



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Gli alberi di Gaudì. Multimedialità per la comprensione della geometria dell'Architettura

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Gli alberi di Gaudì. Multimedialità per la comprensione della geometria dell'Architettura / C.Crescenzi. - STAMPA. - (2007), pp. 6-11. (Intervento presentato al convegno E - Arcom "Sistemi informativi per l'architettura" tenutosi a Ancona nel maggio).

Availability:

This version is available at: 2158/598842 since:

Publisher:

Alinea Editrice

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

GLI ALBERI DI GAUDÍ

MULTIMEDIALITÀ PER LA COMPrensIONE DELLA GEOMETRIA DELL'ARCHITETTURA

Carmela CRESCENZI, Andrea CAPRARA, Giulia GORI, Francesca NESI, Andrea PAGANO,
Silvia PILIA, Francesca POGGIANI, Tommaso RAFANELLI, Simone SCORTECCI,
Fabrizio SICHI, Francesco GIANNINI

(*) Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Architettura, Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Viale Gramsci, 42, 50132 Firenze, tel. 055 2631031/26, fax 055 2631032, e-mail crescenzi@unifi.it

Abstract

The Sagrada Familia, mature work by Antoni Gaudí, is the emblem of Catalan Modernism. The building is a plot of daring static, geometrical and symbolic applications.

In the study of the columns/trees of the church, the author defines a new architectural order that is tended to overcome the classical canons: their tensions and forms express movement and growth, symbols of life.

The dynamic of trees, organisms in continuous transformations, is interpreted by the compositions of geometrical constructions: their rhythm grows with clockwise and counter clockwise rotations of polygons tending to the squaring of circle. The systematic application of simple rules on different base forms determines the complex three dimensional geometries that model a new and personal perception of the architectural space.

The geometrical genesis of columns explicates the Catalan Master's architectural philosophy and clarifies the latent classicism of his works: a new and original critical reading is now possible.

The multimedia path illustrates the historical fundaments by placing side by side the artistic and cultural vanguards and their mutual relations; more, it confirms the innovating value of Gaudí's works and his influences on the contemporary architecture. The contamination between architecture and music underlines the cultural background in which Gaudí operated.

Through different and innovating tools of representation, the video describes the creative path for the understanding and the implications in the architectural project, and it is presented as an asynchronic path for learning.

Introduzione

L'analisi morfologica di progetti di Architettura ha un forte valore didattico. In particolare lo studio della genesi delle opere di Gaudí, mediante l'analisi grafica bidimensionale e le applicazioni in 3D, ha suscitato un forte coinvolgimento sia nell'apprendimento pragmatico della geometria sia nell'accrescimento della coscienza progettuale. Il lavoro presenta l'analisi geometrica delle colonne della *Sagrada Familia* ci ha portato a comprendere la filosofia progettuale alla base dell'architettura di Gaudí.

Gaudí e il Modernismo Catalano

Nella seconda metà del XIX secolo, parallelamente alle tendenze europee di *Liberty*, *Sezession*, *Art Nouveau*, *Jugendstil* e *Arts and Crafts*, in Catalogna si sviluppa il Modernismo.

La sua fioritura è legata alla prosperità economica della regione, la cosiddetta *Reinaxença*, di cui fu protagonista indiscussa l'emergente borghesia progressista, che consolidò il suo ruolo sociale e politico attuando un diffuso mecenatismo, promuovendo le Arti. Lo sviluppo dell'architettura e dell'artigianato furono funzionali alla nascente coscienza regionale catalana, attraverso il recupero delle radici medievali e la spinta progressista verso la realtà europea più industrializzata.

In questo contesto l'operato di Antoni Gaudí i Cornet (1852-1926) convoglia le istanze della committenza dei vari Güell, Batlló e Milà, a cercare nuove espressioni stilistiche, nel confronto serrato con quel fervente cantiere aperto che rappresentava Barcellona in quegli anni.

Statica, geometria, simbolismo

Se da una parte è possibile considerare Gaudí come uno dei maggiori esponenti del Modernismo, dall'altra è evidente come l'opera del maestro catalano sia un episodio unico e irripetibile.

