



La carpenteria del legno. Alcune riflessioni sul rapporto tra modello e disegno

Alessio Bortot

Abstract

Come sappiamo il legno, assieme alla pietra, è il materiale più antico impiegato dall'uomo nella pratica del costruire. Se la pietra ha supplito soprattutto alle esigenze dell'architettura civile, il legno è stato da sempre impiegato anche nell'ambito dell'architettura navale per le sue evidenti caratteristiche fisico-meccaniche. La storia dell'impiego di questo materiale, nella tradizione europea e orientale, presenta dei punti di contatto legati soprattutto alla relazione che intercorre tra forme della rappresentazione e opere da realizzare. Questo contributo vuole descrivere, seppur in maniera sintetica, l'evoluzione delle pratiche costruttive impieganti il detto supporto nella tradizione occidentale, soffermandosi soprattutto sulle pratiche del disegno a sostegno della rappresentazione dei giunti tra elementi strutturali. Nelle conclusioni verranno offerti degli spunti di riflessione sulle medesime tradizioni artigianali in oriente e, più in generale, sul rapporto tra disegno e modello, quest'ultimo inteso non soltanto come elemento fisico, ma anche come strumento immaginativo e quindi immateriale, a supporto dell'opera del costruttore.

Parole chiave

stereotomia, legno, modello, progetto, disegno

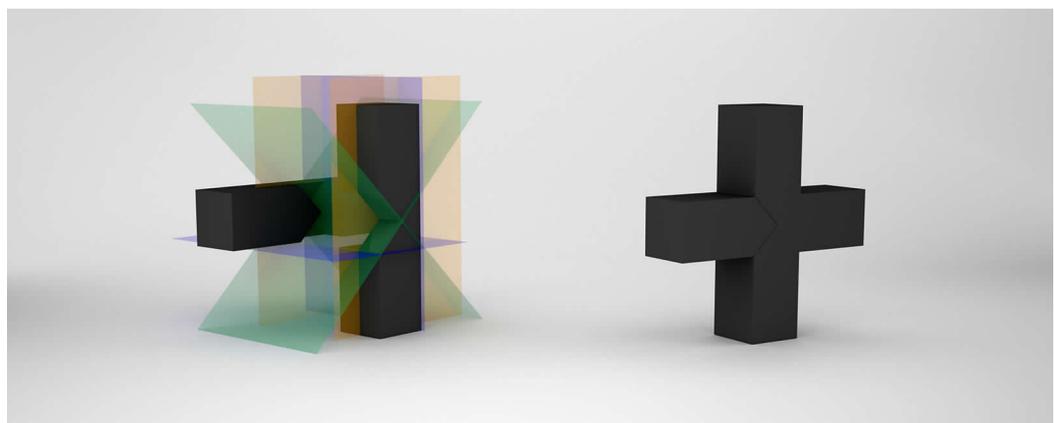


Immagine renderizzata del modello digitale di un incastro ligneo a croce, sulla sinistra i due elementi separati con i piani di taglio che determinano le facce di ciascun elemento, a destra l'incastro assemblato.

Da oriente a occidente il legno è probabilmente il materiale da costruzione più antico nella storia dell'uomo. Questo primato è certamente legato alla sua disponibilità in natura e alla sua facilità di lavorazione, ma anche alle sue qualità meccaniche quali elasticità e resistenza. Infatti se confrontiamo un eguale volume e peso di cedro bianco, considerato un legno debole, noteremo come esso presenti una resistenza a trazione circa cinque volte maggiore di quella dell'acciaio e una resistenza a compressione sei volte maggiore del calcestruzzo. Gli svantaggi legati all'impiego di questo materiale sono altrettanto noti: la sua scarsa resistenza in ambienti umidi, all'attacco di agenti biologici (muffe, funghi e insetti) e la sua vulnerabilità al fuoco. Va ricordato inoltre che l'albero è stato da sempre associato ad un senso di spiritualità ancestrale, capace di travalicare lo specifico credo di un popolo: simbolo benaugurale di vita e abbondanza, rappresentazione del collegamento tra cielo e terra e per questo emblema dell'ascesa dal regno terreno a quello divino.

Ovviamente il suo impiego si è evoluto nel corso della storia sia dal punto di vista delle tecniche costruttive che degli strumenti per la lavorazione e messa in opera degli apparati. A questo processo evolutivo si accompagna una specializzazione delle maestranze che porterà al definirsi della figura del carpentiere. Gli artigiani esperti nella lavorazione del legno erano da sempre impegnati nella realizzazione di opere tra loro spesso eterogenee: edifici interi o elementi di copertura degli stessi, strutture temporanee a supporto dei cantieri come i ponteggi o macchine da sollevamento, ma anche ponti, più o meno provvisori, e soprattutto navi. Non stupirà quindi che nel periodo rinascimentale i trattatisti che si occuperanno della codificazione dei metodi per il taglio di apparati lapidei si interessino anche alla carpenteria del legno. Sebbene nella pratica costruttiva e corporativa i *maîtres-maçons* erano ben distinti dai *charpentiers*, in generale i problemi affrontati dalle due figure professionali venivano ricondotti a questioni geometriche e quindi risolti con analoghi approcci. In sostanza in entrambi i casi si tratta di criticità riferibili alla stereotomia, nel senso stretto del termine: il taglio di elementi nello spazio, siano essi in pietra o legno. Il rapporto sinergico tra le due prassi costruttive viene inoltre rafforzato dall'esigenza in cantiere di creare sistemi di centine, strutture di supporto economiche sia in termini di danaro che di tempo di realizzazione, funzionali alla messa in opera dell'apparecchiatura stereotomica in pietra. Nel XIII secolo si attua un marcato processo di specializzazione nella sfera delle attività legate alla lavorazione del legno che porterà all'affermarsi della categoria dei carpentieri (edili e navali); questi si distinsero dagli altri artigiani impegnati nell'impiego del medesimo materiale per la realizzazione di manufatti eterogenei, quali ad esempio i carradori, gli scultori, i costruttori di bare, i falegnami, e così via. Nell'XI secolo queste categorie di artigiani, compresi i carpentieri, si organizzarono in confraternite religiose, le così dette gilde, analogamente a quanto accadde per i maestri lapidici. Da queste prime organizzazioni presero vita, con la fioritura delle città nei secoli XII e XIII, le associazioni di artigiani che costudivano e trasmettevano direttamente nei cantieri i segreti di un sapere dal carattere iletico. Alcuni di questi segreti erano soluzioni a problemi di tipo geometrico, come ad esempio la realizzazione di complessi incastri tra le travature caratterizzati da piani variamente inclinati nello spazio che richiedevano l'esercizio di un'immaginazione spaziale. Ognuna di queste gilde redigeva un suo statuto tanto che "Dalle 'Regole' si può oggi leggere che i Compagni del Dovero erano all'incirca ventimila in tutta la Francia del XVIII secolo; essi avevano conservato le loro tradizioni iniziatiche e corporative, si distinguevano tre 'Doveri' aventi ciascuno tradizioni particolari, Dovero di Libertà o Figli di Salomone (tra cui falegnami e legnaiuoli), Figli di Mastro Giacomo e Figli di Padre Soubise o del Santo Dovero" [Garofolo 2004, p. 30].

