C., Torino 2012.

dopoguerra, non relegato più soltanto alla sola indagine matematica (come continuava a fare la scienza delle costruzioni classica), ma si affida anche e soprattutto a laboratori in cui si studia il comportamento fisico delle strutture attraverso modelli, pruma fisici poi digitali (Poganick cita lo ISMES di Bergamo, quelli di Torroja a Madrid, di Hossdorf a Basilea, di Frei Otto a Stoccarda). E' anche questo a favorire un "pensiero strutturale più accessibile anche all'esperienza dell'architetto"⁹⁷. Come sottolineato dallo stesso Poganick, poi, un tipo di analisi guidato dallo strumento fisico permette la visualizzazione delle stesse curve isostatiche all'interno della struttura, la cui estetica diviene un vero e proprio motivo compositivo.

Il confronto tra panorama spagnolo ed italiano è da questo punto di vista estremamente interessante ed esemplificativo su tendenze che travalicano anche i confini europei: mentre in Spagna Eduardo Torroja lavora sul raggiungimento di uniformità di luce e spazio, in Italia Pierluigi Nervi sublima l'estetica delle linee di forza e del montaggio. Affiancando le due volte in sequenza del Fronton Recoletos (Torroja, 1936) con la curva dell'Aviorimessa per l'Aeronautica di Orbetello (Nervi, 1935), è evidente la contrapposizione dialettica tra curva liscia, muta e poetica da un lato, ed estrema volontà di denunciare lo sforzo strutturale dall'altro⁹⁸. Un ulteriore collegamento risulta quasi spontaneo: quello tra la già citata opera di Torroja e l'Accademia della Scherma di Moretti, realizzata a Roma negli stessi anni. I due sembrano giocare sullo stesso tema, quello dell'affiancamento di due curve che, estruse in sezione, vanno a definire uno spazio unitario ma variamente connotato. L'architetto – ingegnere spagnolo sceglie di affiancare due archi di circonferenza di diverso diametro per coprire gli spalti da un lato (circonferenza minore), il palco dall'altro. Moretti lavora invece sulla composizione di due iperboliche per ottenere una distribuzione uniforme della luce e caratterizzare due diversi ambiti spaziali. In entrambi i casi, la curva permette alla luce di scorrere libera e senza intralci (ironicamente Torroja affida ai lucernai il compito di mostrare una trama strutturale del tutto decorativa).

⁹⁷ Ibid., p. 25.

⁹⁸ Il confronto tra Nervi e Torroja è ben illustrato dal saggio *Torroja, Fisac, de la Sota e la concezione strutturale dello spazio* di Orsina Simona Pierini, pubblicato in *FAMagazine* 35, gennaio-marzo 2016.

Una serie di testi editi tra gli anni Cinquanta e Sessanta testimonia la grande riflessione teorica operata sul concetto di “struttura” nel periodo in questione: tra tutti, “La concezione strutturale” di Eduardo Torroja, “Volte sottili. Struttura e forma” di Fred Angerer, *Schalenbau: Konstruktion und Gestaltung* di Jurgen Joedicke, “Struttura e forma nell’architettura moderna” di Curt Siegel. Quest’ultimo in particolare, in un capitolo dedicato alle strutture resistenti per forma, mostra come a partire da una geometria del tutto elementare, come quella di un conoide o un iperboloide, sia possibile ottenere un numero illimitato di soluzioni egualmente resistenti, operando una successione arbitraria di manipolazioni spaziali. A questo tema, e alla libertà creativa applicata all’indagine del concetto di “struttura”, è dedicato il successivo paragrafo.

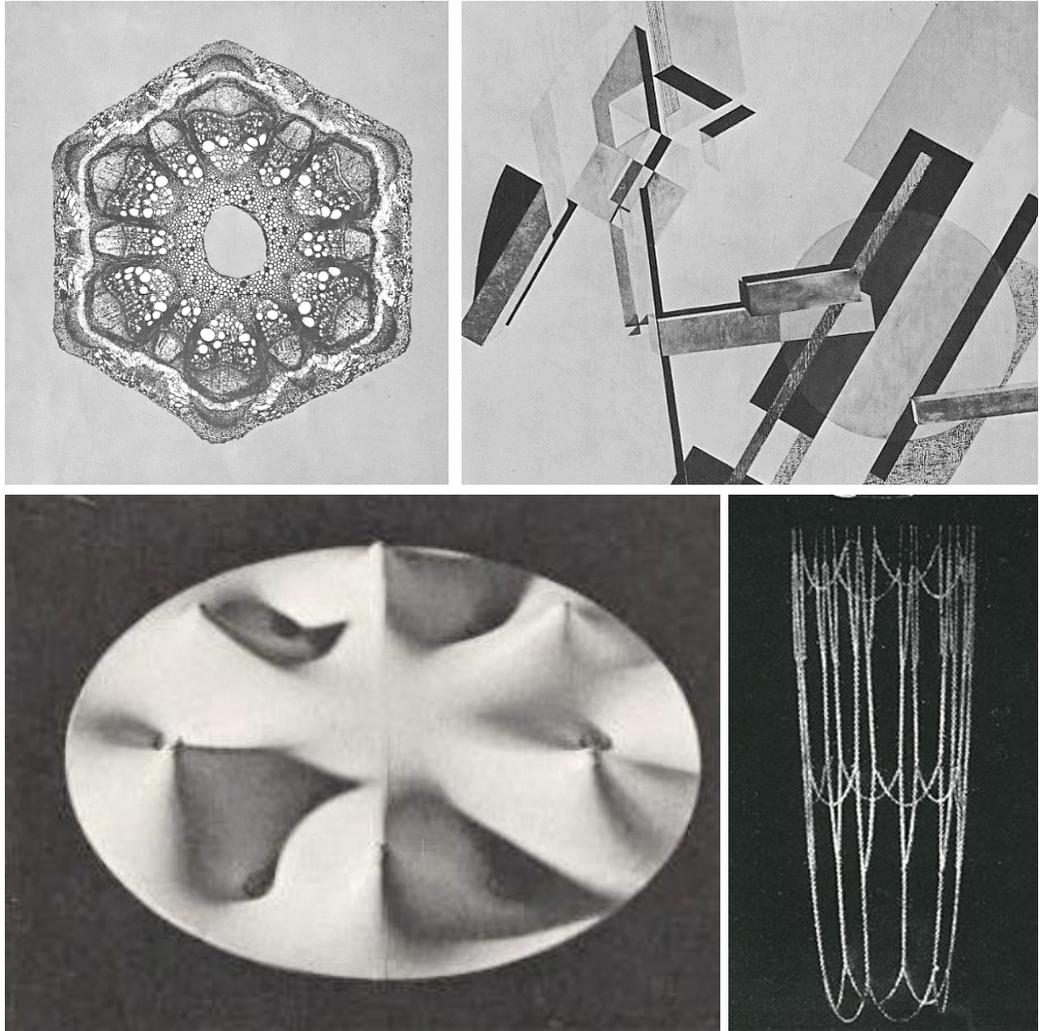


Figura 48. Alcune immagini affiancate nella sezione *Visual documents* in *Structure in Art and Science*: immagine al microscopio della sezione trasversale di un organismo vegetale. Fotografia di I. W. Bailey, Università di Harvard; El Lissitzky, *19D*, 1922; H. Caminos, *Modello per una struttura di copertura a membrana* F. Otto, *Modello di struttura a maglie esagonali realizzato con catene*.



Figura 49. E. Torroja, *Frontón Recoletos*, Madrid, 1936. La porzione portante non rivela alcuna trama, alcuno sforzo statico, la volontà è quella di raggiungere uniformità di luce e spazio. Il “tema” strutturale è, ironicamente, posto a sostegno della porzione vetrata.



Figura 50. P. Nervi, Aviorimessa per l'Aeronautica di Orbetello, 1935. Le linee di forza della superficie ricavata da una curva parabolica sono marcatamente denunciate, trasformandosi in tema compositivo oltre che strutturale.

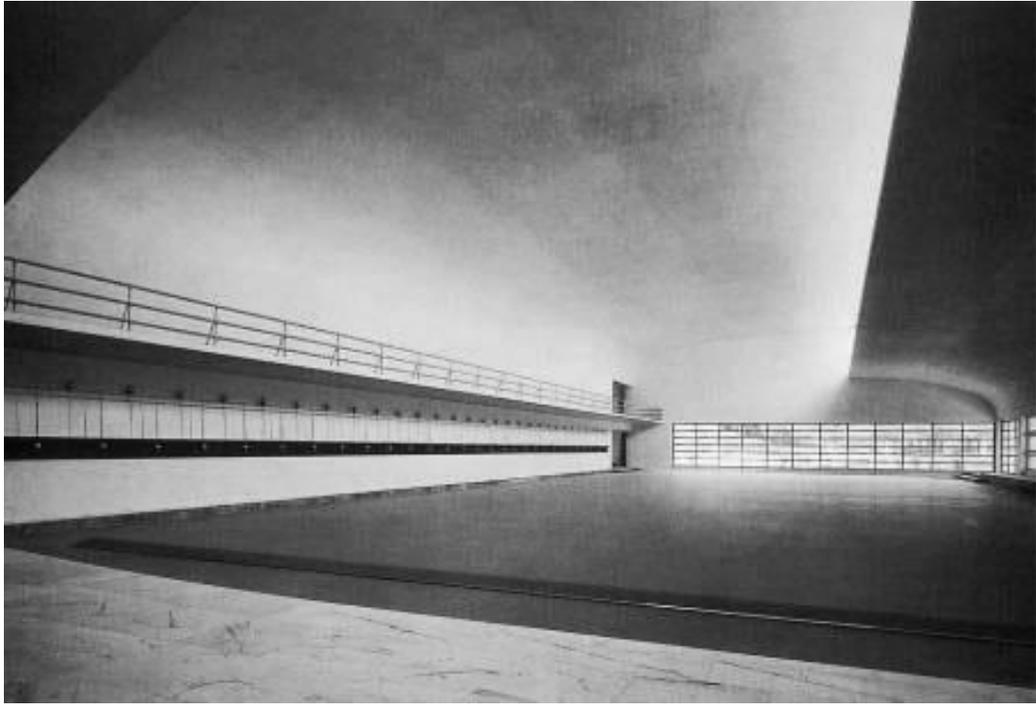


Figura 51. L. Moretti, *Casa balilla sperimentale (Casa delle Armi) al Foro Mussolini*, Sala della Scherma, Roma, 1933 - 1936. Come nel caso del Frontón Recoletos, Moretti lavora sulla composizione di due curve di diverse dimensioni (iperboliche e non circolari, in questo caso), per ottenere una distribuzione uniforme della luce e caratterizzare in un unico ambiente due diversi ambiti spaziali.

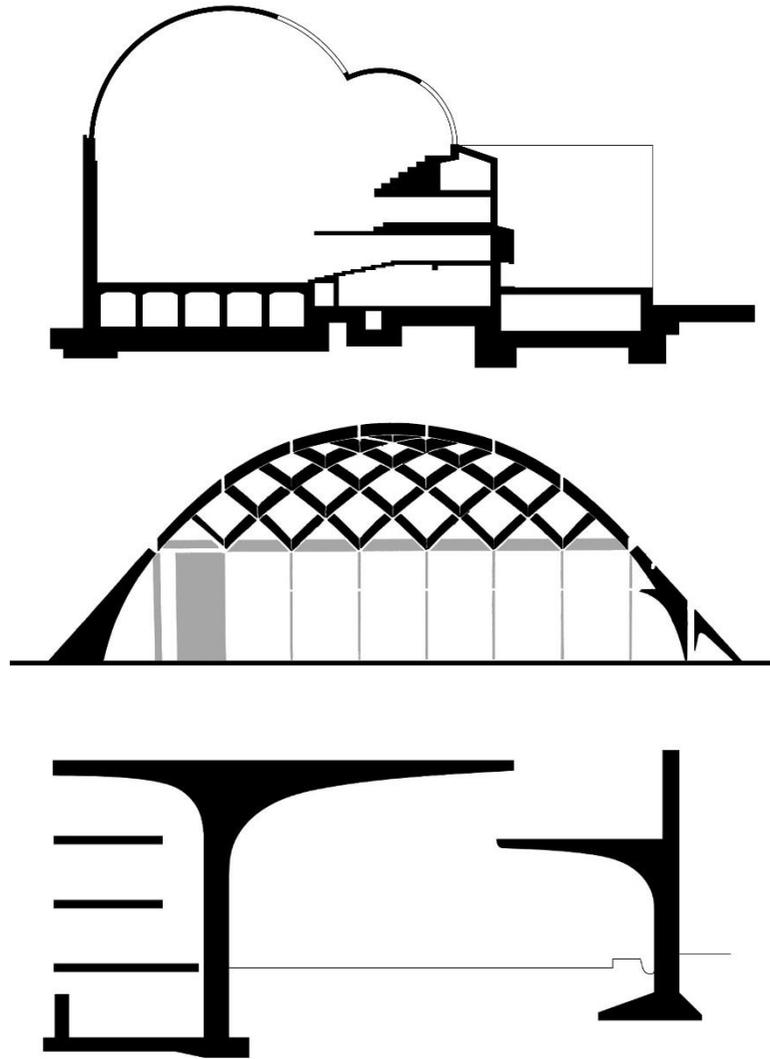


Figura 52. Un confronto tra le sezioni del Fronton Recoletos, l'Aviorimessa di Orbetello e la Casa delle Armi mostra affinità e differenze nel trattamento spaziale della curva: nel primo e nel terzo caso lo spazio è generato dall'affiancamento di due circonferenze nel caso di Torroja e di iperboli nel caso di Nervi, di diverse dimensioni (a seconda della qualità dello spazio da ricoprire), estruse secondo una direttrice rettilinea. Nel caso di Nervi la sezione parabolica è impostata sia trasversalmente sia longitudinalmente alla pianta (l'operazione spaziale non è quindi una semplice estrusione), e la superficie finale non è uniforme: essa è ottenuta dal montaggio di tutte le componenti costituenti le linee di forza, che sono volontariamente messe in luce.

Giocare con la geometria e la “Struttura”: Oscar Niemeyer e Louis Kahn

Non è infrequente vedere associato alla pratica compositiva di Oscar Niemeyer il lemma *free form*. Se paragonato all’approccio esaminato per Le Corbusier o Alvar Aalto, in cui l’esito progettuale fonda spesso su un delicato equilibrio degli opposti (una forma libera sottesa ad un sistema ortogonale), il risultato ottenuto dall’architetto brasiliano sovverte ogni schema precedente, e le sue curve sensuali sembrano derivare da una totale libertà espressiva. Come da lui stesso dichiarato:

I am attracted by free-flowing, sensuous curves. The curves I find on the mountains of my native land in the sinuous course of its rivers in the clouds in the sky, and on the body of the beloved woman⁹⁹.

L’articolo di Benamy Turkienicz e Rosirene Mayer *Oscar Niemeyer Curved Lines: Few Words Many Sentences*¹⁰⁰ propone una lettura completamente diversa delle curve e del loro uso nelle opere di Niemeyer, che sembra connettersi intimamente ad una questione cruciale legata al tema dell’impersonalità: l’utilizzo “personale”, autoriale, di uno specifico repertorio formale.

Il lavoro citato muove a partire da due questioni principali:

That of the apparent paradox between the concept of free forms and individual style; that of what elements and geometrical relations are determinant for the identification of an individual style¹⁰¹.

Ci si interroga anzitutto sull’apparente paradosso derivato dall’uso di forme libere, quindi generate randomicamente, e la loro associazione ad un ben definito stile individuale; in secondo luogo ci si chiede quali elementi, componenti e relazioni geometriche contribuiscano in generale alla creazione di tale stile. Se si esaminano in questa luce le opere progettate e realizzate dall’architetto brasiliano emerge un dato significativo: la grandissima varietà espressiva deriva da un repertorio formale in

⁹⁹ In J. PETIT, *Niemeyer: poeta da arquitetura*. Lugano: Fidia Edizione d’arte, 1995.

¹⁰⁰ B. Turkienicz, R. Mayer, *Oscar Niemeyer curved lines: few words many sentences*, in K. WILLIAMS, M. J. OSTWALD, *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future, Volume II: The 1500s to the Future*, Birkhauser, 2015, 389 – 405.

¹⁰¹ Ibid., p. 390.

realità piuttosto limitato. A partire da una ristretta “grammatica di forme”¹⁰², ed utilizzando una serie di specifiche operazioni matematiche, veri e propri meccanismi di controllo ed “addomesticamento” della curva, Niemeyer è in grado di fondare un nuovo “linguaggio”. La metafora letteraria, a cui ricorrono anche Turkienicz e Mayer nel loro articolo, non è casuale: vincoli grammaticali e sintattici permettono manifestazioni poetiche della più alta valenza, ed è lo stesso Niemeyer a ricorrere a questo paragone: “In Pampulha my architecture’s plastic vocabulary began to be defined, like an unexpected game of straight lines and curves”¹⁰³. Dalla griglia, quindi, si passa ad un sistema generativo e di controllo più complesso, ma pur sempre fondamentale.

Scopo dell’articolo è la ricostruzione di questa grammatica e di tali meccanismi di controllo, basandosi sull’analisi di venti edifici progettati tra il 1943 e il 2003, in cui naturalmente la curva è riconosciuta come tema spaziale fondativo:

Assuming that all 20 buildings were different from each other, the goal was to describe their volumes (according to the Shape Grammar model) using the smallest set of rules and operations¹⁰⁴.

Ulteriore obiettivo è utilizzare il “minor numero di regole” per descrivere il volume finito. In sintesi quindi, e semplificando, sono quattro gli elementi utilizzati: una “generatrice”, cioè una delle forme del “vocabolario”; una operazione spaziale ad essa associata, che consenta di trasformare la forma in volume (traslazione o rotazione, ad esempio); una serie di azioni complementari ad essa, quali addizione, sottrazione, scala, intersezione, riflessione; una “direttrice” principale, cioè la direzione imposta a tali operazioni. Un ulteriore aspetto degno di nota, emerso in corso d’opera e dichiarato dagli stessi autori, è la dipendenza profonda della scelta di ognuno di questi elementi dal contesto reale, dal luogo e dalle condizioni di contorno. Tale precisazione è fondamentale, perché svincola l’intera operazione compositiva dai rischi di una procedura formale super imposta.

¹⁰² Il lemma “shape grammar” è utilizzato dagli stessi autori più volte nel testo, si veda p.391.

¹⁰³ O. Niemeyer, *My Architecture 1937 – 2004*, Revan, Rio De Janeiro, 2004, p.153.

¹⁰⁴ B. TURKIENICZ, R. MAYER, *Oscar Niemeyer curved lines: few words many sentences*, in K. WILLIAMS, M. J. OSTWALD, *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future, Volume II: The 1500s to the Future*, Birkhauser, 2015, p. 391.

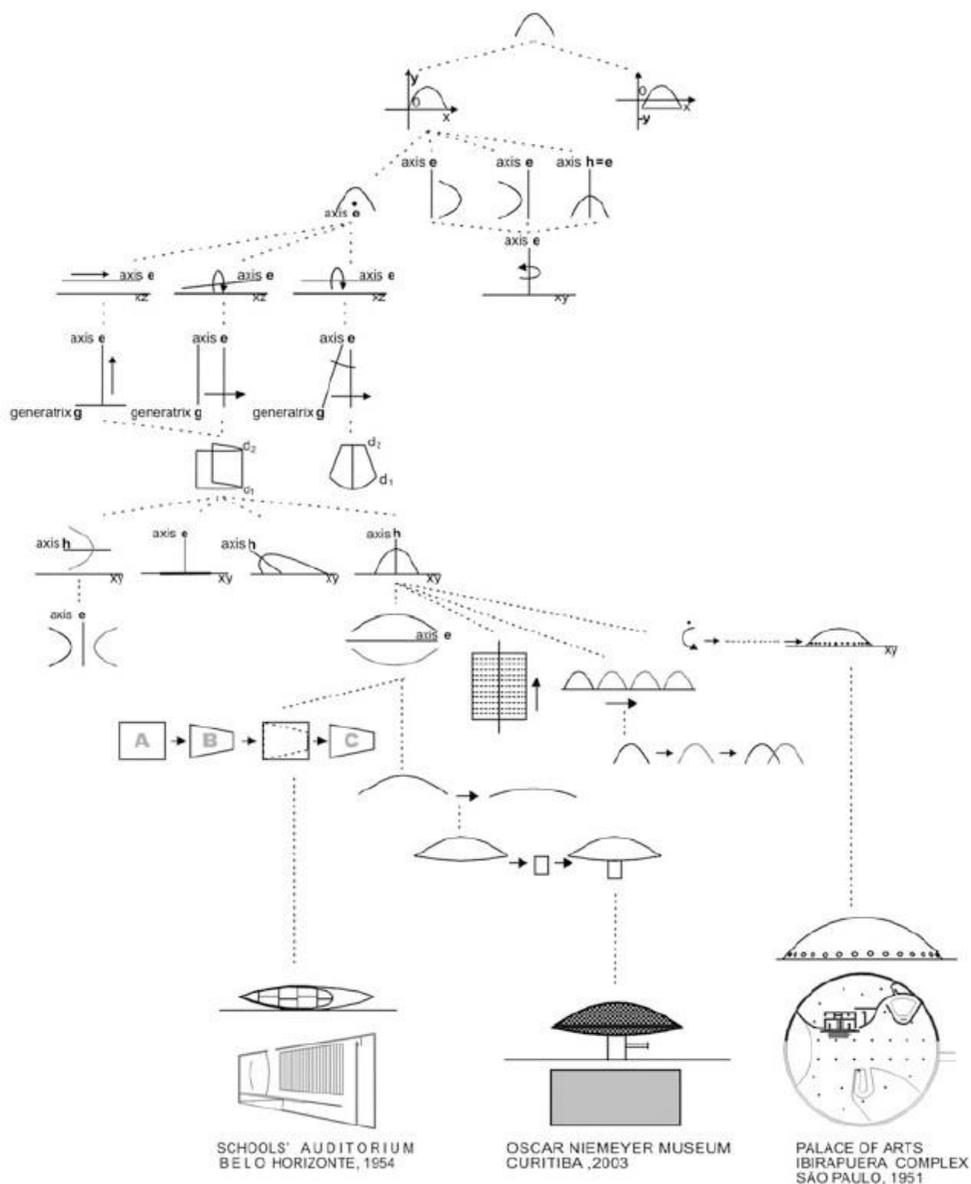


Figura 53. Diagramma tratto dall'articolo *Oscar Niemeyer curved lines: few words many sentences* che illustra la sequenza di regole alla base della generazione dei volumi dell'Auditorium di Belo Horizonte, il Museo di Curitiba, il Complesso di Ibirapuera.