Gaudí elaborò una metodologia progettuale che non si cristallizzò mai in un'immagine definitiva e conclusa. Dalla collaborazione con l'architetto Juan Martorell apprese le conoscenze dell'architettura neogotica e della statica grafica, materia non insegnata nella Scuola di Architettura. «La prima servì per comprendere lo stile medievale, prevalentemente rivolto all'aspetto strutturale, la seconda per superare le soluzioni gotiche e penetrare nel mondo delle forme equilibrate» (Bassegoda, Gabarró, 1998). Su queste basi teoriche iniziò un cammino personale di ricerca basato su due aspetti fondamentali: l'osservazione della natura e l'interpretazione per via empirica dei problemi strutturali.

Dalle parole di Gaudí «l'originalità è tornare all'origine», l'arte scaturisce dall'imitazione diretta delle logiche

costruttive sottese al mondo naturale, espressione più alta dell'Opera di Dio, e campionario di forme razionali e funzionali da cui trarre ispirazione. E' noto che Gaudí, animato da uno spirito religioso vicino al sentimento francescano, ritenesse che «se la natura è opera di Dio e da questa si ottengono le forme architettoniche, significa che si sta continuando l'opera del Creatore. Gaudí affermava che Dio continuava la Creazione attraverso l'uomo, avendolo reso degno di questo gesto creativo» (Bassegoda, Gabarró, 1998).

Questa profonda spiritualità è accompagnata da un lavoro costante e sistematico in laboratorio. Le forme venivano studiate e verificate attraverso modelli, che risolvevano per via empirica il calcolo del poligono funicolare. «Il modello viene realizzato con dei fili appesi al soffitto, e sacchetti di sabbia ancorati ai fili con morsetti spostabili individuano il diagramma delle forze, degli andamenti funicolari. Superfici di carta tesa tra i fili definiscono l'involucro architettonico» (Fanelli, Gargiani, 2002). Si generavano in questo modo delle soluzioni architettoniche nuove, in cui i flussi delle forze accolte da geometrie che risolvono elegantemente i problemi strutturali e spaziali.

«Le forme continue -scrive Gaudí- sono quelle perfette. Solitamente si distinguono tra elementi portanti ed elementi portati con palese inesattezza, dato che sia gli uni che gli altri sono contemporaneamente portati e portanti. Tale distinzione crea il punto imperfetto, che nasce dalla soluzione di continuità, quando si passa dall'elemento portante a quello portato. Nelle aperture, passando dai montanti all'architrave, si colloca un qualche ornamento (capitello, imposta, mensola) atto a distrarre l'attenzione da quello spazio irrisolto da un punto di vista meccanico. Si copre una carenza concettuale con un particolare gradevole alla vista, si risolve in tal modo il problema di carattere strutturale in ambito decorativo»¹.

Oltre alla tensione fra fede religiosa e sapere scientifico, che determinano la bellezza unica del suo lavoro, l'opera di Gaudí è caratterizzata da un particolare rapporto con la tradizione: «[Gaudí e Borromini] assorbono senza tregua dal passato, scavandone arcani incentivi. A ben vedere, sono assai più legati alla storia di quanto non lo sia il mondo accademico che li osteggia» (Zevi in Bohigas, 1969). Da un lato, «mentre la maggior parte degli architetti limitarono l'Orientalismo all'imitazione delle forme *mudejar* e mediorientali, Gaudí si indirizzò verso l'estremo oriente, dal quale trasse i brillanti lavori artigianali in ferro o pietra senza nominare i draghi e altre fantasiose figure dei suoi edifici e, soprattutto, l'abbondanza ornamentale e l'intensa sensibilità per la policromia dell'architettura. [...] Dall'altro lato, la teoria razionalista di Viollet-le-Duc» (Bassegoda, Gabarró, 1998) ed i richiami latenti all'ordine classico, attraverso la reinterpretazione della colonna dorica e la progettualità regolata da rigorosi sistemi proporzionali, orientavano l'applicazione di tali riferimenti.



