

Topological fluid architecture: is it really architecture?



Michele Emmer

Topological architecture and fluid architecture are a reality of our times. New digital technologies and new construction techniques, combined with the use of new architectural shapes derived from the latest studies of modern and contemporary mathematics, have profoundly changed the idea of architecture. There always has been an important relationship between mathematics and architecture, from ancient Greece to modern times. The new ideas of space and new geometries have helped to model the idea of space in architecture. It is a long story that continues. It is a strong tradition in the history of architecture. From the point of view of mathematics it is a matter of great interest, although many architects, mostly those linked to history and tradition, think that contemporary topological and fluid architecture is simply not architecture, forgetting that the traditional links between mathematics and architecture change as mathematics and the idea of space change.

Keywords: Architecture, Mathematics, Topology.

1. Mathematics and Architecture: transformations

Throughout the centuries humanity has always tried to discover the laws and forms of Nature. In 1623, Galileo wrote in *The Assayer* (*Il Saggiatore*): «I seem to discern the firm belief that in philosophizing one must support oneself upon the opinion of some celebrated author, as if our minds ought to remain completely sterile and barren unless wedded to the reasoning of some other person. Possibly he thinks that philosophy is a book of fiction by some writer, like the *Iliad* or *Orlando Furioso*, productions in which the least important thing is whether what is written there is true. Well, Sarsi, that is not how matters stand. Philosophy is written in this grand book, the universe, which stands continually open to our gaze. But the book cannot be understood unless one first learns to comprehend the language and read the letters in which it is composed. It is written in the language of mathematics, and its characters are triangles, circles, and other geometric figures without which it is humanly impossible to understand a single word of it; without these, one wanders about in a dark labyrinth» (Galilei 1623, pp. 237–238). The forms to which Galilei refers to are some of the ones that Euclid described for the first time in his *Elements*, and remained for many centuries as the foundation of geometry, art and architecture in the Western world.

In the book *Mathematics in Western Culture*, the mathematics historian Morris Kline (Kline

1953, p. 15) wrote: «Mathematics has been a major cultural force in Western civilization [...] Mathematics has determined the direction and content of much philosophic thought, has destroyed and rebuilt religious doctrines, has supplied substance to economic and political theories, has fashioned major painting, musical, architectural and literary styles, has fathered our logic [...] Finally, as an incomparably fine human achievement, mathematics offers satisfactions and aesthetic values at least equal to those offered by any other branch of our culture».

The connections between mathematics and architecture have been for centuries very strong. It is obvious to say that along years mathematical ideas and structures have changed and transformed themselves. And all these changes have and will influence architecture, sometimes with a long lag of time after the original mathematical ideas were developed. On this subject the architect Alice Imperiale in her book *Nuove bidimensionalità* (Imperiale 2001, pp. 36–38) wrote: «Architecture reflects changes which take place in culture, and, as many think, with a painfully slow pace [...]. Architects, always looking for an avant-garde role, think that information taken from other disciplines can be rapidly assimilated in architectural design».

Metamorph was in fact the theme of the Biennale Internazionale di Architettura of Venice 2004: «Many of the great creative acts in art and science can be seen as fundamentally met-

Architettura topologica fluida: è architettura?

Michele Emmer

L'architettura topologica, l'architettura fluida sono una realtà dei nostri tempi. Nuove tecnologie digitali, nuove tecniche costruttive, unite all'utilizzazione in architettura di nuove forme mutuata dagli ultimi studi della matematica moderna e contemporanea, hanno profondamente mutato l'idea stessa di architettura. Da sempre vi è stata una grande relazione tra la matematica e l'architettura, dalla antica Grecia ai tempi moderni. Le nuove idee di spazio e le nuove geometrie hanno contribuito a modellizzare l'idea di spazio in architettura. È una lunga storia che continua. È una tradizione radicata nella storia dell'architettura. Dal punto di vista del matematico è una questione di grande interesse, anche se magari tanti architetti, maggiormente legati alla storia e alla tradizione, pensano che la moderna architettura fluida e topologica non sia architettura. Dimenticando che il tradizionale legame tra matematica e architettura cambia come cambia la matematica e l'idea di spazio.

Parole chiave: architettura, matematica, topologia.

1. Matematica e architettura: trasformazioni

Sono secoli che l'umanità sta cercando di scoprire le leggi e le forme della natura; diceva Galileo Galilei nel *Saggiatore* (1623): «Parmi [...] di scorgere [...] ferma credenza, che nel filosofare sia necessario appoggiarsi all'opinioni di qualche celebre autore, sì che la mente nostra, quando non si maritasse col discorso d'un altro, ne dovesse in tutto rimanere sterile ed infeconda; e forse stima che la filosofia sia un libro e una fantasia d'un uomo, come l'*Iliade* e l'*Orlando furioso*, libri ne' quali la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero. [...] la cosa non istà così. La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto»¹. Le forme di cui parla Galilei sono alcune di quelle che sono descritte per la prima volta negli *Elementi* di Euclide, forme che per secoli sono state alla base della geometria, dell'arte e dell'architettura nel mondo occidentale.

Ha scritto lo storico della matematica Morris Kline nel volume *Mathematics in Western Culture* (Kline 1976, p. 9): «La matematica è una forza culturale di primo piano nella civiltà occidentale. Ancor meno noto è il fatto che

la matematica ha determinato la direzione e il contenuto di buona parte del pensiero filosofico, ha distrutto e ricostruito dottrine religiose, ha costituito il nerbo di teorie economiche e politiche, ha plasmato i principali stili pittorici, musicali, architettonici e letterari, ha procreato la nostra logica e ha fornito le risposte migliori che abbiamo alle domande fondamentali sulla natura dell'uomo e del suo universo [...] Infine, essendo una realizzazione umana incomparabilmente raffinata, offre soddisfazioni e valori estetici almeno pari a quelli offerti da qualsiasi altro settore della nostra cultura».

Il legame tra la matematica e l'architettura è stato sempre molto stretto per centinaia di secoli. Ovviamente nel corso degli anni le idee e strutture matematiche si modificano, si trasformano. E queste trasformazioni non possono non influenzare anche l'architettura, magari con un grande ritardo rispetto a quando le originali idee matematiche vengono sviluppate. Osserva l'architetto Alice Imperiale nel libro *Nuove bidimensionalità* (Imperiale 2001, pp. 36–38): «L'architettura riflette i cambiamenti che avvengono nella cultura, e secondo molti, con un ritmo dolorosamente lento [...]. Gli architetti, cercando costantemente di occupare un ruolo di avanguardia, pensano che le informazioni prese a prestito da altre discipline possano essere rapidamente assimilate all'interno della progettazione architettonica». Il tema della Biennale Internazionale di Architettura di Venezia del 2004 era *Metamorph*: «Molti dei grandi atti creativi nell'arte e nella

1. GALILEI, G., 1623. *Il Saggiatore*. Capitolo VI. Wikisource. 2008. Disponibile da: https://it.wikisource.org/wiki/Il_Saggiatore.

amorphic, in the sense that they involve the conceptual re-shaping of ordering principles from one realm of human activity to another visual analogy. Seeing something as essentially similar to something else has served as a key tool in the fluid transformation of mental frameworks in every field of human endeavor. I used the expression “structural intuitions” to try to capture what I felt about the way in which such conceptual metamorphoses operate in the visual arts and the sciences. Is there anything that creators of artifacts and scientists share in their impulses, in their curiosity, in their desire to make communicative and functional images of what they see and strive to understand? The expression “structural intuitions” attempts to capture what I tried to say in one phrase, namely that sculptors, architects, engineers, designers and scientists often share a deep involvement with the profound sense of involvement with the beguiling structures apparent in the configurations and processes of nature – both complex and simple. I think we gain a deep satisfaction from the perception of order within apparent chaos, a satisfaction that depends on the way that our brains have evolved mechanisms for the intuitive extraction of the underlying patterns, static and dynamic». These are the words of Martin Kemp, an art historian specialized in the relationship between art and science in the article *Intuizioni strutturali e pensiero metamorfico nell'arte, architettura e scienze*, in *Focus*, one of the volumes that make up the catalogue of the 2004 Venice International Architecture Exhibition (Kemp 2004, pp. 31–43). In his article Kemp writes mainly about architecture. The image accompanying Kemp's article is a project by Frank O. Gehry, an architect who obviously cannot be overlooked when discussing modern architecture, continuous transformation, unfinished architecture, and infinite architecture.