La carpenteria navale avrà invece un percorso parallelo per ovvie ragioni, il concepimento e la realizzazione di un'imbarcazione infatti comporta altre tipologie di problematiche legate al confrontarsi con forze connesse all'idrodinamica. "È impossibile procedere a la forma senza prima essere disposto lo subbietto sopra che la forma dee stare; sì come è impossibile [...]

la forma dell'arca venire, se la materia, cioè lo legno, non è prima disposta e apparecchiata" afferma Dante nel suo *Convivio* (1304 circa) [1]. In effetti si tratta *in primis* della definizione di una forma in ragione della sua funzione, "la concezione della forma è un processo mentale di immaginazione e giudizio. Si traduce in un modello mentale (concetto di forma) nella mente del designer [...]. Deve essere poi documentato attraverso una sua rappresentazione in modo tale da poter essere comunicato ad altre persone" [Nowacki, Lefèvre, 2009, p. 12]. È sempre nel periodo rinascimentale che il termine architettura si va declinando in 'Civile', 'Navale' e 'Militare', ad identificare specifici ambiti del costruire, mantenendosi comunque un'attività ad appannaggio dell'Architetto in senso classico, ovvero di colui che abbia capacità costruttive e conoscenze geometriche per 'Realizzare'. Gioverà ricordare che ad esempio Leon Battista Alberti (1414-1472), autore del noto *De re aedificatoria* (1452), compose anche un'opera intitolata *Navis*, ad oggi perduta, nella quale venivano riportate osservazioni sui metodi costruttivi delle navi romane. Nei secoli successivi il matematico John Wallis (1616-1703), scopritore della superficie definita appunto cuneo di Wallis, spiegherà come le proprietà geometriche di tale forma possano essere estremamente utili ai carpentieri navali, per insistere ancora una volta sulla comune scaturigine geometrica di ambiti costruttivi tra loro eterogenei. Non mancano poi esempi storici di soluzioni realizzative, spesse volte con risultati morfologicamente complessi, di superfici architettoniche voltate ottenute con tecnologie derivanti dalla carpenteria navale. In questo contesto potremmo citare la vicenda delle cinque cupole della Basilica di San Marco: attorno alla metà del 1200, in seguito alle trasformazioni e all'innalzamento di Palazzo Ducale, le volte della Basilica vennero in parte occultate alla vista soprattutto dal fronte mare. Iniziò quindi la costruzione di una serie di sovrastrutture finalizzate a ridare slancio e visibilità ai detti sistemi voltati attraverso la realizzazione di macchine lignee realizzate con principi costruttivi simili a quelli impiegati nei vicini cantieri dell'Arsenale per la realizzazione delle galee della Serenissima. Si tratta di calotte a bulbo strutturalmente costituite da travi rese tra loro solidali grazie all'applicazione del tavolato, così come il fasciame connette le costolature, rendendo stabile la chiglia di una nave. Nell'ambito dell'architettura sacra ci sembra altresì significativo che lo stesso termine 'navata' richiami esplicitamente al sotteso legame tra le due discipline, sebbene più per ragioni simboliche (genericamente pensando alla Chiesa intesa come vascello della salvezza) che morfologiche o strutturali. Non è comunque un caso che le volte a copertura delle navate principali di molte chiese vengano definite 'a chiglia rovesciata', è in questo contesto che Franco Laner ricorda la volta della chiesa della Compagnia di Gesù, in Argentina a Cordoba, realizzata nel 1647 dal gesuita belga Lemdir, il quale trascorse molto tempo nei cantieri navali durante la sua vita secolare. "Alla eccezionalmente bella struttura lignea, realizzata con un sistema di sovrapposizione ed accoppiamento di assi per formare le 'ordinate' (con una tecnica simile alla moderna tecnologia del legno lamellare), descritto da Delorme nel XVI sec., il carpentiere gesuita introdusse un altro elemento guida che dalle navi è stato trasferito al costruito edile, cioè l'impiego degli stati di coazione, che oggi hanno nella tecnica di precompressione del calcestruzzo le maggiori applicazioni" [Gotzen, Laner, 1989, p. 62]. Il riferimento a Philibert Delorme (1514-1570) è quantomai puntuale in questo contesto: in *Nouvelles inventions pour bien bastir...* [Delorme 1561] si descrive un metodo per definire la travatura portante di una volta assemblando tra loro porzioni di tavolato incurvate (fig. 1). I vantaggi di tale innovativo sistema costruttivo vengono descritti dallo stesso architetto: l'apparato richiede l'uso di pezzi di legno corti e freschi che garantiscono una costruzione molto più economica (riducendo i costi di materiale e manodopera), il sistema inoltre permette la facile sostituzione di elementi ammalorati. Queste 'chiglie rovesciate' hanno infine il vantaggio di poter essere appoggiate a murature portanti di spessore inferiore rispetto a quelle destinate a sostenere coperture in blocchi lapidei (fig. 2). La trattatistica in tema di stereotomia del legno subì un'evoluzione analoga a quella relativa

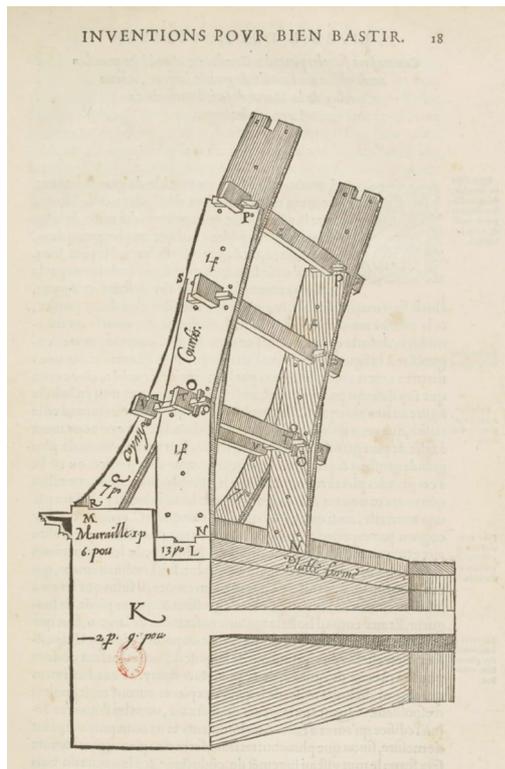


Fig. 1. *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz...* Delorme 1561, p. 18. Tecnica costruttiva per centine o volte lignee intelaiate.

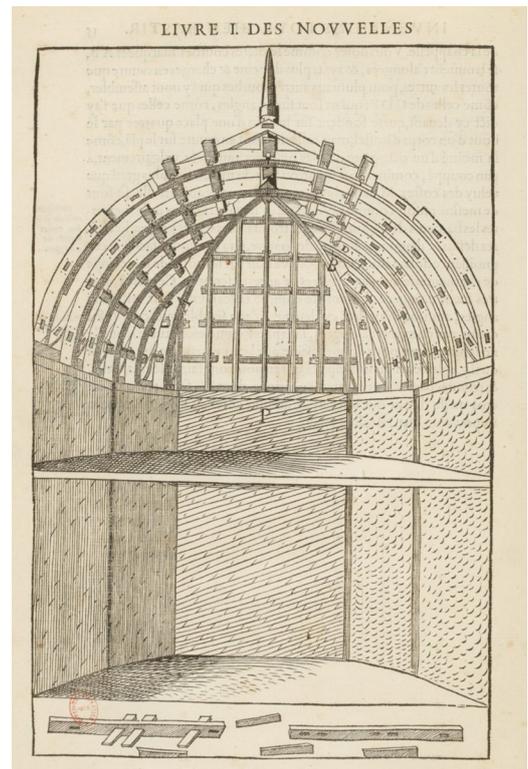


Fig. 2. *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz...* Delorme 1561, pagina non numerata. Tecnica costruttiva per centine o volte lignee intelaiate.

alla lavorazione dei blocchi nelle strutture in pietra: i segreti corporativi vennero in parte 'svelati' nel Rinascimento grazie alla pubblicazione dei numerosi trattati, sebbene il linguaggio grafico si raffinò soprattutto a partire dalla seconda metà del 1700, complice la definitiva codificazione dei metodi di rappresentazione. Geometria descrittiva e stereotomia (del legno o della pietra) diverranno per Gaspar Monge sinonimi, tanto da persuaderlo ad impiegare all'École Polytechnique i problemi di taglio tridimensionale quali esercizi per spiegare il suo metodo delle doppie proiezioni ortogonali. Come sappiamo la *Géométrie Descrptive* (1799) di Monge influenzò profondamente i costruttori di quegli anni e delle successive generazioni, ne sono un esempio i manuali di Louis Mazerolle (1842-1899) *Traité théorique et pratique de charpente* [Mazerolle 1895] e quello di Louis Monduit, il *Traité théorique et pratique de stéréotomie* [Monduit 1889] (figg. 3, 4). Secondo Andrew Witt queste due opere rappresentano l'apice della comprensione geometrico-costruttiva del XIX secolo [Witt 2010, p. 59], lo studioso sottolinea inoltre come dal punto di vista della rappresentazione i problemi posti dalla stereotomia del legno fossero spesso volte ancora più complessi di quelli relativi alla pietra. È il caso ad esempio di incastri sofisticati in travi curvate o torte al sostegno di guglie e scale (fig. 5).

