

a cura di  
Laura De Carlo, Leonardo Paris

# Le linee curve

per l'architettura e il design

FORME DEL DISEGNO  
**FrancoAngeli**

## **FORME DEL DISEGNO**

Collana diretta da Elena Ippoliti, Michela Rossi, Edoardo Dotto

La collana FORME DEL DISEGNO si propone come occasione per la condivisione di riflessioni sul disegno quale linguaggio antropologicamente naturale, al tempo stesso culturale e universale, e che indica contemporaneamente la concezione e l'esecuzione dei suoi oggetti.

In particolare raccoglie opere e saggi sul disegno e sulla rappresentazione nell'ambito dell'architettura, dell'ingegneria e del design in un'ottica sia di approfondimento sia di divulgazione scientifica.

La collana si articola in tre sezioni: PUNTO, che raccoglie contributi più prettamente teorici su tematiche puntuali, LINEA, che ospita contributi tesi alla sistematizzazione delle conoscenze intorno ad argomenti specifici, SUPERFICIE, che presenta pratiche ed attività sperimentali su casi studio o argomenti peculiari.

Comitato editoriale - indirizzo scientifico

Carlo Bianchini, Pedro Manuel Cabezas Bernal, Andrea Casale, Alessandra Cirafici, Paolo Clini, Edoardo Dotto, Pablo Lorenzo Eiroa, Fabrizio Gay, Elena Ippoliti, Leonardo Paris, Sandro Parrinello, Fabio Quici, Michela Rossi, Andrew Saunders, Graziano Mario Valenti

Comitato editoriale - coordinamento

Andrea Casale, Elena Ippoliti, Leonardo Paris, Fabio Quici, Graziano Mario Valenti

Progetto grafico

Andrea Casale



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

**FrancoAngeli Open Access** è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

[http://www.francoangeli.it/come\\_pubblicare/pubblicare\\_19.asp](http://www.francoangeli.it/come_pubblicare/pubblicare_19.asp)

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

a cura di  
Laura De Carlo, Leonardo Paris

# Le linee curve

per l'architettura e il design

**FORME DEL DISEGNO**  
Sezione  
**PUNTO**

**FrancoAngeli**

Università Sapienza di Roma, dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura

*In copertina:* immagine di Leonardo Paris

Copyright © 2019 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore ed è pubblicata in versione digitale con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

*L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito*  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

## Indice

Presentazione Andrea Giordano	7
Introduzione Laura De Carlo, Leonardo Paris	11
<b>Parte prima</b>	
<i>Alle origini delle teorie geometriche</i>	
Le linee curve nell'evoluzione del pensiero geometrico nel periodo classico <i>Leonardo Paris</i>	19
Le linee curve tra geometria e analisi nel Rinascimento matematico <i>Laura De Carlo</i>	45
<i>Le linee curve nella progettazione della forma</i>	
Geometria delle linee curve per la genesi della forma <i>Marta Salvatore</i>	73
La rappresentazione digitale delle linee curve <i>Matteo Flavio Mancini</i>	109

Le linee curve per l'architettura e il design

## **Parte seconda**

La spirale cilindrica nelle scale rinascimentali e barocche <i>Leonardo Paris</i>	145
Lo spazio della linea. Il tiburio di Sant'Andrea delle Fratte <i>Giovanna Spadafora</i>	171
Le generatrici tecnologiche <i>Maria Laura Rossi</i>	183
Il ruolo delle curve generative nel design nautico <i>Michele Russo</i>	197
Le linee coniugate <i>Leonardo Paris</i>	211
Dalle linee curve alle superfici libere e viceversa nei modelli digitali dell'architettura <i>Matteo Flavio Mancini</i>	227
Traiettorie curvilinee tra architettura, teatro, cinema e design <i>Massimo Zammerini</i>	237
Linea, curva, taglio, cartamodello. Il disegno nel progetto anti-effimero della moda <i>Massimiliano Ciammaichella</i>	253
<b>English abstracts</b>	267
<b>Bibliografia</b>	275
<b>Gli autori</b>	285

# Il ruolo delle curve generative nel design nautico

di Michele Russo

## **Introduzione**

Nell'ambito dell'industrial design la ricerca della forma, intesa come atto traduttivo ed interpretativo di una idea nella sua realizzazione, rappresenta un percorso complesso di mediazione fra tradizione e innovazione, fra significante e significato, fra libertà progettuale e vincolo materico, per arrivare ad un prodotto di sintesi progettuale. In questo processo di raffinamento iterativo verso la forma, le curve rappresentano il dato generativo di partenza per la costruzione di superfici complesse, liquide, che tendono ad uscire dai canoni geometrici verso un unicum formale. Un ambito nel quale queste geometrie trovano una importante applicazione è il "design nautico", una disciplina nella quale le curve nello spazio hanno il compito di definire lo scheletro geometrico di volumi complessi, restituiti graficamente attraverso il metodo proiettivo che riporta l'informazione geometrica sui tre principali piani di proiezione, avviando un sistema multivisione di analisi e

controllo della forma<sup>1</sup>. L'introduzione dei sistemi di acquisizione e rappresentazione digitale ha modificato negli ultimi anni il processo di costruzione delle curve generative degli scafi, pur mantenendo un forte collegamento con la tradizione progettuale e costruttiva navale. L'intento del contributo è quello di tracciare un percorso storico, logico-evolutivo e critico sull'utilizzo delle curve nella Nautica, intese come elemento generativo di una forma che integra tradizione ed innovazione, adattabilità e rigore, definendo un prodotto di altissima qualità e rappresentativo del *Made in Italy*.

### **Cenni storici sull'uso delle curve in ambito navale**

L'uso delle geometrie curve per il progetto nautico affonda le sue radici nella storia e nella produzione cantieristica navale<sup>2</sup>. Già in epoca romana fu introdotto un sistema di riproduzione delle forme curve che consentiva la creazione seriale di imbarcazioni da guerra, un primo tentativo di industrializzazione per ridurre i tempi di produzione e poter apportare velocemente delle migliorie o riparazioni. Il sistema romano si fondava sull'uso di sagome ad arco circolare e tangenza continua che venivano riportate di volta in volta sulle ossature lignee degli scafi, senza dover essere costretti a ripetere le operazioni di costruzione ex-novo. Questa tecnica fu notevolmente perfezionata tra il XIII e il XIV secolo dalla marineria Veneziana nella costruzione delle Galee<sup>3</sup>, tanto da essere conservata fino all'introduzione della geometria proiettiva mongiana, che definì una prima svolta cruciale nell'ambito della progettazione navale<sup>4</sup>. Una seconda trasformazione profonda è avvenuta nella metà del secolo scorso con l'introduzione di un nuovo linguaggio di dialogo progettuale, non più tra progettista e maestranze di cantiere ma tra disegnatore e macchina, che ha definito una re-

<sup>1</sup> Cfr. Musio Sale 2009.

<sup>2</sup> Cfr. Casson 2004.

<sup>3</sup> Imbarcazione diffusa in tutto il Mediterraneo e diretta discendente della trireme.

<sup>4</sup> Cfr. Marzari 1998.

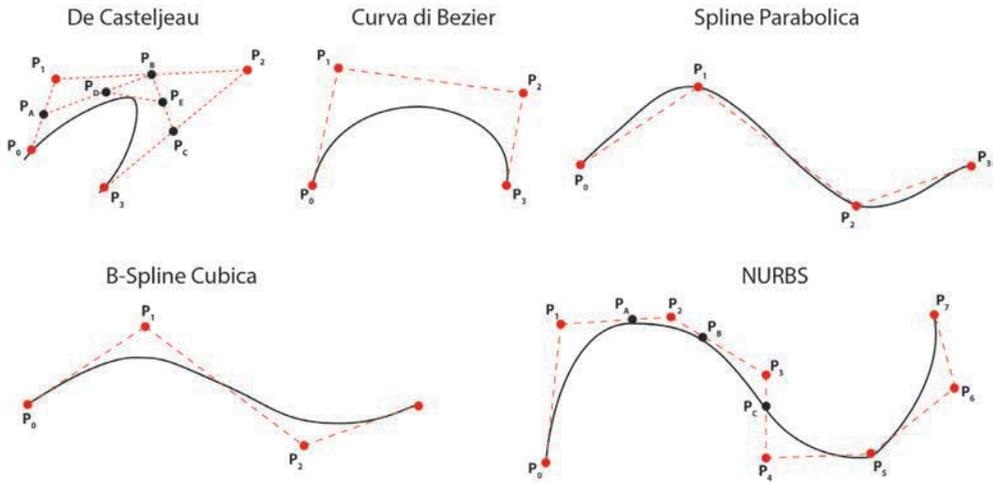


Fig. 1/ Tipologie di curve nella storia della Computer Grafica.

lazione biunivoca fra quello che si vede e quello che si rappresenta sulla carta (WYSIWYG<sup>5</sup>). In particolare, la possibilità di poter tradurre e manipolare una curva mantenendone la coerenza nel prodotto finito ha rappresentato una sfida per i matematici dell'epoca, grazie soprattutto allo sviluppo dei calcolatori che hanno posto le basi al concetto di serializzazione e produzione industriale. Il processo di progettazione e produzione di imbarcazioni sul territorio nazionale rappresenta oggi un mirabile esempio di integrazione di competenze e tradizioni, di tecniche tradizionali e moderne tecnologie, che trovano sempre più spazio soprattutto nella fase di progetto.

