



Emergent Reefs

Università degli Studi di Bologna
Ingegneria Edile/Architettura

Alessandro Zomparelli
0000184321

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA III

relatore: Alessio Erioli

correlatore: Ing. Diego Angeli

Indice

1. Preludio: Artificial Reefs	(pag.1)
2. Promontorio di Monte Argentario	(pag.4)
3. Simbiosi	(pag.7)
4. Emergent	(pag.9)
5. Reazione-Diffusione: metodo di Gray-Scott	(pag.11)
6. Superfici di Diffusione	(pag.14)
7. Attrattori	(pag.18)
8. Ecosistema	(pag.21)
9. Crescita	(pag.26)
10. Tests	(pag.38)
Bibliografia	(pag.46)
Ringraziamenti	(pag.48)



Preludio: Artificial Reefs

Le prime fasi del lavoro di ricerca di tesi hanno portato allo sviluppo di Artificial Reefs (©2012), il quale ha costituito il punto di partenza per lo sviluppo di Emergent Reefs. Artificial Reefs è frutto della collaborazione con Co-de-iT (Alessio Erioli, Andrea Graziano, Mirco Bianchini, Michele Semeghini, Tommaso Casucci) e disguincio&co (Mirko Daneluzzo). Inoltre la proposta progettuale è nata su commissione di D-shape.

Emergent Reefs rappresenta l'evoluzione di un progetto di ricerca parallelo sviluppato in collaborazione con Co-de-iT e Disguincio.&co per D-shape. L'obiettivo della collaborazione era di sviluppare un sistema di barriere coralline artificiali, per la delimitazione e l'articolazione di ambienti sottomarini.

D-shape

La tecnologia di D-shape si basa su un processo di stereolitografia di oggetti di grandi dimensioni attraverso una pietra sintetica. Tale tecnologia inizialmente concepita "per stampare case" si basa su un principio analogo a quello dei normali macchinari per la stampa 3D. Basandosi sul principio delle comuni stampanti a getto d'inchiostro, la stampante 3D di D-shape è composta da una serie di ugelli affiancati tra loro i quali depositano una sostanza legante a base di magnesio su un letto di sabbia. Ad ogni passaggio, viene steso un nuovo strato di sabbia, la cui composizione specifica può variare a seconda delle esigenze progettuali. Quando le gocce del legante entrano a contatto con la sabbia si propagano per capillarità fino a congiungersi con le gocce adiacenti. I punti di posa delle gocce vengono definiti attraverso una griglia regolare che approssima il volume dell'oggetto desiderato. Quindi, strato dopo strato, si ottiene una riproduzione in pietra di tale oggetto. In seguito ad alcuni test questa pietra sintetica si è dimostrata particolarmente adatta alla realizzazione di manufatti marini. Infatti, oltre ad una buona capacità di mimesi materica dell'ambiente, garantisce anche delle buone prestazioni sia da un punto di vista chimico e di resistenza all'erosione, che per la sua capacità di venire assorbita dall'ambiente stesso e dagli organismi che lo popolano.

Artificial Reefs

Sulla base delle richieste manifestate da D-shape si è cercato di progettare un sistema di elementi di parete che fosse in grado di rispondere a diverse esigenze, prima fra tutte la permeabilità. Partendo da un'idea semplificata in cui le barriere avrebbero dovuto svilupparsi in direzione rettilinea, si è cercato di sviluppare una struttura permeabile, al fine di mantenere



Lavori in corso per la realizzazione del progetto Radiolaria di Andrea Morgante (Shiro Studio) e realizzato da D-shape.



dimostrazione del processo di stampa 3D sviluppato da D-shape®.

la comunicazione visiva e non solo tra i diversi ambienti delimitati. Gli Artificial Reefs non avrebbero quindi cercato di raccordarsi con l'ambiente marino sulla base della sola ricerca estetica, bensì sulla loro capacità di interagire ed essere assimilati da esso.

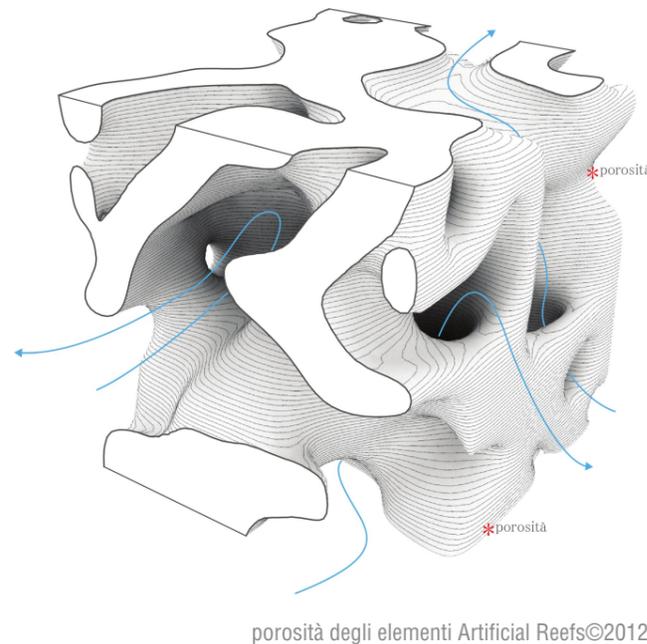
Per la realizzazione della proposta "Artificial Reefs" si è deciso di sfruttare la stessa logica che si trova alla base del processo di stampa solida. Come già visto infatti, prima di poter essere realizzato, l'oggetto deve essere approssimato attraverso una griglia di voxel (elementi volumetrici cubici o a forma di parallelepipedo schiacciato lungo l'asse-z). Basandosi su tale proprietà costruttiva ed in seguito ad una riflessione sul comportamento fisico del fluido con cui le pareti avrebbero dovuto interagire si è elaborato un algoritmo generativo che fosse in grado di sviluppare attraverso una griglia di elementi volumetrici (meglio nota in scienza computazionale con il termine inglese "lattice") una configurazione materica in grado di soddisfare i requisiti di progetto. Un'interessante strategia capace di coniugare quando detto fino ad ora è stata elaborata basandosi su uno dei fenomeni alla base della termofluidodinamica: la diffusione.

Diffusione di Fick

Le leggi di Fick sono equazioni di diffusione differenziali alle derivate parziali non lineari che descrivono le variazioni di densità e concentrazione nei materiali in cui sono in atto fenomeni di diffusione. Prendono il nome dal fisiologo tedesco Adolf Fick che per primo le sviluppò nel 1855. Un esempio pratico di diffusione può essere quello di una goccia di caffè in una tazza di latte. La legge di Fick viene anche utilizzata nello studio del trasporto di materia attraverso membrane biologiche.

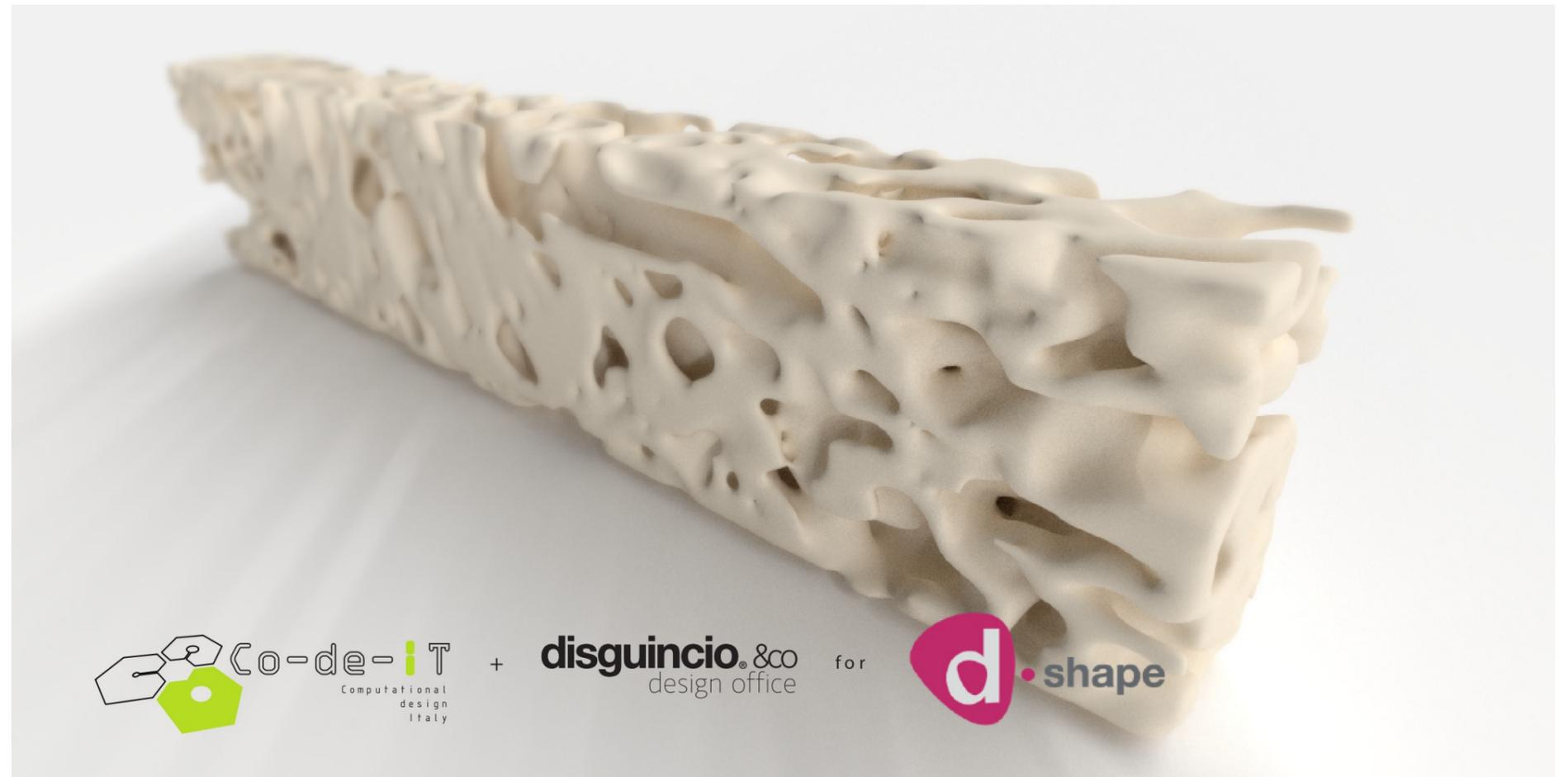
Osservando la seconda legge di Fick per la diffusione in forma generica, assistiamo a come la variazione di concentrazione di un fluido nel tempo sia funzione della derivata seconda della concentrazione stessa, in accordo con l'equazione differenziale:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = D \nabla^2 \phi$$



Attraverso gli studi sul comportamento termodinamico dei fluidi si è ipotizzato la contemporanea presenza di due sostanze immiscibili all'interno del volume in analisi. L'algoritmo ideale per questo tipo di considerazione sarebbe stato il "lattice Boltzman", attraverso il quale sarebbe stato possibile sviluppare delle superfici di minimo potenziale capaci di garantire delle ottime performance da un punto di vista strutturale. Tuttavia, essendo esso un algoritmo non consolidato, ancora in fase di sviluppo e di natura molto tecnica e specifica si è partiti da un assunto di semplificazione: le due sostanze sarebbero state in realtà una sola, rispettivamente con concentrazione positiva e negativa. Inserendo tali sostanze in maniera del tutto casuale all'interno del volume, il risultato è il progressivo rilassamento del pattern che ne deriva creando zone di concentrazione sempre maggiore, fino a convergere sempre più lentamente, ad una situazione di equilibrio. La isosuperficie di separazione tra le due sostanze avrebbe infine costituito il punto densificazione del materiale.

