### FELICE RAGAZZO

www.feliceragazzo.it

di Felice Ragazzo

strutturalegno pagina 026 027

Fig. 1 - Visualizzazione istantanea di una coppia di

travi parallele che a seguito di una successione di

spostamenti lineari e rotazioni assumono posizioni

allineate e virtualmente compenetrate nelle rispetti-

ve opposte testate.

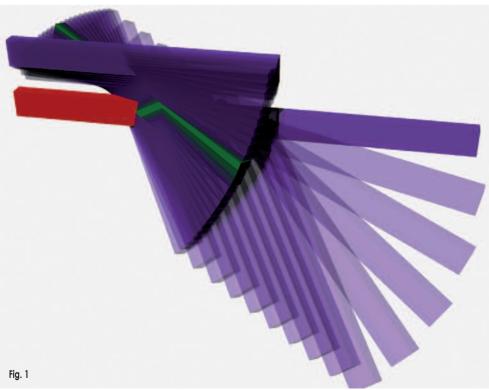
# Quarta rivoluzione industriale: interpretazioni tecniche per il legno

Ponendo al centro dell'attenzione un'idea di "Giunzione continua", intesa come un continuo fluire nelle forme di connessione dettato dal continuo fluire (scorrere) negli assetti spaziali dei pezzi in collegamento, si evidenziano con maggiore efficacia le relazioni innovative, ma anche le nuove problematicità, che si vengono a instaurare tra legno e nuovi sistemi trasformativi (CNC), oltre che assemblativi (Robot). Ciò soprattutto per quanto riguarda le strutture di maggiore impatto. Il rapporto di spazio e di tempo insito nell'idea del fluire porta necessariamente a elevare il ragionamento in termini di quarta dimensione.

#### PREMESSA

Sullo sfondo di questa frontiera, laddove non soltanto il digitale si associa alla meccanica per rendere più rigorosi i processi di stereotomia, ma dove in aggiunta sussiste il fine dell'assemblaggio o del montaggio, vi è tutto un mondo di studio e di sperimentazione e, non di meno, di concrete applicazioni, presidiato da macchine partico-

lari che per le loro sembianze antropo-



morfe sono per convenzione dette "umanoidi" (talvolta le sembianze sono pure zoomorfe o fitomorfe)<sup>2</sup>. Si tratta di un tema che porta lontano, poiché in definitiva pone al centro della riflessione il dilemma tra ciò che si muove e può produrre lavoro in virtù di autonoma capacità energetica, sviluppando in quanto tale intrinseche capacità intellettive come l'assumere decisioni imprevedibili e ciò che invece si avvicina a conseguire risultati analoghi, ma non è dotato delle stesse capacità soggettive. Si tratta in sostanza del dilemma tra il vivente e l'inanimato. È in ultima analisi un tema essenziale in termini di Filosofia della Scienza. Per il legno la questione è di grande impatto, in quanto trattasi di materia che prima di diventare efficace per l'impiego costruttivo è appartenuta a un essere vivente. Pertanto, in quanto tale, dotato di una fisiologia (anche in senso strutturale) criticamente rapportata all'ambiente di insediamento; fisiologia che soltanto in modo parziale e riduttivo si riesce a utilizzare dopo che la materia viva è stata trasformata in inanimata.

Detto ciò non è dunque peregrino per chi appartiene al mondo del legno procedere nell'esplorazione di una "Robotica immaginaria" a favore di una "Giunzione continua". Non è peregrino poiché non si tratta più soltanto di «Fabbrica a Luci Spente»; non si tratta

# SCIENTIA\_FELICE RAGAZZO

più soltanto di «Carico-Scarico Pezzi»; non si tratta più soltanto di «Magazzini Intermedi»; non si tratta più soltanto di «Montaggio-Smontaggio»; non si tratta più soltanto di «Tecnica»; non si tratta più soltanto di «Meccanica»; non si tratta più soltanto di «Elettronica». Avendo tuttavia certezza che il salto dall'inanimato al vivente non si realizzerà mai! È utile tener presente che a fronte di questa rassegna di figure retoriche sullo sfondo sussiste il fatto che: oggi si ragiona in termini di «Meccanica» dei «Quanti»<sup>3</sup>; che oggi è messo in causa il concetto più generale di «Sistema»<sup>4</sup>; che oggi è divulgato il concetto di «Autopoiesi»5; che oggi si spera di Energia Lontano «Dissipare Condizioni di Equilibrio»<sup>6</sup>; che oggi si vorrebbe imitare il vivente, per consumare meno energia. E, poiché, come detto, pure il legno da vivo è già tutto

A riguardo dello scenario adombrato, possono risultare illuminanti alcune illustrazioni a corredo iconografico del libro "Castelli e ponti" di Niccolò Zabaglia, quando elettronica, digitale e, prima di tutto, elettricità erano ancora cose sconosciute. Nell'immagine di copertina, si vede come "attuatori" e "servomeccanismi" siano idealizzati da un angelo e da una funicella, manovrati per vincolare un putto a due morali di legno. Ciò, beninteso, a simboleggiare una giunzione per legamento.