### La costruzione e rappresentazione delle curve

La genesi delle curve e delle superfici matematiche in ambito navale è legata alla loro evoluzione nel campo della Computer Grafica (fig. 1). Il primo passo avvenne negli anni '40 grazie ad un progettista di aerei della North American che si pose il problema della deperibilità dei supporti cartacei di progetto, arrivando a tradurre le curve disegnate in numeri ordinati in tabella<sup>6</sup>. Questo metodo permise di risolvere il problema della conservazione dei dati di pro-

<sup>5</sup> WYSIWYG = What You See Is What You Get.

<sup>6</sup> Cfr. Liming 1944.

getto, ponendo al contrario il problema della traduzione della tabella in una rappresentazione digitale grafica. Nel 1959 presso la Citroën il matematico Paul de Casteljau definì per la prima volta un metodo per costruire curve direttamente dal computer, inserendole all'interno di un poligono di controllo contenente poli di controllo della geometria<sup>7</sup>. Contestualmente in Renault il matematico Pierre Bézier studiò un metodo simile ma basato sull'intersezione di due cilindri ellittici costruiti all'interno di un parallelepipedo, ponendo le basi del sistema CAD/CAM adoperato per più di trent'anni dalla casa costruttrice (Unisurf) e sviluppato nel programma CATIA<sup>8</sup>. Partendo da queste curve di base, nei successivi decenni la ricerca matematica ha condotto alla elaborazione di curve polinomiali sempre più evolute<sup>9</sup>, passando dalle curve Spline alle B-Spline fino alle NURBS<sup>10</sup>, dotate di un controllo geometrico a livello locale e capaci di rappresentare forme geometriche sempre più complesse con funzioni polinomiali di grado sempre più basso<sup>11</sup>. Queste curve, tutt'oggi utilizzate come standard nel disegno CAD, rappresentano la base di partenza per la costruzione delle principali superfici matematiche digitali delle imbarcazioni.

Dal punto di vista della rappresentazione, le superfici di una barca presentano una trasformazione spaziale continua, che alterna gli andamenti concavi degli avvisi prodieri a quelli convessi delle paratie, fino a riproporre forme concave vicino alla poppa. Tale movimento genera una "liquidità" formale estremamente complessa da rappresentare e per la quale si prevede una fase di semplificazione basata sul metodo delle proiezioni ortogonali, che concorre a delineare le primitive generative della forma ma nel contempo ne evidenzia un limite intrinseco. Richiamando infatti la rappresentazione di solidi elementari, questi sono facilmente descrivibili in pro-

**7** Cfr. De Casteljau 1959.

**8** Cfr. Bézier 1971.

**9** Cfr. De Boor 1978.

**10** Cfr. Piegl 1995.

**11** Cfr. Sederberg 2012.

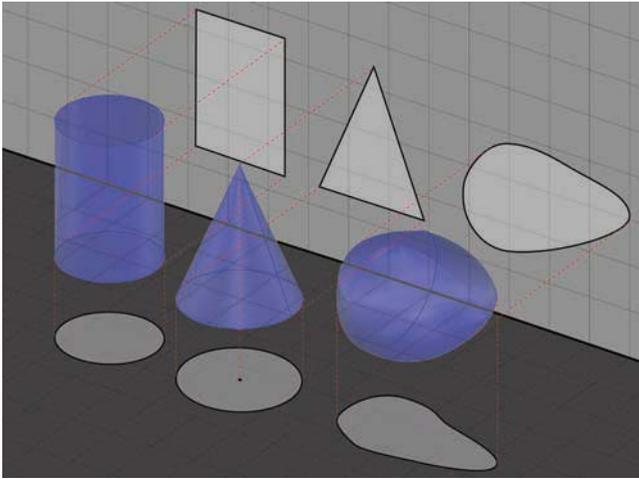


Fig. 2/ Confronto nella rappresentazione di solidi elementari e complessi attraverso il metodo delle proiezioni ortogonali.

zione attraverso le loro direttrici e generatrici; al contrario invece la rappresentazione di solidi complessi attraverso le linee di bordo o *break-lines* risulta spesso non sufficiente per descriverne in maniera completa l'andamento spaziale nella sua interezza e complessità (fig. 2).

Il problema della corretta rappresentazione di superfici *free-form* attraverso proiezioni ortogonali è tema che affonda le sue radici nella restituzione territoriale, basata sulla rappresentazione cartografica delle variazioni di quota dei terreni. In questo campo la restituzione della terza dimensione avviene ancora oggi mediante l'utilizzo delle curve di livello o *isopse*<sup>12</sup> che descrivono l'inclinazione del terreno in un preciso punto. Anche nell'ambito della progettazione navale è stata sviluppata la medesima tecnica, fondata sull'utilizzo delle curve di livello e sul metodo delle proiezioni quotate. Tale metodo si basa sull'integrazione di curve di contorno e un sistema progressivo di sezioni operate nel volume a quote prestabilite e prodotte da piani paralleli ai piani di proiezione. Il risultato che si ottiene da questa procedura, chiamato "Piano di Costruzione" o "Body Plan" (fig. 3), consente di apprezzare l'andamento

**12** Sequenze di curve caratterizzate da un dislivello costante, la cui distanza corrisponde alla retta di massima pendenza tracciabile tra le due curve.

## Le linee curve per l'architettura e il design

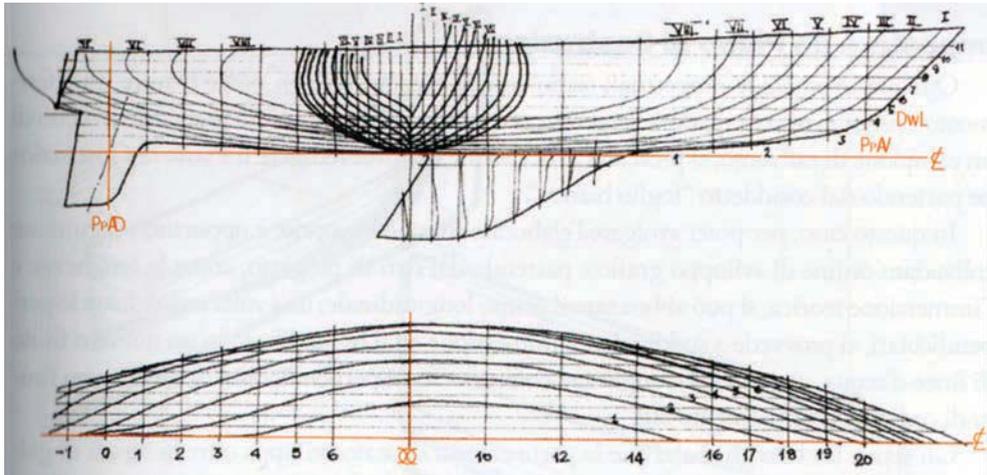


Fig. 3/ Confronto nella rappresentazione Piano di Costruzione dello Yacht "CHAPLIN" progettato da Sciarelli nel 1974, Costruzione Sangermani (fonte: Yacht Design: dal concept alla rappresentazione, a cura di Musio Sale Massimo).

complessivo delle forme, potendo identificare qualsiasi punto "intermedio" fra una sezione e l'altra attraverso una semplice operazione di interpolazione fra le due sezioni. Tale elaborato condensa tutte le informazioni volumetriche attraverso una pianta o semi-pianta, un alzato del fianco o proiezione longitudinale, nonché gli alzati o semi-alzati combinati, che integrano spesso in una sola rappresentazione le viste della prua e della poppa. Il "Piano di Costruzione" si può quindi intendere come un grafico multivisione in cui tre serie di curve di livello proiettate sui tre piani ortogonali si relazionano reciprocamente. Sulla pianta sono riportate le curve che prendono il nome di "linee d'acqua" o "linee di galleggiamento", nel piano longitudinale si individuano le curve corrispondenti ai diversi profili della barca, infine sul piano verticale sono rappresentate le ordinate nel loro sviluppo geometrico, ovvero le sezioni perpendicolari rispetto al piano di simmetria e alla linea di costruzione.

### **Le curve per la progettazione e per l'analisi di imbarcazioni esistenti**

In ambito navale è prassi diffusa partire da un piano di costruzione esistente, utilizzando un listato di

misure corrispondente alla sintesi dei valori geometrici dello scafo, al quale vengono applicati dei “coefficienti di affinità” che consentono di plasmare la forma della barca progettata rispetto a quella di partenza. Qualora non esista una base di partenza<sup>13</sup>, si presenta l’occasione di redigere un nuovo “Piano di Costruzione”, nel quale si costruisce la prima curva corrispondente al “primo longitudinale”, identificando sommariamente la dimensione della barca e l’immersione teorica. Da questa si tracciano una sequenza di curve perpendicolari, normalmente una ventina, che tendono a suddividere in parti uguali lo spazio fuori acqua ed in immersione. Infine, grazie alla relazione proiettiva fra i punti di intersezione di queste curve, è possibile definire la sezione maestra o di simmetria e la figura di galleggiamento. In questo procedimento ex-novo è indispensabile che sia sempre soddisfatta la relazione fra i punti singolari di incrocio tra linee d’acqua, ordinate e profili, pena l’inaffidabilità complessiva dell’intero elaborato prodotto. Dal punto di vista metodologico la progettazione navale richiama spesso le tradizioni progettuali, partendo da un bozzetto disegnato a mano, sul quale vengono stese ad una ad una le liste flessibili<sup>14</sup> e i piombi di posizionamento<sup>15</sup> (fig. 4), andando a determinare il primo piano di costruzione<sup>16</sup>. Verificata ad occhio la qualità della forma del fasciame, chiamata anche “avviamento”, si può passare quindi alla rappresentazione più raffinata della forma. L’introduzione dei sistemi CAD 2D/3D hanno modificato il processo di progettazione, consentendo di rappresentare graficamente e verificare in tempo reale la qualità delle curve costruite (fig. 4) attraverso i grafici di curvatura<sup>17</sup>.

