

TRIBELON

RIVISTA DI DISEGNO  
UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI FIRENZE

VOL. 1 | N. 2 | 2024

DISEGNO: SPAZI DI INTERAZIONE  
DRAWING: SPACES OF INTERACTION

**Citation:** M. Cigola, M. Ceccarelli, *Interazioni di spazi complementari: Meccanica e Geometria*, in *TRIBELON*, 1, 2024, 2, pp. 44-51.

**ISSN (stampa):** 3035-143X

**ISSN (online):** 3035-1421

**doi:** <https://doi.org/10.36253/tribelon-2947>

**Received:** October, 2024

**Accepted:** November, 2024

**Published:** December, 2024

**Copyright:** 2024 Cigola M., Ceccarelli M., this is an open access peer-reviewed article published by Firenze University Press (<http://www.riviste.fupress.net/index.php/tribelon>) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

**Competing Interests:** The Author(s) declare(s) no conflict of interest.

**Journal Website:** [riviste.fupress.net/tribelon](http://riviste.fupress.net/tribelon)

## INTERAZIONI DI SPAZI COMPLEMENTARI: MECCANICA E GEOMETRIA

*Interactions of complementary spaces: Mechanics and Geometry*

MICHELA CIGOLA, MARCO CECCARELLI

University of Cassino and Southern Lazio, University of Rome Tor Vergata  
Corresponding author: [cigola@unicas.it](mailto:cigola@unicas.it)

*Focus of this contribution is the interaction of the spaces of Geometry and Mechanics, and more specifically of Descriptive Geometry and the Theory of Mechanisms. These two disciplines, fundamental for the development of civilization, are apparently distant and even opposed, but they govern spaces that are actually much closer than it may seem and they get so close to each other that they identify and, in some cases, overlap. For Descriptive Geometry and for the Theory of Mechanisms we can therefore speak of a deep integration of cultural spaces, of real physical spaces and also of design spaces; just think of the design space of applied mechanics governed by the theory of mechanisms which has deep bases in descriptive geometry. Since ancient times, the two disciplines have undertaken a common path that has developed over the centuries and then reached its moment of greatest fusion in the figure of Gaspard Monge, considered by scholars of both disciplines to be a fundamental figure.*

**Keywords:** *Descriptive Geometry, History of Representation, Theory of Mechanisms, Mechanical Engineering.*

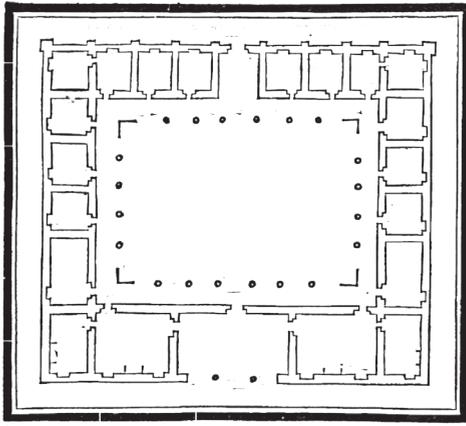
Focus di questo contributo è l'interazione degli spazi della Geometria e della Meccanica, e più specificamente della Geometria Descrittiva e della Teoria dei Meccanismi. Queste due discipline, fondamentali per lo sviluppo della civiltà, apparentemente sono distanti ed addirittura contrapposte, ma governano degli spazi che in realtà sono molto più vicini di quanto possa sembrare e si avvicinano tanto fino a identificarsi e in taluni casi a sovrapporsi.

Per la Geometria Descrittiva e per la Teoria dei Meccanismi possiamo quindi parlare di una profonda integrazione di spazi culturali, di veri e propri spazi fisici ed anche di spazi progettuali; basti pensare allo spazio progettuale della Meccanica applicata alle macchine governato dalla teoria dei meccanismi che ha basi profonde e robuste nella Geometria Descrittiva. Inoltre senza i fondamenti teorici

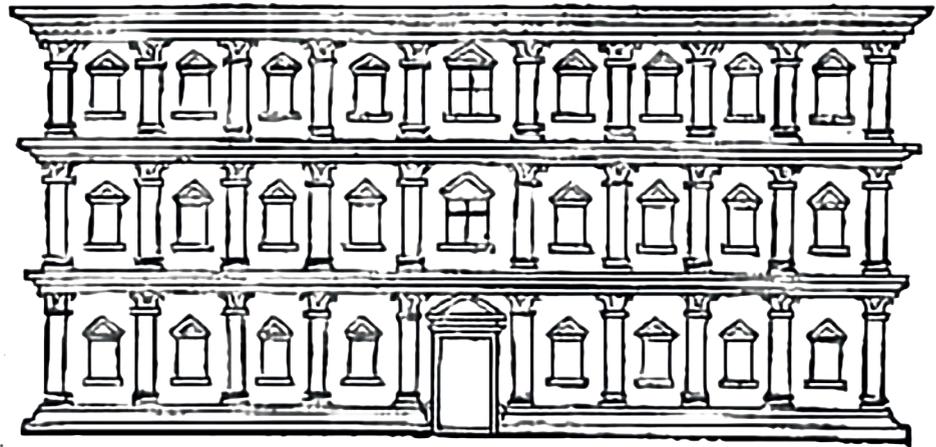
della Geometria non sarebbe possibile disegnare e progettare parti meccaniche come ingranaggi e meccanismi articolati, mentre in Cinematica sarebbe meno facile progettare e prevedere i movimenti reciproci delle parti in un insieme meccanico complesso.

Fin dall'antichità le due discipline hanno intrapreso un percorso comune che nei secoli si è sviluppato per poi avere il suo momento di maggiore fusione nella figura di Gaspard Monge, ritenuto dagli studiosi di entrambe le discipline un personaggio fondamentale.