Figura 1 – Colonna tortile nella sala da pranzo al piano terra del Collegio delle Teresine (1888-89) (da Zerbst, 2005)

Figura 2 – Colonne tortili nel Parco Güell (1900-14) (da Bonet, 2002)

Figura 3– Colonne della Sagrada Família (2005)

Un nuovo ordine architettonico

Gaudí si dedicò per molti anni alla definizione di un nuovo ordine architettonico che potesse superare quelli classici. Nel contesto storico questi sforzi potrebbero essere inquadrati nelle ricerche di una formulazione moderna dell'ordine: basti pensare al dibattito sull'estetica dell'edificio alto per appartamenti in America, oppure al modulo progettuale degli edifici in cemento armato di Perret. Nella visione personale dell'architetto catalano la colonna doveva esprimere la resistenza alle tensioni e la naturalezza, il movimento di crescita elicoidale degli alberi, segno inequivocabile della vita: «Fra le varietà degli stili storici era la colonna tortile a rappresentare in maniera più efficace il movimento ascendente di crescita, ma Gaudí non la riteneva adeguata» perché era «espressione di fragilità, di un'assoluta incapacità di resistere ai grandi carichi» (Bonet, 2002).

Dopo alcune sperimentazioni di colonne tortili nel Parco Güell (1900-14) (Fig. 2) e nella Colonia Güell (1898-1917), la

soluzione finale venne formulata nella *Sagrada Familia*, quando, oramai settantenne, riuscì a fondere le sue esperienze sulle geometrie semplici e le superfici complesse maturate negli edifici costruiti, con una attenta ed instancabile osservazione della natura, progettandone molteplici soluzioni (Fig. 3).

La prima ipotesi sviluppava una sezione quadrata, arrotondata sui vertici con curve paraboliche, lungo un tracciato elicoidale, ottenendo una superficie più organica e armoniosa di quella ideata per il Collegio delle Teresine (1888-89) (Fig. 1).

Successivamente il quadrato viene sostituito da poligoni a forma di stella con un numero variabile di punte, arrotondate con parabole le cui tangenti coincidono coi lati dei poligoni stessi (Fig. 4).

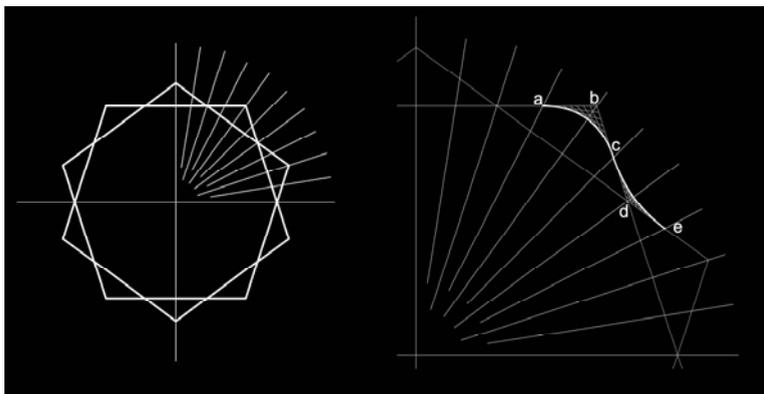


Figura 4 – A sinistra: poligono stellato a 10 punte, ottenuto da due pentagoni di lato pari a 117cm ruotati di 36°. A destra: sul vertice b viene costruita una parabola “convessa” con tangenti coincidenti agli spigoli ab e bc del poligono; sul vertice d viene costruita una parabola “concava” con tangenti coincidenti agli spigoli cd e de del poligono. Per il poligono a 10 punte si ottengono, quindi, 10 parabole “concave” e 10 parabole “convesse”.

Inoltre la colonna tortile ottenuta dallo sviluppo elicoidale in senso orario di un poligono a stella, viene sovrapposta ad una seconda colonna tortile ricavata dallo sviluppo elicoidale dello stesso poligono in senso antiorario. Dalla intersezione fra le superfici delle due colonne si ricava una forma nuova che passa dalla sezione di partenza (il poligono stellato arrotondato) ad una sezione a spigoli vivi analoga a quella di una comune colonna dorica.

«Le colonne della *Sagrada Familia* seguono un asse di forze che rappresenta la traiettoria della loro stabilità, del loro equilibrio; sono generate da una sezione stellata che ruota mano a mano che si eleva; pertanto il loro stesso movimento è elicoidale (come accade nei tronchi degli alberi). Le stelle vanno e vengono perché le orbite sono linee chiuse; la colonna va e viene perché presenta un movimento elicoidale doppio, gira nei due sensi»².