La generazione di superfici matematiche rappresenta una fase delicata, fondata sull’uso di curve generatrici, direttrici e applicazione di traslazioni e rotazioni nello spazio. La qualità delle superfici discende

**13** Cfr. Musio Sale 2009.

**14** I flessibili o stecche flessibili sono delle stecche lignee di sezione variabile con la caratteristica di poter essere formate in maniera da seguire le curve delle diverse sezioni dello scafo. La variazione di spessore viene scelta proprio per simulare le diverse parti della barca caratterizzate da diverso spessore e rigidità.

**15** La rigidità dei flessibili comporta il loro utilizzo associato a quello di elementi di legno pesanti con terminazione metallica, che consentono di bloccare sul foglio di carta la stecca senza che questa si muova durante il tracciamento.

**16** Cfr. Marzari 1998.

**17** Cfr. Gaiani (a cura di) 2006.

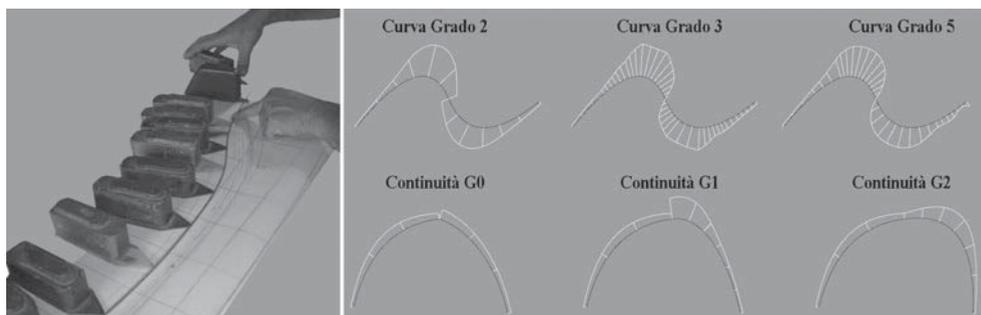


Fig. 4/ A sinistra lista flessibile e piombi di posizionamento per la realizzazione di curve Spline su carta, a destra tipologie di curve matematiche e condizioni di continuità fra curve reciproche, evidenziate dal grafico di analisi della curvatura.

dalla qualità delle curve, ovvero dal grado del polinomio di struttura e dalla loro forma geometrica nello spazio, nonché dalle condizioni di continuità fra primitive reciproche, verificabile attraverso strumenti di visualizzazione basati sul *real-time rendering*<sup>18</sup>. Dal punto di vista morfologico-costruttivo, la distribuzione sequenziale delle curve nello spazio rende le superfici di *loft* lo strumento ideale per la definizione del "corpo centrale" dello scafo, mentre più complesse risultano le costruzioni delle superfici corrispondenti all'avvio di prora e di poppa. Il primo è basato sulla generazione di una superficie a tre lati con vincolo di continuità fra corpo centrale e piano di mezzeria, condizione di costruzione limitante data la parametrizzazione geometrica delle superfici 3D fondata sulle due direzioni ( $u, v$ ) e quattro lati. Per risolvere questo limite è necessario sovrapporre due vertici di bordo e definire iso-parametriche convergenti, con conseguente definizione di una forma tridimensionale di difficile realizzazione e controllo<sup>19</sup>. Lo specchio di poppa invece si presenta come superficie quadrangolare leggermente convessa, molto importante per la definizione della mezzeria e della generatrice di massima sporgenza della imbarcazione rispetto alla vista di profilo (fig. 5).

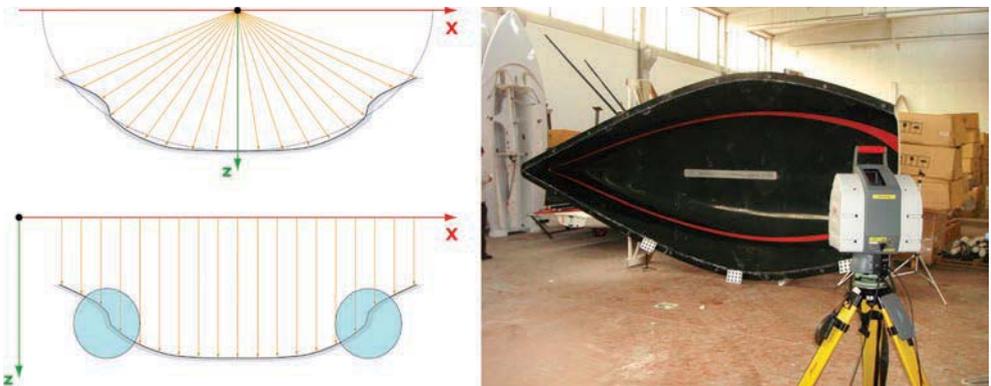
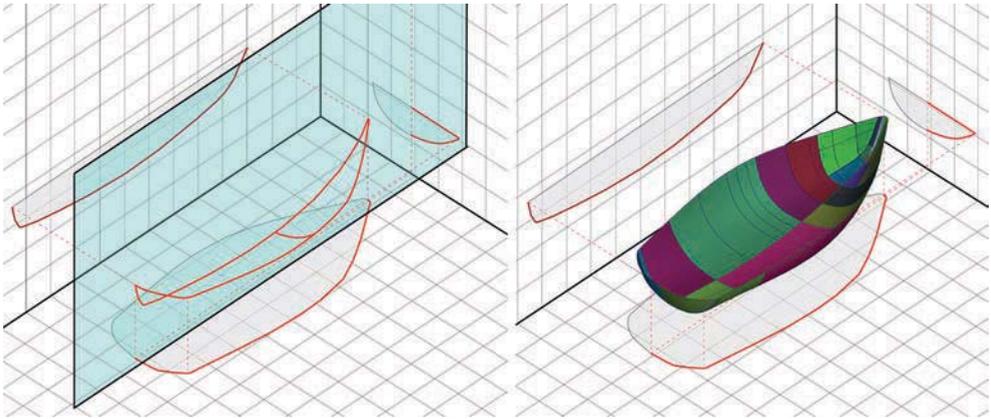
Completamente differente è la generazione di curve attraverso il processo di *Reverse Modeling* di una imbarcazione<sup>20</sup>. Tale processo<sup>21</sup> consente di ottenere il calco digitale di una barca esistente attraverso

**18** Cfr. Brevi 2004.

**19** Cfr. Brevi 2004.

**20** Cfr. Gaiani et al. 2006.

**21** Cfr. Guidi et al. 2010.



l'applicazione di metodiche di rilievo digitale, fondate sull'uso di sistemi attivi come i laser scanner 3D o passivi come la fotogrammetria digitale<sup>22</sup>. Dalla applicazione di queste metodologie di acquisizione si ottengono nuvole di punti dense corrispondenti alla superficie esterna della barca, che vengono utilizzate come dati di interpolazione per la costruzione di superfici numeriche (fig. 6). Il modello poligonale ottenuto può essere sezionato in qualsiasi punto, andando ad estrarre curve spezzate, definite dalla intersezione fra il piano di sezione e la moltitudine di piani triangolari. Tali sezioni rappresentano la base di partenza per la ricostruzione nello spazio di curve e superfici matematiche. Il livello di attendibilità delle geometrie ottenute in questa fase dipende dal-

Fig. 5/ A sinistra relazione omologica fra curve proiettate sui piani e nello spazio, a destra network di superfici dello scafo.

Fig. 6/ A sinistra schema di campionamento di una superficie secondo una proiezione a raggi divergenti o a raggi paralleli, con relativa evidenziazione delle possibili zone d'ombra non rilevate, a destra rilievo digitale basato su raggi divergenti.

<sup>22</sup> Cfr. Remondino, El-Hakim 2006.

la corretta progettazione del rilievo (fig. 6), la scelta dello strumento e dal trattamento dei dati acquisiti<sup>23</sup>, tenendo presente nel contempo sia l'aleatorietà del processo interpretativo di ricostruzione di curve matematiche coerenti con i dati rilevati, sia la conservazione delle corrispondenze proiettive tra le sezioni estratte.

L'uso del modello sottostante in fase di ricostruzione matematica consente di poter confrontare in tempo reale la distanza fra il modello matematico progettato e quello numerico di riferimento. Un secondo vantaggio, legato alla analisi della forma rilevata, consiste nella possibilità di studiare con precisioni sub-millimetriche l'intera superficie della barca, a differenza dei rilievi manuali, potendo verificare in qualsiasi punto dello scafo la presenza di "difetti" ed indicare dove apportare i correttivi in maniera puntuale.

### Casi studio

Il primo caso studio riguarda la barca in legno denominata "Leone di Caprera"<sup>24</sup>, presentata come applicazione del processo di *Reverse Modeling* per lo studio di scafi storici finalizzato al restauro nautico. Per progettare il restauro della imbarcazione è stata avviata una campagna di rilievo basata sull'uso integrato di tecniche fotogrammetriche e laser scanning 3D, impiegando la prima tecnica per il rilievo dello scafo, data la possibilità di poter esprimere la sua forma attraverso alcune specifiche curve di sezione, utilizzando la seconda per acquisire la coperta. Da una prima analisi dei dati rilevati è stato possibile evidenziare una torsione subita nel tempo dallo scafo, alcune asimmetrie presenti o sporgenze nel fasciame, fornendo subito una prima indicazione utile a livello progettuale per il cantiere di restauro e conservazione. Dal modello tridimensionale numerico così definito è stato possibile creare una sequen-

<sup>23</sup> Cfr. Guidi et al. 2005.