Risulta quindi evidente che la raffinatezza raggiunta nella rappresentazione della complessità di alcuni incastri lignei divenne a disposizione dei carpentieri solamente in tempi relativamente recenti. Dobbiamo allora dedurre che storicamente la trasmissione del sapere artigianale, nelle botteghe o nei cantieri, avvenisse attraverso l'impiego di modelli o grazie alla pratica diretta [2]. A questo potremmo aggiungere che la moltitudine di tipologie di snodi in legno sia stata ottimizzata nel corso dei secoli in funzione dei diversi sforzi strutturali che l'elemento doveva sopportare. Più nel dettaglio si vuole evidenziare come, ad esempio, dei giunti di testa di una trave (fig. 6), necessari ad ottenere un elemento capace di coprire una luce maggiore, siano soggetti a sforzi di flessione o torsione del tutto diversi da quelli sopportati da un incastro a croce o ad elle. L'evoluzione morfologica di questi elementi è probabilmente avvenuta nel tempo attraverso prove ed errori, ma con ogni probabilità non

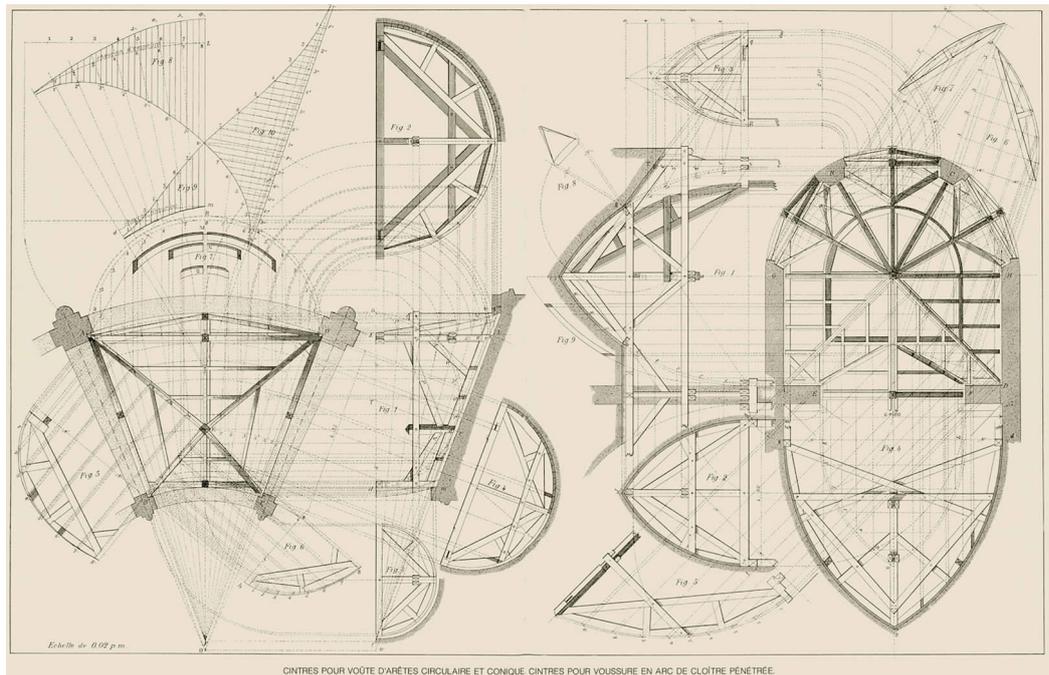


Fig. 3. *Traité théorique et pratique de charpente*. Mazerolle 1895. Intelaiatura lignea di volte complesse con rappresentazioni mongiane, ribaltamenti e calcolo dello sviluppo sul piano.

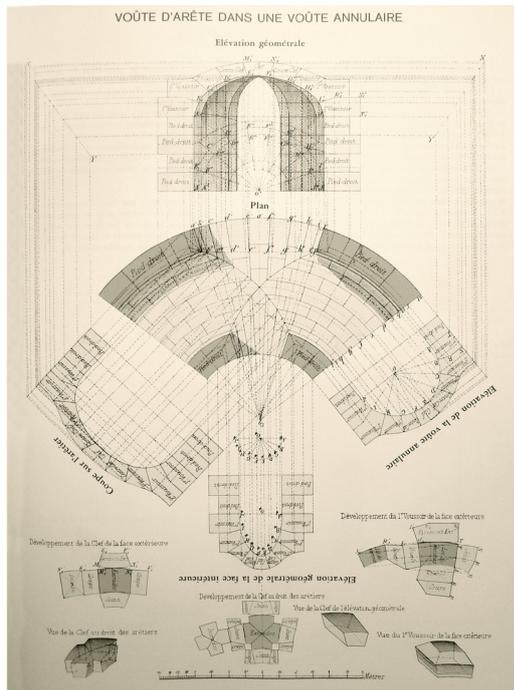


Fig. 4. *Traité théorique et pratique de stéréotomie*. Monduit L. 1889. Rappresentazione stereotomica di una volta a crociera inserita in una volta anulare.

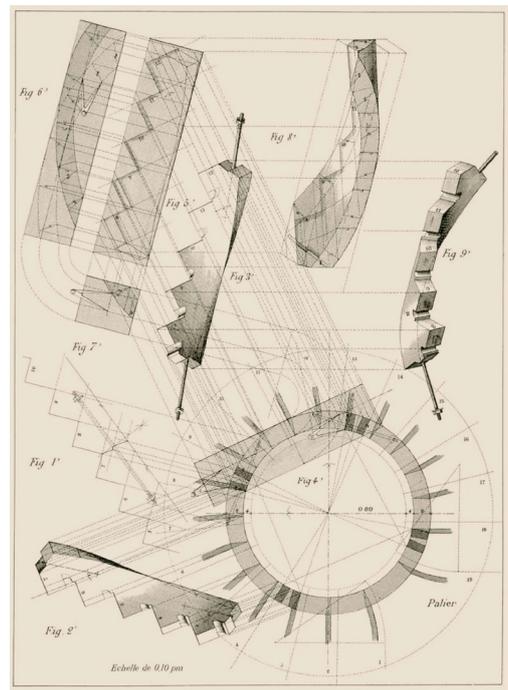


Fig. 5. *Traité théorique et pratique de charpente*. Mazerolle 1895. Rappresentazione del nocciolo centrale di una scala a chiocciola.

iniziando da un disegno su carta, almeno fino al periodo rinascimentale. Ci sembra plausibile pensare che il mastro carpentiere avesse sviluppato un'immaginazione spaziale dell'elemento da realizzare, una sorta di modello 3D comprensivo dei piani di taglio delle singole facce costituenti gli incastri. La mano dell'artigiano veniva quindi guidata dal modello mentale garantendo la definizione delle tracce dei piani, seguite in seguito dalla sega o dagli scalpelli (fig. 7), direttamente sul blocco ligneo ruotandolo su ciascuna delle sue facce. Potremmo allora dire che tali giunti venivano ottenuti disegnando realmente nelle tre dimensioni, ovvero

senza prevedere le sue proiezioni sul foglio da disegno. Al di là delle contingenze legate alle costruzioni in legno, l'esperienza appena descritta può avere oggi dei risvolti didattici: aiuta infatti lo sviluppo dell'immaginazione spaziale in chi si avvicina alla geometria descrittiva, partendo dall'osservazione del blocco da definire rappresentato in assonometria (fig. 8), il