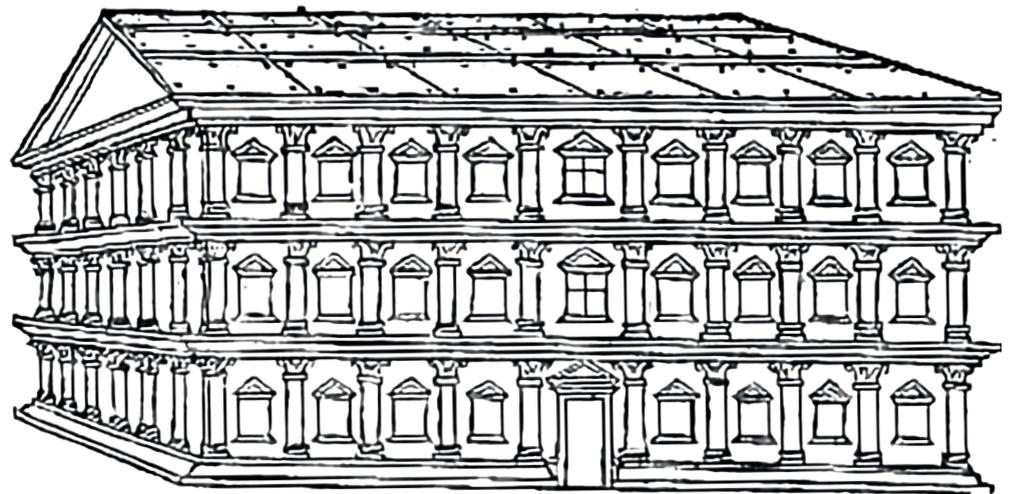
Cercheremo dunque di delineare in modo sintetico questo percorso attraverso alcune figure di grande levatura storica e culturale i cui contributi saranno analizzati attraverso varie rappresentazioni grafiche. Lo spazio cronologico si fermerà prima della grande stagione ottocentesca di Gaspard Monge e



a)



b)



c)

1 | a) *icnographia*, b) *ortographia*, c) *scaenographia* nell'edizione di Fra Giocondo del 1511, pp. 4r 4v.

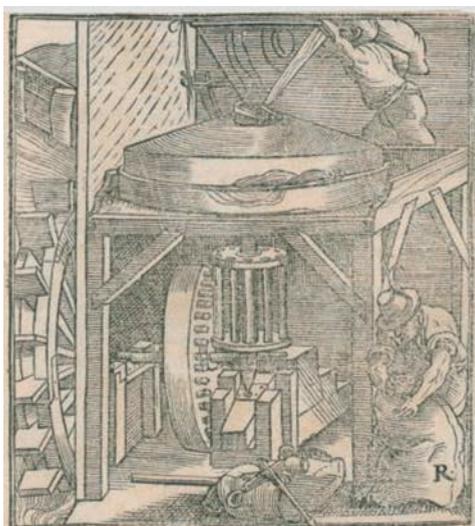
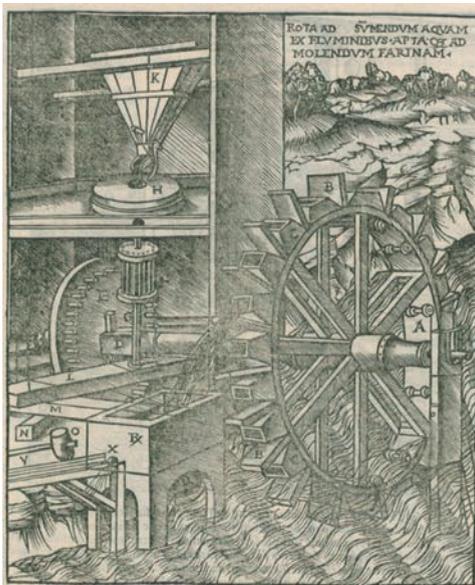
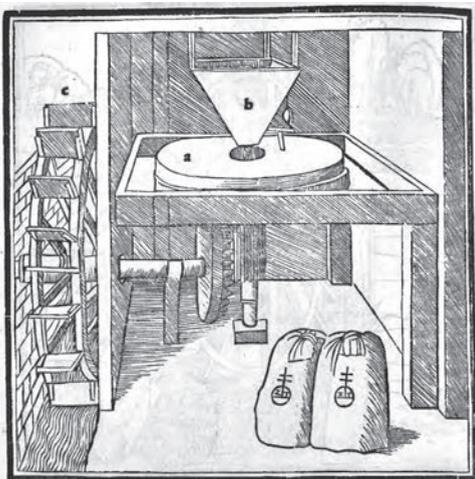
dell'École Polytechnique, in cui inizia la divaricazione tra le due discipline e si potrebbe dire, anche l'oblio della loro antica simbiosi.

Per l'antichità possiamo individuare solo alcune figure che, dalle poche testimonianze arrivate fino a noi, si sono distinti nella Geometria e nella Meccanica: Archimede (nato a Siracusa e vissuto tra il 287 e il 212 a.C.) considerato il fondatore della Meccanica teorica che dette anche importanti apporti alla Geometria; Erone di Alessandria (I sec. d.C.) che oltre ad un'opera sulla Meccanica studiò uno strumento usato per misurare i terreni, la diottra, che ci testimonia che si occupò anche di Geometria pratica.

Figura a parte è quella di Marcus Vitruvius Pollio, che salda in sé le eredità di vari saperi dell'antichità; architetto e trattatista romano attivo nella seconda metà del I secolo a.C., Vitruvio è noto soprattutto

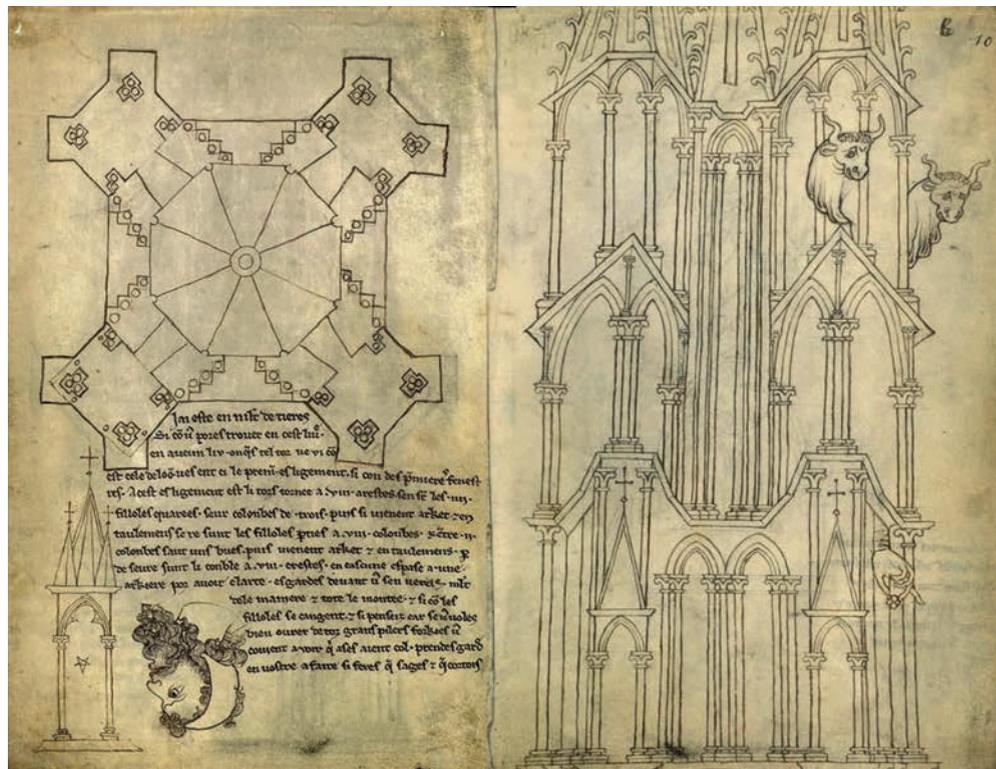
quale autore del *De Architectura* datato tra il 27 e il 23 a.C.. L'opera è suddivisa in dieci libri, a ciascuno dei quali è preposto un proemio e dagli argomenti dell'opera è chiaro che Vitruvio era esperto, oltre che di Architettura, anche di Ingegneria, Idraulica, Geometria e Meccanica.