<sup>24</sup> Baleniera con armo a goletta costruita nel 1879 è oggi una tra le imbarcazioni più antiche della flotta italiana; è stata oggetto di un restauro dello scafo nel 2009 che ne ha preservato l'aspetto ma non la funzionalità.

## Il ruolo delle curve generative nel design nautico

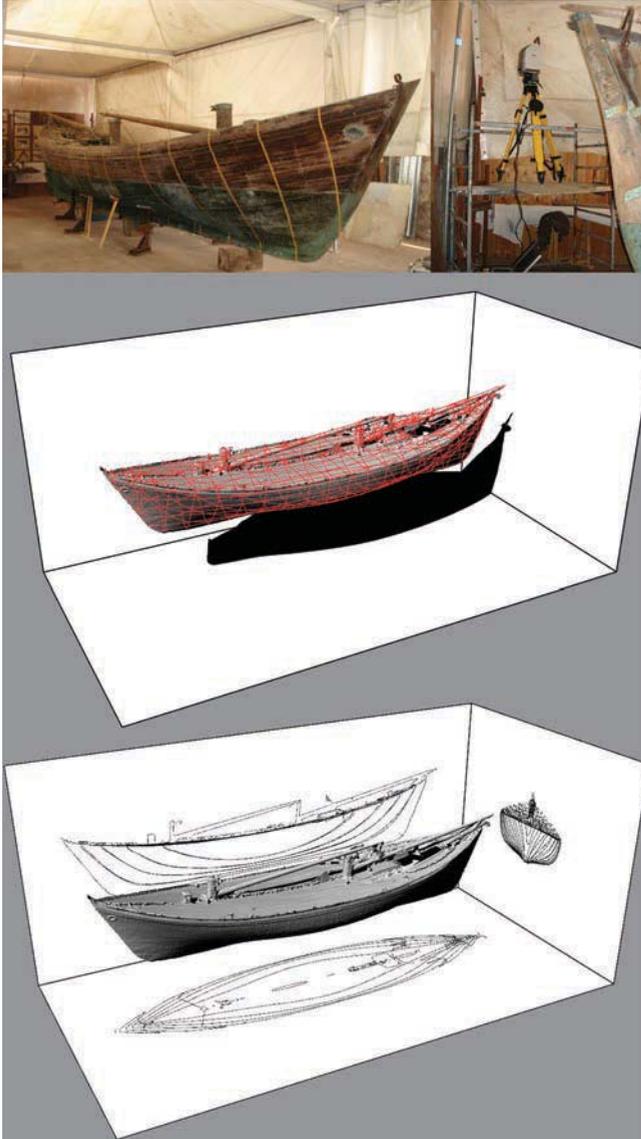


Fig. 7/ In alto alcune fotografie riguardanti la fase di acquisizione 3D attraverso fotogrammetria digitale e laser scanning 3D, con evidenziate sullo scafo le curve di riferimento da acquisire. In basso due fasi di interrogazione del modello numerico attraverso l'estrazione delle sezioni e la riproiezione delle curve sui piani determinando il Piano di Costruzione della imbarcazione.

za di sezioni e ricostruire il "Piano di Costruzione" dell'imbarcazione (fig. 7).

Il secondo caso studio riguarda l'imbarcazione FIV 555 (Nautivela) in vetroresina e l'applicazione del processo di *Reverse Modeling* per l'analisi della superficie esistente, l'estrazione delle curve e il con-

## Le linee curve per l'architettura e il design

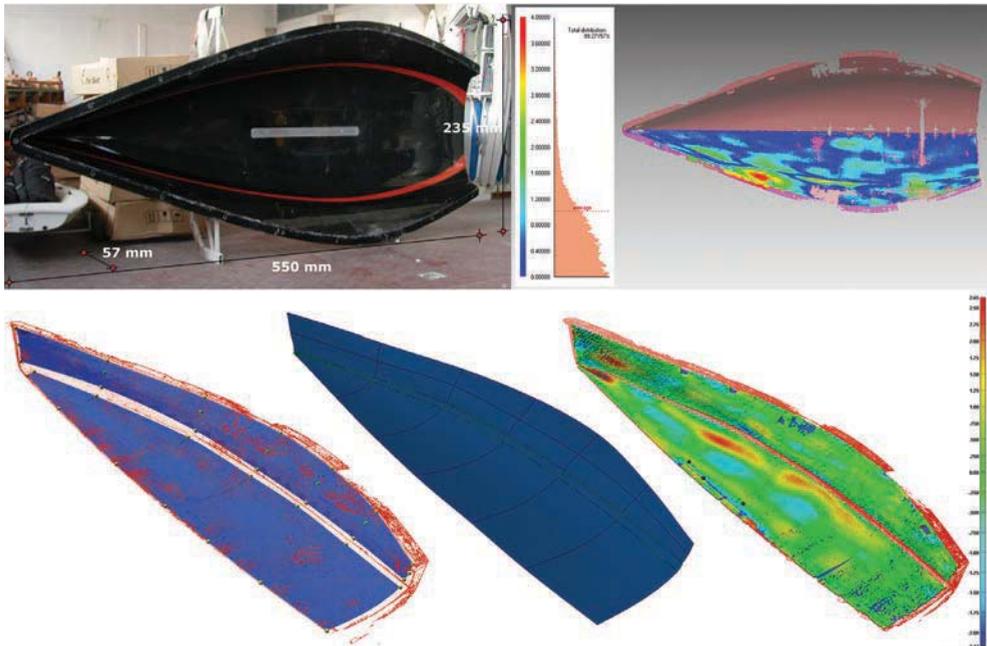
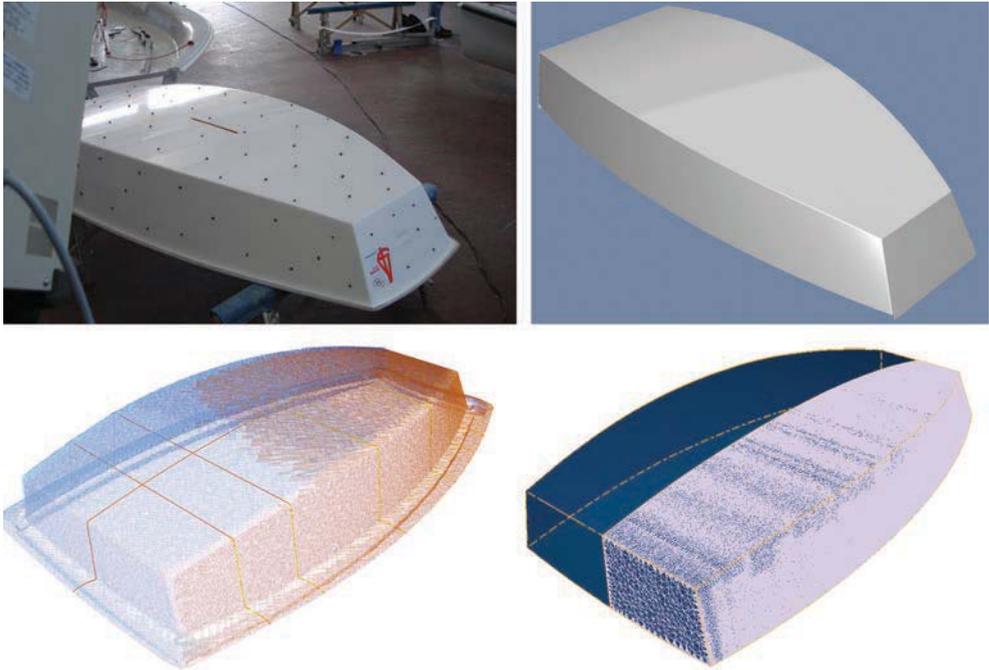


Fig. 8/ Percorso di ricostruzione del modello matematico dell'imbarcazione FIV 555: in alto a sinistra una fase di rilievo, in basso la sequenza di fasi di costruzione delle superfici matematiche dal modello numerico fino al confronto sulla distanza fra i due modelli, in alto a destra una verifica di simmetria che evidenzia le notevoli differenze fra le due parti nelle parate della barca.

trollo di qualità. La richiesta di portare a termine una analisi geometrica di alta precisione dello scafo ha condotto alla scelta di adottare l'integrazione di tecniche di acquisizione tridimensionale, utilizzando un laser scanner 3D a triangolazione per il rilievo di dettaglio e un laser scanner 3D a tempo di volo per l'acquisizione globale, definendo un passo di campionamento di 0,3 mm e un'accuratezza globale di pochi millimetri. La definizione di un modello poligonale molto simile al reale ha consentito di condurre una analisi di precisione sulla forma attraverso una verifica di simmetria, evidenziando una variazione centimetrica in prua. La disponibilità di un modello numerico affidabile ha fornito inoltre l'occasione per sperimentare alcuni metodi di generazione di superfici matematiche basate su processo manuale, semi-automatico e automatico (fig. 8).