Lo schema sovrastante, presentato nello stesso articolo, costituisce un esempio dell'intero processo di analisi: esso mostra come alla base dei progetti dell'Auditorium Belo Horizonte (1954), del Museo di Curitiba (2003) e del Complesso di Ibirapuera a San Paolo (1951) vi sia la stessa "generatrice", cioè una forma matematica parabolica di sezione. A partire da quest'ultima, e utilizzando diverse operazioni spaziali, azioni complementari ed una diversa direttrice, si approda a soluzioni spaziali del tutto diverse. Nello specifico, si nota come nel primo caso essa risulti dalla riflessione e traslazione della parabola lungo una direttrice inclinata su ambo i lati rispetto ad un iniziale sistema cartesiano (il risultato in pianta è un trapezio); nel secondo derivi dalla riflessione, deformazione e traslazione della stessa parabola lungo un asse orizzontale (ne consegue un rettangolo); nel terzo, il caso più semplice, la parabola viene ruotata attorno al suo asse generando una pianta circolare. E' evidente che da un simile approccio generativo risulti una interdipendenza profonda di pianta e sezione.

Al termine della loro analisi, per il cui sviluppo dettagliato si rimanda all'articolo in questione, Turkienicz e Mayer individuano due famiglie di curve ricorrenti: le curve coniche (specialmente la parabola), e le curve composite. Meno frequente, ma comunque presente, l'uso di curve iperboliche ed ellittiche. Appartiene al mondo delle coniche la generatrice utilizzata per la cattedrale di Brasilia (1958): in questo caso, un ramo di iperbole viene specchiato in sezione e sottoposto in pianta ad un processo di rotazione attorno ad un dato centro, sino ad ottenere i sedici elementi che costituiscono l'ossatura di copertura. La curva scelta non è casuale: più ancora della parabola, l'iperbole evoca una sensazione spaziale di ascesa, di tensione verso l'alto, decisamente efficace per uno spazio sacro comunitario.

Per dimostrare quanto Niemeyer fosse affascinato e attirato dalla forma parabolica, ma anche come essa possa essere ottenuta anche componendo più elementi e non ricorrendo soltanto alla pura forma geometrica, è significativo un passaggio in cui l'architetto descrive il processo di formazione della sede del Congresso Nazionale del Brasile:

(...) when I decided to adopt the cupola at the National Congress building (...) I have tried to work it in a plastic manner, modifying it, turning the curve upside down,

trying to make it lighter (...) In the Senate's cupola, overriding the self bearing characteristics offered by the primitive shape the hemisphere and departing from the supporting circle line I have designed straight lines aiming at the same sensation of lightness (...) After inverting the National Congress cupola I explored its lines horizontally aiming at two goals: to increase the internal visibility angles and, at the same time, trying to give the sensation as it has simply "landed" at the Congress rooftop. I remember Joaquim Cardozo's telephone call: "Oscar, I have found the tangent which will allow the cupola to be set free, according to your will"¹⁰⁵.

Per la cupola del Senato, Niemeyer muove a partire da una forma emisferica, sicuramente ottimale da un punto di vista di caratteristiche di autosostegno statico, ma non soddisfacente sotto il profilo formale perché troppo "pesante". L'obiettivo da raggiungere è una sensazione di maggior leggerezza, quasi come se l'oggetto architettonico si fosse adagiato sul tetto del Congresso. L'architetto ricorre ad una serie di operazioni esplorative (ribaltamento, deformazione...) ed approda alla fine, grazie all'osservazione del profilo iniziale ribaltato (usato poi per la seconda copertura), ad una soluzione che trasforma l'emisfero in una parabola, tramite individuazione delle due tangenti alla curva iniziale che ne permettono comunque l'auto portanza. Componendo una porzione di semisfera e due tangenti, si ottiene la curva finale.

Un altro esempio di curva composta è quella utilizzata per il Memorial Latin America di San Paolo (1988): la forma finale deriva dalla somma di tre archi di circonferenza e sei segmenti, tangenti a due a due alle circonferenze date. Niemeyer individua la cellula base (costituita da un arco di circonferenza e due segmenti) e la sottopone ad una operazione di scala, rotazione e riflessione, sino a formare il profilo tripartito e ritmicamente vario di copertura, successivamente estruso lungo un asse orizzontale al piano di calpestio.

¹⁰⁵ O. Niemeyer, *Conversa de arquitecto*, Revan, Rio De Janeiro, 1993, p.12.

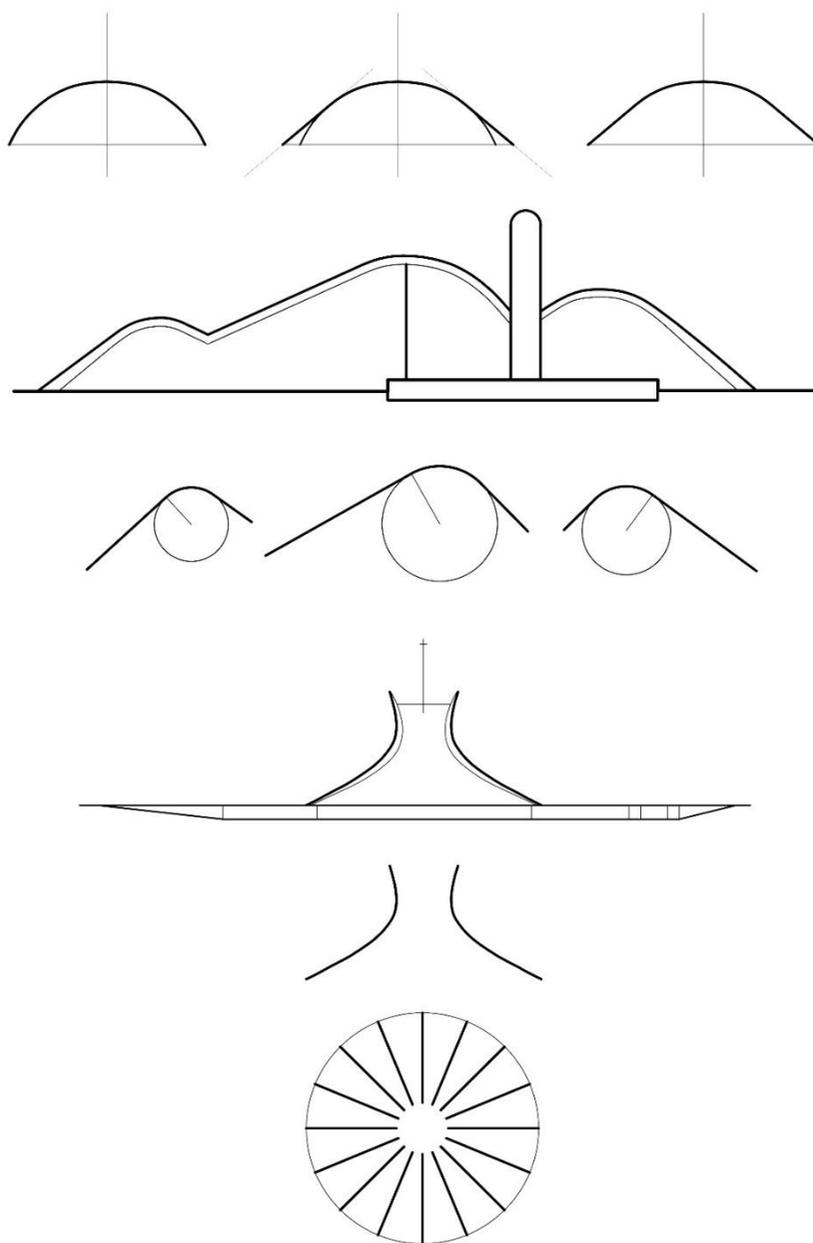


Figura 54. In questa pagina e nella precedente, ricostruzione grafica a cura dell'autore della struttura geometrica alla base della generazione delle curve composite delle cupole del Congresso Nazionale del Brasile, delle volte del Memorial Latin America e del trattamento spaziale dell'iperbole della Chiesa di Brasilia.

La distribuzione delle due tipologie di curva, conica e composita, vede infine una concentrazione del primo tipo in sezione, del secondo in pianta: questo risultato (naturalmente approssimato) può essere esteso a tutto il contesto della progettazione architettonica, sino alla comparsa dello strumento informatico. Per quanto il cemento armato permettesse di ricorrere ad una curva continua (appartenente, in questo caso, al secondo tipo) anche in sezione (è quello che farà Utzon con la Chiesa a Bagsvaerd), è evidente che una fondamentale ed iniziale necessità statica abbia condotto anche alla definizione di una “estetica della sezione”, con logiche spaziali diverse da quelle di pianta (il lavoro sulla sinuosità, sull’alternanza di spazi concavi e convessi, è tipicamente legato alla percorrenza dello spazio da parte dell’individuo, e quindi alla pianta). Il controllo sulla curva permesso dal digitale sembra annullare questa distinzione, uniformando i due ambiti spaziali¹⁰⁶.

La composizione di archi di circonferenza e segmenti rettilinei è un tema ricorrente in questa ricerca, ma nel caso di Niemeyer occorre mettere in luce un aspetto fondamentale: la concezione della retta come caso speciale di curva. A livello matematico, in effetti, la curva può essere associata ad una specifica funzione polinomiale, e la trasposizione grafica di un polinomio di grado uno non è altro che una retta¹⁰⁷:

Composite curves are a designation adopted in this study for the composition of curves: considering the straight line a special case of curve (first degree polynomial), mixed lines constitute a special case of curve composition¹⁰⁸.

Tale considerazione è rilevante soprattutto a livello concettuale: nella generazione spaziale di forme continue il tratto rettilineo in questo caso non è altro che una porzione di curva di particolare tensione. Può dirsi lo stesso al contrario? Può una curva essere utilizzata come forma ortogonale?

¹⁰⁶ La considerazione naturalmente nasce da una generalizzazione, che ha lo scopo di individuare una tendenza non una regola.

¹⁰⁷ A livello matematico, si definisce “funzione polinomiale” una funzione definita da un polinomio di grado n e indeterminata x : a livello grafico, dal grado di n discende la forma della funzione: se $n=0$ si ha una funzione costante, se $n=1$ si ha una funzione lineare, se $n=2$ si ha una parabola. Se n è maggiore di 2 per indagare la convessità e la concavità della curva occorrono ulteriori analisi.

¹⁰⁸ B. Turkienicz, R. Mayer, *Oscar Niemeyer curved lines: few words many sentences*, in K. Williams, M. J. Ostwald, *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future, Volume II: The 1500s to the Future*, Birkhauser, 2015, p. 397.

Nell' articolo "The Superimposition of Circles Cut into Louis I. Kahn's Building Façades"¹⁰⁹ Jin-Ho Park e Ganzorig Baldanchoijil studiano il modo in cui Louis Kahn utilizza il cerchio (in particolare in facciata) come principio geometrico ordinatore e veicolo di espressione formale in grado di unire composizione, costruzione ed uso del materiale. La ricostruzione grafica sottostante mostra la struttura alla base del disegno dei prospetti Nord Est dell'Istituto Indiano di Management (Ahmedabad, 1962 – 1974): ogni apertura è composta da una serie di tre archi che sovrastano una forma rettangolare. Il sistema di tre archi, a sua volta, è originato da una serie di circonferenze concentriche, intimamente connesse anche alle forme quadrangolari da una ben definita successione di rapporti:

The façades are composed of three concentric circles that share the same center and axis. The middle circle C2, is rooted from the inner circle C1, which is proportional to $r_1:r_2 = 1:1.5$. The circle C3 defines the location of the top arch, which is also proportional to the inner circle C1, which is $r_1:r_3 = 1:2.5$. The overall ratio with regard to each length of their ratio is $r_1:r_2:r_3 = 1:1.5:2.5$, respectively. A relative comparison among the circles reveals that C1 becomes a unit circle, while r_2 and circle C2 and C3 grow out of the sum of unit circles. In addition, circles and their square openings in the façade are geometrically connected with regard to the radius of the unit circle. The inner circle is drawn around the central square, which is a passage walkway. The length of the square is equal to the chord of the top arch. The length is divided into four identical parts. Two parts become the chord of the middle arch as well as the length of the top square. They are all set symmetrically along the central vertical axis. Each chord becomes the level of the concrete lintel buttressing the two ends of the brick arch¹¹⁰.

Il medesimo principio è utilizzato per costruire le aperture delle facciate dei muri del corridoio che collegano gli uffici di facoltà alla biblioteca, dei passaggi di collegamento e del blocco dello studentato¹¹¹, ma lo schema non è mai imposto a priori: deriva sempre da una volontà di sintesi tra struttura, materia e luce. Il modulo base di costruzione geometrica, anche delle porzioni rettilinee, è sempre una

¹⁰⁹ Jin-Ho Park & G. Baldanchoijil, *The Superimposition of Circles Cut into Louis I. Kahn's Building Façades*, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2004, pp. 389-396.

¹¹⁰ Ibid., p. 391.

¹¹¹ Per una descrizione esaustiva delle relazioni geometriche alla base dei disegni di facciata si rimanda all'articolo in questione.

circonferenza, ma la successione di moduli curvilinei regolari è individuata con lo stesso rigore di una griglia ortogonale, e rimanda a ben più antiche tendenze¹¹².

Anche nei progetti dell' Edificio dell'Assemblea Nazionale e dell'Ospedale centrale Ayub a Dacca (1962 – 1974), Kahn fa del sistema costruttivo scelto (l'arco, il cui utilizzo è “suggerito” dallo stesso materiale utilizzato¹¹³) un canone estetico il cui influsso si estende a qualsiasi tipo di apertura. Essa diventa sì circolare, ma assume una regolarità e una purezza tali da essere più vicina al mondo della retta che della curva. Non a caso, gli autori definiscono la forma delle aperture “an expansion of typical square openings”¹¹⁴, quasi come se gli archi di circonferenza fossero dei “casi particolari” di retta, quasi come se il rettangolo canonico della finestra o della porta si fosse “espanso” per favorire il passaggio di aria e luce.

Particolarmente interessante è il trattamento riservato alla successione di tre muri che delimitano l'ingresso all'Ospedale: ognuno di essi è caratterizzato da una serie regolare (o alternata) di aperture costituite da un modulo formato da due circonferenze di diverso diametro (costruite, come nel caso dell'Istituto Indiano di Management, a partire da una circonferenza-base), da cui sono ricavate due differenti aperture: a variare è soltanto l'inferiore, perché la forma della superiore è conservata in tutti e tre gli ambiti. L'esperienza spaziale che risulta dal passaggio attraverso ambienti così dinamicamente ma razionalmente delimitati deve la sua ricchezza proprio a questa “espansione” della retta in curva regolare.

¹¹² Una costruzione simile di temi spaziali e di facciata si ritrova nelle architetture tradizionali medioorientali, ma è anche tipica dell'architettura gotica.

¹¹³ A p. 390 dell'articolo in questione gli autori citano una celeberrima frase di Kahn sul rapporto tra materiale e sistema costruttivo: "I asked the brick, What do you like, Brick? And the brick said, I like an arch".

¹¹⁴ Jin-Ho Park & G. Baldanchoijil, *The Superimposition of Circles Cut into Louis I. Kahn's Building Façades*, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2004, p. 394.

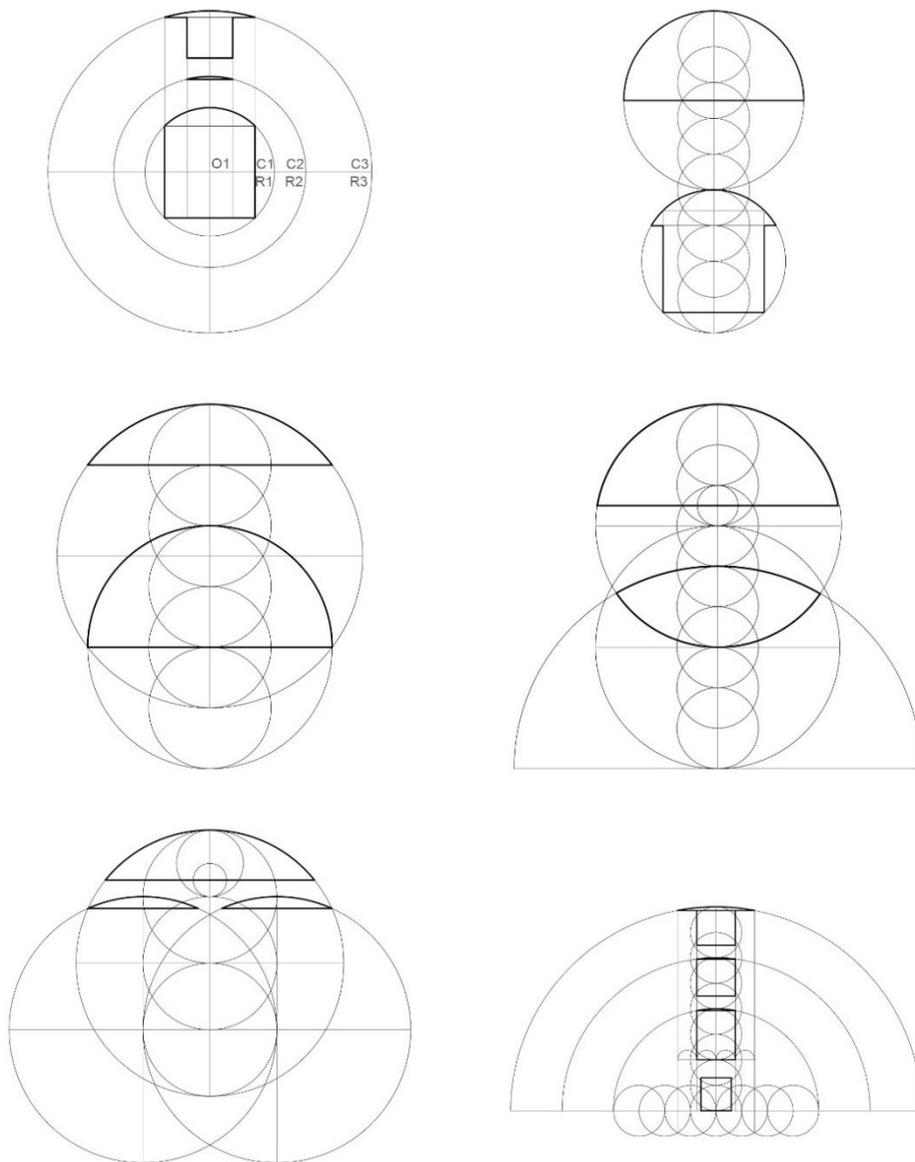


Figura 55. Ricostruzione grafica a cura dell'autore della struttura geometrica generativa dei sistemi di facciata della parete Nord Est, dei corridoi, dei passaggi, dei prospetti del dormitorio, della porzione Sud Est del blocco dello studentato e del blocco degli uffici dell'Istituto Indiano di Management di Ahmedabad. Gli schemi sono ripresi dalla ricerca citata.

Figura 56. Particolare fotografico di alcune facciate (blocco uffici e corridoi) dell'IIM.

Fonte: ©Jeroen Verrecht

Immagini successive, figura 57: gli spazi di soglia dell'Ospedale di Dacca.

