

SYNTHETIC REDUNDANCY

AN ADAPTIVE, HI-RES TIMBER FRAME TECTONICS BASED ON A DIGITAL MATERIALS STRATEGY

Tesi di Laurea in Architettura e Composizione Architettonica
Corso di Ingegneria Edile e Architettura
Scuola di Ingegneria e Architettura
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
aa 2016/2017

Relatore : Prof. Alessio Erioli

Giovanni Checchia de Ambrosio

Ottobre 2017

SYNTHETIC REDUNDANCY

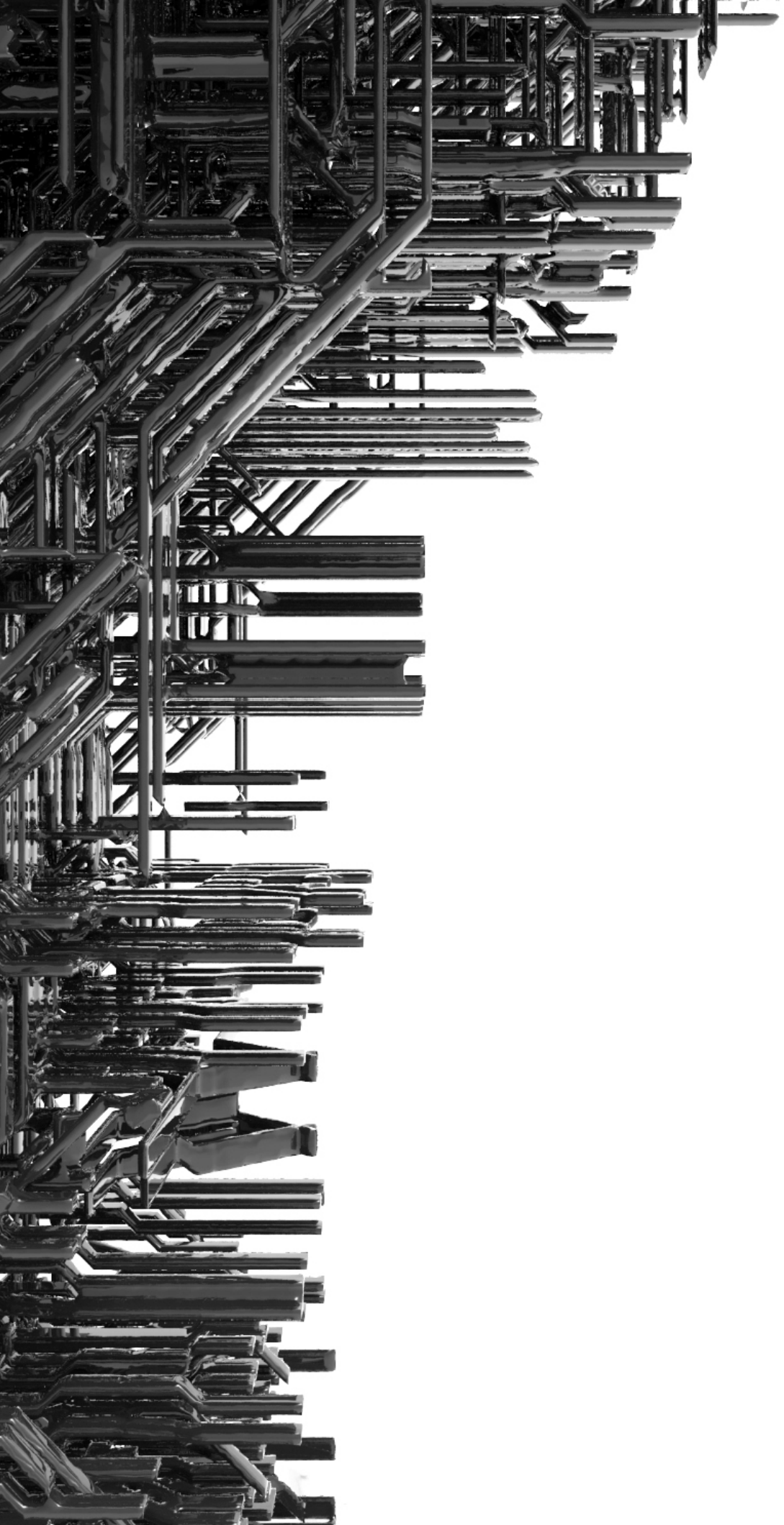
AN ADAPTIVE, HI-RES TIMBER FRAME TECTONICS BASED ON A DIGITAL MATERIALS STRATEGY

Tesi di Laurea in Architettura e Composizione Architettonica
Corso di Ingegneria Edile e Architettura
Scuola di Ingegneria e Architettura
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
aa 2016/2017

Relatore: Prof. Alessio Erioli

Giovanni Checchia de Ambrosio

Ottobre 2017



. CONTENUTI

00. ABSTRACT

. moodboard

01. INTRODUCTION

. computing in architettura
. morfogenesi : biologia e architettura

02. THEORETICAL BACKGROUND

. emergence
. elegance
. simulazione e algoritmo

03. DESIGN PROCESS

. digital : the discrete paradigm.
. reaction diffusion algorithm
. aggregation test
. parametri di auto-organizzazione
. gerarchie/dettaglio/ridondanza

04. ARCHITECTURAL SPECULATION

. crescita strutturale
. differenziazione volume/superficie

05. FABBRICAZIONE

. modelli di studio
. prototipo in scala 1 : 10

06. CONCLUSIONI

. conclusioni
. ringraziamenti
. bibliografia

00. ABSTRACT

SYNTHETIC REDUNDANCY

Con questa tesi di ricerca si indagano le potenzialità di processi mereologici digitali applicati all'architettura, generando sistemi complessi differenziati.

L'obiettivo è quello di creare un sistema tettonico articolato, formato da elementi discreti e caratterizzati da una determinata morfologia e finite potenzialità di sviluppo e aggregazione. Si vuole indagare come un tale organismo può essere soggetto a logiche di auto-organizzazione e differenziazione sulla base di feedback esterni, coerentemente con vincoli di tipo costruttivo e materiale.

Partendo da singole componenti orientate, dotate di limitate ma specifiche possibilità di movimento, il sistema ha capacità di organizzarsi e ordinarsi secondo logiche esclusivamente basate su interazioni locali e regole di allineamento, coesione e continuità strutturale, correlate agli altri elementi presenti nel network.



Fig. 1

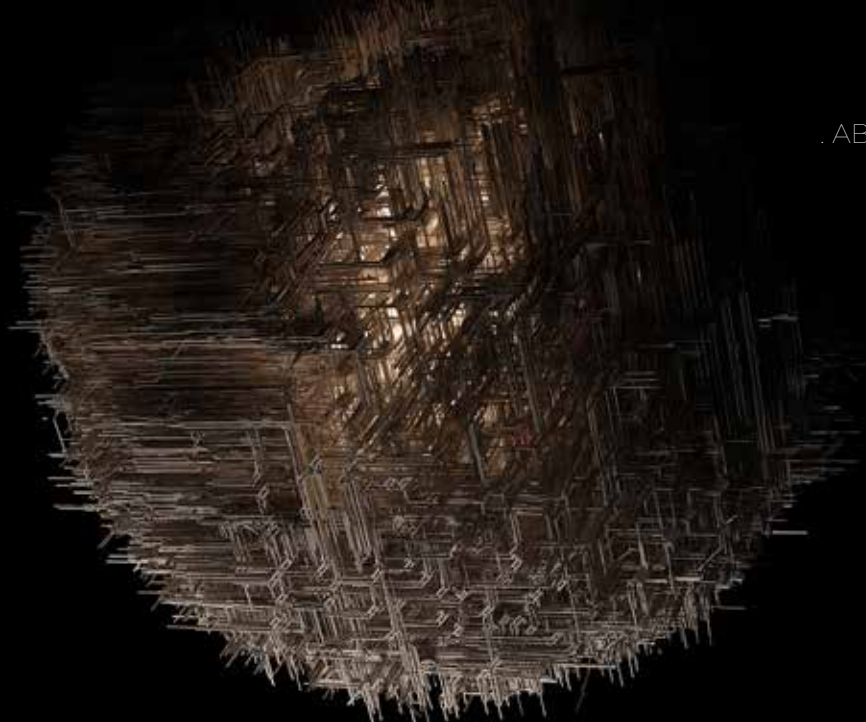


Fig. 2

Il sistema, ispirato e guidato da un algoritmo che simula processi morfogenetici in diversi fenomeni biologici (Reaction-Diffusion Algorithm), è dotato di alta ridondanza e gerarchizzazione strutturale e ha la capacità di differenziarsi generando macro elementi, che, caratterizzati da prevalente sviluppo volumetrico o di superficie, permettono l'integrazione di elementi costruttivi standard in una possibile declinazione architettonica.

L'assemblaggio che ne risulta, complesso ed eterogeneo, costituito da elementi lamellari in legno, è capace di performance spaziali e strutturali, dispiegando le sue qualità in ambito percettivo/ambientale e nella capacità di auto-organizzarsi. Le strutture di cui è composto e i pattern che emergono sono frutto di regole locali, essendo stato deliberatamente scelto un approccio di tipo bottom-up all'organizzazione del sistema.

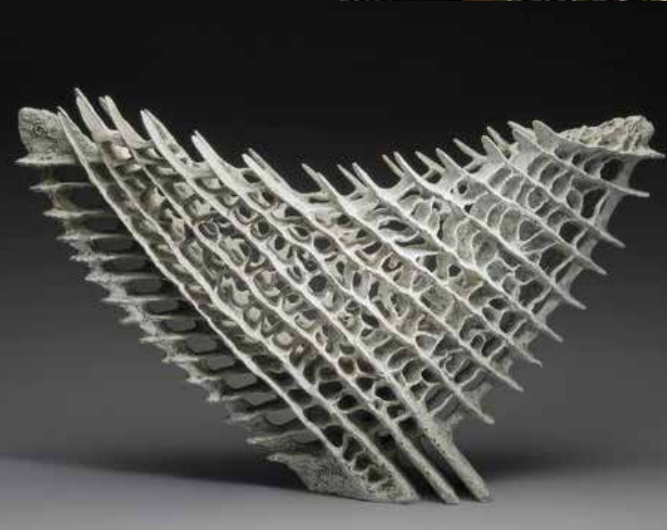
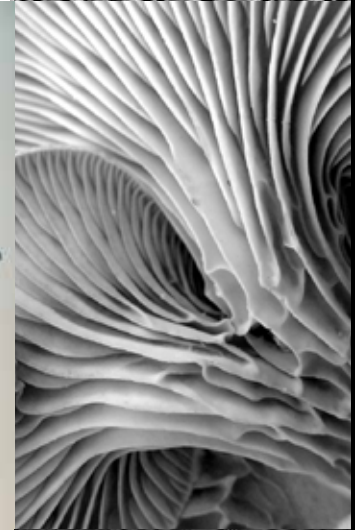
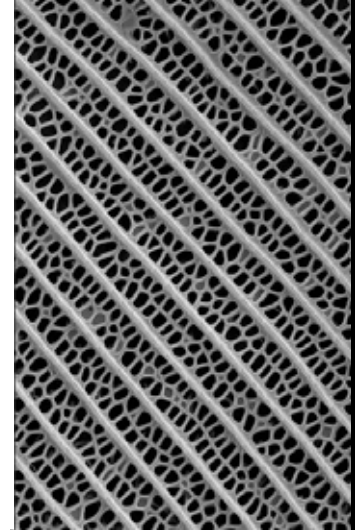
L'intrinseca complessità e l'alto numero di elementi di cui è composto, sono caratteristiche permesse in fase di costruzione dall'automatizzazione del processo, basato sulla fabbricazione a controllo numeri-

1. Algoritmo di Reaction Diffusion codificato sul modello di Grey Scott, applicato su di una sfera internamente popolata di punti e soggetta a carichi gravitazionali.

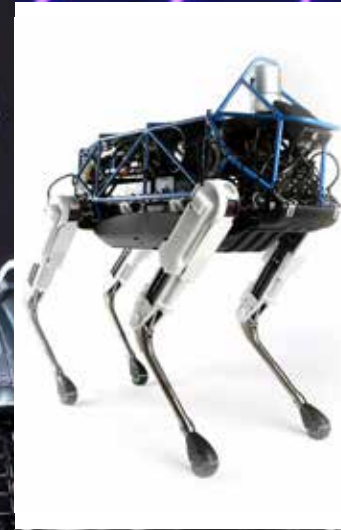
2. La mappa di valori ottenuta dal Reaction Diffusion utilizzata come campo di valori per lo sviluppo dell'algoritmo generativo delle lamelle.

co dei singoli pezzi, provvisti di sistemi di connessione legno-legno a secco, al fine di creare macro assemblaggi per facilitare la costruzione in opera.

Tale ricerca si inserisce a partire da studi su sistemi discreti materiali come i cosiddetti "Digital Materials" ("Reversibly Assembled Cellular Composite Materials" - Kenneth Cheung, Neil Gerchenfield, Center for Bits and Atoms, MIT) e ben riuscite speculazioni architettoniche sviluppate durante il MArch Architectural Design della UCL Bartlett di Londra (RC4 - Gilles Retsin, Manuel Jimenez Garcia).



MOODBOARD



MOODBOARD





1. "Digital Grotto",
M.Hansmeyer- B.Dillenburger
2017
Digital Grotto è un'esplorazione delle potenzialità formali espressive di logiche algoritmiche ricorsive applicate alla realizzazione di un oggetto architettonico poi stampato in 3D.
Interessante la capacità di produrre altissimo raffinemento e dettaglio dalla micro scala ad una visione globale di insieme.

2. "An Evolutionary Architecture", J.Frazer

01.01 INTRODUZIONE

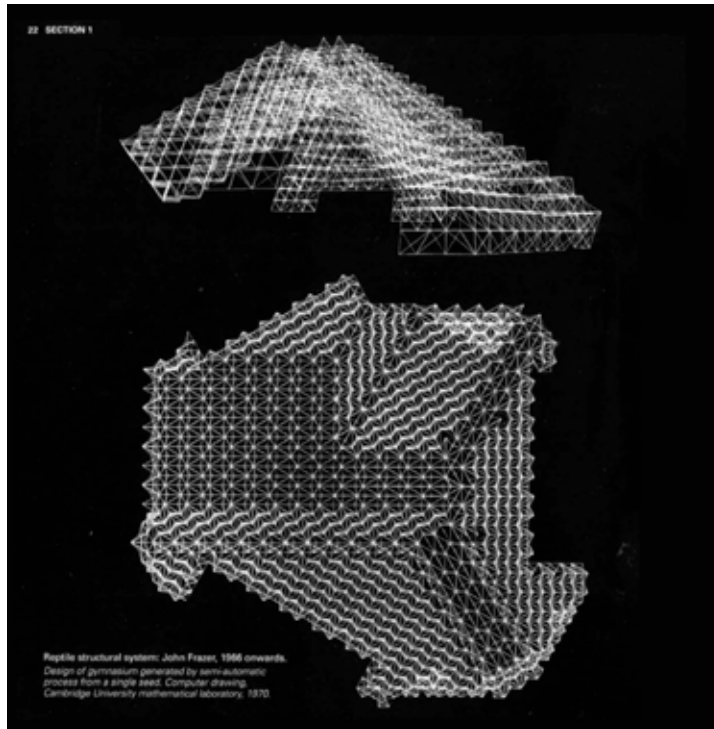
COMPUTING IN ARCHITECTURE

"The computers of our imaginations are also a source of inspirations - an electronic muse"

J.Frazer

Il processo architettonico delle ultime due decenni si è trovato ad affrontare il cambiamento radicale di paradigma legato alla progettazione attraverso strumenti computazionali, e all'affacciarsi di tecnologie costruttive legate all'utilizzo di sistemi a controllo numerico interfacciati strettamente con il processo progettuale (Digital Fabrication).

L'utilizzo del calcolatore in ambito architettonico, e la sua capacità di maneggiare la complessità della mole di dati che ne regolano il processo, ha permesso di spostarne l'utilizzo da mero tool di aiuto al disegno a vero e proprio strumento di progettazione. Citando Christopher Alexander: *"Un computer è essenzialmente uguale ad un esercito di impiegati equipaggiati con libri, penne, carta e squadre, tutti stupidi e completamente senza iniziativa, ma capacissimi di seguire esattamente milioni di precise e definite operazioni... mi sto chiedendo come il computer può essere applicato alla risoluzione di problemi"*



legati alla progettazione architettonica. Ma prima bisogna chiedersi quale tipo di problema può essere risolto da un esercizio di impieghi...e io al momento non ne vedo molti”³.

Un insieme di regole prescritte e più o meno vincolanti, forniscono il substrato su cui il sistema definito ha la capacità di generarsi e in cui il progettista può fornire le caratteristiche dell’ambiente circostante attraverso dati in svariata natura. La possibilità di definire aspetti minuziosi della struttura del sistema in oggetto è totalmente a discrezione del progettista, rendendo infinite le possibilità di dettaglio da raggiungere. Ogni parte fondante il sistema sarà caratterizzata dall’essere dotata di comportamenti autonomi e libertà decisionali locali, oltre ad aspetti sensienti legati alla lettura di dati legati o meno ad una qualche variabile fisica ambientale: forma e comportamenti globali emergeranno nello spazio e tempo. In questo contesto la computazione diventa mezzo per simulare lo sviluppo di un modello codificato che viene poi valutato in base alle sue performance all’interno di un ambiente². Si tende verso una cogni-



zione codificata dello sviluppo architettonico: semplici incorporamenti di regole che possono sviluppare comportamenti complessi e non attesi, o per dire come vedremo in seguito, “emergenti”.

In definitiva, gli strumenti che vengono usati inevitabilmente si rispecchiano nello stile degli oggetti prodotti, così come accade oggi con l’architettura e il Digital Style. Negli approcci del primo sviluppo digitale dell’architettura negli anni ‘90 la potenza computazionale veniva usata per realizzare strutture caratterizzate da morfologie curve complesse e largo utilizzo di Nurbs⁵, convogliando il calcolo in elementi formali matematici tradizionali e capaci di far risparmiare memoria non ancora a buon mercato.

La computazione attuale, e lo stile che ne deriva, nell’epoca dei “Big Data” è aliena da questa logica di semplificazione e costrizione, lasciando posto a uno stile caratterizzato dal largo numero di dati che lo governa, “messy”, assemblatorio, complesso, numeroso, disconnesso, affascinante⁶.

Search don’t sort.

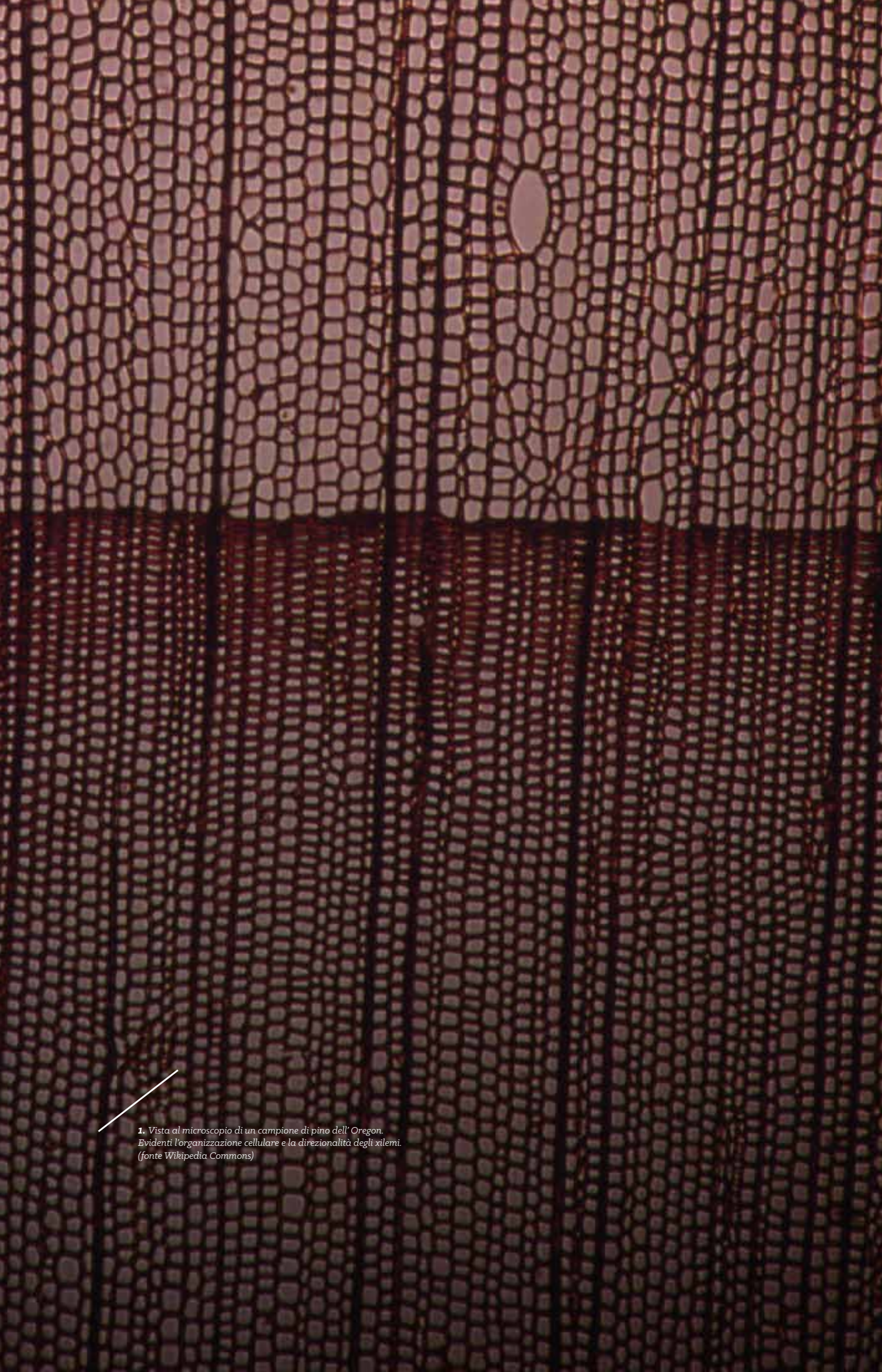
3. Christopher Alexander, “The question of computers in design”, Landscape, Spring 1967, pg 8.

4. In alto sx: “Reptile structural system” J.Frazer, 1966

5. NURBS - Non Uniform Rational B-Spline. Classe di curve geometriche utilizzate in computer grafica per rappresentare curve e superfici.

6. Mario Carpo, “Breaking the curve”, ArtForum, 2014

6. In alto a dx: Fresatura a controllo robotico su un pezzo di schiuma. “Composite wing” Roland Snooks - Kokkugia, 2014



1. Vista al microscopio di un campione di pino dell' Oregon. Evidenti l'organizzazione cellulare e la direzionalità degli xilemi. (fonte Wikipedia Commons)

01.02 INTRODUZIONE

MORFOGENESI : BIOLOGIA E ARCHITETTURA

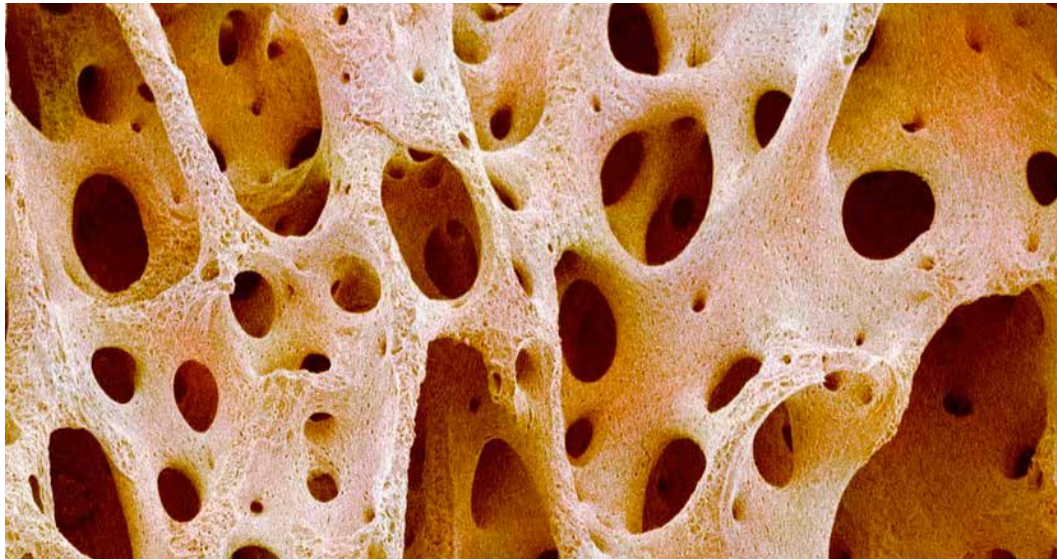
"When natural science is used for explanation or illustration, it is essential that the science is correct and the analogy is valid. But when it is used for inspiration and as a take-off point for thought experiments, it matters less, and misunderstood or even heretical ideas can provide much imaginative stimulus"

J.H.Frazer - "An evolutionary architecture"

La biologia è lo studio degli esseri viventi. Ha a che fare con forme di vita. L'ecologia è lo studio delle relazioni intercorrenti tra gli organismi e l'ambiente in cui essi vivono. E' interessante notare come tale definizione possa essere facilmente applicabile alla disciplina dell'architettura.¹

Il passare del tempo ha reso sempre più necessario un approccio "sostenibile" del costruito e della progettazione architettonica e l'ambiente naturale ha sempre rappresentato fonte di ispirazione nella risoluzione di tali problemi. Le arti in generale hanno costantemente, nel corso del tempo, mostrato interesse per quello che concerne l'ambiente naturale e il rapporto con esso, cogliendone però principalmente aspetti formali, utilizzandola pittorescamente come generosa fonte da

1. A.Menges , M. Hensel -
"Towards an inclusive discourse on heterogeneous architectures - MorphoEcologies - AA publication"



cui attingerne più forma che contenuti. La natura, come sistema ecologico, contrariamente alla più diffusa e comune visione pittoresca, è molto lontana dall'essere un sistema pacifico, di inerente bontà, statico, e in cui l'uomo ne è ospite. Nella sua estrema complessità tutto è in continuo cambiamento e mutazione: negoziazione di confini, energie, mutazioni ed evoluzioni. Un sistema complesso adattivo aperto, lontano da ogni possibile equilibrio termodinamico, e capace di generare ordine dal caos, incorporando e processando stimoli esterni.²

In questo contesto si delinea che i processi che sottendono alla definizione formale di ogni fenomeno rappresentano l'aspetto più interessante e degno di essere indagato. La comprensione delle regole e dei meccanismi che generano, poi, in accordo con stimoli esterni, le forme e gli organismi, il codice genetico (*genotipo*) che si manifesta nella sua crescita mediata con l'ambiente (*fenotipo*).

Gli esperimenti e le ricerche di Frei Otto negli anni '70 hanno dimostrato il legame che può esserci fra queste discipline, e come sia di notevole importanza la comprensione dei meccanismi e delle logiche che sottendono l'organizzazione materiale e quindi il loro aspetto susseguentemente formale. Ad oggi con le tecniche più recenti di indagine sulla materia si è potuti arrivare a rendere questo rapporto



2. A.Erioli, "Beyond Simulation", Disegnaecon, 2010

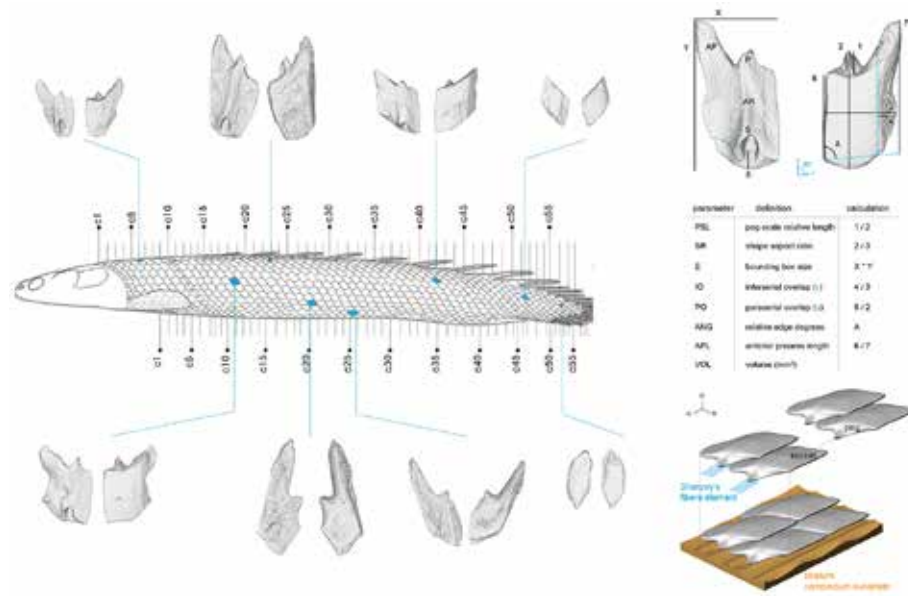
3. Pagina a fianco: Scansione al microscopio elettronico della struttura di un osso. Il processo che ne regola la formazione è un ottimo esempio di feedback fra stimoli esterni ed organizzazione/crescita materiale.

4. Sopra: ITKE Research pavilion 2014 - 2015. Esempio del potenziale architettonico sviluppato, ispirato dalle tecniche di costruzione del nido del ragno acquatico.

ancora più intimo e profondo, portando alla luce aspetti fondanti e di guida per i processi di progettazione architettonica, come ad esempio l'inerente struttura fibrosa e ridondante di molti materiali, e le loro proprietà da scala locale a globale.

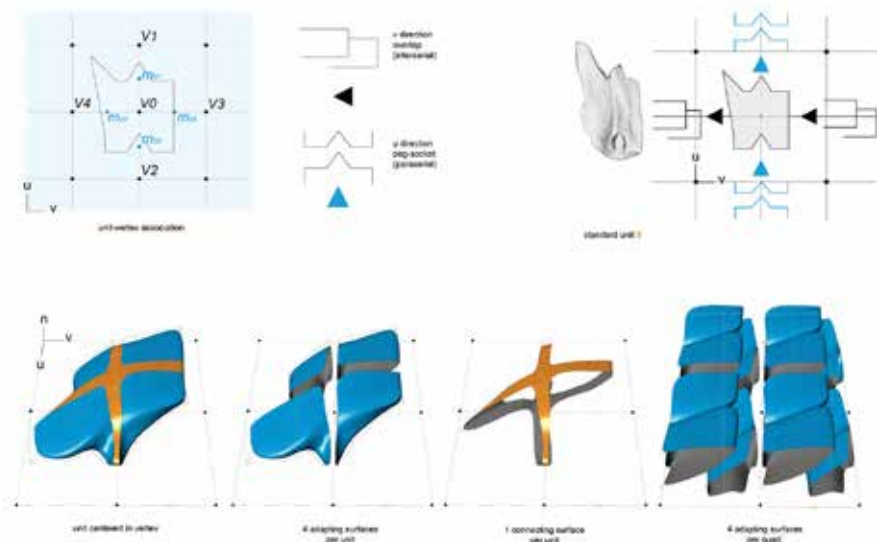
Molti sistemi biologici sono caratterizzati dall'essere articolati attraverso alti livelli di organizzazione e gerarchizzazione funzionale, attraverso diverse scale di grandezza, permettendo una più ricca e varia articolazione e resilienza del sistema. Le connessioni tra sistemi e sotto sistemi inoltre avvengono tramite una graduale modifica locale delle entità biologiche, una graduale trasformazione che si differenzia in base alla funzione e all'utilizzo, come ad esempio la connessione tra le ossa e i tendini, o come la graduale variazione della pelle umana nella transizione fra derma e mucose.

I processi morfogenetici (dal greco: *morphé* forma e *genesis* creazione) che sottintendono allo sviluppo dei sistemi biologici sono governati dal principio di minimo dell'energia. La materia tende a rimanere attorno a condizioni stabili energeticamente. Durante il suo sviluppo, gli stati raggiunti dal sistema sono frutto delle sue proprietà intrinseche, e il modo in cui si organizza (patterns) è la manifestazione del loro delicato equilibrio e incorporamento di stati d'informazione materia-energia. Processi autocatalitici



atti a riutilizzare gli scarti prodotti sono fondamentali per la sopravvivenza dell'ecosistema. In quest'ottica l'ottimizzazione fra forma e materia e l'alta efficienza raggiunta dai sistemi biologici sono di grande interesse nella produzione architettonica e nella gestione delle risorse ad essa collegate.

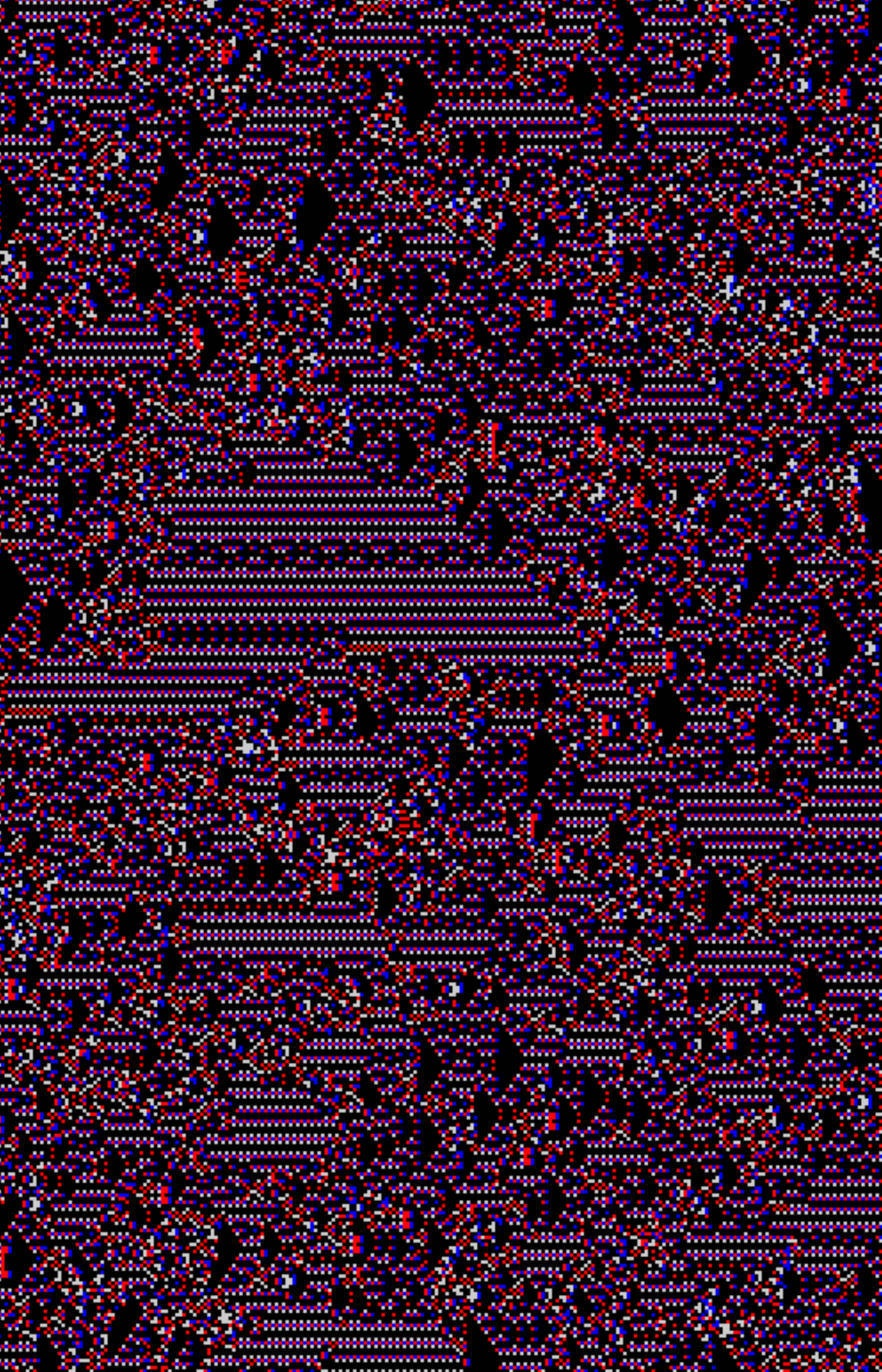
5. Su questa pagina : "Meta-mesh Armor" - MIT & Ortiz Lab 2016



6. In alto : "Mushtari from the wanderers serie" - Neri Oxman, 2014. Pensato come un singolo filamento riempito con materiale biologico, ispirato dalle forme del tratto intestinale umano, questo "indumento" è come un sistema organico che consuma e digerisce biomasse, assorbendo nutrienti ed espellendo scorie, convertendo la luce del giorno in saccarosio grazie ai cianobatteri presenti all'interno.



7. In alto : "Silk Pavillion" - MIT Media Lab, Mediated Matter - Neri Oxman, 2013. Il "Silk Pavillion" esplora la relazione tra digitale e fabbricazione biologica a scala architettonica. La struttura è basata su 26 pannelli poligonali fatti da filamenti di seta depositati da un CNC, processo ispirato dall'abilità del baco da seta nel tessere il suo bozzolo.



02.01 THEORETICAL BACKGROUND

EMERGENZA E AUTO-ORGANIZZAZIONE

“The movement from low-level rules to higher-level sophistication is what we call emergence, and ‘... a higher-level pattern arising out of parallel complex interactions between local agents”

Steven Johnson, Emergence, the Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software, Scribner (New York), 2001; Allen Lane/Penguin Press (London), 2001

1. Cellular automata Rule 180.
Esempio di emergenza di stati ordinati sotto forma di pattern a partire da condizioni casuali e semplici regole di vicinato.

Fonte: <http://math.hws.edu/~eck/js/edge-of-chaos/CA.html>

L' emergenza è un fenomeno pervasivo, scriveva Holland (*J.H.Holland - Emergence - Philosophica 59 (1997)*) indicando la trasversalità del fenomeno e la disparità di contesti in cui è riscontrabile. E' quanto possono avere in comune Google, una città, un banco di pesci o una colonia di insetti sociali. Per darne una prima definizione, per emergenza si intende il processo per cui ogni macroevidenza è frutto di interazioni locali ad una scala molto inferiore. Nelle scienze questo si riferisce a forme e pattern che sistemi complessi adottano come frutto di processi interni di auto-organizzazione, dotati di alto numero di elementi che emergono globalmente in uno stato di ordine e che non è poi più possibile scindere nelle sue parti .