Non contento di questa elaborata soluzione, Gaudí ripete il procedimento in alzato raddoppiando ogni volta il numero di profili stellati che ruotano nei due sensi e dimezzando l’altezza: questo processo è ideato per ottenere una sezione mutevole in alzato, in cui aumentando il numero dei profili si riducono i passaggi necessari a compiere una trasformazione completa. La colonna passa così da una sezione di base a n punte ad una scanalatura dorica con $2n$ punte, poi ad una scanalatura con $4n$ punte, ecc. tendendo all’infinito ad una circonferenza.

Postulando che il passaggio da un poligono a stella ad un profilo scanalato necessiti di una altezza (in metri) pari al numero di punte del poligono stesso, si ricava che una stella con 10 punte completa la sua trasformazione in 10 metri. Per cui la serie delle altezze risulta pari a:

$$h = n + n/2 + n/4 + n/8 + n/16 + n/32 + \dots = 2n \quad [1]$$

dove h è l’altezza della colonna e n è il numero delle punte della stella (Bonet, 2002).

Ammettendo che con tre trasformazioni si ottenga con approssimazione accettabile una circonferenza, la serie delle colonne diventa:

$$h = n + n/2 + n/4 \quad [2]$$

In base alla [2], le colonne presentano altezze differenti in relazione al numero di punte del profilo di base per cui Gaudí si creò un *corpus* organico di elementi strutturali così versatile da coprire le esigenze differenziate delle navate, del transetto e della crociera. Inoltre, con penetrante coerenza, ripensò le forme di tutti gli elementi strutturali della chiesa, giocando con ulteriori profili di base in relazione all’effetto estetico che voleva suggerire ed alle altezze (Fig. 5).

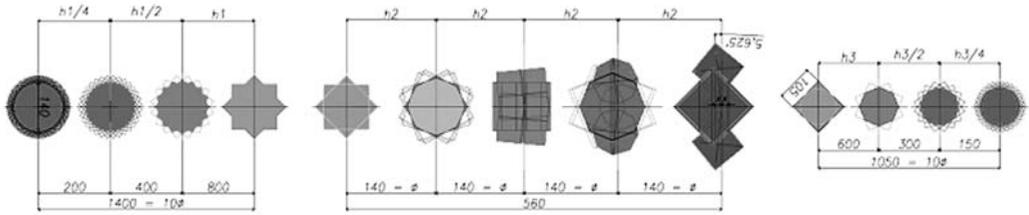


Figura 5 – Esempio di applicazione della regola di generazione elicoidale nella colonna 12 (tratto superiore) della Sagrada Familia. In questo elemento architettonico si passa da una circonferenza di base di 140cm di diametro ad un poligono stellato formato da 4 quadrati, dal quale a sua volta si sviluppano 4 colonnine che da una sezione quadrata passano ad una sezione poligonale a 32 lati.

A sinistra: profili del fusto che si imposta sul capitello della colonna. Al centro: profili del capitello intermedio, detto “nodo”. A destra: profili dei rami di colonna superiori.

Le colonne - alberi

I diametri interni delle sezioni alla base delle colonne sono legati fra loro da un modulo pari a 35 cm (cm: 105, 140, 175, 210); le altezze delle colonne seguono precisi rapporti proporzionali che si ripetono in tutto il tempo (1/2, 2/3, 3/4, 1).

I capitelli sono costituiti da ellissoidi i cui assi sono legati dai medesimi rapporti proporzionali (1/2, 2/3, 1). Essi richiamano la forma del nodo alla base delle ramificazioni degli alberi e evidenziano alla concentrazione delle tensioni della parte superiore della colonna sulla parte inferiore del fusto. Gli ellissoidi sono ulteriormente modellati per ottenere superfici paraboliche concave ideate per riflettere la luce elettrica proiettata da poli opposti per illuminare con luce diffusa la navata della chiesa; l'effetto è rimarcato dalla decorazione a raggi che circonda queste concavità, ricordando le cesure dei rami.

Le ramificazioni sopra ai capitelli, come i fusti, variano in relazione alla dislocazione all'interno della chiesa e seguono le stesse regole geometriche. Vari profili di base, ottenuti da poligoni regolari (quadrato, pentagono, esagono e composizioni di queste forme), vengono ruotati nei due sensi per ottenere le superfici delle colonne tortili la cui intersezione produce le ramificazioni. Ad ogni rotazione dei poligoni si raddoppia il numero dei lati (ad es. da un quadrato si passa ad un ottagono, ecc.) (Fig. 6).