Alcune visualizzazione degli elementi all'interno della proposta
progettuale curata dal grupo di lavoro per Artificial Reefs©2012

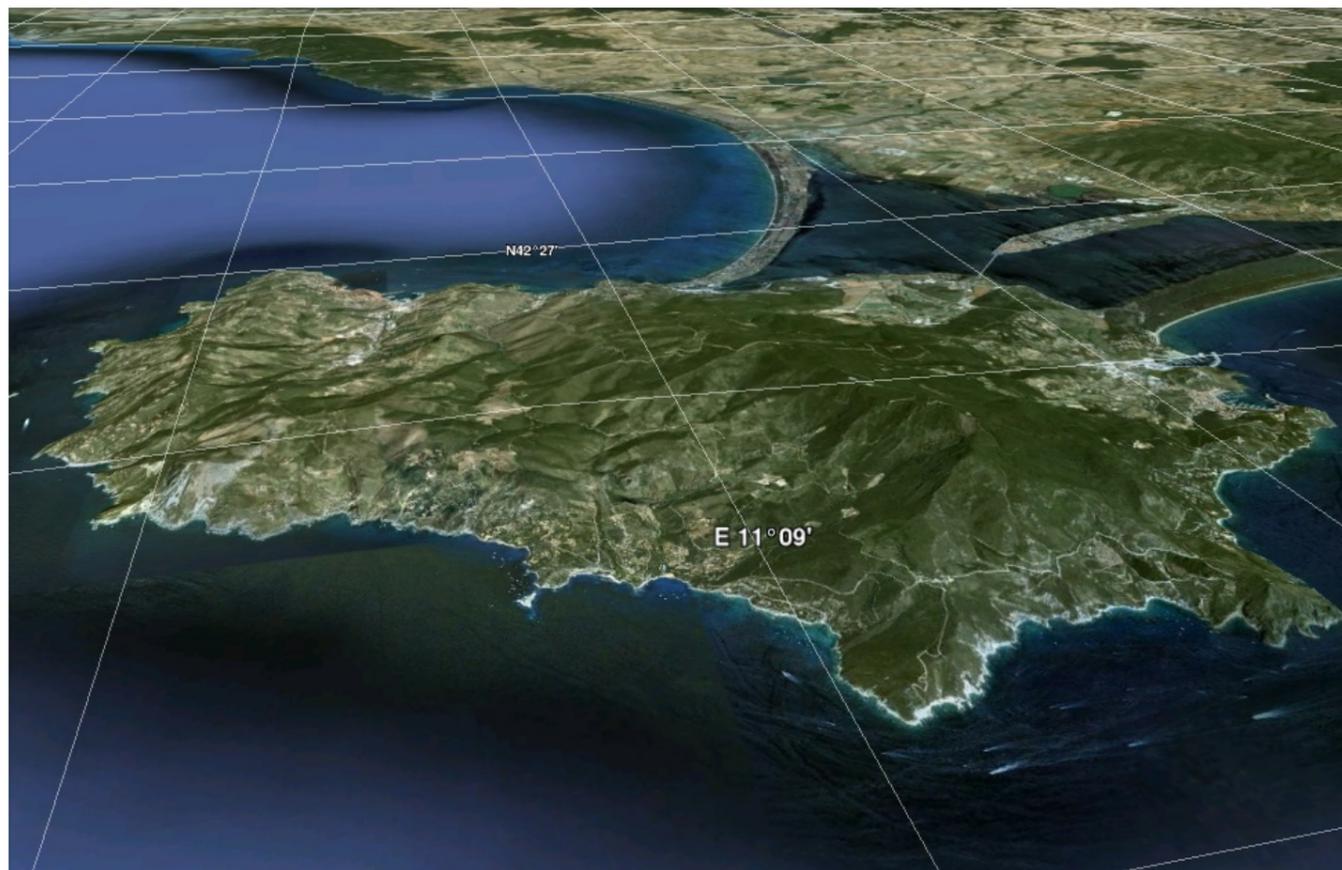


 Co-de-IT
Computational
design
Italy

+ **disguincio** &co
design office

for  d-shape





Promontorio di Monte Argentario

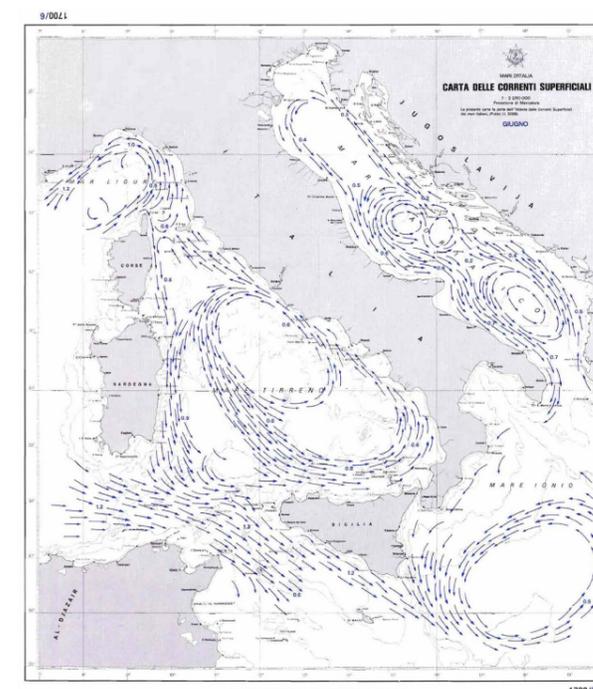
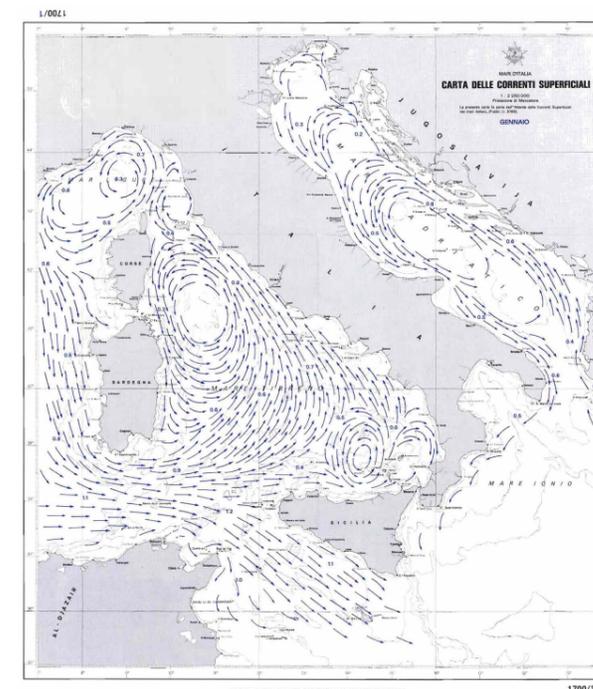
Emergent Reefs è un progetto di sviluppo di ambienti espositivi sottomarini, in cui l'espressione artistica umana rende entra in contatto con il mondo la bellezza del mondo marino.
Il risultato è un ambiente surreale.

Il progetto riguarda la zona costiera di Monte Argentario, nei pressi del comune di Porto Santo Stefano. In particolare la progettazione del museo sottomarino interesserà il fondale della zona costiera nota con il nome di Siluripedio.

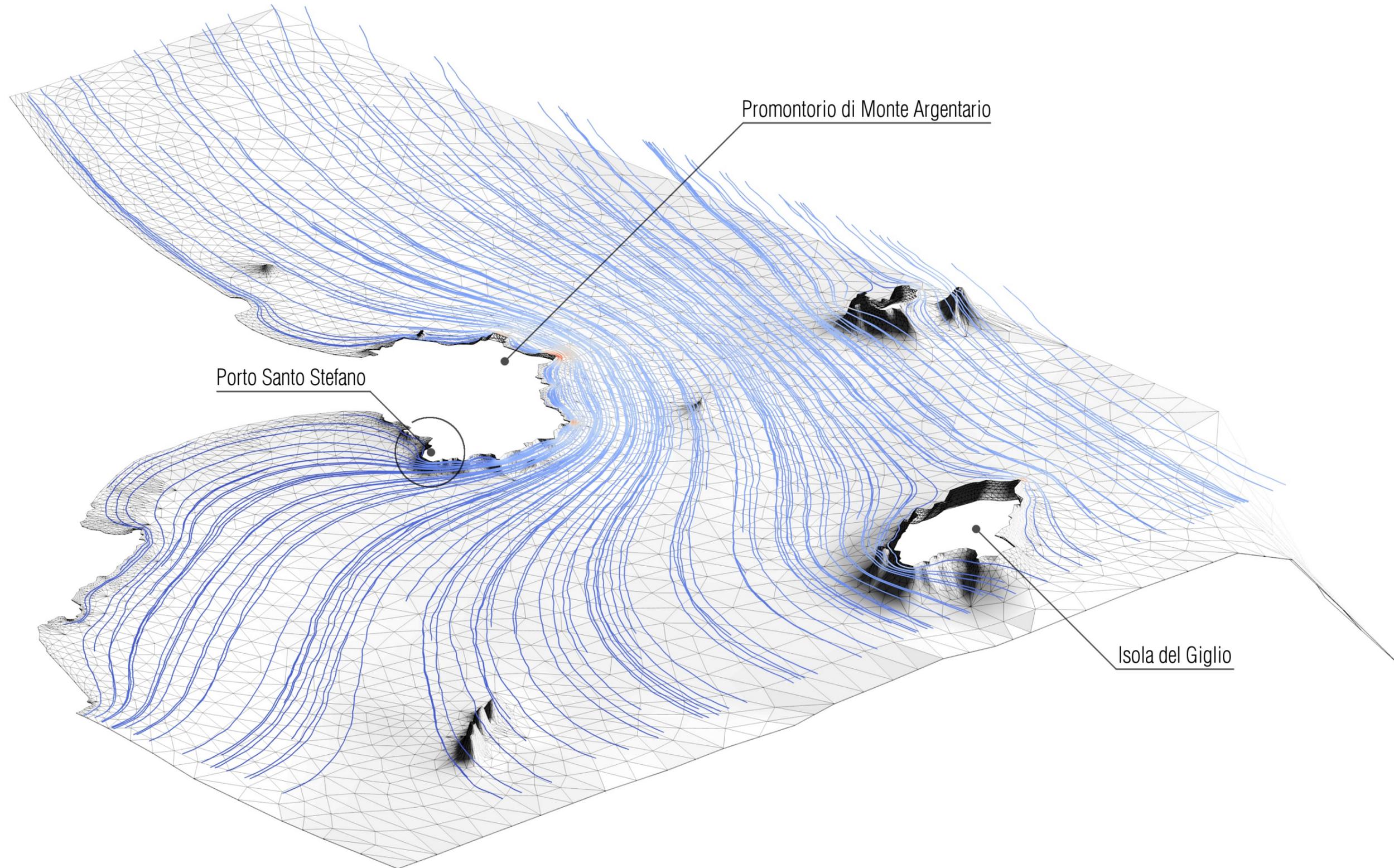
Poichè il progetto prevede l'inserimento di un oggetto estraneo di grandi dimensioni all'interno dell'ambiente marino, si è ritenuto fondamentale impostare l'intero processo a partire da un'analisi delle condizioni ambientali preesistenti, con particolare attenzione all'andamento delle correnti marine e alla configurazione del fondale marino. A causa di una sfortunata e tragica contingenza che nei mesi di sviluppo della tesi ha coinvolto la zona dell'isola del Giglio (vicina al promontorio di Monte Argentario) non è stato possibile reperire tutto il materiale necessario attraverso gli organi amministrativi e, soprattutto, la capitaneria di porto. Si è quindi resa necessaria un'impostazione del processo progettuale sulla base di dati più approssimativi ricavati personalmente.