Analogamente, nella Tavola XXXVII due angeli vagano nell'aria sorreggendo una pesante incastellatura lignea.

1. Slalom in una sequenza di posizioni assunte da due travi che, da parallele, via via si posizionano allineate e virtualmente intersecanti nelle opposte testate – narrazione in "quarta dimensione" di una "Giunzione continua"

Proviamo ora a stimolare l'immaginazione di una giunzione mutante continuativamente, la quale, a partire dalla situazione di due travi parallele (condizione surreale per insussistenza di contatto se non per mezzo di pezzo interposto), passo-passo, si avvicinino con casuali spostamenti lineari e rotazioni e che, passo-passo, sempre casualmente, si intersechino progressivamente. Facendo altresì in modo che alla fine della sequenza le due travi si trovino allineate e parzialmente sovrapposte rispetto alle opposte testate. La rappresentazione ideale sarebbe un'animazione, si accettino tuttavia come adeguati i seguenti commenti ad alcune essenziali immagini. Al fine di offrire una visione sintetica della sequenza, tutte le singole posizioni assunte dai pezzi in un unico istante sono state condensate in una sola immagine. In tale immagine si vede un'unica trave color rosso che in realtà resta immobile, mentre, la trave mobile è quella color viola.

A seguito di un certo spostamento, nella sequenza ipotizzata accade che il «Volume-intersezione», risulti a 4 facce. Come si vedrà in seguito, il tema del volume di intersezione sarà essenziale per improntare con metodo e rigore la forma della giunzione. Successivamente potrà accadere che detto «Volume-intersezione» passi a 5 facce, per poi aumentare ancora a 6 facce. A questo punto si è voluto concentrare l'attenzione sul particolare incrocio, e relativa intersezione a 6 facce, fissando un «Caso-Studio»; aspetto che in dettaglio sarà trattato più avanti. A tale scopo, per distinguerla dalle altre, la trave è stata colorata di verde. Procedendo sempre nella particolare sequenza, potrà accadere che muti la natura dell'intersezione, ovvero che i due pezzi inizino ad autocingersi. Il momento diventa significativo in quanto risulta messa in crisi la possibilità di incastri a «metà-leano». In tal caso, almeno un pezzo sarà necessario che vada interrotto. Procedendo oltre, nel caso concreto della sequenza ipotizzata si passerà da 6 a 8 facce. A un certo punto accade che i pezzi si autocingano interamente. Il fluttuare nello spazio dei pezzi contempla qui un momento in cui si verifica una intersezione di 7 facce. Nella sua arbitrarietà la sequenza contempla ora, per una certa fase, soltanto spostamenti lineari. Poiché le due travi si sono finora intersecate in mezzeria, progressivamente si verranno a intersecare in testata, mirando a far sì che in ultimo risultino allineate e parzialmente compenetrate in testata. Le battute finali della sequenza contemplano nuovamente la combinazione tra spostamenti lineari e rotazioni, dando nuovamente luogo a intersezioni di 8 facce. Ma raggiunto l'ultimo gradino della sequenza, ovvero travi allineate e parzialmente compenetrate, essendo a parallelepipedo, il «Volume-intersezione» non può che risultare a 6 facce. Guarda caso si tratta proprio della situazione ideale per un incastro detto a «Dardo di Giove». Analogamente, si tratta della situazione ideale per il similare incastro a «Curve di Giunone»...; incastro dove gli spigoli non sono più a raggio zero. Fermiamoci un attimo per valutare alcune preliminari differenze tra i due tipi di incastro; differenze che saranno illuminanti rispetto a una visione complessiva del problema come qui si vorrebbe trattare. A titolo di esempio è assunta la figura dell'incastro a "Dardo di Giove" così come risulta nel documento CNR DT 206-R1, 20188. In tale figura è indicata la sezione resistente a taglio. Dal punto di vista del legno, si tratta di una sezione critica per il fatto