Kurt W. Forster, curator of the exhibit, discusses the great complexity, the enormous number of variations developed through essential technological innovations, the continuous surfaces in transformation. He cites the mathematician Ian Stewart's article entitled *Nature's numbers: discovering order and pattern in the universe*

(Stewart 1995, p. 167). Forster writes (Forster 2004, p. 9): «Recent buildings predicated upon continuous surfaces make clear that they depend in conception and realization on the use of computer technology. The single hinge upon which they turn is the computer. Any number of hybrid transformations and exchanges between traditional methods and rapidly developed software have multiplied and modified the process of elaboration and realization of projects. Hardly a method that cannot be integrated within the “loop” of numeric calculations, but more consequential than the flexibility of elaboration and the constant back-and-forth between image and object, is the fact of architecture's migration to the realm of the virtual and simulated».

Kemp continues regarding Gehry (Kemp 2004, p. 42): «What really interests Gehry is the process, in the sense of dynamic process used to achieve a structural and aesthetic result». The 2004 Architecture Biennale's topic, *Metamorph*, expressed through projects and ideas the importance of the change in the relationship between underlying mathematics and the expression of form. Its key words: pattern, structure, motif, order, metamorphosis, variations, transformations, mathematics.

2. Topology

Mark Burry, who is in charge of completing the Gaudi's *Sagrada Familia* in Barcelona dedicated a chapter to topology in his recent book (Burry 2010, pp. 156–204) *The New Mathematics in Architecture*. He wrote: «The freedom that topology affords in architecture as a more generalized framework that geometry has received greater appreciation in the post-digital age... Regardless of how building itself may solidify through the process of design and construction into a static, unchanging form that is also subject to detailed geometrical description... What is it about topology and its freedom of description that has seized modern architectural production, long after the underlying ideas were in common domain?».

Topological architecture, fluid architecture are a reality of our times. New digital technologies and new construction techniques, combined with the use of new forms in architecture de-

scienza possono essere visti come fondamentalmente metamorfici, nel senso che comportano la riformulazione concettuale dei principi ordinatori da un ambito dell'attività umana a un'altra analogia visiva. Vedere qualcosa come essenzialmente simile a un'altra è servito come strumento chiave nell'evoluzione della *forma mentis* in ogni campo della ricerca umana. Ho usato l'espressione "intuizioni strutturali" per cercare di catturare la mia sensazione in relazione al modo in cui tali metamorfosi concettuali operano nelle arti visive e nelle scienze [...] Esiste qualcosa che accomuna i creatori delle opere d'arte e gli scienziati negli impulsi, nella curiosità, nel desiderio di produrre immagini comunicative e funzionali di quello che vedono e si sforzano di capire? L'espressione "intuizioni strutturali" cerca di catturare quello che mi proponevo di dire in una frase, ovvero che scultori, architetti, ingegneri, *designer* e scienziati spesso condividono un profondo coinvolgimento con le magiche strutture che emergono nelle configurazioni e nei processi della natura, in quelli semplici come in quelli complessi. Credo che l'uomo ricavi una soddisfazione profonda dalla percezione dell'ordine all'interno del caos, una soddisfazione che dipende dal modo in cui i nostri cervelli hanno sviluppato i meccanismi per l'estrazione dei *pattern* sottesi, statici e dinamici». Così scrive Martin Kemp, storico dell'arte specializzato nei rapporti tra arte e scienza, nell'articolo *Intuizioni strutturali e pensiero metamorfico nell'arte, architettura e scienze*, contenuto in *Focus*, uno dei volumi che compongono il catalogo della Mostra Internazionale di Architettura di Venezia del 2004 (Kemp 2004, pp. 31–43). E parla soprattutto di architettura Kemp, nel suo articolo. E l'immagine che accompagna le sue parole è quella di uno dei tanti progetti di Frank O. Gehry, architetto a cui non si può ovviamente non fare cenno parlando di architettura contemporanea, di trasformazioni continue, di architettura non finita, di architettura infinita.

Come di grande complessità, di enorme numero di varianti sviluppate tramite l'innovazione tecnologica, essenziale, di superfici continue in trasformazione, parla il curatore della Biennale del 2004 Kurt W. Forster citando il matema-

tico Ian Stewart (Stewart 1995, p. 167). Scrive Forster (Forster 2004, p. 9): «I recenti edifici fondati sulle superfici continue manifestano chiaramente la loro dipendenza, per quanto riguarda ideazione e realizzazione, dall'uso della tecnologia informatica. Le infinite trasformazioni e gli scambi tra i metodi tradizionali e il *software* hanno moltiplicato e modificato il processo di elaborazione e di realizzazione dei progetti. Non esiste, o quasi, metodo che non possa essere integrato nel circuito dei calcoli numerici, ma ancora più ricca di conseguenze della flessibilità di elaborazione e del costante andirivieni tra immagine e oggetto è la migrazione dell'architettura verso la sfera del virtuale e del simulato».

Ancora Kemp a proposito di Gehry (Kemp 2004, p. 42): «Quello che interessa evidentemente a Gehry è il processo, nel senso del processo dinamico utilizzato per arrivare al risultato strutturale ed estetico».

2. Topologia

Mark Burry, l'architetto ingegnere australiano incaricato di completare la *Sagrada Família* di Gaudì in Barcellona, ha dedicato un capitolo alla topologia nel recente libro *The New Mathematics in Architecture* (Burry 2010, pp. 156–204): «La libertà che la topologia permette in architettura come un più generale *framework* della geometria ha ricevuto maggiore apprezzamento nell'era post-digitale... Questo a prescindere da come la costruzione in sé si può consolidare attraverso il processo di progettazione e realizzazione in una forma statica immutabile, che è anche oggetto di una dettagliata descrizione geometrica... Che cosa della topologia e della sua libertà di descrizione ha colpito la produzione architettonica moderna, molto tempo dopo che le idee di fondo erano oramai di dominio pubblico?».

L'architettura topologica, l'architettura fluida sono una realtà dei nostri tempi. Nuove tecnologie digitali, nuove tecniche costruttive, unite all'utilizzazione in architettura di nuove forme mutate dagli ultimi studi della matematica moderna e contemporanea, hanno profondamente mutato l'idea stessa di architettura. Da sempre vi è stata una grande relazione tra la matematica e l'architettura, dall'antica Grecia

rived from the latest studies of modern and contemporary mathematics, have profoundly changed the idea of architecture. There always has been an important relationship between mathematics and architecture, from ancient Greece to modern times. The new ideas of space and new geometries have helped modeling the idea of space in architecture. It is a long story that continues. It is a strong tradition in the history of architecture. From the point of view of mathematics it is a matter of great interest, although many architects, mostly those linked to history and tradition, think that contemporary topological and fluid architecture is simply not architecture, forgetting that the traditional links between mathematics and architecture change as mathematics and the idea of space change.

Let us take a step back. We are at the beginning of the Nineties. In 1992 the architect Peter Eisenman (who was awarded the *Golden Lion* at the 2004 Architecture Biennale in Venice) and his staff designed a skyscraper in Berlin, the *Max Reinhardt Haus*; the structure of the huge building is based on a well known topological surface, the Möbius strip. Ben Van Berkel in 1993, designed and built the *Möbius House*. These two projects had the place of honor in the great hall of the Arsenale, the main section of the 2004 Architecture Biennale, so as to remind that the two projects were an important step in contemporary architecture, on the idea of transformation, of metamorphosis. It was an explicit reference to Topology, a branch of mathematics that developed in the second half of the nineteenth century. Until a few years before these were utopian projects, and many still remain simple amusement for architects, as many are undoable, if not unthinkable.