Certamente l'opera era conosciuta nel Medioevo ma solo con il Rinascimento si giunge ad una sua "riscoperta". A partire dal XV secolo molte sono le edizioni che si sono susseguite ma in latino e prive di illustrazioni; solo nel 1511 Fra Giovanni Giocondo pubblicò a Venezia la prima edizione illustrata del trattato. La prima edizione in italiano fu quella curata da Cesare Cesariano nel 1521. Nel 1556 Daniele Barbaro dà alle stampe una edizione commentata con illustrazioni di Palladio. Nei secoli successivi il trattato verrà ripubblicato numerosissime volte ed in molte lingue.



2 | Mulino ad acqua a) nell'edizione di Fra Giocondo del 1511, p. 101 v; b) nell'edizione di Cesariano del 1521, p. CLXX v; c) nell'edizione di Barbaro del 1556, p. 165.

3 | Pianta della torre e prospetto della cattedrale di Laon nel "Livre de Portraiture" di Villard de Honne-court ff. 18v 19r. Bibliothèque nationale de France.



Nel primo libro Vitruvio espone cosa sia l'Architettura, descrivendo la dispositio e le tre *species* di cui essa si compone e cioè *ichnographia*, *ortographia* e *scaenographia*. Per la maggior parte degli autori che elaborarono delle edizioni Vitruviane le *species* della *dispositio* corrispondono a convenzioni grafiche molto simili alle nostre, pianta e alzato come proiezioni sui piani orizzontali e lo schizzo prospettico dell'insieme. Si allineano a questa interpretazione anche le illustrazioni contenute nella edizione del 1511 di Frà Giocondo (figg. 1a-1c).

Il *Libro X* tratta specificamente di macchine utili in tempo di guerra e di pace. Dopo l'introduzione in cui si spiega cosa sia una macchina si presentano vari tipi di macchine sia nel loro insieme che come componenti suddividendole in capitoli. Alcune macchine si rifanno a quelle di Erone, Ctesibio, Archimede ed altri inventori dell'antichità, altre sono delle revisioni originali di Vitruvio.

Nella figura 2 viene riportato come esempio un mulino ad acqua descritto nel capitolo 10 del *Libro X* del *De Architectura* rispettivamente nelle edizioni di Fra Giocondo del 1511, di Cesare Cesariano del 1521 e di Daniele Barbaro del 1556.

Fra Giocondo rappresenta un mulino con una grande ruota idraulica in modo scarno.

Tratti di chiaroscuro e poche linee ondulate descrivono l'acqua che consente alla ruota di girare mentre molto accurata, anche se non centrale nell'illustrazione è la rappresentazione degli ingranaggi. Sui due sacchi di farina già macinata che sono in primo piano della tavola è presente un simbolo che è la marca tipografica dello stampatore del volume Giovanni Tacuino da Tridino.

Cesariano immerge il suo mulino in un ambiente naturale con rocce e un bosco sullo sfondo. Tutto è rappresentato con attenzione, come il corso d'acqua in cui linee curve parallele descrivono il movimento che fornisce energia al mulino. Cesariano mostra la macchina completa e ogni parte è giustamente proporzionata e illustrata con dettagli meccanici, inclusa la ruota idraulica di azionamento. Le parti meccaniche, ingranaggi e supporti, vengono rappresentati come parti fondamentali della macchina.

Nell'illustrazione di Barbaro l'ambientazione naturalistica si riduce ad una montagna stilizzata; quasi dimenticata ed in secondo piano l'acqua che fornisce forza idraulica al mulino. Le parti meccaniche sono poste in risalto, ma viene messo in maggiore risalto l'aspetto funzionale e la capacità meccanica con la presenza dei due mugnai che animano il disegno e danno la dimensione del mulino.

L'attenzione si focalizza sulla progettazione meccanica dell'azione del mulino grazie al taglio frontale del telaio della cassa di fresatura che mostra come il mugnaio si muova dentro di essa. Tutte le parti sono dimensionate e assemblate correttamente, sebbene la connessione con la turbina idraulica di alimentazione non sia evidente e gli innesti degli ingranaggi non siano chiari.

Nel Medioevo persiste una grande attività scientifica e tecnica, grazie anche alle esperienze che, maturate nell'età classica, erano state conservate e trasmesse dal mondo bizantino ed islamico.

Dopo la fine del mondo classico la rappresentazione si è evoluta senza uno sviluppo sistematico. Le rappresentazioni medievali normalmente non affrontano il problema della resa spaziale, esse solitamente producono qualcosa di ibrido tra assonometria e prospettiva. Tuttavia è in questo lungo periodo che vengono gradualmente poste le basi su cui si fonderanno la teoria e la pratica delle modalità della rappresentazione dei secoli successivi. Le ragioni di ciò sono molteplici e si possono ritenere di natura culturale (rinnovato interesse per le discipline matematiche, traduzione e studio delle opere classiche, grandi viaggi) e di natura pratica (problemi geometrico-costruttivi, costruzione di grandi organismi architettonici, affinamento della pratica di cantiere, ecc.)

Gli scritti tecnici medievali sia di natura architettonica che nel campo della Meccanica sono delle raccolte di appunti personali e di osservazioni di vario genere nei quali la parte tecnica non segue un disegno razionale; le modalità di rappresentazione sono personali, le proporzioni e le dimensioni sono approssimate, la collocazione delle varie parti è soggetta alla visione complessiva.