Fonte: Archivio Fotografico Domus



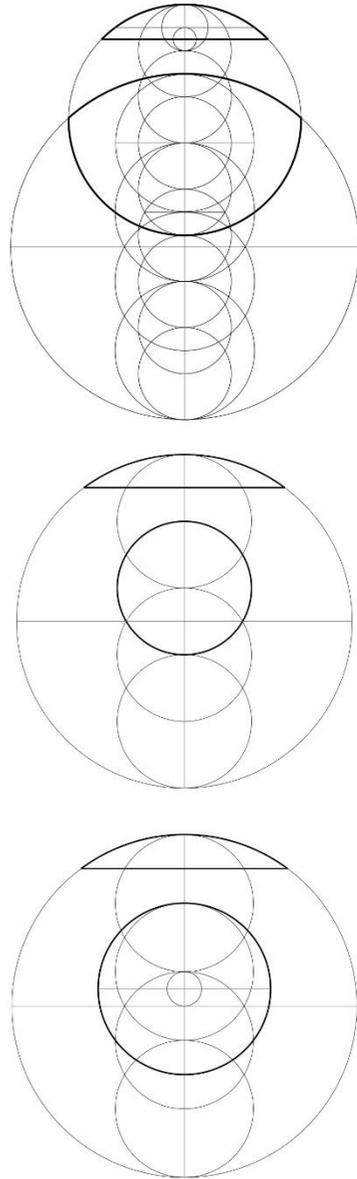
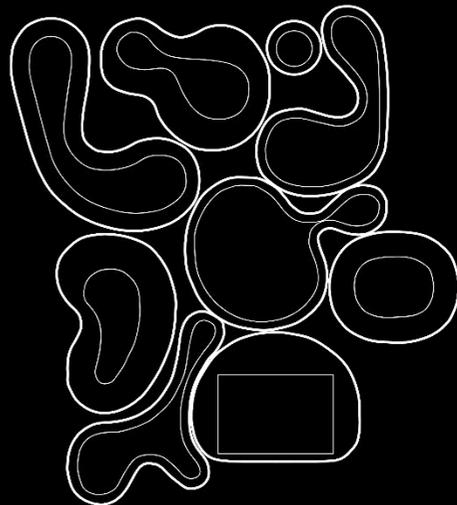
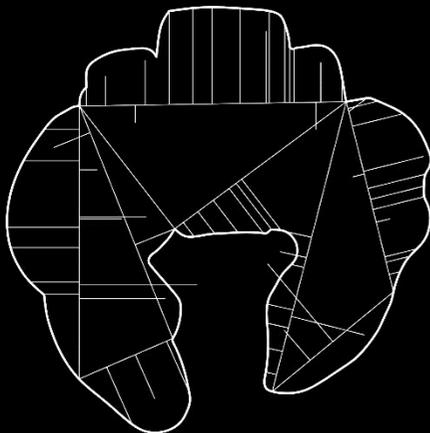
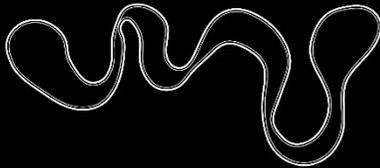
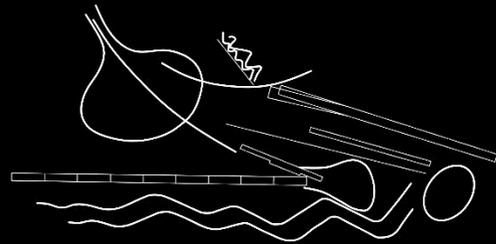
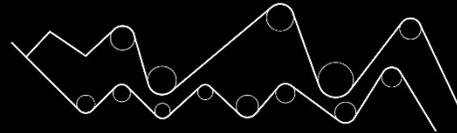
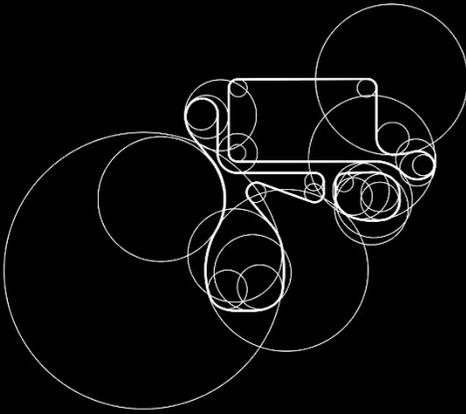
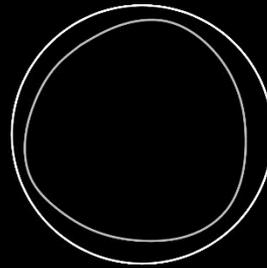
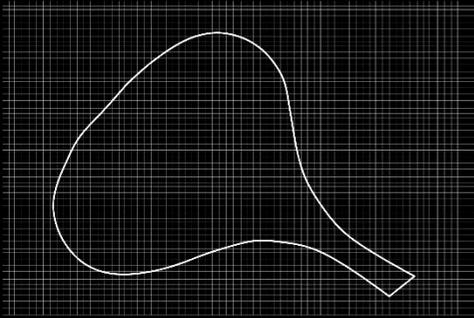


Figura 58. Ricostruzione grafica a cura dell'autore della struttura geometrica generativa dei sistemi di facciata di ingresso all'Ospedale Ayub di Dacca (schemi ripresi dalla ricerca citata)





Capitolo 4

Le basi teoriche per una interpretazione contemporanea della forma curvilinea

E' lecito a questo punto chiedersi quali siano le manifestazioni contemporanee di un uso ed una costruzione analogica della curva e quali le affinità, i legami e le differenze con quelle sino ad ora esaminate. Il testo "The Digital Turn in Architecture 1992 - 2012"¹¹⁵ costituisce a questo proposito una fonte rilevante e un fondamentale punto di partenza. Seppur dichiaratamente dedicati al rapporto tra rivoluzione informatica e composizione architettonica, alcuni dei ventisei saggi contenuti nel volume stimolano riflessioni che travalicano confini esplicitamente tracciati. Nel suo scritto "Folding in Architecture"¹¹⁶ Greg Lynn elabora una nozione di curvilineo che non sembra emergere dal rapporto con lo strumento digitale, ma dalla teoria architettonica in sé. Lynn muove dall'analisi dei tre testi *Complexity and Contradiction in Architecture* di Robert Venturi¹¹⁷, *Collage City* di Colin Rowe e Koetter¹¹⁸, *Deconstructivist Architecture* di Mark Wigley e Philip Johnson¹¹⁹, considerati le fondamenta teoriche di un metodo compositivo basato sullo sviluppo di strategie formali votate alla discontinuità, al frammento, alla diagonale, alla incongruità e all'opposizione. La contraddizione e l'eterogeneità divengono paradigmatiche per rappresentare una alternativa dichiaratamente sviluppata in contrapposizione alla ricerca di unità e alla volontà di ricostruzione proprie di movimenti come il Neo Modernismo o il Regionalismo¹²⁰. Lynn presenta una terza via, alternativa ma non dialetticamente opposta, delineatasi nella teoria della composizione, a partire da una

¹¹⁵ M. Carpo (a cura di), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons Ltd, UK, 2013.

¹¹⁶ G. LYNN, *Folding in Architecture*, in M. Carpo (ed.), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons, UK, 2013, 28 – 47.

¹¹⁷ R. Venturi, *Complexity and Contradiction in Architecture*, New York, I ed. Originale 1966.

¹¹⁸ C. Rowe, F. Koetter, *Collage City*, The MIT Press, I ed. 1983.

¹¹⁹ P. Johnson, M. Wigley, *Deconstructivist Architecture*, New York, 1988.

¹²⁰ "Unity is constructed through one of two strategies: either by reconstructing a continuous architectural language through historical analyses (Neo-Classicism or Neo- Modernism) or by identifying local consistencies resulting from indigenous climates, materials, traditions or technologies (Regionalism). The internal orders of Neo-Classicism, Neo-Modernism and Regionalism conventionally repress the cultural and contextual discontinuities that are necessary for a logic of contradiction". (G. LYNN, *Folding in Architecture*, in M. Carpo (ed.), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons, UK, 2013, p. 29).

diversa interpretazione del concetto di “complessità”: non più contraddizione in opposizione ad una ricerca di unità, ma più associabile alla deleuziana “flessibilità” e “levigatezza”.

Complessità e complicazione

Nelle sue riflessioni sulla piega¹²¹, Deleuze aveva infatti posto l’attenzione sulla diversa radice delle parole “complessità” e “complicazione”. Se il plesso [dal lat. mediev. *plexus*, der. del lat. *plectere* «intrecciare»]¹²² è definibile come intreccio, viluppo, la *plica* [dal lat. *plica*, «piega»]¹²³ è direttamente associabile al coinvolgimento di forze esterne in un processo di piegatura; in biologia si usa in effetti questo lemma per indicare lo sviluppo dell’embrione a partire da una serie di movimenti di ripiegatura su se stesso. La “complicazione” coinvolge una “ (...) serie intricata di particolarità estrinseche in una rete complessa”¹²⁴: complicarsi significa piegarsi. La stessa moltiplicazione può in quest’ottica esser vista non come atto di mera addizione. Un sistema “complesso” è invece costituito da una rete intricata di connessioni locali all’interno di un unico sistema continuo, che rimane aperto a nuovi movimenti e fluttuazioni (come nel sistema nervoso o nelle reti fungine). La complicazione di un plesso, secondo Deleuze, è ciò che può definirsi complessità:

Thus, a plexial event cannot occur at any discrete point. A multiply plexed system – a complex – cannot be reduced to mathematical exactitude, it must be described with rigorous probability¹²⁵.

Gilles Deleuze aveva inoltre da poco postulato la nozione di “smoothness” (levigatezza) come “variazione continua” e “continuo sviluppo della forma”. Una sensibilità architettonica più votata a questo tipo di flessibilità “ (...) valorizza le alleanze, piuttosto che i conflitti tra elementi. Flessibilità implica prima una flessibilità interna e in secondo luogo una dipendenza da forze esterne per l’auto-

¹²¹ G. Deleuze, *La piega. Leibniz e il Barocco*, Piccola Biblioteca Einaudi, 2004.

¹²² Treccani.

¹²³ Ibid.

¹²⁴ Ibid.

¹²⁵ G. LYNN, *Folding in Architecture*, in M. Carpo (ed.), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons, UK, 2013, p. 37.

definizione”¹²⁶. Lynn ricorre alla teoria culinaria per meglio esplicitare l’immagine di una miscela continua generata dal *folding*, cioè da questo tipo di piegatura flessibile (com-plicazione, appunto). In cucina esistono almeno tre tipologie di miscele: una prima è ottenuta dalla manipolazione di elementi omogenei e comporta la modifica del volume (ma non la natura) di un liquido attraverso la sua agitazione (battere, sbattere, frustare sono tutte operazioni proprie di quest’ambito); nella seconda due o più elementi diversi sono incorporati (tritare, sminuzzare, macinare, affettare sono azioni tipo); nella miscela ottenuta dal *folding*, invece, più ingredienti vengono mescolati attraverso ribaltamenti ripetuti e delicati, in modo che le loro caratteristiche individuali vengano mantenute. Il processo è simile a quello che avviene in ambito geologico, quando la sedimentazione di materiali eterogenei genera gradualmente un *plateau* di strati compatti, compressi da forze esterne in un continuo nè omogeneo nè frammentato, ma liscio ed eterogeneo:

The heterogeneous elements within a mixture have no proper relation with one another. Likewise, the external force that intricates these elements with one another is outside the individual elements’ control or prediction¹²⁷.

Per meglio esplicitare la natura di queste forze esterne, l’autore ricorre al concetto di “vicissitudine” illustrato da Deleuze in *A Thousand Plateaus*¹²⁸: eventi imprevisti, che generano relazioni e connessioni impreviste all’interno di un sistema. L’autoregolazione del sistema in risposta a questi eventi è simile a quello dei fluidi viscosi, che raggiungono una stabilità interna in maniera direttamente proporzionale alle pressioni esterne su di essi esercitate e divengono più simili a solidi, capaci di cedere continuamente sotto una sollecitazione, senza arrivare a rottura. Logicamente dedotto è il passaggio all’ambito spaziale:

Viscous space would exhibit a related cohesive stability in response to adjacent pressures and a stickiness or adhesion to adjacent elements. Viscous relations such as these are not reducible to any single or holistic organisation. Forms of viscosity and pliability cannot be examined outside the vicissitudinous connections and forces with

¹²⁶ G. Deleuze in *La piega. Leibniz e il Barocco*.

¹²⁷ G. Lynn, *Folding in Architecture*, in M. Carpo (ed.), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons, UK, 2013, p. 31.

¹²⁸ G. Deleuze, F. Guattari, *A thousand plateaus*, Les Editions de Minuit, Paris, 1980.

which their deformation is intensively involved. The nature of pliant forms is that they are sticky and flexible. Things tend to adhere to them. As pliant forms are manipulated and deformed, the things that stick to their surfaces become incorporated within their interiors¹²⁹.

La transizione illustrata (avvenuta secondo Lynn entro lo stesso confine generazionale¹³⁰) è quella da una teoria decostruttivista, in cui l'origine del progetto si colloca nella discontinuità e nella rappresentazione formale del conflitto, ad uno "stile Neo-Barocco o anche Espressionista di forme curve"¹³¹ che sfrutta le discontinuità non rappresentandole formalmente, ma integrandole in un continuo flessibile. Da qui una nozione di curvilinearità caratterizzata dal coinvolgimento di forze esterne nel processo di sviluppo della forma. Parafrasando l'autore: se i sistemi omogenei e guidati da una logica interna si estendono secondo linee rette, gli sviluppi curvilinei risultano naturalmente dall'introduzione della componente "influenza esterna", sia essa strutturale, economica, estetica, politica o topografica. E' la stessa curvilinearità indagata da Deleuze in *La Piega: Leibniz e il Barocco* o postulata da Renè Thom nella *Teoria delle catastrofi*¹³².

¹²⁹ G. Lynn, *Folding in Architecture*, in M. Carpo (ed.), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons, UK, 2013, p. 32.

¹³⁰ In *Foldig in Architecture* si legge (p.32): Along with a group of younger architects, the projects that best represent pliancy, not coincidentally, are being produced by many of the same architects previously involved in the valorisation of contradictions. Deconstructivism theorised the world as a site of differences in order that architecture could represent these contradictions in form. This contradictory logic is beginning to soften in order to exploit more fully the particularities of urban and cultural contexts. This is a reasonable transition, as the Deconstructivists originated their projects with the internal discontinuities they uncovered within buildings and sites. These same architects are beginning to employ urban strategies which exploit discontinuities, not by representing them in formal collisions, but by affiliating them with one another through continuous flexible systems.

¹³¹ Ibid., p.32

¹³² Con il termine matematico "catastrofe" ci si riferisce al "brusco cambiamento della struttura dell'evoluzione di un sistema di equazioni differenziali come risposta a un piccolo cambiamento del valore dei parametri" (Treccani). La teoria, iniziata dal matematico e filosofo francese Renè Thom, è tanto rilevante perchè costituisce in realtà una lettura matematica della morfogenesi e testimonia il fondamentale tentativo di indagare i cambiamenti discontinui che interessano fenomeni biologici, fisici ed antropologici (esempi di cambiamenti improvvisi causati da una brusca alterazione di parametri sono i cedimenti strutturali, i cambiamenti di fase, il crollo dei mercati). Indipendentemente dal fenomeno a cui ci si riferisca, però, i punti di instabilità che conducono tali sistemi ad assumere nuove configurazioni hanno curiosamente una topologia ripetibile. Thom individua sette catastrofi elementari, ognuna descritta da una particolare forma curvilinea: piega, cuspidi, coda di rondine, farfalla, ombelico ellittico o piramide, ombelico iperbolico o portafoglio, ombelico parabolico o fungo.

Esatto, inesatto, anesatto

Da tale nozione di continuo curvilineo non può che generarsi un universo di forme “nè geometricamente esatte nè arbitrariamente figurative”¹³³. Il primo esempio proposto è quello delle strutture dell’architetto giapponese Shoen Yho, che esibiscono questa logica di “continuo differenziato in accordo alla contingenza” senza aderire a nessun tipo di esattezza geometrica¹³⁴. E’ qui che Greg Lynn, utilizzando come riferimento concettuale la “Edmund Husserl’s Origin of Geometry: An Introduction”¹³⁵ di Jacques Derrida, propone una distinzione tra geometrie esatte, inesatte e anesatte. Appartengono al primo tipo entità geometriche che possono essere ricondotte ad una serie fissa di sistemi e regole matematiche, e che sono quindi esattamente riproducibili. La possibilità di misura e riproducibilità dell’inesatto è al contrario molto ridotta, perché quest’ultimo è privo di qualsiasi forma di precisione. L’anesatto si discosta da entrambi, perché pur non appartenendo ad una serie finita e limitata di geometrie ideali, possiede un suo meno apparente rigore, che ne permette misura e riproducibilità. La nozione di sfera, definita dalla esatta formulazione geometrica di “superficie curva, luogo dei punti equidistanti da un punto interno detto centro”¹³⁶, si è conservata e si conserverà identica attraverso i secoli. Un oggetto arrotondato, “più o meno” sferico non sarà mai assolutamente uguale a se stesso. La stessa idea di rotondità, secondo Lynn, può esser solo associata ad una idea di probabilità, mai di esattezza, e una delle grandi sfide dell’Architettura contemporanea è quella di reinterpretare il legame esistente tra geometria esatta e questo tipo di modelli, molto più vicini alla forma organica. In “Multiplicitous and inorganic bodies”¹³⁷ si legge:

¹³³ G. Lynn, *Folding in Architecture*, in M. Carpo (ed.), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons, UK, 2013, p. 45.

¹³⁴ Ibid.

¹³⁵ J. Derrida, *Edmund Husserl’s Origin of Geometry: An Introduction*, Stony Brook, N.Y.: N. Hays, 1978.

¹³⁶ Treccani.

¹³⁷ G. Lynn, *Multiplicitous and in-Organic Bodies*, “Architectural Design”, Vol. 63, pp.33-49.

The challenge to architecture (...) is to write – in form – a monument that is irreducible to an ideal geometric type. To refuse the transcendence of static form, architecture must begin to describe the particular characteristics of incompleteness rejected by the exactitude of geometry and the symmetry of proportion¹³⁸.

La geometria in questo senso non è più la “misura statica di caratteristiche unitarie ed invarianti”¹³⁹, ma diventa quello che Deleuze e Guattari definiscono “piano di consistenza”, in cui avvengono trasformazioni differenziali.

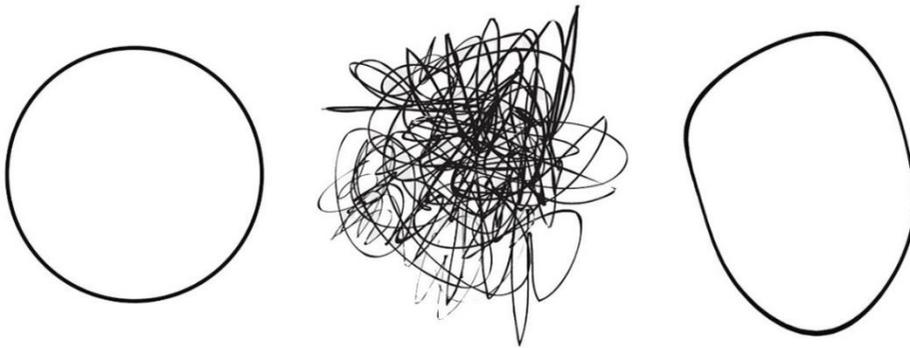


Figura 59. Un esempio di forma esatta, inesatta ed anesatta secondo la descrizione di Greg Lynn

Lynn associa questa particolare definizione al metodo di deformazione cartesiana elaborato nel 1917 dal morfologo D'Arcy Thompson nel suo “On Growth and Form”¹⁴⁰, in cui l'autore studia e descrive le variazioni della forma naturale organica in risposta a sollecitazioni esterne. Nelle trasformazioni di Thompson una particolare informazione influenza e trasforma una generica griglia cartesiana: l'allargamento dell'occhio in una determinata specie di pesce, dovuto all'innalzamento dell'acqua nel suo habitat naturale, o l'allungamento della coda in un altro. Ogni variazione è associata ad un input esterno e alla conseguente alterazione della griglia iniziale

¹³⁸ Ibid.

¹³⁹ Ibid., p. 35.

¹⁴⁰ W. Thompson, *On growth and form*, Cambridge University Press, 1917.

generica. La nozione di geometria proposta dall'autore agli inizi del Novecento precorre incredibilmente le ricerche di Lynn e sembra definire puntualmente l'idea di anesatto:

(...) Una geometria che si applica al reale che non ha un equivalente nel calcolo; molto vagamente si riferisce ad una certa deformazione logaritmica. Però è una geometria approssimata, che si dedica alle cose. Cercare somiglianze: in questo si basa il disegno come strumento di misura¹⁴¹.

Il concetto che qui preme sottolineare, perché rilevante ai fini di una indagine spaziale sul senso e sull'uso della curva, è quello di un particolare organismo o tipo spaziale complesso visto non come una entità statica e separata dal contesto, ma fortemente sensibile all'azione di forze e in rapporto strettissimo con qualsiasi forma di contingenza (un antecedente e rilevante studio si deve alla "Physiognomische Frgmente" di Johann Caspar Lavater, che nel 1803 esplora le trasformazioni evolutive che hanno portato "dalla rana ad Apollo"). Nelle pagine conclusive del suo articolo, Lynn descrive un progetto di ricerca personale datato 1991 per la città di Chicago, esemplificativo rispetto alle questioni trattate: è la Stranded Sears Tower, una interpretazione dell'omonimo edificio americano. L'estensione verticale del grattacielo è tradotta nello sviluppo orizzontale di nove "tubi" contigui, la cui configurazione morfologica è influenzata dalla topografia (l'argine dello Chicago River da un lato, la Wacker Drive dall'altro). La relazione spaziale tra i "tubi" non è di *esatto* parallelismo; essi sono, citando l'autore, "più o meno paralleli"¹⁴². Questa ricercata "anesattezza" genera legami con eventi contingenti (edifici vicini, ponti, strade, forma del terreno) che sarebbero stati repressi da una griglia più rigida. E' la conformazione stessa del sito poi ad alterare qualsiasi orientamento ideale: le deformazioni di torsione e piegatura non sono accidentali, ma impreviste, risultato

¹⁴¹ Ibid.