Another step back. In 1872 in his inaugural speech after becoming professor at Erlangen (known as the *Erlangen Program*), Felix Klein (1849–1925) described geometry as the study of the properties of figures that were invariant with respect to a particular group of transformations. Consequently each classification of the groups of transformations became a codification of the different types of geometry. For example, Euclidean plane geometry is the study of the properties of the figures that remain

invariant with respect to the group of rigid transformations of the plane, a group comprised of translations and rotations.

Jules Henri Poincaré maintained that (Poincaré 1902): «Geometrical axioms are neither synthetic *a priori* intuitions nor experimental facts. They are conventions. Our choice among all possible conventions is guided by experimental facts but it remains free, and is only limited by the necessity of avoiding every contradiction, and thus it is that postulates may remain rigorously true even when the experimental laws which have determined their adoption are only approximate. In other words the axioms of geometry are only definitions in disguise. What then are we to think of the question: “Is Euclidean geometry true?”. It has no meaning. We might as well ask if the metric system is true and if the old weights and measures are false; if Cartesian coordinates are true and polar coordinates are false. One geometry cannot be more true than another; it can only be more convenient. Euclidean geometry is and will remain the most convenient». Poincaré, in *Analysis Situs* (Latin translation of the Greek name *τοπος λογος*) published in 1895, is responsible for the official birth of the sector of mathematics which today is called “Topology”: «As far as I am concerned, all of the various research that I have performed has brought me to *Analysis Situs*». Poincaré defined topology as the science that introduces us to the qualitative properties of geometric figures not only in ordinary space but also in more than 3D space. Adding the geometry of complex systems, fractal geometry, chaos theory, and all of the mathematical images discovered (or invented) by mathematicians in the last 30 years using computer graphics, it is easy to see how mathematics has contributed to changing our concept of space – the space in which we live and the idea of space itself (Emmer 2004, 2011). Specifically in regard to topology, the science of transformations, and the science of invariants. See Frank O. Gehry’s project for the new Guggenheim Museum in Manhattan as an example, even more stimulating, more topological than the Guggenheim Museum in Bilbao.

The object of topology is therefore the study

ai tempi moderni. Le nuove idee di spazio e le nuove geometrie hanno contribuito a modellizzare l'idea di spazio in architettura. È una lunga storia che continua. È una tradizione radicata nella storia dell'architettura. Dal punto di vista del matematico è una questione di grande interesse, anche se magari tanti architetti, maggiormente legati alla storia e alla tradizione, pensano che la moderna architettura fluida e topologica non sia semplicemente architettura. Dimenticando che il tradizionale legame tra matematica e architettura cambia come cambia la matematica e l'idea di spazio. Facciamo un passo indietro. Siamo agli inizi degli anni Novanta. Nel 1992 l'architetto Peter Eisenman (cui è stato assegnato il *Leone d'Oro per l'architettura* proprio alla Biennale del 2004) e i suoi collaboratori progettano a Berlino un grattacielo, il *Max Reinhardt Haus*; la struttura dell'enorme edificio è basata su una superficie topologica ben nota, il nastro di Möbius. Ben Van Berkel nel 1993 progetta e costruisce la *Casa Möbius*. Ebbene questi due progetti avevano il posto d'onore nella grande sala delle Corderie, la sezione principale della Biennale del 2004. Come a voler ricordare che quella è stata una tappa importante nell'architettura contemporanea, nell'idea di trasformazione, di metamorfosi. Un richiamo esplicito alla topologia, una branca della matematica che si sviluppa nella seconda metà dell'Ottocento. Fino a qualche anno fa questi erano progetti utopici, e molti lo sono ancora; gli architetti si divertivano a disegnare progetti. Irrealizzabili, quando non impensabili. Un altro passo indietro. Nel 1872 Felix Klein (1849–1925), divenuto professore a Erlangen, nel discorso inaugurale (noto come il *Programma di Erlangen*) descriveva la geometria come lo studio delle proprietà delle figure aventi carattere invariante rispetto a un particolare gruppo di trasformazioni. Di conseguenza, ogni classificazione dei gruppi di trasformazione diventava una codificazione delle diverse geometrie: per esempio, la geometria euclidea del piano diveniva lo studio delle proprietà delle figure che rimangono invarianti rispetto al gruppo di trasformazioni rigide del piano formato dalle traslazioni e dalle rotazioni. Jules Henri Poincaré affermava (Poincaré

1902): «Gli assiomi geometrici non sono né giudizi sintetici a priori, né fatti sperimentali. Sono convenzioni; la nostra scelta, fra tutte le convenzioni possibili, è guidata da fatti sperimentali, ma resta libera e non è limitata dalla necessità di evitare ogni contraddizione. È così che i postulati possono restare rigorosamente veri, anche se le leggi sperimentali che hanno determinato la loro adozione non sono che approssimative. In altri termini, gli assiomi della geometria non sono che definizioni travestite. Pertanto, che pensare della domanda: “È vera la geometria euclidea?”. Essa non ha nessun senso. Così come non ha senso domandarsi se il sistema metrico sia vero e siano falsi i vecchi sistemi di misura; o se le coordinate cartesiane siano vere, e false quelle polari. Una geometria non può essere più vera di un'altra; può solo essere più comoda. La geometria euclidea è, e resterà, la più comoda».

Si deve sempre a Poincaré la nascita ufficiale di quel settore della matematica che oggi si chiama “topologia”, con il volume *Analysis situs* (che è poi la traduzione latina del nome greco *τοπος λογος*), pubblicato nel 1895. Poincaré definiva la topologia come la scienza che ci fa conoscere le proprietà qualitative delle figure geometriche non solo nello spazio ordinario, ma anche nello spazio a più di tre dimensioni. Se a tutto questo si aggiunge la geometria dei sistemi complessi, la geometria dei frattali, la teoria del caos e tutte le immagini matematiche scoperte (o inventate) dai matematici negli ultimi trent'anni utilizzando la *computer graphics*, si comprende facilmente come la matematica abbia contribuito in modo essenziale a cambiare più volte la nostra idea di spazio, dello spazio in cui viviamo e dell'idea stessa di spazio (Emmer 2004, 2011). In particolare la topologia, la scienza delle trasformazioni, la scienza degli invarianti. Si veda per esempio il progetto di Frank O. Gehry per il nuovo Museo Guggenheim di Manhattan. Un progetto ancora più stimolante, ancora più “topologico” di quello per il Guggenheim di Bilbao. La topologia ha dunque come oggetto lo studio delle proprietà delle figure geometriche che, sottoposte a deformazioni così profonde da perdere tutte le loro proprietà metriche e proiettive, per esempio la forma e le dimen-

of the properties of geometric figures that remain invariant even though they undergo such profound transformations that they lose all their metric and projective properties such as form and dimensions. Geometric figures thus maintain their qualitative properties.

3. Fluid Architecture

In the section on *Installations* of the 2008 Architecture Biennale in Venice a project named *Lotus* by Zaha Hadid and Patrick Schumacher

er was presented. The presentation in a hall of the Arsenale was complemented by one at the *Malcontenta Villa*, one of the most famous buildings by Palladio on the Brenta River, far away from Venice (Fig. 1, 2). Starting from the rigid proportions of Palladio's Villa, through a mathematical algorithm, the authors propose a system of forms to influence the existing space and the more far away world. Changing, transforming the rules, «instead of representing a system already domesticated through internal



Figure 1
Zaha Hadid & Patrick Schumacher. *Aura*, 11° Mostra Internazionale di Architettura, Venice 2008.