Tale fenomeno è riscontrabile in molti sistemi naturali e biologici. Dalla formazione degli uragani, al comportamento di uno stormo di uccelli in volo, o all'organizzazione di svariati tipi di insetti sociali come formiche o termiti. Ma anche in fenomeni meno tangibili come ricerche fatte su intelligenze collettive, o sul funzionamento di internet e le reti neurali. Ad esempio in uno stormo di uccelli in volo o in un banco di pesci in acqua, le regole sono solo basate su rapporti di vicinato come la distanza dai vicini da mantenere entro un range o l'allineamento a direzioni principali per non isolarsi dal banco. Ugualmente un Cellular Automata (foto di copertina) è un algoritmo basato su semplici regole di vicinato stabilite all'inizio che decretano la vita o la morte di una cella caratterizzata da uno stato di 0 o 1. Alla generazione successiva il processo continua e dopo un certo numero di iterazioni per un largo numero di elementi in gioco pattern complessi emergono. Questi ultimi sono poroio il frutto del processo di autoorganizzazione: i flussi di energia a cui sono

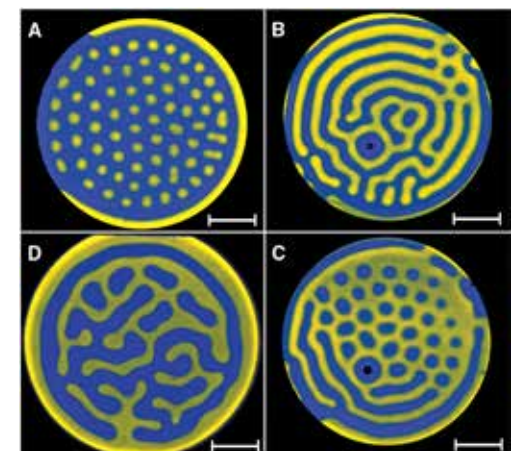


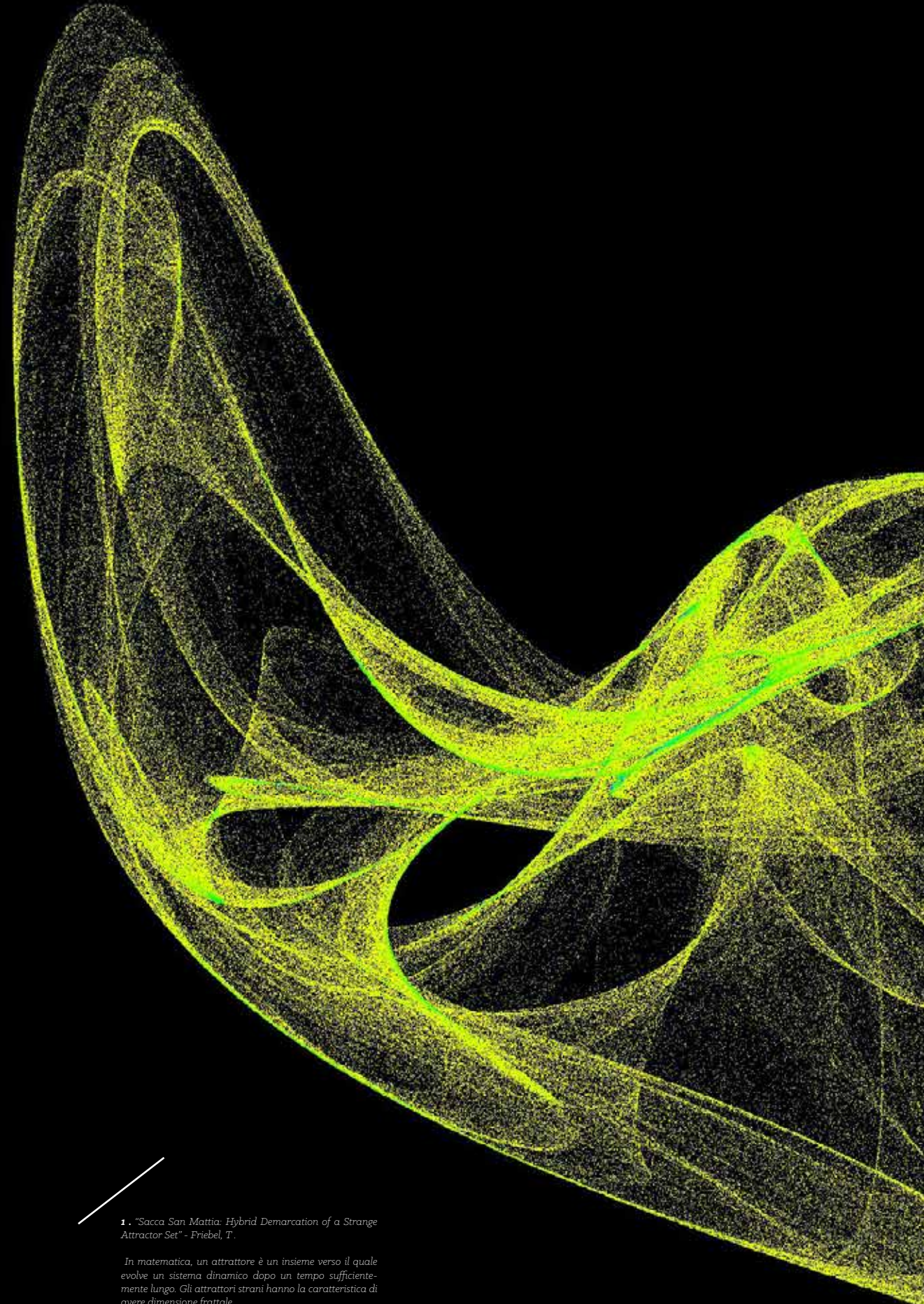
2. Pagina a fianco : Formazione di cumuli nuvolosi. Esempio di interazione fra diversi stati sistemici locali e loro interazione

3. In alto: banco di pesci e loro organizzazione. Comportamento collettivo ma guidato da intelligenze distribuite

4. In basso: pattern di Reaction diffusion

soggetti sono a loro volta influenzati da microvariazioni ambientali in un processo di feedback per cui arrivati oltre una certa soglia il sistema necessita di riorganizzarsi. Il modello di reaction diffusion, di cui parleremo meglio in seguito, è di grandissimo interesse per quanto riguarda l'intricatezza di pattern e forma e le relazioni che ne regolano lo sviluppo, nonché per gli aspetti morfogenetici che sottende.





1. "Sacca San Mattia: Hybrid Demarcation of a Strange Attractor Set" - Friebel, T.

In matematica, un attrattore è un insieme verso il quale evolve un sistema dinamico dopo un tempo sufficientemente lungo. Gli attrattori strani hanno la caratteristica di avere dimensione frattale.

Fonte: <http://thecollaborativemind.com/wp-content/uploads/2015/05/1JMKAttrCSlices8.jpg>

02.02 THEORETICAL BACKGROUND

ELEGANCE

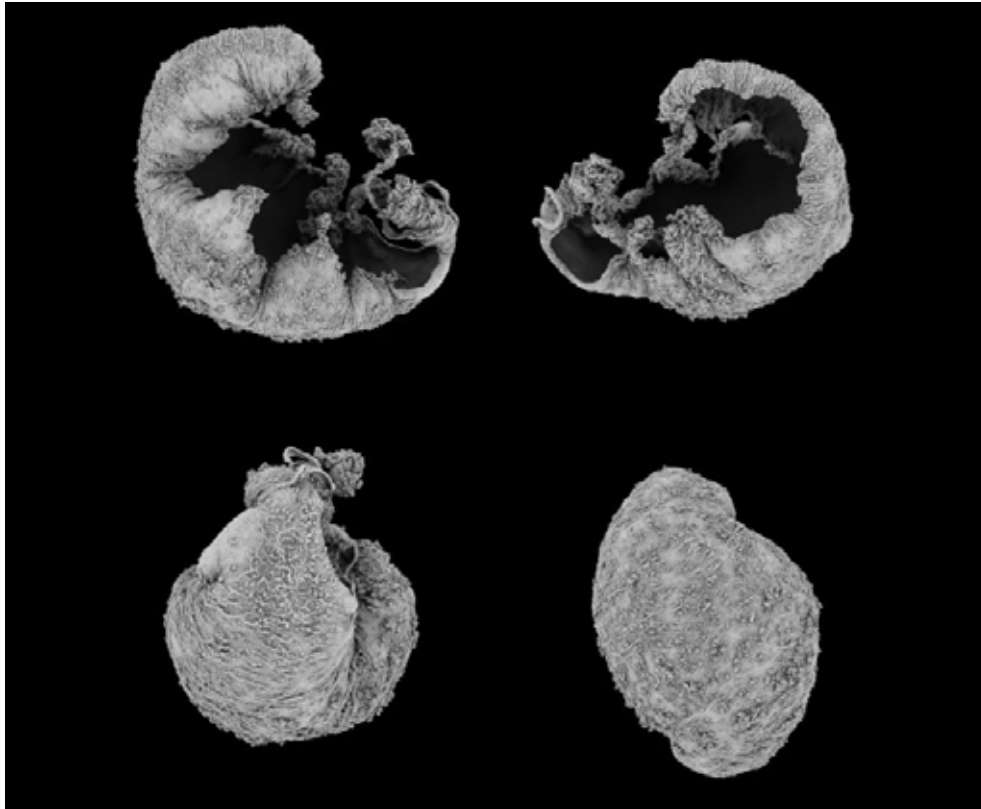
2. Manuel De Landa (Binghamton, 1952) è un regista, artista e filosofo statunitense. Professore di filosofia e scienze contemporanee alla European Graduate School della Svizzera, tenne conferenze sull'architettura presso la University of Pennsylvania School of Design e presso la University of Southern California School of Architecture.

(Fonte: Wikipedia)

L' eleganza, per le ripercussioni nel concetto di emergenza e auto-organizzazione, e per la tipologia delle scelte progettuali affrontate necessita una spiegazione a sé stante.

Secondo M. De Landa² il concetto di eleganza non è solo inscrivibile nei canoni della soggettività e del giudizio arbitrario ma, al contrario, ha una cospicua accezione quantificabile e numericamente definibile, sia essa manifestazione umana o meno. Tale quantificazione risiede nell' economia dei mezzi.

In quest'ultima accezione si può parlare di "material elegance", e la si può definire come il raggiungimento del massimo risultato con il minor utilizzo di risorse. E' l'idea secondo cui molti fenomeni in natura seguono il principio di minimo di energia, ad esempio che un fascio di luce prende sempre il percorso più breve fra due punti, come postulato da Pierre de Fermat nel 1662. Strutture matematiche complesse, calcolo differenziale e solu-



zioni a problemi apparentemente troppo complicate smisero di essere tali quando divennero disponibili le strutture di calcolo e teoriche necessarie per gestirle. Si superò il parallelismo tra economia dei mezzi e semplicità formale iniziando a poter maneggiare gli strumenti complessi ed apprezzarne l'inerte eleganza, intesa come stato di equilibrio locale (singolarità) all'interno di un più ampio spazio delle fasi. Ad esempio l'attrattore di Lorenz, fu il primo attrattore caotico sistematicamente studiato e la sua complessa struttura frattale mostra un significato ben diverso dal comune senso che si dà alla parola caos.

Ricollegandosi a questo concetto Patrik Schumacher³ si riferisce al termine eleganza dichiarando che non è quella si basa sulla semplicità del minimalismo, ma al contrario riduce visivamente la sottostante complessità che in tal modo è sublimata più che eliminata: eleganza che articola la complessità. Continua definendo un architettura elegante, quella



3. Patrik Schumacher (Bonn, 30 agosto 1961) è un architetto e docente tedesco naturalizzato britannico. Dal 2016 il nuovo direttore dello studio Zaha Hadid Architects.

Fonte: Wikipedia

4. In alto a sx: "Hybrid forms : external structures" - Andy Lomas, 2015. Il suo lavoro dimostra l'intriccatezza e l'intrinseca bellezza delle complesse strutture che possono emergere da simulazioni digitali sulla crescita.

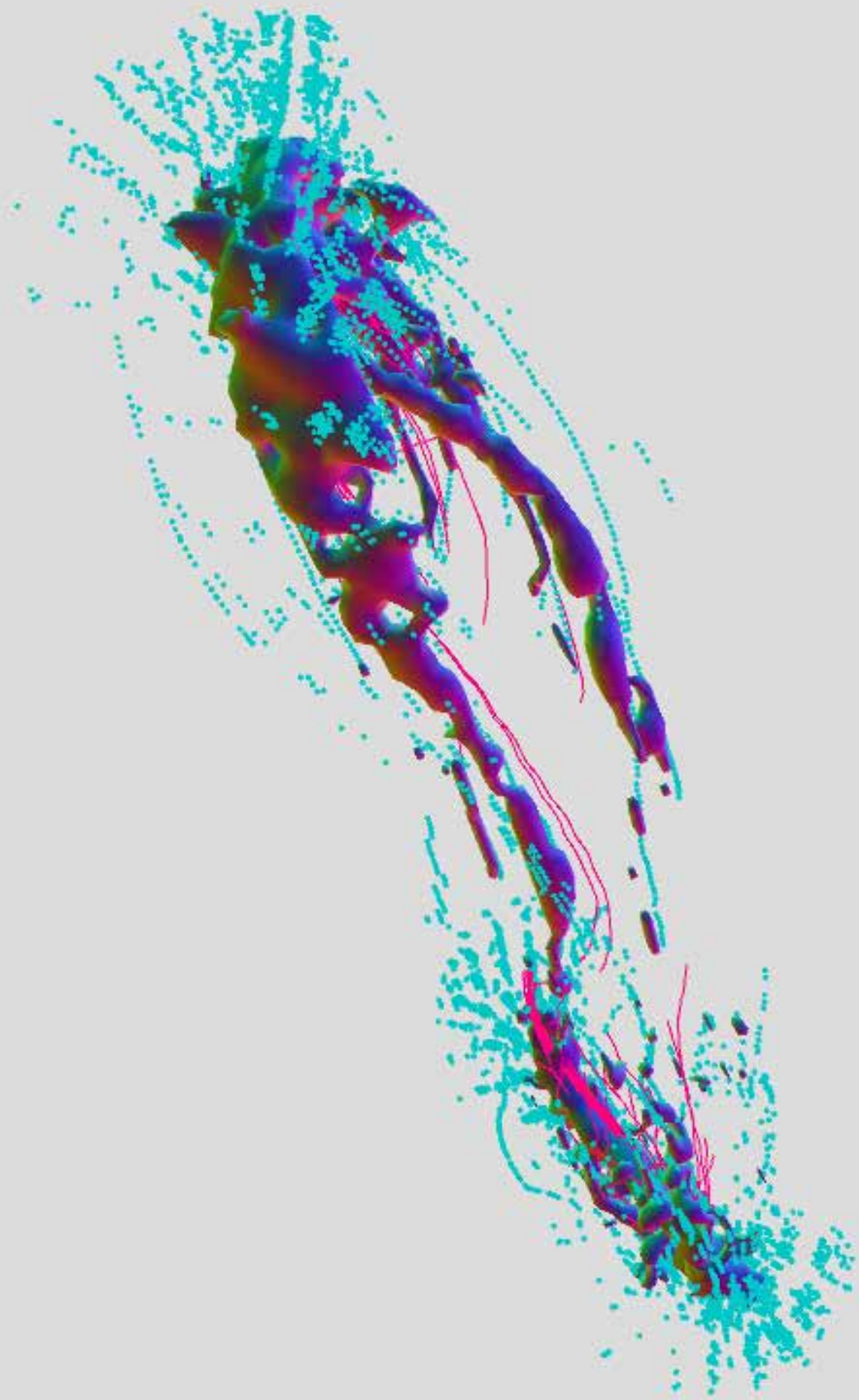
Fonte: <https://vimeo.com/andyomas>

5. In alto a dx: Vista al microscopio delle venature di una foglia

Fonte: <http://oddstuffmagazine.com/breath-taking-microscopic-images.html/micrograph-of-leaf-veins>

capace di governare la complessità dei fattori che la costituiscono senza mostrare disordine.

Relazioni fra set di elementi si mostrano come condizioni necessarie per il raggiungimento di eleganza formale, e relazioni fra relazioni il massimo grado di ordine raggiungibile. Nei sistemi naturali è l'auto-organizzazione materiale che adempie questo compito: infatti in questi sistemi, siano essi organici o inorganici, dove le forze agenti paiono convogliate in una composizione altamente integrata, non è più possibile decomporla nei suoi sotto-sistemi costituenti.



02.03 THEORETICAL BACKGROUND

SIMULAZIONE E ALGORITMO

“For the last few decades, there’s been a lot of discussion around the “virtual” versus the “real”, or the “material” versus the “virtual”. We are at the point now where everything is entangled.”

Casey Reas - Processing.org - 2017

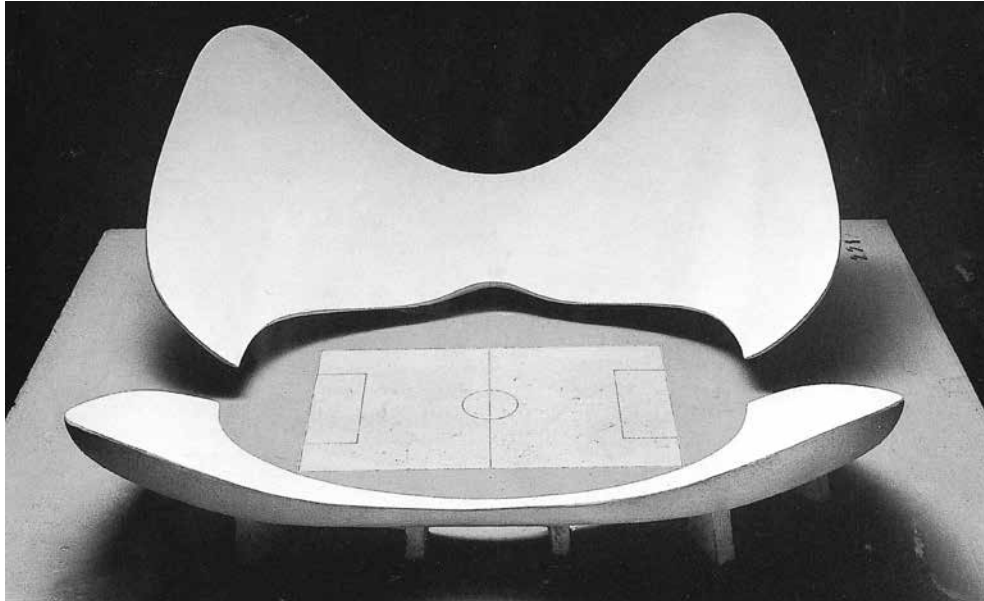
<http://strelka.com/en/magazine/2017/03/20/casey-reas-on-coding-you-need-to-be-able-to-read-and-write>

1. Simulazione di un sistema multi-agent con comportamento stigmergico e deposito di materiale.

Cortesia dell'autore. 2015

2. "The alphabet and the algorithm" - Mario Carpo, 2014

Nel 1982 la prima pagina del *Time* intitolava “uomo dell’anno” il PC IBM. Il cambiamento cui è seguita questa rivoluzione socio-culturale è ben noto e gli effetti non hanno tardato ad arrivare. Secondo Mario Carpo² la sottintesa sfiducia verso tali rivoluzioni porta per la maggior parte dei casi ad un periodo in cui la potenziale tecnologia distruttiva viene utilizzata per emularne altre più datate. Non è novità che i primi CAD venivano utilizzati per velocizzare e rendere più economico la parte tecnica della lavorazione ottenendo disegni in tempi più brevi e render più veloci. L’idea che quello strumento sarebbe diventato presto un *tool* di progettazione più che di disegno, si sarebbe concretizzata solo dopo la presa di coscienza che quest’ultimo avrebbe potuto liberare diverse costrizioni geometriche e concet-

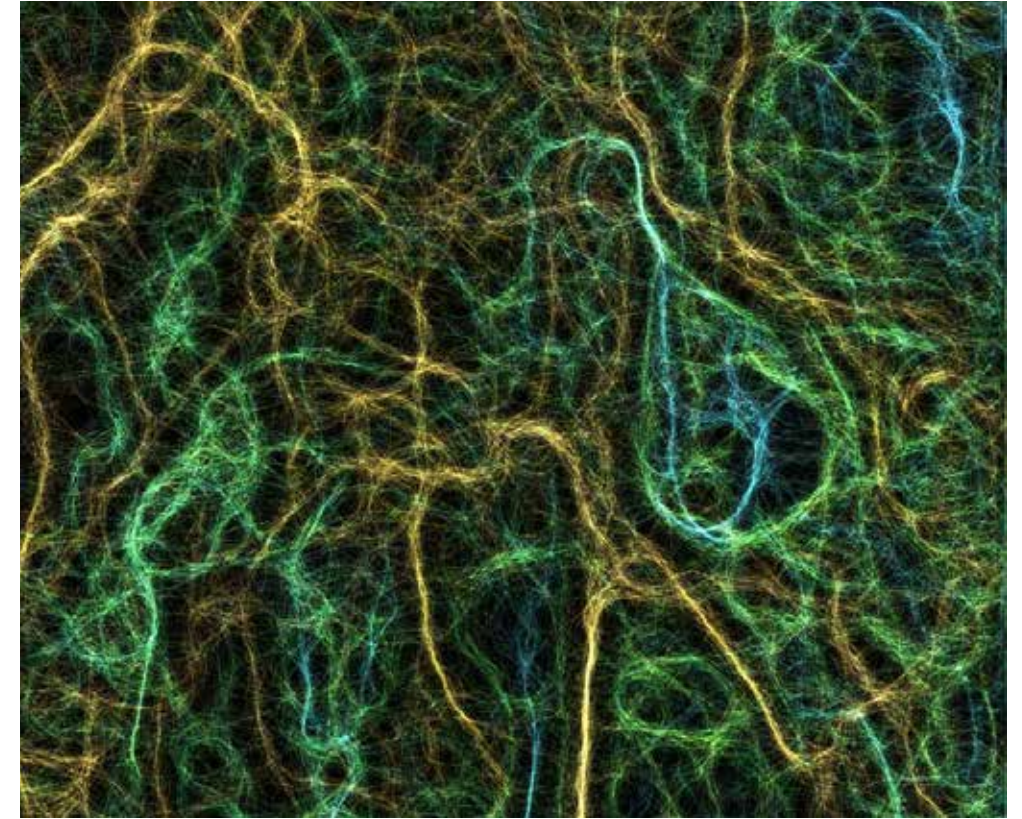


tuali al quali si era legati. La prima svolta digitale in architettura riguarda proprio questo periodo, in cui un nuovo universo di forme e possibilità si affacciava su orizzonti mai esplorati: possibilità di generare e controllare geometrie che altrimenti si sarebbero potute realizzare solo a mano. Con l'aumento della consapevolezza degli strumenti che si stavano utilizzando l'aspetto simulativo della computazione prese piede e la possibilità di incorporare, codificandole, condizioni materiali ecosistemiche, e logiche di intelligenze distribuite all'interno della fase progettuale ha aperto ulteriori orizzonti.

Nei sistemi naturali c'è una complessa e incorporata relazione tra forma, materia, pattern e occupazione spaziale, e la nostra tendenza di percepire la realtà è costantemente legata alla capacità di costruirsi dei modelli che la spieghi e la renda accessibile alle capacità del nostro cervello. L'architettura come processo "inizia esattamente nel momento in cui costruiamo questi modelli nella nostra mente". (A. Erioli, 2010). L'aspetto metabolico nei sistemi naturali ha proprio a che fare con il processare tale flusso di informazioni che rappresenta la stretta connessione esistente tra forma e materia. L'elaborazione di questo flusso di informazioni è essa stessa una forma di computazione. L'atto

3. In alto a sx : Luigi Moretti - "Model of parametrically designed stadium", 1960

La ricerca di Moretti si basava sulla relazione tra proiezione architettonica ed equazioni parametriche. Dopo il 1960 con l'aiuto di un IBM 610 riuscì a realizzare i modelli poi esposti alla XXI Triennale di Milano



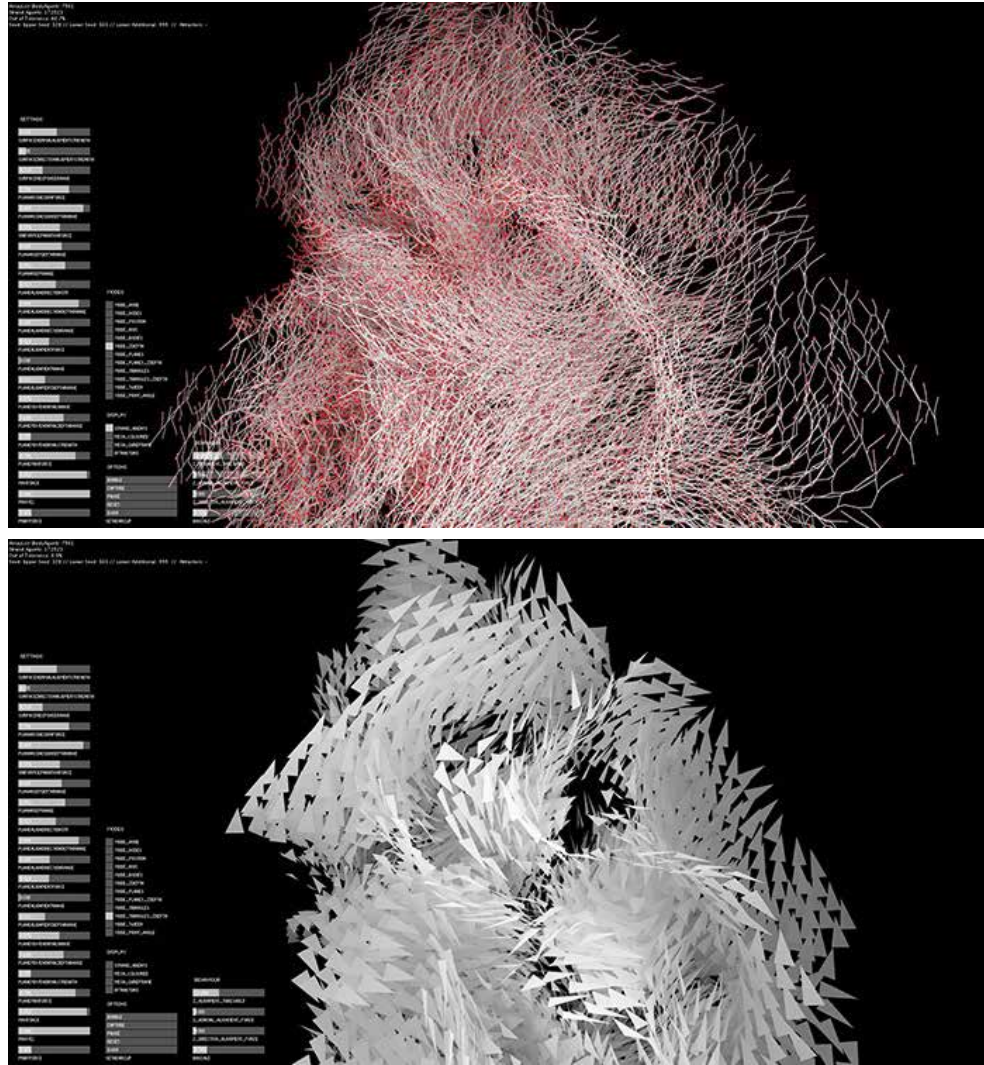
4. In alto a dx : "SUPERCOMPUTING(GPGPU) STIGMERGY SYSTEMS" -

NonStandardStudio, Daniel Bolojaan

simulativo in cui viene creato sotto forma di codice il modello rappresentativo della realtà, rappresenta lo strumento con cui possiamo avere un'analisi quantitativa di meccanismi di sviluppo dei sistemi nel rapporto con il loro ambiente e capirne le dinamiche in atto in termini di caratteristiche comportamentali.

La computazione dunque si basa sullo stesso processo di scambio di informazioni che sottintende ai processi viventi potendo quindi intendere gli organismi biologici come dei "wet computer". Secondo la speculativa teoria di Kevin Kelly i computer potrebbero essere una primitiva forma di vita e potrebbe avere una propria spinta alla sopravvivenza, usando noi come specie dedicata al soddisfacimento del suo bisogno riproduttivo. Attualmente lo stato della ricerca sulle AI mostra i primi segni di sviluppo di primordiali atteggiamenti evolutivi (ad esempio Google DeepMind).

La simulazione dunque, permette di evitare l'imposizione di qualunque principio di design lasciando quindi che le



caratteristiche intrinseche del sistema e le sue logiche auto-organizzative emergano autonomamente in una organizzata complessità. La logica diventa quindi operazione decisionale estetica : non si necessita più di un role model specifico in quanto la sua potenzialità risiede proprio nel poter indagare altre forme di realtà ancora sconosciute. (Baudrillard, "Hyperreality", 1983).



5. In alto a sx : "RMIT Mace" - Kokkugia, 2017.
Esempio di simulazione multi-agent in cui ogni agente incorpora oltre a parametri di vicinato anche informazioni legate alla propria corporeità e al rapporto della stessa con quella dei vicini.

6. In alto: "Arabesque wall" - Benjamin Dillenburger and Michael Hansmeyer 2015.
Potenza algoritmica

7. A lato: Copertina del "TIME" 1982





03.01 DESIGN PROCESS

DIGITAL: THE DISCRETE PARADIGM

“The inherent discreteness of nature (which, after all, is not made of dimensionless Euclidean points nor of continuous mathematical lines but of distinct chunks of matter, all the way down to molecules, atoms, electrons, etc.) is then engaged as such, ideally, or in practice as close to its material structure as needed, with all of the apparent randomness and irregularity that will inevitably appear at each scale of resolution.”

Mario Carpo - Breaking the Curve, 2014

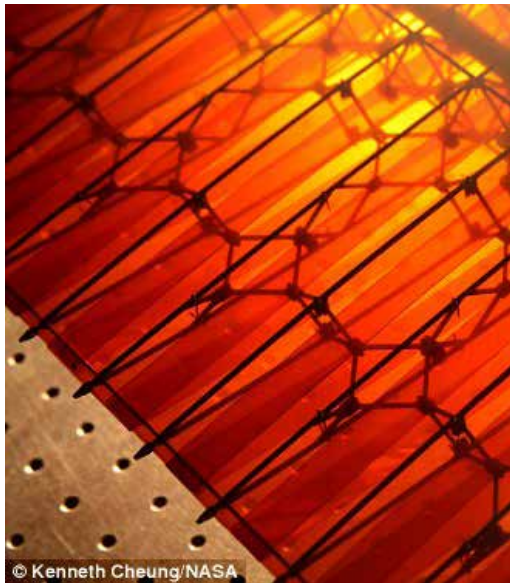
Come già descritto nei paragrafi precedenti la seconda era del “digital design” ha spostato l’attenzione della computazione in architettura verso sistemi complessi formati da un largo numero di elementi, i quali, attraverso logiche bottom-up, emergono in pattern ordinati in cui l’intricata rete di relazioni che li governa si manifesta sotto forma di intrinseca eleganza².

L’attenzione di questa ricerca si rivolge soprattutto a questi sistemi dove aspetti mereologici e di natura complessa/organizzativa, si intrecciano con logiche tettoniche e vincoli costruttivi. La realizzazione di architetture digitali

1. A lato : “Flight Assembled Architecture” - Gramazio & Kohler, 2012

Fonte :
<https://vimeo.com/33713231>

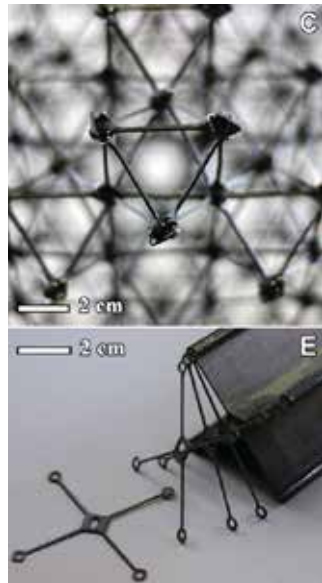
2. Vedi paragrafo 02.02 Eleganza e auto-organizzazione da “Elegance” - Patrik Schumacher



necessita una comprensione più profonda del termine digitale facendo riferimento alla sua intrinseca definizione.

Qualunque processo di digitalizzazione prevede una trasformazione in “blocchi” di dati comprensibili dal calcolatore, che per sua natura accetta dati in maniera differente dall’analogico “continuo”. Allo stesso modo processi architettonici computazionali digitali spesso sono costretti a ricorrere a mezzi di produzione continui, “analogici” per così dire, come stampa 3D, CNC-milling, dove la materializzazione avviene per continuo deposito di materiale. Questi strumenti appaiono come risolutori del gap tra il design e la materializzazione. L’algoritmo generativo non tiene in conto così di aspetti tettonici e fabbricativi legati maggiormente allo sviluppo stesso del sistema. Citando Gilles Retsin³ “3D printing e CNC milling sono processi di fabbricazione continui,[...]stampare un Mickey Mouse, una colonna dorica, o una scultura digitale non avrebbe differenza se non nella forma.”

In questo contesto nasce l’idea di ricercare integrità e connessione tettonica indagando le potenzialità di un sistema architettonico digitale formato da “blocchi” discreti, dotati

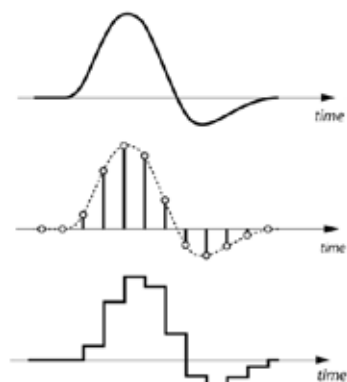


3. Gilles Retsin - “Discrete Assemblage as design and fabrication strategy”

4. In basso: Digitalizzazione di un onda sonora. Il processo prevede l’estrpolazione di campioni sonori a regolata distanza di quantizzazione.

5. In alto dx: Assemblaggio di una struttura a geometria cubottaedrica. Il lattice strutturale, creato a partire da elementi planari stampati in 3D (carbon-fiber reinforced polymer), è internamente connesso da clip a taglio.

6. In alto sx: “Morphing wings” - MIT and NASA, 2016. Applicazione dei digital materials nella struttura di un ala. Lo space frame così creato ha la capacità di deformarsi assecondando le naturali sollecitazioni del volo rendendolo così più efficiente.



7. In alto: “Block Hut Table nr 1” - Gilles Retsin, 2015

8. “Cellular Solid Reconfigurable Materials” Kenneth Cheung, PHD Thesis, Center for Bits and Atoms, 2012 e “Reversibly Assembled Cellular Composite Materials” Kenneth Cheung e Neil Gershenfeld, MIT - Center for Bits and Atoms 2016

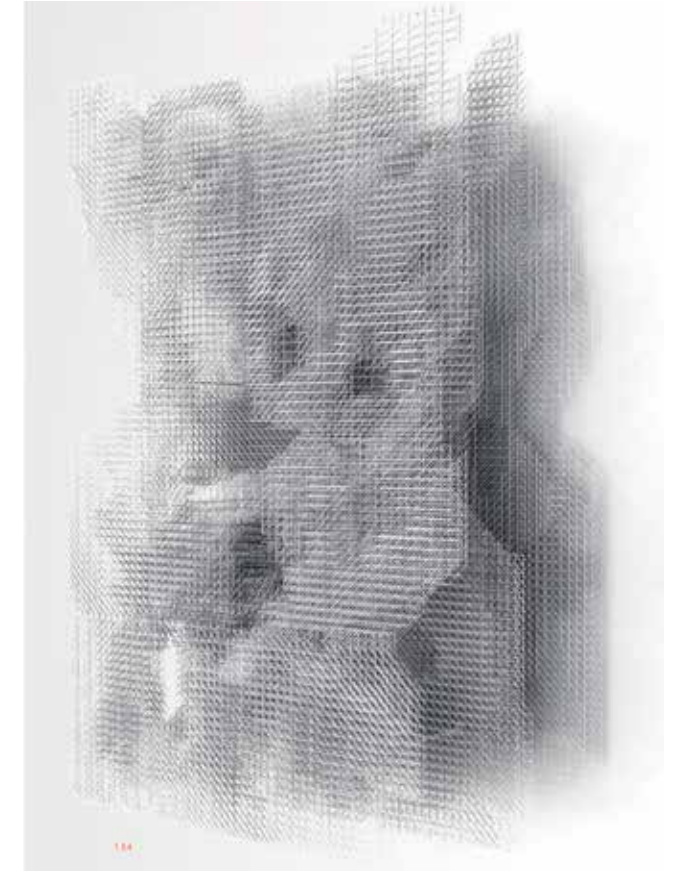
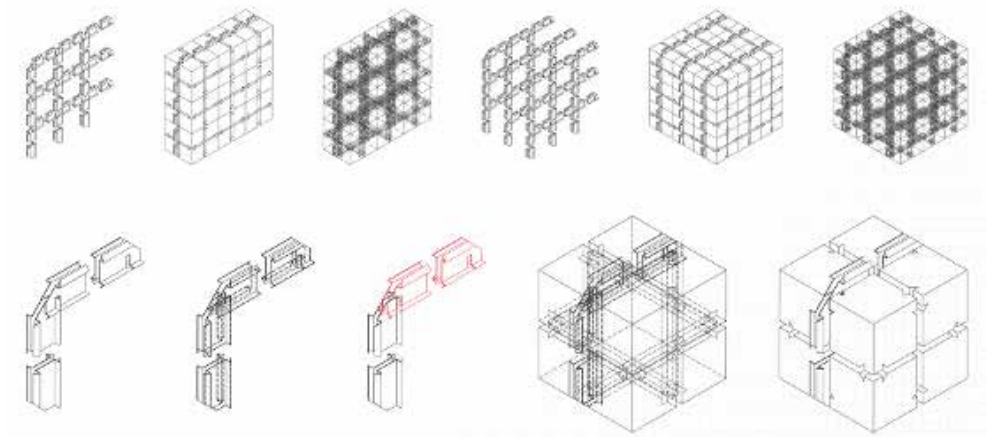
di limitate possibilità di congiunzione, dove il largo numero di elementi in gioco permette di questionare la natura stessa dell’oggetto architettonico e il rapporto fra le parti che lo compongono e il tutto. La computazione che regola il processo terrà conto sia di aspetti locali e auto organizzativi ma definendo rule-set di carattere squisitamente sintetico e legato ai vincoli che il processo tettonico stesso impone. L’aspetto fabbricativo che ne consegue sarà enormemente facilitato da tale concettualizzazione: bracci robotici serialmente impiegati nell’assemblaggio di pezzi (o macro assemblaggi di singoli pezzi) dotati di relazioni univoche con i vicini o perlomeno di connessioni limitate e di facile programmazione. Questo processo di digitalizzazione figlio dell’era dei “Big data” trova il suo fondamento ispirativo per quanto riguarda l’aspetto materiale nel lavoro di ricerca sui digital materials di Kenneth Cheung e Neil Gershenfeld.