Tra questi, il documento maggiormente interessante per la conoscenza in generale della formazione e degli interessi dell'architetto gotico è il taccuino di Villard de Honnecourt databile al 1225-35, composto di 33 fogli comprendenti figure di vario argomento corredate da sintetiche annotazioni.

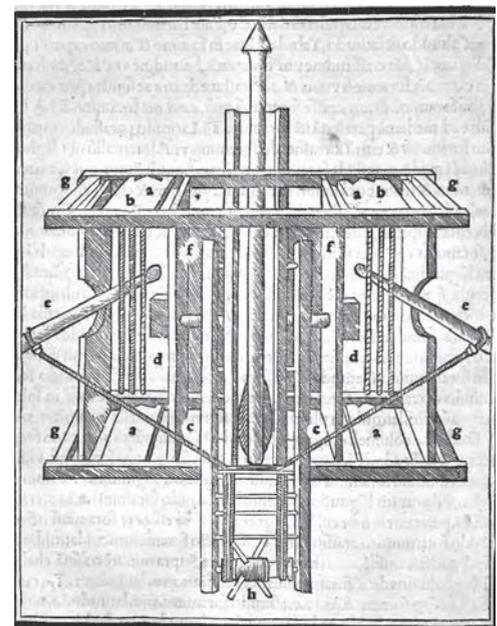
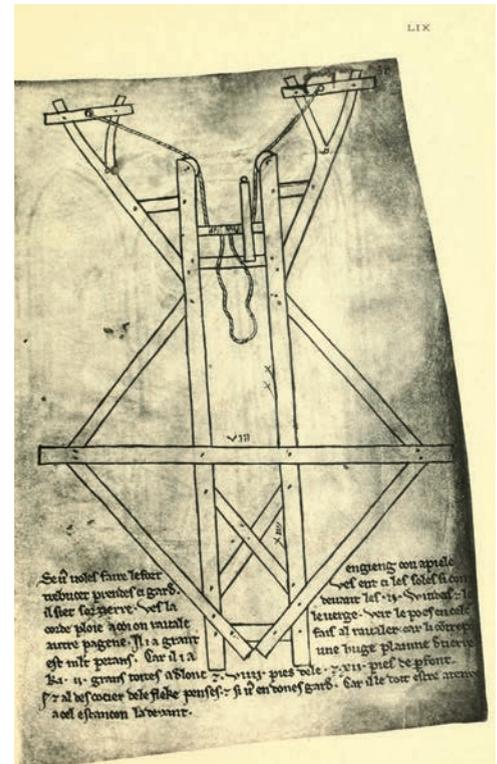
I disegni sono tracciati "a fil di ferro", senza ombreggiature, ma in modo semplice e comprensibile. Villard differenzia il modo di rappresentare a seconda che si tratti di

scultura, di problemi geometrici e di misurazione, di macchine o di architettura. Nei disegni geometrici si riscontra semplicità ed una forte schematizzazione; le raffigurazioni delle macchine, sono spesso effettuate con vista pseudo-prospettica, tese a spiegare la funzionalità delle macchine e dei meccanismi piuttosto che il loro impianto progettuale.

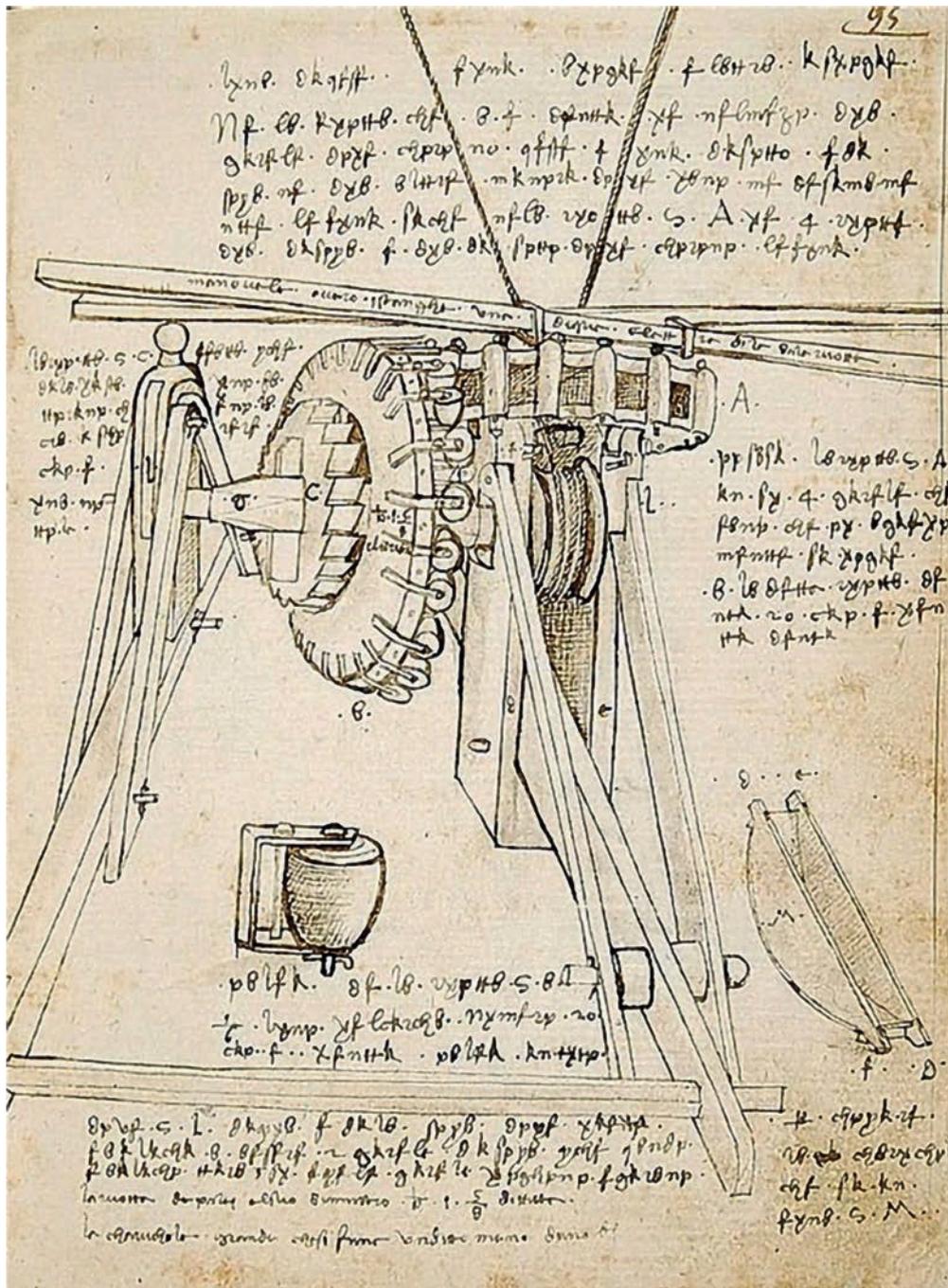
I disegni di architettura sono i più noti dell'album, e tra essi spiccano i disegni di progetto della cattedrale di Laon (fig. 3) che ci offrono una testimonianza della sicura padronanza dei mezzi grafici e delle proiezioni ortogonali, seppure ancora solo intuitive, da parte di Villard. Questo controllo dello strumento grafico non può essere stato ottenuto in un breve volgere di anni, ma deve essere scaturito da una esperienza prolungata e completa, sulla quale possiamo solo elaborare delle ipotesi, a causa delle pochissime testimonianze rimasteci.