Figure 2
Zaha Hadid & Patrick Schumacher. *Algorithm*, project *Lotus*, 11° Mostra Internazionale di Architettura, Venice 2008.

sioni, tuttavia restano invariate. Le figure geometriche mantengono cioè le loro proprietà qualitative.

3. Architettura fluida

Per la sezione *Istallazioni* della Biennale di Architettura di Venezia del 2008 fu presentato il progetto di Zaha Hadid e Patrick Schumacher, *Lotus*, diviso tra una sala delle Corderie e i saloni di *Villa Malcontenta*, una delle costruzioni più famose del Palladio, sul fiume Brenta, lontano da Venezia (Figg. 1, 2). Partendo dalle rigide proporzioni geometriche della villa palladiana, mediante un algoritmo matematico, sono state realizzate forme che «nel mezzo dell'ambiente edificato esistente», sia nella sala delle Corderie sia nella villa, propongono «un sistema di arredi racchiusi tramite cui sedurre e catturare il mondo immediato e quello più distante». Modificando, trasformando le regole, «anziché rappresentare un sistema già addomesticato di norme interne, la sala *Lotus* [N.d.A. quella delle Corderie] seduce attraverso le pieghe dal ritmo ondulato, le sue esclusioni, la sua riconfigurabilità e la sua capacità di restare al di fuori delle categorie» (Hadid, Schumacher 2008, pp. 90–95).

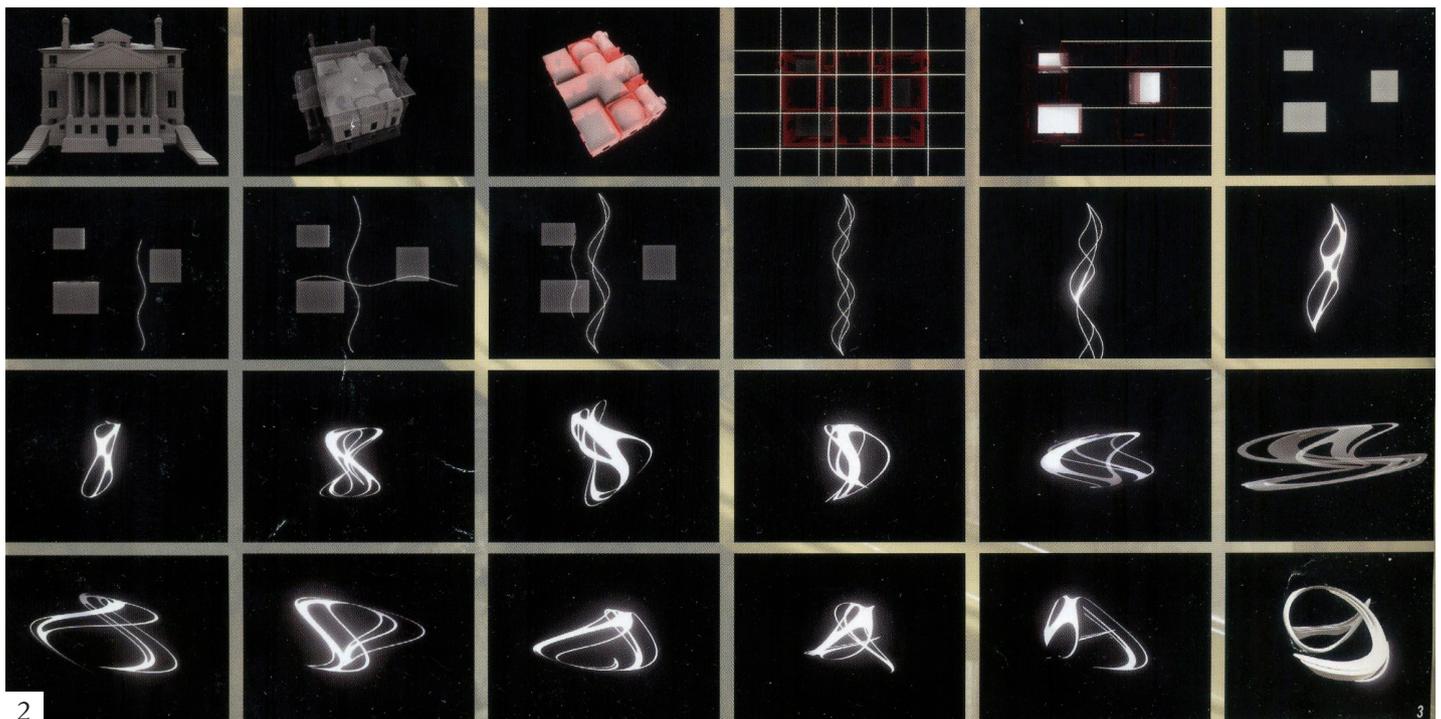
Figura 1
Zaha Hadid & Patrick Schumacher. *Aura*, 11° Mostra Internazionale di Architettura, Venezia 2008.

Figura 2
Zaha Hadid & Patrick Schumacher. *Algorithm, project Lotus*, 11° Mostra Internazionale di Architettura, Venezia 2008.

Nel novembre 2009 viene inaugurato il nuovo spazio per l'arte e l'architettura contemporanea a Roma, il MAXXI. Progetto dell'architetto Zaha Hadid che ha dichiarato (Hadid 2009): «Prima di tutto bisognava decidere se mantenere o meno tutti gli edifici esistenti. E una volta presa la decisione, abbiamo iniziato a studiare le geometrie che li avrebbero sostituiti, se dovessero essere ortogonali, parallele o diagonali. Quello che è apparso è stata una confluenza di linee di diverse geometrie presenti nel sito. Così è cominciato tutto ed è emersa una interpretazione fluida dello spazio». La «fluidità» è una delle parole chiave dell'architettura contemporanea. E senza la topologia, la scienza delle trasformazioni continue, sarebbe stato difficile immaginare queste nuove forme.

4. Un esempio archetipo

Nel 1858 il matematico e astronomo tedesco August Ferdinand Möbius (1790–1868) descrisse e disegnò per la prima volta in un lavoro presentato all'Accademia delle Scienze di Parigi una nuova superficie dello spazio tridimensionale, superficie che oggi è nota con il nome di *Nastro di Möbius*. Nel suo lavoro,