Analisi delle correnti

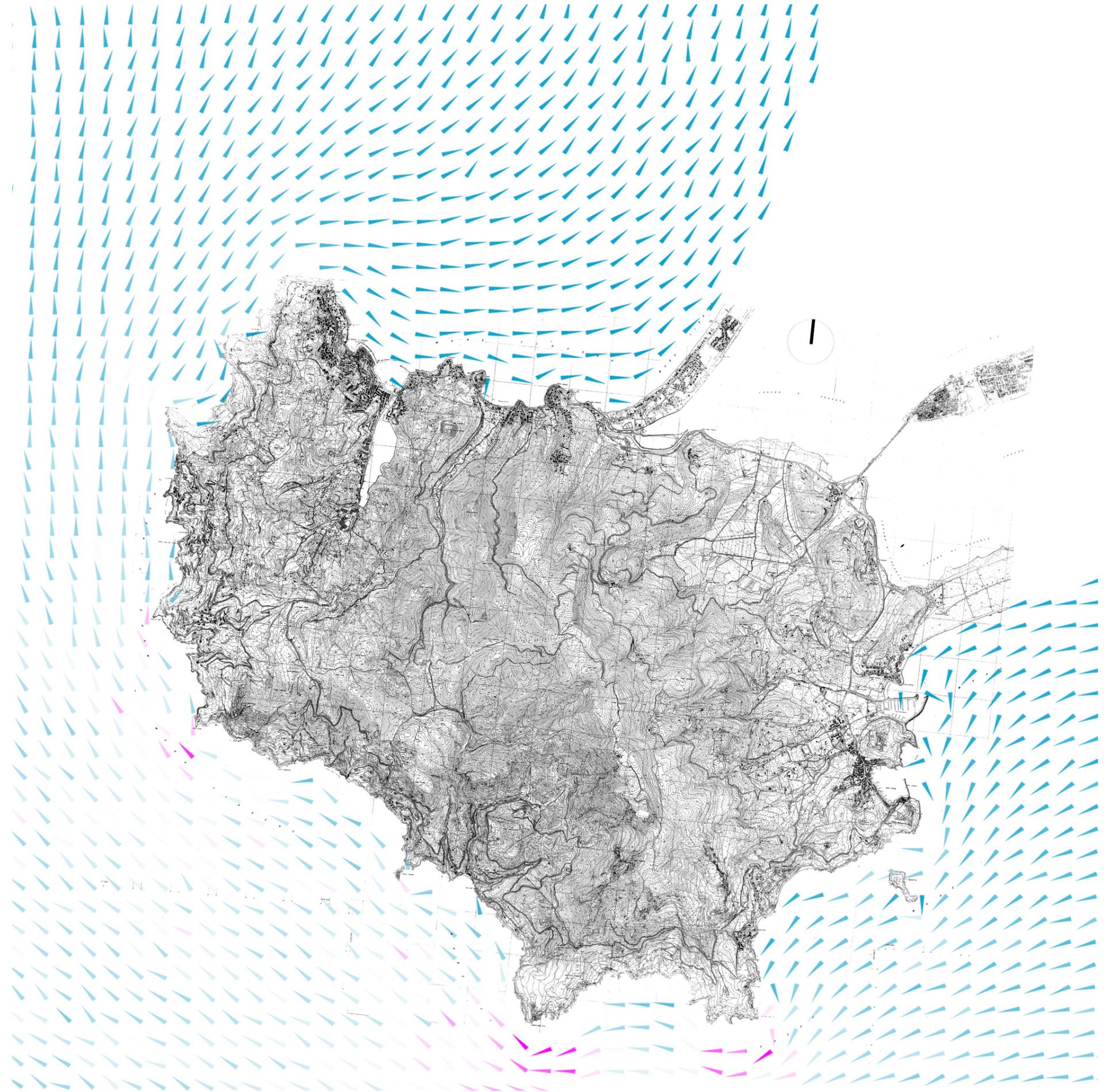
Attraverso lo studio dell'"atlante delle correnti superficiali dei mari italiani" curato dall'istituto idrografico della marina (Genova 1982) è stato possibile individuare le macro condizioni che interessano la zona dell'Argentario. L'atlante riporta l'andamento delle correnti principali al variare dei mesi dell'anno. Dall'osservazione di tali dati è stato quindi possibile osservare come la zona sia interessata, con minime differenze stagionali, dalle medesime condizioni di corrente superficiale, ovvero una corrente proveniente da sud-est ad una velocità media pari a 0,6 nodi corrispondenti a circa 0,31 m/s. Attraverso i documenti che è stato possibile reperire riguardo all'area, si è proceduto a modellare l'andamento del fondale e della costa ad un livello di dettaglio sufficiente ad impostare una macro simulazione della zona di mare tirreno che interessa l'isola del Giglio e Monte Argentario.



Carta delle correnti superficiali dei mari italiani nei mesi di Gennaio (in alto) e Giugno (in basso). A cura dell'Istituto idrografico della Marina (Genova 1982).



Simulazioni dell'area del promontorio di Monte Argentario. La simulazione è stata effettuata attraverso l'utilizzo del software open-source OpenFOAM.





© Jason Taylor 2007

Simbiosi

Un sistema progettato per crescere. Partendo da un progetto di natura morfogenetica si mira alla realizzazione di un organismo in grado di assorbire ed essere assorbito dall'ambiente marino.

Inserito all'interno del progetto, proprio per la funzione finale che questo spazio avrà, cioè quello di museo sottomarino, si sono ipotizzate la presenza di installazioni artistiche.

Osservando alcune opere dell'artista inglese Jason Taylor, ci si rende conto molto bene del rapporto simbiotico che è in grado di instaurarsi tra il manufatto e l'ecosistema marino. Per l'ecosistema marino un oggetto estraneo, purché inerte, è tale solo in relazione alla percezione che ne abbiamo noi come osservatori. In questo caso infatti, possiamo vedere come da tale interazione avvenga sì un'alterazione dell'ecosistema marino, ma in una direzione di sviluppo. Lo scopo delle opere di Jason Taylor, non si limita quindi ad esplorare un territorio estremo, bensì a interagire e a trarre beneficio da esso, restituendogli a sua volta il favore.

Le opere scelte sono state considerate proprio per le potenzialità che offrono per valorizzare e rendere visibile con la loro stessa forma l'evoluzione dell'ecosistema marino. Il rapporto che si instaura tra l'opera e l'ecosistema offrirà allo spettatore una perfetta simbiosi di due mondi, quello artificiale e quello naturale, tanto da influire sinergicamente sulla percezione e sulla distinzione di questi due elementi, da portare così ad identificarne uno solo. Quindi la sinergia tra artificiale e naturale ha lo scopo all'interno del museo, sia per le opere inserite che per la struttura stessa, di portare l'artificiale ad essere talmente radicato nel contesto da sembrare una preesistenza naturale e al contempo, il naturale, rapportato all'opera d'arte inserita, ad elevarsi come manifestazione artistica del mondo sottomarino.