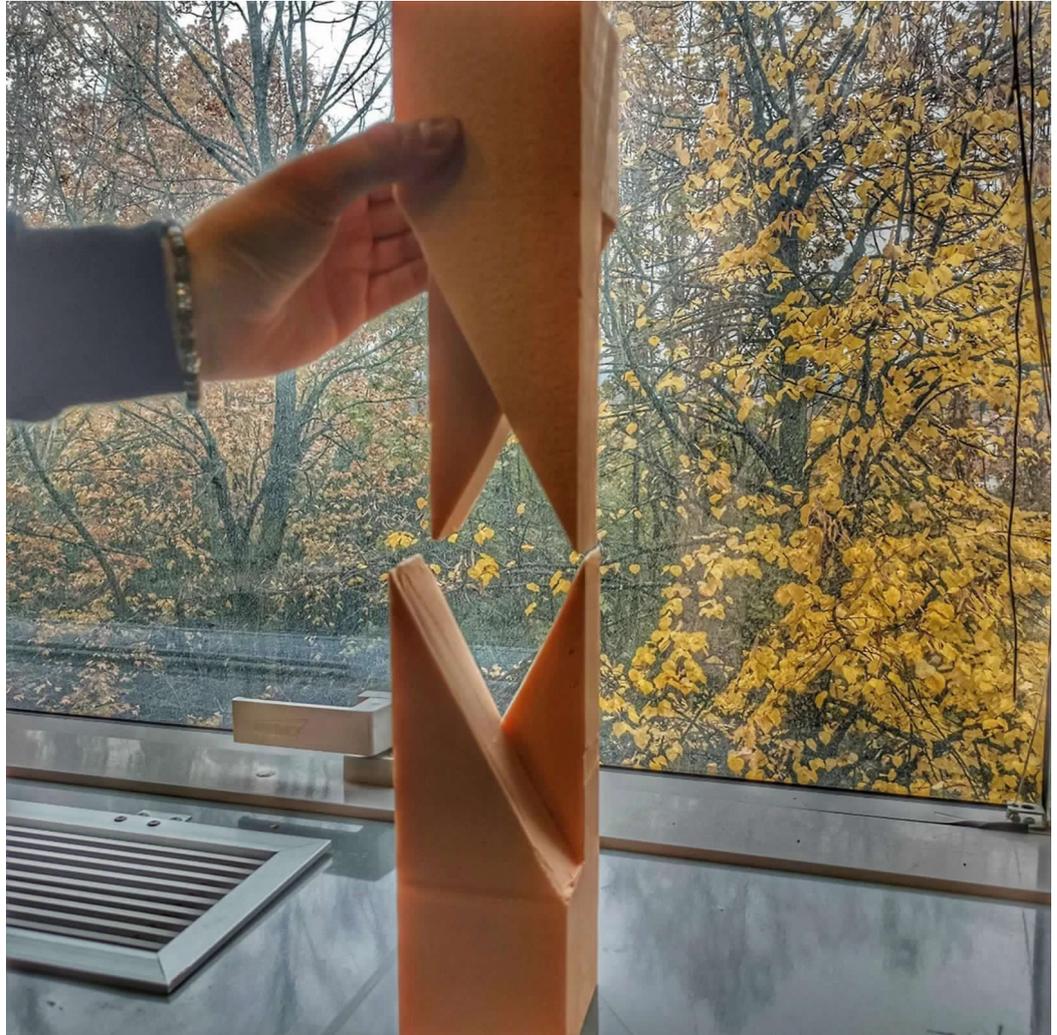


Fig. 6. Fasi di lavorazione per ottenere un giunto di testa di una ipotetica trave in legno in seguito al disegno sul blocco delle tracce dei piani di taglio.



Fig. 7. Fasi di lavorazione per ottenere un giunto di testa di una ipotetica trave in legno in seguito al disegno sul blocco delle tracce dei piani di taglio.

giovane studente è incoraggiato a estrapolare analogicamente le rette di intersezione tra i piani nello spazio trasferendole sul blocco.

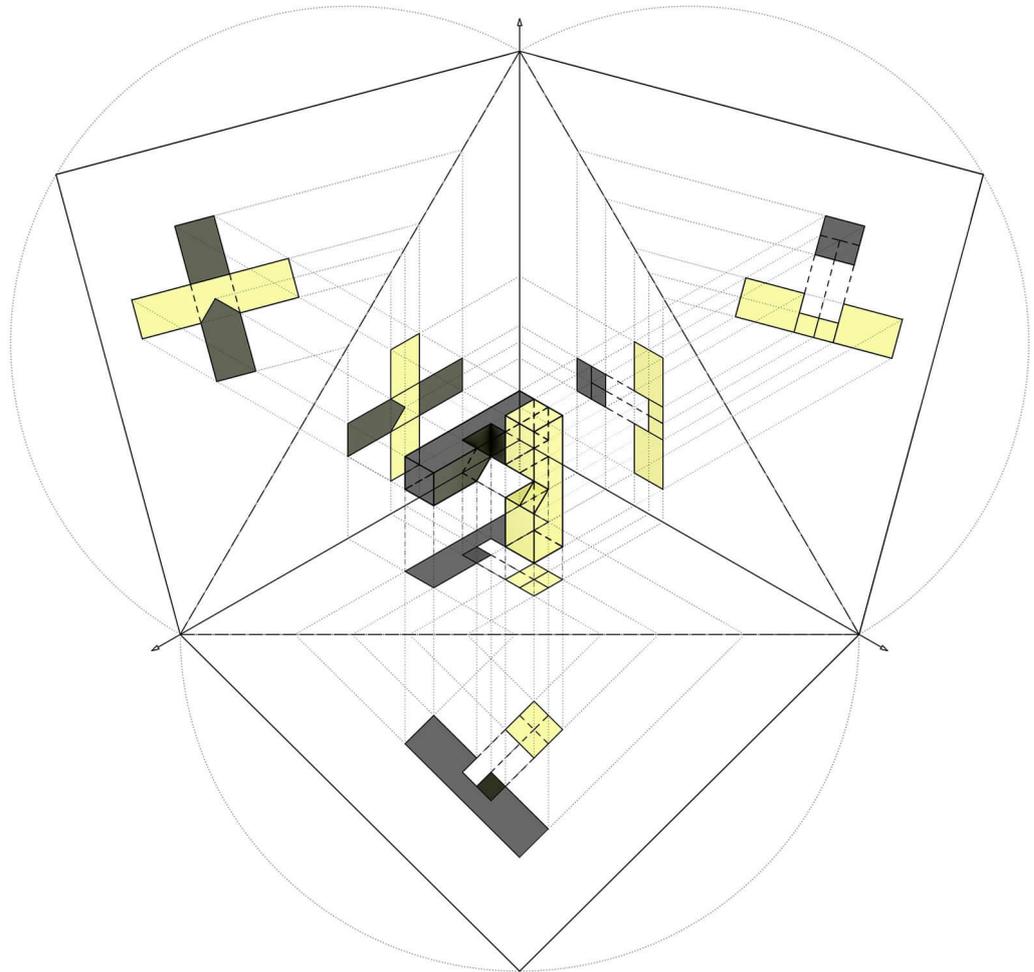


Fig. 8. Esploso assometrico di un incastro per ottenere un giunto a croce di un ipotetico elemento strutturale ligneo.