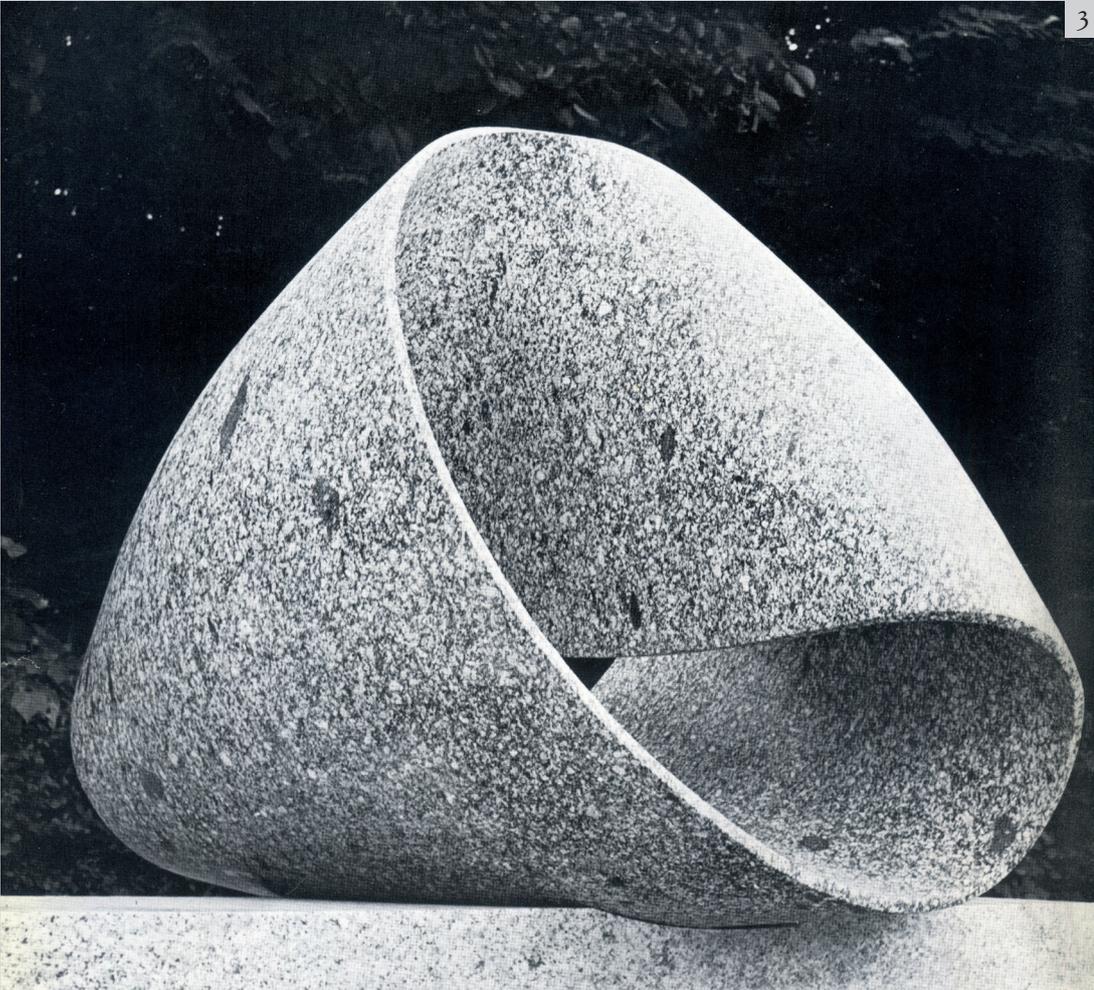


Figure 3
Max Bill. *Endless Ribbon*
(1936). From the film *Möbius
Band* by Michele Emmer
(1986).

rules, the *Lotus* room (author's note: that of the Arsenale) seduces through the folds of undulating rhythm, its exclusions, its reconfigurability and its ability to remain outside of categories» (Hadid, Schumacher 2008 pp. 90–95). In November 2009, a new space for contemporary art and architecture in Rome, MAXXI was inaugurated. Its architect, Zaha Hadid, said that first of all she had to decide whether or not to keep existing buildings. Once she made the decision, she began to study the geometries that would replace the existing ones, whether orthogonal, parallel or diagonal (Hadid 2009). «What appeared was a confluence of lines of different geometries present on the site. This way it started and a fluid interpretation of the space emerged.» “Fluidity” is one of the key words of contemporary architecture. Without topology, the science of continuous transformations, it would

have been virtually impossible to create these new forms.

4. An Archetypal Example

In 1858 the German mathematician and astronomer August Ferdinand Möbius (1790–1868) described for the first time in a work presented to the Academy of Sciences in Paris a new surface of three-dimensional space, a surface that is known today as the *Möbius Strip*. In his work Möbius described how to build (quite simply) the surface that bears his name: take a rectangular strip of paper of sufficient length. If A , B , C , D indicate the vertices of the paper rectangle, proceed in this manner: holding with one hand one end of the strip (for example AB), on the other end, CD , perform a 180° turn along the horizontal axis of the strip in such a way as to bring together A with D and B with C . The construction of the Möbius strip is complete!

Möbius spiegava come sia possibile costruire in modo molto semplice la superficie che oggi porta il suo nome: si prende una striscia rettangolare di carta sufficientemente lunga. Se con *A, B, C, D* si indicano i vertici del rettangolo di carta, si procede in questo modo: tenendo fermo con una mano un estremo della striscia (per esempio *AB*) si opera sull'altro estremo *CD* una torsione di 180 gradi lungo l'asse orizzontale della striscia, in modo da far coincidere *A* con *D* e *B* con *C*. La costruzione del nastro di Möbius è completata! La superficie è stata deformata, senza tagli né strappi, e la rotazione effettuata da una parte della striscia ha modificato profondamente le proprietà della striscia stessa (Fig. 3).

Questa nuova superficie ha interessanti proprietà. Una consiste nel fatto che, se la si percorre lungo l'asse più lungo con un dito, ci si accorge che la si percorre tutta ritornando esattamente al punto di partenza, senza dover attraversare il bordo della striscia; il nastro di Möbius ha cioè una sola faccia, non due, una esterna e una interna (come per esempio nel caso di una superficie cilindrica che si ottiene dalla striscia *ABCD* di partenza semplicemente attaccando i due lati *AB* e *CD* tra loro). Mentre se si percorre con un dito il bordo superiore di una superficie cilindrica non si arriverà mai al bordo inferiore, nel caso del nastro di Möbius partendo da un punto qualsiasi del bordo lo si percorre tutto ritornando al punto di partenza, si ha cioè un solo bordo. Tutto questo ha importanti conseguenze dal punto di vista topologico; tra l'altro, la striscia di Möbius è il primo esempio di superficie su cui non è possibile fissare una orientazione, cioè un verso di percorrenza.

Riguardo la superficie di Möbius, è di grande interesse il progetto della Biblioteca nazionale realizzata ad Astana, nel Kazakistan. Nel progetto si legge: «La Biblioteca rappresenterà un nuovo centro multifunzionale per la vita culturale di Astana, dove poter conoscere la storia della cultura kazaka e la lingua nazionale attraverso una corposa raccolta di libri, riviste, film e altri media. Il contenitore sarà organizzato in modo da accogliere più tipologie di utenza quali dipendenti pubblici, politici, ricercatori, studenti, storici». L'edi-

ficio occuperà un'area vasta circa 33.000 metri quadri. «Bjarke Ingels, fondatore di *BIG* [atelier danese che raccoglie decine di architetti], descrive con queste parole la struttura: “Il progetto della Biblioteca Nazionale mette assieme quattro archetipi universali nello spazio e nel tempo e ne fa un nuovo simbolo nazionale: il cerchio, la spirale, l'arco d'ingresso e la *yurta* (abitazione mobile tradizionalmente usata in Asia da alcune etnie nomadi) sono fusi per dar forma a un nastro di Möbius... Il nuovo monumento nazionale appare locale e universale, moderno e senza tempo, unico e archetipico al tempo stesso”. Nella proposta vincitrice il nuovo volume si compone di una struttura circolare, ben illuminata ed ariosa, ospitante le biblioteche, e di una serie di funzioni pubbliche che avvolgono senza soluzione di continuità l'anello circolare delle biblioteche, dall'interno all'esterno, dal basso verso l'alto, offrendo viste suggestive sul paesaggio circostante e sullo skyline cittadino. La relazione tra 2 strutture interdipendenti – il cerchio perfetto delle biblioteche e la spirale degli elementi pubblici – dà vita a un edificio che adotta contemporaneamente un'organizzazione orizzontale, dove biblioteca, museo e attività di supporto sono collocati uno accanto all'altro, ed un'organizzazione verticale, in cui le funzioni sono impilate l'una sull'altra. La pelle della struttura costituisce il terzo elemento significativo del progetto: l'involucro cinge con andamento diagonale e continuo i 2 elementi architettonici della composizione (cerchio e spirale) e mette in relazione gerarchia verticale e connettività orizzontale. Collocate su una sorta di nastro di Möbius, le facciate sono alternativamente affacciate sul paesaggio di Astana o sulla corte interna dell'edificio, dominata dalla luce azzurra della volta celeste»². Ha aggiunto Thomas Christoffersen, capogruppo del progetto *BIG*: «L'edificio della Biblioteca Nazionale trascende le tradizionali categorie architettoniche come le pareti e il tetto. Come una *yurta* il muro diventa il tetto, che diventa pavimento, che diventa nuovamente muro».