¹⁴² G. Lynn, *Multiplicitous and in-Organic Bodies*, "Architectural Design", Vol. 63, p. 43.

dell'interazione tra un ordine interno flessibile ed un sistema di forze esterne, proprio come i modelli studiati da Thompson.

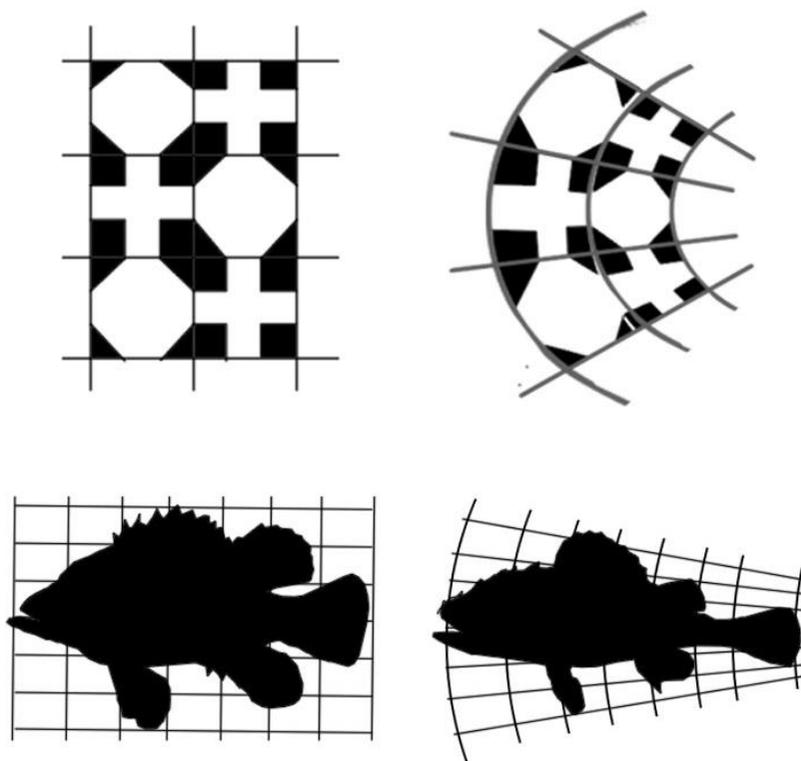


Figura 60. Il sistema cassettonato della volta del San Carlino viene ora riproposto e messo in relazione con una delle trasformazioni illustrate da Thompson in *On Growth and Form*: in entrambi i casi un sistema formale, inscritto in una griglia cartesiana regolare, subisce una deformazione a seguito dell'intervento di forze esterne, costituite nel secondo caso da contingenze naturali (che determinano un adattamento morfologico), nel primo da una tensione imposta, fusione di luce, materia, struttura.

Verso una geometria non euclidea

Il diverso approccio allo spazio ed alla geometria è associato dall'architetto Bernard Cache (ripreso da Patrik Schumacher in "The progress of geometry as design resource"¹⁴³) anche all'evoluzione della matematica: nel suo "Plea for Euclid" egli mostra come sino al diciottesimo secolo la geometria euclidea sia stato l'unico sistema di riferimento per la descrizione astratta dello spazio. Da una serie di teoremi sviluppati da Greci ed Egizi e sistematizzati da Euclide nel suo *Elementi*¹⁴⁴, è derivato un repertorio di forme piuttosto limitato (cubo, prisma rettangolare, cilindro, piramide e sfera sono stati i principali strumenti di controllo nella composizione), che ha visto un ampliamento significativo soltanto nell'ultimo secolo. Mentre però secondo Cache tale ampliamento deriva da una serie di ricerche e dibattiti teorici interni alla disciplina (la geometria *non euclidea* si sviluppa a partire dalla negazione o dalla soppressione di alcuni dei ventuno assiomi che David Hilbert nel 1899 in "Grundlagen der Geometrie"¹⁴⁵ aveva postulato per evolvere i cinque assiomi di Euclide e inserirli in un sistema saturo), secondo Schumacher questa espansione, in cui la geometria diviene una risorsa compositiva cruciale e che determina un cambiamento radicale rispetto al Modernismo, al Post Modern e al Decostruttivismo, deriva direttamente dalla rivoluzione digitale. Lo strumento informatico permette non solo di svelare l'ordine dietro processi apparentemente caotici e complessi (come quelli di auto organizzazione e crescita spontanea), ma consente anche la creazione di entità geometriche di base del tutto nuove (splines, superfici nurbs, blobs). In accordo con la descrizione data da Greg Lynn¹⁴⁶ ad esempio, a differenza delle primitive geometriche tradizionali, un *blob* è definito da un centro, un'area di superficie, una massa *relativa* ad altri oggetti e due aloni di

¹⁴³ P. Schumacher, *The progress of Geometry as design resource*, "Log", n. 43, 2018, pp. 105 – 118.

¹⁴⁴ All'opera matematica *Elementi*, risalente al 300 a.C., si deve la prima formulazione dei principi della geometria euclidea. Il lavoro consta di tredici libri, ma è nel primo che vengono enunciati in 23 *definizioni* i concetti fondamentali di punto, linea e superficie, e soprattutto individuati i cinque *assiomi* fondamentali su cui tutta la geometria si fonda, che sono: per due punti distinti di un piano passa una e una sola retta; si può prolungare la retta oltre i due punti indefinitamente; dato un punto e una lunghezza, è possibile descrivere un cerchio; tutti gli angoli retti sono congruenti, se una retta forma con altre due da una stessa parte angoli interni con somma minore di due retti allora quelle due rette si incontreranno nello stesso semipiano. E' sulla interpretazione (e negazione) del quinto postulato che si fonda la geometria non euclidea.

¹⁴⁵ D. Hilbert, *Grundlagen der Geometrie*, 1899.

¹⁴⁶ . G. Lynn, "Blobs," in *Folds, Bodies & Blobs: Collected Essays*, Brussels: La Lettre Volée, 1998, 157–58.

influenza (zona di fusione e zona di inflessione). Quando due di questi oggetti entrano in contatto (entrano cioè in contatto i loro aloni), essi possono o ridefinire le rispettive superfici o fondersi in una superficie continua, definita dall'interazione dei loro rispettivi centri e zone di inflessione e fusione. E' evidente come a cambiare non siano soltanto le forme, ma gli stessi sistemi di relazione tra queste ultime. Le curve *NURBS*, grazie ad un costante cambio di curvatura manipolabile attraverso l'azione su punti di controllo, consentono di sviluppare una continuità irraggiungibile attraverso strumenti tradizionali, usando il minimo numero di dati e pochi step computazionali¹⁴⁷. La possibilità di creazione e controllo di tali entità è per Schumaker il presupposto per un vero e proprio cambiamento ontologico della disciplina architettonica ed una diversa concettualizzazione dello spazio. Se è innegabile la strettissima dipendenza di alcune curve dallo strumento informatico, è altresì evidente che l'apparato teorico qui sintetizzato può costituire la base per un utilizzo contemporaneo della curva assolutamente svincolato dal digitale. Ed è in questa direzione che si è scelto di condurre una analisi più approfondita.

¹⁴⁷ In particolare, ogni punto di controllo della *NURBS* possiede un "peso", che determina l'estensione della sua influenza sulla curva stessa. Aumentare il peso di un punto di controllo significa aumentare la deformazione della curva, che viene maggiormente "allontanata" dal punto. Ad ogni punto di controllo è poi associata una equazione polinomiale riferita ad una funzione di base. Da tale funzione dipende il grado di curvatura, che è l'esponente più alto dell'equazione polinomiale associata ai punti di controllo. Al diminuire del valore dell'esponente (del già citato peso), quindi, la curva si "avvicina" ai suddetti punti. Da ciò deriva che una quadratica (una equazione polinomiale con esponente 4) "spinge" la curva più vicino al punto di controllo rispetto ad una cubica. Il grado 1 corrisponde a segmenti rettilinei. E' evidente la profonda relazione che sussiste tra questo tipo di curve parametriche e l'universo matematico.

La curva anesatta di Kazuyo Sejima e Ryue Nishizawa

L'analisi della pratica compositiva di Kazuyo Sejima e Ryue Nishizawa costituisce a questo proposito un esempio significativo per inquadrare la questione della “anesattezza analogica” riferita alla curva. Nel suo articolo *Anexact but rigorous: the territorial delimitations of Sejima and Nishizawa*¹⁴⁸, Miguel Paredes Maldonado definisce il lavoro dei due progettisti una “architettura dell’anesatto”. Il presupposto è l’approccio squisitamente analogico alla composizione e lo sviluppo della curva quasi esclusivamente nella rappresentazione planimetrica in due dimensioni. I progetti selezionati nell’articolo in questione, e qui parzialmente riproposti, condividono infatti un tratto caratteristico fondamentale: la presenza di una semplice e continua forma curvilinea come tracciato perimetrico da cui la sostanza spaziale si genera. Tali linee di contorno definiscono forme che sono “più o meno” circolari o ovali, ma mai direttamente riconducibili a una primitiva geometrica convenzionale, con una altrettanto convenzionale formulazione matematica. Maldonado osserva come sia possibile una scomposizione in frammenti del continuo costruito da SANAA, e come tali frammenti siano analizzabili con criteri più simili al calcolo differenziale che a canoniche regole geometriche. Più che in relazione al contorno nella sua totalità, infatti, il senso di ogni porzione si rende esplicito se la si esamina considerando quella immediatamente precedente o successiva; il risultato è uno “sviluppo continuo della forma su base differenziale, e perciò locale”¹⁴⁹. Secondo questo approccio compositivo “bottom up” l’intero, mai derivato da un super imposto schema metrico, è il risultato di una serie locale di interazioni o, in altre parole, di un così detto “sviluppo additivo metrico”¹⁵⁰. Gli strumenti geometrici utilizzati da SANAA per costruire questo “contorno differenziale”¹⁵¹ sono in effetti assolutamente tradizionali: l’arco di cerchio e il segmento rettilineo. Ciò che cambia è il criterio di assemblaggio.

¹⁴⁸ M. P. Maldonado, *Anexact but rigorous: the territorial delimitations of Sejima and Nishizawa*, in “Drawing on”, 04.

¹⁴⁹ Ibid., p. 50.

¹⁵⁰ Ibid.

¹⁵¹ Ibid.

Tre casi studio

L'analisi condotta da Maldonado considera due differenti contesti: una micro scala riferita al graduale e locale sviluppo della forma, ed una macro scala in cui viene sviluppato un confronto formale tra più opere finite. Al livello della micro scala vengono identificate tre differenti famiglie generative: alla prima appartiene la Onishi Town Hall, in cui la linea curva continua viene costruita a partire da una serie di archi di cerchio, ognuno dei quali è tangente almeno ad un altro arco. Tali archi sono ricavati da circonferenze i cui centri sono posizionati in pianta con un criterio apparentemente casuale, che risponde però a precise logiche topografiche e spaziali¹⁵². Un diverso approccio viene riscontrato nella progettazione della pensilina di accesso alla stazione di Kumamoto, in cui la forma finale è inscritta in una griglia ortogonale, che costituisce il riferimento locale di coordinate a partire dal quale è generato il sistema curvilineo. Nell'Amsterdam Lumière Pavillon la forma è del tutto autogenerata a partire da una regola fondamentale: la tangenza di ogni singolo frammento "differenziale" a quello immediatamente precedente. In tutti e tre i casi la forma finale, così apparentemente libera e casuale, deve la sua genesi ad una serie di strutture ed impalcature ausiliarie (una serie di punti e diametri/direzioni nel primo caso, una densa griglia di assi ortogonali nel secondo, un sistema di circonferenze e triangoli nel terzo). A livello della macro scala, cioè dell'esito formale dell'applicazione della regola adottata nella piccola scala, vengono invece classificate tre famiglie: con riferimento alla prima, campi popolati da oggetti, che stabiliscono relazioni di prossimità o lontananza l'uno con l'altro (è il caso dell'Onishi Town Hall); rispetto alla seconda, sviluppo formale basato sull'alternanza di settori concavi e convessi che racchiudono una regione centrale (è un esempio la forma a "fiore" o "foglia" della pensilina della Kumamoto Station); con riguardo alla terza, infine, figure che approssimano la forma della circonferenza come entità geometrica essenziale (Lumière Park Cafè).

¹⁵² "The territory is in fact an act that affects milieus and rhythms, that 'territorializes' them...The territory is not primary in relation to the qualitative mark; it is the mark that makes the territory. Functions in a territory are not primary; they presuppose a territory-producing expressiveness. In this sense, the territory and the functions performed within it are products of territorialization... The marking of a territory is dimensional, but it is not a meter, it is a rhythm". G. Deleuze, F. Guattari, *A Thousand Plateaus*, 1987, pp.314-315.

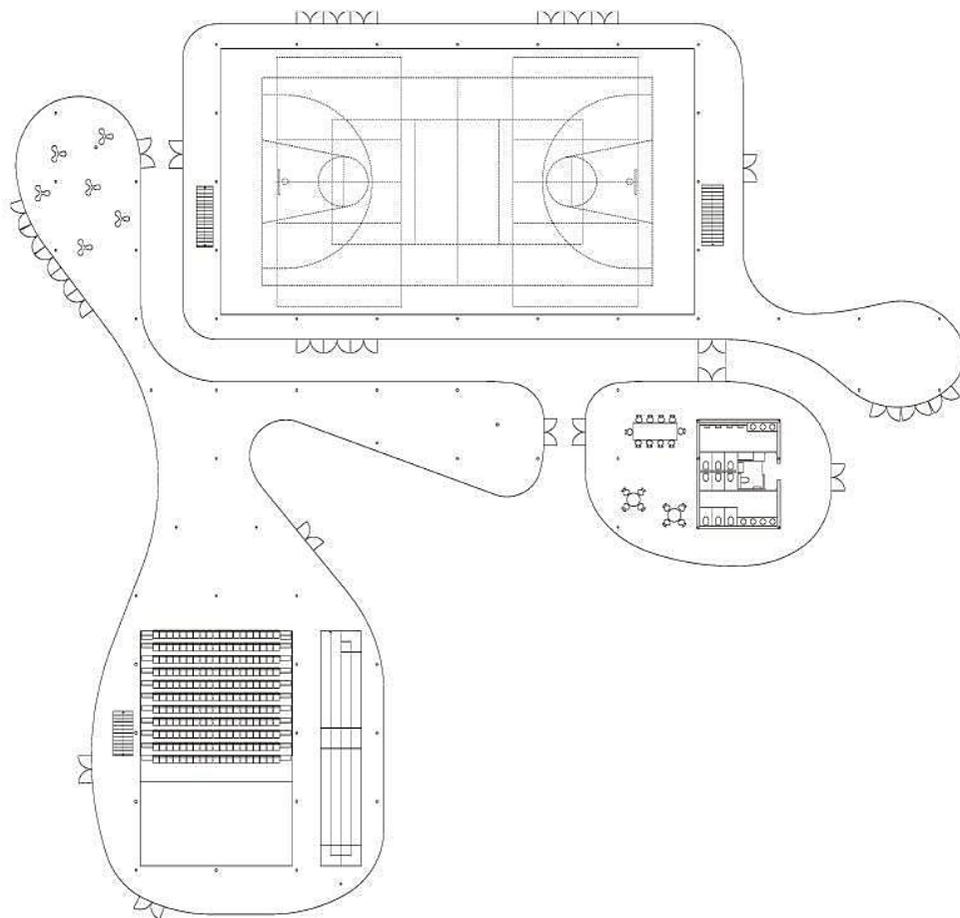


Figura 61. K. Sejima, *Onishi Town Hall*, 2003, Pianta.

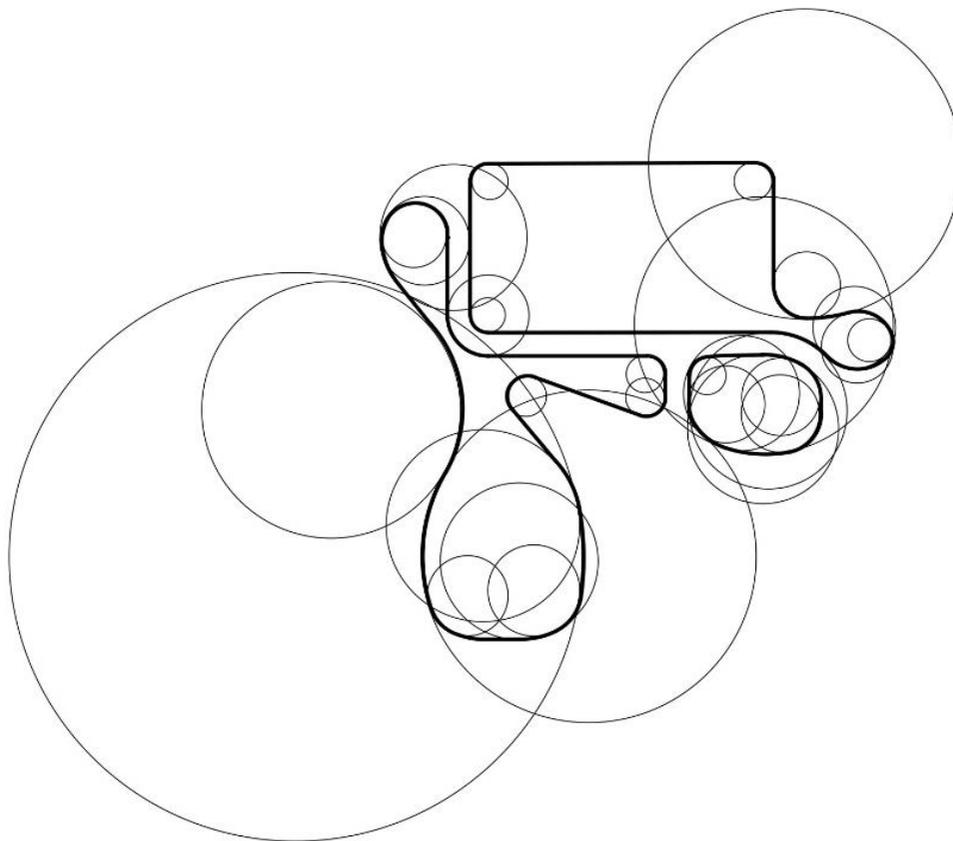


Figura 62. K. Sejima, *Onishi Town Hall* – La curva in pianta, apparentemente libera in alcuni suoi tratti, è frutto della composizione di archi di cerchio, ognuno dei quali è tangente ad almeno un altro arco. L'iter progettuale inizia con l'individuazione di punti caratteristici; a partire da ogni punto sono individuati dei diametri (delle direzioni, in realtà: la strategia non è dissimile a quella utilizzata da Borromini e messa in luce nel disegno della Albertina 170) che determinano il peso, quindi l'ampiezza, di ogni elemento curvilineo (maggiore è il diametro/direzione, maggiore sarà la porzione di circonferenza ritagliata). E' fondamentale notare come il posizionamento dei punti, ed il peso, siano determinati da esigenze spaziali: la concentrazione di punti è maggiore, quindi la curva si allarga, lì dove lo spazio assume una specifica rilevanza. Dalla messa a sistema di tali elementi è generata la curva continua.

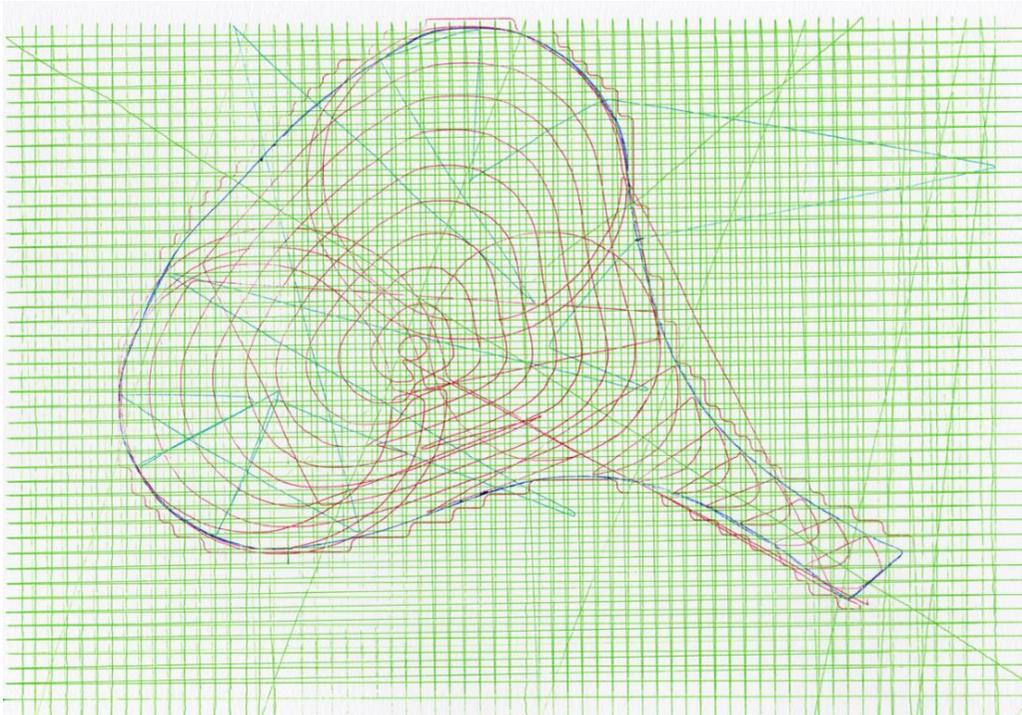


Figura 63. Ridisegno di Maldonado (M. P. Maldonado, *Anexact but rigorous: the territorial delimitations of Sejima and Nishizawa*, in "Drawing on", 04) effettuato da una CNC (*Computer Numerical Machine*) che ricostruisce la struttura geometrica sottostante alla forma finale: essa è iscritta in una densa griglia ortogonale che costituisce la base di un sistema di coordinate locali sulle quali ogni frammento curvilineo, sostenuto da un sistema di circonferenze e curve regolari, sembra ottenuto dalla integrazione di valori cartesiani riferiti al sistema locale di coordinate.