Alcune opere dell'artista Jason Taylor

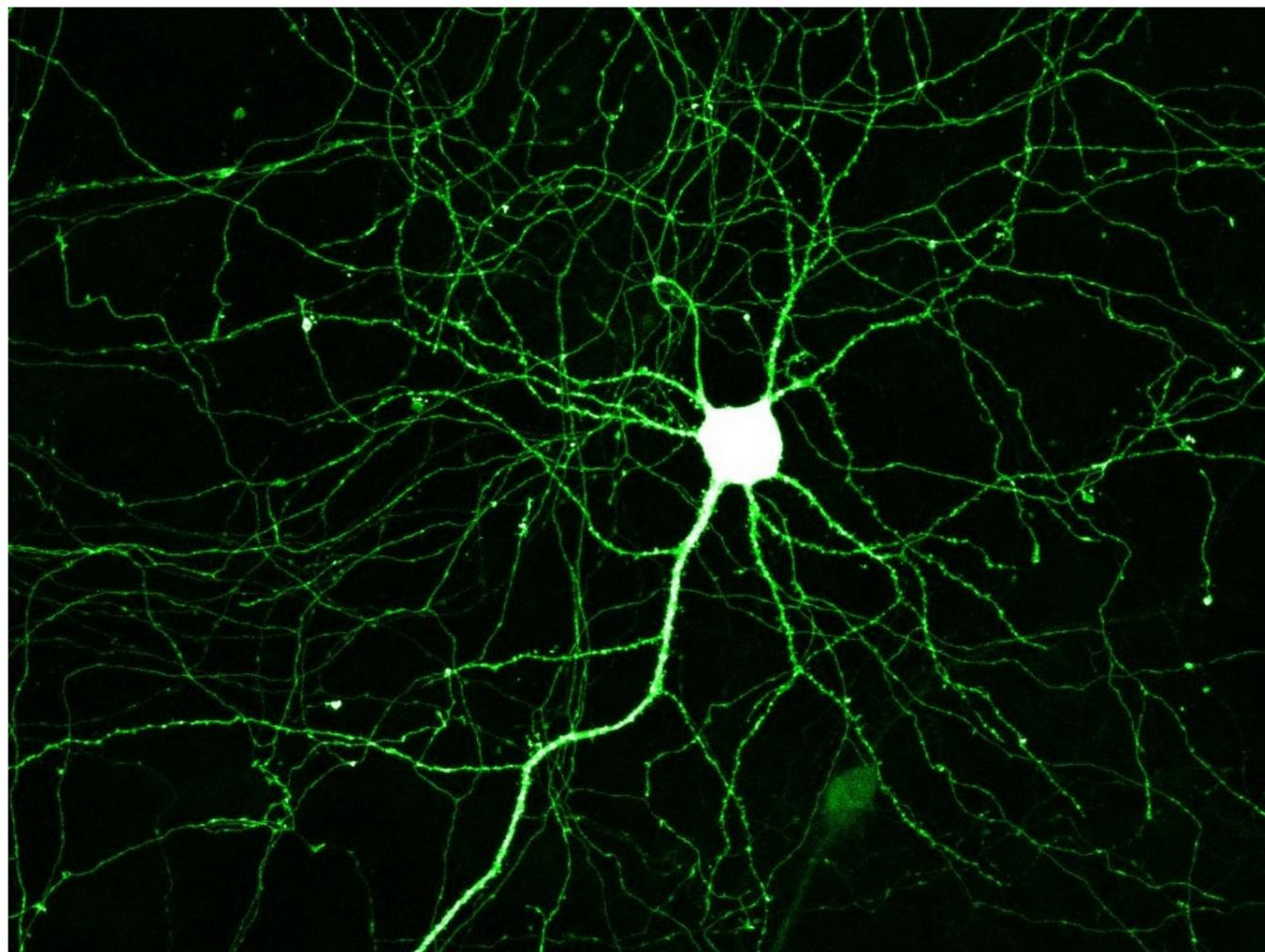


© Jason deCaires Taylor



© Jason deCaires Taylor





Emergent

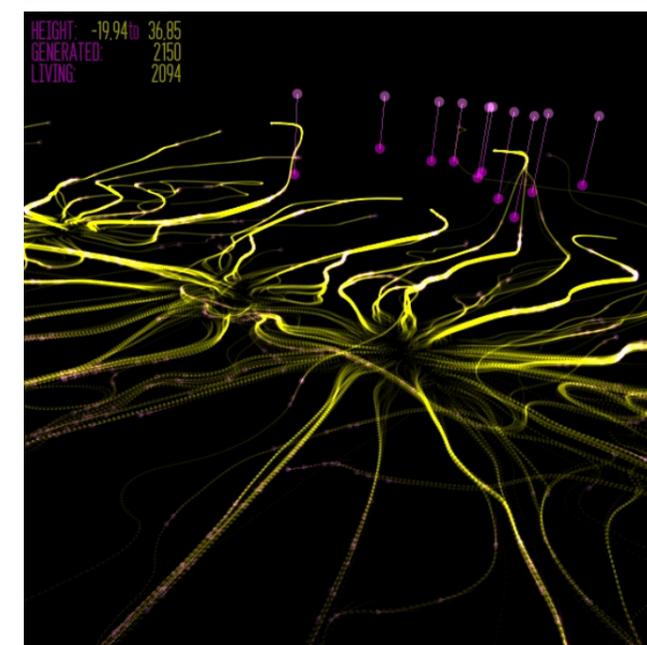
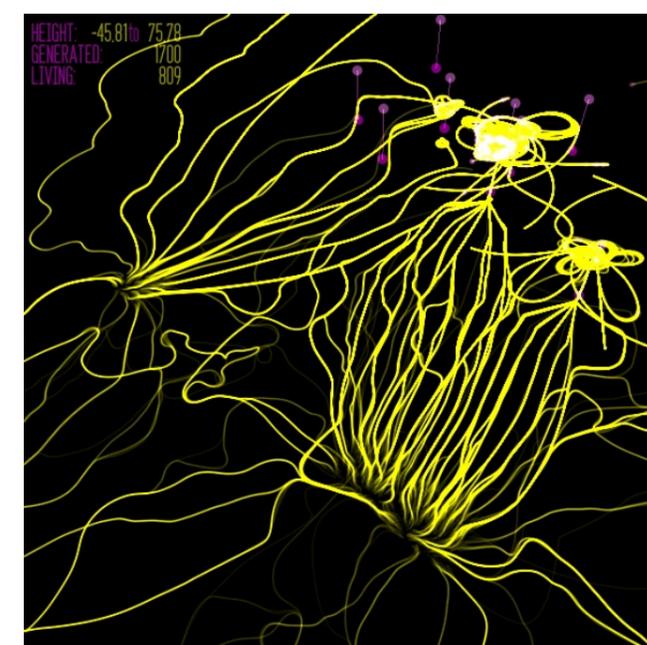
Il design inteso come sistema, in cui l'insieme non possiede caratteristiche proprie, ma le acquisisce e le modifica costantemente sulla base degli apporti che derivano dalle sue singole parti.

Attraverso il titolo Emergent Reefs non si intende solo la progettazione di barriere coralline che affiorano dall'acqua, esiste infatti un significato del termine Emergente che raffigura il progetto in maniera più completa. Si definiscono infatti come emergenti quei fenomeni che sono oggetto di studio della teoria dei sistemi. Per fenomeno Emergente si intende un qualunque fenomeno che, per un generico meccanismo di auto-organizzazione, si manifesta senza rispecchiare la volontà ben precisa di un singolo individuo.

Il formicaio

Esiste una gamma molto colorita di ambiti in cui tali fenomeni vengono osservati e studiati, essi comprendono la fisica, la biologia, le scienze sociali e informatiche. In particolare i casi di studio a cui ci si è ricondotti per questo lavoro di ricerca, derivano dall'osservazione dei fenomeni chimici e biologici. La natura di tali fenomeni infatti evidenzia come sia possibile l'emergenza di configurazioni particolarmente articolate a partire dalla reciproca interazione di organismi le cui regole di comportamento sono facilmente decifrabili e codificabili. Esempi dell'elevato grado di efficienza che tali sistemi sono in grado di raggiungere sono costituiti dal formicaio e dal termitatio. Entrambi questi sistemi auto-organizzanti si sviluppano attraverso una organizzazione complessiva estremamente articolata, in cui la sopravvivenza stessa del sistema deriva dalla capacità di interazione delle singole parti. Tuttavia, non vi è una volontà precisa alla base di tale ripartizione funzionale interna del sistema. Essa nasce dalla caotica interazione di centinaia di migliaia di individui svincolati da una figura di leader. Non bisogna infatti lasciarsi condizionare dall'utilizzo impreciso degli appellativi di re o regina in riferimento ai formicai e ai termitai. La regina si occupa infatti della sola funzione di procreazione, non rappresenta realmente una figura di leader all'interno della colonia. Sulla base degli studi di etologia è addirittura possibile affermare che è improbabile che i singoli individui siano in grado di stabilire una reale comunicazione tale da consentire una cosciente organizzazione di una complessità tale da permettere la

Alcuni esempi di simulazione di sistemi di agenti istruiti a rintracciare le tracce feromoniche dei propri simili. Il sistema risulta fortemente influenzato dalle prime fasi di vita della popolazione riuscendo difficilmente in seguito a modificare la propria configurazione.



sopravvivenza della colonia. L'istintivo perseguimento da parte di ogni individuo dei propri bisogni egoistici, si rivela utile per quella dimensione collettiva che in realtà egli non è in grado di percepire. Attraverso quello che potrebbe essere percepito come un insieme caotico, è in realtà in grado di svilupparsi qualcosa di estremamente ordinato e stabile nella sua configurazione. La natura sociale della formica, così come quella della termite, l'ha condotta ad un'evoluzione tale da plasmare e selezionare le regole di interazione tra essa e gli altri individui in base alla maggiore o minore efficienza dell'intero sistema. Da una piccola variazione comportamentale, se riprodotta in centinaia di migliaia di individui, può corrispondere una importante alterazione del "sistema colonia", tale da comprometterne la sopravvivenza.

Il calcolatore elettronico come laboratorio scientifico virtuale

Se, come si è visto, è possibile scomporre un fenomeno complesso attraverso una sequenza di istruzioni semplici impartite ad un elevato numero di individui, allora è anche possibile simulare attraverso gli strumenti informatici tali comportamenti e la formazione di fenomeni complessi a partire dai singoli componenti.

Attraverso l'ausilio del calcolatore elettronico il designer è in grado quindi di programmare il comportamento di una vasta popolazione di individui. In seguito a successive iterazioni del sistema è possibile studiare il pattern emergente a partire dalle condizioni iniziali e di regolamentazione.



Reazione-Diffusione: metodo di Gray-Scott

Sulla base dell'intuizione di Alan Turing, P. Gray e S. K. Scott elaborarono una formula di reazione-diffusione i cui risultati furono in grado di convalidare le tesi di Turing dimostrando come all'origine della grande varietà di disegni sulla livrea di pesci e mammiferi ci sia sempre lo stesso fenomeno.

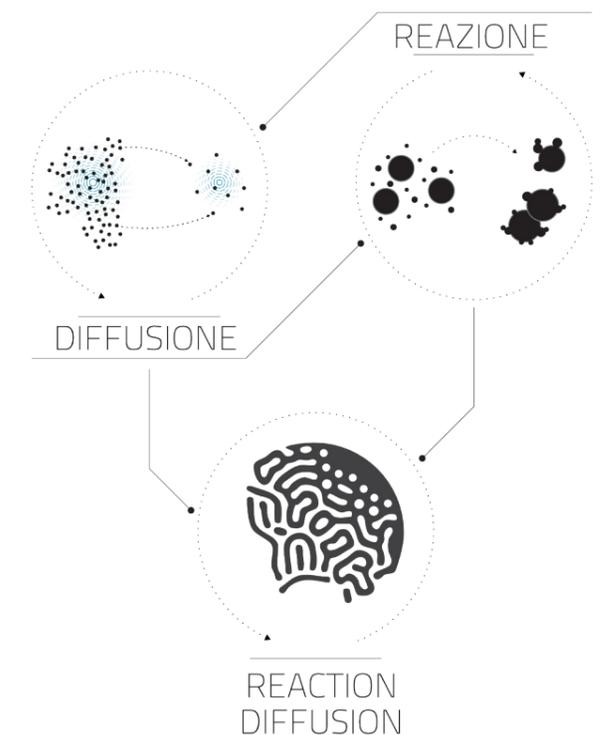
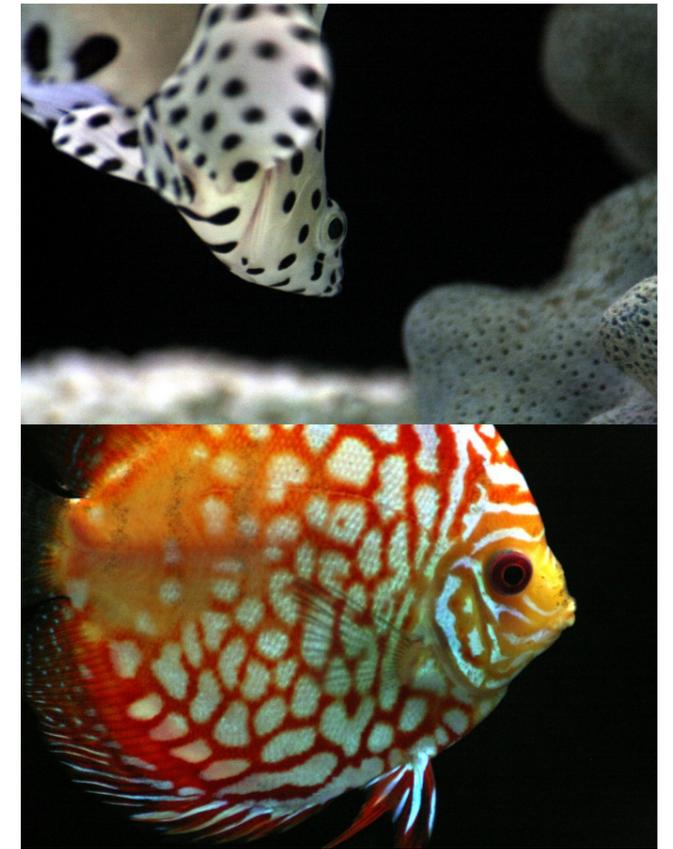
Come già anticipato, la natura morfogenetica del progetto trova forma espressiva attraverso una strategia emergente di tipo bottom-up. Non c'è una programmatica progettazione dell'intero organismo, solo una serie di regole atte a istruire le singole entità all'interazione tra loro e con le variabili dell'ambiente circostante. Nello specifico, la scelta della strategia adottata deriva dall'osservazione dell'ambiente circostante. Attraverso lo studio del mondo sottomarino si assiste all'affascinante biodiversità che lo caratterizza. Risulta infatti difficile immaginare un reale comune denominatore alla base dell'abbondante varietà di pattern che costituiscono le diverse livree dei pesci, tuttavia, all'origine di tale varietà vi è il medesimo processo morfogenetico.

Come ipotizzato da Alan Turing nel suo trattato "The Chemical Basis of Morphogenesis" (1952), un sistema di interazione tra diverse sostanze chimiche, chiamate morfogeni, i quali reagiscono a contatto l'una con l'altra diffondendosi attraverso il tessuto dell'epidermide, sono responsabili della variazione di pigmentazione. Tale ipotesi scaturiva dalla constatazione di due caratteristiche dei pattern animali: in primo luogo non sono ereditari, ed inoltre, ad una variazione di pigmentazione non è associata alcuna differenza sottocutanea. Sulla base di tali osservazioni e grazie proprie esperienze nel campo della crittografia, Alan Turing fu in grado di elaborare una teoria che solo successivamente, in seguito all'avvento dell'informatica, fu possibile simulare. L'elaborazione di una formula capace di riprodurre il processo di morfogenesi ipotizzato da Turing, si deve a P. Gray e S. K. Scott. Basandosi sulla seconda legge della diffusione elaborata da Fick, furono in grado di individuare una reazione capace di dare origine a svariati pattern emergenti:

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

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

dove, per entrambe le equazioni, il primo



membro e il primo termine del secondo membro rappresentano la seconda legge della diffusione di Fick, con D_u e D_v rispettivamente il coefficiente di diffusione di u e di v , con $D_v < D_u$.