I **digital materials** sono composti da un relativamente piccolo numero di singoli “blocchi” da costruzione, il cui assemblaggio ha la caratterizzazione di poter essere versatile e scalabile così come il mezzo computazionale che lo genera⁸. Un solido a sua volta formato da numerose celle di grandezza e composizione arbitraria, il cui vantaggio risiede nella



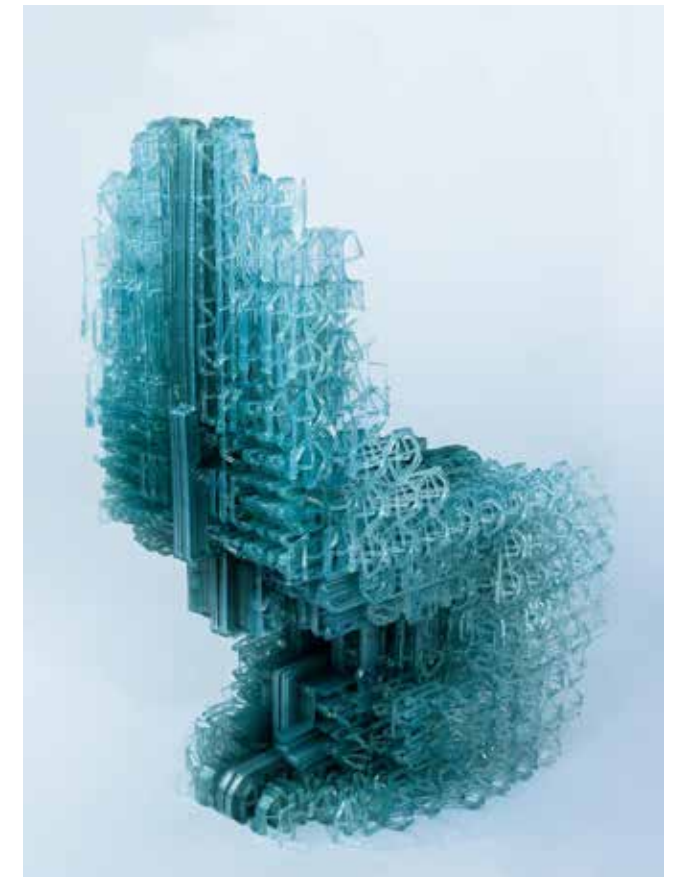
computabilità e possibilità di raffinarne localmente le caratteristiche (geometriche e meccaniche), nonché nell'assemblabilità, ben definita dal preciso numero di collegamenti possibili, e la sua scalabilità, essendo potenzialmente infinito il numero di blocchi assemblabili. In figura, un esempio di assemblaggio di elementi planari con asole che formano una struttura cubottaedrica. Ogni elemento che forma la cella è così potenzialmente soggetto ad un "fine-tuning" locale, sia geometrico che meccanico. Tale processo è conseguenza naturale della possibilità computazionale di ottenere un preciso controllo a microscala della formazione, e, la sua costruibilità supportata roboticamente.

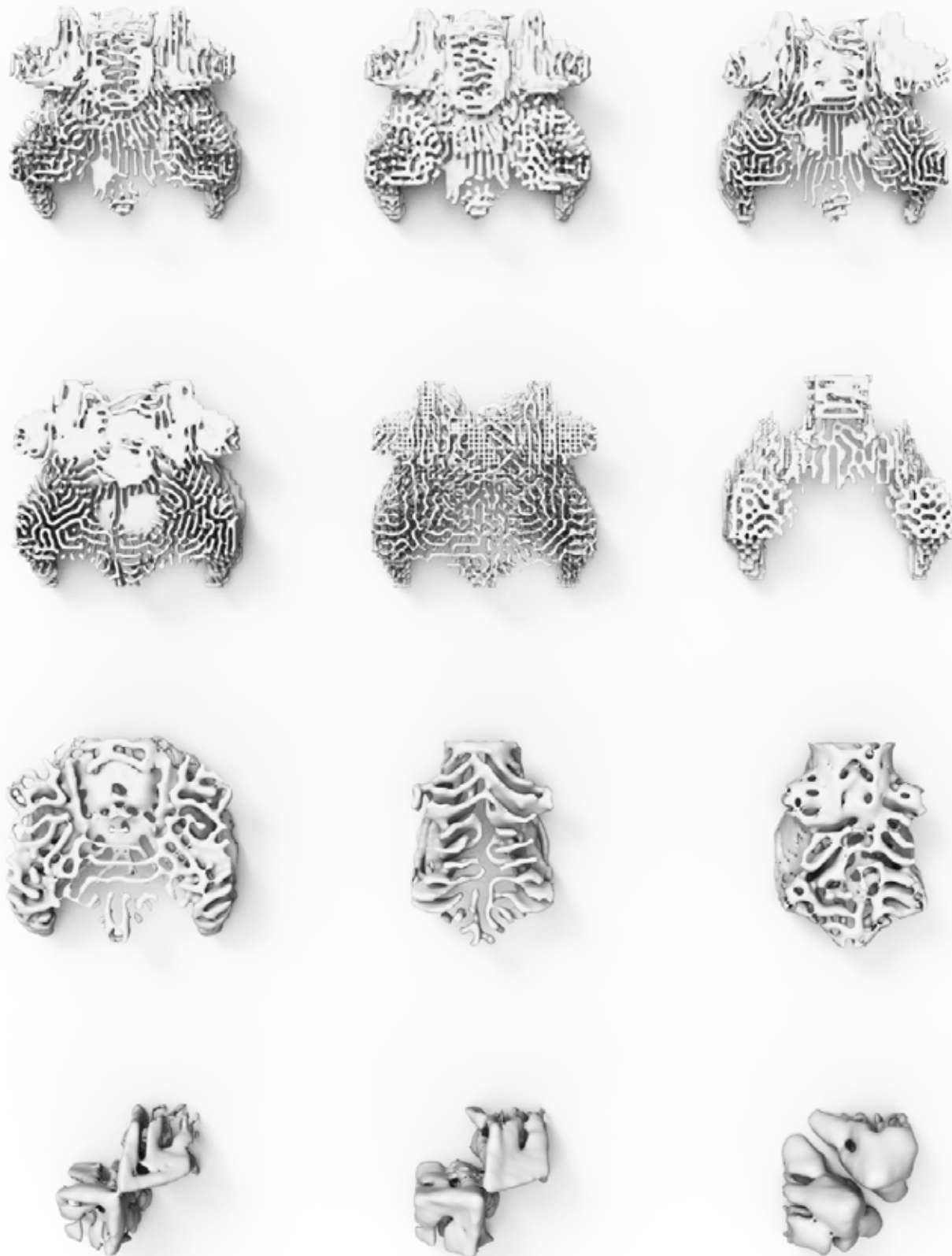
La mia ricerca si inserisce in questo contesto, e nei capitoli seguenti verrà esposto il workflow che l'ha accompagnata.



9. In alto: "WireVoxel - Interace", UCL Bartlett, RC4, 2016

10. In basso: "Voxel Chair" - Gilles Retsin e Manuel Jimènes Garcia, 2017.





03.02 DESIGN PROCESS

REACTION DIFFUSION ALGORITHM

1. Diversi test iniziali di Reaction Diffusion. Le simulazioni sono state effettuate su modelli 3 dimensionali informati da campi vettoriali e scalari.

2. Alan Mathison Turing (Londra, 23 giugno 1912 - Wilm-slow, 7 giugno 1954) è stato un matematico, logico e crittografo britannico, considerato uno dei padri dell'informatica e uno dei più grandi matematici del XX secolo.

Durante le fasi iniziali della ricerca ci si è concentrati sulla possibilità di adottare una soluzione di generazione di spazio che non prevedesse interventi a priori esterni ma che emergesse da interazioni locali e logiche algoritmiche. Riferimento cardine durante questa fase è stato il modello di Grey-Scott del Reaction Diffusion, modello matematico che descrive il processo di reazione e diffusione della concentrazione chimica di due sostanze messe a contatto, risultando in pattern caratteristici di frequente ritrovabili nel modo biologico.

Teorizzato da Alan Turing² nel 1952 nel trattato "The Chemical Basis of Morphogenesis", tale sistema rappresenta l'interazione due diverse sostanze, morfogeni, che reagendo e diffondendosi in strati sottocutanei danno origine a pattern intricati responsabili della pigmentazione della pelle di diverse specie animale. L'interesse peculiare rappresentato dalla sua ricerca è quello di aver trovato un modello



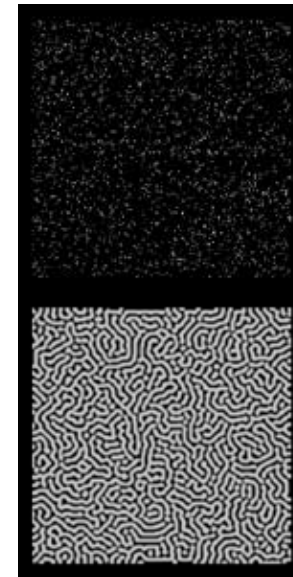
funzionante di particolare interesse per lo studio di fenomeni biologici applicati alla morfogenesi, come ad esempio la formazione dei pattern di livrea del pesce zebra, o i percorsi follicolari di alcuni topi, dimostrandone la completa emergenza, a partire da omogeneità di condizioni iniziali. Alcuni studi ne hanno dimostrato la va-



3. Esempio di formazione di complessi pattern superficiali attribuibili al Reaction Diffusion sulla pelle del "Mbu pufferfish" della famiglia dei Tetraodontidae.

Fonte: Wikipedia

4. Sotto esemplari di "Humphead wrasse".



4. Sopra: screen di simulazioni 2D dell'algoritmo. Evidente la transizione da stati di casuale disposizione della sostanza, a pattern ordinati.

5. Sotto: Schema riassuntivo dei parametri che governano la simulazione

6. "A reaction-diffusion type mathematical model for the formation of coral patterns"

L.W. Somathilake e J.R. Wedgedera

lidità anche nell descrizione di modelli di crescita di coralli e nella mitosi cellulare. P. Gray e S.K.Scott elaborarono il modello che permette di riprodurre il processo di morfogenesi teorizzato da Alan Turing. Matematicamente, la formula, equazione parabolica semi-lineare alle derivate parziali prende forma come segue :

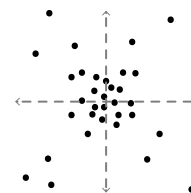
$$\frac{\partial u}{\partial t} = D_u \cdot \nabla^2 u - u \cdot v^2 + F \cdot (1 - u),$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = D_v \cdot \nabla^2 v + u \cdot v^2 - (F + k) \cdot v.$$

Le variazioni di concentrazioni di "u" e "v", dipendenti dal tempo, sono dettate da un termine legato alla **diffusione** D_u (o D_v) moltiplicato per l'operatore laplaciano della concentrazione u (o v), più o meno il termine legato alla **reazione** uv^2 , sommato o sottratto al termine di **feed** o **kill**, rispettivamente il tasso di aggiunta o rimozione di una o dell'altra sostanza.

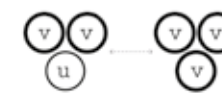
Nel sistema descritto da queste equazioni, l'area dove avviene la reazione è separata da qualcosa che ne limita lo sviluppo, come una membrana semi permeabile attraverso la quale, ad un determinato tasso, permeano i rifornimenti permettendo la crescita. Il parametro di feed rappresenta la permeabilità di questa membrana e quindi assieme al valore di kill influenzerà notevolmente la tipologia di pattern che emergeranno.

Diffusione



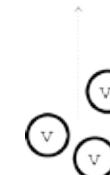
Affinchè la simulazione funzioni è essenziale che la diffusione di v sia minore di quella di u, in quanto è da questa differenza che scaturisce la reazione.

Reazione



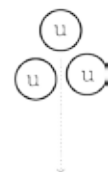
Il termine di reazione uv^2 indica il tasso di reazione, cioè di trasformazione di due particelle di v in u.

Kill

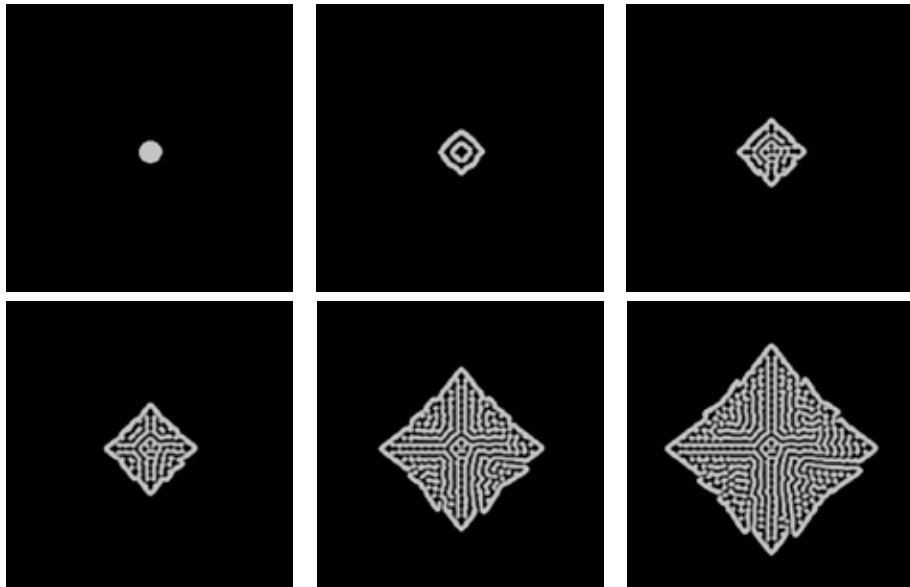


Il termine di diminuzione aiuta a tenere sotto controllo la proliferazione di v, che tende a crescere a sfavore di u. Tale termine rappresenta la permeabilità della barriera esterna formata da u.

Feed



La reazione tende a consumare u in favore di v. Il termine di feed aiuta a bilanciare il processo introducendo u ad un tasso dato.



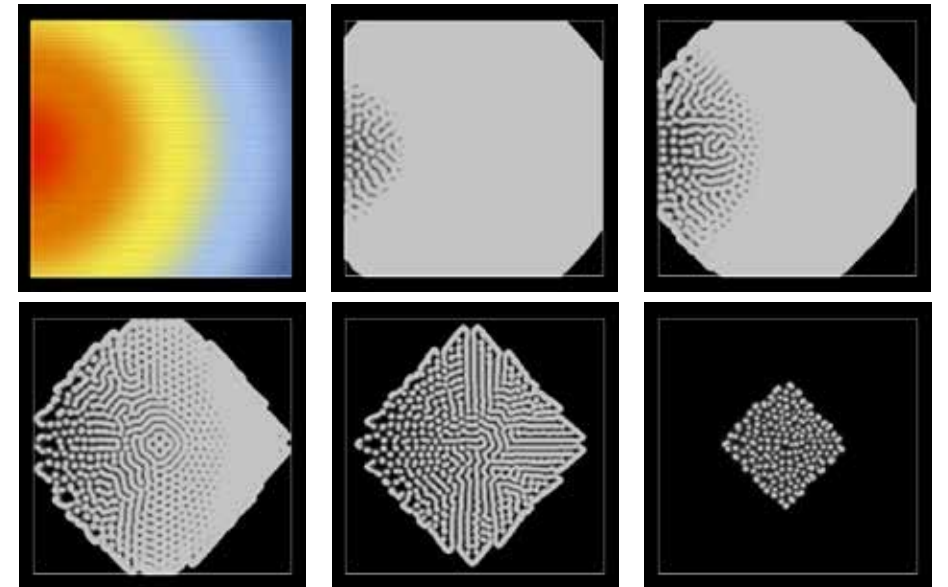
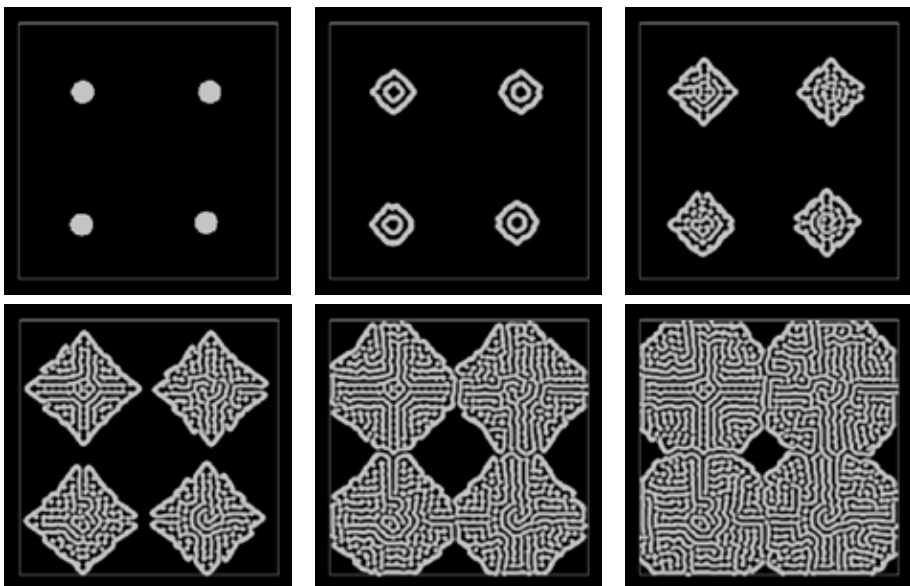
L' **algoritmo** funziona approssimando ogni particella ad una cella bidimensionale, alla quale viene assegnato un valore di concentrazione iniziale di u e v . Ogni singola cella valuterà il proprio nuovo valore a seguito dell'applicazione delle equazioni sopra descritte, valutando, come prima cosa, il Laplaciano delle sue celle adiacenti e adeguando il suo nuovo valore a quest'ultimo. Dopo poche iterazioni, da una concentrazione iniziale statica delle due sostanze, le reazioni a scala locale iniziano a manifestarsi a scala globale tramite l'emergenza di determinate configurazioni di pattern. Al variare dei

4. Sopra: sviluppo di pattern a partire da concentrazione iniziale centrale. Si noti l'isotropia della diffusione.

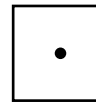
5. Sotto: sviluppo di pattern a partire da concentrazione radiale. ($Du=0.35$, $Dv=0.08$, $k=0.062$, $f=0.0545$)

6. Anisotropia: "L'anisotropia (opposto di isotropia) è la proprietà per la quale un determinato ente fisico ha caratteristiche che dipendono dalla direzione lungo la quale vengono considerate."

Fonte: Wikipedia



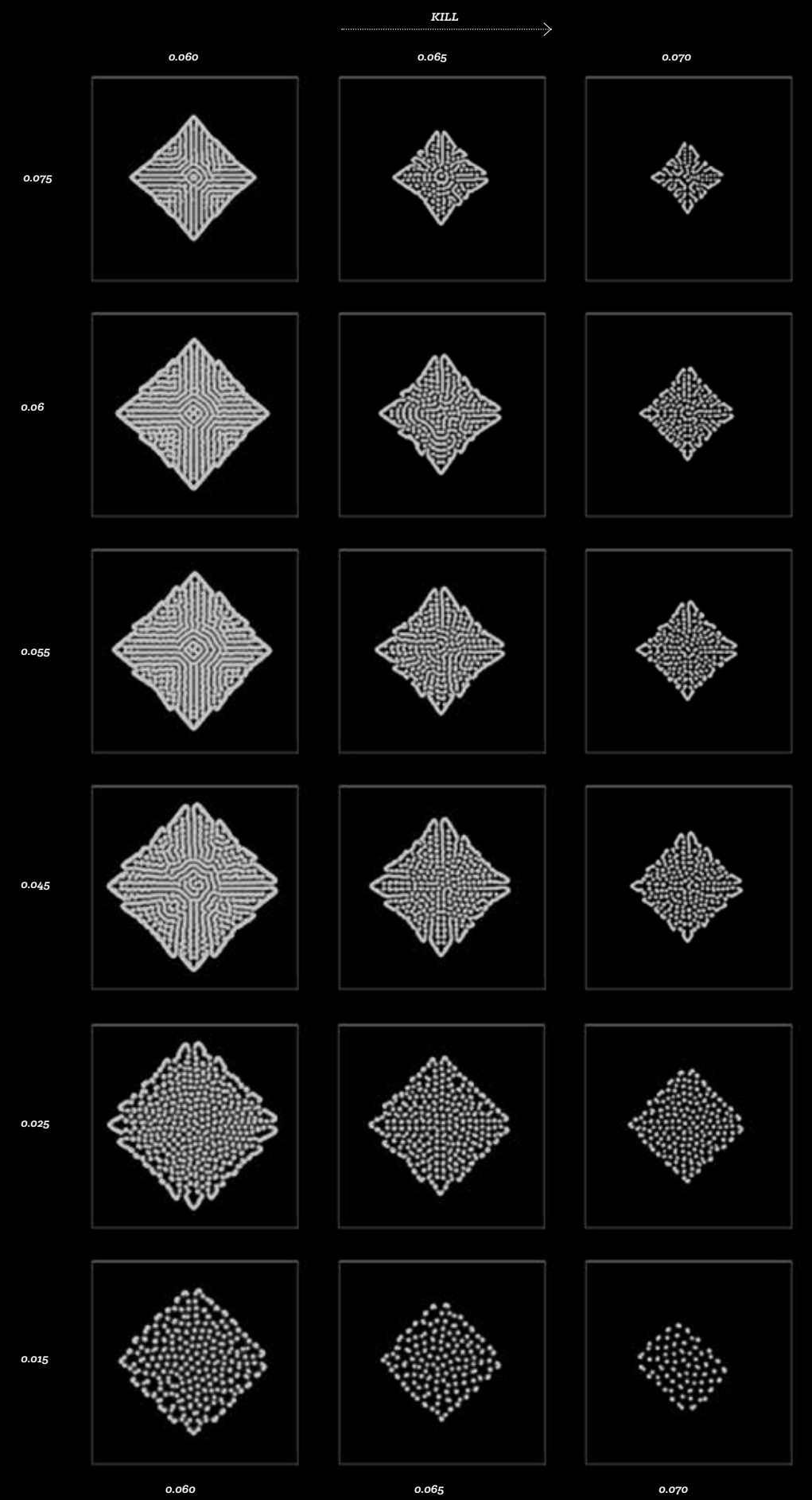
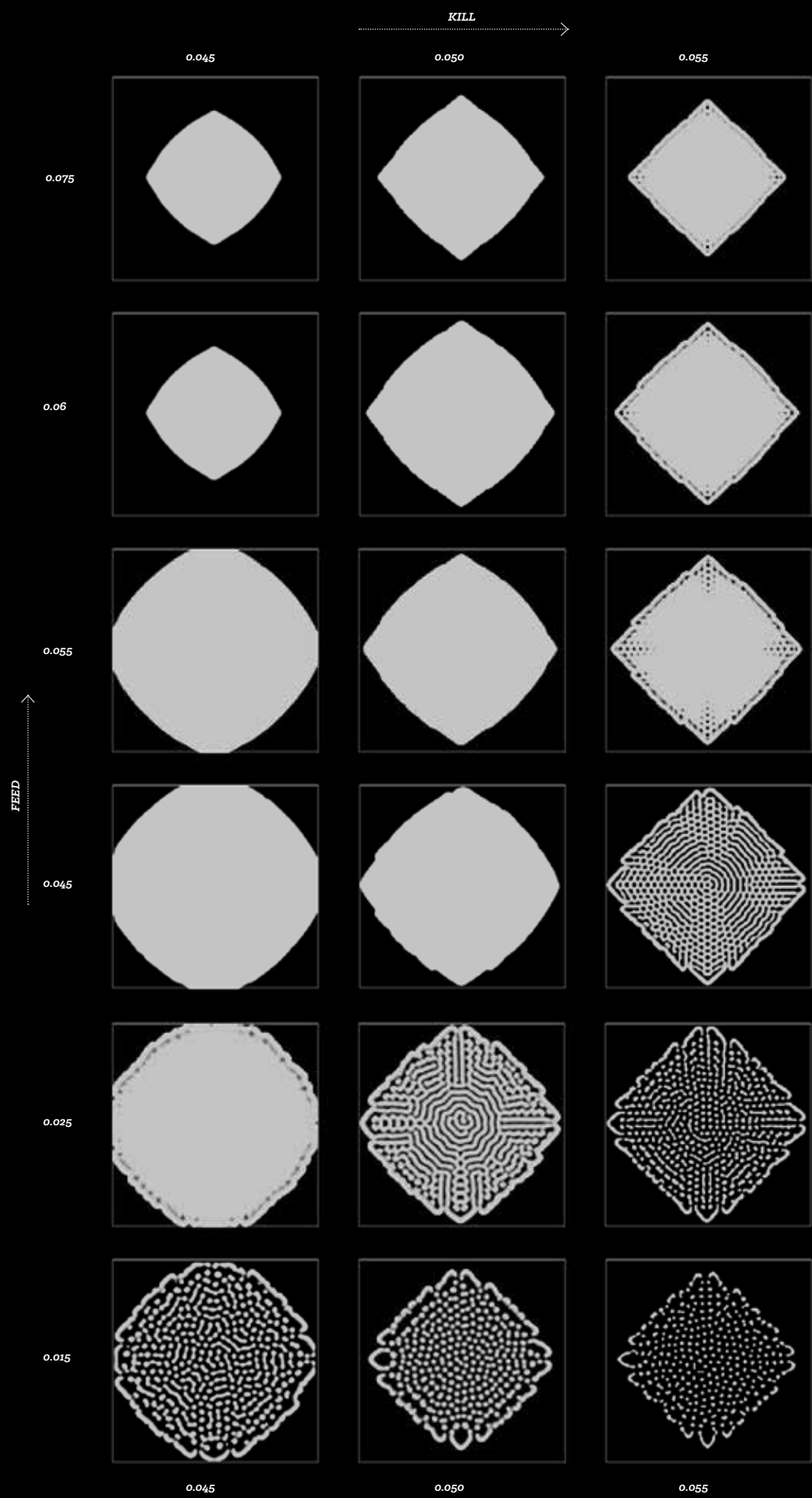
7. Nelle pagine seguenti, variazione di morfologie al variare della coppia di parametri f , e k . 3500 iterazioni. Partenza da posizione centrale come da figura.

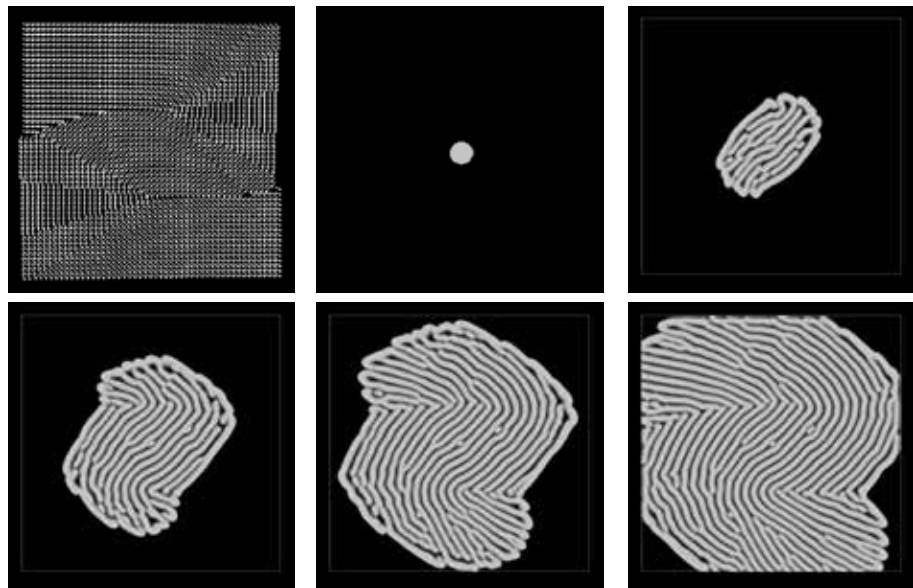


8. In questa pagina: la mappa di colore indica la variazione di feed. Il kill range va da 0.045 a 0.075. 3500 iterazioni. Partenza da posizione centrale come da figura.

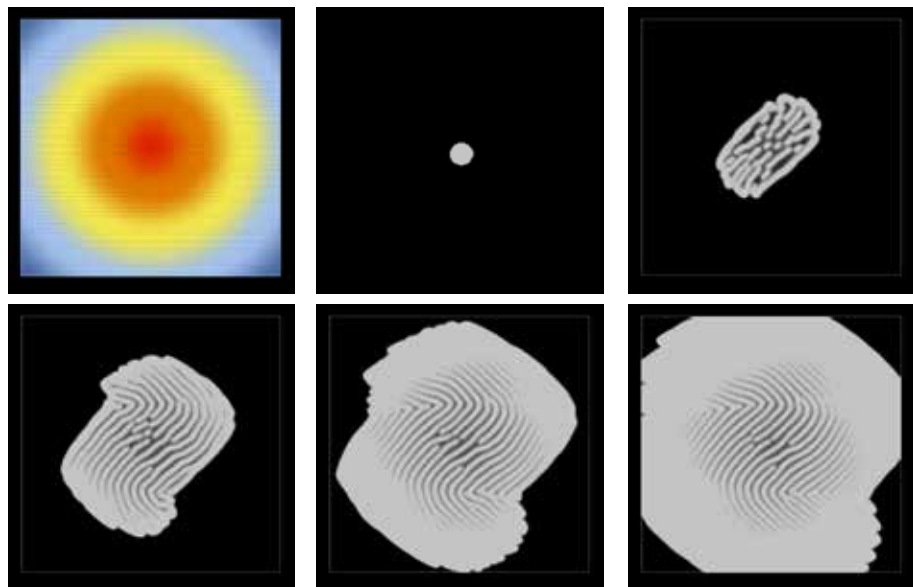
parametri f , k l'algoritmo varia l'output di risultati, così come per la velocità di diffusione delle due sostanze.

L'interesse verso questo processo nasce dalla possibilità di poter mappare localmente la variazione dei parametri agenti, potendo quindi informare il sistema tramite valori variabili di feed, kill, o di diffusione. Tale interesse nasce in combinazione con la possibilità di guidare il processo di diffusione e reazione, secondo direzioni principali dovute ad un campo vettoriale esterno. In questa maniera, caratterizzato da forte **anisotropia**⁶, il sistema acquista maggiore forza sotto il punto di vista della morfogenesi e della capacità di adattamento ad un ambiente esterno.





La caratteristica anisotropica è stata qui testata introducendo un campo di vettori 2D seguenti una curva, come in figura. Il valore di feed e di kill impostati rispettivamente su 0.025 e 0.05, parametri che durante i test hanno mostrato caratteristica adatta allo sviluppo longilineo. Gli screen mostrano il sistema all'iterazione 0, 1000, 2000, 3000, 4000. Qui sotto invece utilizzando una variazione anche nel feed da un valore di 0.25 a 0.70.



9. In alto: fronte e retro di Reaction Diffusion applicato su di una griglia 3-dimensionale per un totale di 1Mln di punti, informato da un campo scalare. 3000 iterazioni
 $f = 0.025, k = 0.050$

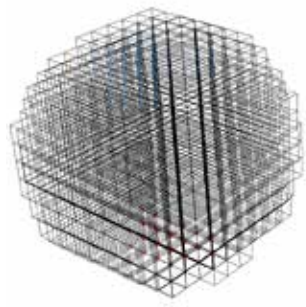
Per come è stato costruito l'algoritmo, il passaggio da uno stato bidimensionale ad uno **tridimensionale** non necessita di modifiche dello stesso, essendo necessario fornirgli solo la topologia delle celle in cui effettuare il calcolo, e il numero di vicini, che da 8 nel caso bidimensionale, diventano 26.

Il passaggio di dimensione ha fatto emergere immediatamente un problema riguardo la risoluzione del sistema. Numero esiguo di punti nel caso tridimensionale non permette lo sviluppo di pattern interessanti e raffinati, costringendo ad aumentare notevolmente la risoluzione, e quindi il numero di punti totali, rendendo instabile e particolarmente onerosa la computazione.

Per tale motivo si è pensato di sfruttare in maniera più utile le capacità di processare informazione del sistema, in particolare le proprietà di adattamento e anisotropiche.

Nello specifico si utilizzerà il campo vettoriale ricavato dal campo di sforzi, e l'entità stessa dello sforzo, informando con quest'ultimo, tramite un campo scalare, il valore di feed del reaction diffusion.

Nelle immagini seguenti è possibile notare la variazione del comportamento basato su feed e direzione del campo.



Voxel Sfera caricata da sforzo assiale verticale

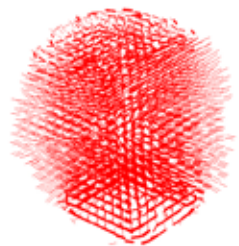
Il **voxel** è l'analogo 3D del pixel. E' una porzione cubica dello spazio 3-dimensionale arbitrariamente grande atta a contenere dati, la cui tipologia e dimensione è totalmente a discrezione. In questo caso la sfera voxelizzata conterrà informazioni circa il suo stato di sforzo, densità, volume, tensioni principali e direzioni.