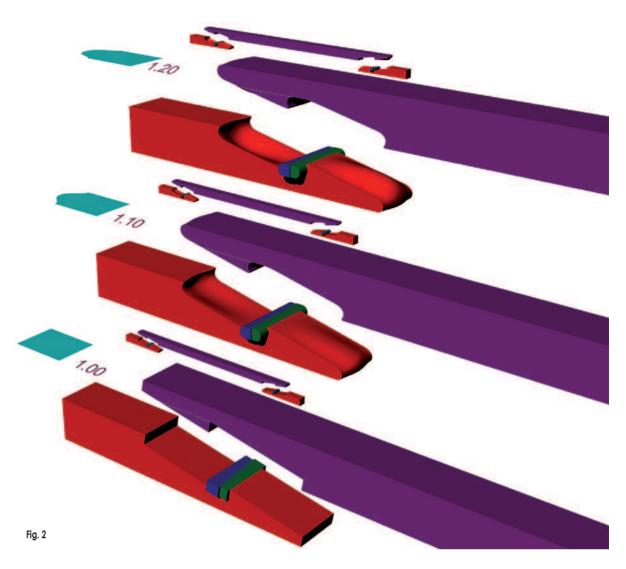
#### FELICE RAGA770

www.feliceragazzo.it

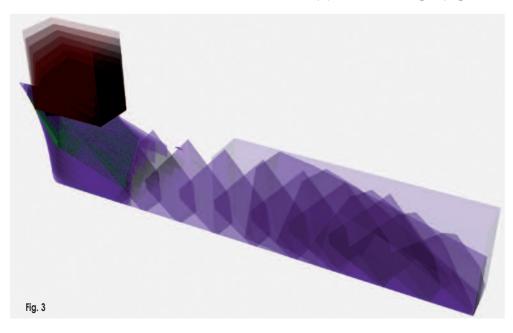
#### strutturalegno pagina 028 029

Fig. 2 - Visualizzazione dell'incremento della superficie resistente in due incastri a "Curve di Giunone" di diversa accentuazione delle curvature, rispetto a un usuale incastro a "Dardo di Giove" di analoghe proporzioni.

Fig. 3 - Visualizzazione istantanea di tutti i volumi di intersezione determinati dalla sequenza di incroci di cui alla Fig. 1.



di essere allineata con la direzione delle fibrature. Concependo un incastro a "Curve di Giunone" di analoghe dimensioni e proporzioni, la sezione resistente tende ad aumentare via via che le rotondità delle superfici si fanno più accentuate. Ciò è ben evidenziato nella figura appositamente elaborata. Nel caso di curvature più lievi, l'incremento della superficie relativa alla sezione resistente a taglio è all'incirca del 10%; nel caso di curvature più accentuate è del 20%. Tutto ciò al netto di altri evidenti vantaggi derivanti dal fatto che sono drasticamente ridotte le concentrazioni di sforzo in virtù della soppressione degli spigoli.



# 2. Volumi di interposizione – Volumi di intersezione

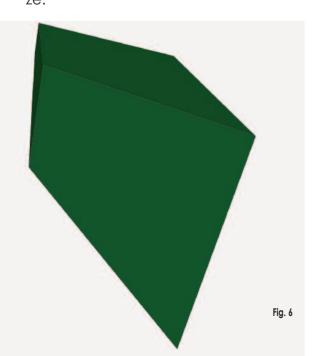
Come già anticipato più sopra, nella relazione tra due o più pezzi in connessione è di fondamentale importanza il volume comune ai due, ovvero quello di intersezione. In realtà, quando i pezzi sono vicini, ma non si toccano (come nel caso di due pezzi paralleli), il volume da considerare è più propriamente quello di interposizione. Anche in questo caso è stata approntata un'immaaine esplicativa ad hoc in cui tutti i volumi, sia di interposizione, sia di intersezione sono visualizzati in un unico istante di tempo. Ai volumi di interposizione è stato attribuito un colore marrone, a quelli di intersezione, come nella trave mobile, è stato attribuito un colore viola. Si ripete il colore verde per il volume di interposizione relativo al Caso studio. Nel momento iniziale in cui le travi sono parallele (ma anche complanari) il volume di interposizione è un netto parallelepipedo. Via via che si verificano gli spostamenti, questo si trasforma subendo contrazioni e torsioni fino a sparire e mutare in un volume di intersezione. Nel momento finale della sequenza, come già detto, il volume di intersezione torna ad avere forma di parallelepipedo.

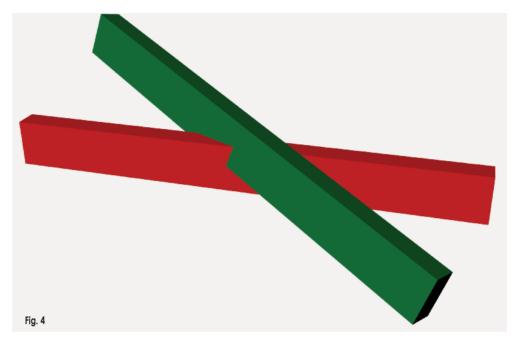
#### 3. Nodo del problema – Caso studio Chiariti tutti questi aspetti, si può ora procedere per affrontare il nodo principale del problema, ovvero la definizio-