Il terzo e ultimo caso riguarda l'imbarcazione di classe Optimist (Nautivela) in vetroresina e l'applicazio-



ne del processo di *Reverse Modeling* per la definizione delle curve e superfici matematiche del prodotto a supporto della progettazione nautica. L'elevata qualità del prodotto ha richiesto di minimizzare gli errori in tutto il processo di rilievo e modellazione, andando ad ottimizzare sia la fase di acquisizione che di creazione delle superfici, ricreando una forma matematica tridimensionale molto simile alla forma reale dello scafo.

Il modello 3D è servito principalmente per conservare digitalmente un prodotto soggetto all'usura del tempo e ai cicli di produzione che progressivamente deteriorano la sua forma originaria. La ricostruzione matematica ha permesso di correggere le imperfezioni della superficie reale e generare un modello simmetrico, andando ad apportare delle modifiche progettuali che rientrano nelle tolleranze costruttive stringenti dalla Federazione Nautica (fig. 9).

Fig. 9/ Percorso di ricostruzione del modello matematico dell'Optimist: in alto a sinistra una fase di acquisizione 3D, in basso a sinistra la ricostruzione delle curve sulla base del modello numerico, a destra in basso il doppio modello matematico-numerico e in alto a sinistra il modello matematico finale.

### **Conclusioni**

Il saggio ripercorre il ruolo e la funzione delle curve nel campo della progettazione navale. In questo ambito le curve hanno sempre rappresentato il fulcro generativo delle imbarcazioni, partendo dalle forme di ausilio in cantiere agli strumenti tradizionali per la restituzione su carta, fino alle attuali rappresentazioni digitali. Il loro significato e ruolo viene oggi declinato in funzione della finalità di progetto o di analisi dell'esistente, sfruttando le potenzialità offerte dalla Computer Grafica per la generazione di curve e superfici complesse e la restituzione sintetica attraverso il metodo delle proiezioni ortogonali. Grazie all'introduzione di strumenti digitali a supporto del rilievo è oggi possibile "campionare" con densità prossime al continuo materico le barche esistenti, potendo portare a termine analisi geometriche su forme complesse, da cui è possibile estrarre le curve di base a supporto della riprogettazione delle superfici esistenti. L'analisi e la costruzione geometrica, il rilievo dell'esistente e la rappresentazione nel piano e nello spazio definiscono quindi una unica filiera della conoscenza della nautica, nella quale le curve assumono un ruolo di primo attore e nucleo generativo dell'intero processo.

## Bibliografia

### Prima parte

- AA.VV., 1999. Il Colosseo Studi e Ricerche. *Disegnare Idee Immagini*, 18/19.
- Adam Jean-Pierre, 1988. *L'arte di costruire presso i Romani*. Milano: Longanesi & C.
- Arnheim Rudolph, 1977. *La dinamica della forma architettonica*. Milano: Feltrinelli.
- Baglioni Leonardo, 2007. Il contributo del modellatore informatico nello studio di lossodromie, eliche e spirali. In De Carlo Laura (a cura di). *Informatica e fondamenti scientifici della rappresentazione*. Roma: Gangemi, pp. 93-102.
- Bianchi Luigi, 1894. *Lezioni di geometria differenziale*. Pisa: Enrico Spoerri.
- Bianchi Bandinelli Ranuccio, 2005. *Roma: l'arte al centro del potere (dalle origini al II secolo d.C.)*. Milano: RCS Corriere della Sera, vol. 1.
- Boyer Carl B., 1976. *Storia della matematica*. Milano: Mondadori, 1976. Traduzione di Carugo Adriano. Ed. orig. *A History of mathematics*.
- Burali Forti Cesare, 1912. *Corso di geometria analitico-proiettiva per gli allievi della R. Accademia Militare*. Torino: G. B. Petrini di Giovanni Gallizio.
- Carlioni Roberto, 2008. La logica delle forme. In Carlevaris Laura, De Carlo Laura, Migliari Riccardo (a cura di). *Attualità della geometria descrittiva*. Roma: Gangemi, pp. 267-282.
- Carlioni Roberto, 2009. Teorie e tecniche della rappresentazione matematica. In Migliari Riccardo. *Geometria descrittiva. Tecniche ed applicazioni*. Novara: CittàStudi, pp. 5-59, vol. 2.
- Cresci Luciano, 1998. *Le curve celebri*. Padova: Franco Muzio.
- Cresci Luciano, 2005. *Le curve matematiche. Tra curiosità e divertimento*. Milano: Hoepli.
- D'Ocagne Maurice, 1896. *Cours de géométrie descriptive et de géométrie infinitésimale*. Paris: Gauthier-Villars.

## Le linee curve per l'architettura e il design

- De Carlo Laura, 2009. Le linee curve. In Migliari Riccardo. *Geometria descrittiva. Tecniche ed applicazioni*. Novara: CittàStudi, pp.97-129, vol. 2.
- De Rubertis Roberto, 1999. Un enigma avvincente: il tracciato planimetrico ellittico del Colosseo. *Disegnare Idee Immagini*, 18/19, pp. 99-106.
- Docci Mario, 1999. La forma del Colosseo: dieci anni di ricerche. Il dialogo con i gromatici romani. *Disegnare Idee Immagini*, 18/19, pp. 23-32.
- Dupin Charles, 1829. *Geometria e meccanica delle arti, dei mestieri, delle belle arti*. Firenze: Stamperia di Guglielmo Piatti.
- Eulero Leonard, 1767. Recherches sur la courbure des surfaces. *Memoires de l'academie des sciences de Berlin*, 16, pp. 119-143.
- Fallavollita Federico, Salvatore Marta, 2012a. Geometria e costruzione. La teoria delle linee di curvatura nella stereotomia della pietra. *Disegnarecon*, n. 9, pp. 125-134, vol. 5.
- Fallavollita Federico, Salvatore Marta, 2012b. The ruled surfaces in stone architecture. In Gambardella Carmine (a cura di). *Le vie dei mercanti - Less More*. Napoli: La scuola di Pitagora, pp. 261-269.
- Fiedler Wilhelm, 1873. *Trattato di geometria descrittiva*. Firenze: Le Monnier.
- Freguglia Paolo, 1999. *La geometria fra tradizione e innovazione*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Frère Gabriel Marie (Edmond Brunhes), 1893. *Élément de Géométrie Descriptive*. Tours: Alfred Mame et fils; Paris: Charles Poussielgue. Riproduzione anastatica. F.G.-M. 1996. *Géométrie descriptive, tome I, Éléments*. Mayenne: Jacques Gabay.
- Frère Gabriel Marie (Edmond Brunhes), 1920. *Exercices de Géométrie Descriptive*. Tours: Alfred Mame et fils; Paris: J. De Gigord. Riproduzione anastatica. F.G.-M. 1996. *Géométrie descriptive, tome II, Exercices*. Mayenne: Jacques Gabay.
- Gay Fabrizio, 2016. Verso una morfologia degli artefatti: da Monge a Petitot, la geometria descrittiva dopo la geometria descrittiva. In Di Luggo Antonella (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione*. Roma: Gangemi, pp. 59-66.
- Giordano Andrea, 1999. *Cupole volte e altre superfici*. Torino: Utet.
- Giusti Enrico, 2007. *Piccola storia del calcolo infinitesimale dall'antichità al Novecento*. Pisa: Istituti editoriali e poligraci internazionali.
- Hachette Jean Nicolas Pierre, 1813. *Correspondance sur l'École Royale Polytechnique, Vol. II, n. 4, 1812*. Paris: Chez J. Klostermann, Libraire de l'Ecole Impériale Polytechnique.
- Hilbert David, Cohn-Vossen Stefan, 1932. *Geometria intuitiva*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Inglese Carlo, 2017. Dalla pratica alla trattazione teorica: le incisioni delle volute ioniche. *Disegnare Idee Immagini*, 55, pp. 42-51.
- Kline Morris, 1991. *Storia del pensiero matematico, Vol. I, Dall'antichità al Settecento*. Torino: Einaudi. Traduzione di Conte Alberto (a cura di). Ed. orig. *Mathematical Thought From Ancient to Modern Times*. Oxford: University press, 1972.
- Lambert Johannes Heinrich, 1760. *Photometria, sive mensura et gradibus luminis, coloribus et umbrae*. Augustae vindelicorum: Sumptibus viduae Eberhardi Klett, Typis Christophori Petri Detleffsen.
- Leroy Charles François Antoine, 1838. *Trattato di geometria descrittiva. Prima versione dal francese con note di Salvatore D'Ayala e Paolo Tucci*. Napoli: Reale tipografia della guerra.
- Leroy Charles François Antoine, 1862. *Traité de stéréotomie*. Paris: Mallet-Bachelier.
- Loria Gino, 1912. *Poliedri, curve e superficie*. Milano: Hoepli.