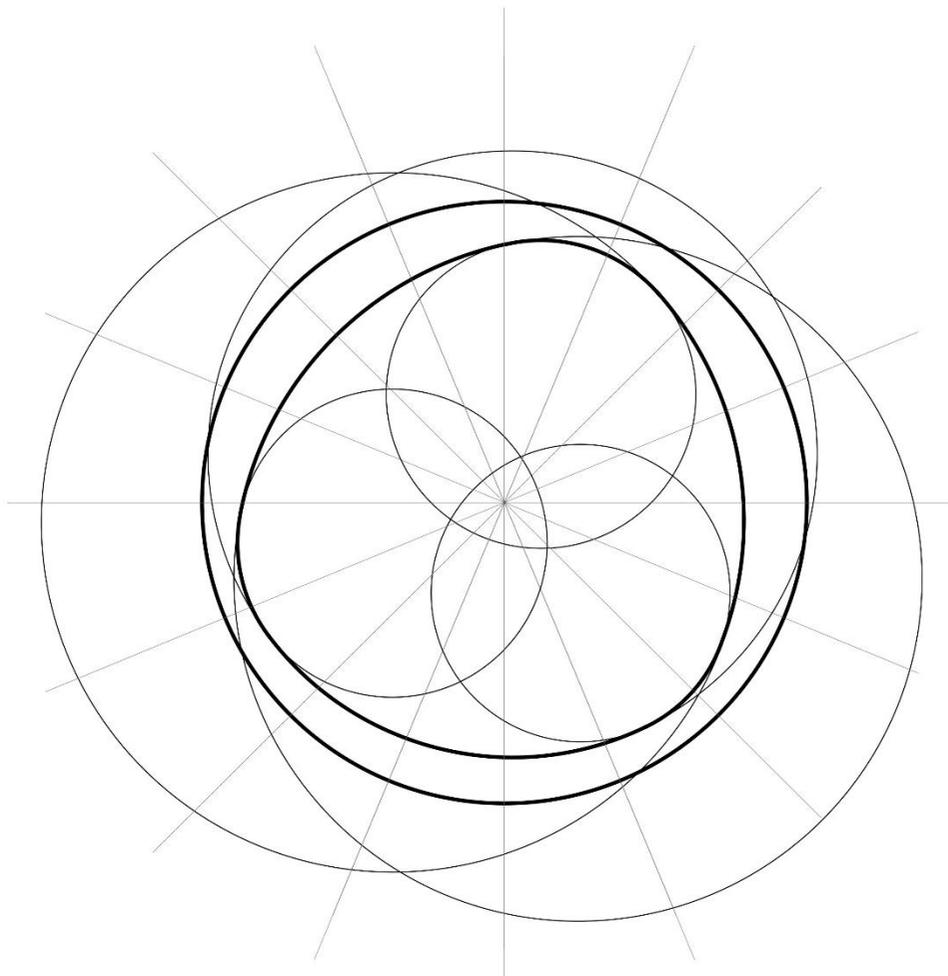


Figura 64. Come nel caso precedente, il ridisegno mette in luce un diverso metodo generativo: la forma finale è ottenuta dalla composizione di una circonferenza con inscritta una curva costruita a partire da sei archi di cerchio, la cui disposizione è, di nuovo, non casuale ma relazionata allo spazio; l'aumento della distanza tra circonferenza esterna e curva interna (quello usato per questi spazi è l'arco di circonferenza di dimensione maggiore) avviene nei luoghi a cui è affidato un "peso" maggiore (aree comuni, sala ristorante...). A partire dal centro della circonferenza esterna si irradiano una serie di semirette, ed ognuna funge da delimitatore di un ambito, in un sistema integrato di curve regolari, archi di cerchio e forme ortogonali.

L'approccio di Sejima e Nishizawa allo sviluppo della forma viene associato da Maldonado alla nozione di "punto in movimento" di Klee¹⁵³. Per Klee, ogni elemento lineare emerge da un punto che "salta fuori se stesso e si irradia in uno spazio a più dimensioni"¹⁵⁴. La linea di Klee deriva da una operazione di sviluppo dimensionale, pertanto tutte le sue proprietà costituenti (lunghezza, angolo, distanza focale e lunghezza del raggio) sono quantità soggette a misura. Così avviene per i continui di SANAA, che emergono da una molteplicità di linee e strutture ben misurate. Non solo: nel così definito "spazio pittorico" comune a Klee e a Kandinsky¹⁵⁵ è possibile riscontrare caratteristiche di anesattezza e di descrizione di un dominio, simultaneamente misurabile ma non euclideo, comuni ai disegni di pianta appena esaminati. L'importanza di Kandinsky come riferimento concettuale va anche oltre questo: la sua nozione di linea come "manifestazione materiale di forze di tensione e direzione"¹⁵⁶ sembra ritrovarsi nella forma anesatta di SANAA, risultato di "negoziiazione locale tra tensioni interne ed esterne"¹⁵⁷. Nel caso di Sejima e Nishizawa, queste tensioni si concretizzano negli stimoli topografici provenienti dal territorio su cui insiste la pianta (esterni) e nell'impulso tendente alla continuità topologica e tangenza geometrica a livello del singolo frammento (interni). Un'altra evidente assonanza, sottolineata da Maldonado, è quella tra il modello geometrico dell'anesatto e alcuni concetti filosofici enunciati da Gilles Deleuze e Félix Guattari. La prima risonanza illustrata, particolarmente interessante in quanto anche molto affine all'approccio utilizzato da Borromini, è quella con l'operato del *journeyman* nel contesto costruttivo delle cattedrali gotiche: piuttosto che rappresentare il progetto con una serie di disegni in scala ed in accordo con regole legate alla scienza della rappresentazione, egli procedeva direttamente, delimitando tracce sul piano di calpestio. Il lavoro del *journeyman* viene in questo senso definito "non-euclideo": le

¹⁵³ Klee definisce il punto (Punkt) "agente del movimento": muovendosi, esso genera linee (Linie) e superfici (Fläche). Si veda a questo proposito: P. Klee, *Pedagogical Sketchbook*, trans. S. Moholy Nagy. F. A. Praeger, New York, 1965.

¹⁵⁴ P. Klee, *On Modern Art*, London: Faber and Faber, 1948.

¹⁵⁵ Sulla nozione di *spazio pittorico* si veda W. Kandinsky, *Point and Line to Plane*, New York: Dover, 1979.

¹⁵⁶ M. P. Maldonado, *Anexact but rigorous: the territorial delimitations of Sejima and Nishizawa*, in "Drawing on", 04, p. 51.

¹⁵⁷ Ibid.

scelte progettuali sono il risultato di una operazione di mediazione tra l'impulso compositivo e l'input fornito dal sito, che è in questo caso una superficie di "disegno" non neutrale con la quale ci si rapporta senza riduzione di scala; in questo contesto non vi è nessuna necessità di utilizzare modelli geometrici ideali. E' questa la "scienza nomade" descritta da Deleuze e Guattari in "Mille piani. Capitalismo e schizofrenia": l'azione di tracciamento progressivo di un confine, l'organizzazione di un piano secondo un approccio definito "territoriale", il contemporaneo "agire su" ed "estrarre da". A questo vengono paragonate le tracce in pianta di Sejima e Nishizawa, definite " (...) azioni dimensionali ritmiche, che costruiscono regioni di territorio delimitando il loro interno ed esterno"¹⁵⁸. Le loro tracce curvilinee "anesatte ma rigorose", "arrotondate ma non circolari", sono poco vicine ad *essenze*¹⁵⁹ e più affini ai deleuziani *diffusi*, delicati elementi problematizzati che quasi emergono dalle fondamenta di un territorio più o meno abitato.

Il Rizoma

Un altro dei concetti più rilevanti ai fini della trattazione, illustrato in *Mille piani*, è quello di rizoma: con "rizoma" i due francesi intendono un modello (semantico, nel loro caso) da opporre a quelli basati sulla concezione così detta "ad albero", cioè in cui sia presente una gerarchia, un ordine lineare, un centro (come nel caso delle radici ed dei rami dell'organismo vegetale, che convergono verso il tronco). Il rizoma invece

(...) collega un punto qualsiasi con un altro punto qualsiasi, e ciascuno dei suoi tratti non rimanda necessariamente a tratti dello stesso genere, mettendo in gioco regimi di segni molto differenti ed anche stati di non-segni. (...). Rispetto ai sistemi centrici (anche policentrici), a comunicazione gerarchica e collegamenti prestabiliti, il rizoma è un sistema acentrico, non gerarchico e non significante¹⁶⁰.

¹⁵⁸ M. P. Maldonado, *Anexact but rigorous: the territorial delimitations of Sejima and Nishizawa*, in "Drawing on", 04, p. 54.

¹⁵⁹ Il cerchio può essere considerato una *essenza* nella sua ideale fissità, ma la *rotondità* è un concetto vago e dinamico.

¹⁶⁰ G. Deleuze, F. Guattari, *Mille piani. Capitalismo e schizofrenia* (1980), sez. 1, Castelvechi 1997, p 33 sgg.

I sei principi alla base del rizoma descritti da Deleuze e Guattari¹⁶¹, qui enunciati in forma sintetica e semplificata, interessano per la loro risonanza evidente con la concezione di spazio e forma “anesatti”:

- Principio di *Connessione*: qualsiasi punto del rizoma può essere collegato con qualunque altro.
- Principio di *Eterogeneità*: il rizoma raggruppa elementi di natura diversa, ognuno dei quali ha una sua identità e una sua caratteristica.
- Principio di *Molteplicità*: il rizoma è un sistema aperto, liberamente ed infinitamente percorribile.
- Principio di *Rottura asignificante*: il salto da un testo ad un altro, o da un punto ad un altro del rizoma non comporta rotture significative, anzi genera esperienze imprevedibili da riconnettere al sistema.
- Principio di *Decalcomania*: apre la questione del calco, che in questo caso indica un testo o un dato il cui significato può essere infinitamente riprodotto senza che il suo senso venga alterato o modificato.
- Principio di *Cartografia*: sottolinea l'importanza della mappa come luogo di possibilità, che permette di arrivare in un dato punto seguendo potenzialmente infinite scelte di percorso (anche quelle non segnate).

Le analogie continuano quando, citando Michel Tournier¹⁶², Deleuze e Guattari delineano una modalità di pensare la superficie che si ponga come alternativa alla così definita “metafisica del fondo”: “Strano pregiudizio che valorizza ciecamente la profondità a scapito della superficie, pretendendo che “superficiale”, significhi non già di vaste dimensioni, bensì di poca profondità, mentre profondo significa di grande profondità e non di superficie ristretta”¹⁶³. Di nuovo, difficile non operare associazioni con una modalità compositiva basata sulla valorizzazione della bidimensionalità e del disegno di pianta come elemento generatore (gli stessi lemmi

¹⁶¹ Ibid.

¹⁶² Profonda è l'influenza reciproca tra Gilles Deleuze e lo scrittore e filosofo francese Michel Tournier. Il suo testo *Vendredi ou les limbes du Pacifique* (1971) costituirà per Deleuze un punto di riferimento ideologico e letterario.

¹⁶³ G. Deleuze, F. Guattari, *Mille piani. Capitalismo e schizofrenia* (1980), sez. 1, Castelvecchi 1997, p 18.

“superficie” e “fondo”, utilizzati dai due autori in senso semantico, rimandano a una dimensione spaziale).



Figura 65. SANAA, *Complesso Grace Farms*, New Canaan, Connecticut, 2015 – W. Kandinsky, *Untitled (Drawing for diagram 17)*, 1925. Dal confronto formale emerge un comune peso riservato alla linea come “manifestazione materiale di forze di tensione e direzione”.

La curva analogica di Miralles

Uno degli esempi più rappresentativi di costruzione analogica della forma curva, nonché della già citata transizione, illustrata da Greg Lynn, dalla teoria decostruttivista all'integrazione della discontinuità in un continuo flessibile, è senza dubbio riscontrabile nella pratica compositiva di Eric Miralles. La ricerca di Javier Fernandez Contreras¹⁶⁴ costituisce a questo proposito una fonte rilevante sul rapporto tra l'architetto, il disegno e il suo particolare approccio alla curva. Pur vivendo in un momento di passaggio dall'analogico al digitale (i primi anni Ottanta), Miralles è stato per tutta la sua carriera legato alla matita, al foglio di carta ed al modello fisico come veicoli di rappresentazione di un progetto-idea, tanto da generare un proprio catalogo di forme vincolato alla sua tecnica di disegno. A forgiare il suo approccio alla rappresentazione è però un bagaglio teorico ben definito, fortemente legato al suo tempo e in effetti in parte simile (non a caso) a quello di cui si dotano Kazuyo Sejima e Ryue Nishizawa. Autori e testi determinanti per la formazione di Miralles nella Escuela de Barcelona sono infatti non solo i maestri del Moderno, ma anche *The Theory of Proportion in Architecture* di P.H. Scholfield¹⁶⁵ e il già citato *On Growth and Form* di D'Arcy Thompson (la teoria della deformazione di Thomson è più volte ripresa anche nella sua tesi di dottorato¹⁶⁶), nonché gli scritti teorici di Gilles Deleuze, Robert Venturi e Colin Rowe, tra i più importanti del momento. Già a partire dalla ricerca dottorale egli inizia ad indagare lo spazio del foglio come "luogo del pensiero", superficie che permette di sviluppare letture simultanee e tessere relazioni senza un ordine precostituito, in cui "(...) qualunque punto può connettersi con qualsiasi altro"¹⁶⁷: il richiamo evidente (e dichiarato) è al "Rizoma" di Deleuze e Guattari, anch'essi citati come fonte primaria. Ancora, nella sua idea di ripetizione come non mimesi, come processo sequenziale in cui ogni variante conduce a livelli successivi di complessità, non possono non

¹⁶⁴ J. F. Contreras, *La Planta Miralles. Representación y Pensamiento en la Arquitectura de Eric Miralles*, Tesis Doctoral, ETSAM, 2013.

¹⁶⁵ P.H. Scholfield, *Theory of Proportion in Architecture*, Scholfield, prima edizione Spagnola 1971.

¹⁶⁶ E. Miralles, *Cosas vistas a izquierda y derecha*, prima versione 1987.

¹⁶⁷ J. F. Contreras, *La Planta Miralles. Representación y Pensamiento en la Arquitectura de Eric Miralles*, Tesis Doctoral, ETSAM, 2013, p. 24 (Traduzione a cura dell'autore).

esser riscontrate similitudini con la multi-plicazione deleuziana già esaminata, e con l'opera filosofica dello stesso autore "Differenza e ripetizione"¹⁶⁸. Per Miralles "la repetición es muy importante porque cada nuevo dibujo efectúa una operación de olvido, y las leyes que se van generando son de coherencia interna"¹⁶⁹. In ultimo, nella stessa ricerca è già evidente l'interesse per una struttura formale come la sinusoide (curva ma dotata di linearità), e per il rapporto tra concavità e convessità. Miralles inserisce nella sua tesi i disegni di Thomas Jefferson per l'Università della Virginia, da poco pubblicati in una monografia dedicata: la sua linea continua è un pretesto per indagare tre questioni sulla curva:

Què àngulo hace posible la continuidad entre lo cóncavo y lo convexo? Que dos curvas pueden tener una tangente común? Es necesario un tercer segmento curvo en ese punto de discontinuidad?¹⁷⁰.

I temi della tangenza, della continuità e del raccordo tra segmenti curvi concavi e convessi sono in effetti cruciali per Miralles, anzitutto perché legati al suo metodo di approccio al disegno ed allo spazio del foglio. Come riporta Eva Prats:

(...) Se dibujaba sin paralex. De alguna manera establecía un marco demasiado rígido y limitaba los movimientos. Solamente se usaban escuadra y cartabòn, que se iban deslizando una sobre otra màs allà del límite del papel. Ese límite rectangular, que en el dibujo a regla tantas veces introducía dos direcciones por defecto, en realidad no existía en el estudio de Eric y Carme. Las curvas se trazaban con compàs, marcando con precisión los centros de circunferencia y los puntos de tangencia. Así el dibujo era preciso a cualquier escala. A partir de fotocopias ampliadas o reducidas y conociendo la posición exacta de centros y tangencias, puntos en definitiva, el dibujo podía ser reconstruido sin desfase alguno en la geometría. (...) En realidad, no usar el paralex tenía que ver con esto: evitar los automatismos del dibujo. (...) Un método de dibujo que concedía prioridad al pensamiento sobre la delineación¹⁷¹.

¹⁶⁸ G. Deleuze, *Différence et répétition*, prima edizione originale 1968. L'opera, pubblicata in Francia, costituisce in realtà la tesi di dottorato di Deleuze, scitta sotto la supervisione di Maurice de Gandillac.

¹⁶⁹ In A. Zaera, *Una conversación con Eric Miralles*, El Croquis n. 72 (II), Giugno 1995, p. 14.

¹⁷⁰ E. Miralles, *Cosas vistas a izquierda y derecha*, prima versione 1987.

¹⁷¹ E. Prats, *Conversación informal con J. F. Contreras sobre su práctica en Miralles/Pinos*, Barcellona, 02/10/2009.

Dalla spezzata alla curva

La comparsa di curve nei disegni di Miralles non è però immediata: seppur rinunciando da subito al parallelismo, le famiglie formali utilizzate nei primi progetti sono riconducibili alla spezzata, alla diagonale e al triangolo. Molto più vicine quindi a quell'idea decostruttivista di valorizzazione della discontinuità e del contrasto, esse sono tracce che non si pongono in continuità con nulla che esista nel luogo su cui insistono. Immediata è l'associazione con le opere di *land art* di Michael Heizer, Richard Long o Arnaldo Pomodoro, ma rilevante è anche la vicinanza di alcuni di questi tratti di disegno al già citato “spazio pittorico” di Paul Klee e alle ricerche plastiche del Costruttivismo Russo. Appartengono a questo periodo (i primi anni Ottanta) l'Auditorium di Salamanca (1985), il Palazzo dei Congressi di Granada (1985), il Centro Civico di Hostalets (1986), l'allestimento della Piazza Barençè di Granollers (1982), le pensiline a Parets del Vallès (1985). Queste ricerche sulla traccia conducono allo sviluppo del progetto di concorso per il Cimitero di Igualada: quest'ultimo sembra essere il punto di svolta, il momento in cui la linea zigzagante subisce una vera e propria metamorfosi; da Igualada si assiste ad una progressiva “liberazione della linea”, che condurrà al famoso “Còmo acotar un Croissant”. Il cambiamento non è tuttavia repentino: la prima proposta per il cimitero mostra una traccia a terra costituita da una serie di spezzate (a forma prima di “z” poi di “v”). La prima curva è introdotta in una fase successiva alla vittoria del concorso per risolvere un problema spaziale, ed è una ellisse: le sue proprietà cinetiche¹⁷² consentono infatti di sviluppare un raccordo più coerente tra i due bracci principali del percorso. Il punto di contatto tra le due linee della “v” infatti, individuato da un angolo di circa trenta gradi e decisamente povero se affidato al solo raccordo tra rette, costituiva un problema compositivo caro a Miralles e logicamente risolvibile con una figura che agevolasse ed accompagnasse un cambio di direzione. A partire dall'introduzione di tale ellisse si approda alla versione finale, che conserva la configurazione squisitamente lineare della prima proposta, ma muta uno dei bracci in una senoide. L'alternanza di concavità e convessità propria di questa curva consente di non perdere la traccia originaria, ma di dinamizzarla, e costituisce per

¹⁷² La tensione direzionale generata dai due fuochi rende l'ellisse una figura più dinamica della circonferenza.

Miralles una prima occasione di confronto diretto con il tema della continuità e della discontinuità (già indagato, come detto, teoricamente). E' importante sottolineare come tutte le curve utilizzate ad Igualada siano molto semplici dal punto di vista della costruzione geometrica: l'area del "Pantheon" è una ellisse perfetta, la sinusoide è ottenuta dalla composizione di rette ed archi di circonferenze tangenti. Questa tecnica, assolutamente tradizionale e legata all'uso di squadra e compasso, resta fondamentalmente invariata in alcuni dei progetti successivi. Come già visto per SANAA, l'approccio contemporaneo di Miralles alla curva sembra risiedere più nel modo di comporre che negli strumenti utilizzati. A partire dal 1986 si riscontra nella produzione architettonica dello studio (Miralles Pinòs, a quel tempo) la ripetizione di quella che può definirsi una geometria "ondulata". Contreras illustra a questo proposito una trasformazione rilevante: mentre progetti come la Zona Polisportiva nel Porto di Pollensa (1986), o il Parc de las Estacions (1987) sono, come Igualada, figli di un impianto lineare e della riflessione compositiva sulle implicazioni spaziali dell'uso di una linea sinuosa, in edifici come il blocco di abitazioni a Vapor Vell de Sants (1988) è possibile riscontrare una sequenza di contrazioni ed espansioni derivata da una traccia non più lineare, ma già intrinsecamente curva. In progetti come la casa Garau Augusti poi "se pierde el recurso de la ondulaciòn de Igualada, o del redondeo de la Mina, y se puede decir que la geometria es genèticamente curva"¹⁷³. Anche la pianta del Centro Social La Mina, infatti, seppur pensata a partire da una ondulata, è costruita utilizzando ancora segmenti rettilinei e curve concave. Da un certo punto in poi la linea sembra invece muoversi nel foglio sempre più liberamente, e non è più legata ad una retta di base: come costruisce Miralles questa libertà?