Così come nel contesto europeo anche in oriente gli artigiani preposti alla lavorazione del legno in ambito edile erano organizzati in corporazioni e ne venivano ammessi solamente coloro in grado di realizzare, dopo averli memorizzati, qualche centinaio di incastri. Analoghe osservazioni riguardano l'esiguità delle fonti relative alla trattatistica sul tema [3], nonché un senso di sacralità del materiale riconosciuta da entrambe le tradizioni. In occidente però il sapere di cui si è detto, così come molti altri, sta vivendo una transizione verso il mondo digitale (*digital fabrication*), è così che macchine a controllo numerico vengono oggi informate da modelli digitali, mentre si sperimenta di delegare a robot la messa in opera degli elementi ottenuti con tecnologie Cad-Cam. Soprattutto nella cultura giapponese si assiste invece al permanere di una tradizione costruttiva in elementi lignei fortemente artigianale che non prevede nemmeno l'utilizzo di strumenti meccanici e si accompagna ad un forte senso di ritualità costruttiva come testimoniato dal celebre Tempio di Ise. Il Tempio shintoista nella prefettura di Mie, considerato un prototipo dell'architettura giapponese [Tange 1965], viene smontato e ricostruito ogni vent'anni in un recinto attiguo e di pari dimensioni di quello ospitante la costruzione, secondo un ciclo iniziato nel 692 d.C. e tutt'oggi perpetrato, rispettando rituali e tecniche costruttive immutati nei secoli. Forse questa transizione occidente dall'analogico al digitale caratterizzante il costruire è inevitabile e, per certi versi, auspicabile, anche se andrà a discapito dello sviluppo di quella immaginazione spaziale dei tracciati garantita dalla carpenteria tradizionale.

Note

[1] Vasoli, De Robertis 1988, p. 18.

[2] L'impiego di modelli in scala è certo almeno in relazione a strutture molto complesse quali ad esempio le intelaiature in legno delle guglie delle cattedrali gotiche: ne sono un esempio il modello in scala della Fleche della Cattedrale di Notre Dame realizzato nel 1800 dai Compagnons per garantirne la memoria e quindi la ricostruzione in caso di crollo. Quanto affermato viene riportato da una conferenza tenuta dall'arch. Carlo Blasi, dal titolo *Notre Dame: strategies of a reconstruction*, in occasione della 'International Summer School Historic Masonry Structures' (Anagni 29 agosto-9 settembre 2022).

[3] Ad onor del vero, alcune raffigurazioni di complesse strutture di bracci a mensola a sostegno dei tetti a pagoda, rappresentate in pseudo assonometria cavaliera, compaiono nel trattato *Ying Tsao Fa Shih* pubblicato da Li Chieh nel 1103 [Glahn 1981, pp. 89-99].

Riferimenti bibliografici

Delorme P. (1561). *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz*. Parigi: Federic Morel.

Frattari A., Garofolo I. (2004). *Evoluzione degli edifici intelaiati in legno*. Torino: Daniela Piazza.

Glahn E. (1981). Norme Architettoniche nella Cina del XII secolo. In *Le Scienze*, n. 155, pp. 89-99.

Gotzen S. de, Laner F. (1989). *La chiglia rovesciata*. Milano: FrancoAngeli.

Ingold T. (2019). *Making. Antropologia, archeologia, arte e architettura*. Milano: Raffaello Cortina.

Kenzo T., Noboru K. (1965). *Ise: Prototype of Japanese Architecture*. Cambridge: The Mit Press.

Lochmann A. (2020). *La lezione del legno. Il lavoro manuale e l'etica del fare*. Milano: Adriano Salani.

Mazerolle L. (1895). *Traité théorique et pratique de charpente*. Parigi: Éditions Vial.

Monduit L. (1889). *Traité théorique et pratique de stéréotomie*. Parigi: C. Juliot.

Nowacki H., Lefèvre W. (Ed.) (2009). *Creating Shapes in Civil and Naval Architecture. A Cross-Disciplinary Comparison*. Leida, Boston: Brill.

Palladio A. (1570), *Quattro Libri dell'Architettura*. Venezia: Appresso Domenico De' Franceschi.

Seike K. (1978). *The Art of Japanese Joinery*. New York, Tokyo, Kyoto: Weatherhill Tankosha.

Vasoli C., De Robertis D. (a cura di) (1988). *Dante Alighieri, Opere minori*. Milano-Napoli: Ricciardi.

Witt A. J. (2010). A Machine Epistemology in Architecture. Encapsulated Knowledge and the Instrumentation of Design. In *Candide Journal for Architectural Knowledge*, n. 03, pp. 37-88.

Autore

Alessio Bortot, Università degli Studi di Trieste, alessio.bortot@units.it

Per citare questo capitolo: Bortot Alessio (2023). La carpenteria del legno. Alcune riflessioni sul rapporto tra modello e disegno/ Wood Carpentry. Some Considerations on the Relationship between Model and Drawing. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 106-121.



Wood Carpentry. Some Considerations on the Relationship between Model and Drawing

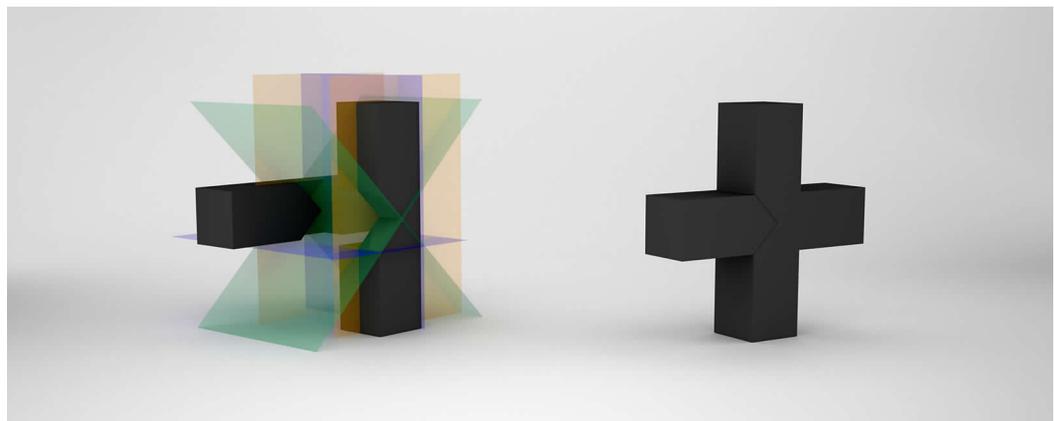
Alessio Bortot

Abstract

As we know, wood (together with stone) is the oldest material used by humankind in the practice of building. If stone has mainly made up for the needs of civil architecture, wood has always been used in the field of naval architecture due to its evident physical-mechanical characteristics. In the European and Eastern traditions the history of the use of this material presents points of contact linked to the relationship between forms of representation and the works to be created. This article aims to briefly describe the evolution of construction activities using the afore mentioned material in the Western tradition, focusing on the practices of drawing to support the representation of the joineries between structural elements. In the conclusion, food for thought will be offered on the same craft traditions in the East and, more generally, on the relationship between design and model; the latter understood not only as a physical element, but also as an imaginative and therefore immaterial tool to support the builder's work.

Keywords

Stereotomy, Wood, Model, Project, Drawing



Rendered image of the digital model of a wooden cross joint, on the left the two separate elements with the cutting planes determining the faces of each element, on the right the assembled joint.

From East to West, wood is probably the oldest building material in human history. This primacy is certainly linked to its availability in nature and its ease of processing, but also to its mechanical qualities such as elasticity and resistance. In fact, if we compare an equal volume and weight of white cedar, considered a weak wood, we will notice how it has a traction strength about five times greater than that of steel and a compressive strength six times greater than concrete. The disadvantages associated with the use of this material are equally well known: its poor resistance in humid environments, to attack by biological agents (moulds, fungi and insects) and its vulnerability to fire. It should also be remembered that the tree has always been associated with a sense of ancestral spirituality, capable of going beyond the specific creed of a community: auspicious symbol of life and abundance, representation of the connection between heaven and earth and for this reason the emblem of the ascent from the earthly to the divine realm.