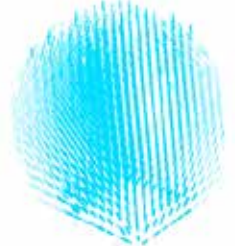
Flowlines I



Flowlines II



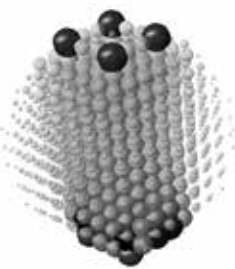
Direzione principale x



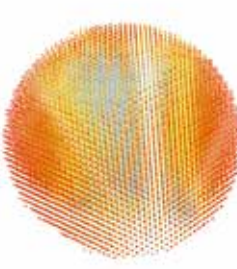
Direzione principale y



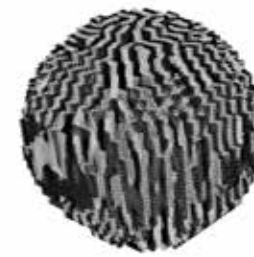
Direzione principale z



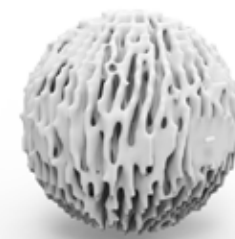
Material Density



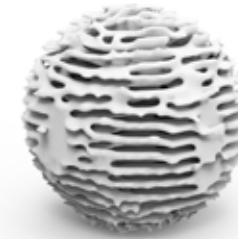
Stress Von Mises



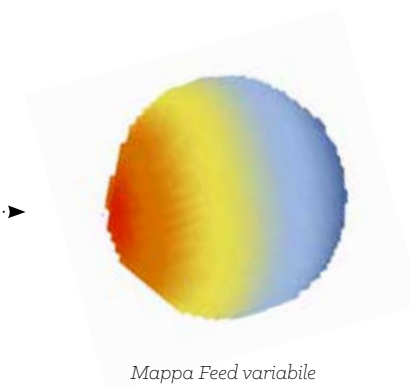
Reaction diffusion



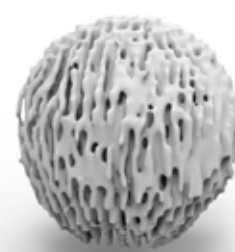
Flowlines I



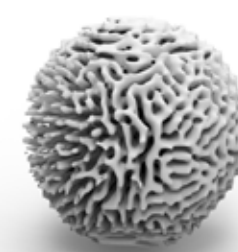
Flowlines II



F = 0.45
F = 0.15



Flowlines I + variable feed



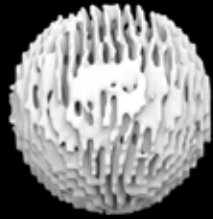
Flowlines II + variable feed

.Reaction diffusion test

Variazione anisotropica di comportamenti basati su interazioni esterne



Vertical flowline
feed costante $f=0.025$
Top view



Vertical flowline
feed costante $f=0.025$
Front view



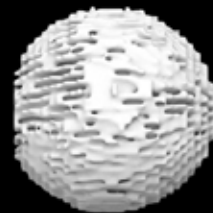
Horizontal flowline
feed costante $f=0.025$
Top view



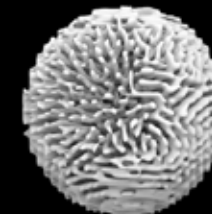
Horizontal flowline
feed costante $f=0.025$
Front view



Vertical flowline
feed variabile
Top view



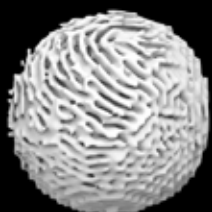
Vertical flowline
feed variabile
Front view



Horizontal flowline
feed variabile
Top view



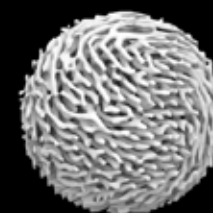
Horizontal flowline
feed variabile
Front view



Spiral flowline
feed costante
Top view



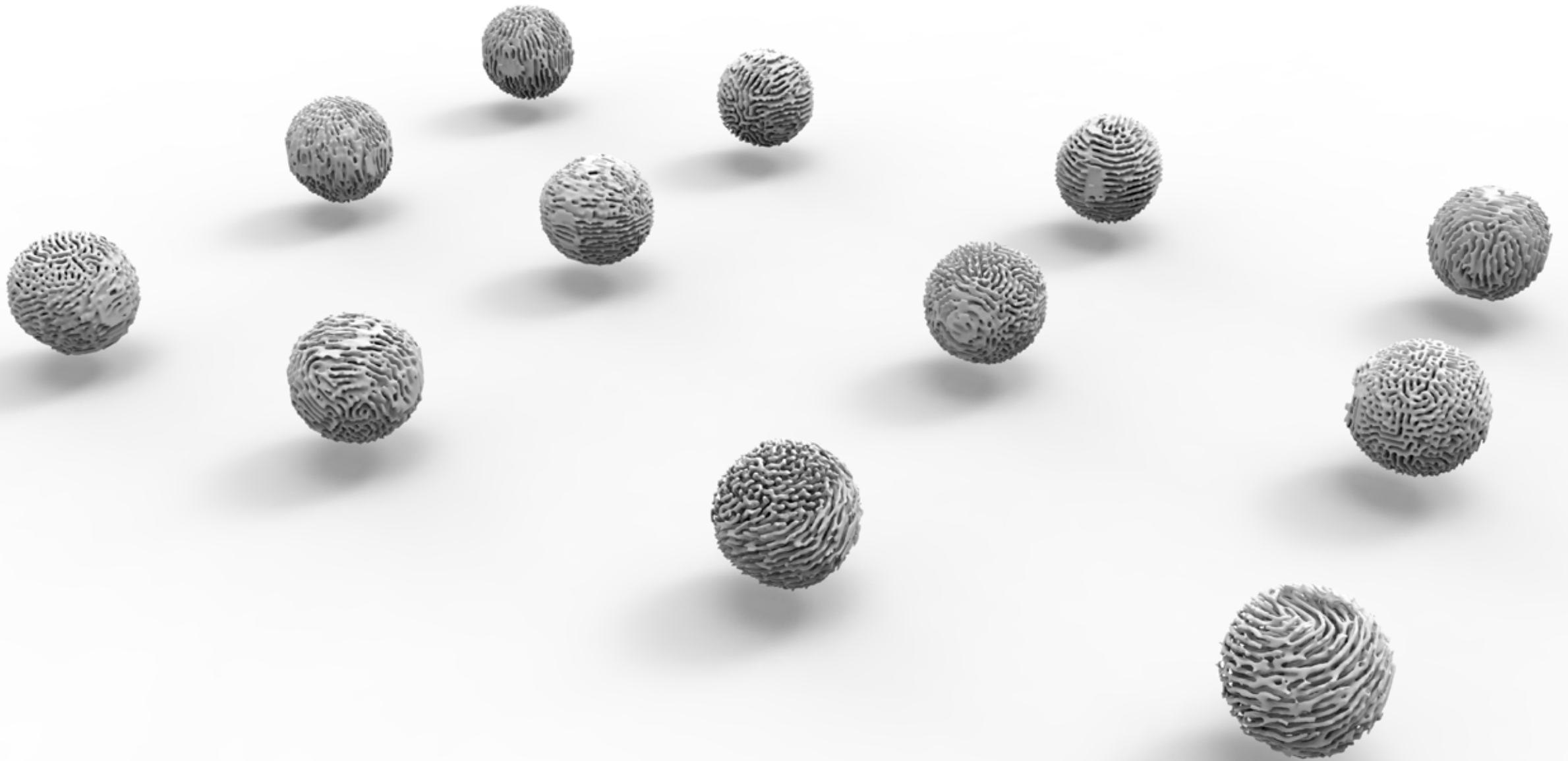
Spiral flowline
feed costante
Front view



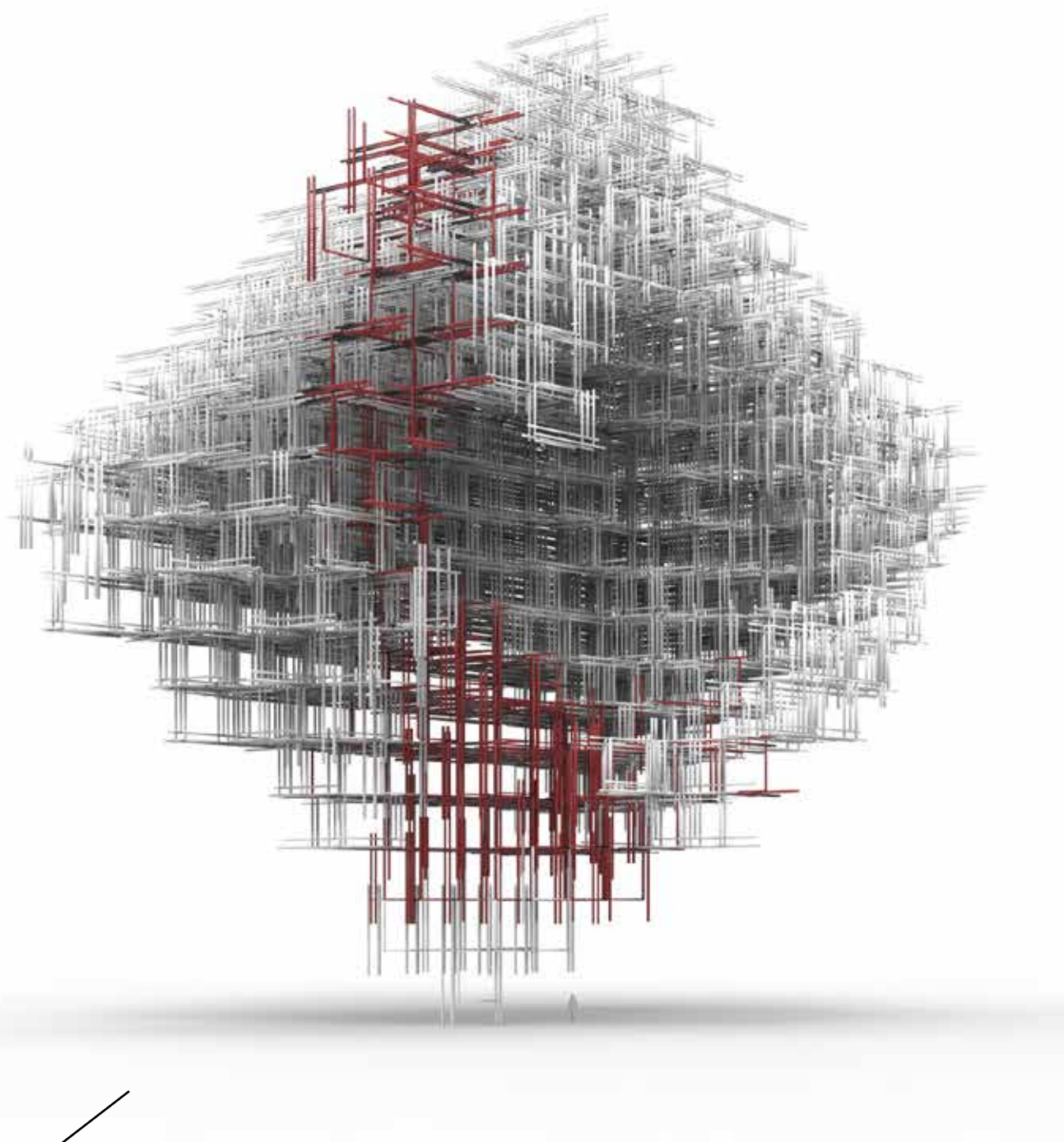
Spiral flowline
feed variabile
Top view



Spiral flowline
feed variabile
Front view







1. Aggregazione e orientazione di tre diversi tipi di componenti composte da elementi scatolari, differenziate in base allo sforzo.

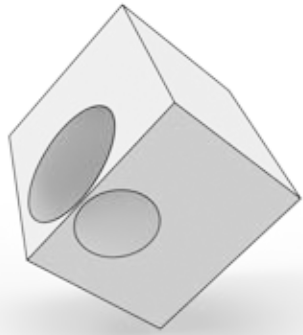
03.03 DESIGN PROCESS

AGGREGATIONS TEST

L'aspetto di design inerente ai sistemi discreti in questa prima fase si è concretizzata nell'esplorazione di tettoniche formate da elementi singoli ripetibili e aggregabili secondo un set di regole.

I primi test sono stati effettuati aggregando e studiando diversi tipi di componenti, cercando di capire come l'aspetto geometrico e la loro variazione potesse influire sull'aspetto e comportamento globale.

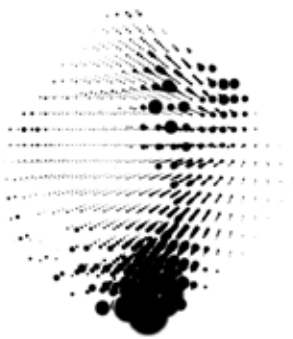
In questa fase iniziale, il sistema messo a punto, prevede, a partire da una volumetria di base, sottoposta a carichi di diverso tipo, e sorretta da vincoli, la voxelizzazione della stessa, il calcolo di direzione principale e valore medio di stress in ogni voxel, e, in conclusione, l'orientazione e tipizzazione della geometria in base a questi parametri.



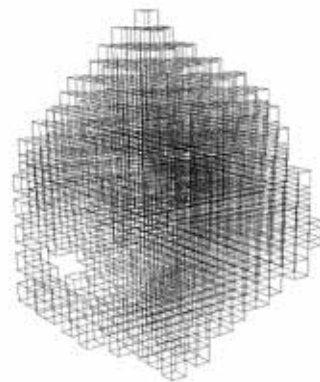
1.Volumetria di partenza



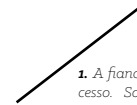
2.Isocurve di stress



3.Mappatura intensità tensioni



4.Voxelizzazione



1. A fianco: workflow del processo. Sopra: tipologia delle componenti

Il **workflow** prevede come prima cosa la definizione di una volumetria di base, la cui voxelizzazione definirà le celle in cui le componenti verranno orientate.

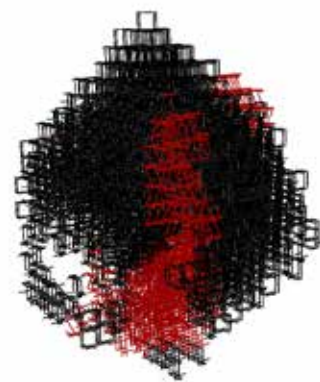
L'aspetto combinatorio del sistema in questa fase è preponderante: le componenti si orientano sui vettori di sforzo calcolati in ogni singolo voxel, e si differenziano in base all'entità dello stress.

La continuità dell'aggregazione è garantita dal design stesso del componente, pensato per avere periodicità su ogni lato o solo laddove ritenuta necessaria .

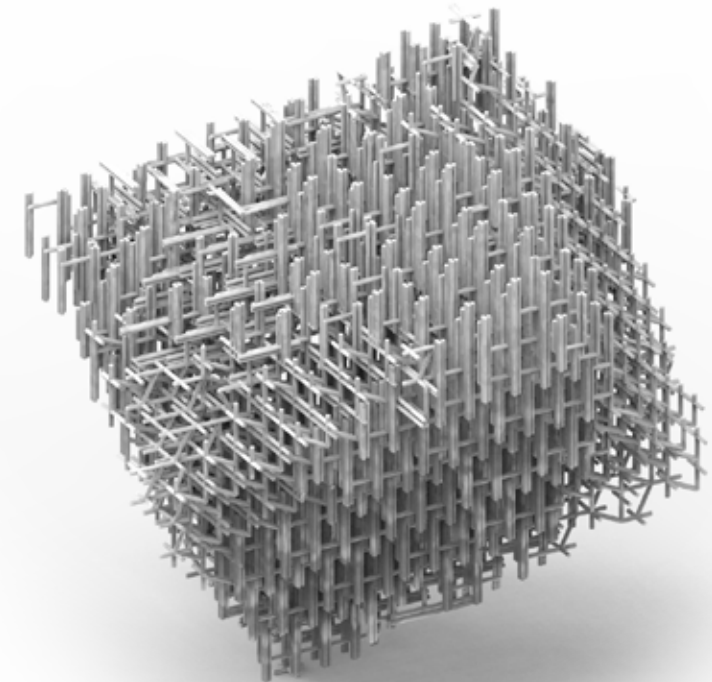
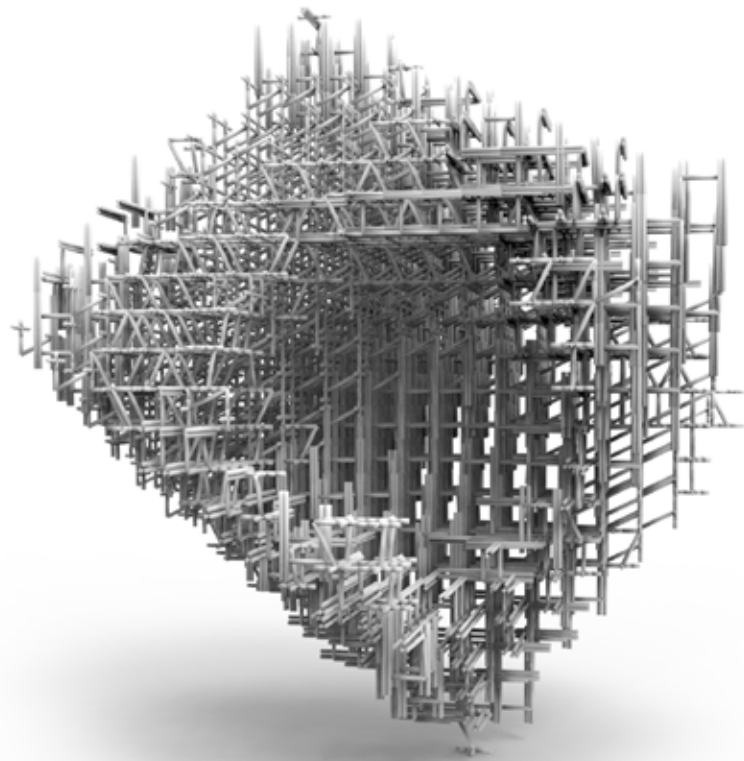
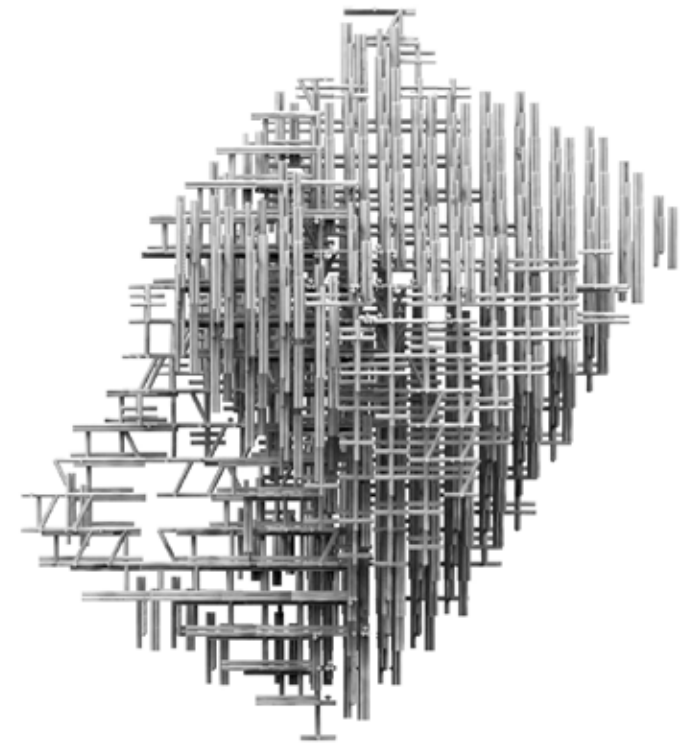
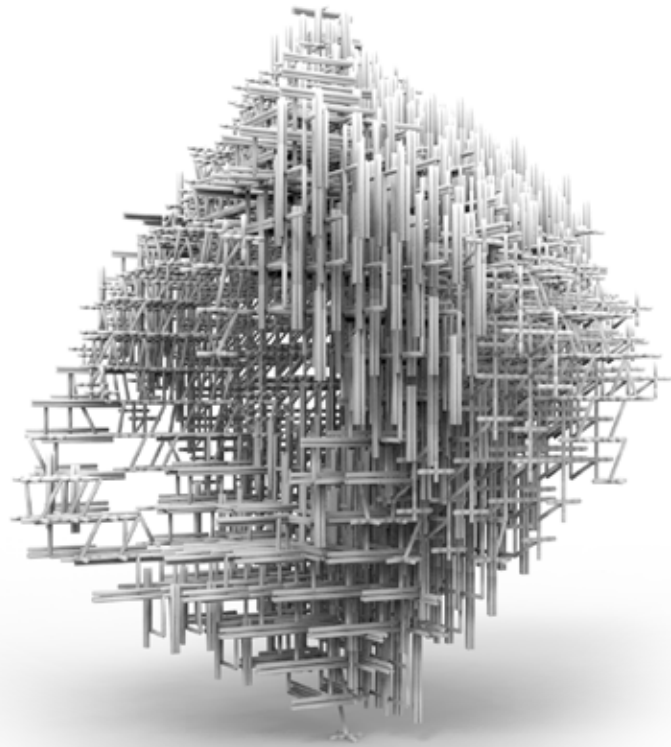
Le componenti, inscritte in un unità cubica, vengono posizionate all'interno dei voxel e successivamente subiscono delle rotazioni di 90, 180, 270 gradi attorno ai 3 assi principali ortogonali della stessa.

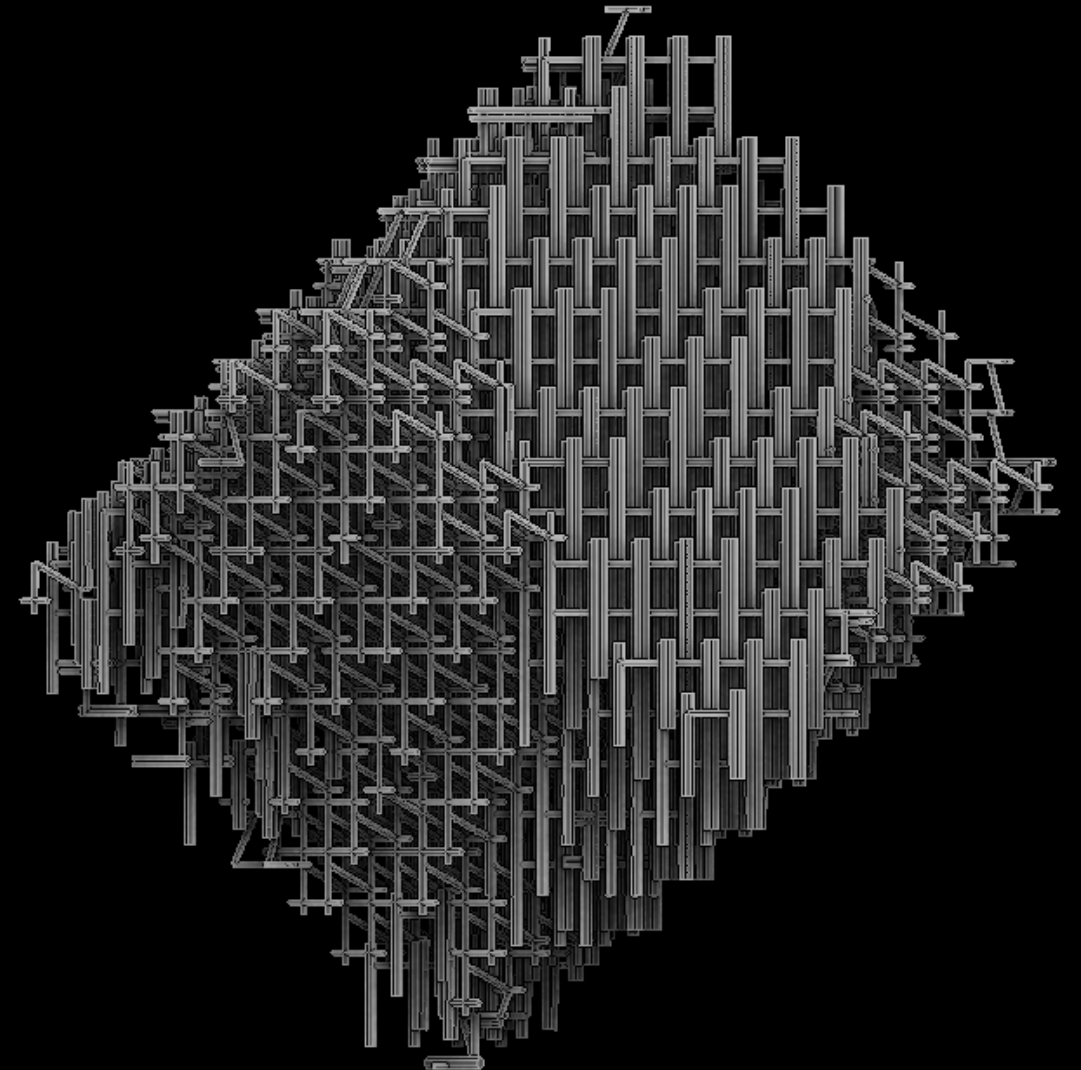
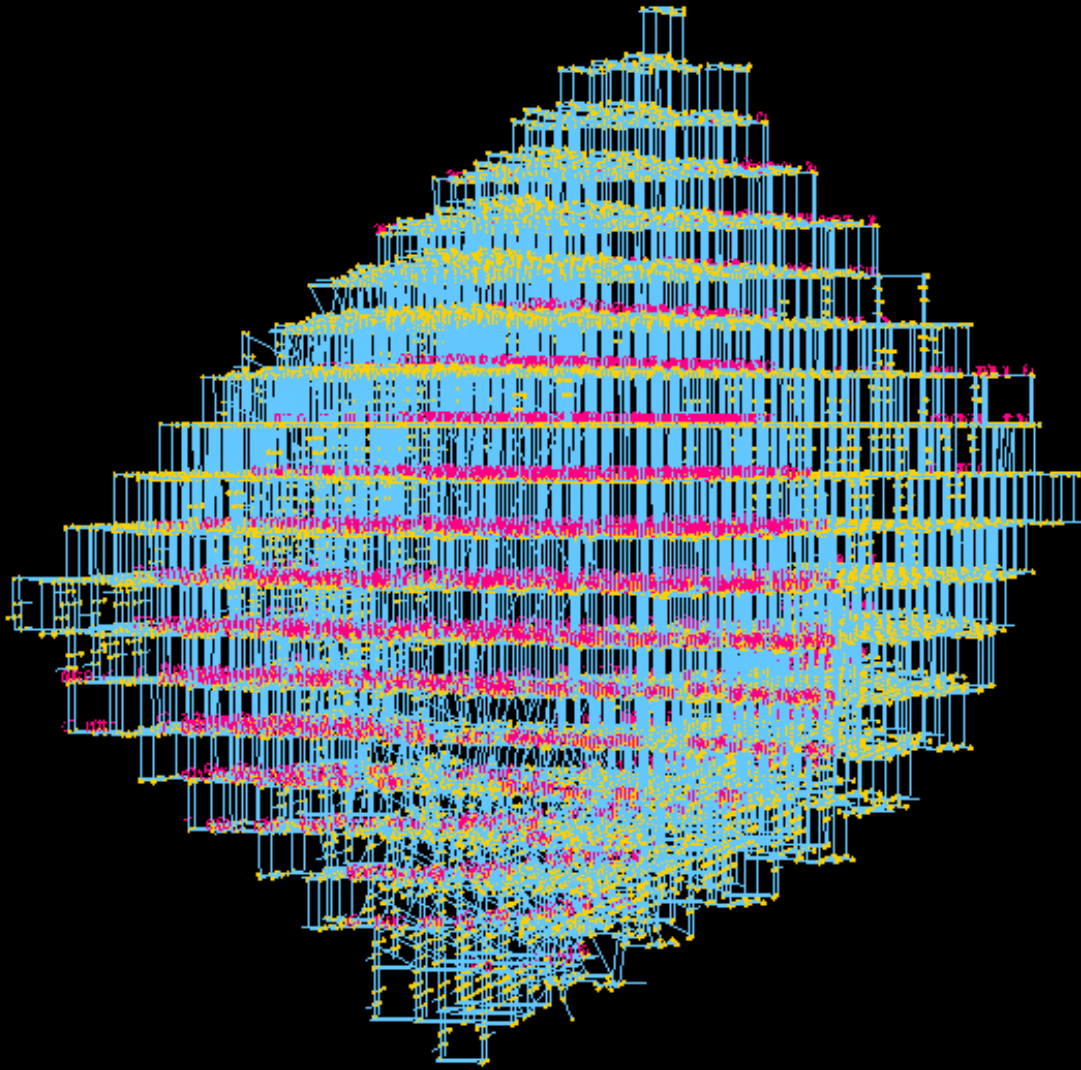


5.Direzione vettori di sforzo

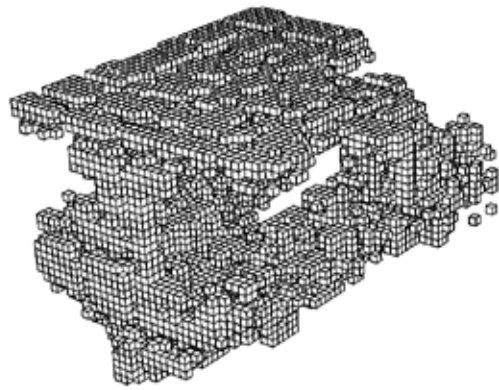


6.Applicazione e orientazione componenti diversificate in base all' intensità delle tensioni

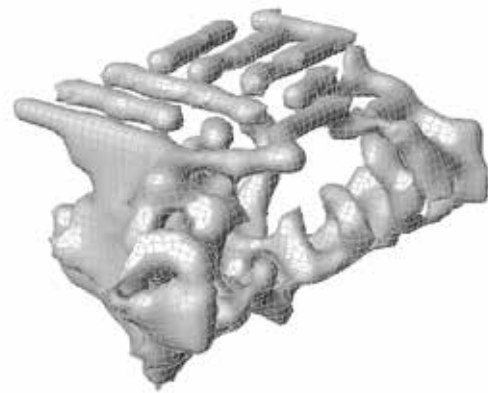




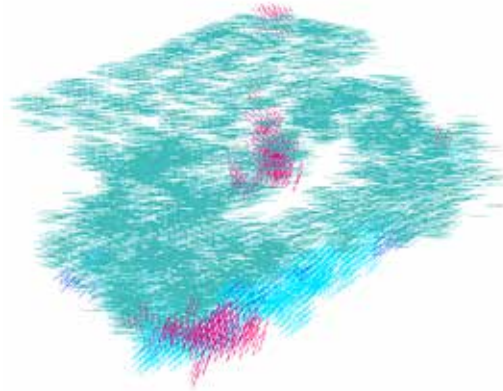
2. A fianco: wire delle componenti orientate. In giallo i punti di contatto. Il numero indica il tipo di rotazione seguito. Sopra: materializzazione delle componenti



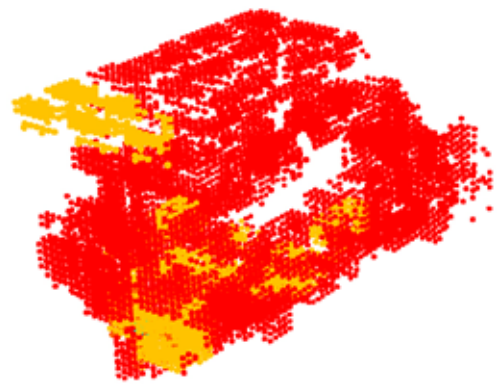
1.Volumetria di partenza



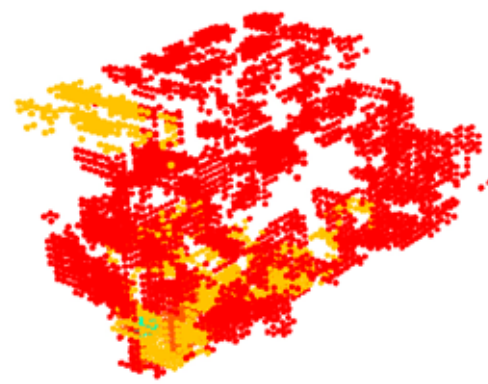
2.Isomesh Reaction Diffusion



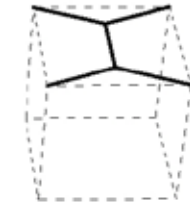
3.Discretizzazione campo vettoriale secondo 5 direzioni



4.Differenziazione celle in base al valore di stress



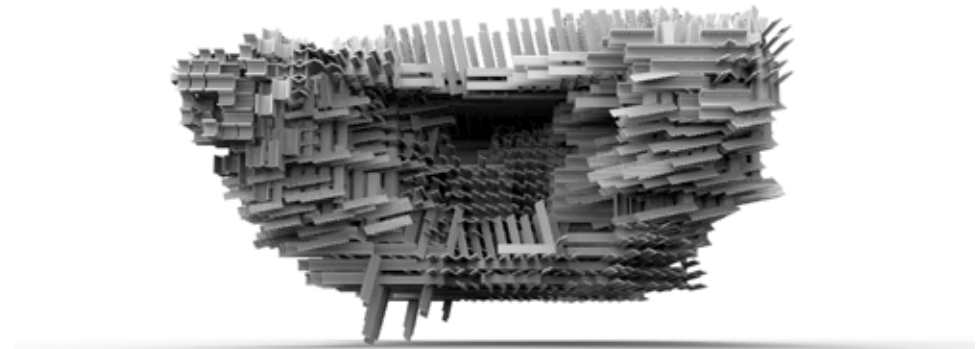
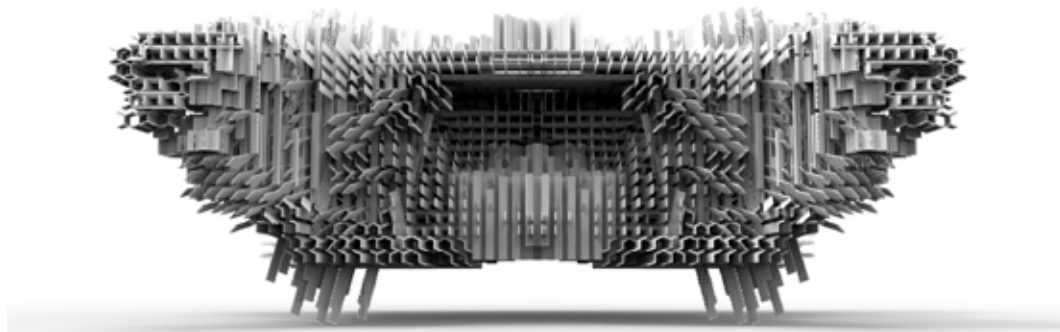
5.Differenziazione celle in base al valore di stress + Reaction Diffusion



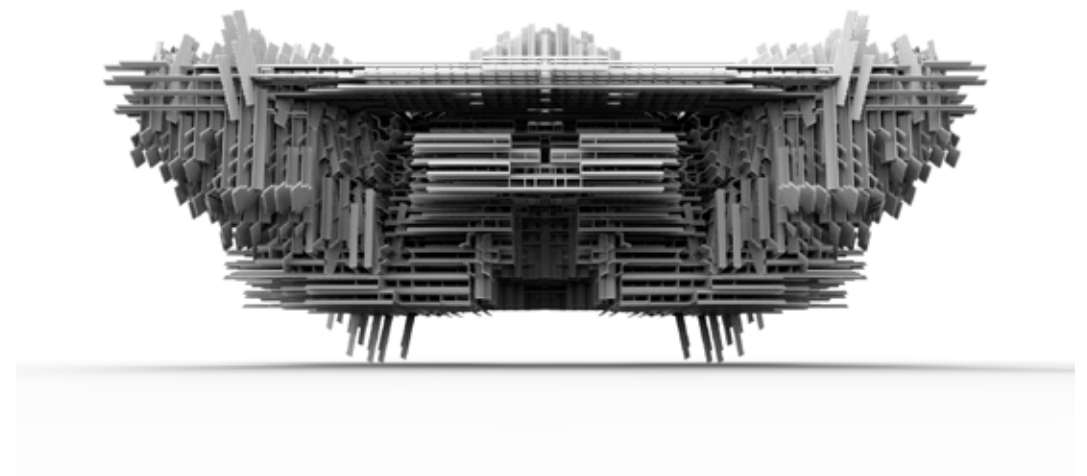
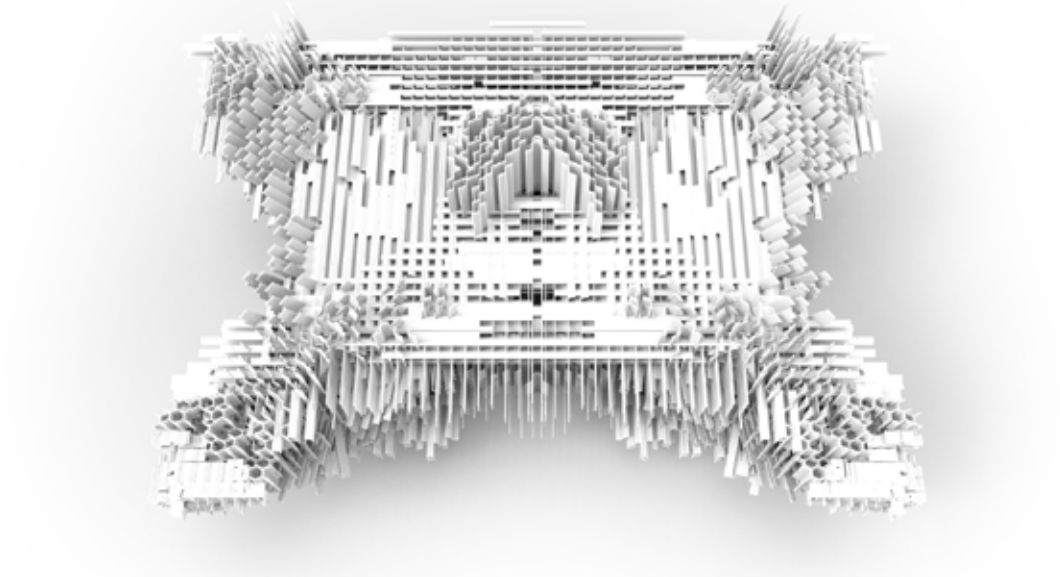
3. A fianco: workflow del processo. Lavorando per simmetria, ottimizzando le condizioni di carico, si è riuscito a risparmiare notevolmente potenza computazionale.

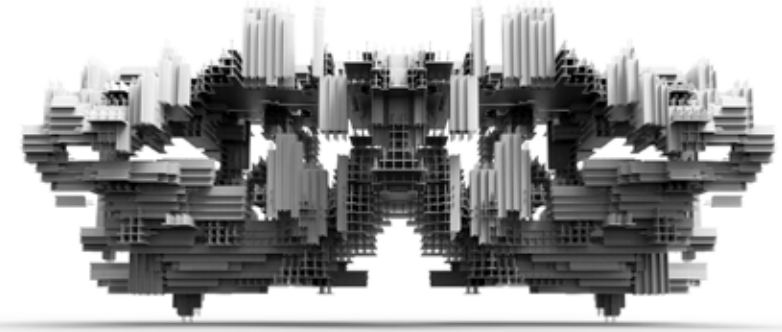
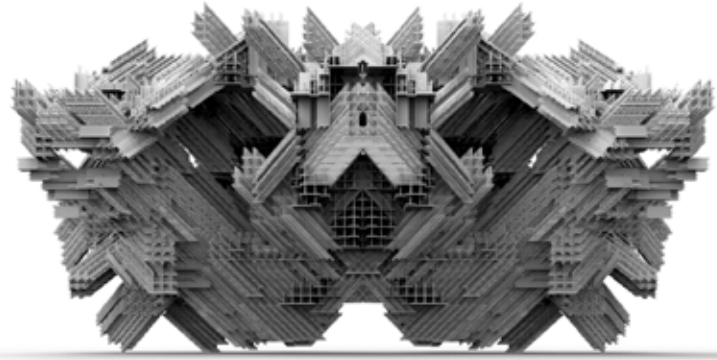
I test successivi si sono concentrati sull'implementazione di due aspetti diversi, ovvero superare la morfologia del pipe nel dare volumetria alle componenti, e integrare gli aspetti morfogenetici già citati precedentemente del Reaction Diffusion.

Si è proseguito quindi informando la voxelizzazione con i valori delle celle calcolate attraverso l' RDA, e sfruttando lo sviluppo lineare delle formazioni a proprio vantaggio. L'aspetto della discretizzazione così ottenuta presenta tratti sempre più longilinei, motivo per cui si è pensato di sfruttare una geometria diversa per la materializzazione delle componenti, sfruttando una morfologia lamellare ritenuta oltre che più interessante dal punto di vista estetico e fabbricativo, anche più idonea all'utilizzo selettivo del comportamento superficiale e volumetrico come vedremo più avanti.



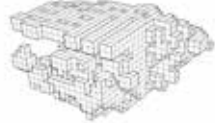
4. In questa pagina e a fianco:
Risoluzione costante della griglia. Selezione ed estrusione delle componenti proporzionalmente allo sforzo. Direzioni di sforzo discretizzate in 5 direzioni principali.



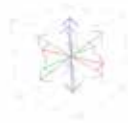


5. In questa pagina: Riduzione della risoluzione della griglia voxel e limite a 7 direzioni principali di orientazione. Estrusioni delle componenti basate sullo sforzo.