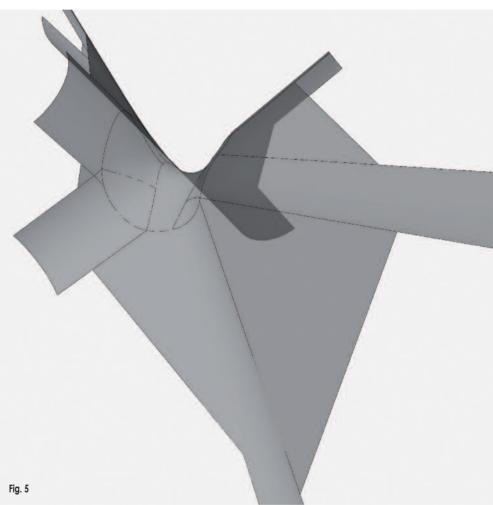
# SCIENTIA\_FELICE RAGAZZO

ne della forma della giunzione nel particolare Caso studio prescelto. Un primo principio, inderogabile, consiste nel fatto che l'asportazione di materiale nei due pezzi si debba produrre con equilibrio. Ciò per far sì che l'inevitabile indebolimento avvenga paritariamente. Un secondo principio consiste nel fatto che siano il più possibile ridotte le concentrazioni di sforzo. Un terzo principio, orientato a soddisfare il secondo, trae origine dal dilemma tra un tipo di superfici interamente lisce (ideali, ma difficili da maneggiare oltre che difficili e onerose da realizzare meccanicamente) e un tipo di superfici plurime composte di piani e gusci cilindrici (meno ideali, ma più maneggevoli in quanto più approssimabili con comuni frese). Nel caso concreto, è stato accettato il compromesso insisto in questa seconda opzione. Ma il risultato finale, finirà per imporre una sorta di ibrido, in quanto la sola "poli-superficie", composta di piani e gusci cilindrici (in questo caso al di fuori delle zone periferiche) non sarà sufficiente a stendere una tessitura omogeneamente raccordata. Una parte centrale si è dovuta raccordare tramite NURBS più complesse e, beninteso, curando di non avere in alcun punto un raggio di curvatura inferiore a quello della fresa a testa tonda assunta come utensile di taglio. Nel caso concreto, la superficie liscia risulta aperta: è dunque priva di sottosquadra. In una elaborazione futura potrebbe assumere un lievissimo sottosquadra nella zona centrale, tale da consentire un vincolo parzialmente irreversibile, dunque superabile con un lieve sforzo.

Nel Caso studio, insieme alle 6 facce del volume intersezione, vanno considerati 8 "Piani-bisettori". Questi ultimi sono funzionali a spartire con equità le masse dei pezzi nella giunzione e a porsi come base geometrica per definire con rigore i raccordi raggiati. In questo complesso di Modellazione 3D è essenziale l'imperativo delle tangenze.







Dopo aver ruotato due travi spazialmente coincidenti e idealmente l'una contenuta nell'altra (cosa possibile soltanto virtualmente), tramite opportuni artifici geometrici, è possibile mettere in chiaro le relazioni spaziali che caratterizzano la trasformazione alla base del particolare volume di intersezione in questa circostanza identificato. Detta trasformazione, che nella occasionale sequenza consta di una rotazione e uno spostamento lineare combinati, in realtà può essere ottenuta con una sola rotazione. Per fare ciò, occorre stabilire un asse e un angolo di rotazione. Il primo, scelto tra innumerevoli altre possibilità, risulta qui complanare

Fig. 4 - Incrocio della sequenza preso a pretesto come Caso studio per elaborare una particolare giunzione di tipo A-poliedrico.

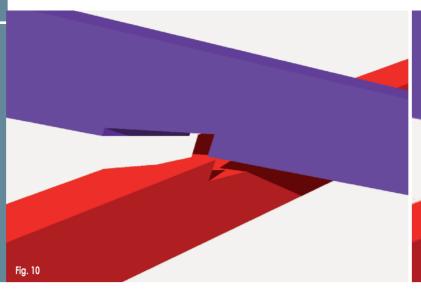
Fig. 5 - NURBS 3D che, successivamente ritagliate, costituiranno le superfici di contatto nella giunzione A-poliedrica.

Fig. 6 - Specifico volume di intersezione relativo all'incrocio di travi estrapolato per il Caso studio.

### FELICE RAGAZZO

www.feliceragazzo.it

strutturalegno pagina 030 031



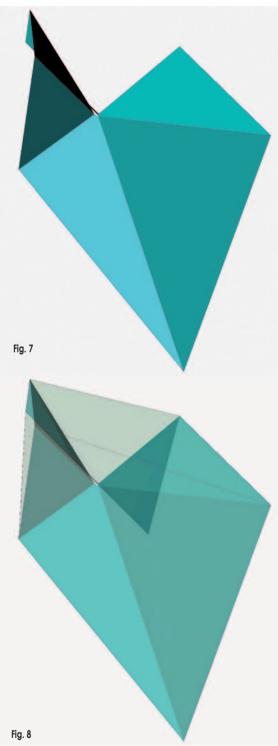


Fig. 7 - Tutti i piani bi-settori interni al volume di intersezione.