Nella figura 4a è rappresentato una catapulta del taccuino di Villard. Per migliorare la comprensione di alcuni elementi essi sono ribaltati sul piano orizzontale, come ad esempio le basi ed i montanti. Possiamo apprezzare anche l'introduzione di un primo tentativo di codificazione grafica per rappresentare le funi, che vengono tratteggiate per diversificarle dal resto del corpo della catapulte. Accanto nella figura 4b è riportata una catapulte del trattato di Vitruvio nell'edizione del 1511 di Fra Giocondo; in essa la cura grafica abbinata a rimandi di note permette una visione più chiara degli aspetti progettuali sia in dimensioni che nella struttura dei componenti

Anche se le due rappresentazioni sono divise da circa tre secoli, nel disegno di Villard è possibile rintracciare forti riferimenti vitruviani, prova che il trattato circolava nel Medioevo ed era fonte di ispirazione per molti progettisti. Infatti le catapulte di Villard e quella nell'edizione vitruviana di Fra Giocondo del 1511 sono molto simili anche se la rappresentazione cinquecentesca è molto più matura e completa rispetto allo schizzo personale contenuto nel taccuino di Villard. Il funzionamento non è chiaramente comprensibile poiché l'assemblaggio manca di collegamenti delle parti che azionano il sistema, probabilmente anche per proteggere la paternità culturale e progettuale della macchina rappresentata.



4 | a) Catapulta nel Taccuino di Villard de Honnecourt f. 59; b) Catapulta nell'edizione del 1511 di Fra Giocondo, p. 105v. Paris, Bibliothèque nationale de France.



5 | Argano di F. Brunelleschi. Zibaldone di Buonacorso Ghiberti, f. 106r, 1420-21, Firenze, Biblioteca Nazionale.

Nel Rinascimento si ha uno sviluppo della rappresentazione tecnica dovuto a vari fattori uno dei quali fu la riscoperta e la diffusione del trattato di Vitruvio avvenuta intorno al primo quarto del secolo XV; altri fattori furono la grande personalità degli architetti di quel periodo, la loro pratica dell'osservazione e lo studio dell'architettura antica tipica della cultura umanistica. All'inizio del XVI secolo il governo dello spazio attraverso il disegno appare già regolamentato, specie nell'uso sistematico delle "proiezioni ortogonali". Molti artisti usano comunemente rappresentare piante, prospetti, sezioni e dettagli, vengono prese in considerazione le

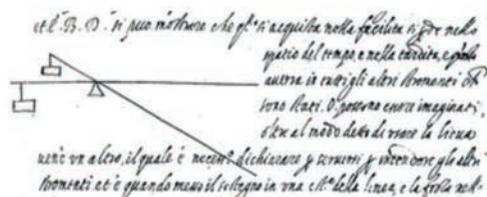
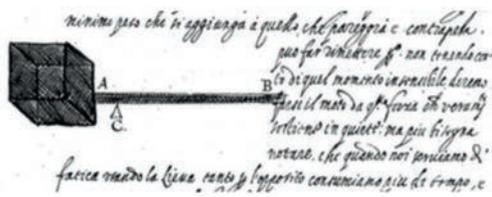
rappresentazioni di parti non visibili e i grafici si arricchiscono di quote e di convenzioni grafiche.

Evento principale per la scienza della rappresentazione rinascimentale fu la prima codificazione della prospettiva ad opera di Brunelleschi, Leon Battista Alberti e Piero della Francesca. I loro studi furono fondanti per tutti gli studiosi e progettisti rinascimentali; infatti le leggi che governano la costruzione prospettica hanno una ricaduta importante per la comprensione dello spazio tridimensionale che viene tradotto in quello bidimensionale del progetto.

Filippo Brunelleschi (1377-1476) fu tra i fondatori del Rinascimento per le sue opere architettoniche e il suo studio della prospettiva. Dipinse due tavolette prospettiche con vedute di Firenze che non sono arrivate a noi ma di cui rimane la descrizione di Antonio Manetti. Ponendosi nello stesso luogo del punto di vista in cui il Brunelleschi aveva dipinto l'opera e guardando attraverso un foro praticato nella tavoletta stessa, in uno specchio si sarebbe vista riflessa l'immagine dipinta che avrebbe creato una percezione del tutto simile a quella reale.

Brunelleschi come progettista di macchine fu altrettanto famoso che come architetto poiché i suoi progetti per le macchine da costruzione per la cupola di Santa Maria del Fiore introdussero molte novità nel campo della Meccanica. Per la cupola egli progetta un argano (fig. 5). Il disegno è di grande raffinatezza: testo e grafica, sapientemente equilibrati, contribuiscono all'effetto finale, dovuto principalmente alla sapienza dell'autore nell'uso della prospettiva e del chiaroscuro. I meccanismi utilizzati (ingranaggi, trasmissioni a fune, sistemi articolati) sono rappresentati con molti particolari tecnici e funzionali a dimostrazione di una matura consapevolezza della possibilità di una appropriata combinazione di macchine elementari di diversa costituzione. Notevole è la soluzione tecnica elaborata con sorprendenti elementi di modernità in una combinazione chiaramente disegnata di complessi componenti macchinari con un assemblaggio costruttivo di grande efficienza funzionale.