LOW-res

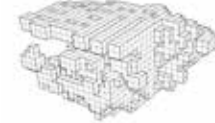


7-dir

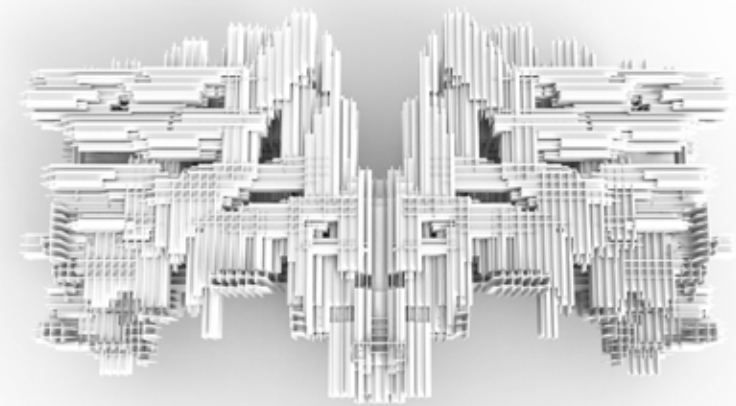
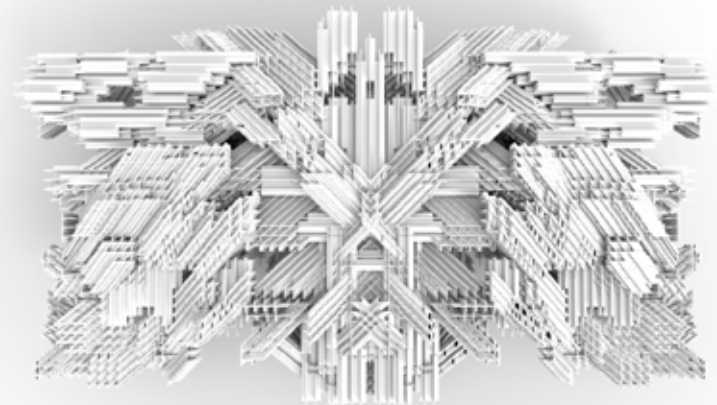


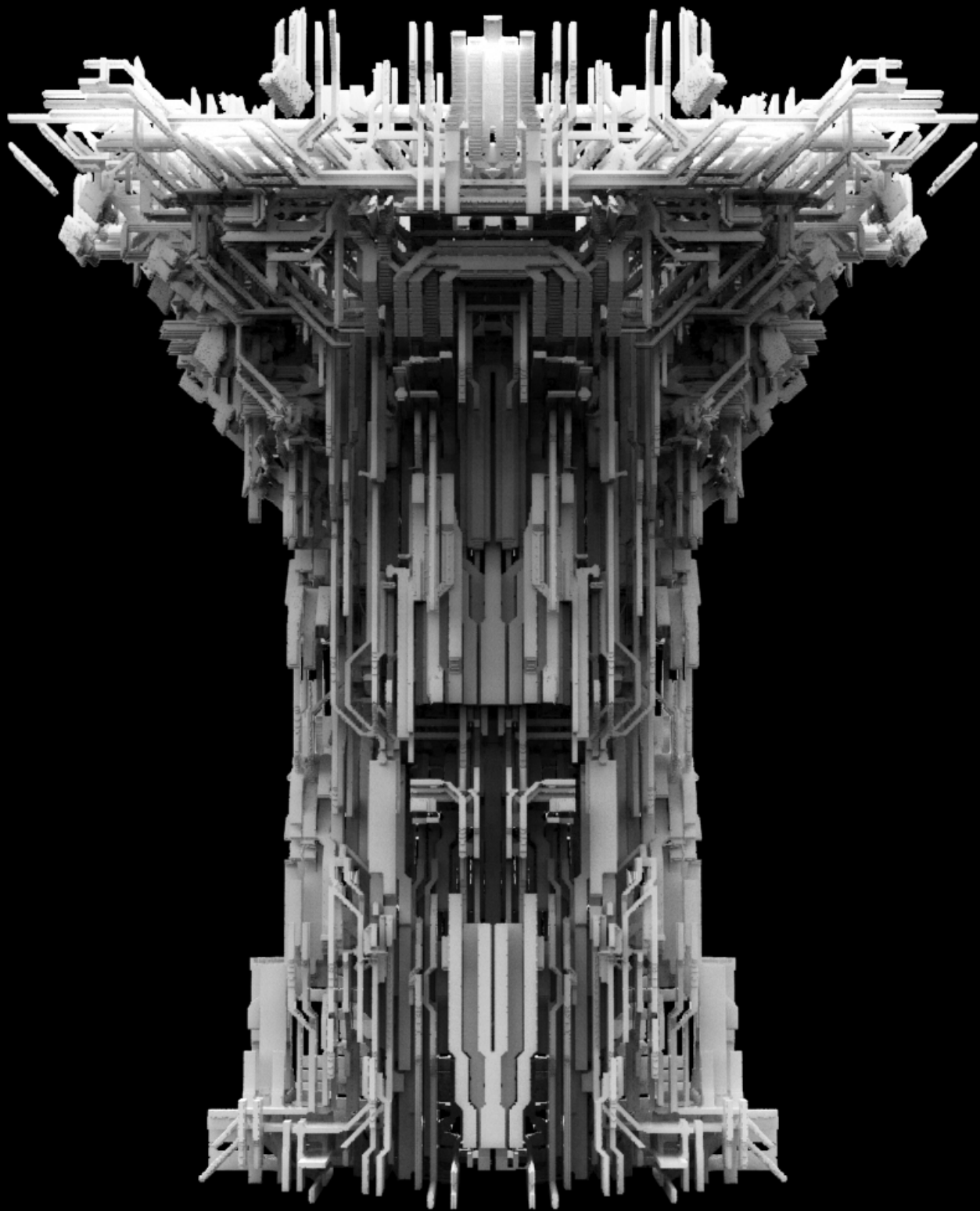
6. In questa pagina: Riduzione della risoluzione della griglia voxel e limite a 3 direzioni principali di orientazione. Estrusioni delle componenti basate sullo sforzo.

LOW-res



3-dir





1. Auto-organizzazione di componenti.
Test su colonna.

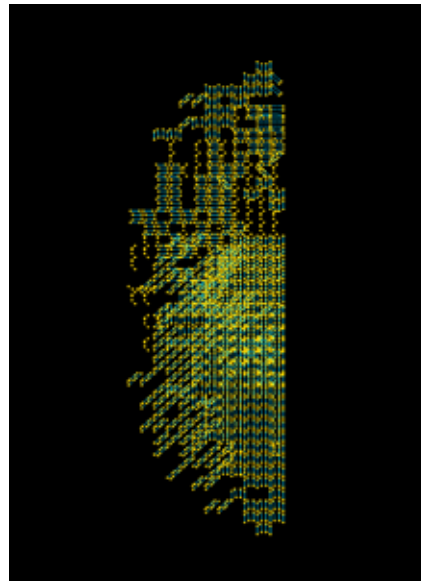
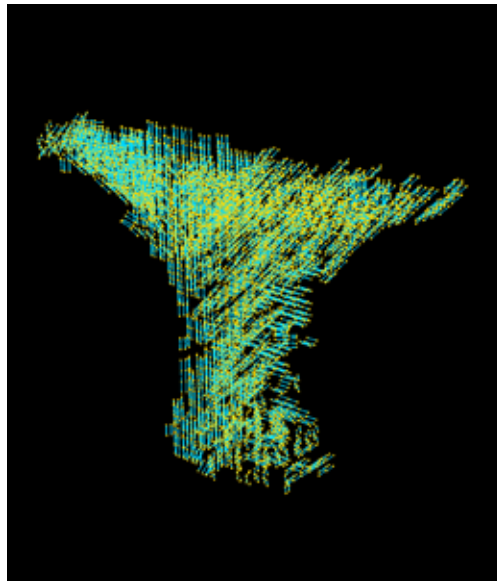
03.04 DESIGN PROCESS

PARAMETRI DI AUTO-ORGANIZZAZIONE

Dopo i primi test sulla combinazione e variazione di unità costitutive, si è cercato di trovare una soluzione che estendesse il design e la continuità materiale oltre alla sola progettazione geometrica della componente.

Infatti, ancora geometricamente, è possibile realizzare delle componenti inscritte in un cubo, le quali, anche a seguito di rotazioni attorno ai tre assi principali, possono essere giustapposte ad altre simili garantendo comunque continuità.

In questo studio, diversamente, si procederà invece a stabilire delle logiche autorganizzative, le cui regole basate su interazioni locali, governano il comportamento dell'intera struttura, garantendo continuità, ridondanza strutturale e l'emergenza di pattern.

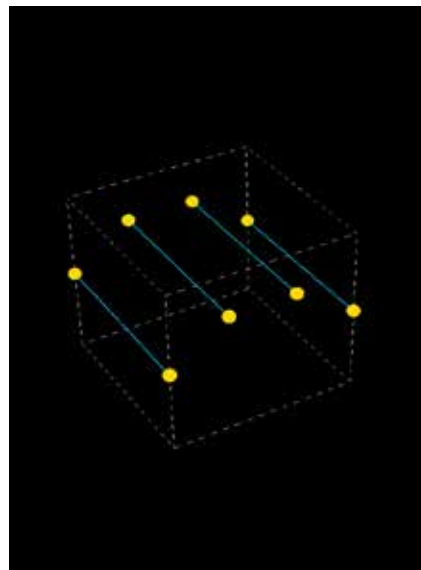


Come già accennato prima, lo step successivo riguarda l'organizzazione delle componenti. Dopo una prima fase di orientamento delle componenti secondo il vettore di sforzo discretizzato, segue un processo iterativo con lo scopo di modificare la componente stessa per meglio organizzarsi con le altre vicine, seguendo un set di semplici regole locali attivate in base alla distanza.

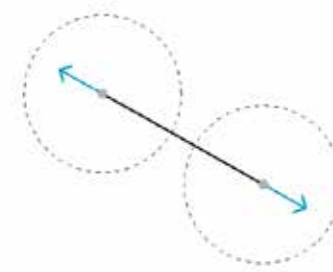
Le regole che verranno definite qui di seguito sono derivate dal modello dei "Boids"² definito da C. Reynolds.

La componente, come in figura, è formata da 4 linee, ed in giallo sono individuate le estremità che, iterativamente, si spostano fino a raggiungere un'altra estremità, fermandosi, oppure, trovando un'altra componente, vi si allinea, proseguendo lungo la sua direzione.

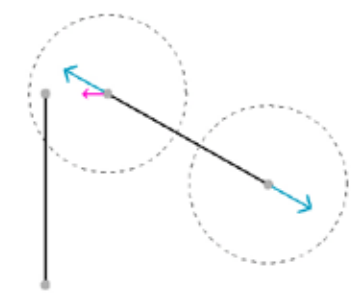
Il processo di crescita dura finché le possibili posizioni disponibili terminano, essendo l'ambiente partizionato in una serie di possibili celle occupabili singolarmente da ogni agent o da un punto delle loro tracce. Tale processo garantisce, oltre che ordine e leggibilità, anche la non compenetrazione di lamelle complanari.



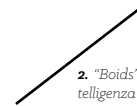
3. In alto in senso orario : wireframe prospettico, wireframe in pianta e schema della componente. In giallo sono evidenziati i vertici mobili. Puntando l'accento sulla capacità di modifica della componente è stato scelto un design semplice e lineare per la stessa.



1. Vettore iniziale di spostamento e campo visivo



2. Comportamento coesivo. In viola evidenziato il vettore coesione



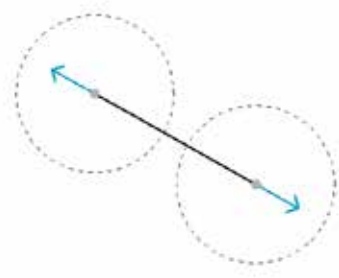
2. "Boids" è un software di intelligenza artificiale scritto nel 1986 da Craig Reynolds per simulare il comportamento di uno stormo di uccelli in volo. Il software si basa sull'interazione tra forme di vita artificiale, dette boid, che si muovono in un contesto tridimensionale. Nello scenario più semplice, le intelligenze artificiali decidono di modificare le proprie traiettorie sulla base di tre regole: allineamento, coesione, separazione.

4. "Nature of code", Daniel Shiffman
<http://natureofcode.com/>

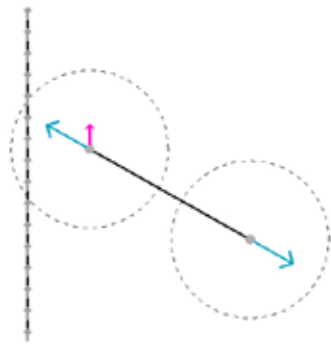
RULE SET
-COHESION

L' inizio del processo iterativo prevede l'allungamento della componente secondo il suo vettore iniziale fissato secondo la direzione di orientazione. Gli estremi di ogni componente, caratterizzati da comportamento autonomo regolato, verranno, per analogia di comportamento, chiamati agents, e sono dotati di visione locale limitata, un vettore posizione e vettore velocità iniziale.

Il comportamento coesivo, mutuato come già detto, dal modello dei Boids di C.Reynolds è scritto secondo l'algoritmo definito da D.Shiffman⁴. Questo consiste nel simulare il comportamento di non allontanamento dal branco; matematicamente consiste nel localizzare altri agent situati entro una soglia di distanza, calcolare il centroide delle loro posizioni, creare il vettore verso quel centroide, scalarlo opportunamente e muovere l'agent in questione con questo vettore.



1.Vettore iniziale di spostamento e campo visivo

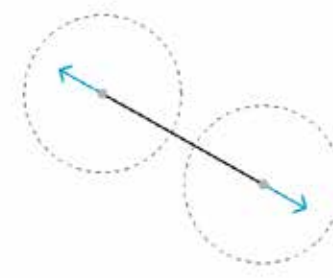


2.Comportamento di allineamento. In viola evidenziato il nuovo vettore

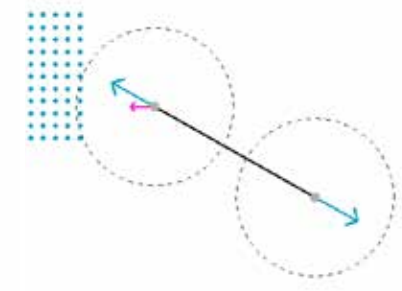
RULE SET
-ALIGNMENT & FOLLOW TRACE

Anche per questo set di regole il riferimento è il medesimo. L' allineamento consiste nella capacità di regolare la direzione del proprio vettore movimento allineandola alla media di quelle dei vicini, qualora questi si trovino all'interno della soglia di distanza prefissata .

In questo caso, per come è configurato il sistema, risulta più idoneo l'allineamento alle altre tracce vicine piuttosto che agli agents. Il risultato sarà quello di individuare delle direzioni principali e dei conseguenti "fasciamenti" di più agent concentrati assieme.

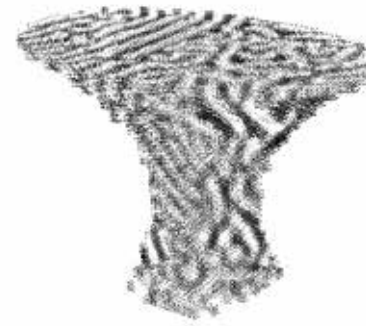


1.Vettore iniziale di spostamento e campo visivo



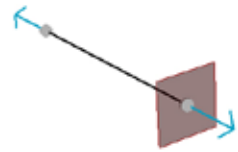
2.Comportamento di lettura. In viola evidenziato il vettore.

RULE SET
-FOLLOW REACTION DIFFUSION MAP



Mappa bianchi e neri RDA

Come già spiegato in precedenza, si è pensato di utilizzare le capacità generative del Reaction Diffusion a vantaggio del processo. Come già fatto negli step precedenti, la mappa di valori in uscita dall' algoritmo, viene utilizzata come zona di partenza per le componenti, richiamando una morfologia di diffusione discretizzata. La stessa mappa, rappresentata da una cloud di punti dotata di colore, diventa quindi ambiente in cui gli agents si muovono seguendo la traccia del colore più forte.



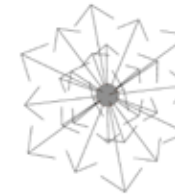
1. Piano normale allo spostamento



2. Schematizzazione direzioni di movimento



Ogni agent campiona 26 possibili slot occupabili all'iterazione successiva



Valutazione del vettore movimento con i possibili movimenti successivi



Dopo il movimento lo slot occupato esce dalla lista delle possibili posizioni

RULE SET

-VECTOR DISCRETIZATION & PLANE RECORDING

Ogni set di regole ha come output un vettore, che opportunamente scalato e sommato agli altri dà il prossimo vettore spostamento. Quest'ultimo a sua volta viene poi discretizzato su di una stella di vettori a 0° , 90° , 180° , 45° , riducendo a solo quegli angoli i possibili movimenti di ogni agent. La conseguenza sarà che le trail e, di conseguenza, le lamelle avranno solo quelle possibili direzioni, semplificando e iniziando a vincolare aspetti del processo generativo per la fabbricazione.

Inoltre per la materializzazione delle lamelle è necessario che ad ogni spostamento la nuova posizione sia accompagnata da un nuovo piano, normale alla traiettoria e orientato sempre in maniera costante, garantendo la congruenza delle traslazioni rigide dei movimenti delle lamelle.

RULE SET

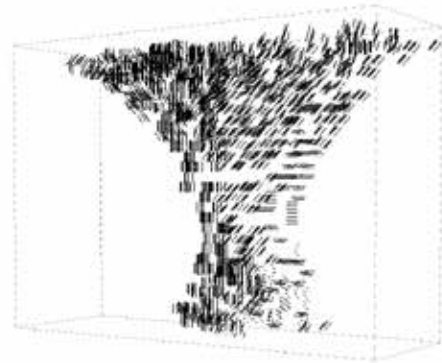
-MOVEMENT GRID



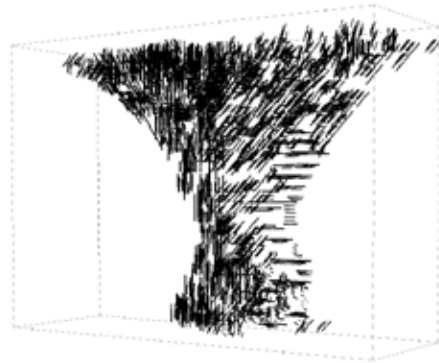
Empty slots

L'ultima implementazione nell'aspetto auto organizzazione consiste nel limitare le possibili posizioni occupabili da un singolo agent. L'idea è quella di circondare l'ammasso di possibili posizioni che una volta occupate escono dalla lista dei movimenti ipotetici rendendo così chiara la condizione di uscita dal loop.

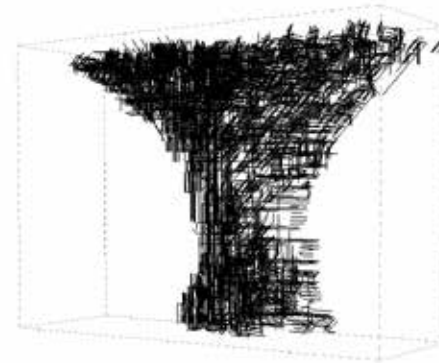
Ad ogni iterazione, ogni agent campiona l'ambiente circostante ricavando 26 possibili posizioni occupabili. Successivamente compara il proprio vettore movimento (risultato delle regole precedenti) con i 26 possibili vettori relativi agli slot vicini liberi, trovato il più simile, lo utilizza come successivo vettore di spostamento. Dopo aver occupato la nuova posizione, questa esce dalla lista, e così via per tutti.



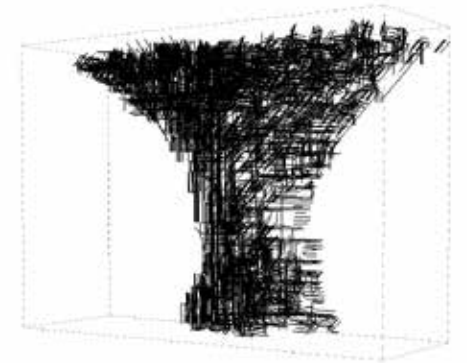
Iterations : 0
Free slots : 1120859



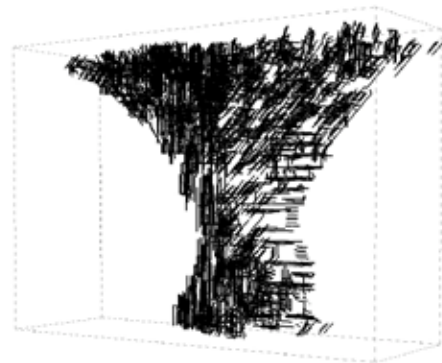
Iterations : 5
Free slots : 952237



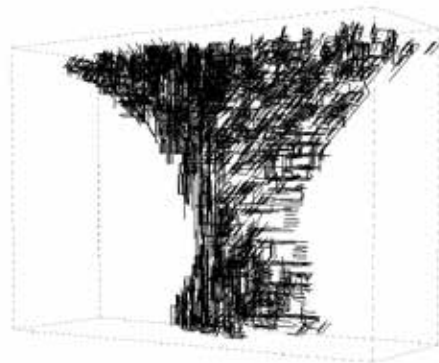
Iterations : 30
Free slots : 754469



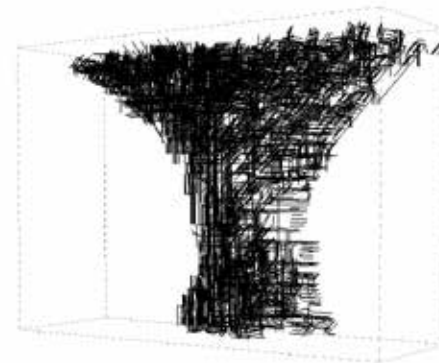
Iterations : 35
Free slots : 702547



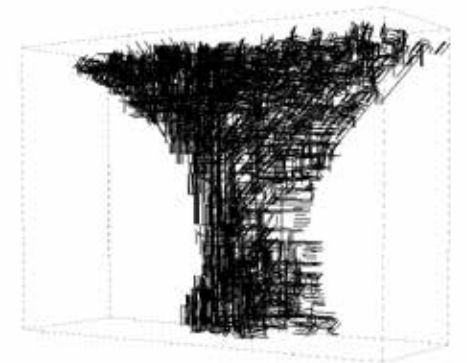
Iterations : 10
Free slots : 907542



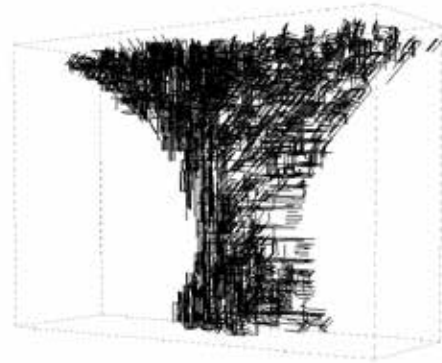
Iterations : 15
Free slots : 845237



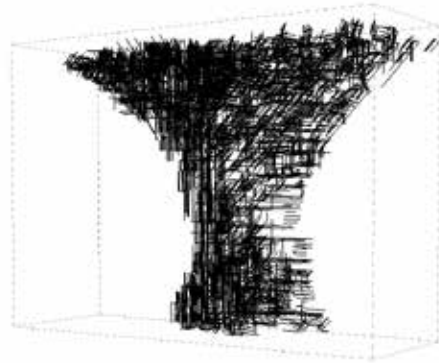
Iterations : 40
Free slots : 704214



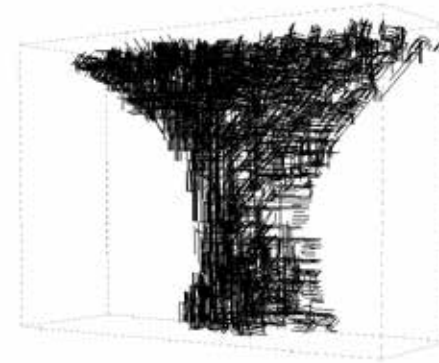
Iterations : 45
Free slots : 678113



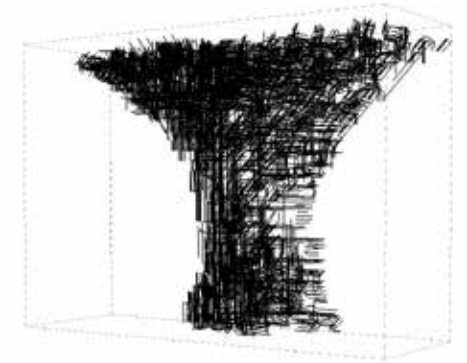
Iterations : 20
Free slots : 821478



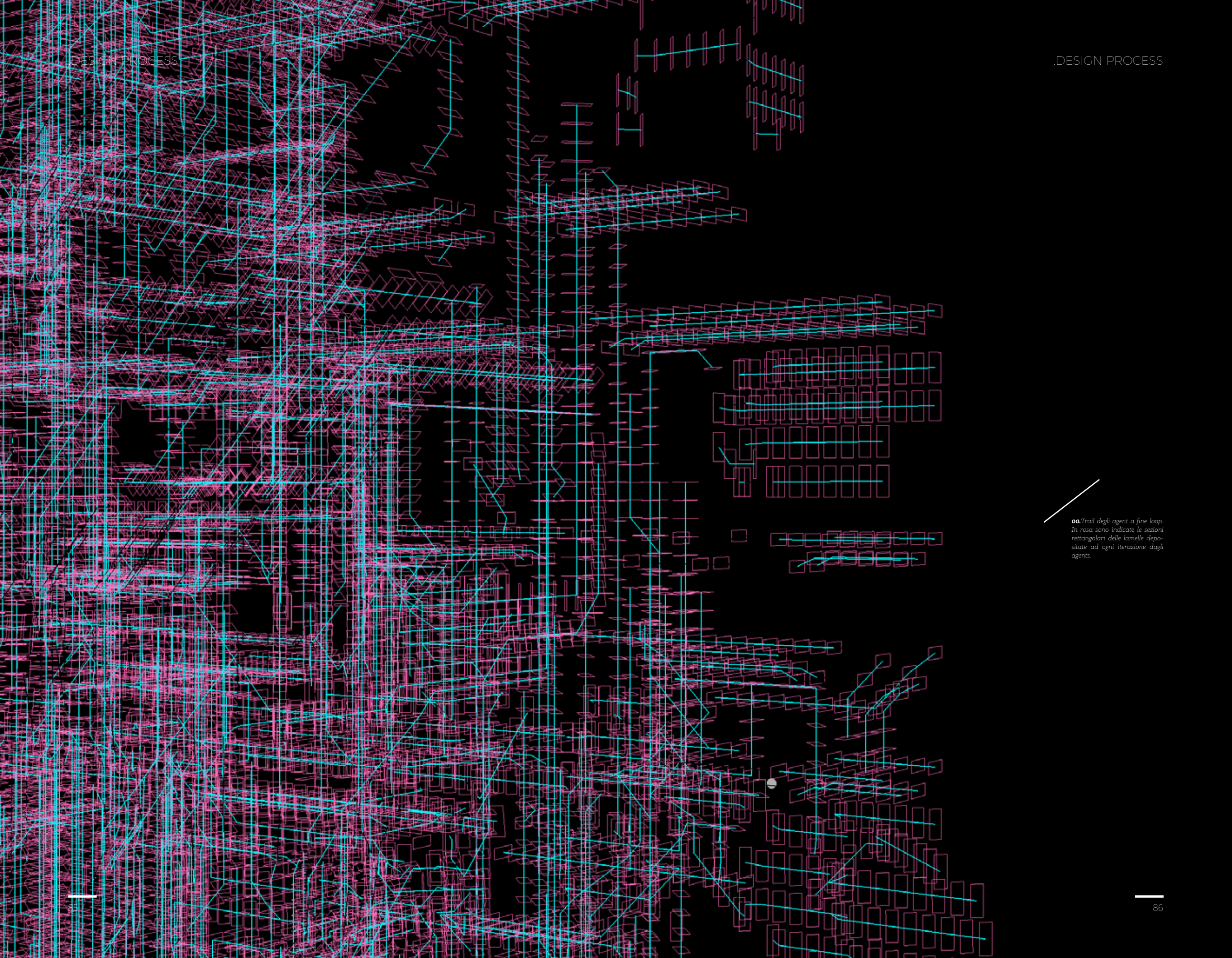
Iterations : 25
Free slots : 788234



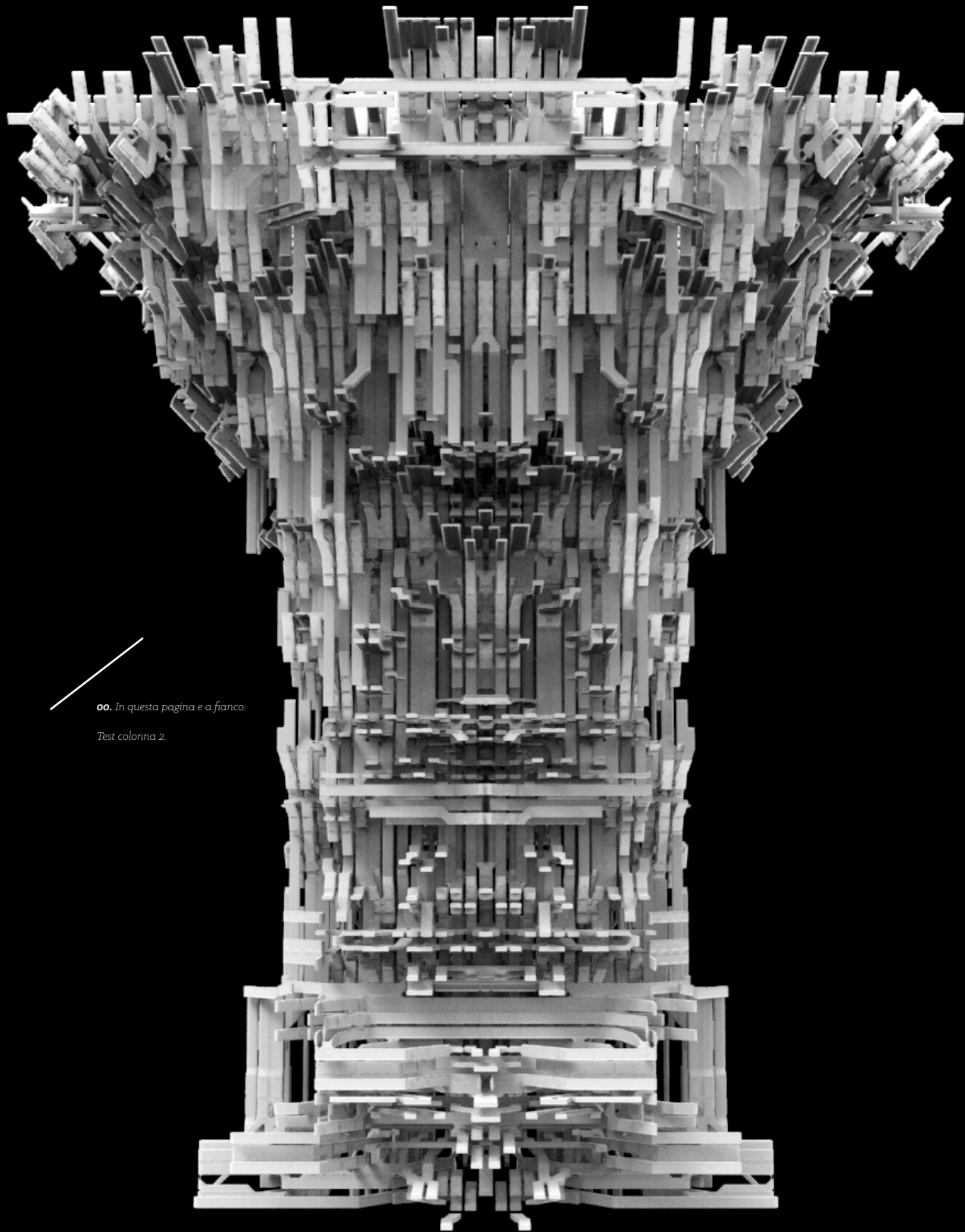
Iterations : 50
Free slots : 623015



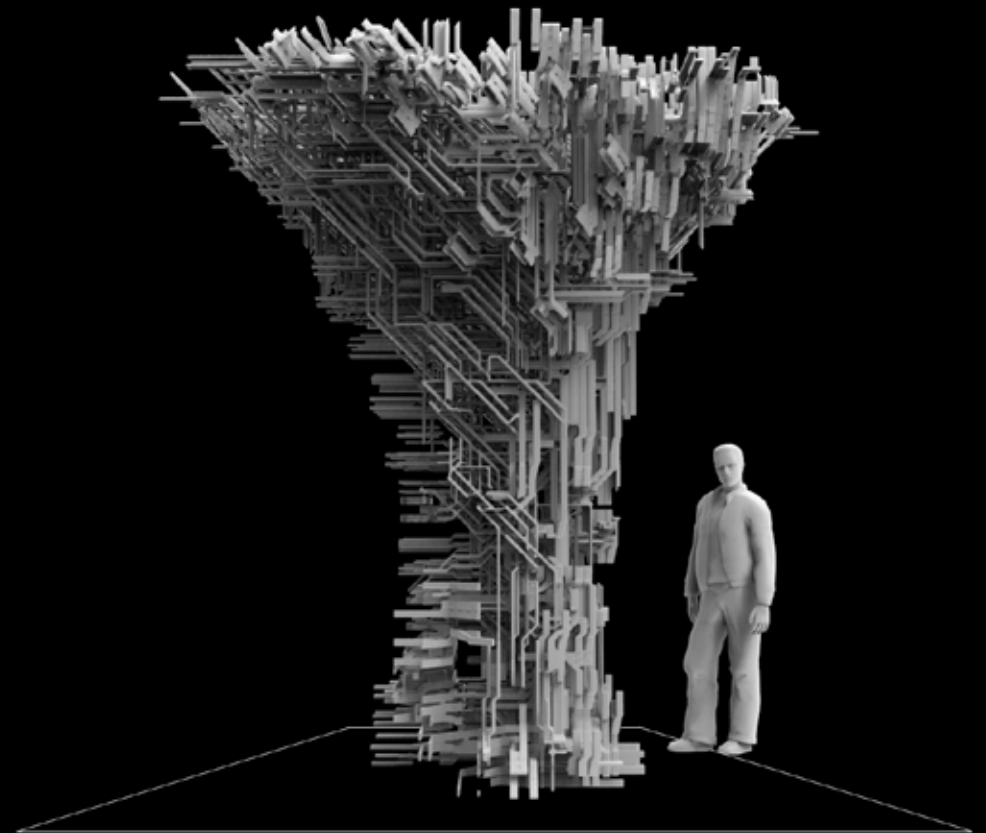
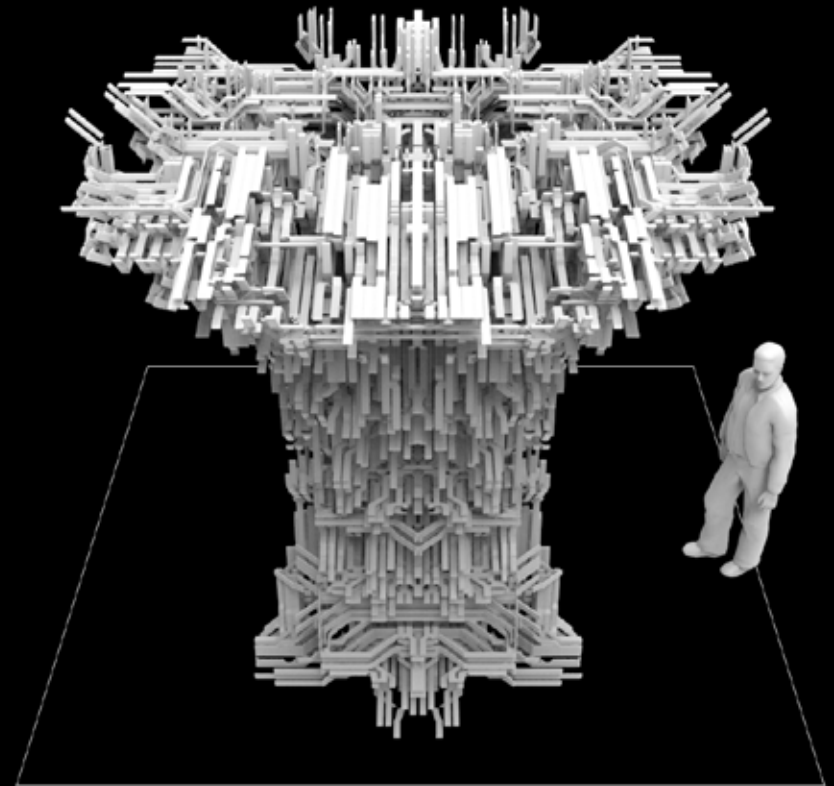
Iterations : 55
Free slots : 587412

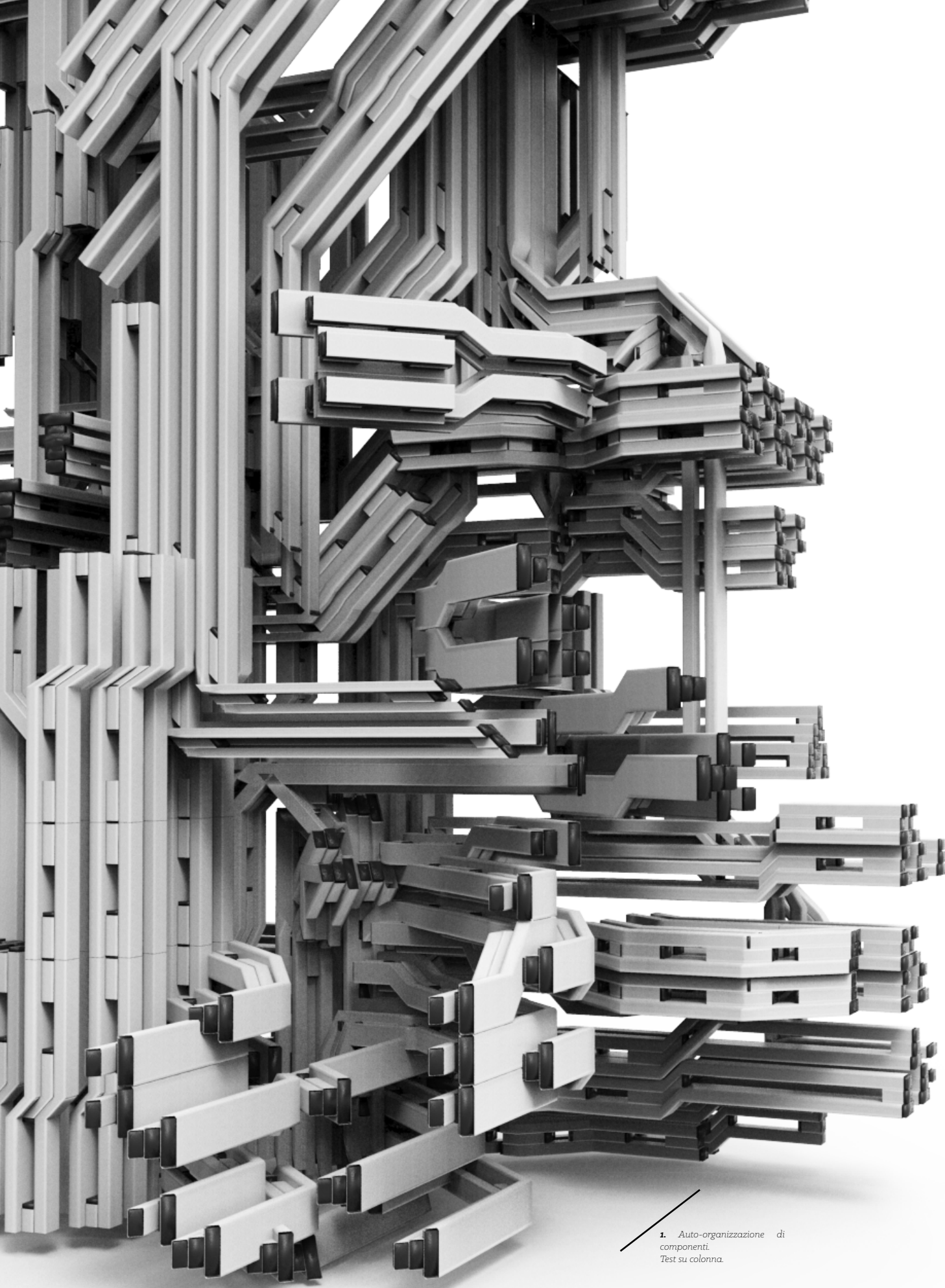


00. Trail degli agent a fine loop.
In rosa sono indicate le sezioni
rettangolari delle lamelle depo-
sitate ad ogni iterazione dagli
agents.