¹⁷³ J. F. Contreras, *La Planta Miralles. Representaciòn y Pensamiento en la Arquitectura de Eric Miralles*, Tesis Doctoral, ETSAM, 2013, p. 42.



Figura 66. Michael Heizer, *Dissipate n.8* (1968); Richard Long, *Dusty Boots Line, Sahara* (1988).

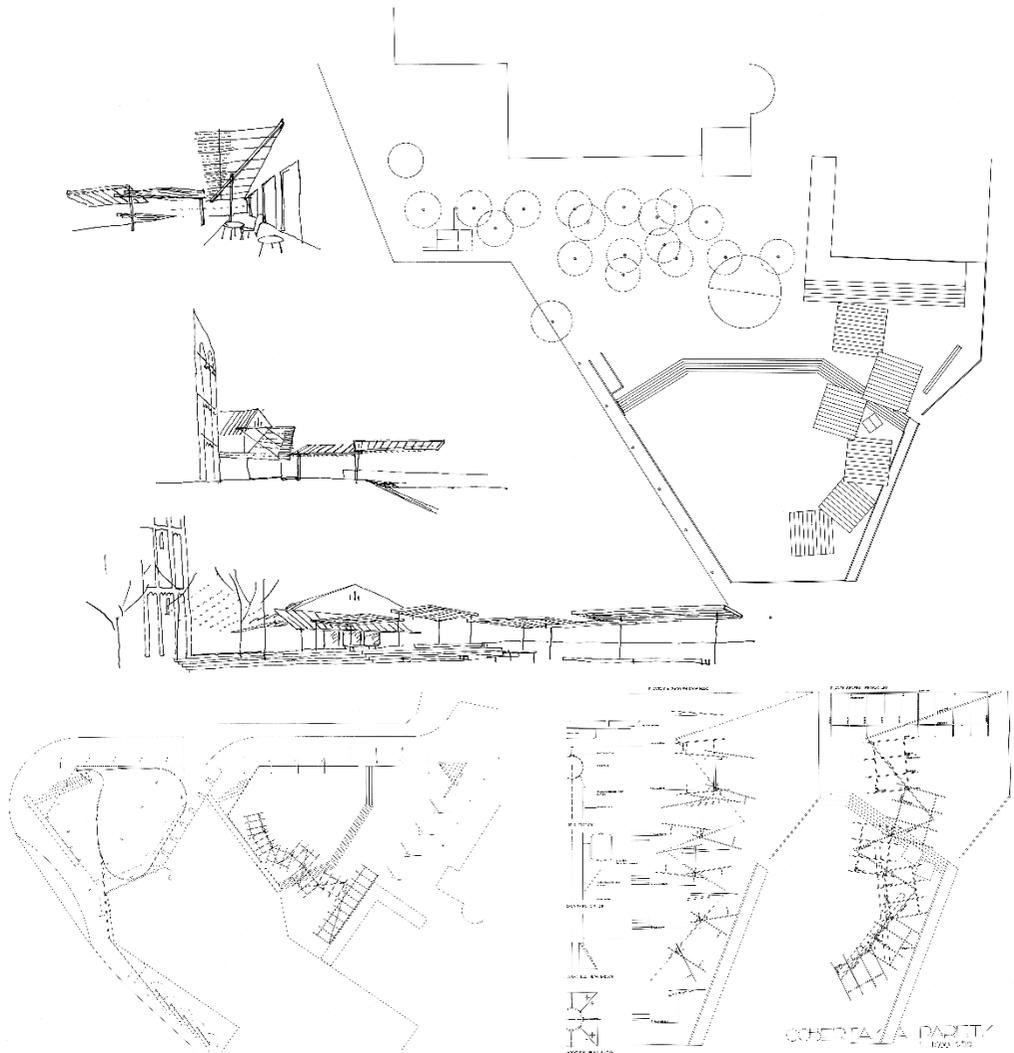
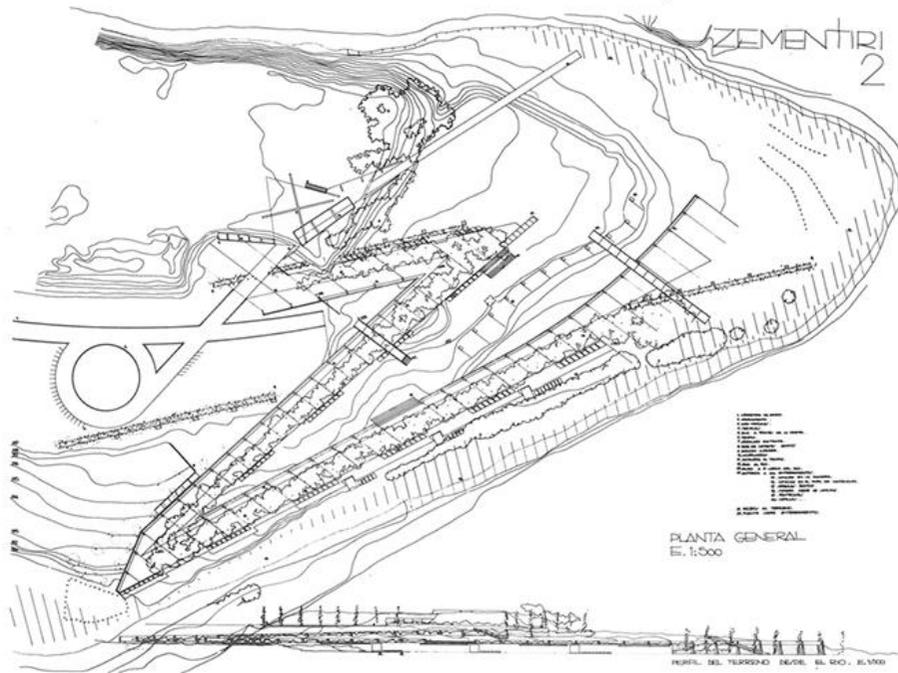


Figura 67. Miralles/Pinos, *Pergole di Parets del Valles* (1985).

Fonte: © Fundació Eric Miralles



HOMENAJEAENRICMIRALLES/WORDPRE//COM

Figura 68. E. Miralles, C. Pinos, *Proposta di concorso per il cimitero di Igualada*, 1985.
Fonte: © Fundació Eric Miralles

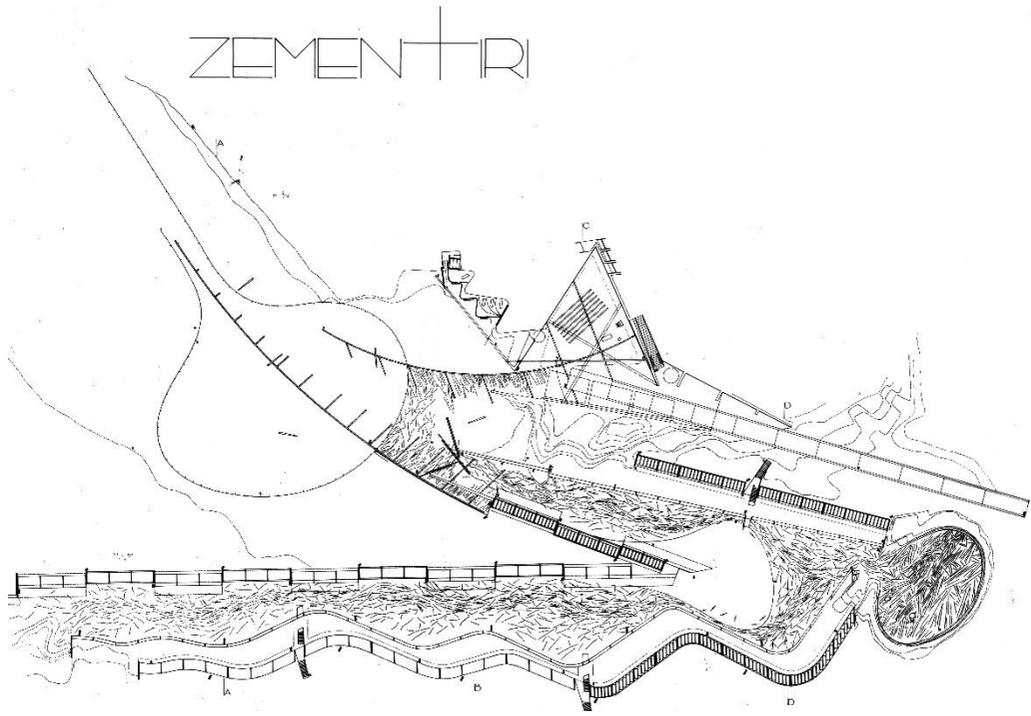


Figura 69. E. Miralles, C. Pinos, *Versión definitiva del proyecto de Igualada*, 1987.
Fonte: © Fundació Eric Miralles

ZEMENTIRI

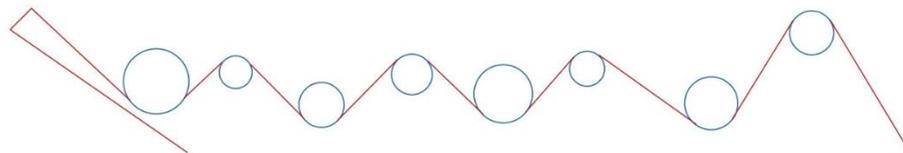
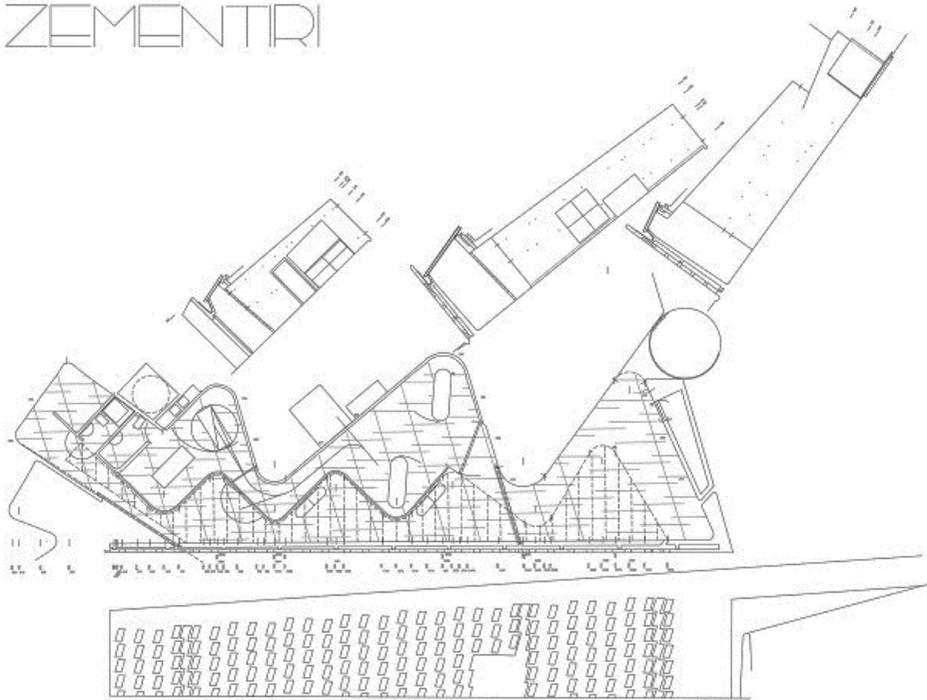
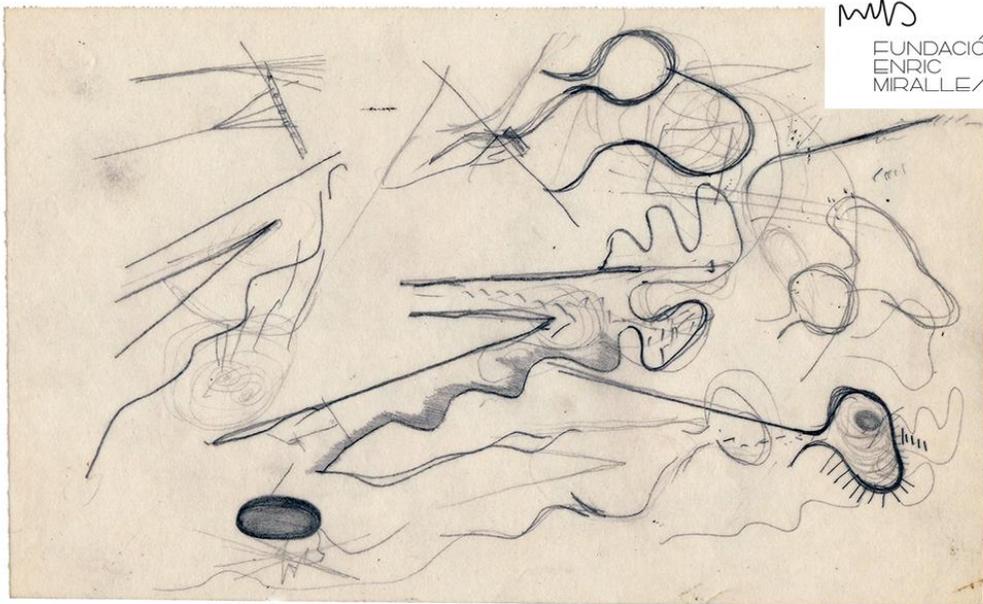


Figura 70. E. Miralles, C. Pinos, *Sagrestia del Cimitero di Igualada*, 1987. Lo schema in basso evidenzia la costruzione di una delle due porzioni curvilinee ondulate: circonferenze di diverso diametro, da cui sono ricavati gli archi di cerchio che descrivono le sezioni curve, si alternano con un ritmo regolare; segmenti rettilinei (ognuno tangente a due circonferenze) stabiliscono direzionalità, tensione e ritmo concavo/convesso.



HOMENAJEAENRICMIRALLE/WORDPRE//COM

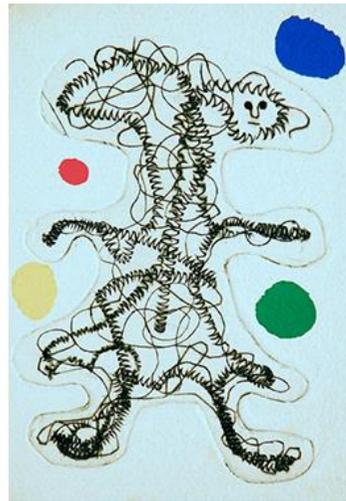


Figura 71. E. Miralles, *Cimitero di Igualada*, bozzetti preparatori, 1986. Sotto, opere di Jean Arp, Max Ernst e Joan Miró.

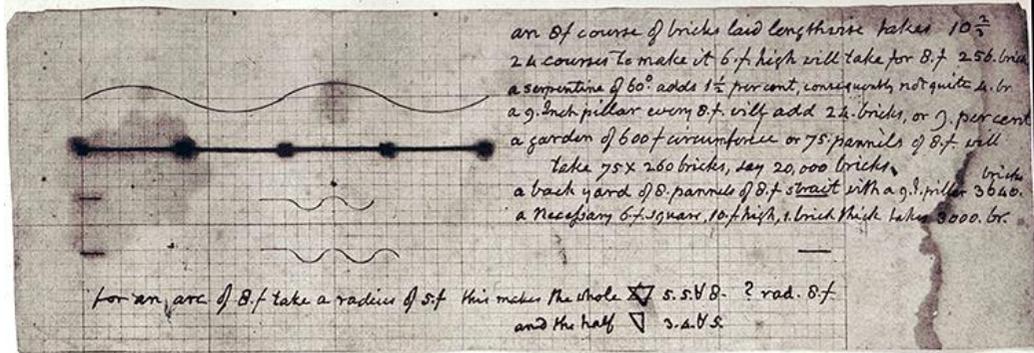
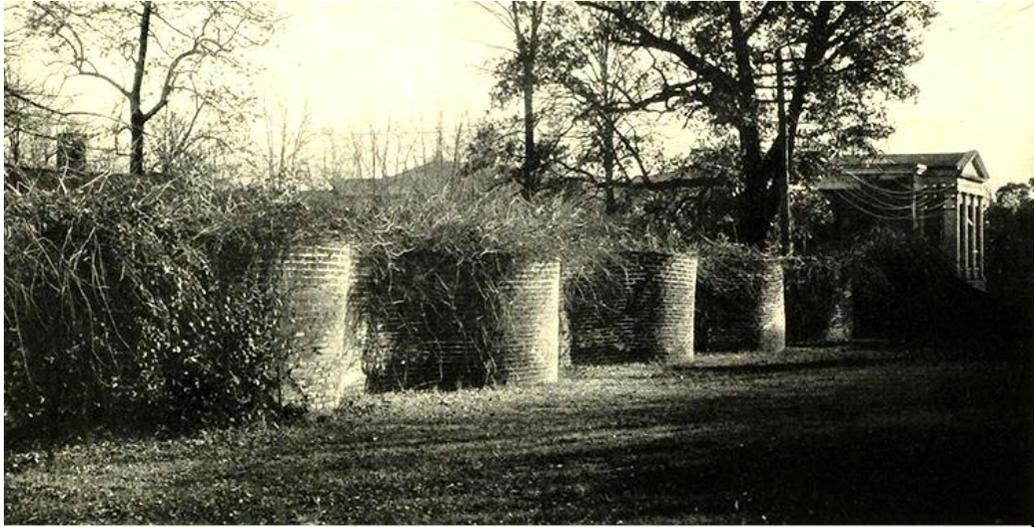


Figura 72. Parete curva in mattoni nei giardini dell'Università della Virginia di Thomas Jefferson, analizzata da Miralles in sede di tesi dottorale per indagare il rapporto tra concavità e convessità.

Da “*Cómo acotar un croissant*” al tracciato libero

Di fronte all'utilizzo di forme curve sempre meno canoniche si sviluppa la necessità di esercitare su di esse una diversa forma di rigore geometrico, comunque necessario nell'ambito del disegno tecnico. Nasce così “*Cómo acotar un croissant*”, celeberrimo saggio che indaga la possibilità di controllo del tracciato libero. L'approccio utilizzato dall'autore è ben associabile alla condizione rappresentata da Georges Braque nel quadro “*Il pittore e la sua modella*”: nell'opera dell'artista francese il campo di indagine è rappresentato dalle irregolarità e curve di un corpo femminile, a cui il soggetto decisamente più squadrato (il pittore rappresentato di spalle) si avvicina con un suo bagaglio di strumenti, che concettualmente e visivamente mediano tra i due protagonisti. Pubblicato nella seconda monografia che *El Croquis* dedicò a Miralles/Pinos¹⁷⁴, lo scritto nasce quasi per gioco all'interno dello studio, a partire dalla provocatoria necessità di qualificare dimensionalmente sul foglio da disegno la forma in pianta ed in sezione di un croissant. Geometricamente irregolare, la superficie curva che caratterizza il croissant infatti “*se envuelve sobre sí misma, y aparece un interior que se forma al sobreponerse al exterior...*”¹⁷⁵. Per essere descritta rigorosamente, è necessario individuare una altrettanto rigorosa matrice formale: essa è costituita dal triangolo, figura indeformabile che consente un ridotto margine di errore. Tre triangoli sono così inscritti in pianta e i loro vertici individuano sul perimetro quelli che l'autore definisce “punti chiave”. Su ogni lato dei triangoli sono poi fissati altri punti, che corrispondono ai luoghi della curva che si ha intenzione di fissare: da essi vengono tracciate delle perpendicolari ai lati, che collegano il punto a quello corrispondente sul perimetro, e che completano lo sviluppo di quella ossatura necessaria a ricavare la matrice dimensionale caratteristica dello specifico tracciato libero. Di seguito il testo originale con le “istruzioni” da seguire:

Tres triángulos respecto a los cuales definimos los puntos característicos del perímetro. Son triángulos cuyos vertices quedan situados sobre estos puntos. Subdividir cada lado del triángulo según los puntos que nos interesa fijar del perímetro en partes iguales. La dirección de cada lado del triángulo y su perpendicular

¹⁷⁴ *El Croquis* 49/50: Eric Miralles/Carme Pinos 1988 – 1991, Gennaio 1991.

¹⁷⁵ E. Miralles, *Cómo acotar un croissant*, in “*El Croquis*” 49/50, Gennaio 1991.

actúan como ejes. Dar las coordenadas de los centros utilizados para dibujar la silueta.
Por último, mostrar la relación entre los triángulos utilizados¹⁷⁶.