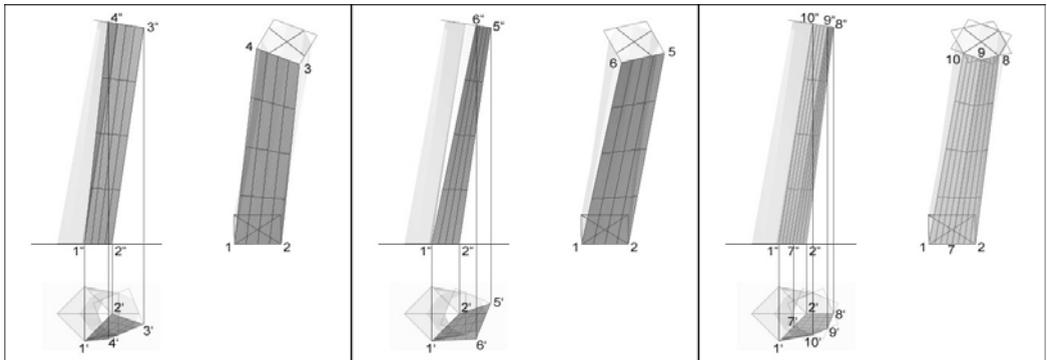


Figura 6 – Quadrato ruotato nei due sensi per ottenere la superficie di una porzione di colonna sopra al capitello.

A sinistra: la superficie 1-2-3-4 è ottenuta ruotando il quadrato in senso orario e collegando due spigoli del quadrato di partenza (1 e 2) con i corrispondenti spigoli del quadrato ruotato (3 e 4). Al centro: la superficie 1-2-5-6 è ottenuta ruotando il quadrato in senso antiorario e collegando gli spigoli 1 e 2 con i corrispondenti 5 e 6. A destra: l'intersezione delle superfici 1-2-3-4 e 1-2-5-6 produce le superfici rigate 1-7-9-10 e 2-8-9.

Le ramificazioni presentano una struttura tripartita che permette di distinguere un fusto, impostato sul capitello ellissoidale, un capitello di dimensioni minori dell'ellissoide e 2, 3 oppure 4 “rami” che sostengono le volte. In questo studio è stato verificato che complessivamente l'altezza del fusto è pari a 10 volte il diametro del profilo di partenza (ad es. nella colonna della crociera il diametro interno al poligono è pari a 140 cm, da cui si ricava che l'altezza del fusto sopra all'ellissoide è 14 m).

Il capitello delle ramificazioni, a differenza di quello ellissoidale, è ottenuto ruotando due profili nei versi orario ed antiorario, che generano un “ingrossamento” della superficie senza interrompere la continuità fra fusto e “rami”. L'effetto è ancora una volta confrontabile con gli accrescimenti degli alberi nei punti in cui si ramificano ulteriormente in rami di minor dimensione. Si è verificato che in tutti i capitelli delle ramificazioni delle colonne della Sagrada Familia, l'altezza complessiva è pari al diametro interno al profilo di partenza moltiplicato per il numero di

trasformazioni che questo subisce (ad es. nel capitello della colonna della crociera si riscontrano 4 trasformazioni del profilo, da cui si ricava che l'altezza è pari a: $140 \text{ cm} \times 4 = 560 \text{ cm}$). I "rami" sui quali si impostano le volte formano angoli determinati con rigorosi procedimenti geometrici, distinti da colonna a colonna in relazione al capitello su cui convergono (Fig. 7).