- Loria Gino, 1914. *Le scienze esatte nell'antica Grecia, Libro I -[II]*. Milano: U. Hoepli.
- Loria Gino, 1925a. *Curve sghembe speciali algebriche e trascendenti. Curve algebriche*. Bologna: Zanichelli, vol. 1.
- Loria Gino, 1925b. *Curve sghembe speciali algebriche e trascendenti. Curve sferiche - curve definite da una reazione tra flessione e torsione - curve particolari situate sopra superficie assegnate*. Bologna: Zanichelli, vol. 2.
- Loria Gino, 1930a. *Curve piane, speciali, algebriche e trascendenti. Curve algebriche*. Milano: Hoepli, vol. 1.
- Loria Gino, 1930b. *Curve piane, speciali, algebriche e trascendenti. Curve trascendenti - Curve dedotte da altre*. Milano: Hoepli, vol. 2.
- Loria Gino, 1931. *Il passato e il presente delle principali teorie geometriche*. Padova: Cedam.
- Loria Gino, 1935. *Metodi matematici*. Milano: Hoepli.
- Losito Maria, 1993. La ricostruzione della voluta ionica vitruviana nei trattati del rinascimento. *Mélanges de l'école française de Rome*, 105-1, pp. 133-175.
- Martines Gianciacomo, 1983. La struttura della Colonna Traiana: un'esercitazione di meccanica alessandrina. *Prospettiva*, 32, pp. 60-71.
- Migliari Riccardo, 1999. Principi teorici e prime acquisizioni nel rilievo del Colosseo. *Disegnare Idee Immagini*, 18/19, pp. 33-50.
- Migliari Riccardo, 2009a. *Geometria Descrittiva. Metodi e costruzioni*. Novara: CittàStudi, vol. 1.
- Migliari Riccardo, 2009b. *Geometria Descrittiva. Tecniche ed applicazioni*. Novara: CittàStudi, vol. 2.
- Monge Gaspard, 1796. *Analyse appliquée à la géométrie. Journal de l'École polytechnique, chaier II*.
- Monge Gaspard, 1798. *Géométrie descriptive*. Paris: Baudouin.
- Palladio Andrea, 1570. *I quattro libri dell'architettura*. Venezia, appresso Domenico de' Franceschi. Ristampa. Milano: Hoepli, 1945.
- Paris Leonardo, 2008. Conseguenze informatiche nella rappresentazione. Disegno e modello del capitello ionico. *Disegnare Idee Immagini*, 36, pp. 82-92.
- Paris Leonardo, 2012. Teoria geometrica degli ingranaggi. In Casale Andrea (a cura di). *Geometria descrittiva e rappresentazione digitale. Memoria e innovazione*. Roma: Kappa, pp. 63-84, vol. 2.
- Peano Giuseppe, 1887. *Applicazioni geometriche del calcolo infinitesimale*. Torino: Bocca.
- Pintore Angela, Salvatore Marta, 2007. Shape from points. Morfogenesi e modellazione matematica. In De Carlo Laura (a cura di). *Informatica e fondamenti scientifici della rappresentazione*. Roma: Gangemi, pp. 161-174.
- Rogers David F., 2000. *An Introduction to NURBS: With Historical Perspective*. Burlington: Morgan Kaufmann - Elsevier.
- Russo Lucio, 1996. *La rivoluzione dimentica*. Milano: Feltrinelli.
- Sala Nicoletta, Sala Massimo, 2013. *Geometrie del design. Forme e materiali per il progetto*. Milano: FrancoAngeli.
- Salvatore Marta, 2009a. Intersezioni piane tra superfici quadriche. In Migliari Riccardo. *Geometria descrittiva. Tecniche ed applicazioni*. Novara: CittàStudi, pp. 280-295, vol. 2.
- Salvatore Marta, 2009b. La stereotomia. In Migliari Riccardo. *Geometria descrittiva. Tecniche ed applicazioni*. Novara: CittàStudi, pp. 485-561, vol.2.

## Le linee curve per l'architettura e il design

- Salvatore Marta, 2011. Modelli litici di scale elicoidali. In Gambardella Carmine (a cura di). *Le vie dei Mercanti, S.A.V.E. Heritage*. Napoli: La scuola di Pitagora, pp. 1-12.
- Salvatore Marta, 2012. *La stereotomia scientifica in Amedée François Frézier. Prodromi della geometria descrittiva nella scienza del taglio delle pietre*. Firenze: University Press.
- Sereni Carlo, 1826. *Trattato di geometria descrittiva*. Roma: Stamperia di Filippo e Nicola De Romanis.
- Sereni Carlo, 1845. *Geometria descrittiva*. Roma: Tipografia Salviucci.
- Townsend Alastair, 2014. On the Spline: A Brief History of the Computational Curve. *International Journal of Interior Architecture + Spatial Design: Applied Geometries*, pp. 48-59, vol. 3.
- Valenti Graziano Mario, 2008. *De.form.are – De.form.ing*. Roma: Rdesignpress.
- Villa Mario, 1960. Sulla definizione della torsione di una curva sghemba. *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana*, Serie 3, 1, pp. 47-54, vol. 15.
- Vitruvio Pollione Marco, *De Architectura*, 27 a.C. Interpretazione di Florian Giovanni. *Dell'architettura*. Pisa: Giardini.

## Seconda parte

- Angelini Beatrice, 1999. Metodologia per lo studio del rilievo e della rappresentazione delle superfici rototraslate. La coclide di Bramante al Belvedere Vaticano. In AA.VV. *Geometria e Architettura, Strumenti del Dottorato di Ricerca in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente*. Roma: Gangemi, pp. 63-85, vol. 1.
- Argan Giulio Carlo (a cura di), 1952. *Borromini*. Milano: Mondadori.
- Arruga Lorenzo, Cella Franca (a cura di), 2006. *Pier Luigi Pizzi Inventore di teatro*. Torino: Umberto Allemandi & C.
- Barde F.A., 1834. *Traité Encyclopédique de l'Art du Tailleur*. Paris: Hippolyte Tiliard, 1834.
- Bellini Federico, 2004. *Le cupole di Borromini*. Milano: Electa.
- Bézier Pierre Etienne, 1971. Example of an Existing System in the Motor Industry: The Unisurf System. *Proceedings of the Royal Society of London*. 1545, vol. 321, pp. 207-218.
- Blunt Anthony, 1983. *Vita e opere di Borromini*. Roma: Laterza.
- Bösel Richard, Frommel Christoph Luitpold (a cura di), 2000. *Borromini e l'universo barocco*. Milano: Electa.
- Boullay Benoit, 1671. *Le Tailleur Sincère, contenant ce qu'il faut observer pour bien tracer, couper & assembler toutes les principales pieces qui se font dans la profession de Tailleur*. Paris: Antoine de Rafflé.
- Brandi Cesare, 1974. *Struttura e architettura*. Torino: Einaudi, 1974. Ed. orig. Torino: Einaudi.
- Brevi Fausto, 2004. *Il design delle superfici. I modelli digitali per il disegno industriale*. Milano: PoliDesign.
- Bruschi Arnaldo, 1978. *Borromini, manierismo spaziale oltre il barocco*. Bari: Dedalo libri.
- Cambridge Nicolas Adam, 2013. Homo (wo)mensura: unpicking the flat pattern-cutting regimes of sartorial culture. *International Journal of Fashion Design. Technology and Education*, 2, pp. 121-129, vol. 6.

- Canciani Marco, 2016. Drawing, Geometry and Construction: The Dome of San Carlino Alle Quattro Fontane (1634-1675) by Francesco Borromini. In Amoroso Giuseppe (a cura di). *Visual Computing and Emerging Geometrical Design Tools*. Hershey PA: IGI Global, pp. 608-641, vol. 2.
- Caraceni Domenico, 1933. *Orientamenti nuovi nella tecnica e nell'arte del sarto*. Roma: D. Squarci e Figli.
- Carlevaris Laura, De Carlo Laura, Migliari Riccardo (a cura di), 2012. *Attualità della Geometria descrittiva*. Roma: Gangemi.
- Carlucci Simona, Soresi Giovanni, Ursini Ursic Giorgio (a cura di), 1984. *Josef Svoboda*. Milano: Studio i.
- Casson Lionel, 2004. *Navi e marinai dell'antichità*. Milano: Mursia Editore.
- Ceccarelli Marco, Cigola Michela, 2009. Descriptive Geometry and the Theory of Mechanisms in XIX century Italian Engineering: similarities and interrelationships. *Disegnare Idee Immagini*, 39, pp. 12-25.
- Ceccato Cristiano, Lars Hesselgren, Mark Pauly, Helmutt Pottmann, Johannes Wallner, 2010. *Advances in Architectural Geometry 2010*. Wien: Springer-Verlag.
- Cho Youngsook, Park Hyejun, Takatera Masayuki, Kamijo Masayoshi, Hosoya Satoshi, Shimizu Yoshio, 2003. Pattern Remaking System of Dress Shirt Using 3D Shape Measurement. *Journal of the Asian Design International Conference*, 1, pp. 1-8.
- Ciammaichella Massimiliano, 2007. *La pelle dell'architettura contemporanea*. Roma: Aracne.
- Ciammaichella Massimiliano, 2011. *Disegno digitale per la moda. Dal figurino all'avatar*. Roma: Aracne.
- Ciammaichella Massimiliano, 2013. Processi di sviluppo delle superfici. Architettura e moda a confronto. In Casale Andrea (a cura di). *Geometria Descrittiva e Rappresentazione Digitale. Memoria e innovazione*. Roma: Kappa, pp. 187-195, vol. 2.
- Ciarloni Roberto, 2009. Le teorie e le tecniche della rappresentazione matematica. In Migliari Riccardo. *Geometria Descrittiva. Tecniche ed applicazioni*. Novara: CittàStudi, pp. 5-59, vol.2.
- Cigola Michela, Ceccarelli Marco, 2016. Machine Designs and Drawings in Renaissance Editions of de Architectura by Marcus Vitruvius Pollio. In Sorge Francesco, Genghi Giuseppe (a cura di). *Essays on the History of Mechanical Engineering. History of Mechanism and Machine Science*. Cham: Springer, pp. 1-5, vol. 31.
- Codazza Giovanni, 1854. *Teoria geometrica degli ingranaggi*. Milano: Giuseppe Bernardoni.
- Codeluppi Vanni, 2003. *Che cos'è la moda*. Roma: Carocci.
- Connors Joseph (a cura di), 1998. *Francesco Borromini. Opus architectonicum*. Milano: Il Polifilo.
- Curtis William J., 2016. *L'architettura moderna dal 1900*. London: Phaidon.
- D'amato Gabriella, 2001. *L'arte di arredare. La storia di un millennio attraverso gusti, ambienti, atmosfere*. Milano: Mondadori.
- De Alcega Juan, 1580. *Libro de Geometría, Prática, Y Traça, el cual trata de lo tocante al officio de sastrre, para saber pedir el paño, seda, o otra tela que sera menester para mucho genero de vestidos, ansi de hombres, como de mujeres, y para saber como se an de cortar los tales vestidos, con otros secretos; y curiosidades tocantes a este arte...* Madrid: Guillermo Drouy.
- De Boor Carl R., 1978. *A practical guide to splines*. New York: Springer-Verlag.