Fig. 8 - Visualizzazione combinata tra volume di intersezione e piani bi-settori.

Fig. 9 - Visualizzazione 3D del processo di trasformazione per determinare un volume di intersezione a 6 facce.

alle facce strette e inclinato rispetto ai loro spigoli. Al tempo stesso costituisce lo spigolo comune a due piani (di colore grigio trasparente nella figura) opportunamente ruotati. Detti piani, a rotazione avvenuta. risulteranno complanari alle facce strette intersecanti delle travi. In seguito vedremo applicato l'analogo metodo, dare conto della possibilità di ricavare volumi di intersezione di altro numero di facce.

# 4. Alloggiamento tramite robot

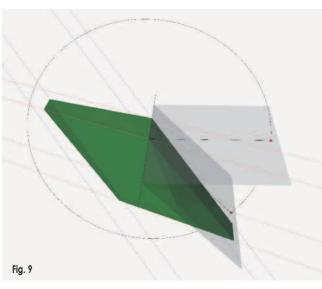
Fatta la nuova giunzione, chiarito il processo di trasformazione che ha permesso di definire in sintesi il relativo volume di intersezione, simuliamo ora l'azione di alloggiamento, ipotizzando che sia un robot a muovere i pezzi. Ai fini di effettuare una comparazione tra la vecchia maniera di giuntare e quella nuova qui ipotizzata, l'operazione sarà però preceduta da un analogo alloggiamento simulato, utilizzando una "Giunzione poliedrica" più o meno delle stesse proporzioni. Risulta subito evidente che, dato il parallelismo delle facce, unitamente alla tipica precisione tra le stesse, il rischio di collisioni in fase di avvicinamento è estremamente elevato. Tanto più che i soli spostamenti rettilinei e coassiali

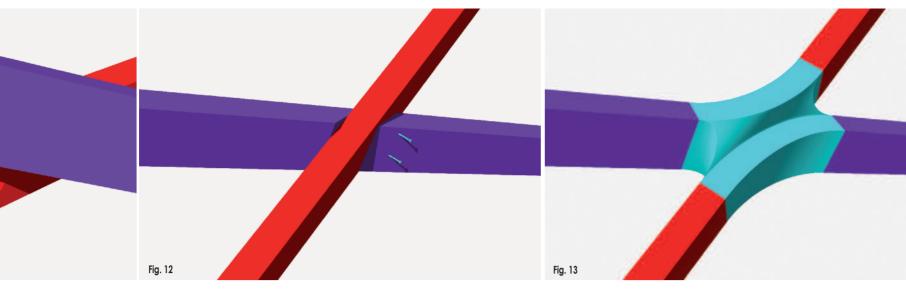
possibili contrastano con il grado di tolleranza anche del robot più accurato. Se il grado di tolleranza in una tipica giunzione si può misurare in termini di decimi di millimetro, o al massimo di poco superiore a questo, per quanto riguarda i robot migliori il grado di tolleranza sale fino a 5 millimetri. Da ciò si deduce che, ferma restando la natura poliedrica delle giunzioni, il rapporto con la robotica di montaggio è ancora assai problematico.

Fig. 11

Vediamo ora invece come si comporta la nuova giunzione di tipo "a-poliedrico". Le superfici non sono più parallele e gli spigoli sono arrotondati. In fase di avvicinamento sono compatibili rotazioni e spostamenti casuali. Non sussiste più il vincolo che gli spostamenti avvengano in modo rettilineo e coassiale. La tolleranza d'errore di circa 5 mm del robot non è più un problema. L'eventuale collisione sarebbe comunque morbida e, per di più, favorirebbe il serraggio.

Non sussistendo nella prassi corrente questa possibilità, è inevitabile che si proceda tagliando una delle membrature (o anche tutte e due) per poi vincolarle con chiodi o viti, se non piastre. Ciò avviene soprattutto quando il tipo di incrocio tra pezzi da luogo a volumi di intersezione di 7 o 8 facce, dove risulta categoricamente impossibile un incastro a metà-leano. Quando si verificano incroci complessi di membrature, dove a volte sono contemplati anche più di una coppia di pezzi, si è iniziata a sperimentare la sostituzione del nodo con una protesi, per lo più realizzata con materiali polimerici





mediante stampanti 3D. Rimanendo fermi al Caso studio di prima, è qui illustrata un'ipotesi di nodo inteso come protesi. Nella particolare circostanza succede un fatto curioso: modellando le superfici per dare luogo a un corpo unico, accade che coi raccordi prodotti si vengano a determinare continuità di forma tra pezzi che prima si intersecavano. Quasi come ora, se le parti non fossero frammentate, la giunzione fosse diventata "per tangenza" tra pezzi "incurvati".