5. Architettura topologica

Come detto, seppur con qualche ritardo, gli

Figura 3
Max Bill. *Endless Ribbon*
(1936). Dal film *Moebius Band*
di Michele Emmer (1986).

2. *Archiportale*. Edilportale.com Spa. 2005–2016. [visitato 18 aprile 2016]. Disponibile da: http://www.archiportale.com/news/2009/09/risultati/big-firma-la-biblioteca-nazionale-del-kazakistan_16221_37.html.

The surface has been deformed, with no cuts or tears, and the rotation carried out on a part of the strip has profoundly modified its properties (Fig. 3).

This new surface has interesting qualities. One lies in the fact that if you run a finger along the axis you can run the entire course and return exactly to the starting point without crossing the edge of the strip: i.e. the Möbius strip has only one side, not two like the external and internal ones for example of a cylindrical surface. Cylindrical surfaces are created with the *ABCD* strip by simply attaching the two sides, *AB* and *CD*, to each other. With a cylindrical surface, you will never arrive at the lower edge by running a finger along the upper edge. In the case of the Möbius strip, you can run along the entire edge from any point and return to the point of departure. In other words, it has only one edge. All this has important consequences from the topological point of view. Among other things, the Möbius strip is the first example of a surface on which an orientation, i.e. a direction of movement, cannot be set.

Regarding the Möbius band the project for the National Library at Astana in Kazakhstan is of great interest. This is how the project is presented (Ingels 2009): «The Library will represent a new multifunctional center for the cultural life of Astana, where it will be possible to know the story of the Kazak culture and the national language through a large collection of books, journals, films and other media. The building will be organized so as to welcome various types of users like civil servants, researchers, students, politicians and historians». The building occupies a large area of almost 33.000 square meters. «Bjarke Ingels, founder of *BIG* [Danish atelier where dozens of architects work], describes the structure as follows: “The design of the National Library brings together four universal archetypes in space and in time and creates a new national symbol: the circle, the spiral, the entrance arch and the yurt (traditional home used in Asia by some nomad ethnic groups) are fused to give shape to a Möbius strip... The new national monument is both local and universal, contemporary and timeless, unique and archetypal at the same time”. The skin of the structure is the third significant element of

the project: the shell surrounds with a diagonal and continuous pattern the two architectural elements of the composition (circle and spiral) and correlates vertical hierarchy and horizontal connectivity. Placed on a kind of Möbius strip, the facades are either overlooking the landscape of Astana or the internal courtyard of the building, dominated by the blue light of the sky. The ideal addition to the perfect circle will be a series of public programs that simultaneously wrap the library on the outside as well as the inside, above as well as below. Twisting the public program into a continuous spiraling path tracing the library on all sides, creates an architectural organization that combines the virtues of all 4 complementing models. Like a Möbius strip, the public programs move seamlessly from the inside to the outside and from ground to the sky providing spectacular views of the surrounding landscape and growing city skyline. The two interlocking structures – the perfect circle and the public spiral – create a building that transforms from a horizontal organization where library museum and support functions are placed next to each other, to a vertical organization where they are stacked on top of each other through a diagonal organization combining vertical hierarchy, horizontal connectivity and diagonal view lines. By wrapping the transforming composition of spaces with a continuous skin we create a Möbius strip volume where the facades move from inside to outside and back again¹. «The envelope of the National Library transcends the traditional architectural categories such as wall and roof. Like a yurt the wall becomes the roof, which becomes floor, which becomes the wall again», said Thomas Christoffersen, the Project Leader.

5. Topological Architecture

As already said, even with some delays, architects became aware of the new research in topology. They have engaged in a profound reflection as well as in the realization of projects. In her 1999 doctoral thesis *Architettura e topologia: per una teoria spaziale dell'architettura*, Giuseppa Di Cristina writes (Di Cristina 1999): «Architecture's final conquest is space: this is generated through a sort of positional

1. *Archiportale*. Edilportale.com Spa. 2005–2016. [visited April 18, 2016]. Available by: http://www.archiportale.com/news/2009/09/risultati/big-firma-la-biblioteca-nazionale-del-kazakistan_16221_37.html.

architetti si sono accorti delle nuove ricerche scientifiche nel campo della topologia. E, oltre che progettare e costruire, hanno iniziato a riflettere. Nel 1999 nella tesi di dottorato *Architettura e topologia: per una teoria spaziale dell'architettura* Giuseppa Di Cristina scriveva (Di Cristina 1999): «La conquista finale dell'architettura è lo spazio: questo viene generato attraverso una sorta di logica posizionale degli elementi, cioè attraverso la disposizione che genera le relazioni spaziali; il valore formale viene così sostituito dal valore spaziale della configurazione: ciò che importa non è tanto l'aspetto della forma esteriore, quanto la sua qualità spaziale. E dunque la geometria topologica, priva di "misure" e propria delle figure non rigide, non è qualcosa di puramente astratto che sta prima dell'architettura, ma è la traccia lasciata da quella modalità d'azione nella concretizzazione spaziale dell'architettura».

Nel 2001 è stato pubblicato un volume sul tema *Architecture and Science*. Nella prefazione, sempre la Di Cristina affermava (Di Cristina 2001, pp. 7–13): «I testi inclusi nel volume testimoniano l'incontro di questa neoavanguardia architettonica con il pensiero scientifico–matematico, in particolare il pensiero topologico; anche se non è stata formulata una vera e propria teoria dell'architettura topologica, ciononostante è possibile parlare di una tendenza topologica degli architetti su un piano sia teorico sia operativo... In particolare, gli sviluppi della geometria e della matematica moderne, della psicologia della percezione e della *computer graphics* hanno una forte influenza sull'attuale rinnovamento dell'architettura e sull'evoluzione del pensiero architettonico. Ciò che più interessa agli architetti che teorizzano sulla logica della curvilinearità e delle pieghe è il significato di termini come "evento", "evoluzione" e "processo", vale a dire, del dinamismo connotato alle configurazioni fluide e flessibili di ciò che oggi si definisce "architettura topologica"».

Per "topologia architettonica" si intende la variazione dinamica della forma agevolata dalle tecnologie digitali, dal CAD e dai *software* di animazione. La topologizzazione della forma architettonica secondo configu-

razioni complesse e dinamiche porta il progetto di architettura verso una nuova e spesso spettacolare plasticità, sulla scia del barocco e dell'espressionismo organico. Ed ecco cosa intende per "topologia architettonica" uno dei più interessanti architetti "virtuali", Stephen Perrella, scomparso giovane nel 2008: «La topologia architettonica è la mutazione della forma, della struttura, del contesto e del programma in modelli compositi e dinamiche complesse. Negli ultimi anni, si è sviluppata una sensibilità progettuale grazie alla quale le superfici architettoniche e gli elementi topologizzanti della forma vengono esplorati in maniera sistematica e inclusi in diversi programmi architettonici. Influenzato dall'intrinseca temporalità dei *software* di animazione, della *augmented reality*, della produzione industriale computerizzata e, in generale, dell'informatica, lo "spazio" topologico differisce da quello cartesiano perché in esso gli eventi temporali diventano parte integrante della forma. Lo spazio, dunque, non è più un vuoto al cui interno sono contenuti soggetti e oggetti; lo spazio, invece, si trasforma in una fitta e interconnessa rete di particolarità e singolarità che si potrebbe definire "materia" o "spazio pieno". Questo legame comporta anche, in maniera più specifica, un pervasivo dispiegarsi di teletecnologia nella pratica progettuale, fatto che porta a un'indebita appropriazione del reale (materiale) e a un'involontaria dipendenza dalla simulazione»³.

Osservazioni in cui confluiscono idee sulla geometria, sulla topologia, sulla *computer graphics*, sullo spazio–tempo, e si potrebbe continuare. Perché i nessi, i fili di Arianna della cultura nel corso degli anni hanno funzionato: nuove parole, nuovi significati, nuovi legami, nuove influenze, nuove forme, nuovi spazi. In un processo senza fine. In cui le idee della matematica sullo spazio sono parte fondamentale.