Affinche il sistema di reazione-diffusione funzioni è necessario che la diffusione di v sia sempre minore di quella di u in quanto è proprio la differenza di velocità di propagazione delle due sostanze che, unita al fenomeno di reazione che l'accompagna, da origine alla formazione del pattern.

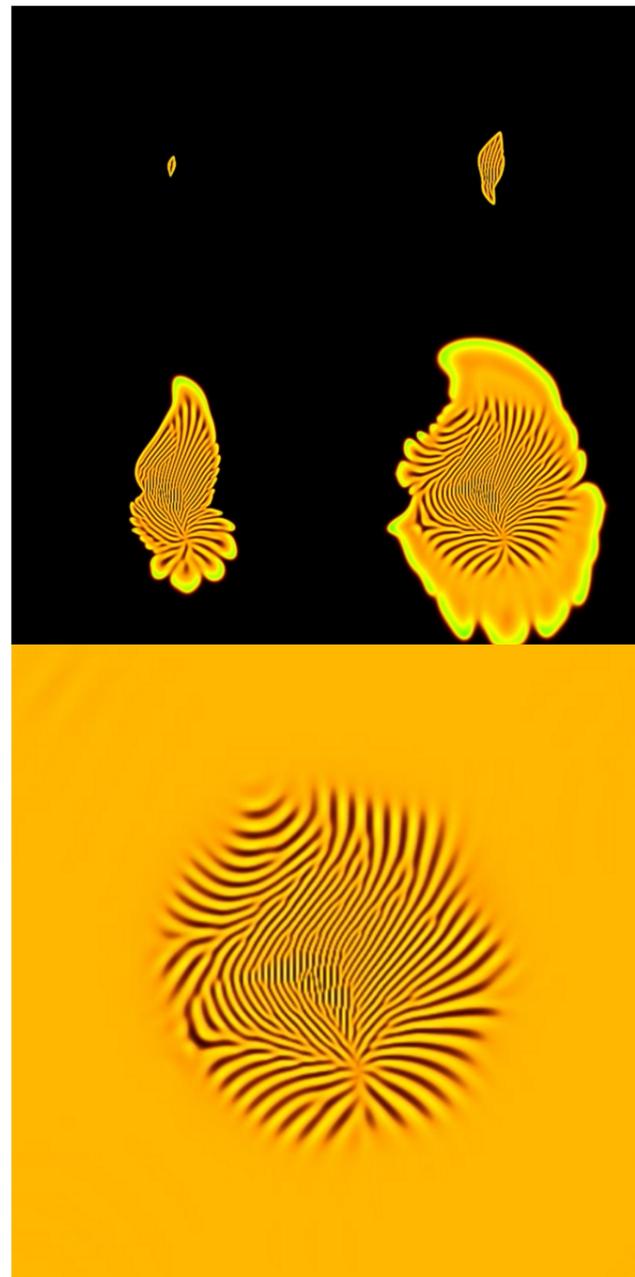
L'algoritmo

Il modello di Gray-Scott prevede l'applicazione del sistema di equazioni all'interno di una logica di tipo cellular-automata. Si immagini quindi di suddividere lo spazio attraverso una griglia regolare di celle quadrate (se si considera un caso bidimensionale) oppure cubiche (se si considera invece un caso tridimensionale). Ogni cella è in grado di interagire con le celle adiacenti, variando i propri valori di u e v in base allo stato di tali celle. Solo successivamente ad alcune iterazioni dell'algoritmo quelli che sono inizialmente semplici fenomeni locali iniziano a propagarsi fino a stabilizzarsi a livello globale. Non è possibile prevedere il disegno globale attraverso la semplice lettura delle regole di comportamento delle singole unità, tuttavia, una volta compresa la gamma di output che è in grado di fornire l'algoritmo, è possibile, attraverso la variazione dei diversi parametri di diffusione e di reazione indirizzare la formazione del pattern verso determinate configurazioni. Si illustra di seguito una mappa di variazione dei parametri F e k tenendo fissi i coefficienti di diffusione.

Anisotropia

Caratteristica importante ai fini della morfogenesi del progetto è l'anisotropia. E' necessario infatti che il sistema dimostri capacità di adattamento sulla base dei dati che caratterizzano l'ambiente di progetto. Si è visto come il modello di Gray-Scott fornisca una grande varietà di output derivanti dalla diffusione di due sostanze capaci di reagire se

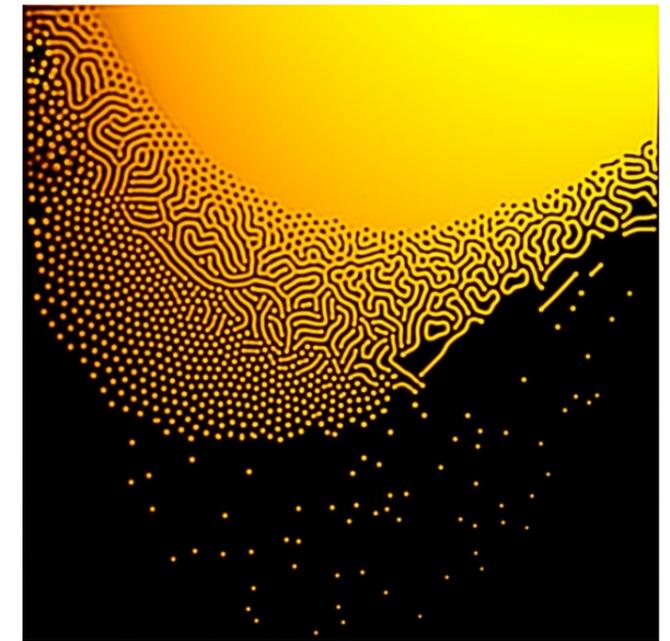
Generazione di un pattern anisotropico. La differenza di densità è definita attraverso la variazione della coppia di valori (F,k) , mentre le direzioni di diffusione sono determinate attraverso una mappa di vettori (x,y) .



poste a contatto l'una con l'altra. Tuttavia, tale diffusione avviene in maniera isotropa, ovvero, con il medesimo coefficiente di diffusione in ogni direzione. La configurazione delle striature che si formano in tale ambiente isotropo derivano dal reciproco effetto di confinamento che le diverse striature diffondendosi esercitano le une sulle altre e dimostrano un elevato grado di sensibilità alle configurazioni iniziali. E' quindi necessario individuare dei parametri di controllo sulla base dei quali esercitare una precisa influenza sul sistema. Andando a considerare, oltre alle celle immediatamente adiacenti, anche quelle con un solo vertice (o spigolo nel caso tridimensionale) in comune, è possibile valutare la funzione laplaciana in relazione ad una direzione prevalente. Il progetto si prefigge l'obiettivo di delineare un pattern distributivo capace di adattarsi alle condizioni dei flussi prevalenti, siano essi flussi di percorrenza o delle correnti marine. Attraverso la modifica dell'algoritmo della funzione laplaciana si va ad alterare la capacità di diffusione della sostanza V , senza modificare però la sua capacità di reagire a contatto con U . Il risultato è un pattern simile, per grado di coerenza e per capacità di convergenza, ma che a differenza del primo è sensibile ad un campo di forze esercitato dall'esterno.

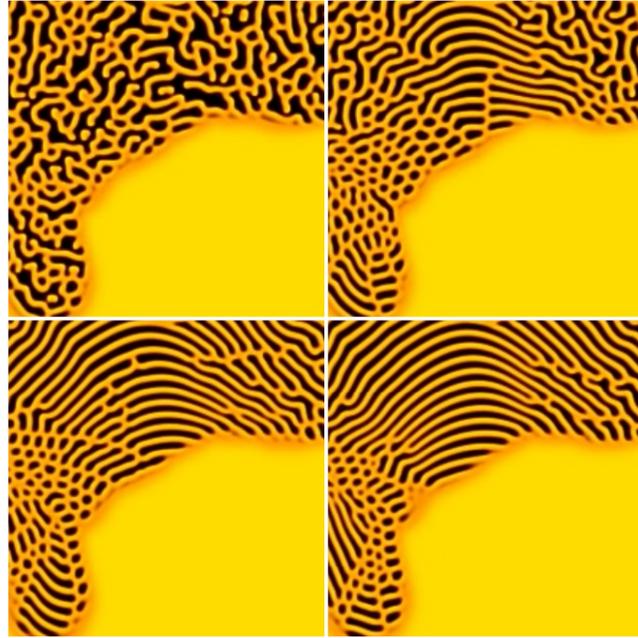
Attraverso la contemporanea variazione della coppia di parametri (F,k) e la presenza di un campo di vettori dominanti si è quindi stati in grado di influenzare la configurazione finale in accordo con gli obiettivi progettuali. Tale intervento sul sistema tuttavia non compromette la sua caratteristica di emergenza, bensì sfrutta la sua capacità di autoorganizzarsi e adattarsi alle variazioni ambientali in accordo con i dati di input.

La scelta dell'algoritmo di Gray-Scott come strategia morfogenetica non deriva dal solo tentativo di ricercare un'analogia morfica tra il progetto e l'ambiente circostante. Alla base di tale scelta c'è la percezione della capacità di adattamento delle configurazioni emergenti da tale modello con le necessità progettuali. Avendo evidenziato la necessità di sviluppare un progetto composto prevalentemente da

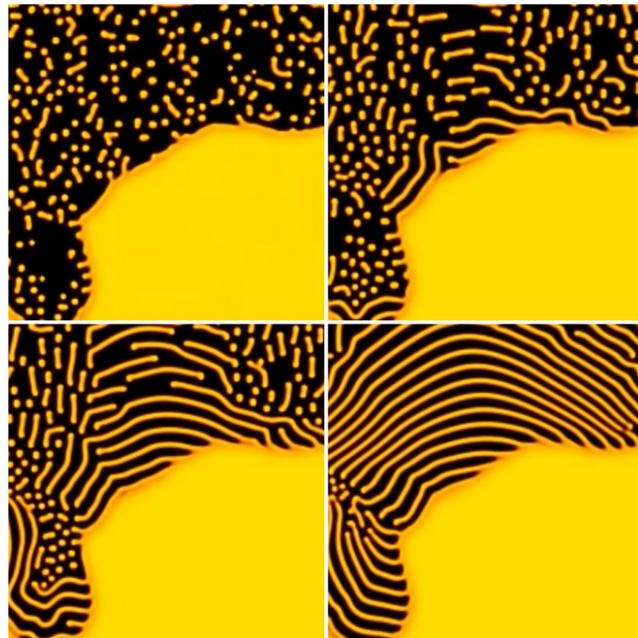


Esempio di variazione lineare del parametro F lungo l'asse delle ascisse e del parametro k lungo l'asse delle ordinate. Man mano che ci si sposta verso destra la reazione diventa più lenta e stabile.

elementi di parete, si è immaginato di utilizzare il modello di Gray-Scott per studiare una logica distributiva versatile e capace di interagire con le variabili dell'ambiente circostante, con particolare attenzione alle correnti sottomarine.