Esperienze a tal proposito assai spinte si stanno facendo presso l'ETH di promosse Zuriao, dal Gruppo Gramazio - Kohler (Fig. 14). Certo, rimane fermo il fatto che una giunzione a tutto legno riveste tutt'altro significato. Rimanendo nel tutto-legno, è seguendo questa filosofia che, sempre a cura del Gruppo Gramazio -Kohler, è stato realizzato un Padialione sul tetto dell'Istituto Svizzero in Roma. Al riguardo, è degno di nota il fatto che in qualche modo è sfumata la differenza tra CNC e Robot. Infatti, dal filmato che documenta l'esperienza, si vede come le bucature atte a ospitare i cavicchi colleganti le assicelle siano prodotte direttamente da una mecchia montata, non su un CNC, ma su robot e, per di più, in uno spazio di lavoro non convenzionale (Fig. 15).

# 5. Il supporto dei "Gruppi di trasformazione"

Quando sono implicate rotazioni e spostamenti è inevitabile che siano richiamati i "Gruppi di trasformazione" circa il loro verificarsi, beninteso, secondo determinate condizioni. La teoria in campo matematico è tra le più complesse. Gli esempi qui riportati sono però di livello estremamente elementare. Tuttavia, nel maneggiarli si presentano già come veri e propri rompicapo. L'aiuto che recano in questa materia è in ogni caso davvero ingente. Ci aiutano a capire meglio i fondamenti di una giunzione e delle lavorazioni necessarie a realizzarla. Non è un caso che, sia i CNC, sia i Robot, si sostanzino della stessa disciplina. Stando ai soli incroci di due pezzi, volendo trattare tutte le permutazioni capaci di considerare ogni variazione caratteristica dei volumi di intersezione a partire da 4 facce (numero minimo), salendo via via a 5, poi a 6, poi a 7, fino a 8 facce (numero massimo), bisognerebbe mettere in conto un lavoro senza fine. Tanto più che le variazioni dipendono anche dalle proporzioni del rettangolo di sezione. E poi conta il fatto che, se dopo una serie di operazioni (che non siano quelle inverse) non si torna esattamente al punto di partenza, si deve parlare di sola trasformazione.

Fig. 10 - Visualizzazione 3D della fase imminente all'alloggiamento di un incastro a metà-legno di tipo Poliedrico e dell'alta probabilità di collisioni nell'ipotesi che sia un robot a movimentare i pezzi.

- Fig. 11 Visualizzazione 3D della fase imminente all'alloggiamento di un incastro a metà-legno di tipo A-poliedrico e della pressoché inesistente probabilità di collisioni dannose nell'ipotesi che sia un robot a movimentare i pezzi.
- Fig. 12 Visualizzazione 3D dei sistemi in uso di interruzione di una o due membrature e dei relativi collegamenti tramite viti nel caso in cui non sia realizzabile un incastro a metà-legno.
- Fig. 13 Ipotesi di giunzione a base di materiale polimerico nell'idea di una realizzazione tramite stampante 3D.
- Fig. 14 Zurigo, ETH. Esperimenti di protesi giuntative di materiale polimerico.
- Fig. 15 Istituto Svizzero in Roma. Prof. Mattihas Kohler, Prof. Felice Ragazzo, presso il Padiglione ligneo realizzato con l'ausilio di robot.





## FELICE RAGAZZO

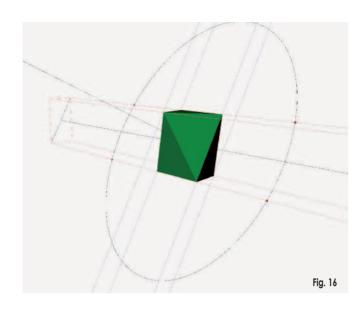
#### strutturalegno pagina 032 033

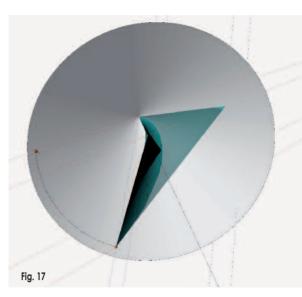
Fig. 16 - Visualizzazione 3D del processo di trasformazione per determinare un volume di intersezione a 8 facce.

Fig. 17 - Visualizzazione 3D del processo di trasformazione per determinare un volume di intersezione a 4 facce.

Fig. 18 - "Frame +", Patent pending: composizioni strutturali a matrice conica.

Fig. 19 - "Frame +", Patent pending: composizioni strutturali a matrice sferica.