## Le linee curve per l'architettura e il design

- De Carlo Laura, Baglioni Leonardo, 2009. Le linee curve. In Migliari Riccardo. *Geometria descrittiva*. Novara: CittàStudi, pp.97-143, vol. 2.
- De Casteljaou Paul, 1959. *Courbes à pôles*. INPI.
- De Fusco Renato, 2003. *Storia del design*. Bari: Laterza.
- De Gersault Francoise Alexandre Pierre, 1769. *Art du Tailleur, contenant Le Tailleur d'habits d'hommes; les Culottes de Peau; le Tailleur de Corps de Femmes & Enfants: la Couturiere; & la Marchande de Modes*. Paris: M. de Gersault.
- De La Rocha Burguen Francisco, 1618. *Geometria, y traça perteneciente al oficio de sastres. Donde se contiene el modo y orden de cortar todo genero de vestidos Españoles, y algunos Franceses, y Turcos...* Valencia: Pedro Patricio Mey.
- De Luca Mauro, Sorella Pietra Fratello Ferro, 2017. *Un percorso nella cultura tecnologica del progetto*. Firenze: AltraLinea.
- De Vizè Donneau, 1982. *Mercurie Galant. 1672-1674*. Genève-Paris: Slatkine.
- Debo Kaat (a cura di), 2003. *Patronen/Patterns, MoMu Mode Museum, catalogo della mostra, 24 aprile-10 agosto 2003*. Ghent: Ludion.
- Deleuze Gilles, 2004. *La piega, Leibniz e il Barocco*. Milano: Einaudi.
- Ferrara Marinella, 2004. *Materiali e innovazioni nel design: meccanismi di innovazione*. Roma: Gangemi.
- Focillon Henri, 1987. *Vita delle forme*. Torino: Einaudi. Traduzione di Bettini Sergio.
- Frampton Kennet, 2008. *Storia dell'architettura moderna*. Bologna: Zanichelli.
- Gaiani Marco (a cura di), 2006. *La rappresentazione riconfigurata. Un viaggio lungo il processo di produzione del progetto di disegno industriale*. Milano: PoliDesign.
- Gaiani Marco, Guidi Gabriele, Micoli Laura, Musio Sale Massimo, Russo Michele, 2006. Reverse modeling per la nautica: rilievo dello scafo di un gommone con sistemi di scansione 3D a basso costo. *Disegnare Idee Immagini*, 31, 82-93.
- Gill Alison, 1998. Fashion: The Making of Unfinished, Decomposing and Re-Assembled Clothes. *Fashion Theory*, 1, pp. 25-50, vol. 2.
- Guidi Gabriele, Micoli Laura Loredana, Russo Michele, 2005. Boat's hull modeling with low cost triangulation scanners. *Proceedings of the Videometrics VIII, part of the IS&T/SPIE Symposium Electronic Imaging*, pp. 28-39, Vol. 5665.
- Guidi Gabriele, Russo Michele, Beraldin Jean-Angelo, 2010. *Acquisizione e modellazione poligonale*. Milano: McGraw Hill.
- Hempel Eberhard, 1924. *Francesco Borromini*. Wien: A. Schroll & Co., 1924. Edizione italiana. Milano: Società editrice d'arte illustrata.
- Hodge Brooke, 2007. *Skin + Bones. Parallel Practices in Fashion and Architecture*. London: Thames & Hudson.
- Laplaiche Virginie, 2002. *Geneviève Sevin-Doering: costumes*. Paris: Ecole du Louvre.
- Leroy Charles Francoise Antoine, 1872. *Traité de géométrie descriptive; suivi de la méthode des plans cotes et de la théorie des engrenages cylindriques et coniques: avec une collection d'epures composee de 69 planches*. Parigi: Bachelier.
- Liming Roy A., 1944. *Practical Analytic Geometry with Applications to Aircraft*. USA: The Macmillan Company.
- Lindqvist Rickard, 2013. On The Logic of Pattern Cutting. Foundational Cuts and Approximations of the Body. *Artistic Research*, 3.

- Liu Yong-Jin, Zhang Dong-Liang, Yuen Matthew, 2010. A survey on CAD methods in 3D garment design. *Computer in Industry*, 61, pp. 576-593.
- Loria Gino, 1921. *Storia della Geometria Descrittiva dalle origini sino ai giorni nostri*. Milano: Hoepli.
- Lupano Mario, Vaccari Alessandra (a cura di), 2009. *Una giornata moderna. Moda e stili nell'Italia fascista*. Bologna: Damiani.
- Marzari Mario (a cura di), 1998. *Navi di legno. Evoluzioni tecnica e sviluppo della cantieristica nel Mediterraneo dal XVI secolo ad oggi*. Trieste: LINT.
- Masini Lara Vinca, 2009. *Liberty. Art Nouveau*. Milano: Giunti.
- Massobrio Giovanna, Portoghesi Paolo, 1976. *La seggiola di Vienna: storia dei mobili in legno curvato*. Torino: Martano.
- Massobrio Giovanna, Portoghesi Paolo, 1992. *Casa Thonet. Storia dei mobili in legno curvato*. Bari: Laterza.
- Mello Bruno, 1987. *Trattato di scenotecnica*. Novara: Gorlich.
- Migliari Riccardo, 2009a. *Geometria Descrittiva. Metodi e costruzioni*. Novara: CittàStudi, vol. 1.
- Migliari Riccardo, 2009b. *Geometria Descrittiva. Tecniche ed applicazioni*. Novara: CittàStudi, vol. 2.
- Miyake Issey, Kitamura Midori, 2012. *Pleats Please*. Koln: Taschen.
- Morini Enrica, 2006. *Storia della moda. XVIII-XX secolo*. Milano: Skira.
- Musio Sale Massimo (a cura di), 2009. *Yacht Design: dal concept alla rappresentazione*. Milano: Tecniche Nuove.
- Nakamichi Tomoko, 2012. *Pattern Magic, 3 voll.* London: Laurence King.
- Oestergard Derek E., 1987. *Bentwood and metal furniture: 1850-1946*. Washington: University of Washington Press.
- Olivier Théodore, 1844. *Théorie géométrique des engrenages*. Paris: Bachelier.
- Paris Ivan, 2006. *Oggetti cuciti. L'abbigliamento pronto in Italia dal primo dopoguerra agli anni Settanta*. Milano: FrancoAngeli.
- Paris Leonardo, 2012a. Geometrie coniugate. *Disegnarecon*, 9, pp. 235-244, vol. 5.
- Paris Leonardo, 2012b. Teoria geometrica degli ingranaggi. In Casale Andrea (a cura di). *Geometria descrittiva e rappresentazione digitale. Memoria e innovazione*. Roma: Kappa, pp. 63-84, vol. 2.
- Paris Leonardo, 2015. Shape and Geometry in the Integrated Digital Survey. In Brusaporci Steafano (a cura di). *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*. London: ICI Global, pp. 214-238.
- Paris Leonardo, 2016. La scala elicoidale a Caprarola di Jacopo Barozzi da Vignola. Innovazione formale tra teoria e prassi. In Bini Marco, Berocci Stefano (a cura di). *Le ragioni del Disegno*. Roma: Gangemi, pp. 523-530.
- Paris Leonardo, Ricci Maurizio, 2014. Osservazioni su un disegno prospettico attribuito a Ottaviano Mascarino. *Disegnare Idee Immagini*, 48, pp. 22-33.
- Paris Leonardo, Ricci Maurizio, Roca De Amicis Augusto, 2016. *Con più difficoltà. La scala ovale di Ottaviano Mascarino nel palazzo del Quirinale*. Roma: Campisano editore.
- Paris Leonardo, Valenti Graziano Mario, 2015. La scala elicoidale del Borromini a Palazzo Barberini: rilievo scan laser modellazione parametrica. *Disegnarecon*, 15, pp. 11.1-11.11., vol. 8.