Alcuni esempi di pattern generati attraverso la sostituzione della componente di diffusione con quella di trasporto. Il pattern risulta più instabile e in costante mutamento.



Alcuni oggetti realizzati dallo studio Nervous System©. Lo studio si occupa di indagare i territori di confine tra computational design, scienza e arte, utilizzando algoritmi di generazione di pattern per lo sviluppo di oggetti di design. Negli esempi si notano alcuni dei più celebri tentativi di applicazione dell'algoritmo di Gray-Scott.



Superfici di Diffusione

La strategia delle superfici di diffusione, sebbene elaborata contestualmente allo sviluppo del progetto Emergent Reefs, non è stata ritenuta completamente soddisfacente, a causa della sua incapacità di adattarsi completamente alle esigenze di progetto, prima fra tutte la necessità di una soluzione distributiva flessibile e sensibile alle condizioni ambientali.

Tuttavia, viene riportata di seguito, per spirito di completezza e in quanto i risultati ottenuti presentano alcune caratteristiche interessanti.

Prima dell'individuazione della strategia successivamente adottata per lo sviluppo del progetto sono state esplorate diverse direzioni. Poiché l'intero lavoro di tesi si basa soprattutto su una ricerca in merito alle potenzialità morfogenetiche dei sistemi emergenti si ritiene importante riportare anche alcuni dei risultati ottenuti attraverso le suddette esplorazioni.

Il metodo che viene illustrato di seguito deriva da un'applicazione dell'algoritmo di Gray-Scott ad un caso bidimensionale. Dopo aver intuito le potenzialità morfogenetiche del reaction-diffusion di tipo anisotropico nello studio del layout distributivo delle barriere coralline, si è cercata una strategia di tridimensionalizzazione del pattern a partire da output bidimensionali. La rinuncia in partenza al diretto utilizzo di un algoritmo di reaction-diffusion di tipo tridimensionale non deriva dalla difficoltà di stesura di tale algoritmo, bensì alla sua pesantezza da un punto di vista computazionale. Infatti, solo in seguito tale algoritmo è stato migliorato sensibilmente consentendo delle simulazioni con dei tempi di calcolo accettabili.

Sulla base di quanto appena illustrato si procede ad illustrare il processo, a cui, per distinzione, è stato dato il nome di "superfici di diffusione". Cercando di individuare delle configurazioni tridimensionali per articolare gli elementi di parete, si sono in primo luogo indagate le caratteristiche che tale sistema avrebbe dovuto possedere:

Permeabilità trasversale

La permeabilità trasversale in direzione ortogonale alla parete deriva in primo luogo dalla necessità di consentire la comunicazione tra i singoli percorsi che si articolano parallelamente. Inoltre, il suggerimento di direzione di percorrenza che viene rivolto agli utenti umani, non si deve applicare ad eventuali creature marine che decidessero di popolare il museo. L'intervento in esame infatti, deve costituire per la fauna marina un'occasione, più che un vincolo.

Per quanto riguarda invece le performance da un punto di vista idrodinamico, si è già visto

come la disposizione delle pareti lungo le direzioni delle correnti sottomarine fosse mirato ad evitare la formazione di ristagni d'acqua e per garantire un ricircolo frequente onde evitare criticità per la salubrità dell'ecosistema marino. Tuttavia, poichè l'allineamento lungo i vettori di flusso si basa una valutazione di tipo probabilistico, risulta conveniente mantenere una permeabilità trasversale che agevoli in ogni condizione della corrente il ricircolo tra le pareti, ai fini di una maggiore flessibilità.

Ospitalità

Uno degli obiettivi più interessanti da perseguire consiste nella capacità da parte dell'intero parco sottomarino di offrire ospitalità agli organismi che popolano le acque dell'area in esame. Spesso infatti i grandi manufatti immersi si sono rivelati veri e propri elementi attrattori per la vita marina. In generale ogni forma di vita predilige popolare quegli ambienti in grado di offrire riparo e protezione dai predatori o da altre minacce. Successivamente alla costruzione dell'arcipelago artificiale a Dubai, il quale riproduceva la forma del mondo, si è potuto osservare come talvolta alcune opere viste come "sfregio" all'ecosistema da un punto di vista dell'impatto ambientale, si dimostrino al contempo capaci di riattivarlo. Infatti, conseguentemente al collocamento di grosse pietre lungo il perimetro dell'area atte a bloccare le onde potenzialmente pericolose per la struttura, una moltitudine di organismi marini hanno ripopolato un'area di mare prima "disabitata", a causa della sua natura "desertica". Ora una serie di bui anfratti tra le rocce offre ospitalità ad un'incredibile varietà di piccoli pesci.

Si cerca quindi una configurazione caratterizzata da una complessa rete di cavità tale da richiamare l'attenzione, oltre che dello spettatore umano, anche di pesci, molluschi, alghe ecc.

Anisotropia

Anche in questo caso il fattore anisotropico risulta essere una caratteristica preziosa. Si è discusso di come i diversi elementi di parete debbano assecondare il più possibile il comportamento delle correnti, in modo che la

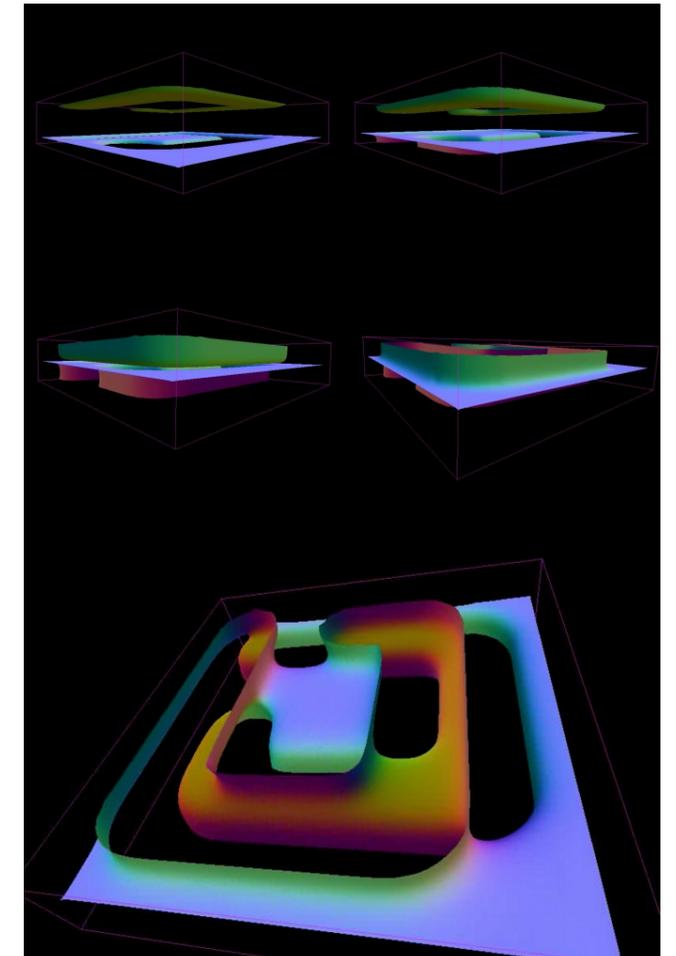


resistenza che essi inevitabilmente offrono all'acqua sia il più possibile ridotta per evitare fenomeni di ribaltamento, erosione e ristagno nelle zone più occluse. Si cercherà quindi di replicare le caratteristiche del macro progetto, nei singoli elementi, con una logica di tipo frattale.

Rete strutturale

Un tipo di comportamento anisotropico, per quanto efficiente da un punto di vista idrodinamico, si dimostrerebbe però vulnerabile da un punto di vista statico. Considerando il fatto che tale anisotropia è allineata alla direzione dei flussi, e che questi saranno con maggiore probabilità disposti longitudinalmente, si verifica una discrepanza tra le esigenze di tipo statico e quelle di tipo dinamico, in quanto per una maggiore portanza strutturale sarebbe necessario avere elementi il più possibile disposti verticalmente. Sarà quindi necessario compensare tale comportamento anisotropico creando un pattern ortogonale a quello della superficie, in modo tale da creare una sorta di rete strutturale.

Sulla base delle necessità di perseguire e integrare tra loro le differenti performance descritte, si è elaborata una strategia basata su un fenomeno già illustrato precedentemente: la diffusione. Infatti, in seguito ad una lunga serie di test sui comportamenti dei cellulari-automata e dei relativi fenomeni emergenti si è visto come andando a diffondere/rilassare dei valori casuali all'interno di una griglia regolare di punti, si rilassassero anche le isosuperfici all'interno del dominio. Si supponga di considerare un dominio iniziale di valori variabili tra -1 e 1 all'interno di una griglia ordinata di celle, si decida quindi di aggiungere al valore di ogni cella la media dei valori delle celle vicine moltiplicata per un coefficiente di diffusività inferiore a 1. Il risultato sarà una griglia disordinata di valori che tende, iterazione dopo iterazione, ad omogeneizzarsi. Tale fenomeno è noto in termodinamica come Entropia. Andando a considerare la distribuzione iniziale, apparentemente disordinata, come configurazione ordinata (nel senso che coincide con dei valori da noi prestabiliti) la



configurazione finale sarà di tipo disordinato, nel senso che la distribuzione dei valori non rispecchierà più le condizioni da noi imposte. Un fenomeno analogo si può riscontrare nella fisica dei gas: andando a liberare un gas nel vuoto, esso tenderà ad occupare il maggior volume possibile. Si immagini quindi di sostituire alla più semplice regola basata sulla media dei valori, una regola basata sulle formule per la diffusione di Fick, più corrette da un punto di vista fisico, e di collocare delle sorgenti di due tipi di gas, uno con densità positiva e l'altro con densità negativa, secondo criteri arbitrari. Andando ad osservare la configurazione della isosuperficie coincidente ai valori pari a 0 si osserva che essa avrà un aspetto ordinato secondo la disposizione delle sorgenti in prossimità delle sorgenti stesse, mentre tenderà a rilassarsi man mano che ci si allontana da tali sorgenti.