We know its use has evolved over the course of history both from the point of view of the construction techniques and of the tools for manufacturing and installing the equipment. This evolutionary process is accompanied by a specialization of the workers which will lead to the definition of the figure of the carpenter. The expert craftsmen in woodworking had always been engaged in the creation of often heterogeneous works: entire buildings or roofing elements of the same, temporary structures to support construction sites such as scaffolding or lifting machines, but also bridges, more or less temporary, and especially ships. It will therefore come as no surprise that during the Renaissance the treatise writers who dealt with the codification of the methods for cutting stone elements also took an interest in wood carpentry. Although in constructive and guild practice the *maîtres-maçons* were quite distinct from the carpenters, in general the problems faced by the two professional figures were traced back to geometric questions and therefore resolved with analogous approaches. In essence, in both cases we are dealing with critical issues referable to stereotomy, in the strict sense of the term: the cutting of elements in space, whether they are in stone or wood. The synergistic relationship between the two construction practices is also strengthened by the need on site to create systems of ribs, economic support structures both in terms of money and construction time, for the installation of the stone stereotomic equipment. In the thirteenth century a marked process of specialization takes place in the sphere of activities related to woodworking which will lead to the affirmation of the category of carpenters (civil and naval); these distinguished themselves from the other craftsmen engaged in the use of the same material for the creation of heterogeneous artefacts, such as wheelwrights, sculptors, coffin builders, furniture builders, and so on. In the 11th century these categories of craftsmen, including carpenters, organized themselves into religious brotherhoods, the so-called guilds, similarly to what happened for the master stonecutters. With the flourishing of the cities in the 12th and 13th centuries, these first organizations gave life to the associations of craftsmen who kept and transmitted the secrets of construction knowledge directly to the construction sites. Some of these secrets were solutions to geometric problems, such as the creation of complex joints between the beams characterized by variously inclined planes in space that required the exercise of a spatial imagination. Each of these guilds drew up its own statute, so much so that "From the 'Rules' we can now read that the Companions of Duty were around twenty thousand throughout the eighteenth-century France; they had preserved their initiatory and corporate traditions, three 'Duties' were distinguished, each having particular traditions, Duty of Liberty or Sons of Solomon (including carpenters and woodcutters), Sons of Mastro Giacomo and Sons of Father Soubise or of Holy Duty" [Garofolo 2004, p. 30].

Naval carpentry, on the other hand, will have a parallel path for obvious reasons, the conception and construction of a boat in fact involves other types of problems related to dealing with forces connected to hydrodynamics. "It is impossible to proceed to the form

without first having placed the subject upon which the form must stand; just as it is impossible [...] the shape of the ark to come, if the material, i.e. the wood, is not first arranged and prepared" affirms Dante in his *Convivio* (about 1304) [1]. In fact, it is primarily the definition of a shape in terms of its function, "the conception of the shape is a mental process of imagination and judgement. It translates into a mental model (concept of shape) in the mind of the designer [...]. It must then be documented through its representation in such a way that it can be communicated to other people" [Nowacki, Lefèvre, 2009, p. 12]. It is always in the Renaissance period that the term architecture is declining in 'Civil', 'Naval' and 'Military', to identify specific areas of building, while still remaining an activity of the Architect in the classical sense, i.e. the one who have constructive skills and geometric knowledge for 'building'. It will be useful to recall that, for example, Leon Battista Alberti (1414-1472), author of the well-known *De re aedificatoria* (1452), also composed a work entitled *Navis*, now lost, in which observations were made on the construction methods of Roman ships. In the following centuries, the mathematician John Wallis (1616-1703), discoverer of the surface defined precisely as the 'Wallis wedge', will explain how the geometric properties of this shape can be extremely useful to naval carpenters, to insist once again on the common geometric origin of construction areas heterogeneous to each other. There are also historical examples of construction solutions - often with morphologically complex results - of vaulted architectural surfaces obtained with technologies inspired by naval carpentry. In this context we could mention the event of the five domes of the Basilica of San Marco: around the middle of the 1200s, following the transformations and the elevation of Palazzo Ducale, the vaults of the Basilica were partly hidden from view, especially from the seafront. Then began the construction of a series of superstructures aimed at restoring impetus and visibility to the said vaulted systems through the construction of wooden machines built with building principles similar to those used in the nearby Arsenal shipyards for the construction of the galleys of the Serenissima Republic. These are bulbous caps structurally made up of beams joined together thanks to the application of the planking, just as the planking connects the ribs, making the keel of a ship stable. In the context of sacred architecture, it also seems significant to us that the term 'nave' explicitly refers to the underlying link between the two disciplines, although more for symbolic reasons (generally thinking of the Church understood as a vessel of salvation) than morphological or structural. However, it is no coincidence that the vaults covering the main naves of many churches are defined as 'upside down keel', is in this context that Franco Laner recalls the vault of the church of the Society of Jesus, in Cordoba, Argentina, built in 1647 by the Jesuit Belgian Lemdir, who spent a lot of time in shipyards during his secular life. "The Jesuit carpenter introduced another guiding element that has been transferred from ships to building construction, i.e. the use of states of coercion, which today have the greatest applications in the prestressing technique of concrete" [Gotzen, Laner, 1989, p. 62]. The reference to Philibert Delorme (1514-1570) is very precise in this context: in *Nouvelles inventions pour bien bastir...* [Delorme 1561] a method is described for defining the load-bearing beam of a vault by assembling curved portions of planking (fig. 1). The advantages of this innovative construction system are described by the architect himself: the apparatus requires the use of short and fresh pieces of wood which guarantee a much more economical construction (reducing material and labor costs), the system also allows the easy replacement of damaged elements. Finally, these 'upside down keels' have the advantage of being able to rest on load-bearing walls of a lower thickness than those intended to support stone block roofs (fig. 2).

The treatises on the subject of stereotomy of wood had an evolution similar to that relating to the processing of blocks in stone structures: the corporative secrets were partly 'revealed' in the Renaissance thanks to the publication of numerous treatises, although the graphic language was refined above all starting from the second half of the 1700s, thanks to the defin-

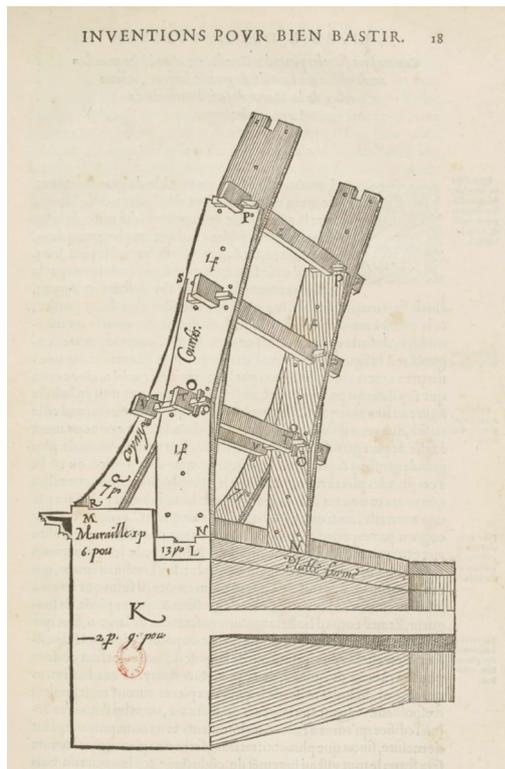


Fig. 1. *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz...* Delorme 1561, p. 18. Construction technique for wooden framed ribs or vaults.