Sul finire del Cinquecento la figura di Galileo Galilei innesca un cambiamento profondo nel mondo accademico e

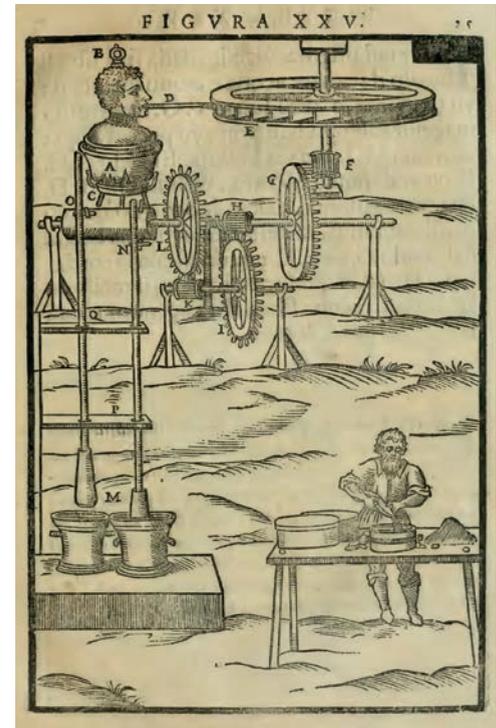


6 | Modello di leva e suo diagramma cinematico nelle *Mechaniche* di Galileo in uno dei manoscritti dei suoi allievi, 1598, ff. 1v 2r. Biblioteca Digitale Museo Galileo.

scientifico che avrà vasta eco in varie discipline. Galilei pone le basi della razionalizzazione della Meccanica applicata e nelle prime lezioni accademiche del suo corso tenuto all'Università di Padova a partire dal 1597-1598, ha usato la Geometria e le sue rappresentazioni grafiche nell'analisi e progettazione di meccanismi per le macchine, proponendo schemi grafici di concezione moderna che avranno vasta eco nella Meccanica e nel disegno ad essa correlato. Di queste lezioni, basate sul suo breve trattato *Le Mechaniche* scritto probabilmente nel 1591, esistono varie versioni opera degli studenti di Galileo che ci propongono illustrazioni aderenti all'insegnamento del maestro ma diverse nella grafica a seconda dell'autore del manoscritto (fig. 6). Il connubio tra la Geometria e la Meccanica delle Macchine è stato fondamentale per dare dignità disciplinare ed accademica all'Ingegneria meccanica del tempo; oltre a Galileo non si può non menzionare il contributo di Guidobaldo del Monte (1545-1607), che con il suo lavoro di riedizione del lavoro di Archimede ha valorizzato gli interessi sulla Meccanica utilizzando le sue conoscenze geometriche.

Giovanni Branca (1571- 1645) studiò Matematica e Architettura a Roma e nel 1616 fu nominato architetto della S. Casa di Loreto, carica che conservò fino alla morte. Branca è ricordato principalmente per il suo *Manuale d'architettura*, edito per la prima volta ad Ascoli nel 1629, e per il volume *Le machine*, pubblicato a Roma sempre nel 1629. Anche se il *Manuale d'architettura* ebbe grande successo sia in Italia sia all'estero per molti anni, è soprattutto grazie al volume sulle macchine che egli ha tuttora un posto preminente fra gli scrittori di testi tecnici del periodo post-rinascimentale e Barocco.

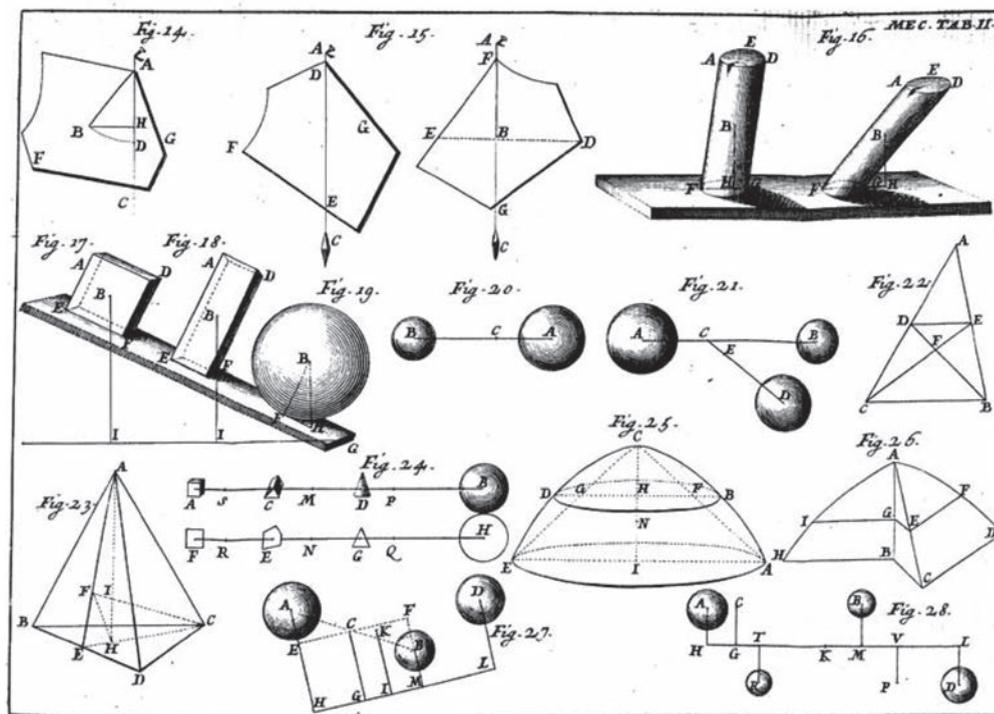
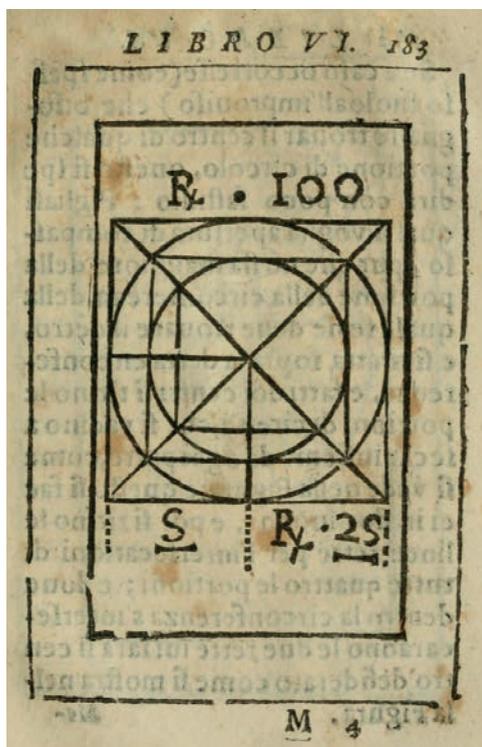
Il volume *Le machine* riassume ed espone le principali macchine conosciute ed esistenti al suo tempo, sia quelle ad energia pneumatica risalenti ad Erone che quelle ad energia animale. Le illustrazioni hanno generalmente una rappresentazione sintetica, quasi senza elementi che possano distrarre o togliere peso all'importanza della macchina e dei suoi meccanismi; la tecnica grafica è precisa sia per la scelta prospettica che per gli effetti chiaroscurali. Il volume è di interesse nel campo della progettazione delle macchine e dei meccanismi per essere uno dei primi cataloghi ragionati di soluzioni di riconosciuta efficacia. Nella figura 7 del suo testo Branca presenta una macchina concepita come un perfezionamento della eolipila di Erone che si può considerare la progenitrice delle moderne turbine a vapore ad azione. Essa consisteva di "una testa di metallo con il suo busto, riempita d'acqua, posta sopra carboni accesi" dalla cui bocca usciva un getto di vapore che veniva utilizzato "per pestare le materie per fare la polvere"<sup>1</sup>. In questa tavola l'ambiente in cui il dispositivo è inserito è schematico e si riduce a pochi tratti che disegnano un terreno ondulato ed un orizzonte leggermente incurvato. L'inserimento di una figura umana intenta a lavorare ad un tavolo serve a rendere la tavola più mossa e movimentata, ma soprattutto a dare una definizione dimensionale della macchina rappresentata. Rilevante è la combinazione di ingranaggi in una trasmissione meccanica di caratteristiche idonee per il funzionamento dei pistoni dell'impastatrice. La figura 8 fa parte del *Manuale di Architettura* di G. Branca, nell'ultima sezione dedicata alla Geometria; in essa vengono illustrati «Modi di adoppiare circoli, e quadrati [...]» inscrivendoli uno dentro l'altro successivamente.