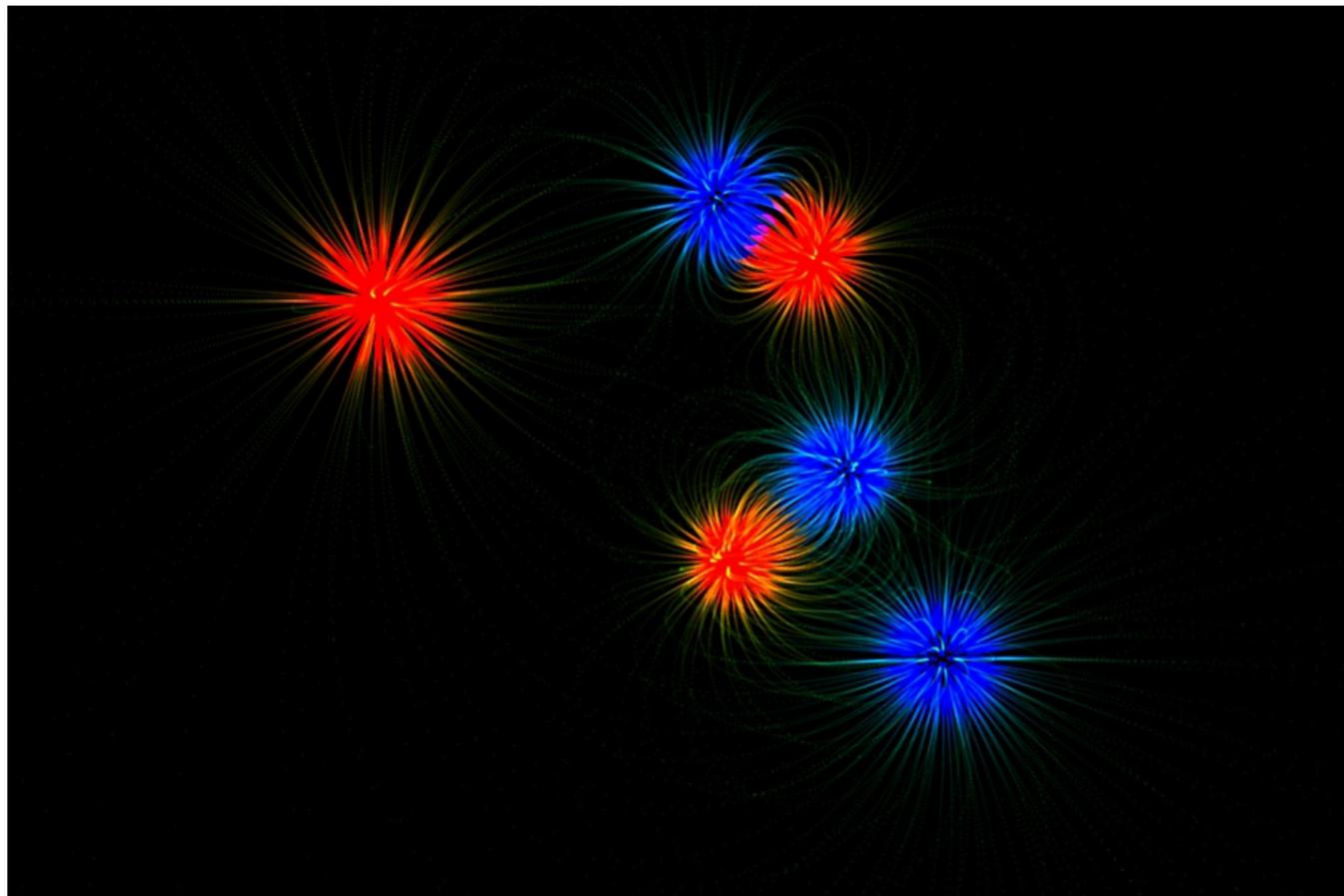
Tale strategia presenta una caratteristica che la rende difficilmente controllabile. Se la portata dei gas emessi non è equilibrata, allora si avrà la predominanza di un elemento sull'altro, con conseguente degenerazione della superficie di separazione. Per risolvere tale problematica si adottano contemporaneamente due diversi accorgimenti: uno a livello globale e l'altro a livello locale. Per rendere il sistema equilibrato globalmente si procederà andando a pesare le quantità emesse. Generalmente sarebbe sufficiente immettere uguali quantità di concentrazione delle due sostanze per mantenere l'equilibrio globale. Purtroppo la natura non lineare dell'algoritmo di diffusione rende molto suscettibile l'ambiente modellato, e risulta quindi complesso individuare a priori le condizioni iniziali che manterranno le due sostanze in equilibrio, specialmente per condizioni iniziali che presentano forti irregolarità. Si agirà quindi rendendo il sistema diversamente reattivo in base al proprio stato interno. Tenendo monitorato ad ogni interazione l'estensione dei due elementi, sarà possibile intensificare o diminuire le quantità immesse. Come già anticipato, però, è necessario un altro accorgimento per il mantenimento della stabilità locale. Il concetto di stabilità locale è puramente arbitrario e con esso si intende la capacità della configurazione finale di aderire

alle condizioni di contorno imposte. Si cerca infatti di far funzionare il sistema in modo tale che le condizioni di emissione imposte vadano a costituire un vero e proprio vincolo per il comportamento della superficie. Nella pratica però, quello che succede è che tale configurazione arbitraria potrebbe non coincidere con quella di equilibrio. Si procederà in questo caso a modificare il principio stesso del modello. Si sostituirà il concetto di sorgenti, con quello di vincolo. Nella pratica, anziché immettere nuove quantità all'interno del volume, si andrà a imporre ad ogni iterazione un particolare valore in corrispondenza dei voxel vincolati. Il valore però, come già illustrato precedentemente, sarà variabile ad ogni iterazione, sulla base degli eventuali squilibri interni.

Sulla base di tali artifici si potrebbe ritenere che si stia cercando di forzare un sistema a comportarsi contrariamente a quella che è la sua natura emergente, tuttavia la necessità di utilizzare tale sistema non risiede nella totale imprevedibilità del suo output, bensì nella sua capacità di creare connessioni tra le diverse zone di vincolo, connessioni altrimenti impossibili da definire.

Nel caso specifico delle pareti del progetto, si è creata una griglia volumetrica di valori nulli. Si sono determinate quindi le sorgenti sulla base dei risultati del reaction-diffusion di Gray-Scott anisotropico bidimensionale. Si andrà infatti a suddividere il volume attraverso un piano verticale inserito longitudinalmente. Dopodiché si creeranno tre differenti layer emissivi, due esterni il cui pattern tenderà a seguire i vettori di velocità dell'acqua in prossimità della parete, ed uno interno il cui pattern sarà invece orientato in direzione ortogonale. Il risultato, per quanto leggermente variabile a seconda della natura delle sorgenti, sarà tendenzialmente costituito da canali superficiali collegati tra loro in direzione trasversale al volume e al contempo collegati ai canali centrati ortogonali al flusso di parete, i quali percorrono internamente il volume. La soluzione ottenuta in tale caso di studio presenta una serie di caratteristiche favorevoli dal punto di vista della portanza strutturale. Oltre a generare una rete,

crea anche delle superfici di raccordo tra i diversi ordini che tendono ad evitare bruschi raggi di curvatura, e riducendo quindi la presenza di pericolosi punti di singolarità.



Attrattori

Per attrattore si intende un insieme verso il quale tende un campo dinamico. Se la traiettoria è sufficientemente vicina, anche in presenza di perturbazioni il campo tenderà a concentrarsi verso l'attrattore. Nell'immagine viene mostrato l'effetto che si ottiene inserendo delle cariche di segno opposto all'interno di un campo magnetico.

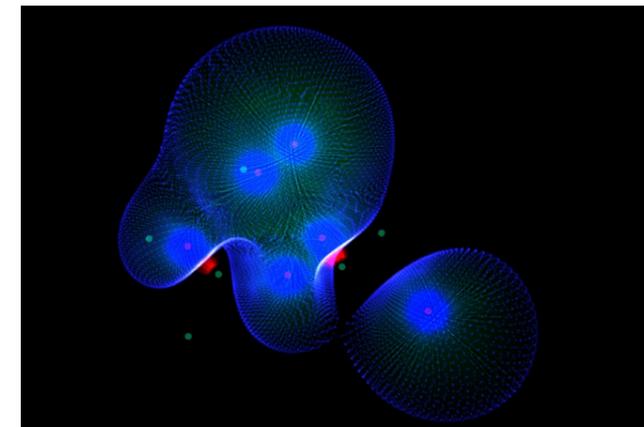
Si è visto precedentemente come il fattore maggiormente capace di influenzare la genesi del progetto sia il campo di vettori relativo alle velocità delle correnti sottomarine. In questo aspetto il tipo di progetto proposto intende indagare le possibilità di interazione tra organismo e ambiente sulla base di fattori non solo esogeni, ma anche endogeni. Obiettivo del progetto è in primo luogo quello di creare delle configurazioni spaziali capaci di coniugare le caratteristiche dell'ambiente esterno con la creazione di ambienti espositivi sottomarini.

Gradiente architettonico

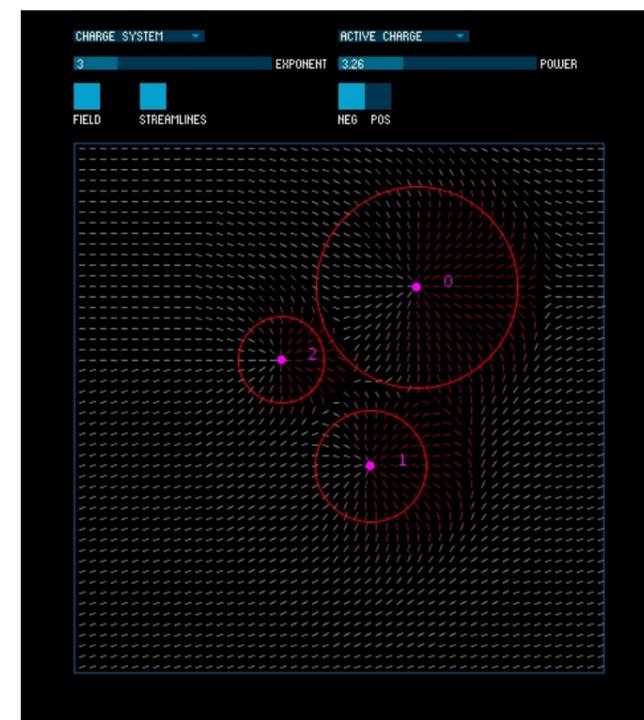
In generale la funzione dell'organismo architettonico si colloca nel luogo tra lo spazio oggetto della progettazione e l'ambiente preesistente. Nel caso in esame, quello che si cerca di ottenere è una dilatazione di tale spazio architettonico. Si intende evitare la divisione netta tra gli ambienti di nucleo del progetto e quelli circostanti, tentando quindi di realizzare un elemento di raccordo sia da un punto di vista percettivo che da un punto di vista fisico. In questo senso, l'aspettativa è quella di ridurre l'impatto reciproco che scaturisce dall'interazione tra i due ambienti.

Per la configurazione di tale gradiente architettonico si è studiato un sistema complesso di interazione con l'ambiente circostante il cui obiettivo è quello di definire la posizione e l'intensità di una serie di punti attrattori. Parlando di punti attrattori ci si riferisce ad un gruppo di cariche distribuite all'interno dell'area di progetto, le quali, attraverso la loro sola presenza sono in grado di influenzare i campi che definiscono le variabili dell'ambiente. Poiché è stato possibile influenzare la crescita del reaction-diffusion attraverso dei campi che ne determinano la direzione di sviluppo (campo vettoriale) e i valori dei parametri F e k (campo scalare di densità), allora, attraverso la posizione degli attrattori è possibile controllare lo sviluppo del Gray-Scott.

Gli attrattori sono stati suddivisi in due tipologie che per semplificazione denomineremo $A+$ e $A-$. Come si intuisce dalla nomenclatura adottata, essi si distinguono in base al segno della



Particles distribuite su una isosuperficie relativa al campo magnetico generato dalle cariche di segno opposto.



Esempio di variazione lineare del parametro F lungo l'asse delle ascisse e del parametro k lungo l'asse delle ordinate. Man mano che ci si sposta verso destra la reazione diventa più lenta e stabile.