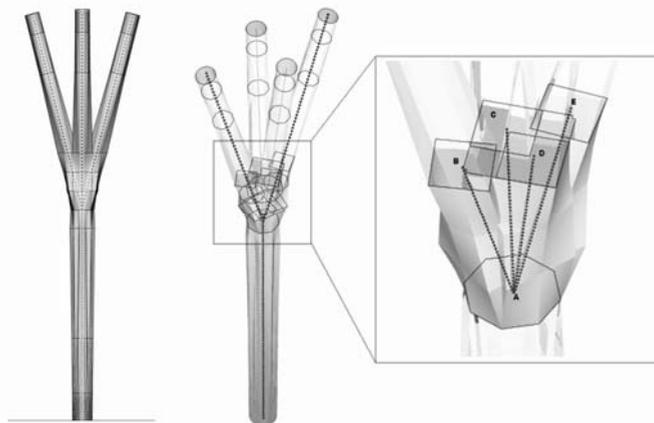


Figura 7 – Inclinazione dei “rami” della colonna della crociera ottenuta tracciando gli assi passanti per il baricentro della sezione di imposta (A) ed i baricentri delle sezioni in corrispondenza della fine del capitello (B, C, D, E).

Le superfici sviluppate dal movimento ascensionale dei poligoni in rotazione, sono settori di paraboloidi iperbolici: i lati dei poligoni che delimitano la superficie sono parti di rette generatrici della sella (Fig. 8).

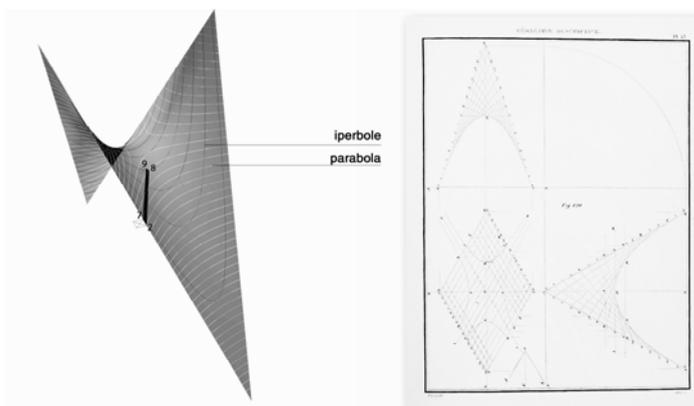


Figura 8 – Vista assonometrica dal basso delle superfici 1-7-9-10 e 7-2-8-9 (Cfr. fig. 6) con indicazioni delle parabole e iperboli da cui sono generate.

Figura 9 – Paraboloide iperbolico rappresentato nel trattato di C. F. A. Leroy (1855) (Giralt-Miracle 2003)

L'effetto plastico, che consegue a tutte queste considerazioni progettuali, riproduce quel dinamismo della natura che l'architetto andava cercando e quel rigore geometrico e proporzionale che contraddistingue l'ordine classico.

Musica e architettura

La partizione dell'impianto architettonico ed ancora più fortemente la fantasiosa e rigorosa composizione geometrica, che struttura i singoli elementi, ha suggerito un'indagine ed un'analisi delle melodie affini.

La selezione musicale è determinata dalla necessità di individuare percorsi di ricerca coevi all'opera di Gaudí, con la quale possano dialogare.

L'espressività dell'architetto catalano, unica nell'architettura moderna, è difficilmente classificabile all'interno delle varie correnti stilistiche, siano queste spagnole o europee; tuttavia trova nel panorama culturale mondiale analogie e corrispondenze con alcuni compositori che interpretano un recupero delle tradizioni musicali locali, che vanno oltre l'adesione al movimento romantico.

Per ragioni di carattere cronologico e geografico, la scelta del compositore catalano Isaac Albeniz (1866-1909) è quasi

d'obbligo: il brano proposto, "El puerto" appartiene a quella produzione folclorica che precede una svolta "impressionista" e "costruttivista".

Il compositore che forse meglio può accostarsi alla ricerca di Gaudí è Erik Satie (1866-1925), per l'inconsueta abilità di muoversi in atmosfere medievaliste e moderniste ("Gnossienne VI", "Jack in the box"). Certo, non si può nascondere la sua successiva adesione al dadaismo ed al surrealismo, correnti che sicuramente non appartengono al bagaglio culturale di Gaudí, ma il balletto "Parade" suggerisce comunque la meraviglia "danzante" nella genesi geometrica delle colonne della *Sagrada Família*.

Oltre oceano, Heitor Villa Lobos (1887-1959) è un grande rivisitatore delle atmosfere barocche bachiane in chiave "esotica": la sua "Modinha" ed il suo "Choros n° 2" rappresentano composizioni nelle quali il richiamo della tradizione locale brasiliana gioca un ruolo paritetico a quello della musica colta.