00. In questa pagina e a fianco:
Test colonna 2.





1. Auto-organizzazione di componenti.
Test su colonna.

03.05 DESIGN PROCESS

GERARCHIE /DETTAGLIO/RIDONDANZA

“A system of differential repetition becomes a means of handling a variety of material within the same organization. Just a single Hair is not sufficient to make a hair-do, so too a single element in architecture will never reveal the rich organizational possibilities inherent when greater quantities come to play.”

Reiser-Unimoto - “Atlas of novel tectonics”

Definito quanto sopra, e ottenuto il primo sviluppo lamellare, risulta necessario dover scendere nel dettaglio, ad un livello di risoluzione superiore. Il primo ordine gerarchico così ottenuto necessita di un sottosistema capace di connettere le lamelle stesse e andare a rinforzare laddove sopraggiungono labilità, debolezze o sconessioni.

Per mantenere coerenza formale e di processo, si è deciso di procedere giustappo-ponendo ulteriori elementi longilinei lamellari, scalati opportunamente e atti a connettere elementi vicini o sopperire a zone di debolezze, come gli angoli (nodi) e gli estremi.



In ottica mereologica² il concetto del dettaglio assume ancora più significato. L'etimologia della parola risale al XVII secolo. La parola francese 'detail', composta da 'dé-' (indicante separazione) e 'tailler' (tagliare) deriva dalla parola latina 'talea', esprimendo il senso di cose minori considerate come un tutto. Un dettaglio è una parte differenziata, discreta, divisibile, distinguibile o separabile, un frammento individuale, un elemento. Il verbo dettagliare esprime descrizione, spiegazione, catalogare e scendere nel particolare.

Nell'accezione architettonica che qui vogliamo enfatizzare, ci si distacca dal senso comunemente accettato di dettaglio legato alla decorazione, allo stile, all'adornare o al motivo stilistico, suggerendone una connotazione più legata al controllo del processo a diverse risoluzioni e scale, specificatamente differenziato, ricco, accurato, ridondante. Il dettaglio, quindi, che diventa sintesi fra relazione e funzione, fra risoluzione e controllo. L'accezione *tettonica* che qui si vuole dare, riguarda la relazione tra la dimensione tecnica e spaziale dell'ambiente costruito, e quindi la selezione e utilizzo di specifiche scelte tecniche e di dettaglio per articolare la leggibilità architettonica.

“Una morfologia tecnicamente efficiente inevitabilmente assume una



2. La mereologia (composizione del greco, meros, "parte" e logia, "discorso", "studio", "teoria") è la teoria, o scienza, delle relazioni parti-tutto.

Fonte: Wikipedia

3. Patrik Schumacher - AD Future details of architecture, 2016

4. In alto: Zaha Hadid Architects - Dongdaemun Design Park, Seoul, 2014. Da notare la suddivisione adattiva dei pannelli basati sulla curvatura della superficie.



funzione comunicativa e articolatoria. L'integrazione delle conseguenze morfologiche di determinate scelte tecniche all'interno del discorso architettonico è una soluzione decisamente più elegante rispetto al tentativo di soffocare o negare tali aspetti, celandoli.”³

L'architettura Gotica ne è un esempio. Le caratteristiche estetiche che ne caratterizzano il genere derivano da logiche di questo tipo, superando il concetto di stile architettonico, ma piuttosto una filosofia della bellezza, e della creazione caratterizzata dall'altissima risoluzione dei suoi componenti, l'intricchezza e la multiscalarità del dettaglio. Le tensioni estetiche che si creano fra le parti che compongono gli elementi (basti pensare alle colonne nervate in fasci) raccontano e incanalano le forze in gioco e il rapporto tettonico che hanno con il resto. Jhon Ruskin⁵ definendo alcuni caratteri dell'architettura gotica include “Changefulness” (mutevole) e “Naturalism” (naturalistica), puntando l'accento su di una logica capace di trasferire “la bellezza della natura nell'architettura” riferendosi al modo in cui strutture e ornamento si fondono insieme seguendo precise regole gerarchiche come “cristalli di ghiaccio[...] che riorganizzano il vapore acqueo dandogli forma”.

5. John Ruskin (Londra, 8 febbraio 1819 - Brantwood, 20 gennaio 1900) è stato uno scrittore, pittore, poeta e critico d'arte britannico. La sua interpretazione dell'arte e dell'architettura influenzarono fortemente l'estetica vittoriana ed edoardiana.

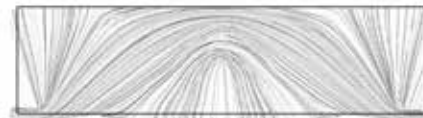
Fonte: Wikipedia

6. In alto: King's College - Cambridge, sotto Mother Church of Canterbury. Contrafforti e nervature gerarchicamente organizzati, da elementi strutturali a connotazione estetica.

.Test su modello di trave rettangolare
Workflow e gerarchizzazione dei componenti



1.Volumetria di partenza

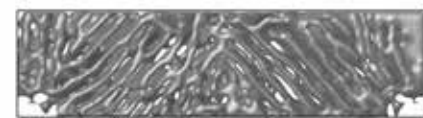


2.Isocurve di stress



0.45 0.25

3.Valori di feed



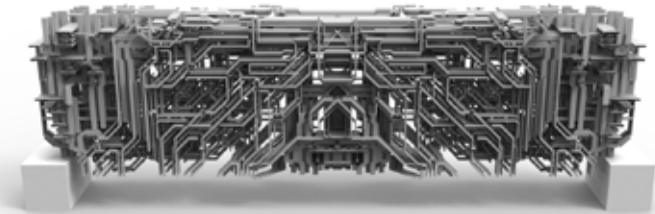
4.Reaction Diffusion Map



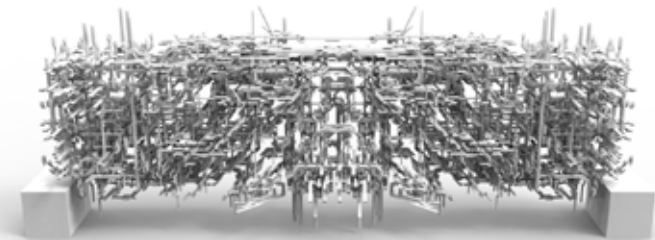
5.Orientazione componenti



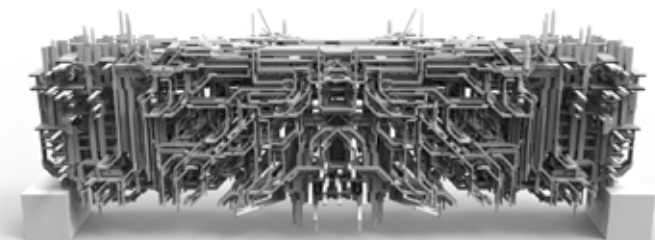
6.Autorganizzazione



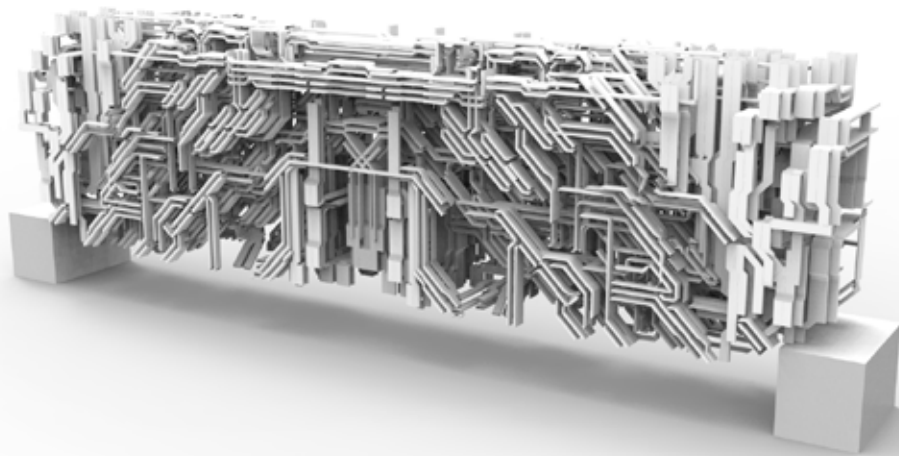
7.Gerarchia principale



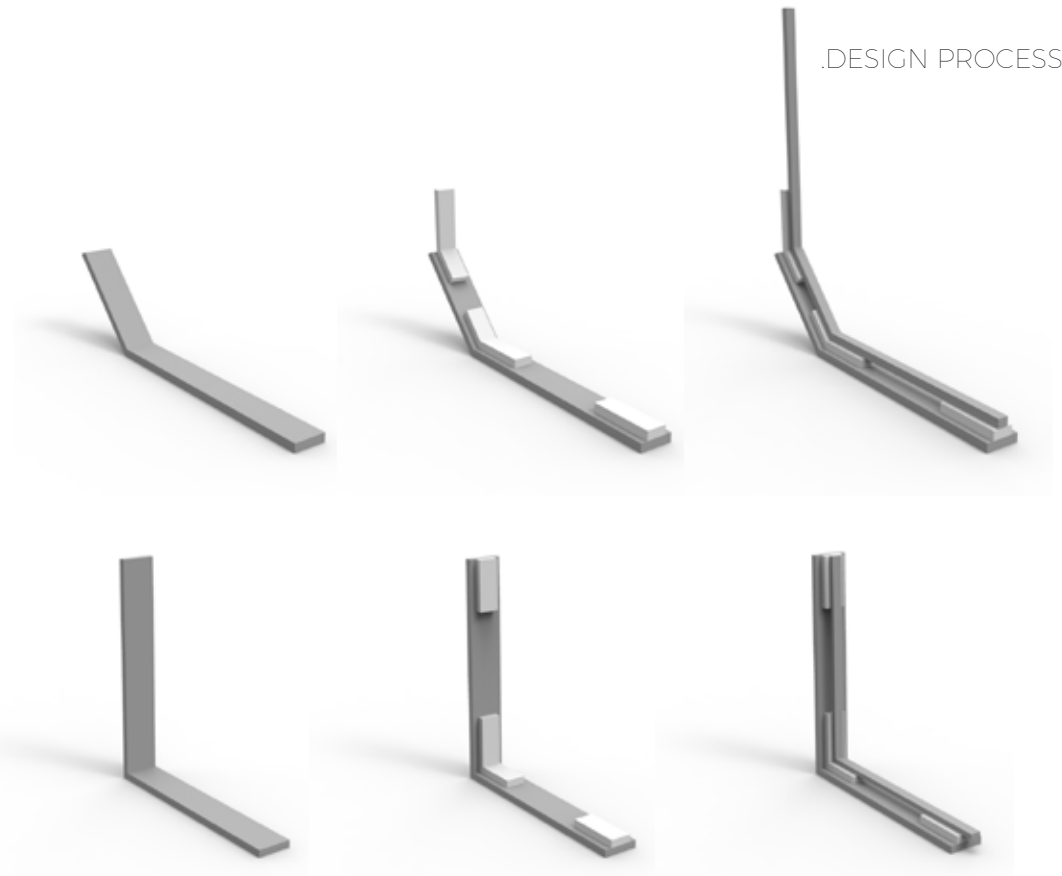
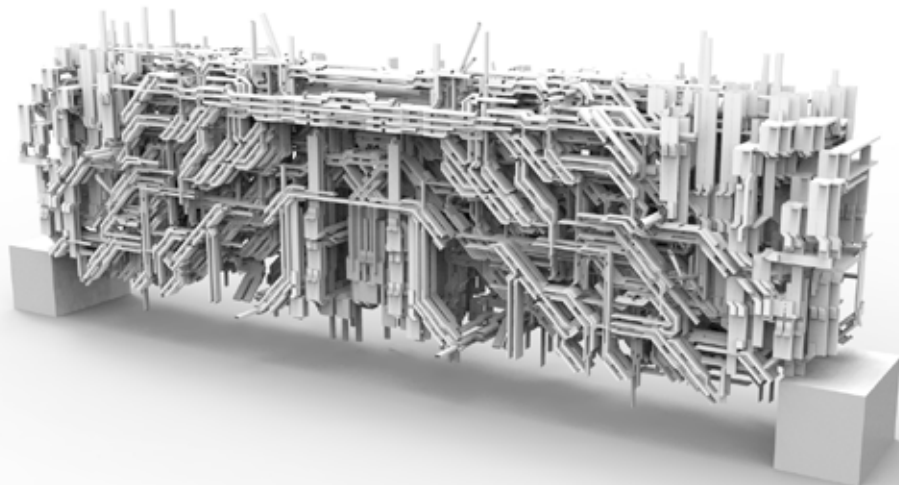
8.Gerarchia secondaria e terziaria



9.Modello completo



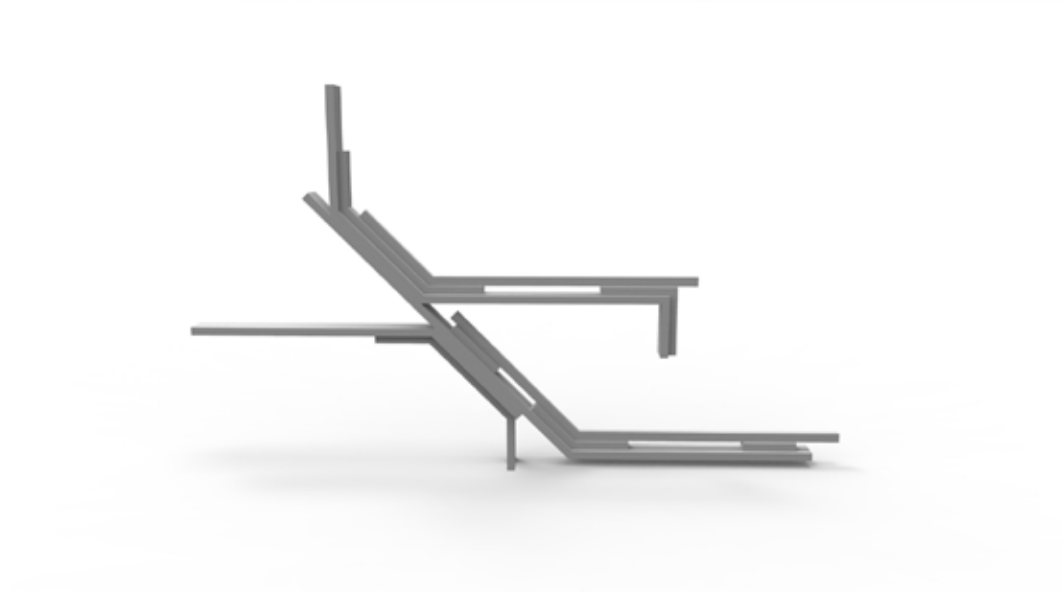
7. Test su elemento longilineo orizzontale tipo trave. L'allineamento iniziale delle componenti è dovuto alla discretizzazione del vettore di sforzo, successivamente dovuto a interazioni locali. Sopra è mostrata solo la prima gerarchia, mentre in basso in forma completa. Evidente la ridondanza delle componenti.

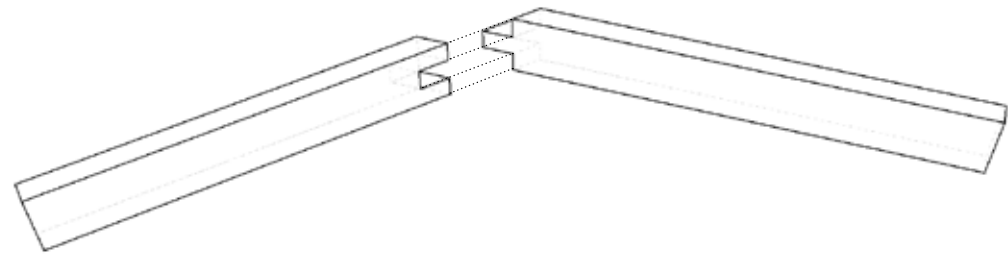


6. In alto le 2 gerarchie di connessioni.

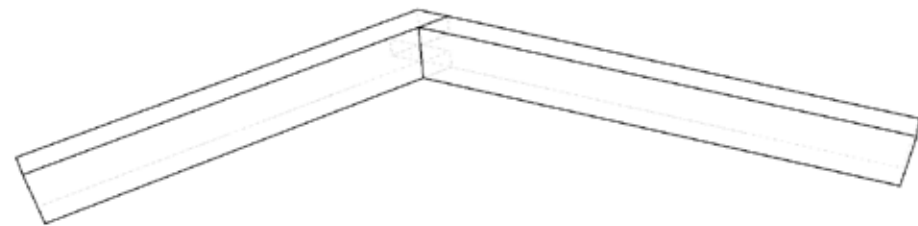
Alla luce di quanto esposto precedentemente si è proceduto definendo un sistema di connessioni gerarchico atto a rinforzare e a connettere gli elementi della struttura principale. Il sistema consiste nell'inserimento di imbottiture di due diverse tipologie omeomorfe alla struttura principale. Gli angoli e le connessioni fra lamelle sono rafforzati da ulteriori elementi posti a rinforzo, e lamelle parallele connesse da imbottiture.

La logica sottesa, pensata per favorire logiche di assemblabilità costruttiva, presenta sul piano estetico una aumento di dettaglio basato sull'incremento di risoluzione, leggibile a diverse scale.

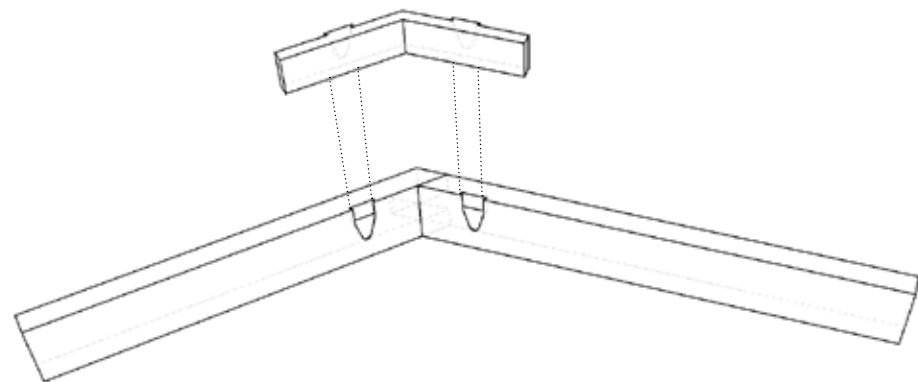




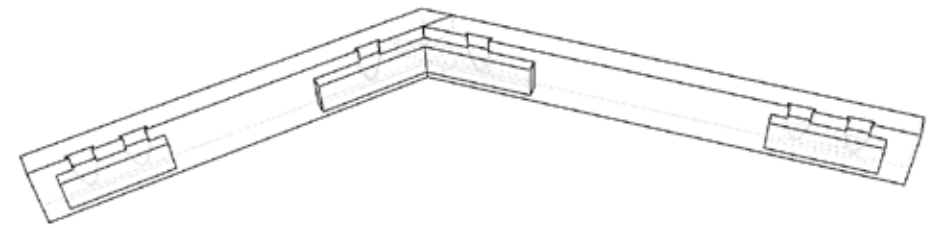
1. Giunzione fra due lamelle di prima generazione: particolare del giunto maschio-femmina fresato



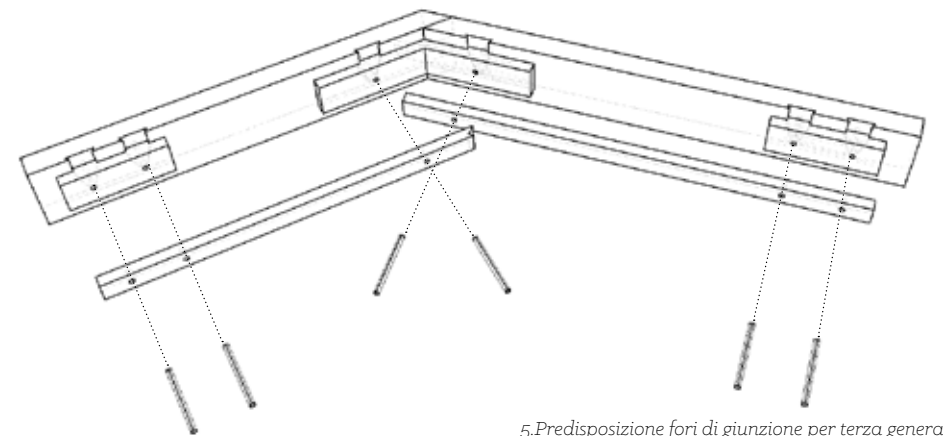
2. Giunzione fra due lamelle di prima generazione



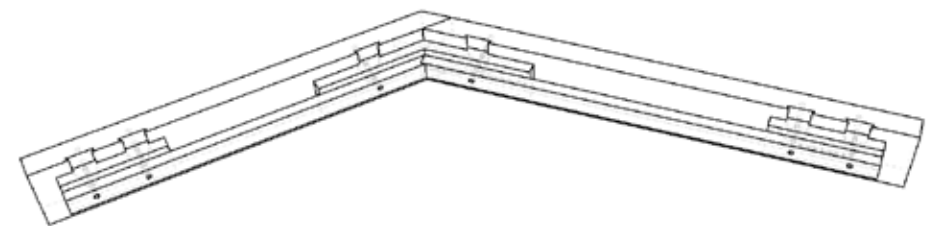
3. Pezzo angolare fresato dal pieno e suo alloggiamento



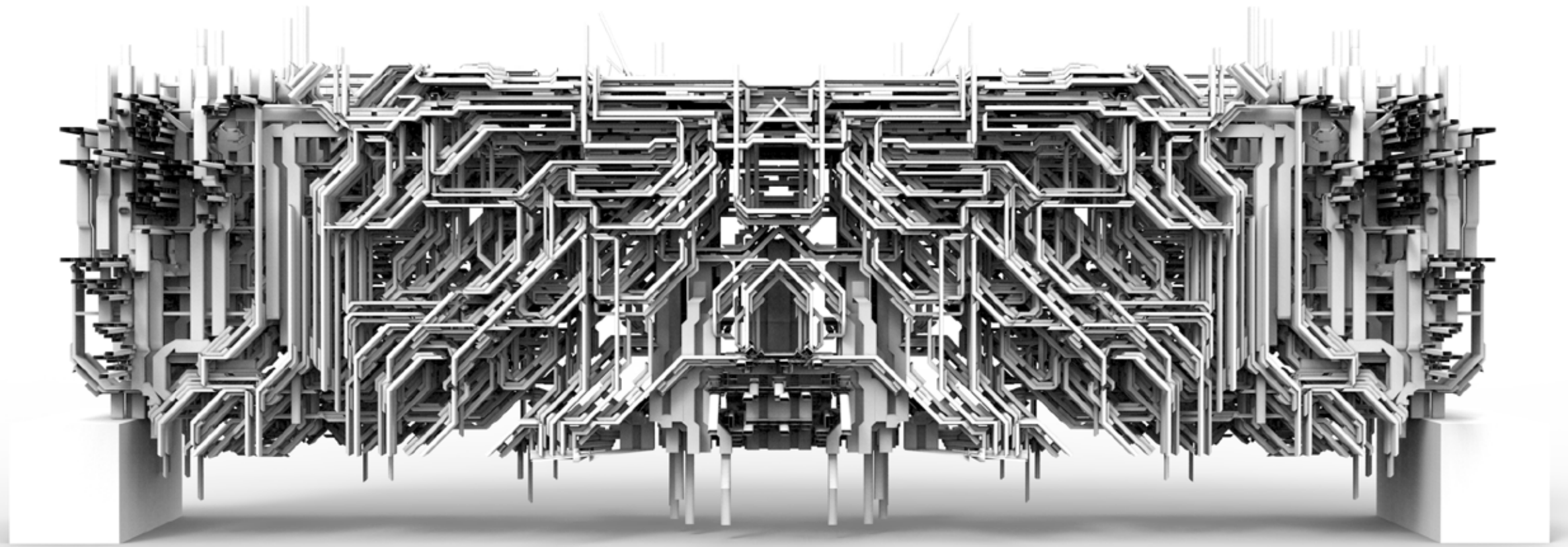
4. Aggiunta dei terminali per aggancio terza generazione

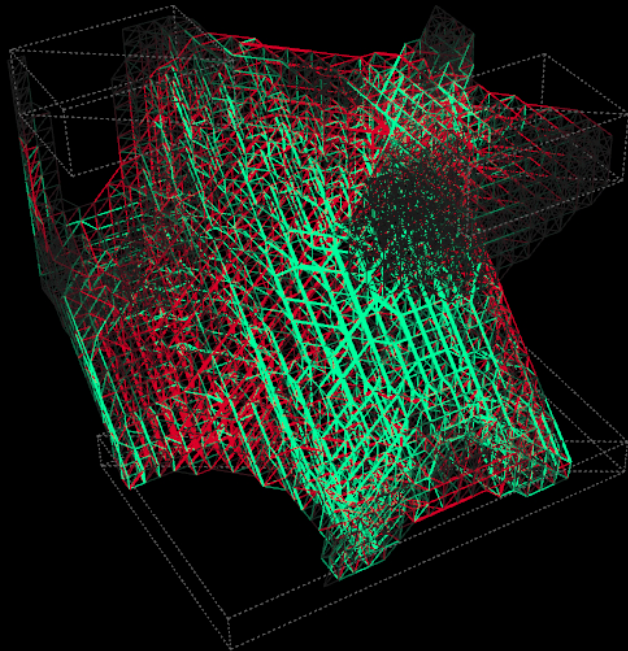
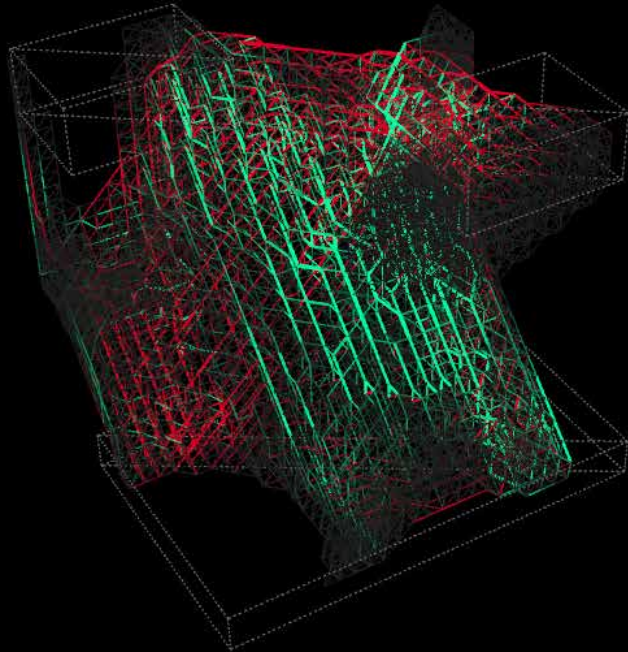
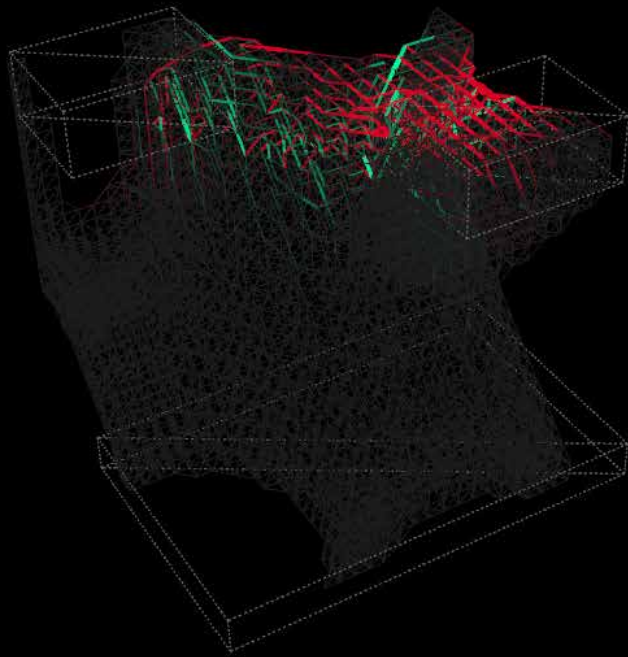


5. Predisposizione fori di giunzione per terza generazione



6. Completamento assemblaggio tipo





o. Formazione di pattern strutturali su network di percorsi discretizzati. Simulazione e studio eseguiti durante il workshop "Structural Aesthetic" - Tutor: Chris Williams, Alessio Erioli, Bologna 2017.

Team: Giovanni Checchia, Eugenio Bettocchi, Alessandro Cascone, Matteo Salsi, Filippo Magnani

04.01 ARCHITECTURAL SPECULATION

CRESCITA STRUTTURALE

"Science is a tool for ideas [...] and it is not only a means to verify structural strength. Science must lead us to discover the optimized geometry for that particular static condition"

Sergio Musmeci

1. Un automa cellulare (dall'inglese Cellular automaton o Cellular automata, abbrev. CA) è un modello matematico usato per descrivere l'evoluzione di sistemi complessi discreti, studiati in teoria della computazione, matematica, fisica e biologia.

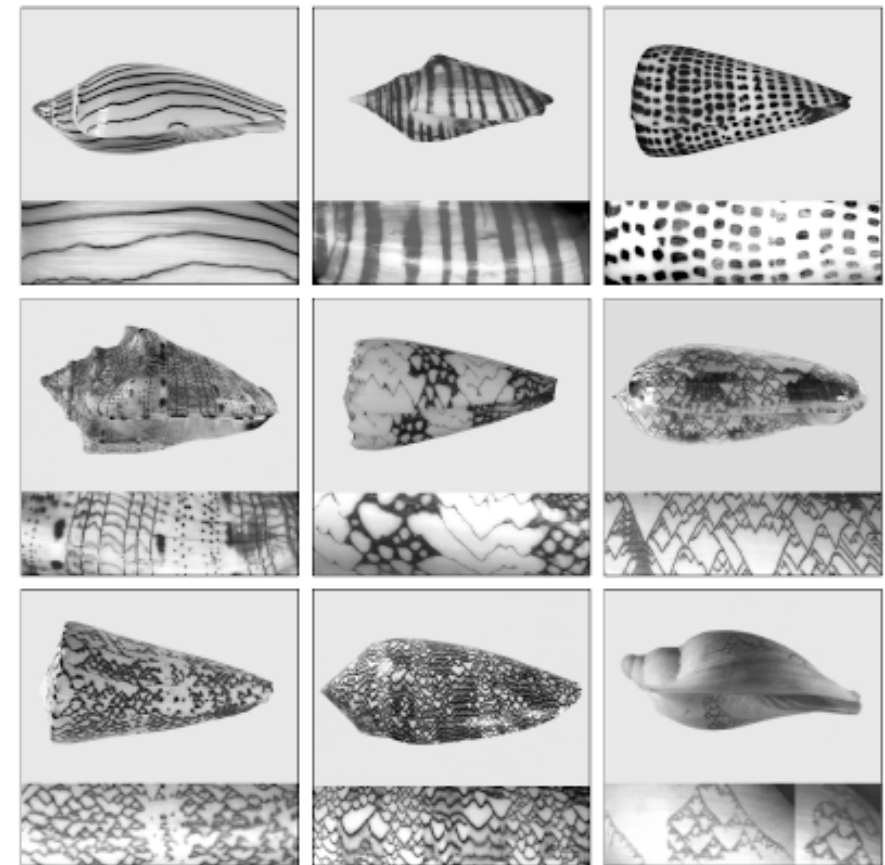
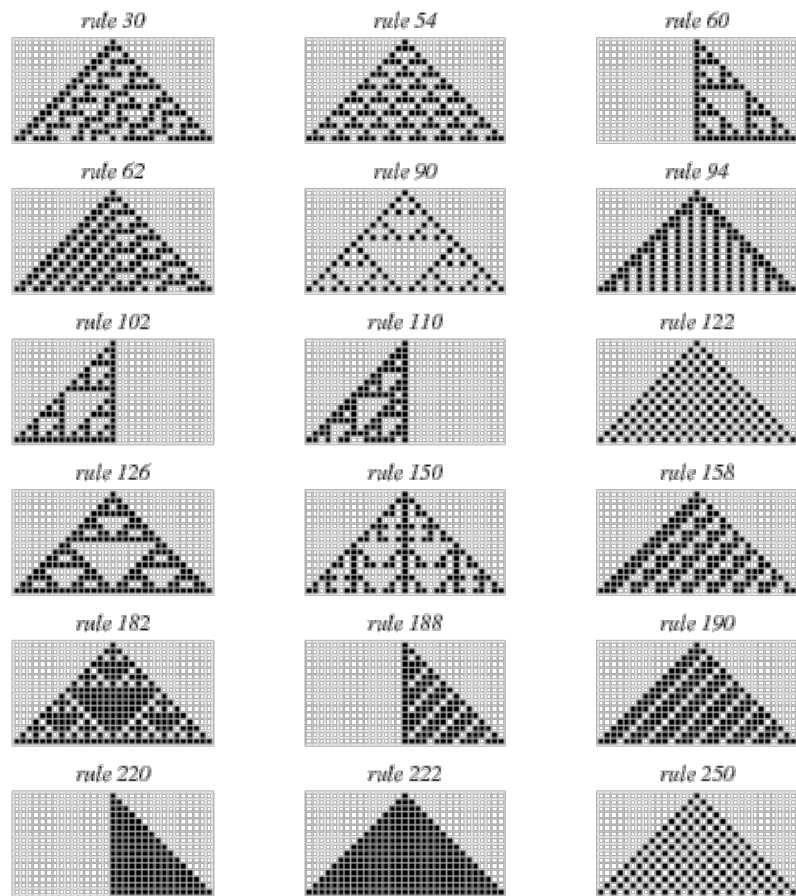
Fonte: Wikipedia

Le prime speculazioni a scala architettonica hanno considerato la possibilità di non imporre a priori delle volumetrie su cui effettuare la discretizzazione e l'orientazione delle lamelle, ma operare secondo logiche sistemiche legate a processi di tipo bottom up.

In questa fase l'obiettivo è di ottenere spazialità e indagare le potenzialità del sistema applicato a scala architettonica.

Si è proceduto quindi testando le capacità morfogenetiche di sistemi complessi discreti, nello specifico logiche legate ai Cellular Automata¹ (CA).

Tali sistemi si basano, analogamente al Reaction Diffusion, su regole di vicinato e sullo stato di "attività" delle celle che ne compongono la griglia di partenza. A differenza del RDA, i CA sono considerati discreti in quanto lo stato di una cella che li compone può variare solo fra stati di 1 o 0, e, a seconda dei rapporti di vicinato



con altre celle caratterizzate da stati di 1 o 0 varia il suo sviluppo iterazione dopo iterazione generando pattern la cui intricatezza e complessità dipende solo da queste semplici regole.

Nel caso in esame sono state definite logiche inerenti a sistemi CA 3-dimensionali integrando condizioni di campo ambientali che ne indirizzassero lo sviluppo e la direzionalità, caratteristiche anisotropiche fondamentali per la simulazione in integrazione con ambienti reali.

Come vedremo nelle pagine seguenti, sono stati definiti dei campi scalari e vettoriali con il compito di indirizzare la crescita verso dei punti attrattori ed enfatizzare o smorzare lo sviluppo in certe zone piuttosto che in altre.

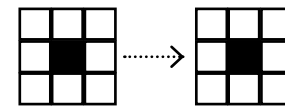
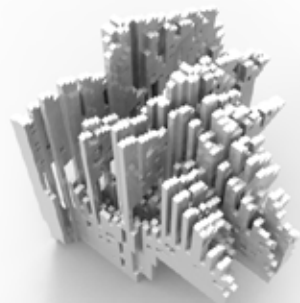
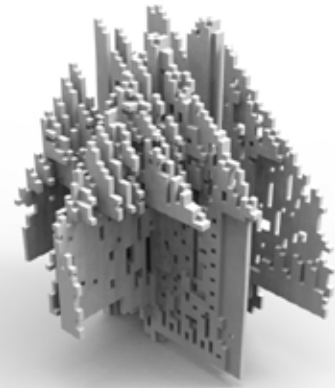
2. In alto: Esempi di applicazione dell'algoritmo di Cellular Automata su una griglia bidimensionale. Le regole richiamate sopra ogni immagine fanno riferimento al rule set in codice binario che indica le celle da mantenere "vive" o no nelle iterazioni seguenti.

Fonte: <http://mathworld.wolfram.com/ElementaryCellularAutomaton.html>

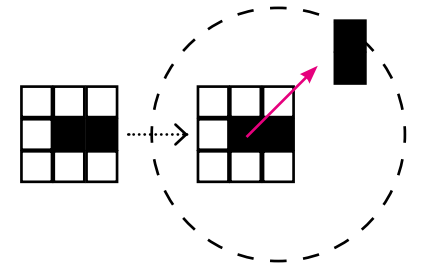
3. Pagina a lato: Esempi di formazione di pattern in natura la cui logica è simile alle regole che governano i Cellular Automata.