## Le linee curve per l'architettura e il design

- Piegl Les., Tiller Wayne, 1995. *The NURBS Book*. Switzerland AG: Springer-Verlag.
- Portoghesi Paolo, 1964. Thonet e la produzione di serie. *La botte e il violino*, 1.
- Portoghesi Paolo, 1984. *Francesco Borromini*. Milano: Electa.
- Portoghesi Paolo, 2014. La biblioteca di Francesco Borromini. In Cazzato Vincenzo, Roberto Sebastiano, Bevilacqua Mario (a cura di). *La Festa delle Arti*. Roma: Gangemi, pp. 358-365.
- Portoghesi Paolo, 2015. Concordia Discors: L'architettura barocca a Roma. In Fagiolo Marcello (a cura di). *Roma Barocca. I protagonisti, gli spazi urbani, i grandi temi*. Roma: De Luca Editori d'Arte, pp. 25-59.
- Pottmann Helmut, Asperl Andreas, Hofer Michael, Kilian Axel, 2007. *Architectural Geometry*. Exton: Bentley Institute Press.
- Pottmann Helmut, Schiftner Alexander, Bo Pengbo, Schmiedhofer Heinz, Wang Wenping, Baldassini Niccolo, Wallner Johannes, 2008a. Freeform surfaces from single curved panels. *ACM Transactions on Graphics - Proceedings of ACM SIGGRAPH*, 3, article n. 76, vol. 27.
- Pottmann Helmut, Schiftner Alexander, Wallner Johannes, 2008b. Geometry of Architectural Freeform Structures. *ACM Symposium on Solid and Physical Modeling*, 209, pp. 15-28.
- Prokopios Kantas, 2015. *Teoria geometrica degli ingranaggi. Tesi di dottorato XXVIII ciclo in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo*. Roma.
- Quilici Vieri, 1991. *Il Costruttivismo*. Bari: Laterza.
- Raspe Martin, 2000. Borromini e la cultura antiquaria. In Bösel Richard, Frommel Christoph Luitpold (a cura di). *Borromini e l'universo barocco*. Milano: Electa, pp.83-93, vol. 1.
- Remondino Fabio, El-Hakim S.F., 2006. Image-Based 3D Modeling: A review. *The Photogrammetric Record Journal*, 115, pp. 269-291, vol. 21.
- Ricci Maurizio (a cura di), 2016. *Mascariniana. Studi e ricerche sulla vita e le opere di Ottaviano Mascarino*. Roma: Campisano.
- Rogers David F., 2000. *An Introduction to NURBS: With Historical Perspective*. Burlington: Morgan Kaufmann - Elsevier.
- Sala Nicoletta, Sala Massimo, 2013. *Geometrie del design. Forme e materiali per il progetto*. Milano: FrancoAngeli.
- Sato Shingo, 2016. *Transformational Reconstruction, 3 voll.* Saint Helena: Antiquity Press.
- Schumacher Patrik, 2013. Parametric Semiology: the design of information-rich environments. In Eiroa Pablo Lorenzo, Sprecher Aaron (a cura di). *Architecture In Formation. On the nature of information in digital architecture*. Abingdon: Routledge, pp. 53-59.
- Sederberg Thomas W., 2012. *Computer aided geometric design*. Provo: BYU.
- Sederberg Thomas W., Zheng Jianmin, Bakenov Almaz, Nasri Ahmad, 2003. T-splines and T-NURCCS. *ACM Transactions on Graphics*, 22 (3), pp. 477-484.
- Sedlmayr Hans, 1996. *L'architettura di Borromini*. Milano: Electa.
- Sembach Klaus Jorgen, 2016. *Art Nouveau*. Koln: Taschen.
- Serafini Giuliano, 2003. *Le arti decorative alle origini del moderno*. Milano: Giunti.
- Settimi Bruno, 1970. *Enciclopedia. La Moda maschile per il sarto, il modellista industriale ed il tecnico della confezione in serie, XX ed.* Milano: La Moda Maschile.
- Spadafora Giovanna, 2015. Nelle pieghe del dettaglio. Riflessioni sulla forma nell'opera di Francesco Borromini. *L'architettura delle città - The Journal of the Scientific Society Ludovico Quaroni*, 7, pp. 11-24, vol. 4.
- Spadafora Giovanna, 2016. Geometry and drama in Borromini's architectural details. Moldings

- in Palazzo Falconieri. In Amoruso Giuseppe (a cura di). *Visual Computing and Emerging Geometrical Design Tools*. Hershey PA: IGI Global, pp. 666-693, vol. 2.
- Spanabel Emery Joy, 2015. *A History of the paper pattern industry. The home dressmaking fashion revolution*. London-New York: Bloomsbury.
- Strada Nanni, 2013. *Lezioni. Moda-Design e Cultura del Progetto*. Milano: Lupetti.
- Svoboda Josef, 1997. *I segreti dello Spazio Teatrale*. Milano: Ubulibri.
- Tessari Domenico, 1902. *La costruzione degli ingranaggi: ad uso delle scuole degli ingegneri e dei meccanici*. Torino: Fratelli Bocca.
- Townsend Alastair, 2014. On the Spline: A Brief History of the Computational Curve. *International Journal of Interior Architecture + Spatial Design: Applied Geometries*, pp. 48-59, vol. 3.
- Ursini Ursic Giorgio (a cura di), 2001. *Ezio Frigerio*. S.l.l.
- Valenti Graziano Mario, 2008. *De.form.are – De.form.ing*. Roma: Rdesignpress.
- Villani Marcello, 2008. *La più nobile parte. L'architettura delle cupole a Roma 1580-1670*. Roma: Gangemi.
- Volino Pascal, Magnenat-Thalmann Nadia, 2000. *Virtual Clothing. Theory and Practice*. Berlin: Springer.
- Watkin David, 2010. *Storia dell'architettura occidentale*. Bologna: Zanichelli.
- Zammerini Massimo, 2012. *Cambio di scena. La scenografia teatrale tra realismo e astrazione*. Roma: Kappa.
- Zammerini Massimo, 2017a. Architettura e scenografia nella Roma del Settecento. In Alfonsetti Beatrice (a cura di). *Settecento romano. Reti del classicismo arcadico*. Roma: Viella, pp. 221-232.
- Zammerini Massimo, 2017b. Luce e cromatura. L'introduzione dell'acciaio cromato nell'architettura e nel design del Modernismo. In Veronica Marchiafava, Francesca Valan (a cura di). *Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari, vol. XIII A*. Milano: Associazione Italiana Colore, pp. 158-166.
- Zanchettin Vitale, 1997. Il tiburio di Sant'Andrea alle Fratte: propositi e condizionamenti nel testo borrominiano. *Annali di Architettura*, 9, pp. 112-135.
- Zanchettin Vitale, 2000. Il disegno Albertina, AZ.Rom 106 per Sant'Andrea delle Fratte: modello antico e problemi contingenti nella progettazione del tiburio. In Frommel Christoph Luitpold, Sladek Elisabeth (a cura di). *Francesco Borromini, Atti del convegno internazionale, 13-15 gennaio 2000*. Milano: Electa, pp. 166-170.

---

*Forme del disegno*  
diretta da E. Ippoliti, M. Rossi, E. Dotto

---

*Ultimi volumi pubblicati:*

ANDREA CASALE, *Forme della percezione*. Dal pensiero all'immagine (disponibile anche in e-book).

Il volume raccoglie studi che indagano sul ruolo delle linee quale matrice formale dell'architettura e del design. Considerando la geometria al centro sia del processo creativo della progettazione che della concretizzazione della forma nella costruzione vera e propria, lo studio della geometria solida delinea un settore di ricerca attualmente emergente al confine tra geometria applicata e architettura, specie in un momento in cui l'analisi e la produzione si manifestano attraverso forme sempre più complesse. La geometria costruttiva contemporanea trova nella *architectural geometry* un grande potenziale che dimostra come le conoscenze geometriche possano essere alla base di un uso creativo del digitale. Le linee curve sono le figure geometriche che più frequentemente si incontrano nella teoria e nella pratica e lo studio delle teorie ad esse associate risulta indispensabile dal momento che la soluzione di ogni problema di costruzione della forma ha come momento iniziatico il tracciamento di una o più linee e la ricerca degli elementi ad esse comuni. Lo studio delle proprietà e della delimitazione di queste figure geometriche risulta fondamentale in tutto lo sviluppo storico della geometria a partire dall'antichità fino alle più recenti elaborazioni digitali come la costruzione di modelli tridimensionali virtuali di rappresentazione che permettono di rivisitare le teorie classiche nella loro evoluzione storica esplicitando, attraverso idonee visualizzazioni, moltissime proprietà geometriche molto spesso relegate nell'alveo dell'analisi matematica e delle sue espressioni più astratte. Nella prima parte del volume si è voluto delineare un quadro generale sulle origini delle teorie matematiche alla base della conoscenza delle proprietà di questi enti geometrici e sulla loro ricaduta nella progettazione della forma, sia in chiave storica che analizzando i più recenti strumenti digitali oggi a disposizione. La seconda parte raccoglie alcuni saggi attraverso i quali emerge l'ampio spettro di possibili applicazioni sull'uso della linea curva nel processo progettuale: dall'architettura al design; dalla nautica al mondo della moda; dalle teorie geometriche degli ingranaggi alle freeform dell'architettura contemporanea.

*Laura De Carlo*, già professore ordinario di Disegno della Sapienza Università di Roma, dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, insegna Geometria descrittiva ad Architettura ed è autore di numerose pubblicazioni e articoli su riviste specializzate incentrate sui fondamenti scientifici e sulla storia della rappresentazione nonché sulle nuove strumentazioni per l'analisi e la comunicazione della forma in architettura.

*Leonardo Paris*, professore di Disegno della Sapienza Università di Roma, dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, insegna ad Architettura e Ingegneria Civile e Industriale ed è autore di numerosi saggi pubblicati in volumi e riviste di settore. Si occupa di geometria descrittiva e modellazione 3D. È responsabile scientifico di numerosi rilievi eseguiti con innovative tecniche di acquisizione digitale.