A partire da questo studio la pianta sembra divenire per Miralles il luogo in cui convertire sul piano qualsiasi figura e suggestione creativa, dai motivi organici a quelli pittorici. La struttura che integra l'illuminazione artificiale nel progetto per la stazione tranviaria di Francoforte (1995) deriva dalle strisce irregolari del manto di una zebra; il contorno di uno Showroom disegnato per Smart (1994) rimanda alla forma del feto nei primi mesi di sviluppo (Miralles utilizza le prime ecografie della figlia Caterina). L'approccio al progetto del Parco Mollet del Valles è particolarmente interessante perché mostra come la strategia di controllo geometrico della curva libera elaborata nel "croissant" sia utile a risolvere problemi compositivi legati al rapporto con una preesistenza del tutto poco qualificata e al confronto con un fondo sostanzialmente neutro. In questo caso l'approccio è molto sofisticato, perché costituisce la trasposizione in spazio di alcuni motivi pittorici dell'artista David Hockney¹⁷⁷. Qui il tema del *collage* e della composizione del colore divengono una vera e propria strategia progettuale che restituisce una costellazione di geometrie apparentemente sconnesse, ma fortemente legate agli studi teorici; sono infatti evidenti le linee dal tracciato irregolare che piegano su se stesse e rivelano una sottostruttura di rette, centri di circonferenza e punti di tangenza. Questa impostazione è così anti-canonica e significativa per Miralles, che egli sembra servirsene anche in casi di confronto con una preesistenza più consolidata: nei disegni autografi del progetto del Parque Diagonal-Mar (1999), alla pianta della città storica si sovrappongono motivi organici, macchie e semplici scarabocchi in un approccio del tutto ludico, apparentemente acritico e non storicista. Una evoluzione tridimensionale di questo approccio al disegno sono i modelli fisici realizzati, a partire dagli anni Novanta, con fili di metallo: qui la curva libera è tracciata e modellata direttamente nello spazio. Il risultato è una serie di forme filamentose in cui "representación y construcción coinciden"¹⁷⁸: oggetto costruito e plastico sono

¹⁷⁶ Ibid.

¹⁷⁷ In particolare: D. Hockney, *Plants, trees, fields and mountains* (1981); *Terrace Hollywood hill house with banana tree* (1982).

¹⁷⁸ E. Miralles, *Two projects in Japan*, "Daidalos" n. 47, Marzo 1993, p. 81.

separati da un semplice salto di scala (si vedano progetti a cavallo tra installazione artistica e manufatto architettonico, come il nuovo accesso alla stazione di Takaoka e del Padiglione della Meditazione ad Unazuki).



(C) WahooArt.com

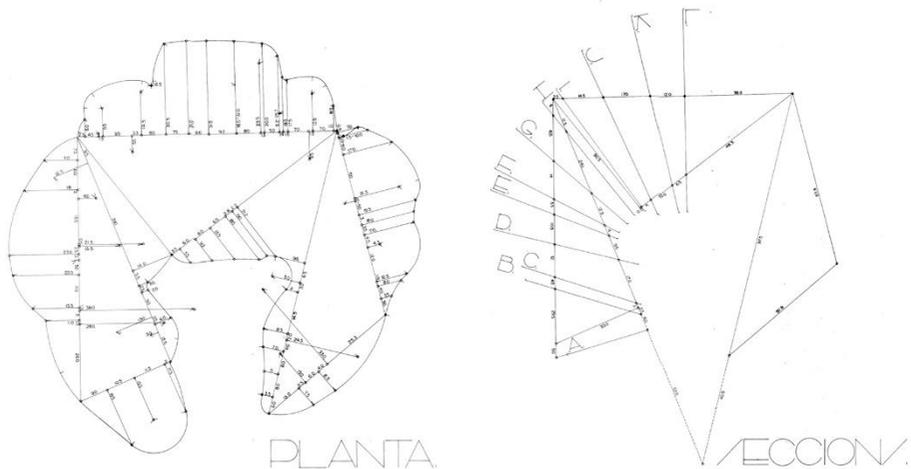


Figura 73. Georges Braque, *Il pittore e la sua modella*, 1939 e E. Miralles, *Como acotar un croissant*, 1991. Nell'opera il soggetto critico osservante (il pittore) è rappresentato con tratti più squadrati; di contro il soggetto osservato (la modella) appartiene ad un universo di forme sinuose. Fa da tramite uno *strumento* (il cavalletto con su la tela, e la tavolozza), che rende possibile l'indagine e il passaggio tra le due realtà. Nel disegno di Miralles l'indagine ed il controllo di una forma libera è possibile tramite un sistema di riferimento e misura rigorosi, che mediano tra l'osservatore e l'oggetto osservato. Fonte: © Fundació Eric Miralles.

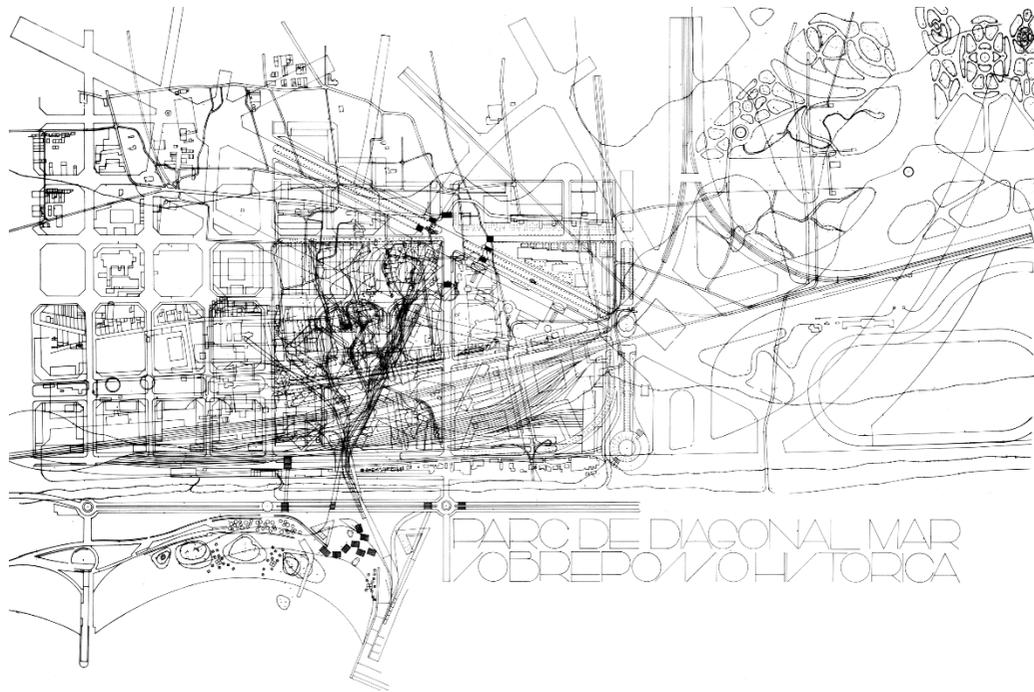


Figura 74. EMBT, *Parque Diagonal-Mar*,
1997/2000.

Fonte: © Fundació Eric Miralles



Figura 75. E. Miralles, *Parque en Mollet del Vallès*, 1992 – 2000.

Fonte: © Fundació Eric Miralles

Conclusioni

A valle del percorso svolto e dell'analisi effettuata, la *proposition* iniziale, alla quale si è scelto di dar forza di ipotesi di studio, ha trovato risposta affermativa: nel progetto architettonico contemporaneo una manifestazione analogica di curve è possibile e variamente diffusa, e per la loro costruzione ci si avvale di strumenti del tutto tradizionali (riga, compasso, matita, curvilineo ed indagine su modelli fisici). Sono in particolare due gli aspetti che la ricerca ha portato alla luce: da un lato un evidente ampliamento nel repertorio formale contemporaneo, che sembra aprirsi a curve e spazialità sempre più “anesatte”, solo apparentemente prive di una serie ben strutturata di rapporti, la cui difficoltà di individuazione risiede nella natura di un bagaglio teorico e un orizzonte di ricerca estremamente complesso. Dall'altro, un interessante *fil rouge*, di non sempre facile svelamento, che lega pratiche compositive anche distanti nel tempo, e che mostra come in realtà il ruolo della teoria sia stato quello di permettere variazioni sapienti su temi noti. E' utile a tal proposito ripercorrere sinteticamente i nodi di tale filo:

- La curva continua usata nel Barocco deriva dall'introduzione scientifico-culturale del concetto di infinito, e la stessa idea di continuità/discontinuità spaziale è figlia di quest'epoca. Per comprendere quindi usi ben più contemporanei della forma curva, è necessario soffermarsi su alcune pratiche diffuse nel corso del secolo XVII;
- Al Barocco, ed in particolare a Borromini, si devono metodi di costruzione della curva e di indagine sulla continuità spaziale che saranno ripresi nel Moderno ed utilizzati sino al Contemporaneo (in particolare, lo sviluppo di una curva continua, realizzata componendo archi di cerchio e segmenti rettilinei con una logica compositiva che tende ad annullare la differenza tra interno ed esterno e a conferire unità ad un insieme; la manipolazione spaziale effettuata a partire da una serie di deformazioni di griglie cartesiane; l'utilizzo di piante sinottiche per sviluppare ragionamenti in tre dimensioni su supporto bidimensionale);
- La ricerca sulla sintesi delle arti (pittura, scultura, danza, architettura, musica, letteratura) ha condotto ad un rinnovato interesse per la forma plastica nella prima metà del Novecento (oltre alla costruzione della continuità, un'altra tipologia di curve deriva quindi da questa particolare e diffusa volontà di

sintesi: la curva plastica è più libera, apparentemente incoerente, e sembra anticipare l'approccio "anesatto" alla forma);

- Dalla stessa volontà di sintesi nasce un nuovo approccio allo spazio legato al movimento, a partire dal quale sembra diffondersi la tendenza, ancor oggi diffusa, ad introdurre una curva continua nello sviluppo di un percorso per esperire l'Architettura;
- Una nuova volontà di sintesi tra arti e scienze conduce nella seconda metà del Novecento all'utilizzo di un tipo di curva "impersonale" (tra tutte, il cerchio e le coniche), ma l'analisi di alcune pratiche compositive ha portato alla luce la possibilità di applicare un approccio del tutto autoriale ed analogico all'uso di tali forme;
- Il tema che lega approccio analogico di costruzione della curva a ricerche compositive contemporanee sembra dunque essere quello dell'"anesatto". Seppur coniato da Greg Lynn per descrivere il legame tra forma architettonica e rivoluzione digitale, il lemma è del tutto adeguato a descrivere episodi formali che hanno poco o nulla a che fare con lo strumento informatico, ma che possono dire molto sull'interpretazione contemporanea del concetto di forma curvilinea.

Un'altra considerazione acquisisce senso, e si rende necessaria, al termine della ricerca: essa riguarda il significato dei lemmi “analogia” – “analogico”. L'attributo “analogico”, diffusamente utilizzato nel testo, in prima lettura vuole riferirsi, come anche esplicitato, al non utilizzo dello strumento informatico in quel tratto della progettazione che va dal *croquis* dell'immagine della forma cui si vuole arrivare (curva in questo caso), alla redazione dei disegni che ne rendono possibile la realizzazione. L'aggettivo si lega alla differenza che intercorre tra due tipi diversi di segnale di informazione: essa è “analogica” se può assumere tutti gli infiniti valori compresi in un intervallo finito; è “digitale” se può assumere soltanto un numero finito di valori (tipicamente binaria, poichè si serve delle sole cifre 0 e 1). In altri termini, mentre nei segnali analogici l'informazione è contenuta nella “forma” stessa del segnale, in quelli digitali essa è codificata in una serie di simboli.

Una disamina effettuata a posteriori del lavoro svolto, quindi solo parzialmente intenzionale, rivela tuttavia significati e sfumature più sottili della parola, il cui svelamento implica, di nuovo, l'accostamento degli universi architettonico e letterario.

In poesia, l'analogia¹⁷⁹ è la figura retorica che consiste “nell'accostare due immagini o situazioni diverse e prive, apparentemente, di un legame logico, perchè la connessione tra i due elementi non è subito evidente”¹⁸⁰. Rispetto alla metafora essa rivela quindi una superiore audacia e complessità, perchè il rapporto di somiglianza si basa su una libera associazione di pensiero o di sensazione, non su una corrispondenza oggettiva¹⁸¹. A livello intuitivo, in effetti, questo tipo di rappresentazione è comunemente utilizzato dall'individuo per comprendere nuove informazioni, perchè consente di abbinare elementi di una idea nuova con quelli di un'altra conservata nella memoria. Il processo di analisi utilizzato a monte della stesura della presente dissertazione, e riassunto dalle tavole contenute nella prefazione, è in questo senso analogico, perchè volto alla ricostruzione di rapporti di somiglianza grafica e compositiva il cui sviluppo è simile a quello descritto dall'etimo appena illustrato. La stessa pratica di SANAA e Eric Miralles, scelti come modelli di studio e di analisi dell'anesatto, può ben definirsi a sua volta analogica rispetto a riferimenti, processi e rielaborazione di temi noti¹⁸².

¹⁷⁹ Dal latino *analogia*, greco *ἀναλογία*, «relazione di somiglianza, uguaglianza di rapporti, proporzione matematica», der. di *ἀνάλογος* «analogo». Treccani

¹⁸⁰ Treccani.

¹⁸¹ Il prefisso *ἀνά*, dal greco, significa letteralmente «all'insù», «sopra».

¹⁸² Anche in fisica l'analogia qualifica una “corrispondenza tra due fenomeni diversi ma retti dalle stesse leggi formali e che perciò possono essere assunti l'uno come modello dell'altro”.

In ultimo, uno dei significati dell'analogia consiste "nell'attribuzione di un medesimo predicato a persone, cose o concetti che non sono tra loro uguali né diversi, ma *analoghi*"¹⁸³ (è per analogia che si può applicare il verbo «vivere» sia agli animali sia alle piante). Quest'ultima definizione, in particolare, appare degna di nota, perchè evoca immediatamente un attributo caro alla presente dissertazione: quello associato a forme che non sono né esatte (sempre uguali a se stesse) né inesatte (sempre diverse), ma che possono definirsi *an-esatte*. Come nel caso della *ana-logia*, in cui il prefisso nella sua originale etimologia suggerisce un processo che non si colloca "al di fuori", ma "al di sopra" della logica, così l'anesatto sembra trovarsi in una dimensione ben precisa, oltre (e non fuori) il logico sviluppo di pensiero progettuale, geometrico e spaziale.

I due lemmi risultano così collegati a doppio filo: una forma anesatta può derivare da un processo compositivo fondato sull'analogia. Una forma anesatta è per sua natura analogica.

¹⁸³ Treccani, sul significato attribuito al termine dalla Scolastica.

E' bene notare che quella delle “anesatte” non è l'unica famiglia di curve per le quali è attualmente riscontrabile un approccio analogico. Agli antipodi del mondo dell'anesatto si collocano infatti manifestazioni degne di nota già nella prima metà del Novecento: tra il 1947 e il 1961 Friedrich Kiesler lavora alla *Endless House*, un'idea di abitazione concepita a partire da un vero e proprio scarabocchio (da una curva definibile, a tutti gli effetti, “inesatta”), e il cui scopo è quello di indagare il concetto di continuità spaziale da un lato, e trasporre in chiave moderna l'archetipo della caverna dall'altro. Pur rimasta allora solo sulla carta, essa costituisce comunque uno dei più originali progetti di abitazione del ventesimo secolo e sembra aver ispirato parecchi edifici contemporanei. Uno tra tutti, la *Truss Wall House* di Ushida Findlay (realizzata in Giappone nel 1993), che Simon Unwin nel suo *Curve*¹⁸⁴ associa non a caso alla *Endless House*: una vera e propria trasposizione in spazio del movimento dinamico ed “inesatto” dell'uomo.

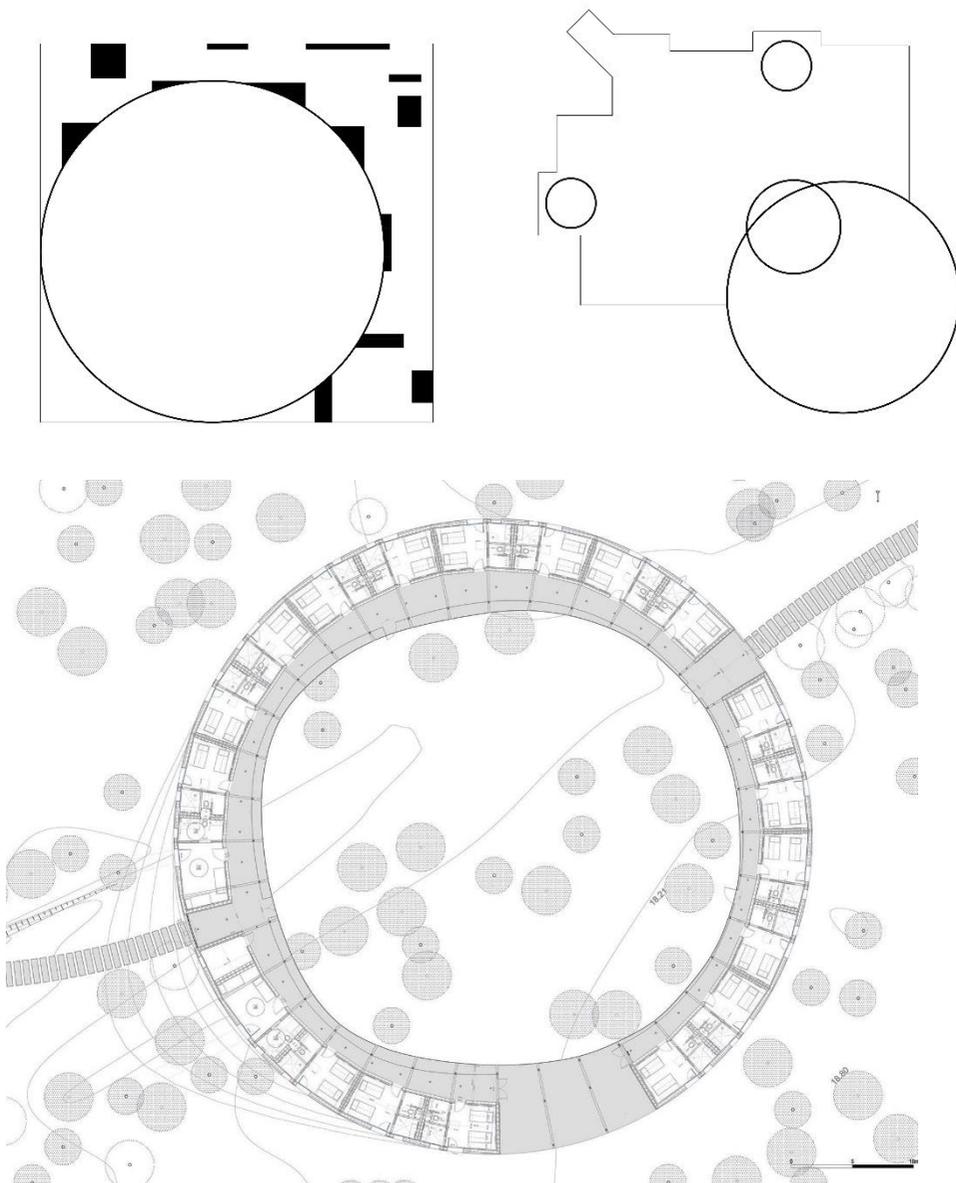


All'opposto, un'altra tendenza recente necessaria di approfondimento, è quella che vede l'utilizzo sempre più diffuso della forma regolare e perfetta della circonferenza in composizione, soprattutto come traccia, segno a partire da cui sviluppare la pianta. Interpretazioni interessanti di questo tema sono state date da Aires Mateus, che nella Casa in Alentejo e nella Casa in Monsaraz utilizza il cerchio come vuoto archetipo, scavo su volumi puri intorno a cui prende forma lo spazio domestico; o da Bernardo Secchi e Paola Viganò, che inseriscono una forma di patio irregolare all'interno di un sistema circolare esatto di alloggi nel loro *Hostel Wadi*. La forma curva, in questo caso, oltre a delimitare una sezione protetta e raccolta di area boschiva, funge da

¹⁸⁴ S. UNWIN, *Analysing Architecture Notebooks, Curve*, Routledge, 2019, p.70.

divisorio tra le specie vegetali di un sistema verde artificiale (la foresta di pini, piantumata nel 1700 e divenuta ormai paesaggio storico, protetto dal volume circolare) e il bosco di latifoglie ripopolato.

Questi, ed altri esempi di curva analogica contemporanea, meritano di arricchire un settore di ricerca su cui molto ancora può esser detto, ed il cui studio può aiutare non solo a far luce e chiarezza sullo stesso rapporto tra spazio e strumento informatico, ma anche configurarsi come vera e propria alternativa ad esso.



Pagina precedente, figura 76: ridisegni della *Truss Wall House* di Ushida Findlay (1993) e della *Endless House* di Friedrich Kiesler (1961).

Sopra, figura 77: ridisegni della *Casa in Alentejo* (2015) e della *Casa in Monsaraz* (2018) di Aires Mateus. Pianta dell'*Hostel Wadi* di Bernardo Secchi e Paola Viganò (2013) © Bernardo Secchi - Paola Viganò.

Bibliografia

S. ADRIAENSSENS (ed.), P. BLOCK (ed.), D. VEENENDAAL (ed.), C. WILLIAMS (ed.), *Shell structures for Architecture: form finding and optimization*, Routledge, 2014.