Fonte: http://ca.olin.edu/2005/cellular_automata/

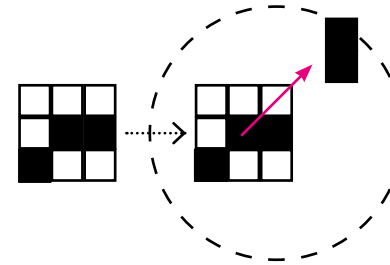




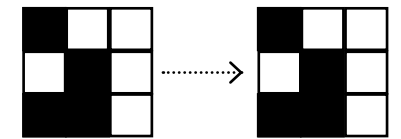
Neighbour num = 0 -----> DIE



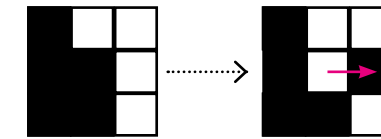
Neighbour num = 1 -----> COHESION
loneliness rule



Neighbour num = 2 -----> COHESION
loneliness rule



Neighbour num = 3 -----> DIE
overcrowding rule

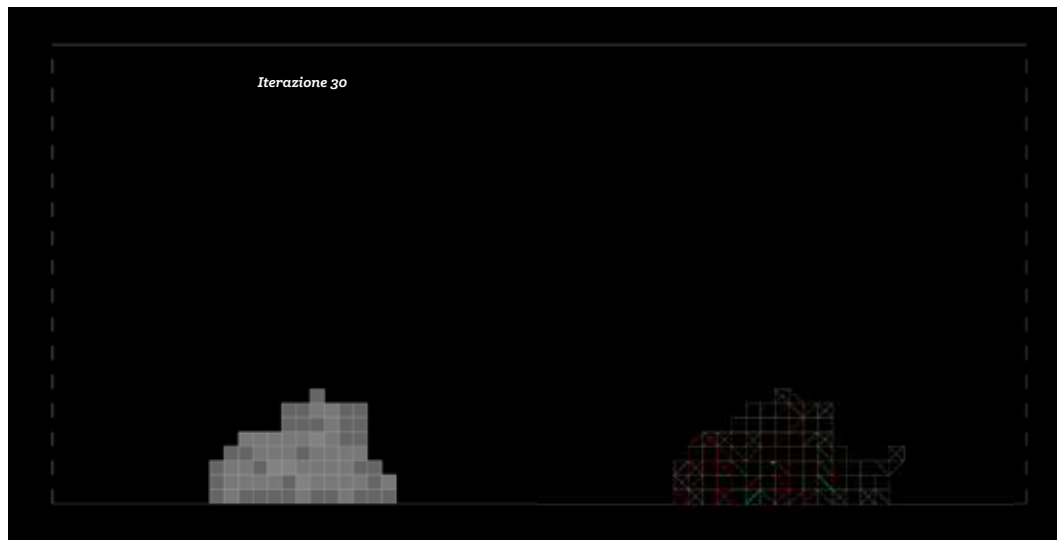
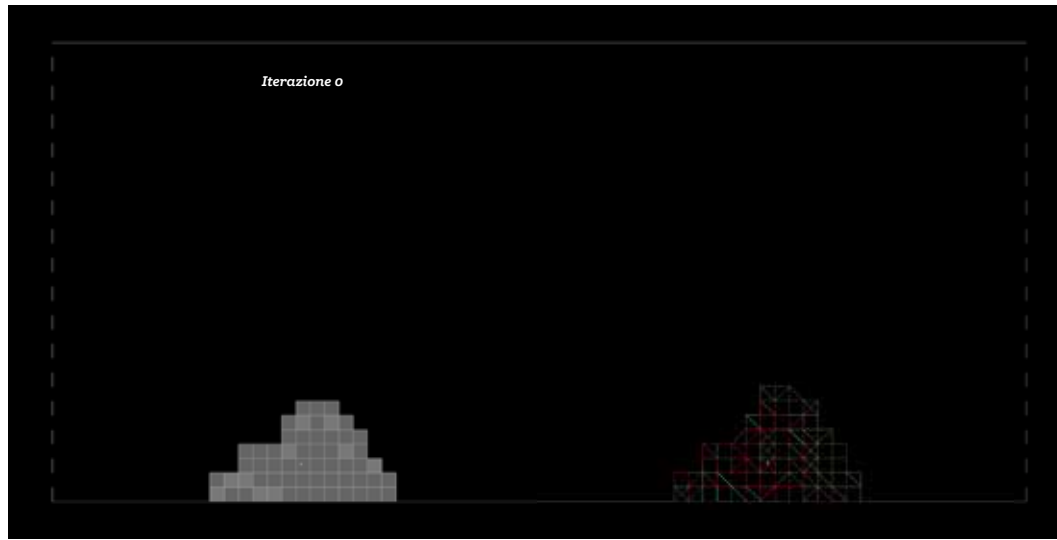


Neighbour num = 4 -----> SEPARATION
overcrowding rule

4. Pagina a lato : Test realizzati applicando regole CA standard

5. Sopra: rule set specifico

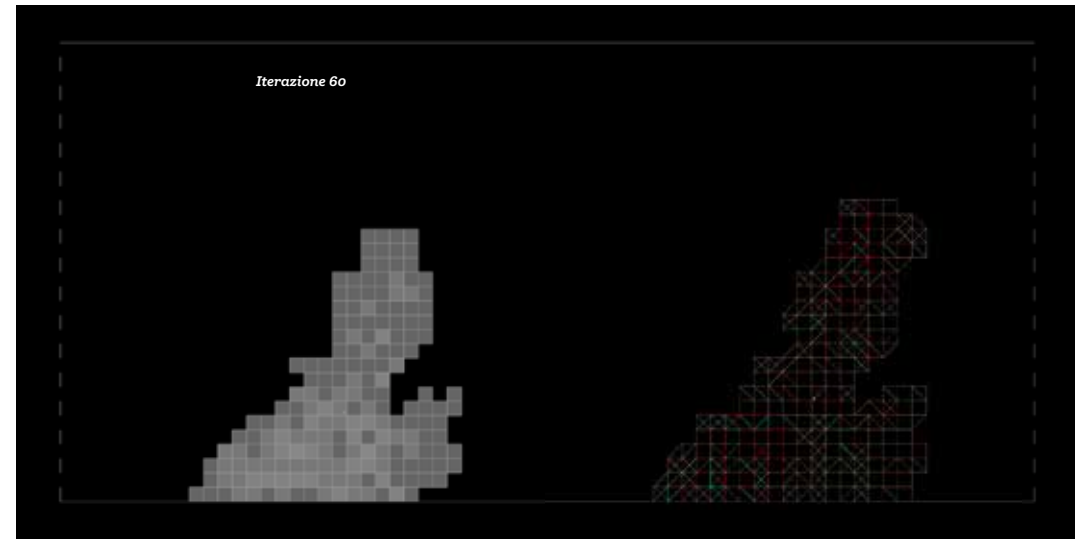
Il rule set definito prevede solo due stati, 0 e 1, qui rappresentati dal bianco e dal nero. I due stati sono stati codificati come condizione di movimento o di stasi secondo le regole definite sopra. Essendo questo un caso 3-dimensionale, il numero dei potenziali vicini sale fino a 26 e considerando la condizione di movimento o sedimentazione si è pensato di selezionare l'applicazione delle regole in base al numero di vicini che circondano ogni cella (come esposto nello schema sopra), seguendo delle logiche mutuete dai sistemi multi agents atte ad evitare il sovrappollamento o l'isolamento.



Successivamente alle regole di crescita è stato inserito un ulteriore livello simulativo che riguarda la statica del complesso. Considerando il sistema come formato da un insieme di “spring” e “particles” diviene possibile effettuare delle analisi qualitative sullo stato di stress degli elementi coinvolti.

Sfruttando la legge di Hooke è possibile, a meno del modulo elastico caratteristico del materiale, calcolare lo stato tensionale monoassiale su di un elemento proporzionalmente alla sua variazione di lunghezza.

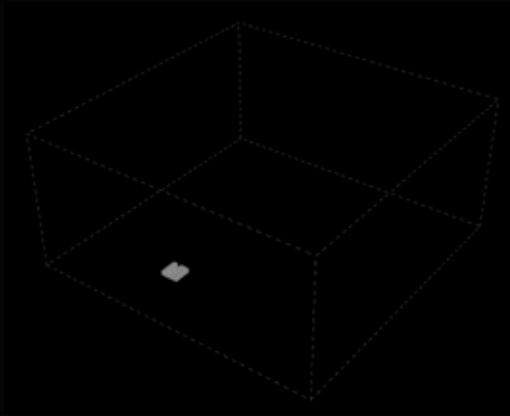
L'algoritmo calcola tale variazione a inter-



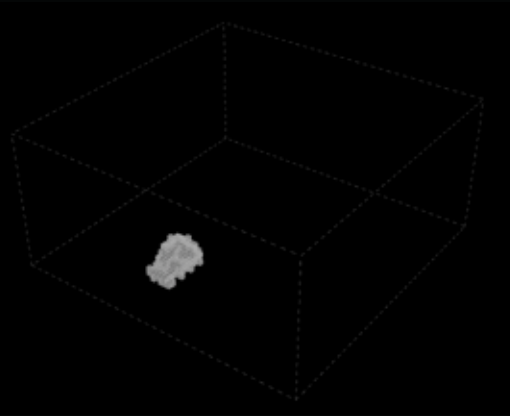
6. Sopra e pagina a lato: analisi delle deformazioni e culling degli elementi meno sforzati

valli predefiniti durante la crescita, e, di conseguenza, elimina le zone dove la sollecitazione è inferiore ad una data soglia. Ne consegue che le formazioni che non hanno uno sviluppo sufficiente durante i cicli iterativi non sopravviveranno ai ripetuti test strutturali in quanto poco caricati e quindi poco essenziali.

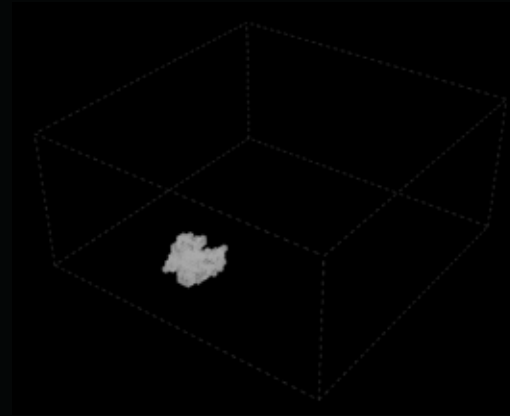
Iterazione 0



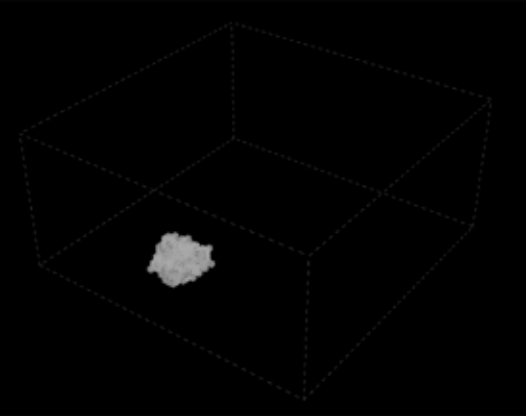
Iterazione 10



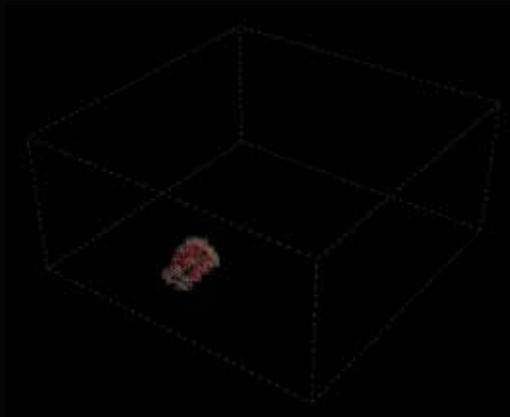
Iterazione 60



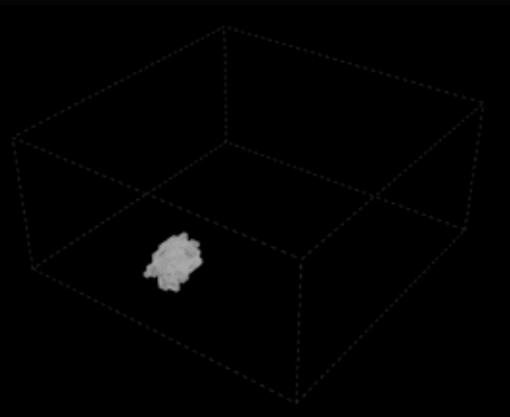
Iterazione 70



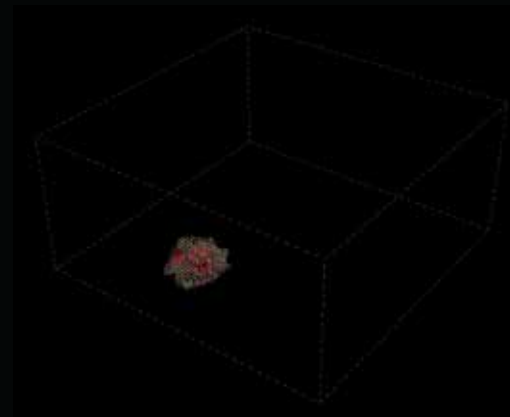
Iterazione 20



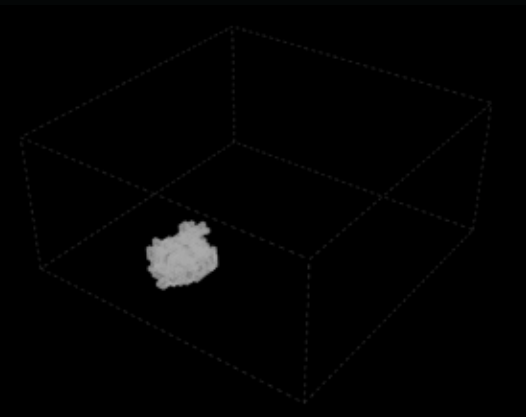
Iterazione 30



Iterazione 80

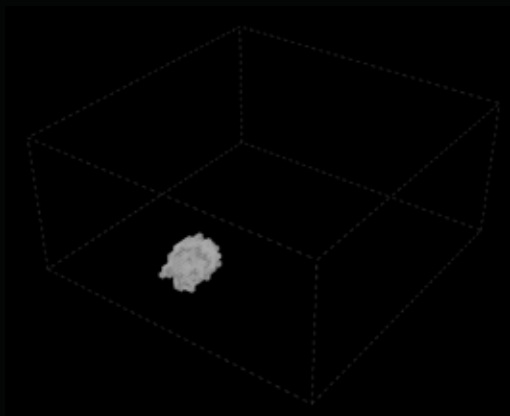


Iterazione 90

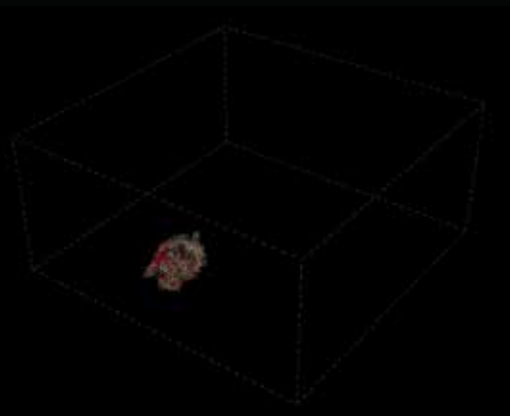


Tensione Compressione

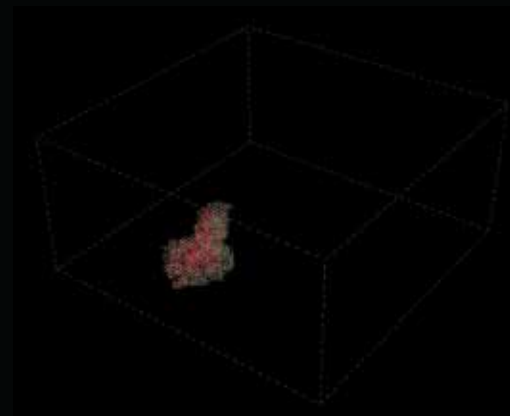
Iterazione 40



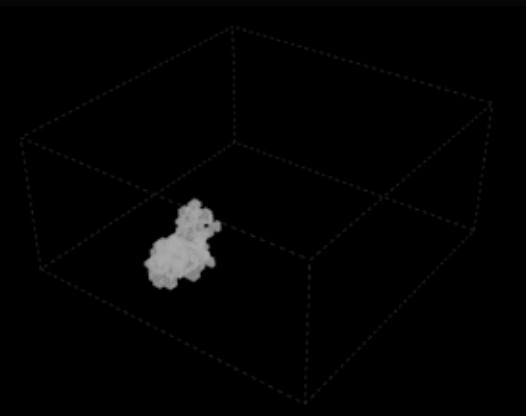
Iterazione 50

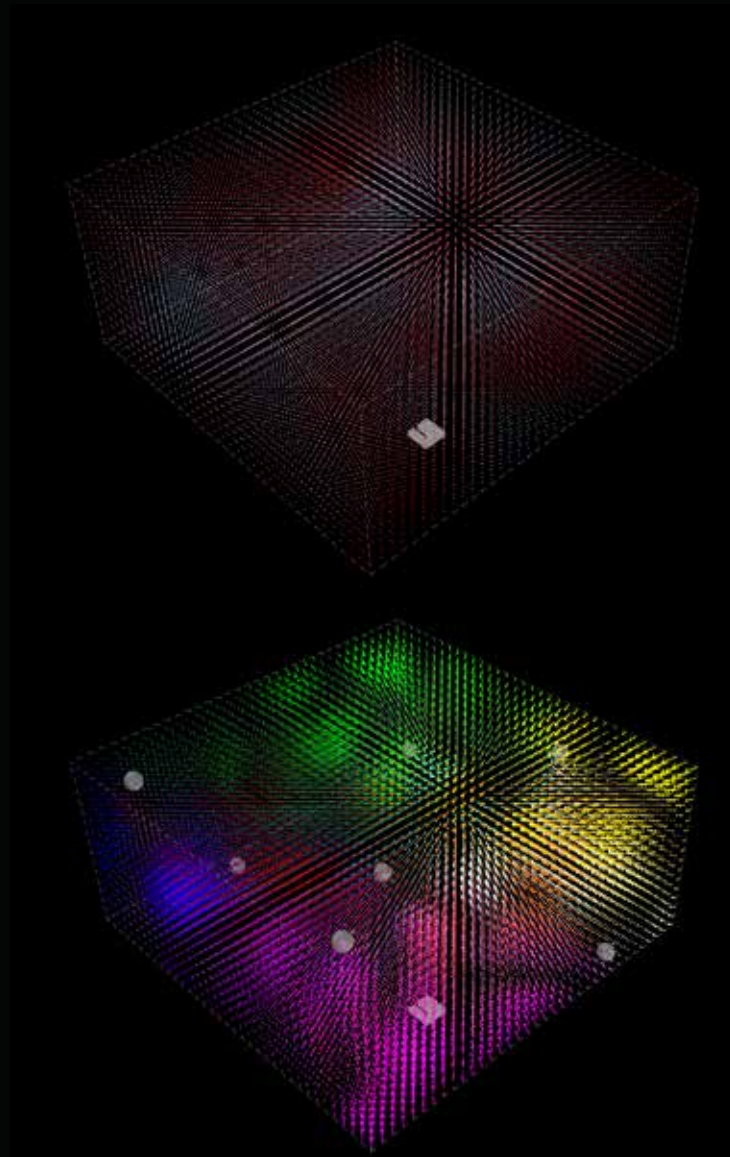


Iterazione 100



Iterazione 110





CAMPO SCALARE

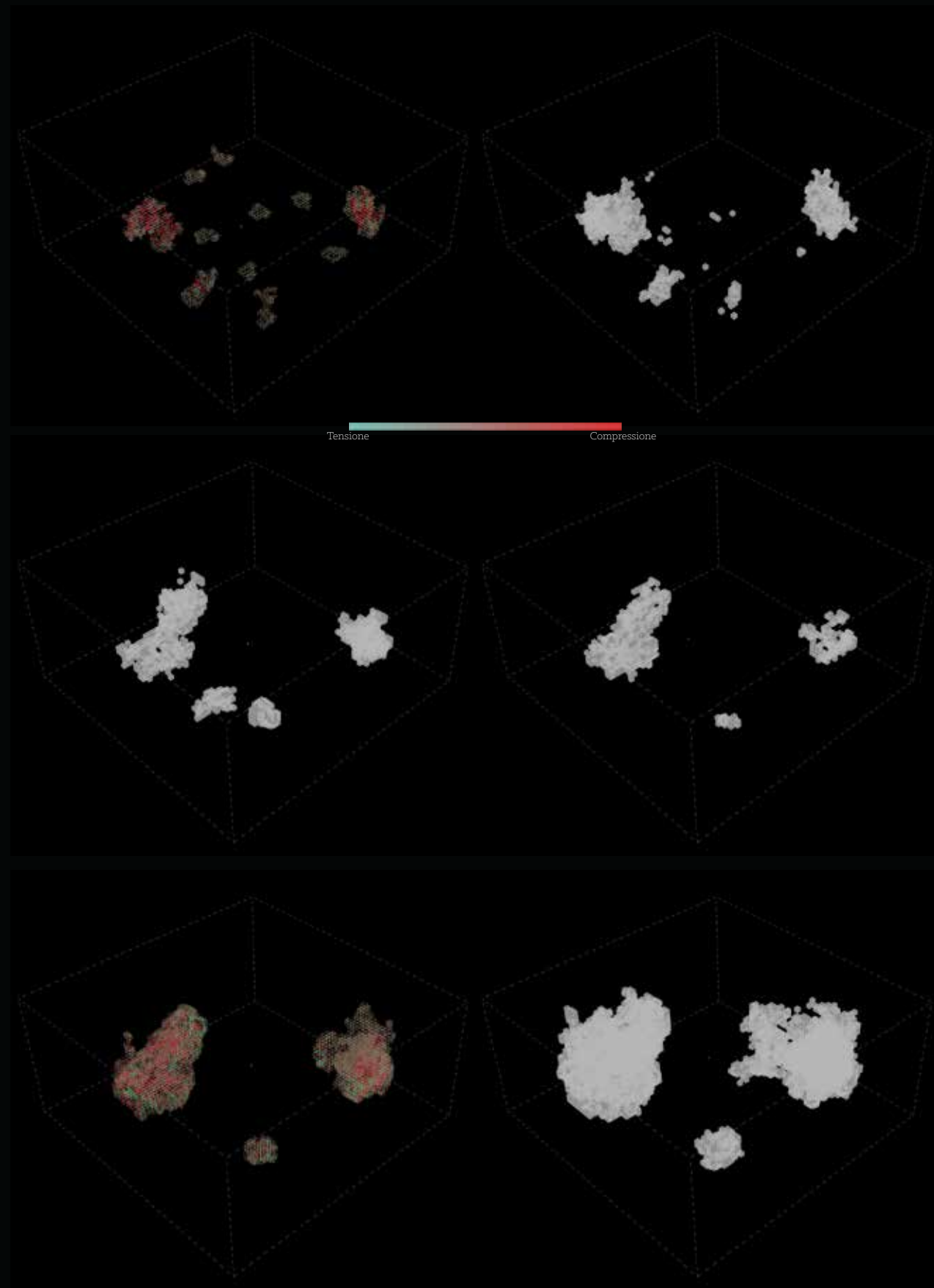
dal rosso al bianco, l'ambiente tende ad essere più consono alla formazione di aggregazioni



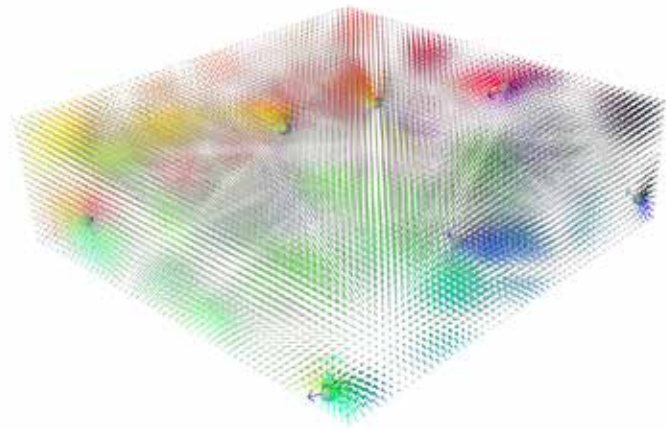
CAMPO VETTORIALE

le sfere indicano degli attrattori per il campo vettoriale che viene mediato dai valori del campo scalare

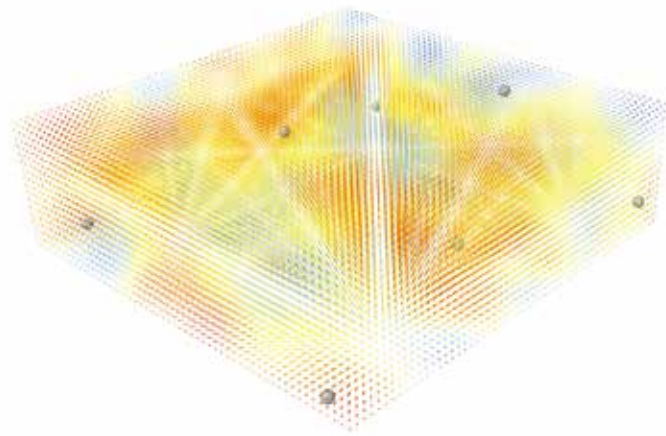
L'introduzione di un campo vettoriale è risultata necessaria per indirizzare lo sviluppo dell'aggregazione e indirizzarlo verso zone di interesse o meno. Il campo scalare, che definisce le zone più o meno favorevoli alla crescita, funge, inoltre, come moltiplicatore del campo vettoriale, come è possibile dedurre dalle immagini qui sopra.



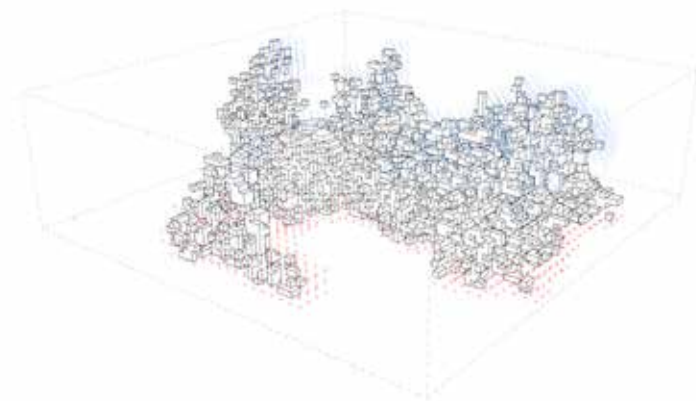
.Aggregation 1
Volume creation



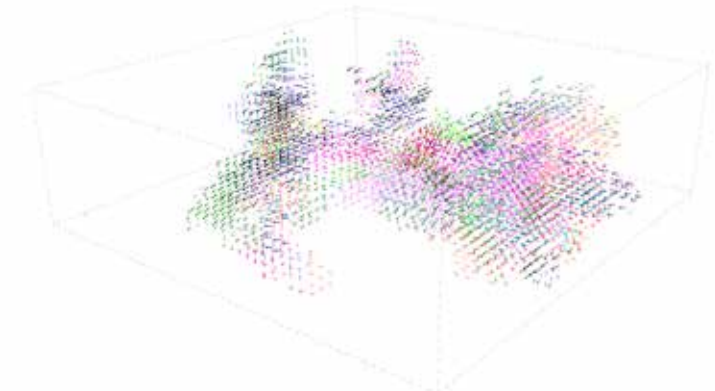
Vector Field



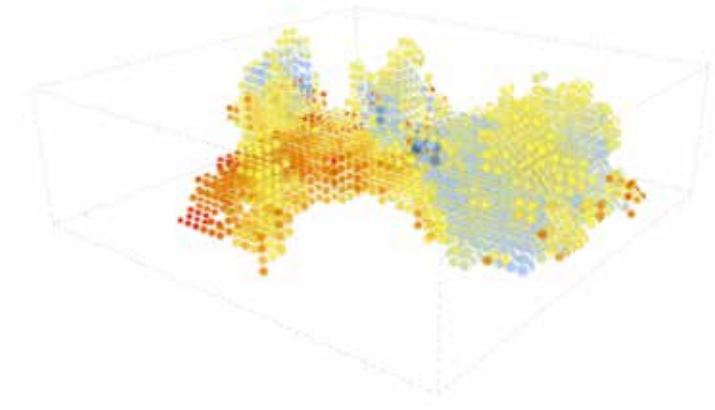
Scalar Field



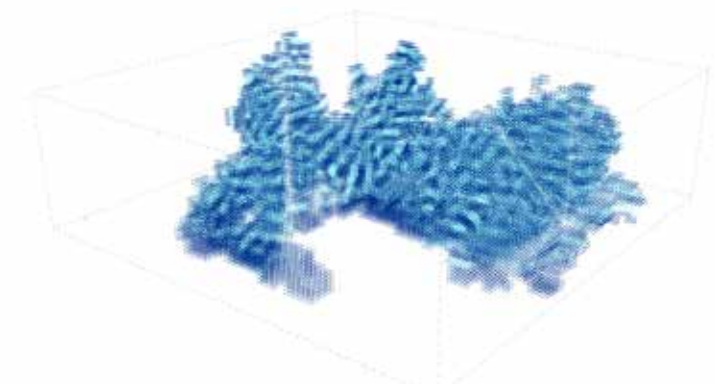
Resulting Aggregation



Stress vectors

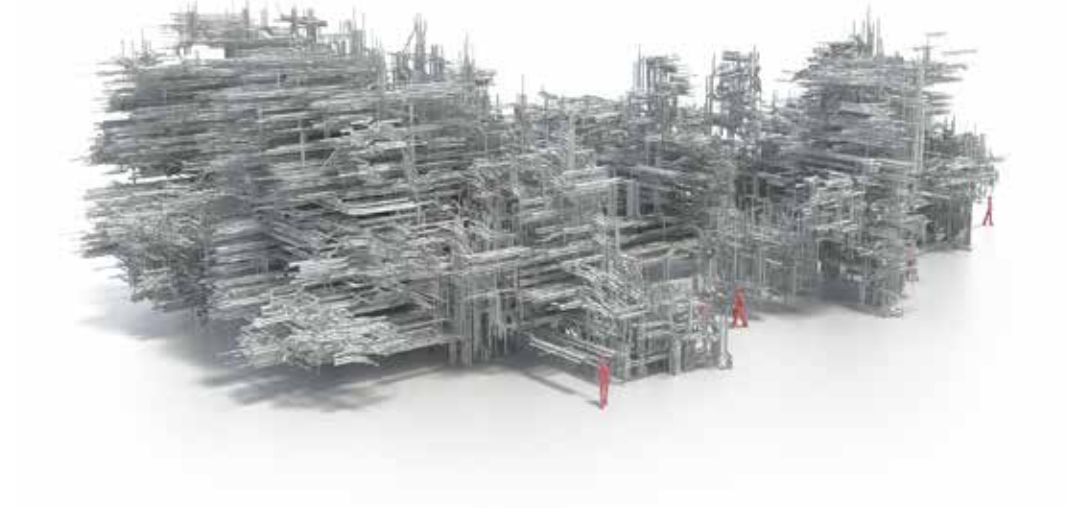
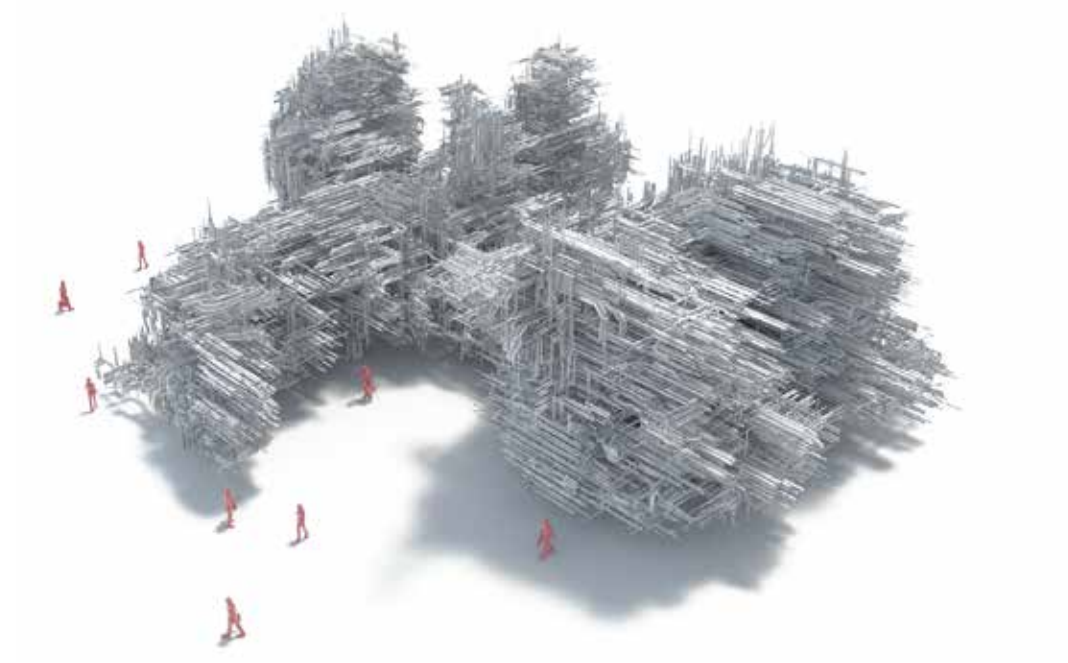


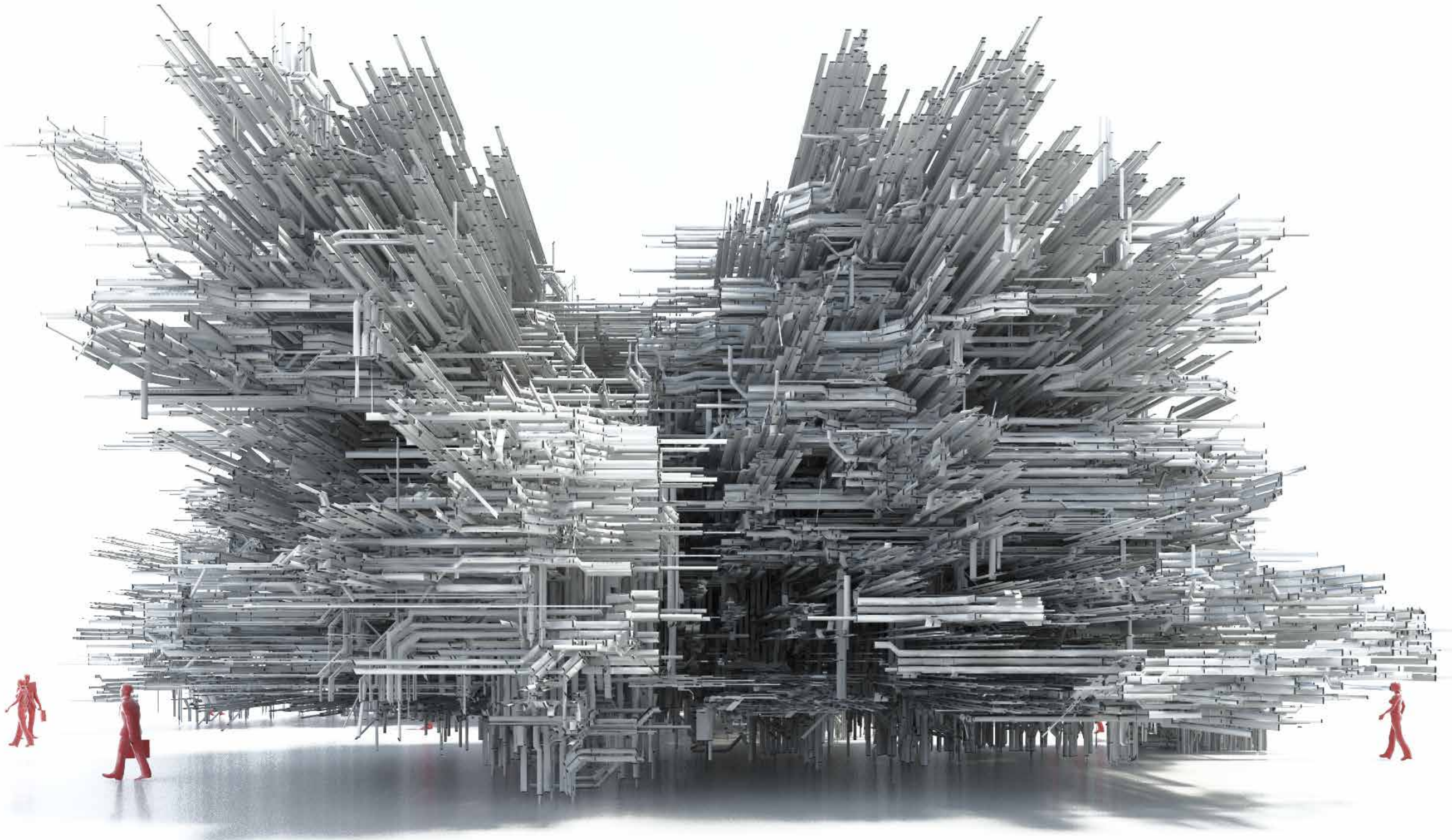
Stress intensity



Reaction Diffusion Map

.Aggregation 1
Lamellae organization







04.02 ARCHITECTURAL SPECULATION

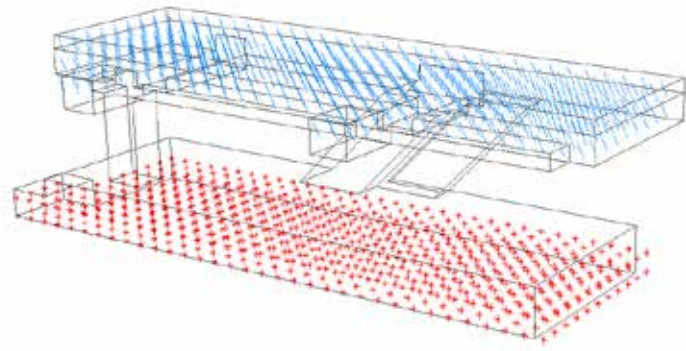
DIFFERENZIAMENTO SUPERFICIALE/VOLUMETRICA

1. Carlo Scarpa, Università Cà
Foscari, Aula Baratto, 1956

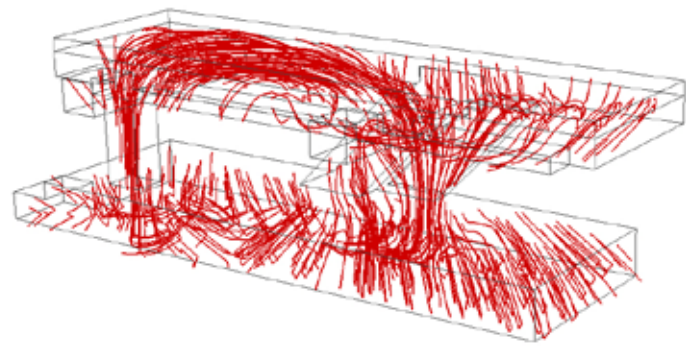
Le sperimentazioni finora prodotte hanno prodotto interessanti risultati dal punto di vista tettonico e spaziale, ma limitanti dal punto di vista dell'applicabilità architettonica standardizzabile, e quindi la capacità di adattamento a diverse condizioni di uso.