Nella carrellata sugli epigoni di Gaudí si apre lo spazio al contributo di compositori che introducono ulteriori elementi nella ricerca musicale del secolo scorso. Ecco dunque le suggestioni neofolcloriche di Béla Bartok (1881-1945), la fisicità pura del suono di John Cage (1912-1992), l'immaginifica micropolifonia di Gyorgy Ligeti (1923-2006), l'ecclettismo citazionista di Krzysztof Penderecki (1933-).

Il video come strumento di comunicazione

Gli argomenti descritti hanno richiesto uno strumento che presentasse con immediatezza la loro complessità: il video, nella sua multimedialità, rende comprensibile la rappresentazione dinamica dell'evoluzione delle forme, la stretta analogia fra natura e architettura e la contestualizzazione dei luoghi nel tempo.

Il video come dispositivo didattico coinvolge direttamente tutte le fasi di realizzazione del lavoro stesso, dal "come" al "cosa" presentare al pubblico. Le possibilità offerte dalle nuove tecniche digitali sono così ampie da interferire direttamente con il progetto comunicativo, evolvendo le forme della didattica tradizionale.

Come tutte le innovazioni tecniche nella rappresentazione e comunicazione « [...] inizialmente allontanate con timore, poi sfruttate ampiamente e senza la necessaria sorveglianza critica, le nuove tecnologie di visualizzazione finiscono per essere "gettate" nella grande scatola degli "strumenti", per alcuni addirittura la stessa scatola aperta da Leon Battista Alberti, quella degli "strumenti per lo studio e la realizzazione dell'idea"» (De Luca, 2002).

E proprio per la realizzazione dell'idea si è sfruttata la successione temporale creando un flusso continuo delle differenti informazioni (siano esse immagini, testo, schemi o disegni), correlata e strutturata dall'espressività musicale.

Il complesso pensiero di Gaudí viene chiarito dalla simultanea visualizzazione delle figure geometriche piane generatrici e dei modelli tridimensionali.

Geometria e genesi sviluppano quindi figure complesse e inusitate, strutturate da regole rigorose. Il video racconta le conoscenze storiche di queste geometrie e dei loro legami, la loro maturazione in Architettura, ma testimonia anche il percorso asincronico dell'elaborazione e formazione degli allievi.

Note

1_Antoni Gaudí, cit. in Puig Boada, 1981

2_Antoni Gaudí, cit. in Bonet, 2002

Bibliografia

Zerbst R. (2005), *Gaudí – The complete buildings*, Taschen, Köln

Hernan C.R.B. (2004), "Parametric Gaudí", *SIGraD 2004 Conference Proceeding*, Unisinos

Giralt-Miracle D. (2003), *Gaudí: la ricerca della forma: spazio, geometria, struttura e costruzione*, Jaca Book, Milano

Bonet J. (2002), *El ultimo Gaudí*, Pòrtic, Barcelona, pp. 60-100

De Luca L. (2002), *Beyond Media - Oltre i Media, Catalogo del 6° Festival Internazionale di Architettura in Video*, Editrice Compositori, Bologna, p. 83

Fanelli G., Gargiani R. (2002), *Storia dell'architettura contemporanea*, Laterza, Bari, p. 168

Burly M.C., Burly J.R., Dunlop G.M., Maher A. (2001), "Drawing Together Euclidean and Topological Threads", *SIRC 2001 Conference Proceedings*, Dunedin

Bassegoda J., Gabarró G. (1998) *La catedra de Antoni Gaudí, estudio analítico de su obra*, Edicions UPC, Barcelona, pp. 30-31, 79

Gomez, J., Coll, J., Melero, J.C., Burly, M.C. (1996), *La Sagrada Família de Gaudí al CAD*, Edicions UPC, Barcelona, pp. 107-135

Burly M.C., (1993), *The Expiatory Church of the Sagrada Família*, Phaidon, London

Puig Boada I. (1981), (a cura di) *El pensament de Gaudí*, Barcellona; trad.it. Crippa A. (1995), *Antoni Gaudí. Idee per l'architettura. Scritti e pensieri raccolti dagli allievi*, Jaca Book, Milano, p. 127.

Bohigas O. (1969), *Architettura Modernista – Gaudí e il movimento catalano*, Einaudi, Torino, p. 17