7 | Macchina per pestare le materie per fare la polvere in *Le machine* di G. Branca fig. XXV.

“ Senza i fondamenti teorici della Geometria non sarebbe possibile disegnare e progettare parti meccaniche come ingranaggi e meccanismi articolati, mentre in cinematica sarebbe meno facile progettare e prevedere i movimenti reciproci delle parti in un insieme meccanico complesso.

<sup>1</sup> Branca, *Le machine* [...], p. 24v.



La tavola non potrebbe essere più sintetica e scarna, seguendo la scelta fatta per l'intero volume, le cui rappresentazioni sono molto più asciutte e non compiaciute di molti dei testi sull'Architettura contemporanei a quello di Branca.

Guido Grandi (1671- 1742) fu monaco camaldolese e lettore di Filosofia e di Teologia a Firenze fino al 1700, successivamente fu prima professore di Filosofia e poi dal 1714 di Matematica all'Università di Pisa. Fu tra i primi in Italia a fare conoscere il calcolo infinitesimale secondo Leibniz e Newton. E' ricordato principalmente per le opere di Matematica e Geometria in cui studiò le curve piane dette "rodonee" e le coniche. Fu anche studioso di Meccanica, infatti completò e pubblicò nel 1718 il *Trattato sulle resistenze* di Vincenzo Viviani (1622-1703) che era stato discepolo di Galileo e circa venti anni dopo, nel 1739, fu autore del volume *Istituzioni di Meccanica*, di fondamentale importanza nella tradizione italiana della Meccanica delle macchine. In figura 9 presentiamo la Tavola II di tale volume che illustra il capitolo sul centro di gravità. In essa si manifesta chiaramente la padronanza di Grandi sia in materia di Geometria che in Meccanica. In alcune parti ci sono ancora dei richiami figurativi come l'efficace trattamento delle ombre per evidenziare i volumi, mentre non mancano delle trattazioni

di codificazioni grafiche con variazioni nell'uso dei tratteggi. La tavola è finalizzata a formulare e spiegare condizioni di equilibrio statico e dinamico mediante l'utilizzo di figure e modelli geometrici; in essa il principale interesse per i modelli e le procedure di calcolo per la Meccanica dei sistemi è riportato con una modellazione grafica che, partendo da una rappresentazione pittorica, si concretizza poi in schemi sintetici (si veda ad esempio il caso della figura 24 della tavola). La tavola dell'opera di Grandi è emblematica di come la rappresentazione dello spazio geometrico e di quello della Meccanica, accostati e quasi fusi, abbiano raggiunto una forte sintesi tesa ad una estrema chiarezza che facilitasse una rapida ed univoca interpretazione sia degli aspetti di Geometria che di progettazione meccanica. Nel XIX secolo la figura di Gaspard Monge e la grande stagione dell'École Polytechnique rappresentano un punto fermo per lo sviluppo ed il consolidamento delle due discipline. Infatti Monge per primo propose corsi specifici sull'analisi ed il progetto di meccanismi fin dall'inizio della sua attività all'École Polytechnique come applicazioni finali del suo corso di Geometria Descrittiva. Sull'onda dell'operato dello stesso Monge e dei suoi successori, in Francia vi furono alcune personalità accademiche italiane che, nell'ambito della

tradizione italiana di applicare le scienze teoriche iniziata dagli ingegneri rinascimentali e definita accademicamente da Galileo, dettero apporti importanti nel territorio di frontiera tra Geometria Descrittiva e Teoria delle Macchine e dei Meccanismi: Gian Antonio Borgnis (1781-1863) docente a Pavia, Domenico Tessari (1837-1909) docente a Torino e Francesco Masi (1852-1944) docente a Bologna. Successivamente il legame forte e antico tra Geometria e Meccanica sembra essere dimenticato, nonostante la profonda integrazione ed il comune modo di vedere e governare i loro spazi.

8 | "Modo di adoppiare circoli e quadrati" in *Manuale di Architettura* di G. Branca, fig. 25.

9 | Tavola 2 figg. 14-28 da *Istituzioni di Meccanica* di G. Grandi.

2 | Branca, *Manuale di Architettura*, p. 182.