L'oggetto di questo capitolo riguarda appunto lo sviluppo di comportamenti differenziali del sistema, atti a sfruttare la geometria dei pezzi che lo compongono a proprio vantaggio.

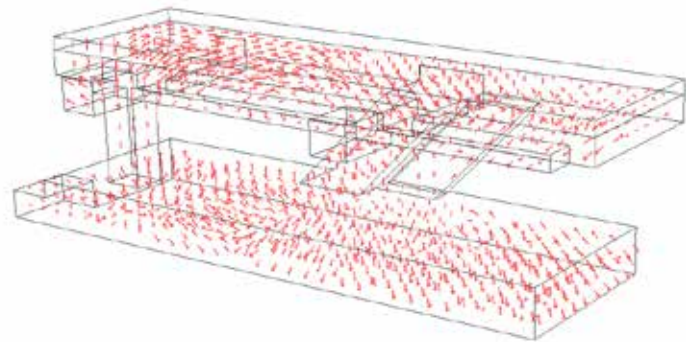
La scelta della lamella infatti, scelta oltre che per la resistenza meccanica che offre per geometria, si presta bene alla creazione di elementi superficiali di partizione come orizzontamenti o separazioni verticali, nonché all'integrazione con elementi costruttivi standard, come ad esempio superfici finestrate e vetrate. L'applicazione volumetrica in cui si è deciso di dimostrare tali potenzialità di sviluppo è una struttura semplice a telaio, in quanto è dalla semplicità dei volumi che emerge l'organizzazione delle lamelle.



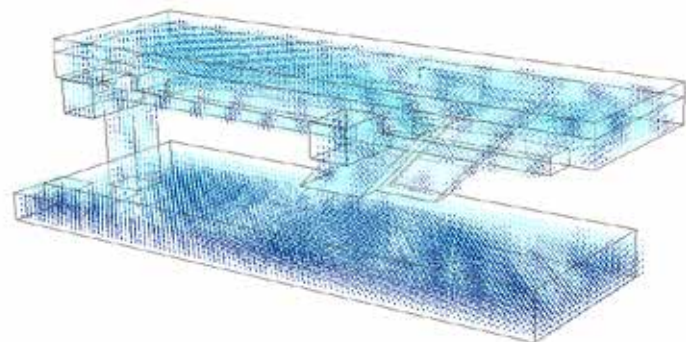
Stress analysis



Stress lines



Discretized vector field

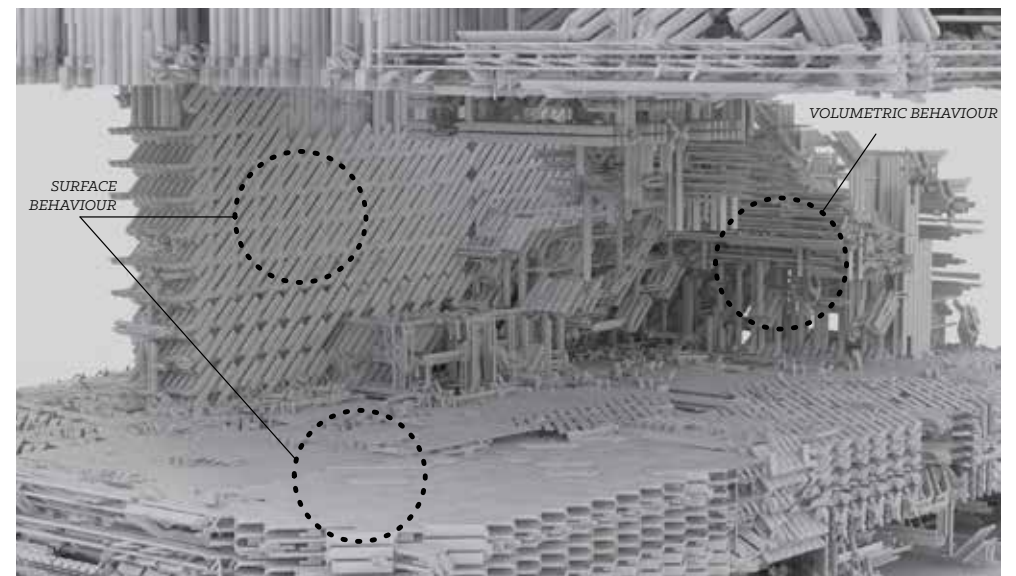
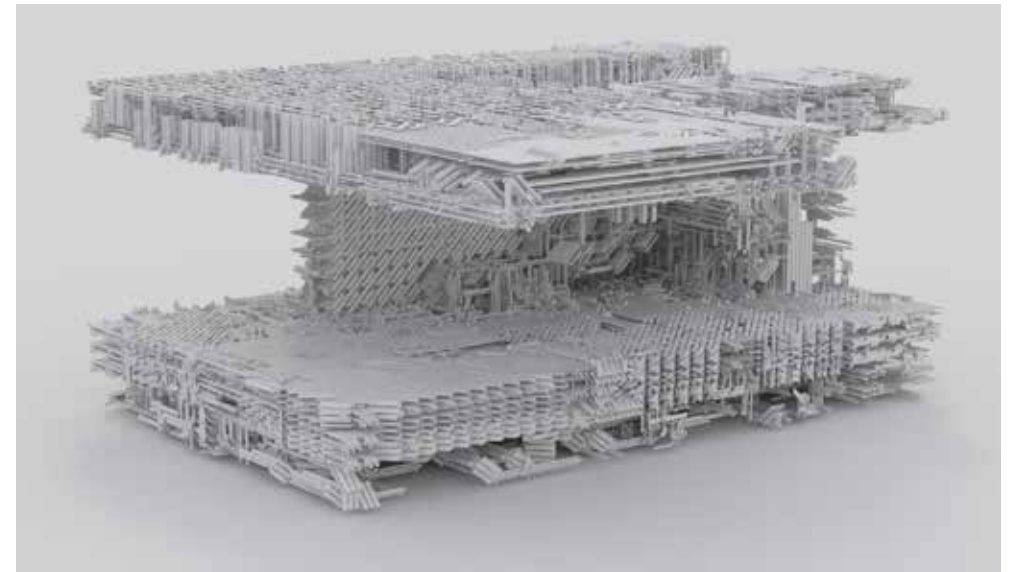


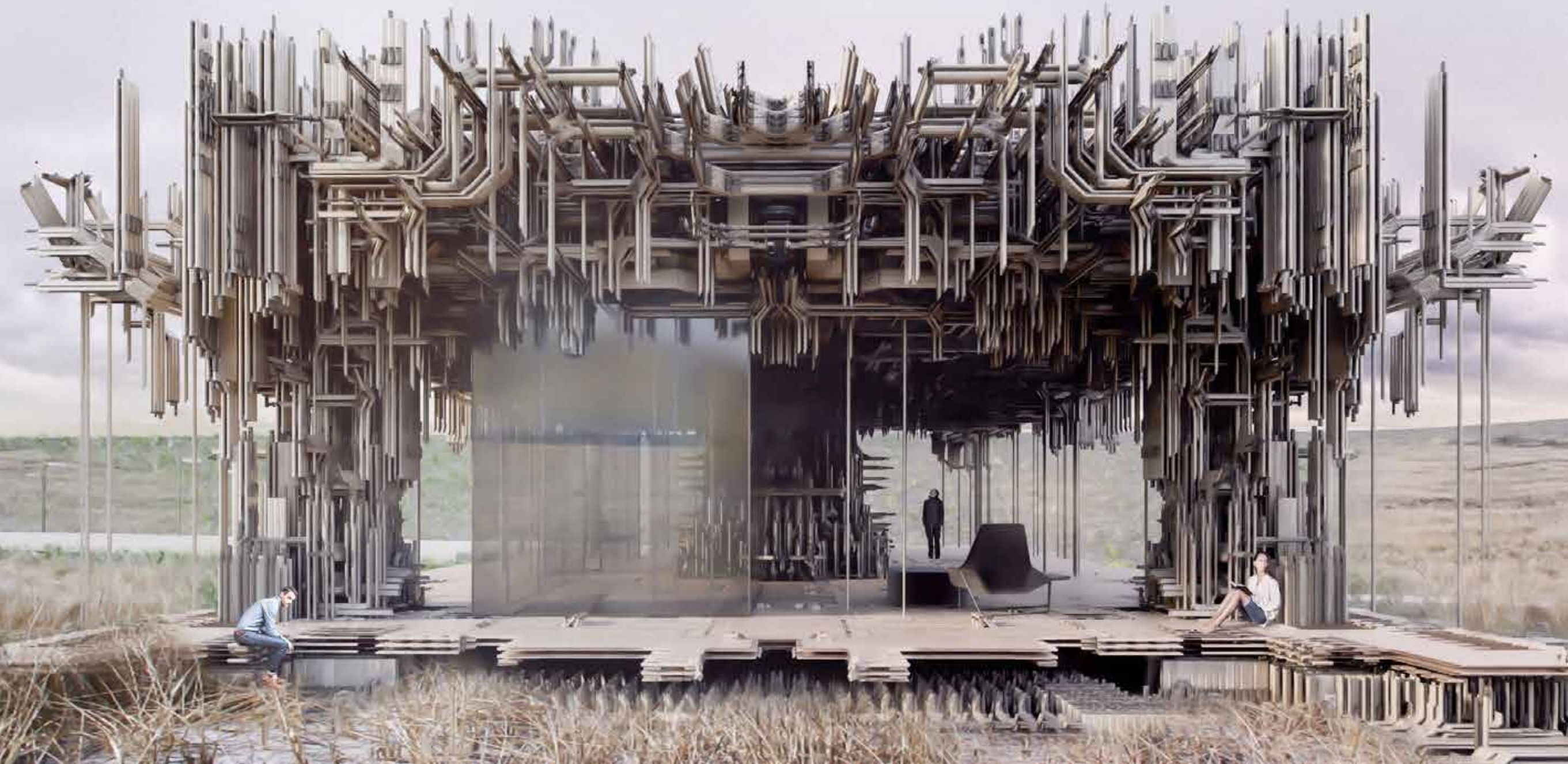
RDA map

L'applicazione su di un telaio, nella sua semplicità strutturale permette di apprezzare e comprendere meglio il comportamento di un sistema complesso. Qui a lato è mostrata la diffusione differenziata che permette al sistema di mutare comportamento laddove richiesto.

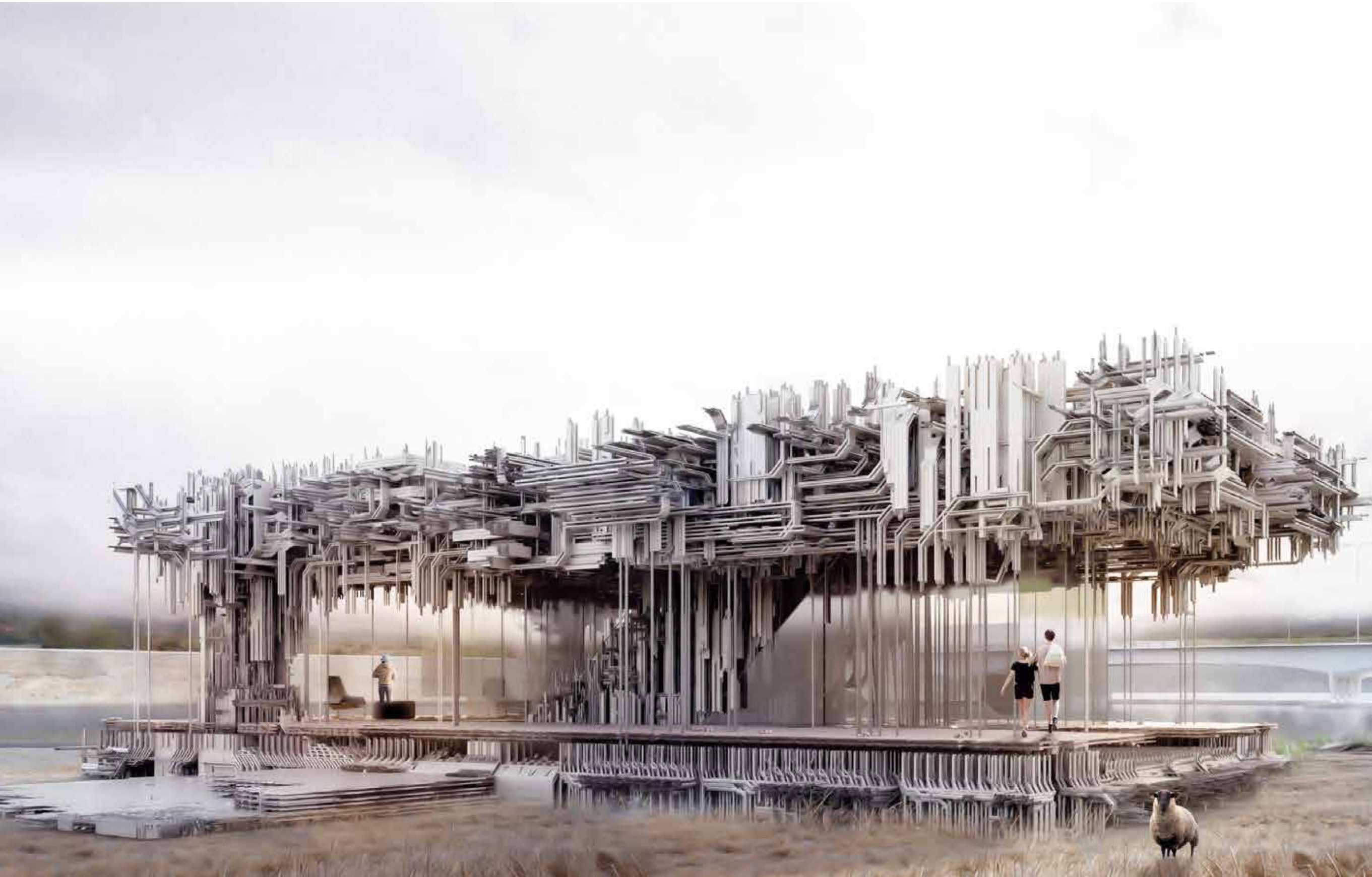
Attraverso l'informazione del Reaction diffusion è stato possibile differenziare, attraverso i valori di feed, la tipologia della diffusione, riuscendo ad ottenere laddove necessario, degli sviluppi di tipo superficiale, come nei test a seguire.

Con questa differenziazione si è ottenuto una spazializzazione atta a migliorare la vivibilità degli spazi e ad ottenere organizzazioni capaci di accogliere alcuni standard della produzione edilizia, come porte o finestre.

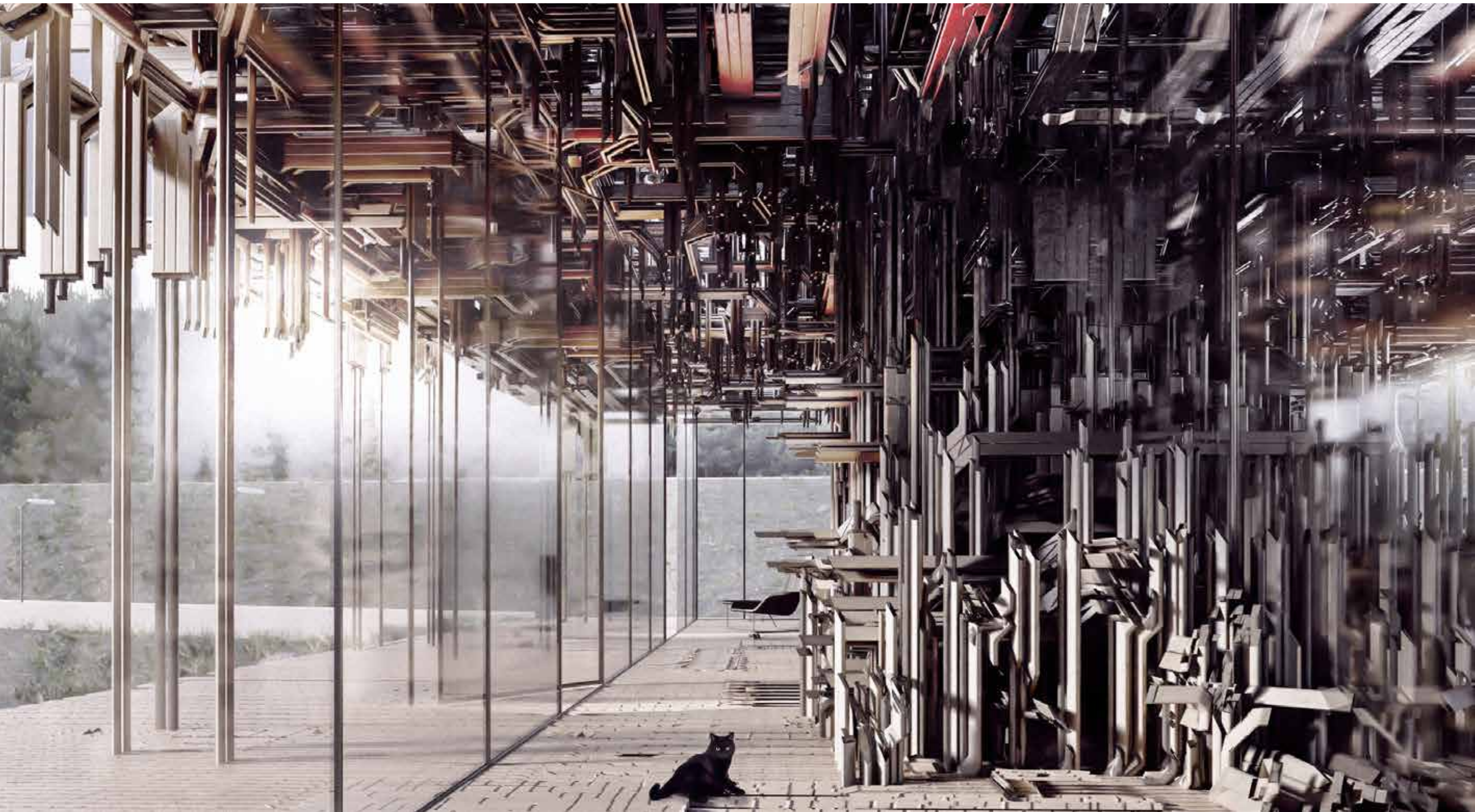


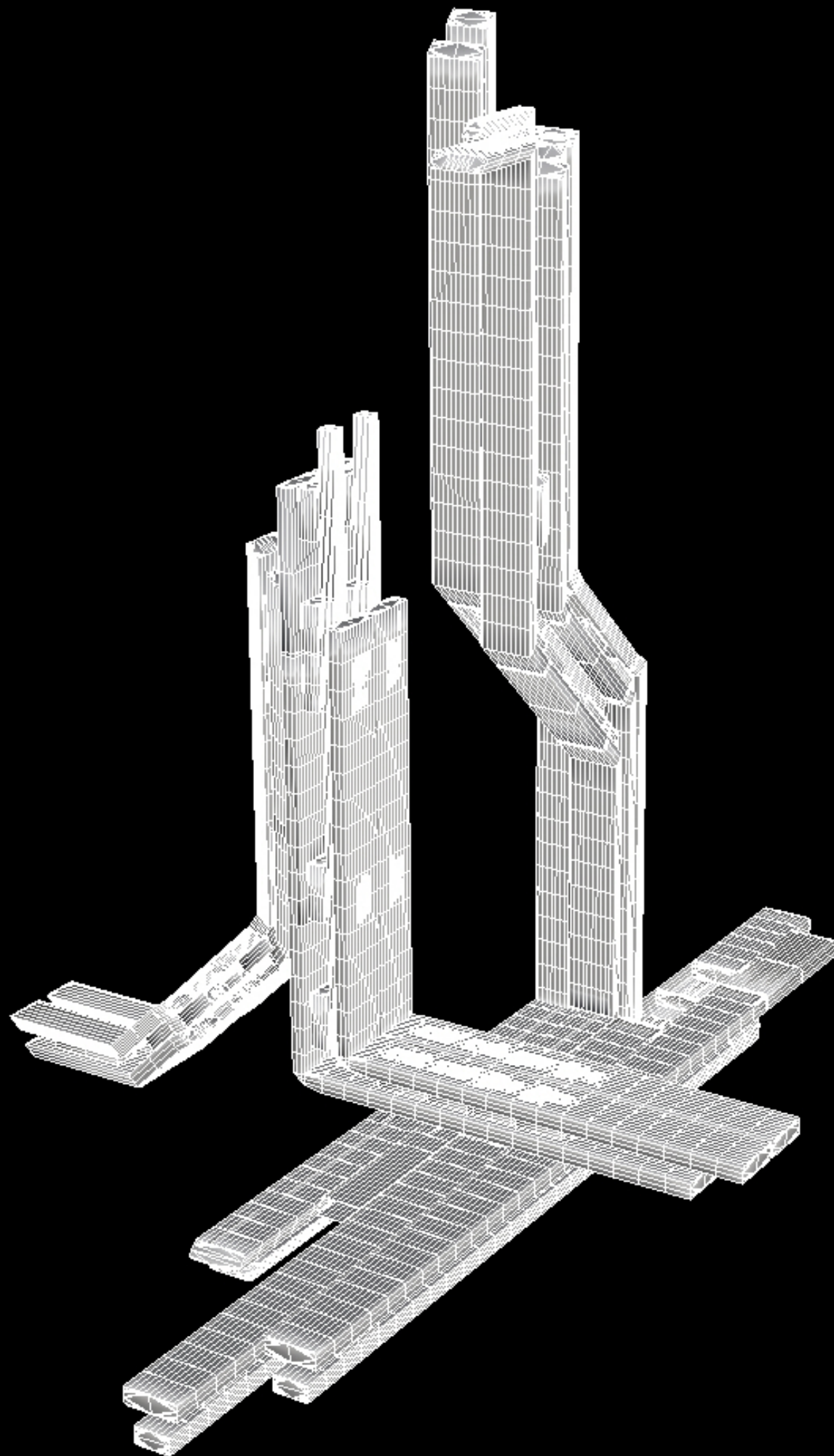












05.01 FABBRICAZIONE

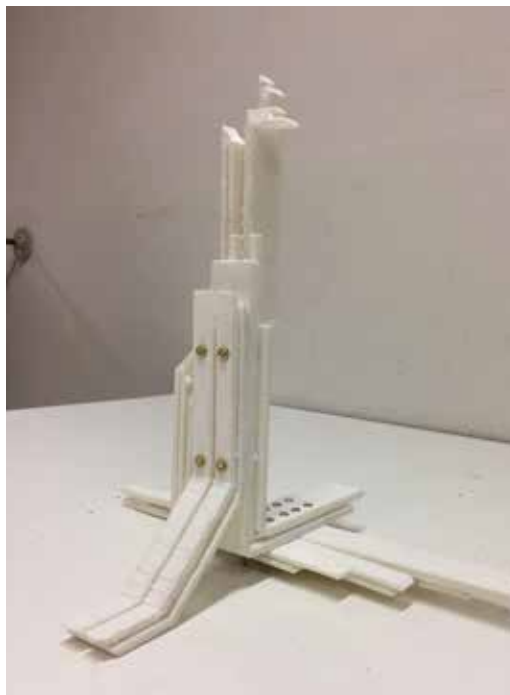
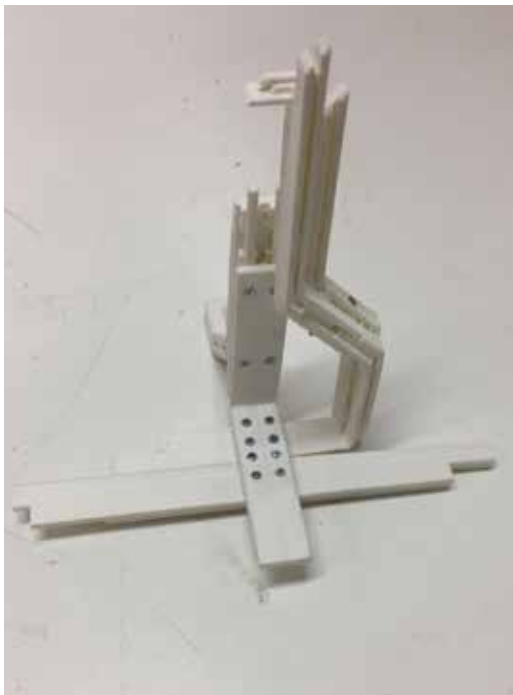
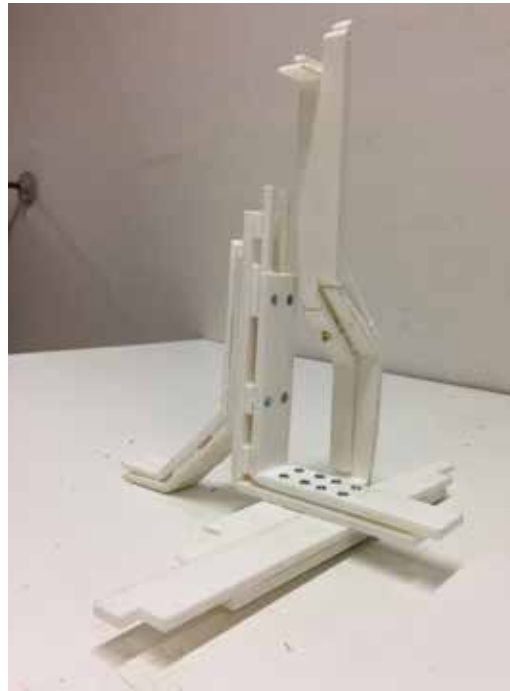
MODELLO DI STUDIO

1. In figura il modello digitale del primo prototipo stampato in 3D e poi assemblato.

I primi prototipi di studio sono stati eseguiti per testare le capacità di assemblaggio del sistema. Il passaggio dal digitale al fisico pone spesso limitazioni e problemi che meglio permettono di capire gli eventuali limiti del sistema progettato.

I sistemi di fabbricazione digitale, integrati nel processo di design in un loop di feedback continuo, sono strumento integrante e non successivo alla progettazione, attraverso un processo di trial and error nella fabbricazione e nel ritorno sul modello digitale.

I primi prototipi riguardano test di assemblaggio su porzioni di struttura già formate, stampati in 3D, ed assemblati successivamente tramite viti e dadi in metallo. Questi test sono stati fondamentali per capire come l'aspetto mereologico delle formazioni giocasse un ruolo fondamentale nella espressività dell'assemblato.



1. A sinistra: Fasi di stampa delle mega componenti e lotto assemblaggio.

Sopra: Test di stampa (Grazie a Lapo Naldoni)

Tolleranze e giunzioni sono stati i primi aspetti da studiare, che hanno permesso di capire meglio come dimensionare i pezzi e studiarne le connessioni. La limitazione dovuta alla scala di sviluppo del prototipo non permetteva di scendere nel dettaglio, e la stampa 3D di monoblocchi di struttura già preassemblati risultava in contrasto con l'alto numero di pezzi in gioco, parte fondante dello sviluppo del design.



05.02 FABBRICAZIONE

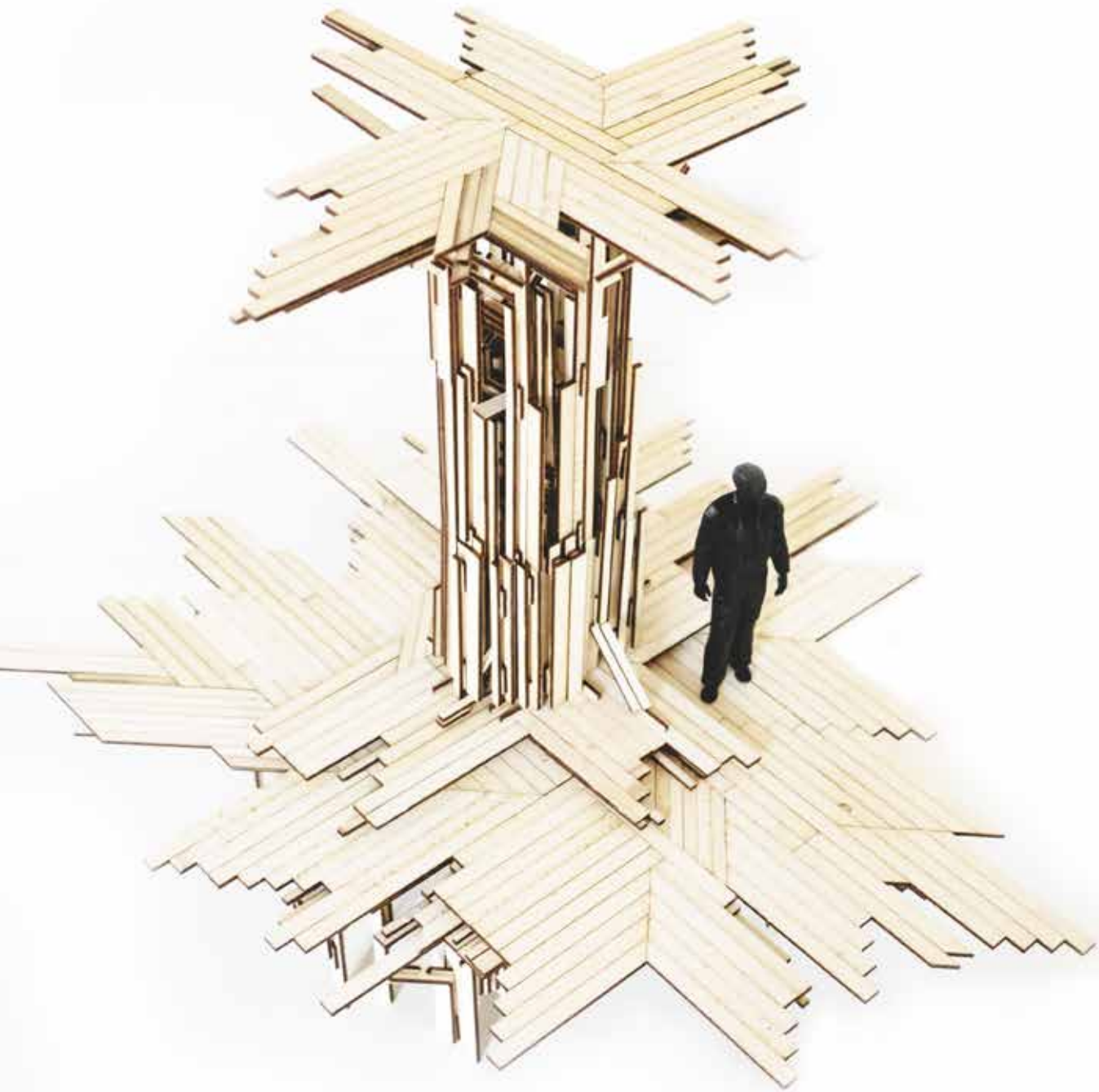
PROTOTIPO IN SCALA 1:10

1. A sinistra : diverse tipologie di pezzi dopo il taglio laser. Multistrato di abete, 4 mm.

Per il prototipo finale invece si è scelto di utilizzare un approccio più simile al sistema costruttivo ipotizzato in scala 1:1. Si è proceduto al taglio laser delle diverse tipologie di lamelle sviluppatesi durante le simulazioni e al loro montaggio nel realizzare un mock-up in scala 1:10.

Rispetto al sistema precedentemente utilizzato (stampa 3D di pezzi già assemblati), l'utilizzo di pezzi singoli modulari rispecchia maggiormente la complessità del processo di design, ma l'alto numero di pezzi coinvolti ha permesso di ipotizzare un sistema costruttivo più efficiente, fatto di mega-tiles pre-fabbricate e assemblate poi in loco.







1. Viste e particolari del prototipo in scala 1:10.
Foto: Federico Landi, Valentina Cafarotti
(Migliorare con l'età)

06.01 CONCLUSIONI

CONCLUSIONI

“Synthetic Redundancy” è una ricerca tettonica volta ad esplorare le potenzialità di sistemi adattivi generati a partire da un set di unità definite, nello specifico lamelle di legno. La caratteristica risultata più interessante è stata sviluppare un set di comportamenti per definirne l’adattabilità alle condizioni di vicinato e per regolarne la crescita, superando l’aspetto combinatorio dovuto alla geometria della componente.

Regole a scala locale hanno permesso di far auto-organizzare autonomamente il sistema, garantendo continuità strutturale, collegamenti, non compenetrazioni e differenziazione delle macro parti del sistema (partizioni superficiali o volumetriche strutturali). L’alta ridondanza strutturale mostrata (la ripetitività degli elementi coinvolti, come in molti sistemi biologici, è la caratteristica che permette di gestire cedimenti locali allocando risorse altrove) è caratteristica fondamentale di qualunque sistema complesso, essendo lo sviluppo dello stesso, frutto di fenomeni emergenti globali, basati solo su interazioni e feedback locali.

Attraverso logiche mutuare da sistemi multi-agent, ma discretizzate secondo un set di vincoli costruttivi e progettuali, gli elementi del sistema, nel complesso, hanno raggiunto gli scopi prefissati, enfatizzandoli nella declinazione estetica dello stesso. L’alta risoluzione, sia nel numero di elementi coinvolti, sia nella multiscalarità degli stessi, crea un livello di dettaglio molto alto, mai fine a se stesso, intimamente correlato a feedback di tipo materiale e costruttivo (la seconda e la terza gerarchia strutturale funzionano da irrigidimenti e collegamenti fra le parti).

La speculazione architettonica finale è il tentativo di dimostrare un’ipotesi di retrofitting di elementi costruttivi standard all’interno di un sistema generativo discreto. La creazione di partizioni orizzontali e verticali, a partire dagli stessi elementi che governano il comportamento statico, è un tentativo di connotare architettonicamente questa ricerca tettonica, suggerendone una delle ipotetiche applicazioni spaziali.

E’ ancora in fase di ricerca, purtroppo mancata in fase progettuale a causa degli scarsi mezzi a disposizione, una prototipazione in scala reale, studiando nel dettaglio cosa succede a dimensioni reali. Inoltre le problematiche incontrate in fase di simulazione non sono state poche, a causa dell’alto numero degli elementi coinvolti e della scarsa potenza computazionale. Le limitazioni dovute a queste problematiche si riscontrano nello scarso controllo che si è verificato in alcune singolarità del sistema, ottimizzazione che si conta di eseguire alleggerendo l’algoritmo e studiando strategie alternative, computazionalmente meno onerose, ma che garantiscano gli stessi risultati se non migliori.

RINGRAZIAMENTI

Con questo lavoro di tesi vorrei ringraziare, primo fra tutti, il prof. Alessio Erioli, per avermi guidato in questo percorso ed avermi ispirato con i suoi insegnamenti, la sua passione e il suo interesse, cambiando il mio modo di vedere le cose e proponendo un punto di vista mai banale e sempre acuto.

Ringrazio Giovanni Bacci e il Laboratorio Modelli per la pazienza e il tempo dedicatomi nella preparazione dei modelli.

Ringrazio mio padre per avermi sempre dato una mano e un aiuto quando ne avevo bisogno, e soprattutto per avermi insegnato a camminare con le mie gambe e a testa alta. Ringrazio mia madre e Maurizio per il supporto e per aver sempre creduto in me, motivandomi e spronandomi di continuo, senza di voi sarebbe stato difficile. Ringrazio di cuore Zia Amata per il continuo supporto e il filo che ci congiunge. Nonna Luisa, Nonna Carmela, Zia Lina, grazie di tutto, siete state la colonna portante del mio percorso.

Ringrazio VOI amici, che mi avete accompagnato in questa battaglia, fianco a fianco : Dmitrij (senza di te non mi sarei mai nemmeno avviato!!!), Dario, Fede, Lapo, siete stati fondamentali in tutto, Lollo, Albi (ti devo un algoritmo), StigmerEug (se vi servono idee per la tesi entrate in camera sua), Jimmi king polleggio e BellaDef (e famiglia!) sarà un piacere festeggiare insieme a voi, e assieme agli altri “ugo-lenziiani” (Gabberone, SilviaP, ed Elena). Un grazie va anche a Sashone e Pelos, coinquilini fantastici, grazie per avermi supportato (supportato). Alessandro sei un grande a non avermi ancora accoltellato in questo periodo tesi, ti voglio bene e ti ringrazio ancora. Un grazie a Emilio, sei un fratello, le nostre discussioni anche se non arrivano mai ad un punto sono uno sballo.

Un ringraziamento speciale va a tutto lo studio “RIZOMA” ed in particolare a Gianluca Zollino e Giambattista Gheresi per l’aiuto e la comprensione.

BIBLIOGRAFIA

- Kelly K. - **Out of Control**, 1994
- Carpo M. - **The Alphabet and the Algorithm**, 2011
- Reiser J. e Umemoto N. - **Atlas of Novel Tectonics**, 2006
- Frazer J. - **An Evolutionary Architecture**, 1995
- Thompson D'Arcy W. - **On growth and Form**, 1917
- Perniola M. - **Il sex appeal dell'inorganico**, 1994

- Kenneth C. Cheung, Neil Gershenfeld - **Reversibly Assembled Cellular Composite Material**, *Center for Bits and Atoms, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge*, 2016
- Frazer J. - **Parametric Computation, History and Future**, 2016
- Retsin G. - **Discrete Assemblage as design and fabrication strategy**, 2015
- Retsin G. - **Discrete Assembly and Digital Materials in Architecture**, *FABRICATION | Robotics: Design & Assembling - Volume 1 - eCAADe*, 2016
- Carpo M. - **Breaking the Curve**, *ArtForum, Big Data and Digital Design*, 2014
- Weinstock M. - **Morphogenesis and the mathematic of emergence**, *AD N° 3*, 2014
- Lomas A. - **Cellular Forms: an Artistic Exploration of Morphogenesis**, 2014
- Erioli A. - **Beyond Simulation**, 2010
- De Landa, M. - **Material Elegance**, 2007
- Shiffman, D. - **Nature of code**, 2012
- Turing, A. - **The Chemical Basis of Morphogenesis**, 1957

- Sapolsky, R - **Emergence and complexity**, Stanford Department of Biology, Lesson, https://www.youtube.com/watch?v=o_ZuWbX-CyE, 2010
- Willmann, J - **The otherness of the machine**, *Uncube magazine*, 2014

- <http://www.grasshopper3d.com/forum/topics/reaction-diffusion-on-triangular-mesh>
- <http://www.algosome.com/articles/reaction-diffusion-gray-scott.html>
- <http://www.karlsims.com/rd.html>