M. ANDO, *Reprise and Continuity in Alvar Aalto's Design Process for Three Churches*, «Journal of Asian Architecture and Building Engineering» 17:2 (2018) 237 – 244.

B. CACHE, *Plea for Euclid*, in B. CACHE, *Projectiles*, Architectural Association London, 2011.

J. CALATRAVA, *Le Corbusier e le Poème de l'Angle Droit: un poema abitabile, una casa poetica*, Electaarchitettura, 2007.

A. CAPANNA, *Conoids and Hyperbolic Paraboloids in Le Corbusier's Philips Pavilion*, in K. WILLIAMS, M. J. OSTWALD, *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future, Volume II: The 1500s to the Future*, Birkhauser, 2015, 377 – 387.

O. CARPENZANO, M. D'AMBROSIO, L. LATOUR, *e-learning. Electric extended environment*, Edizioni ETS, Pisa, 2016.

O. CARPENZANO, *Idea Immagine Architettura*, Gangemi Editore, Roma, 2013.

O. CARPENZANO, *Lo scambio del limite*, Gangemi, 2003.

C. Y. CHIU, N. Y. KILINCER, H. A. TABRIZI, *Jørn Utzon's aesthetic confirmation and inspiration for the Sydney Opera House design (1958–1966)*, «Journal of Asian Architecture and Building Engineering» 18:3 (2019) 159 – 169.

C. Y. CHIU, *My Country and My People and Sydney Opera House: The missing link*, in «Frontiers of Architectural research» 11:3 2019.

J. F. CONTRERAS, *La Planta Miralles. Representación y Pensamiento en la Arquitectura de Eric Miralles*, Tesis Doctoral, ETSAM, 2013.

T. A. COOK, *The curves of life*, Constable and Company LTD, London, 1914.

E. D'ORS, *Du Baroque*, Gallimard, 1935.

L. DE CARLO (ed.), L. PARIS (ed.), *Le linee curve per l'Architettura e il design*, Franco Angeli – Le forme del disegno, Milano 2019.

G. DELEUZE, *La piega. Leibniz e il Barocco*, Piccola Biblioteca Einaudi, 2004.

G. DELEUZE, F. GUATTARI, *A thousand plateaus*, Les Editions de Minuit, Paris, 1980.

J. DERRIDA, *Edmund Husserl's Origin of Geometry: An Introduction*, Stony Brook, N.Y.: N. Hays, 1978.

P. DESIDERI, A. DE MAGISTRIS, C. OLMO, MARKO POGACNIK, STEFANO SORACE (ed.), *La concezione strutturale. Ingegneria e Architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta*, Umberto Allemandi & C., 2012.

G. DORFLES, *Barocco nell'Architettura Moderna*, Libreria Editrice Politecnica Tamburini Milano, 1951.

H. FOCILLON, *Vita delle forme*, Einaudi, 2002.

S. GIEDION, *Space Time and Architecture*, Harvard University Press, 1941.

C. GUERRERO, *Art in the work of Moretti*, in C. BOZZONI, D. FONTI (ed.), *Luigi Moretti Architetto del Novecento*, Gangemi Editore, 2009, 149 – 154.

P. HARWOOD, *Examining line as a heuristic device in the design ethos of Alvar Aalto*, Conference paper, Department of Architecture, Ball State University, USA, 2006.

W. KANDINSKY, *Punto, Linea, Superficie*, Adelphi (26° edizione 2014).

G. KEPES, *Structure in Art and Science*, George Braziller, 1965.

P. KLEE, *Teoria della forma e della figurazione* VOL. 1 – 2.

J. L. LAMBETH, *Plastic Form in Architecture*, Master's Thesis, Rice University, 1967.

E. H. LOCKWOOD, *A book of curves*, Cambridge University Press, 1962.

R. LUCENTE, *La Casa delle Armi. Egesi della creazione e della conservazione di un capolavoro*, in C. BOZZONI, D. FONTI (ed.), *Luigi Moretti Architetto del Novecento*, Gangemi Editore, 2009, 283 – 290.

G. LYNN, *Folding in Architecture*, in M. CARPO (ed.), *The digital turn in Architecture*, John Wiley & Sons, UK, 2013, 28 – 47.

G. LYNN, *Multiplicitous and in-Organic Bodies*, "Architectural Design", Vol. 63, pp.33-49.

M. P. MALDONADO, *Anexact but rigorous: the territorial delimitations of Sejima and Nishizawa*, in “Drawing on”, 04.

S. MENIN, F. SAMUEL, *Nature and Space: Aalto and Le Corbusier*, Routledge, 2002.

L. MORETTI, «Spazio»: gli editoriali e altri scritti, Christian Marinotti edizioni.

A. V. NAVONE, *Architettura, allegoria della danza. Il progetto per la nuova sede dell'Accademia Nazionale di Roma*, in C. BOZZONI, D. FONTI (ed.), Luigi Moretti Architetto del Novecento, Gangemi Editore, 2009, 237 – 251.

M. NICOLETTI, *L'Architettura delle caverne*, Laterza, 1980.

J. H. PARK & G. BALDANCHOIJIL, *The Superimposition of Circles Cut into Louis I. Kahn's Building Façades*, in «Journal of Asian Architecture and Building Engineering», 13:2, 389-396, 2014.

J. PETTI, *Niemeyer. Architetto e poeta*, Hoepli, 1995.

O. S. PIERINI, *Torroja, Fisac, De La Sota e la concezione strutturale dello spazio*, «FAMagazine» 35 (2016) 39 – 47.

P. PORTOGHESI, *Poesia della curva*, Gangemi Editore, 2021.

P. PORTOGHESI, *Roma Barocca*, Edizioni Laterza, X rist. 2002.

P. PORTOGHESI, *Borromini. La vita e le opere*, Skira Editore, 2019.

A. RAPOPORT, *House form and culture*, Pearson, 1969.

L. REALE (a cura di), F. FAVA (a cura di), J. L. CANO (a cura di), *Spazi d'artificio: dialoghi sulla città temporanea*, Quodlibet, 2016.

D. SALVI, *Arte e percezione nel pensiero architettonico di Luigi Moretti*, in C. BOZZONI, D. FONTI (ed.), Luigi Moretti Architetto del Novecento, Gangemi Editore, 2009, 237 – 251.

A. SAGGIO, *Datemi una corda e costruirò*, Lulu Edizioni, 2009.

M. SAVORRA, *La forma e la struttura*, Felix Candela: gli scritti, Electa, 2013.

P. SCHUMACHER, *The progress of Geometry as design resource*, “Log”, n. 43, 2018, pp. 105 – 118.

G. SPADAFORA, *Lo spazio della linea. Il tiburio di Sant’Andrea delle Fratte*, in L. DE CARLO (ed.), L. PARIS (ed.), *Le linee curve per l’Architettura e il design*, Franco Angeli, Milano, 2019, pp. 171 – 182.

W. THOMPSON, *On growth and form*, Cambridge University Press, 1917.

E. TORROJA, *La concezione strutturale*, Cittàstudi, 1995.

B. TURKIENICZ, R. MAYER, *Oscar Niemeyer curved lines: few words many sentences*, in K. WILLIAMS, M. J. OSTWALD, *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future, Volume II: The 1500s to the Future*, Birkhauser, 2015, 389 – 405.

S. UNWIN, *Analysing Architecture Notebooks, Curve*, Routledge, 2019.

S. UNWIN, *Analysing Architecture Notebooks, Twenty five buildings every architect should understand*, Routledge, 2015.

H. WOLFFLIN, *Rinascimento e Barocco* (trad. di L. Filippi), Vallecchi, Firenze, 1928 (I ediz.).

M. ZAMMERINI, *Traiettorie curvilinee tra architettura, teatro, cinema e design*, in DE CARLO (ed.), L. PARIS (ed.), *Le linee curve per l’Architettura e il design*, Franco Angeli, Milano, 2019, pp. 237 – 252.

Indice delle immagini e delle illustrazioni

Capitolo 1

Figura 1. Leonardo Da Vinci, Studio di panneggio e bozzatti di studio su forme naturali: cavallo, capelli, piante e fiori.

Figura 2. Deformazione cartesiana operata da Borromini sulla trama della cupola del San Carlino. Disegno a cura dell'autore e foto di Paolo Portoghesi.

Figura 3. Disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane. Fonte: Albertina 176.

Figura 4. Schema a cura dell'autore su disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane, Albertina 176.

Figura 5. Stralcio di disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane. Fonte: Albertina 170.

Figura 6. Schema a cura dell'autore su stralcio di disegno autografo di Borromini per San Carlo alle Quattro Fontane, Albertina 170.

Figura 7. Confronto tra un particolare della pianta dell'interno e della facciata (Albertina 170 - 176). Disegno a cura dell'autore.

Figura 8. Particolare della curva di facciata del San Carlino in una fotografia di Paolo Portoghesi.

Figura 9. Stralcio di disegno di Borromini per Sant'Andrea delle Fratte - AzRom 108 - Museo Albertina Vienna. Sotto, ricostruzioni a cura dell'autore della struttura geometrica di costruzione della base e della trabeazione del tiburio.

Figura 10. Alvar Aalto, Dormitori del MIT, Cambridge, USA, 1947-48. Pianta e ridisegno a cura dell'autore.

Figura 11. Oscar Niemeyer, Banco Boavista, Rio De Janeiro, 1946. Ridisegno a cura dell'autore.

Figura 12. Oscar Niemeyer, Banco Boavista, Rio De Janeiro, 1946 © Kurt Hutton.

Figura 13. Padiglione Finlandese disegnato da Alvar Aalto per l'Esposizione di New York del 1939. Ridisegno a cura dell'autore.

Figura 14. Fotografia del Padiglione Finlandese disegnato da Alvar Aalto per l'Esposizione di New York del 1939 © Ezra Stoller Photographs.

Figura 15. Pagina tratta da “Platforms and Plateaus: Ideas of a Danish architect”, pubblicata su “Chinese houses and temples”. Dagli archivi Utzon, Biblioteca dell’Università di Aalborg, Danimarca.

Figura 16. Alcune delle immagini raccolte nel manifesto di Utzon e Faber “Tendencies in present day Architecture” pubblicate in Arkitekten nel 1947.

Figura 17. Sezione di dettaglio della proposta di concorso per la Sydney Opera House in cui si evince il rapporto tra elemento “femminile” leggero e struttura “maschile” ortogonale © The Sydney Opera House Trust. Alcuni ideogrammi utilizzati da Lin Yutang per indagare il rapporto tra calligrafia e forma architettonica tratti da My Country and My People.

Figura 18. Disegno di prospetto tratto dal Yellow Book - Disegni di concept per la forma delle volte © The Sydney Opera House Trust.

Figura 19. Serie di fotografie che illustra la genesi delle volte, dal taglio della sfera alla singola costola composta da elementi modulari prefabbricati © The Sydney Opera House Trust, Zodiac 14.

Figura 20. Copertina del Yellow Book con rappresentato il processo di costruzione geometrica dei gusci; sotto: tavola di progetto riassuntiva delle componenti della singola volta © The Sydney Opera House Trust.

Figura 21. Rappresentazione schematica del processo generativo di ogni singolo guscio. Disegno a cura dell’autore.

Figura 22. Ricostruzione schematica dell’impianto geometrico alla base del disegno di sezione della casa in Monsaz di Aires Mateus. Disegno a cura dell’autore.

Figura 23. Aires Mateus, Casa in Monsaraz, 2018 © João Guimarães.

Figura 24. Prospetto e pianta di progetto della chiesa Bagsvaerd in cui evince la dipendenza del disegno planimetrico e di facciata dalla griglia di base quadrata 2,2 x 2,2 mt © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.

Figura 25. Schizzi di *concept* della Chiesa © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.

Figura 26. Disegni di progetto esemplificativi del metodo di costruzione geometrica della curva del soffitto e del rapporto tra curva e griglia ortogonale © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.

Figura 27. Restituzione fotografica dell'ambiente liturgico con varie condizioni di luminosità © Utzon Archives / Aalborg University & Utzon Center.

Figura 28. Disegno a cura dell'autore dell'impianto geometrico della sezione della sedia Paimio.

Figura 29. Particolare costruttivo del soffitto ondulato della sala conferenze della Biblioteca di Viipuri. Sotto, uno studio acustico dell'ambiente mette in risalto il rapporto tra suono e forma sinuosa © Fondazione Alvar Aalto.

Figura 30. Schemi grafici che mettono in risalto la medesima costruzione geometrica delle curve di, in ordine, Chiesa di Bagsvaerd, Biblioteca di Viipuri e San Carlino a Roma (particolare di pianta in basso a destra). Disegno a cura dell'autore.

Figura 31. Ricostruzione della struttura grafica di costruzione del disegno di Villa Mairea di Alvar Aalto e della Onishi Town Hall di SANAA. Disegno a cura dell'autore.

Capitolo 2

Figura 32. Le Corbusier, alcune tavole grafiche inserite nel Pòeme © FLC/ADAGP.

Figura 33. Le Corbusier, disegno di progetto per Notre Dame Du Haut, 1950. Disegno 7120 (Le Corbusier – 1983b:12).

Figura 34. Disegno a cura dell'autore in cui è messa in risalto la curva libera alla base di Notre Dame du Haut, che sembra avere uno stretto rapporto con il sistema ortogonale di copertura.

Figura 35. Le Corbusier, disegno di progetto per Notre Dame Du Haut, 1950. Particolare studio sulla forma libera delle travi di copertura. Disegno 7390 (Le Corbusier – 1983b:115).

Figura 36. Le Corbusier, disegno di progetto per il Portico del Palazzo dell'Assemblea di Chandigarh. Disegno 3245 (Le Corbusier – 1983c:282).

Figura 37. Un confronto tra la sezione schematica della Biblioteca Nazionale di Francia e alcuni disegni autografi di Le Corbusier su forme ricorrenti nel suo vocabolario formale: mani e ciottoli, intersezione del percorso del Sole con la linea dell'orizzonte, conchiglia, anse del fiume/spirale. Disegno a cura dell'autore.

Figura 38. Dal book *Strategy of the Void* allegato al progetto di concorso (1989): quattro riferimenti formali per i vuoti della biblioteca: Ciottoli, Intersezioni, Spirale, Conchiglia.

Figura 39. Dal book *Strategy of the Void* allegato al progetto di concorso (1989): schemi di concept illustrativi della distribuzione e della forma dei vuoti.

Figura 40. Alcune forme vernacolari usate e rielaborate da Le Corbusier: sezione definitiva delle volte dell'attico di Porte Molitor (il sistema costruttivo proviene dalla tradizione mediterranea, ma l'uso delle volte in cemento armato si deve ad Auguste Perret); sezione della torre di Chandigarh: un iperboloido utilizzato tradizionalmente per le torri di raffreddamento; conoidi proposti per la copertura di una civile abitazione e derivati dagli studi di Eugene Freyssinet per il rivestimento di grandi spazi industriali. In ordine, Disegno 13398 (Le Corbusier – 1983a:45) – Disegno 3117 (Le Corbusier – 1983c:225) – Disegno 33413 FLC.

Figura 41. Le Corbusier, Maison La Roche, Parigi, 1925. Particolare sequenza che illustra il ruolo del percorso curvo (e della parete che si “incurva” per ospitarlo) nell'evocare una progressivamente diversa percezione dello spazio.

Figura 42. Le Corbusier, Carpenter Centre for Visual Arts, Università di Harvard (Cambridge, Massachusetts), 1961- 1964. Pianta e restituzione fotografica.

Figura 43. Sverre Fehn, Hedmark Museum, Hamar (Norvegia), 1967. Pianta e particolare fotografico del percorso curvo che attraversa lo spazio museale. Foto © Hélène Binet - Caroline Vaussanvin. Disegno a cura dell'autore.

Figura 44. Carrilho Da Graça, Padiglione della Conoscenza, Lisbona 1998. Pianta e particolare fotografico della curva del percorso di accesso alle sale espositive © Cristian Richter. Disegno a cura dell'autore.

Figura 45. L. Moretti, foto del modello del corpo del collegio (ACS, Fondo Moretti).

Figura 46. Le Corbusier, disegni di studio per il Padiglione Philips all'Expo di Bruxelles, 1958 © FLC/ADAGP.

Figura 47. Fotografia del Padiglione realizzato e modello di studio che mostra il layout dei cavi di acciaio a sostegno delle lastre © FLC/ADAGP.

Capitolo 3

Figura 48. Alcune immagini affiancate nella sezione Visual documents in Structure in Art and Science: immagine al microscopio della sezione trasversale di un organismo vegetale. Fotografia di I. W. Bailey, Università di Harvard; El Lissitzky, 19D, 1922; H. Caminos, Modello per una struttura di copertura a membrana F. Otto, Modello di struttura a maglie esagonali realizzato con catene.

Figura 49. E. Torroja, Fronton Recoletos, Madrid, 1936.

Figura 50. P. Nervi, Aviorimessa per l'Aeronautica di Orbetello, 1935.

Figura 51. L. Moretti, Casa balilla sperimentale (Casa delle Armi) al Foro Mussolini, Sala della Scherma, Roma, 1933 - 1936.

Figura 52. Un confronto tra le sezioni del Fronton Recoletos, l'Aviorimessa di Orbetello e la Casa delle Armi. Disegno a cura dell'autore.

Figura 53. Diagramma tratto dall'articolo Oscar Niemeyer curved lines: few words many sentences che illustra la sequenza di regole alla base della generazione dei volumi dell'Auditorium di Belo Horizonte, il Museo di Curitiba, il Complesso di Ibirapuera.

Figura 54. Ricostruzione grafica a cura dell'autore della struttura geometrica alla base della generazione delle curve composite delle cupole del Congresso Nazionale del Brasile, delle volte del Memorial Latin America e del trattamento spaziale dell'iperbole della Chiesa di Brasilia.

Figura 55. Ricostruzione grafica a cura dell'autore della struttura geometrica generativa dei sistemi di facciata della parete Nord Est, dei corridoi, dei passaggi, dei prospetti del dormitorio, della porzione Sud Est del blocco dello studentato e del blocco degli uffici dell'Istituto Indiano di Management di Ahmedabad. Gli schemi sono ripresi dalla ricerca citata nel capitolo.

Figura 56. Particolare fotografico di alcune facciate (blocco uffici e corridoi) dell'IIM © Jeroen Verrecht.

Figura 57. Gli spazi di soglia dell'Ospedale di Dacca. Archivio Fotografico Domus.

Figura 58. Ricostruzione grafica a cura dell'autore della struttura geometrica generativa dei sistemi di facciata di ingresso all'Ospedale Ayub di Dacca (schemi ripresi dalla ricerca citata nel capitolo).

Capitolo 4

Figura 59. Un esempio di forma esatta, inesatta ed anesatta secondo la descrizione di Greg Lynn.

Figura 60. Il sistema cassettonato della volta del San Carlino viene ora riproposto e messo in relazione con una delle trasformazioni illustrate da Thompson in *On Growth and Form*. Disegno a cura dell'autore.

Figura 61. K. Sejima, Onishi Town Hall, 2003, Pianta.

Figura 62. K. Sejima, Onishi Town Hall. Disegno a cura dell'autore.

Figura 63. Ridisegno di Maldonado (M. P. Maldonado, *Anexact but rigorous: the territorial delimitations of Sejima and Nishizawa*, in "Drawing on", 04) effettuato da una CNC (Computer Numerical Machine).

Figura 64. Disegno a cura dell'autore dell'Amsterdam Lumière Pavillon.

Figura 65. SANAA, Complesso Grace Farms, New Canaan, Connecticut, 2015 – W. Kandinsky, *Untitled (Drawing for diagram 17)*, 1925.

Figura 66. Michael Heizer, *Dissipate n.8* (1968); Richard Long, *Dusty Boots Line, Sahara* (1988).

Figura 67. Miralles/Pinos, *Pergole di Parets del Valles* (1985) © Fundació Eric Miralles.

Figura 68. E. Miralles, C. Pinos, *Proposta di concorso per il cimitero di Igualada*, 1985.

Figura 69. E. Miralles, C. Pinos, *Versione definitiva del progetto di Igualada*, 1987 © Fundació Eric Miralles.

Figura 70. E. Miralles, C. Pinos, *Sagrestia del Cimitero di Igualada*, 1987. Lo schema in basso, a cura dell'autore, evidenzia la costruzione di una delle due porzioni curvilinee ondulate.

Figura 71. E. Miralles, *Cimitero di Igualada, bozzetti preparatori*, 1986. Sotto, opere di Jean Arp, Max Ernst e Joan Miró.

Figura 72. Parete curva in mattoni nei giardini dell'Università della Virginia di Thomas Jefferson.

Figura 73. Georges Braque, Il pittore e la sua modella, 1939 e E. Miralles, Como acotar un croissant, 1991.

Figura 74. EMBT, Parque Diagonal-Mar, 1997/2000 © Fundació Eric Miralles.

Figura 75. E. Miralles, Parque en Mollet del Vallès, 1992 – 2000 © Fundació Eric Miralles.

Conclusioni

Figura 76. Disegni a cura dell'autore della Truss Wall House di Ushida Findlay (1993) e della Endless House di Friedrich Kiesler (1961).

Figura 77. Disegni a cura dell'autore della Casa in Alentejo (2015) e della Casa in Monsaraz (2018) di Aires Mateus. Pianta dell'Hostel Wadi di Bernardo Secchi e Paola Viganò (2013) © Bernardo Secchi - Paola Viganò.