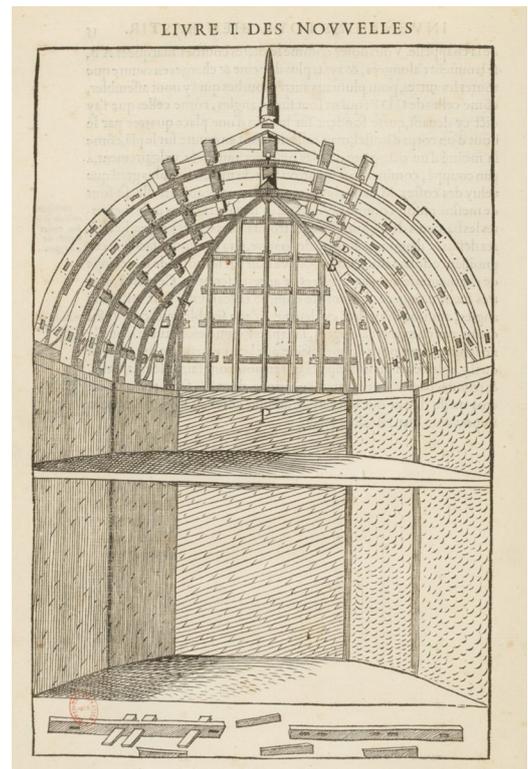


Fig. 2. *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz...* Delorme 1561, unnumbered page. Construction technique for wooden framed ribs or vaults.

itive codification of the methods of representation. Descriptive geometry and stereotomy (of wood or stone) would become synonyms for Gaspar Monge in his method of teaching, to the point of persuading him to use three-dimensional cutting problems at the École Polytechnique as exercises to explain his method of double orthogonal projections. As we know, Monge's *Géométrie Descriptive* (1799) profoundly influenced the builders of those years and next generations, some examples of this are the manuals of Louis Mazerolle (1842-1899) *Traité théorique et pratique de charpente* [Mazerolle 1895] and that of Louis Monduit, *il Traité théorique et pratique de stéréotomie* [Monduit 1889], (figs. 3, 4). According to Andrew Witt these two works represent the apex of the geometric-constructive understanding of the 19th century [Witt 2010, p. 59], the scholar also underlines how from the point of view of representation the problems posed by the stereotomy of wood were often even more complex than those relating to stone. This is the case, for example, of sophisticated joints in curved or twisted beams supporting spiers and stairs (fig. 5).

It is therefore evident that the refinement achieved in the representation of the complexity of some wooden joints became available to carpenters only in relatively recent times. We must therefore deduce that historically the transmission of artisan knowledge, in workshops or on construction sites, took place through the use of models or thanks to a direct practice [2]. To this we could add that the multitude of types of wooden joints has been optimized over the centuries according to the different structural stresses that the element had to bear. In more detail, we want to highlight how, for example, the head joints of a beam (fig. 6), necessary to obtain an element conceived for covering a greater span, are subject to bending or torsion stresses that are completely different from those supported by a cross or L joint. The morphological evolution of these elements probably occurred over time through trial and error, but in all probability not starting from a drawing on paper, at least until the Renaissance period. It seems credible to think that the master carpenter had developed a spatial imagination of the element to be created, a sort of 3D model including the cutting

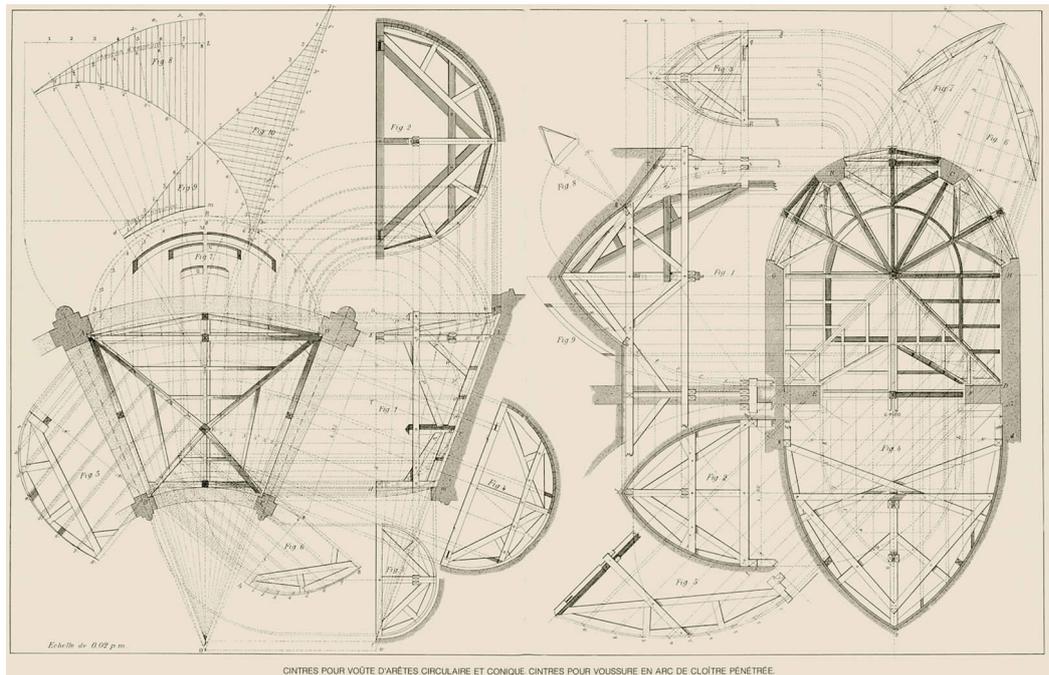


Fig. 3. *Traité théorique et pratique de charpente*. Mazerolle 1895. Wooden frame of complex vaults with Monge representations, rotation of inclined planes and calculation of the development.

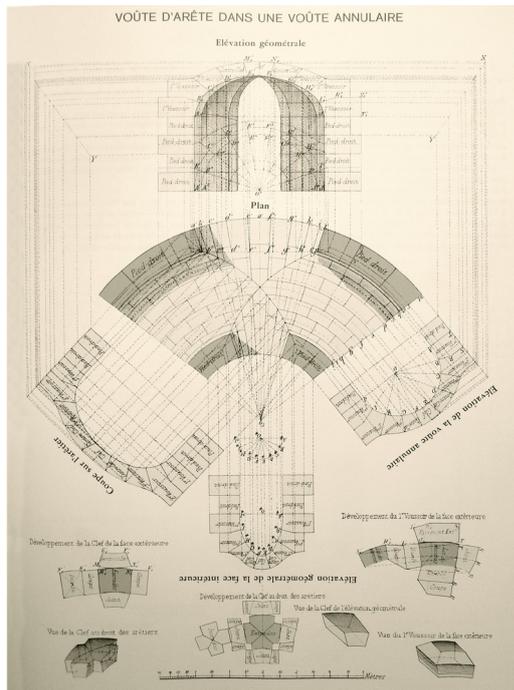


Fig. 4. *Traité théorique et pratique de stéréotomie*. Monduit L. 1889. Stereotomic representation of a cross vault inserted in an annular vault.

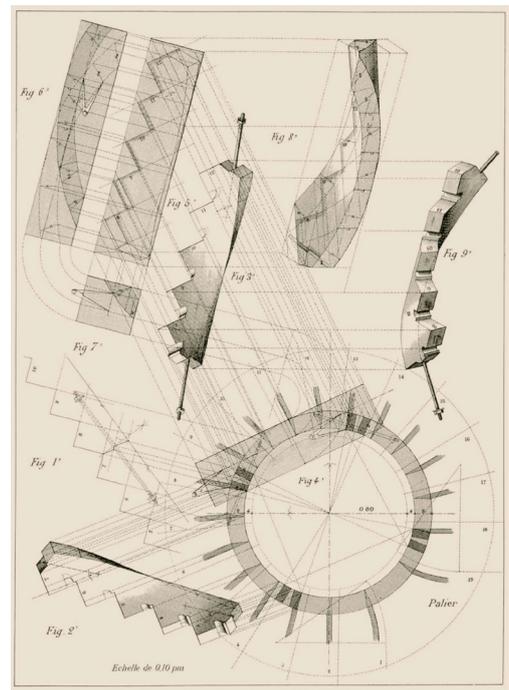


Fig. 5. *Traité théorique et pratique de charpente*. Mazerolle 1895. Representation of the central core of a spiral staircase

planes of the single faces constituting the joints. The craftsman's hand was then guided by the mental model guaranteeing the definition of the traces of the planes, followed later by the saw or chisels (fig. 7), directly on the wooden block by rotating it on each of its faces. We could then say that these joints were obtained by actually drawing in three dimensions, i.e. without foreseeing its projections on the drawing sheet. Beyond the contingencies related to wooden constructions, the experience just described can have didactic implications today: in fact, it helps the development of spatial imagination in those approaching descriptive

geometry, starting from the observation of the block to be defined represented in axonometric (fig. 8), the young student is encouraged to analogically extrapolate the intersection lines between the planes in space by transferring them to the block.