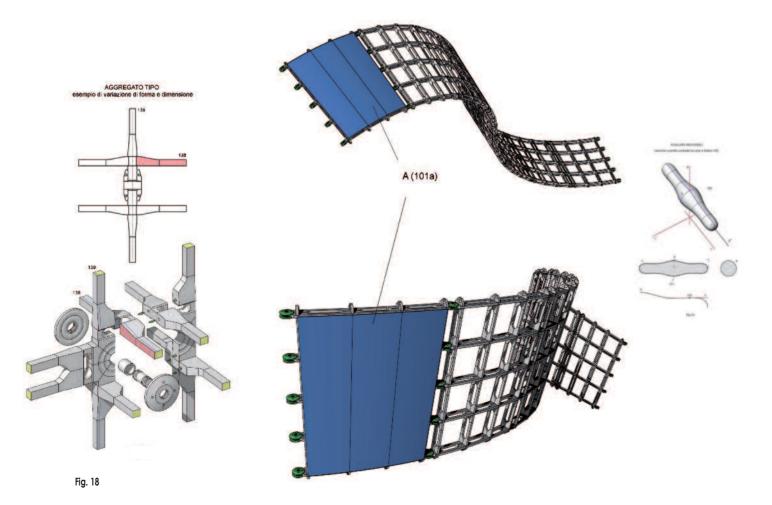


Qui saranno avanzati soltanto alcuni limitati esempi: un caso particolare di intersezione a 8 facce (pezzi autosecanti) e un caso particolare di intersezione a 4 facce. Quest'ultimo caso è significativo per il fatto che la superficie "liscia" che se ne potrà ricavare sarà una "rigata".

Per quanto riguarda il caso a 8 facce, l'esempio qui riportato si basa su di una rotazione di 90° avente per asse una retta perpendicolare al piano diagonale della membratura.

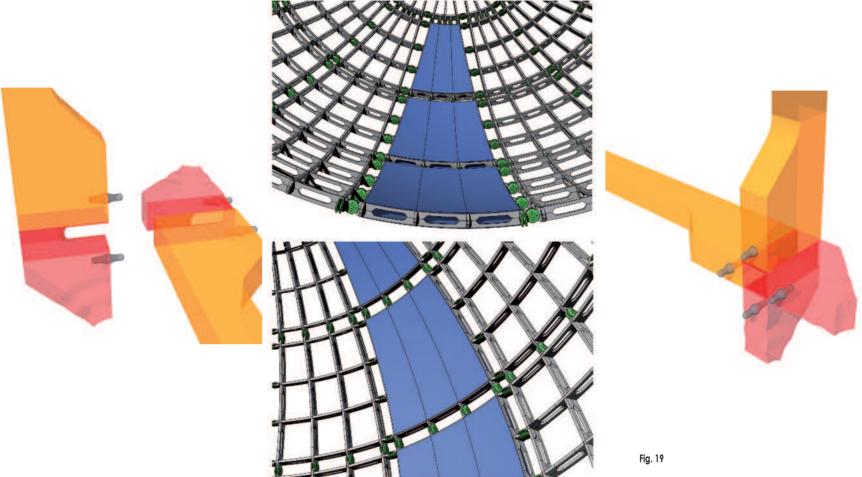
Per quanto riguarda il caso a 4 facce, il procedimento qui adottato è un po' più complesso. In primo luogo si è scelto un asse di rotazione complanare alla faccia stretta, ma obliquo rispetto ai relativi spigoli. Dopo di ché, tramite di esso, si è costruito un cono avente per generatrice uno spigolo (come mostrato in figura). Con l'intersezione tra cono e pezzo si è potuto ricavare l'angolo di rotazione specifico atto a generare un volume di intersezione a 4 facce. L'angolo in questione è qui visualizzato mediante un arco che collega due spigoli opposti del pezzo. Stabiliti i 4 spigoli del volume di intersezione è stato poi facile tracciare la superficie rigata comune ai due pezzi in connessione. Trattandosi di una superficie notevolmente aperta, è ovvio che ai fini di un solido vincolo occorre applicare

ESEMPIO APPLICATIVO modulo A (101a) a geometria conica



# SCIENTIA FELICE RAGAZZO





opportuni accessori di serraggio, anche soltanto lignei.

#### 6. Frame +

Un esempio in cui il concetto di giunzione liscia e, al tempo stesso, mutante nella sua conformazione fisico-geometrica, si rapporta programmaticamente al concetto di robotica finalizzata al montaggio, è costituito dal "Patent pendign" che ha per nome «Frame+». Da un lato, il requisito della liscezza è finalizzato al contenimento delle concentrazioni di sforzo, dall'altro, quello della mutabilità è finalizzato ad assecondare ogni tipo di esigenza architettonica, strutturale, statica e tecnologica. Tale Patent pending è stato presentato dal Gruppo formato dal sottoscritto e dai due architetti romani Fabio Spera e Massimiliano Coni. Le immagini scelte per rappresentarlo nel presente articolo mettono in evidenza la versatilità dei procedimenti costruttivi e assemblativi presupposti per ogni componente, beninteso, in una stringente logica lignea. Al tempo stesso, mettono in evidenza l'ampio grado di libertà compositiva in senso spaziale, e non di meno funzionale, mirando a elevarne al massimo livello l'espressività.