6. Si tratta di architettura?

Negli esempi citati gli architetti coinvolti hanno sempre cercato di inserire i loro lavori nel grande solco della tradizione più o meno euclidea e proiettiva della storia dell'architettura. È ovviamente da sottolineare che molti

3. EMMER, M., 2005. Mathland. Dalla topologia all'architettura virtuale. In EMMER, M. (a cura di), *Matematica e cultura*. Milano: Springer, p. 126.

logic of the elements, that is through the arrangement that spatial relationships generate; the formal value is thus substituted by the spatial value of the configuration: the external aspect of the form is not as important as the spatial quality. And thus topological geometry, without “measure” and characteristic of non-rigid figures, is not something purely abstract that comes before architecture, but a trace left by that modality of action in the spatial concretization of architecture».

In 2001 Di Cristina edited a book on *Architecture and Science*. In her introduction *The Topological Tendency in Architecture* Di Cristina clarifies that (Di Cristina 2001, pp. 7–13): «The articles that are included here bear witness to the interweaving of this architectural neo-avant-garde with scientific mathematical thought, in particular topological thought: although no proper theory of topological architecture has yet been formulated, one could nevertheless speak of a topological tendency in architects at both the theoretical and operative levels. In particular, developments in modern geometry or mathematics, perceptual psychology and computer graphics have an influence on the present formal renewal of architecture and on the evolution of architectural thought. What mainly interests architects theorizing the logic of curvability and pliability is the significance of the “event”, of “evolution”, of “process”, or the innate dynamism in the fluid and flexible configurations of what is now called “topological architecture”».

“Topological architecture” means dynamic variation of form, facilitated by information technology, by computer assisted design, by animation software. The topologification of architectonic forms according to dynamic and complex configurations leads architectural design to a new and often spectacular plasticity, in the footsteps of the Baroque or organic Expressionism. Stephen Perrella, one of the most interesting “virtual” architects describes “architectural topology” as follows (Di Cristina 2001): «Architectural topology is the mutation of form, structure, context and program into interwoven patterns and complex dynamics. Over the past several years, a design sensibility has unfolded whereby architectural surfaces

and the topologising of form are being systematically explored and unfolded into various architectural programs. Influenced by the inherent temporalities of animation software, augmented reality, computer-aided manufactured and informatics in general, topological “space” differs from Cartesian space in that it imbricates temporal events within form. Space then, is no longer a *vacuum* within which subjects and objects are contained, space is instead transformed into an interconnected, dense web of particularities and singularities better understood as “substance” or “filled space”. This nexus also entails more specifically the pervasive deployment of teletechnology within praxis, leading to an usurping of the real (material) and an unintentional dependency on simulation»².

These are observations in which ideas on geometry, topology, computer graphics, space-time, and so on converge. These are the reasons why the links, the Ariadne’s threads of culture over the years have worked: new words, new meanings, new links, new influences, new forms, new spaces. In a never-ending process, in which the mathematical ideas on space have played an important part.

6. Are these forms really architecture?

In all the previous examples architects have always tried to insert their works in the long tradition, more or less Euclidean or projective, of the history of architecture. It is quite obvious to underline that many contemporary architects want to construct buildings which are first of all a recognizable symbol of their creative imagination, a sort of *logo*, sometimes completely forgetting the functionality or the location of the buildings they are constructing. But the question arises: is an architect who projects and realizes the National Library of Astana on the shape of a Möbius strip, making a very expensive “object” which is completely unrelated to the history of architecture as we had known it in the last centuries, at least in Europe? Is he or she absolutely outside the tradition of the history of architecture and is the work absolutely nonsense from the point of view of the history of architecture? Will the outcome be an object perhaps calligraphically

2. EMMER, M., 2005. Mathland. Dalla topologia all’architettura virtuale. In EMMER, M. (edited by), *Matematica e cultura*. Milan: Springer, p. 126.

architetti contemporanei tengono a costruire edifici che sono prima di tutto un simbolo riconoscibile della loro capacità immaginativa, dimenticandosi del ruolo che gli edifici che stanno costruendo sono destinati ad avere. Ma è corretto chiedersi: se, ad esempio, un architetto realizza un grande edificio tipo la Biblioteca Nazionale di Astana, in forma di nastro di Möbius, sta realizzando qualcosa di estraneo alla storia dell'architettura come l'abbiamo conosciuta negli ultimi secoli? Sta uscendo fuori dal solco della tradizione, della storia dell'architettura, sta realizzando con grandi spese un "oggetto" che dal punto di vista architettonico non ha alcun senso? Un oggetto magari calligraficamente interessante ma di solo impatto visivo e comunicativo senza alcun interesse per l'architettura? Magari senza alcun miglioramento tecnico e costruttivo? Insomma un mero esercizio artistico e narcisistico? È quello che pensa Vittorio Gregotti e con lui molti altri. Ecco alcune opinioni dell'architetto italiano Vittorio Gregotti scritte a proposito di un mio articolo sull'architettura fluida (Emmer 2011, pp. 469–487); l'insistenza sulla parola "disciplina" è tipica di, non tutti, i professori universitari italiani (Gregotti 2011, p. 4).

«Naturalmente l'architettura si muove in un'area in cui le diverse ideologie e le varie "tecniche" rendono più complesse le differenze, e proprio i malintesi intorno alla multidisciplinarietà sono, per l'architettura dei nostri anni, un elemento importante della grave crisi che oggi attraversa la nostra disciplina, appunto come pratica artistica. Questo fatto risulta evidente anche solo scorrendo le illustrazioni a colori dell'articolo, quasi tutte tragicamente dimostrative della disastrosa situazione dell'architettura, così come della malintesa trasposizione delle serissime ricerche nel campo della geometria dell'ultimo secolo, ricerche divenute, in modo sovente abusivo nella mia "disciplina", stimolo a "calligrafie" formalistiche troppo sensibili all'audiovisibilità dei nostri anni. La trasposizioni in architettura [delle bellissime sculture di Max Bill⁴] sono (almeno per ora) un disastroso, dispendiosissimo esercizio dove la parola fluidità è una premessa ad una "calligrafia" più ispirata ai *co-*

*mic*s che alle riflessioni intorno alle geometrie post-euclidee. L'autore dell'articolo si sbaglia proponendo come prova di fluidità l'esempio di Venezia, oppure soffermandosi su Bruce Naiman o Escher, interessanti artisti del visivo ma ben lontani dagli obiettivi dell'architettura. Nell'insieme il volume [si tratta di un articolo in un volume in realtà] è certamente un prezioso documento, importante per la "mia disciplina" soprattutto se riuscirà ad aprire una discussione sullo straordinario contributo del pensiero matematico, ma anche sulle fatali conseguenze della sua interpretazione come invito alla "liquefazione delle discipline" così dannosa per l'architettura dei nostri anni».

Una prima osservazione è che Gregotti forse non si è accorto che chi scriveva era un matematico e non un architetto. Che non si occupa di storia dell'architettura ma osserva da anni un fenomeno molto interessante. Alcune forme matematiche molto curiose ed ardite dal punto di vista spaziale, grazie soprattutto alle nuove tecnologie parametriche sono divenute dominio di molti architetti contemporanei. È un fatto culturalmente molto interessante. Che si può rifiutare in toto, da parte degli storici dell'architettura, ovviamente. Le idee matematiche cambiano nel corso degli anni. E così l'idea di spazio. Molte volte non vengono capite dagli architetti, vengono travisate, magari stravolte. Ma per chi si occupa da anni dei legami tra arte, matematica, architettura, cultura è un fatto di grande interesse. E permette ad un architetto impegnato, basti dire nello straordinario completamento della *Sagrada Familia* (da molti considerato insensato) di scrivere un libro sulla nuova matematica dell'architettura. Cogliendone i legami con la tradizione e la storia della matematica, dell'architettura, della cultura. Forse si dovrà trovare un nuovo nome, "architettura marginale topologica", ma è un fatto interessante per chi si occupa di forme, senza alcun pregiudizio di carattere oserei dire ideologico. Una nuova creatività che sta costruendo la sua strada tra cattedrali nel deserto ed assurdità megalomani. Senza badare troppo al potere delle discipline.