Fig. 6. Processing phases to obtain a butt joint of a hypothetical wooden beam following the drawing on the block that are the traces of the cutting planes.



Fig. 7. Processing phases to obtain a butt joint of a hypothetical wooden beam following the drawing on the block that are the traces of the cutting planes.

Just as in the European context, even in the East the craftsmen in charge of working wood in the building sector were organized into guilds and only those able to create, after having memorized them, a few hundred joints were admitted.

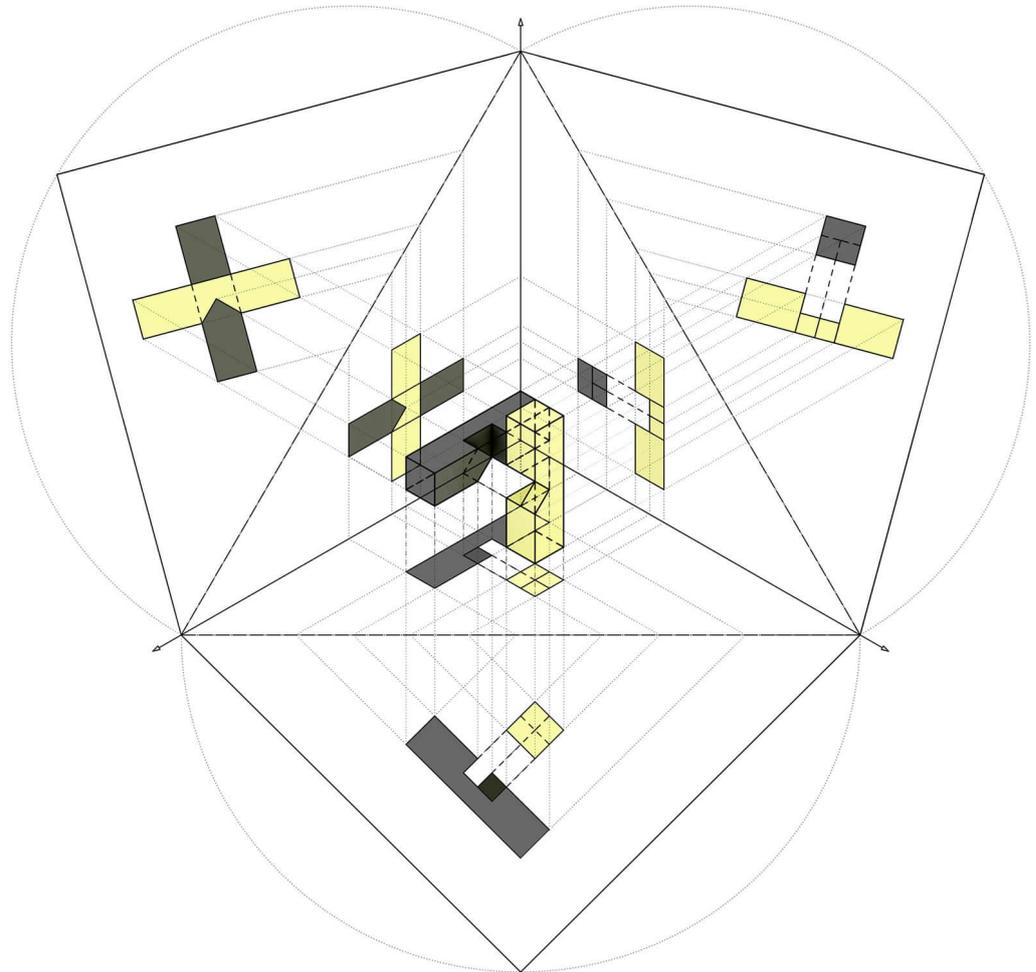


Fig. 8. Axonometric exploded view of a joint to obtain a cross joint of a hypothetical wooden structural element.

Similar observations concern the short number of sources relating to treatises on the subject [3], as well as a sense of sacredness of the material recognized by both traditions. In the West, however, the knowledge mentioned above, like many others, is experiencing a transition towards the digital world (digital fabrication), this is how numerically controlled machines are now informed by digital models, while there is experimentation with delegating to robots the implementation of the elements obtained with Cad-Cam technologies. Above all in Japanese culture, however, we witness the persistence of a highly artisanal construction tradition in wooden elements that does not even involve the use of mechanical tools and is accompanied by a strong sense of constructive ritual as evidenced by the famous Ise Shrine. The Shinto temple in the prefecture of Mie, considered a prototype of Japanese architecture [Tange 1965], is dismantled and rebuilt every twenty years in an adjacent enclosure of the same size as the one housing the building, according to a cycle that began in 692 AD. and still perpetrated today, respecting rituals and construction techniques unchanged over the centuries. Perhaps this Western transition from analog to digital characterizing building is inevitable and, in some ways, desirable, even if it will be to the disadvantage of the development of that spatial imagination of layouts guaranteed by traditional carpentry.

Notes

[1] Vasoli, De Robertis 1988, p. 18.

[2] The use of scale models is certain at least in relation to very complex structures such as, for example, the wooden frames of the spiers of Gothic cathedrals: an example is the scale model of La Fleche of Notre Dame Cathedral made in 1800 by the Compagnons for ensure its memory and therefore its reconstruction in the event of collapse. What is stated is reported by a conference held by the architect. Carlo Blasi, entitled *Notre Dame: strategies of a reconstruction*, on the 'International Summer School Historic Masonry Structures' (Anagni 29 August-9 September 2022).

[3] To be fair, some depictions of complex corbelled arm structures supporting pagoda roofs, depicted in pseudo-axonometry cavalierly, appear in the treatise *Ying Tsao Fa Shih* published by Li Chieh in 1103 [Glahn 1981, pp. 89-99].

References

- Delorme P. (1561). *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz*. Paris: Federic Morel.
- Frattari A., Garofolo I. (2004). *Evoluzione degli edifici intelaiati in legno*. Turin: Daniela Piazza.
- Glahn E. (1981). Norme Architettoniche nella Cina del XII secolo. In *Le Scienze*, No. 155, pp. 89-99.
- Gotzen S. de, Laner F. (1989). *La chiglia rovesciata*. Milan: FrancoAngeli.
- Ingold T. (2019). *Making. Antropologia, archeologia, arte e architettura*. Milan: Raffaello Cortina.
- Kenzo T., Noboru K. (1965). *Ise: Prototype of Japanese Architecture*. Cambridge: The Mit Press.
- Lochmann A. (2020). *La lezione del legno. Il lavoro manuale e l'etica del fare*. Milan: Adriano Salani.
- Mazerolle L. (1895). *Traité théorique et pratique de charpente*. Paris: Éditions Vial.
- Monduit L. (1889). *Traité théorique et pratique de stéréotomie*. Paris: C. Juliot.
- Nowacki H., Lefèvre W. (Ed.) (2009). *Creating Shapes in Civil and Naval Architecture. A Cross-Disciplinary Comparison*. Leida, Boston: Brill.
- Palladio A. (1570), *Quattro Libri dell'Architettura*. Venice: Appresso Domenico De' Franceschi.
- Seike K. (1978). *The Art of Japanese Joinery*. New York, Tokyo, Kyoto: Weatherhill Tankosha.
- Vasoli C., De Robertis D. (a cura di) (1988). *Dante Alighieri, Opere minori*. Milan-Naples: Ricciardi.
- Witt A. J. (2010). A Machine Epistemology in Architecture. Encapsulated Knowledge and the Instrumentation of Design. In *Candide Journal for Architectural Knowledge*, No. 03, pp. 37-88.

Author

Alessio Bortot, Università degli Studi di Trieste, alessio.bortot@units.it

To cite this chapter: Bortot Alessio (2023). La carpenteria del legno. Alcune riflessioni sul rapporto tra modello e disegno/ Wood Carpentry. Some Considerations on the Relationship between Model and Drawing. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 106-121.