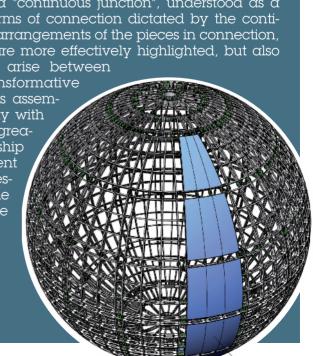
Conseguentemente, il disegno implicito del prodotto elaborato è quello di

potenziarne al massimo livello il tenore tecnologico tale da indurre, o meglio, favorire nuove e inesplorate visioni architettoniche mediante l'impiego del legno.

#### FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION: TECHNICAL INTERPRETATIONS FOR WOOD

Focusing on the idea of a "continuous junction", understood as a continuous flow in the forms of connection dictated by the continuous flow in the spatial arrangements of the pieces in connection, innovative relationships are more effectively highlighted, but also the new problems that arise between

wood and new transformative systems (CNC), as well as assembly (Robot). This especially with regard to the structures of greatest impact. The relationship of space and time inherent in the idea of flowing necessarily leads to raising the reasoning in terms of the fourth dimension.



#### FELICE RAGA770

www.feliceragazzo.it

#### strutturalegno pagina 034

Sopra: ritratto di "Maria" di Metropolis. Sotto: ritratto di Niccolò Zabaglia.



LETTERA A "MARIA"

Ciao, "Maria",

come stai? Come te la passi a Metropolis? Ma, dimmi un po', Niccolò, il Mastro Zabaglia (che allego in fondo), ogni tanto lo vedi? Sai bene, eh, che è uno di noi! Oh, mi raccomando, quando lo incontri, trattalo bene. Sai, lui, è molto più anziano! Pensa, ai suoi tempi, Galvani e Volta erano ancora di là da venire! Poveretto, era costretto a fare tutto a braccia, corde e cavalli. Oh, se lo vedi, dì pure a lui di aspettarmi. Quando sarò lì, avrò molte cose da dirvi. Qui i tempi, sai, si sono molto evoluti. Quello che per voi era pura utopia, oggi parrebbe che si possa toccare con mano. Io, comunque, con certe cose ci mangio il pane. Benché mi piaccia sognare, poi alla fine resto sempre coi piedi per terra. In fondo, in fondo, anche tu la pensi così, vero? In ogni caso, sai, mi viene da dirti con gioia: ma quanto vigore ci metti a specchiare con luce la vita...

Tuo, Felice.



#### Note:

- **1.** Il presente studio è stato sviluppato in previsione della partecipazione al Seminario FILIERA LEGNO 4.0 Cambiamenti in atto nelle costruzioni di legno. Verona Fiere Venerdì, 08 febbraio 2019; coordinato dal Prof. Franco Laner.
- **2.** A questo riguardo sono di notevole interesse gli studi, le esperienze, le concrete applicazioni, elaborate presso l'Istituto Italiano di Tecnologia di Genova, diretto dal Prof. Roberto Cingolani.
- **3.** Il superamento del paradigma della terza dimensione, pur in contesti peraltro sempre più diffusi di vita quotidiana, porta necessariamente a relazionarsi idealmente con la Teoria della Meccanica quantistica e, per altri versi, con la Teoria della relatività.
- **4.** Il richiamo fa riferimento alla "Teoria Generale dei Sistemi" elaborata pionieristicamente dal biologo di origini austriache Ludwig von Bertalanffy.
- **5.** Il richiamo fa riferimento ai due medici-biologi cileni: Humberto R. Maturana e Francisco J. Varela, circa i loro studi sugli esseri viventi intesi come sistemi autonomi capaci di auto-conservarsi. Il termine diventato famoso di "Autopoiesi" fu coniato da H. R. Maturana.
- **6.** La locuzione è tratta da: "La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza" (1979), Einaudi, Torino, 1981, scritto dal Premio Nobel per la chimica Ilya Prigogine.
- 7. "Castelli e Ponti di maestro Nicola Zabaglia", Roma 1824, con presentazione di S. E. Card. A. Comastri e introduzione di N. Marconi, Ed. Il Formichiere, Foligno 2014.
- **8.** CNR Commissione di studio per la predisposizione e l'analisi di norme tecniche relative alle costruzioni. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI. Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione e il Controllo delle Strutture di Legno. CNR DT 206–R1 / 2018. ROMA CNR 23 Ottobre 2018.