Come ho scritto all'inizio citando un brano di Morris Kline, la matematica, anche nell'archi-

4. Con Max Bill siamo stati per anni nel *Board* della rivista *Leonardo, Art, Science and Technology*, MIT Press, ed abbiamo realizzato due film, una serie di mostre e di libri sino alla sua morte nel 1994.

interesting, just for its visual and communicative impact but without any architectural interest? Probably without any technical and constructive innovations? Just a simply narcissistic art exercise? Of course, not all architects agree with the fluidity, the topology of some of the new architectures. Here are some views of the Italian architect Vittorio Gregotti (Gregotti 2011, p. 4) about one of my articles on fluid architecture (Emmer 2011, pp. 469–487); the insistence on the word “discipline” is typical of, not all, Italian university professors.

«Architecture moves in an area in which different ideologies and techniques make difference more complex, and it is precisely the misunderstandings around multidisciplinary that contributes to the serious crisis that our discipline faces today, specifically as artistic practice. This fact is evident even only scrolling the color illustrations of the article, almost all of them tragic demonstrations of the disastrous situation of the architecture, as well as the mistaken transposition of very serious research in the field of geometry of the last century, which became, so often misused in my “discipline”, stimulating formalistic “calligraphy” too sensitive to the audio visibility of our time. The transpositions in architecture [of the beautiful sculptures by Max Bill³] are (at least for now) a very expensive disastrous exercise where the term fluidity becomes a “calligraphy” more inspired on comics than on reflections on post-euclidean geometries. The author is mistaken proposing the example of Venice as evidence of fluidity, or focusing on Bruce Naiman or Escher, interesting visual artists but far from the objectives of architecture. Overall, the volume is certainly a valuable document, which is important for “my discipline” especially if it will spark a discussion on the extraordinary contribution of mathematical thinking, but also on the fatal consequences of its interpretation as an invitation to “liquefaction of the disciplines” so damaging for architecture of our years».

A first observation is the following: Gregotti

perhaps was not aware that the writer of the paper was a mathematician and not an architect or a historian. A mathematician who is not working on the history of architecture but who is observing in the last years a very interesting phenomenon. Some of the most strange and bold mathematical forms from the point of view of their spatial impact, thanks to the new parametric technology, became interesting for a part of contemporary architects. It is an interesting cultural event. It can be of course completely rejected by the historians of architecture. Mathematical ideas have been changing throughout centuries and in particular in recent years. Likewise, the idea of space. Sometimes these ideas are not really understood by architects, sometimes they are misrepresented, even distorted. For a person who has worked during the last years on the relationships between art, mathematics, architecture and culture this is certainly of great interest.

It is of no surprise that the Australian architect and engineer, in charge of the extraordinary completion of the *Sagrada Familia* (by many considered nonsense) decided to write a book on the new mathematics in architecture, finding the connections between tradition and the history of architecture, the history of mathematics, and in general with culture. Perhaps it would be useful to find a new name, ironic, like “marginal topological architecture”. It is of interest for anybody interested in the evolution of forms, without being influenced by ideological prejudice. A new creativity which is finding its way between cathedrals in the desert and megalomaniac absurdities. Liberated from the game of power exerted by individual disciplines.

As I wrote at the beginning quoting from Morris Kline mathematics, even in architecture, is not a list of recipes of methods and more or less technological instruments. It is a mine of ideas and cultural suggestions, that will deeply affect, like it or not, future architecture. Fortunately, mathematics is and will always be in perpetual transformation.

3. Together with Max Bill we were for years in the Board of the Journal *Leonardo, Art, Science and Technology*, MIT Press, and we realized two films, a series of exhibitions and books till his death in 1994.

tettura, non è un ricettario di metodi e di strumenti più o meno tecnologici. È una miniera di idee e suggestioni culturali che incidono, lo si voglia o no, in profondo anche sui futuri

architetti. E nulla più di questo è nel profondo solco della storia dell'architettura. Meno male che la matematica è e sarà sempre in continuo e velocissimo mutamento.

Bibliografia / References

- BURRY, J., BURRY, M., 2010. *The New Mathematics of Architecture*. London: Thames & Hudson, pp. 256.
- DI CRISTINA, G., 1999. *Architettura e topologia: per una teoria spaziale dell'architettura*. Roma: Università Sapienza, Editrice Librerie Dedalo, pp. 116.
- DI CRISTINA, G., 2001. The Topological Tendency in Architecture. In DI CRISTINA, G. (a cura di), *Architecture and Science*. Chichester: Wiley-Academy, pp. 6–13.
- EMMER, M., 2011. Architettura topologica fluida. In BARTOCCI, C. (a cura di), *La matematica. Suoni, forme, parole*. Torino: Einaudi, pp. 469–487.
- EMMER, M., 2004. *Mathland: from flatland to hypersurfaces*. Basel: Birkhauser, pp. 93.
- FORSTER, K. W., 2004. Architettura Ombre Riflessi. In FORSTER, K. W., BALTZER, N. (a cura di), *Metamorph. Focus*. Catalogo della 9° Mostra Internazionale di Architettura. Venezia: Marsilio, pp. 6–13.
- GALILEI, G., 1623. *Il saggiaiore. The assayer* (pp. 231–280). Stillman Drake. 1957. [visitato 23 aprile 2016]. Disponibile da: <https://www.princeton.edu/~hos/h291/assayer.htm>. In DRAKE, S., 1957. *Discoveries and Opinions of Galileo*. New York: Doubleday & Co., pp. 302.
- GREGOTTI, V., 2011. Discipline liquefatte. *Alfabeta2*. 12, supplemento *Alfalibri* 4, 2011, p. 4.
- HADID, Z., 2009. MAXXI. Museo nazionale delle arti del XXI secolo. 2002. [visitato 23 aprile 2016]. Disponibile da: www.fondazionemaxxi.it/player/zaha-hadid-maxxi-progetto.
- HADID, Z., SCHUMACHER, P., 2008. Andrea Palladio and Contemporary Architects. In BETSKY, M. (a cura di), *Out There. Architecture beyond Building*. Vol. 4. Catalogo della 11° Mostra Internazionale di Architettura. Venezia: Marsilio, pp. 152–153.
- KEMP, M., 2004. Intuizioni strutturali e pensiero metamorfico nell'arte, architettura e scienze. In FORSTER, K. W., BALTZER, N. (a cura di), *Metamorph. Focus*. Catalogo della 9° Mostra Internazionale di Architettura. Venezia: Marsilio, pp. 31–43.
- KLINE, M., 1953. *Mathematics in Western Culture*. New York: Oxford University Press, pp. 484. Ed. it. 1976. *La matematica nella cultura occidentale*. Milano: Feltrinelli editore, pp. 458.
- IMPERIALE, A., 2000. *New Flatness: Surface Tension in Digital Architecture*. Boston: Birkhauser, pp. 96. Ed. it. 2001. *Nuove bidimensionalità. Tensioni superficiali nell'architettura digitale*. Torino: Testo & Immagine, pp. 93.
- POINCARÉ, J. H., 1902 (rist. 1968). *La science et l'hypothèse*. Paris: Flammarion, pp. 292. Ed. it. SINIGAGLIA, C. (a cura di), 2003. *La scienza e l'ipotesi*. Testo a fronte. Milano: Bompiani 2003, pp. 432.
- STEWART, I., 1995. *Nature's Numbers: Discovering Order and Pattern in the Universe*. London: Weidenfeld and Nicolson, pp. 164.