## Bibliografia

- G. C. Argan, *The architecture of Brunelleschi and the origins of the perspective theory in the fifteenth century*, in *Journal of the Warburg and Courtauld institutes*, IX, 90, 1946, pp. 97-121.
- D. Barbaro, *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio, tradotti, e commentati da monsig. Barbaro eletto patriarca d'Aquileggia*, per Francesco Marcolini con privilegi, in Vinegia 1556.
- E. Battisti, *Filippo Brunelleschi*, Electa, Milano 1975.
- R. Bechmann, *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIII siècle et sa communications*, Picard, Parigi 1991.
- F. Borsi, *Il Taccuino di Villard de Honnecourt*, in Id. *Cultura e Disegno*, Libreria editrice fiorentina, Firenze 1965, pp. 29-49.
- F. Bossalino (a cura di) *Marco Vitruvio Polione "De Architectura Libri X"*, trad. it. di F. Bossalino e V. Nazzi, Kappa, Roma 2002.
- G. Branca, *Le machine: volume nuovo et di molto artificio da fare effetti meravigliosi tanto spiritali quanto di animale operatione arichito di bellissime figure con le dichiarazioni a ciascuna di esse in lingua volgare et latina*, Ad ista[n]za di Iacomo Martuci... per Iacomo Mascardi, in Roma 1629.
- G. Branca, *Manuale d'architettura: breve, e risoluta pratica*, in Ascoli, Appresso Maffio-Salvioni, in Ascoli 1629.
- M. Ceccarelli, M. Cigola, *Trends in the drawing of mechanisms since the early Middle Ages*, in *Journal of Mechanical Engineering Science, Proceedings of the institution of mechanical engineers*, CXXV, 2001, pp. 269-289.
- M. Ceccarelli, *Early TMM in Le Mecaniche by Galileo Galilei in 1593*, in *Mechanism and Machine Theory*, XLI, 2006, pp. 1401-1406.
- M. Ceccarelli, M. Cigola, *Contiguità e commistione tra geometria descrittiva e teoria dei meccanismi nell'ingegneria italiana del XIX secolo*, in *Disegnare Idee Immagini*, X, 2009, pp. 12-25.
- C. Cesariano, *Vitruvius, Di Lucio Vitruvio Polione De architectura libri dece: traducti de latino in vulgare, affigurati, comentati, & con mirando ordine insigniti: per il quale facilmente potrai trovare la multitudine de li abstrusi & reconditi vocabuli a li soi loci & in epsa tabula con summo studio expositi & enucleati ad immensa utilitate de ciascuno studioso & benivolo di epsa opera*, Como, Gotardo da Ponte, 1521.
- M. Cigola (ed.) *Distinguished figures in Descriptive Geometry and its applications for Mechanism Science. From the Middle Ages to the 17th Century*, "History of Mechanisms and Machine Science" vol. 30; Dordrecht, Netherlands, Springer, 2016.
- M. Cigola, M. Ceccarelli, *Machine Designs and Drawings in Renaissance Editions of de Architectura by Marcus Vitruvius Pollio*, in F. Sorge & G. Genchi (eds.) *Essay on the History of Mechanical Engineering*, Dordrecht, Netherlands, Springer, 2016.
- S. Drake, I. E. Drabkin, *Mechanics in sixteenth-century Italy*, The University of Wisconsin Press, Madison 1969.
- R. Dugas, *Histoire de la Mecanique*, Griffon, Neuchatel 1955.
- A. Erlande-Brandenburg, *Carnet de Villard de Honnecourt*, Parigi, 1986 (trad. it., *Villard de Honnecourt, disegni*, JacaBook, Milano 1988).
- M. Kemp, *The science of Art, Optical themes in western art from Brunelleschi to Seurat*, Yale University Press, New Haven - Londra 1990.
- F. Klemm, *Storia della tecnica*, Feltrinelli, Milano 1966.
- T. Koetsier, *A contribution to the history of Kinematics*, in *I. Mech Mach Theory*, XVIII, 1983, 1, pp. 37-42.
- Frà Giocondo, *M. Vitruvius per locundum solito castigatior factus cun figuris et tabula et iam legi et intelligi possit*, Venezia, Iovanni da Tridino, in Vinegia 1511.
- R. Gatto, *Galileo Galilei: Le Mecaniche*, Olschki, Citta`di Castello, 2002.
- B. Gille, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Hermann, Paris 1967 (trad. it., *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Feltrinelli, Milano 1972, 1980<sup>2</sup>).
- G. Grandi, *Trattato delle resistenze principiato da Vincenzo Viviani per illustrare l'opere del Galielo ed ora compiuto, e riordinato colla giunta di quelle dimostrazioni, che vi mancavano dal P.D. Guido Grandi Abate camaldolese Matematico di S.A.R. e dello Studio Pisano*, Firenze, Per Gio. Gaetano Tartini e Santi Franchi, 1718.
- G. Grandi, *Flores geometrici ex Rhodonearum et Cloeliarum Curvarum descriptione resultantes quos una cum novi expeditissimi Mesolabii auctario / d. Guido Grandus ...*, Florentiae, typis regiae Celsitudinis apud Tartinium & Franchium, 1728.
- G. Grandi, *Istituzioni Meccaniche*, Firenze, Per Gio. Gaetano Tartini, e Santi Franchi, 1739.
- J.B. Lassus, *Album de Villard de Honnecourt architecte du XIII siecle*, Imprimerie Imperiale, Paris, 1858.
- G. Loria, *Storia della Geometria Descrittiva dalle origini sino ai giorni nostri*, Hoepli, Milano 1921.
- R. Marcolongo, *Lo sviluppo della Meccanica sino ai discepoli di Galileo*, Tipografia regia Accademia dei Lincei, Roma 1919.
- F. Pellati, *Vitruvio e la fortuna del suo trattato nel mondo antico*, in *Rivista di filologia e d'istruzione classica*, XLIX, 1921, pp. 305-335.
- P. Portoghesi, *Infanzia delle macchine; introduzione alla tecnica curiosa*, Edizioni dell'elefante, Roma 1965.
- P. Sanpaolesi, *Ipotesi sulle conoscenze matematiche, statiche e meccaniche del Brunelleschi*, Nistri-Lischi, Firenze 1951.
- P. Svanellini, *Giovanni Branca: precursore di Watt e di Parsons: contributo alla storia delle turbine a vapore*, Stab tip. Alganon e C, Arona 1911.
- R. Taton, *Gaspard Monge*, Birkhauser, Basel 1950.