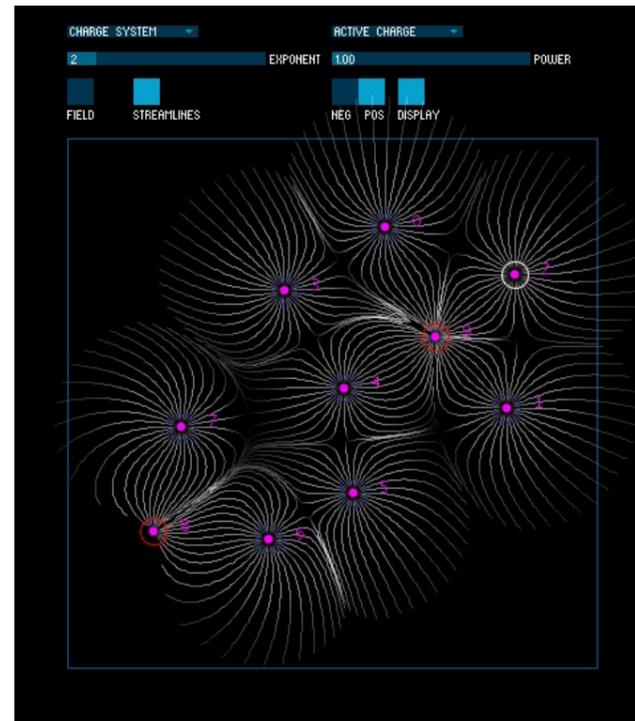
propria carica. Da un lato ci saranno gli attrattori A- che tenderanno ad alterare il campo di densità e il campo vettoriale, dall'altro, le cariche A+ tenderanno a riportarli alle proprie condizioni iniziali.

Campo di Densità

Con il termine densità non ci si riferisce ad una caratteristica delle soluzioni coinvolte nel meccanismo di reaction-diffusion, si intende piuttosto il tipo di pattern che si dovrà ottenere in una determinata zona, in relazione al gradiente di possibili configurazioni osservate durante le fasi di studio. Si procede individuando l'area del grafico (F,k) che presenta un livello di reattività ritenuto accettabile, ovvero che converga velocemente verso la soluzione finale, e che non sia instabile. Mantenendo quindi fisso il parametro F, si osserva il gradiente del pattern al variare di k. Diminuendo il valore di k si ottiene una dominanza progressiva della soluzione V, mentre aumentandolo, si otterrà all'ora la predominanza di U. Poiché quando è U a dominare su V, rimangono comunque spesso delle piccole concentrazioni di V sparse, in questo caso ci si interesserà dei valori di k più bassi. Il pattern muterà quindi tra la soluzione stabile individuata in principio (densità $D = 1$) e la totale prevalenza della soluzione V ($D = 0$).

L'azione degli attrattori A- tenderà ad incrementare il valore di densità con una legge analoga a quella del campo magnetico, ovvero in funzione dell'inverso del quadrato della distanza. Il campo di densità, che viene valutato su una griglia bidimensionale, verrà poi tridimensionalizzato lungo l'asse z replicando se stesso a meno di un coefficiente di decadimento. Solo i valori con densità $D(x,y) = 1$ raggiungeranno la massima elevazione stabilita, mentre gli altri si estingueranno con andamento lineare.

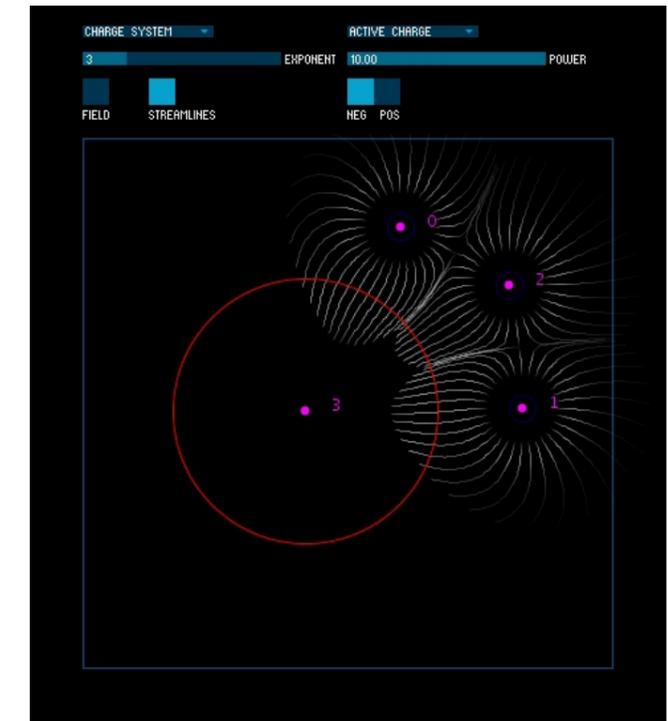
Poiché l'obiettivo del progetto è quello di offrire delle hall espositive sottomarine, ci si è lasciati ispirare dalla configurazione tipica degli atolli. Il campo di densità viene quindi abbattuto nelle zone in cui supera un valore di soglia critica, per consentire nelle zone più prossime alle cariche A- la formazione di doline marine.



Visualizzazione delle linee di influenza relative al campo magnetico generato dalla contemporanea presenza di cariche positive e negative.

Campo Vettoriale

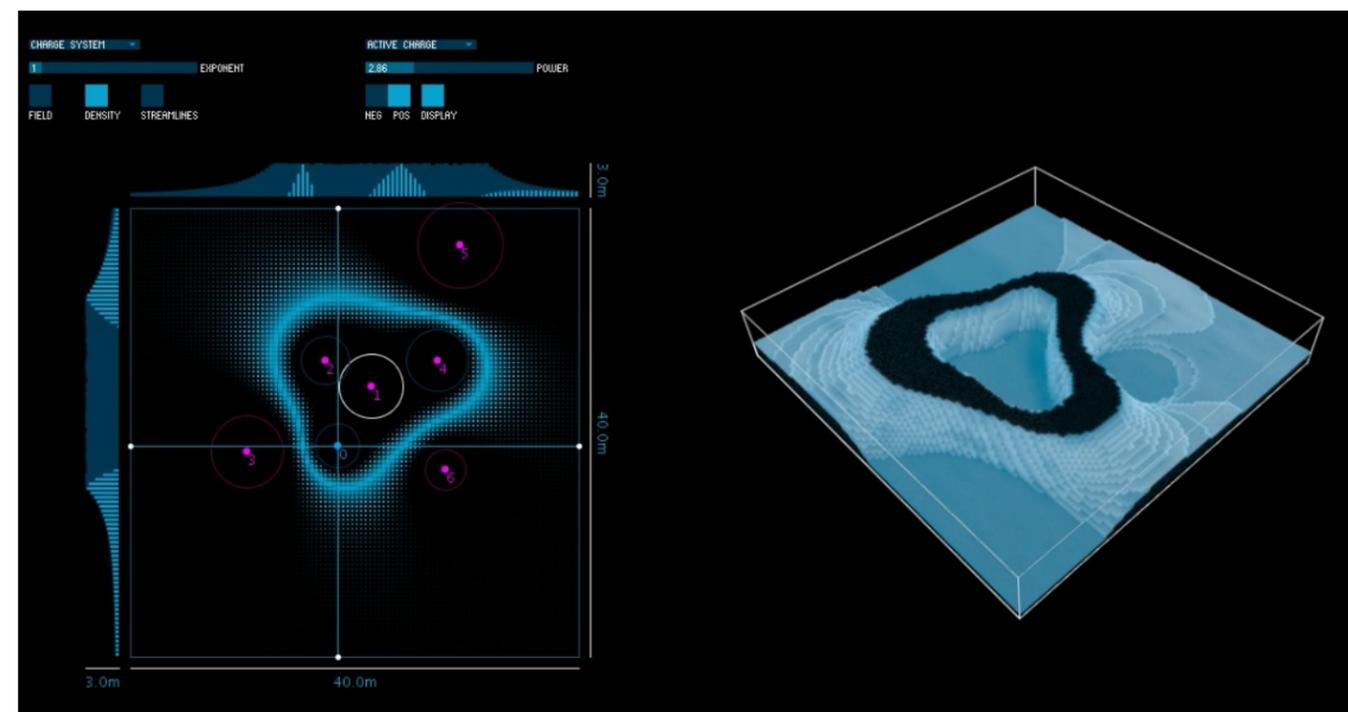
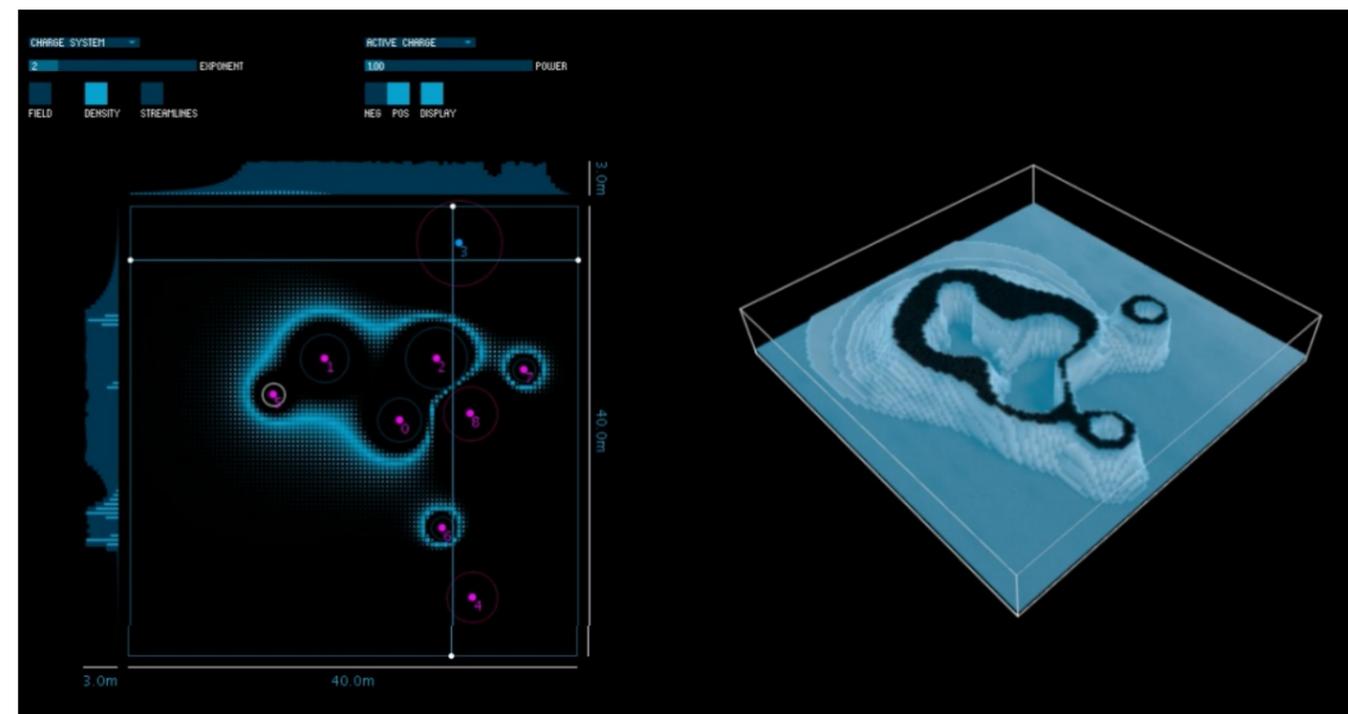
Come già illustrato, il processo di morfogenesi deriva in primo luogo dalla direzione delle correnti, tuttavia non si intende riprodurre un sistema che si limiti a ricalcare le direzioni suggerite dalle condizioni ambientali, bensì si intende sviluppare una strategia di alterazione delle stesse in relazione agli scopi progettuali. Per garantire una buona fruizione delle hall create attraverso l'alterazione del campo di densità, è infatti necessario che il sistema in prossimità del centro delle hall si direzioni verso i punti attrattori negativi. Il risultato è la sovrapposizione di un campo magnetico alla mappa vettoriale delle correnti, fatta eccezione che, come già detto, mentre le cariche A- tenderanno ad alterare il campo esistente, le cariche A+ tenderanno al ripristino del campo iniziale delle correnti.



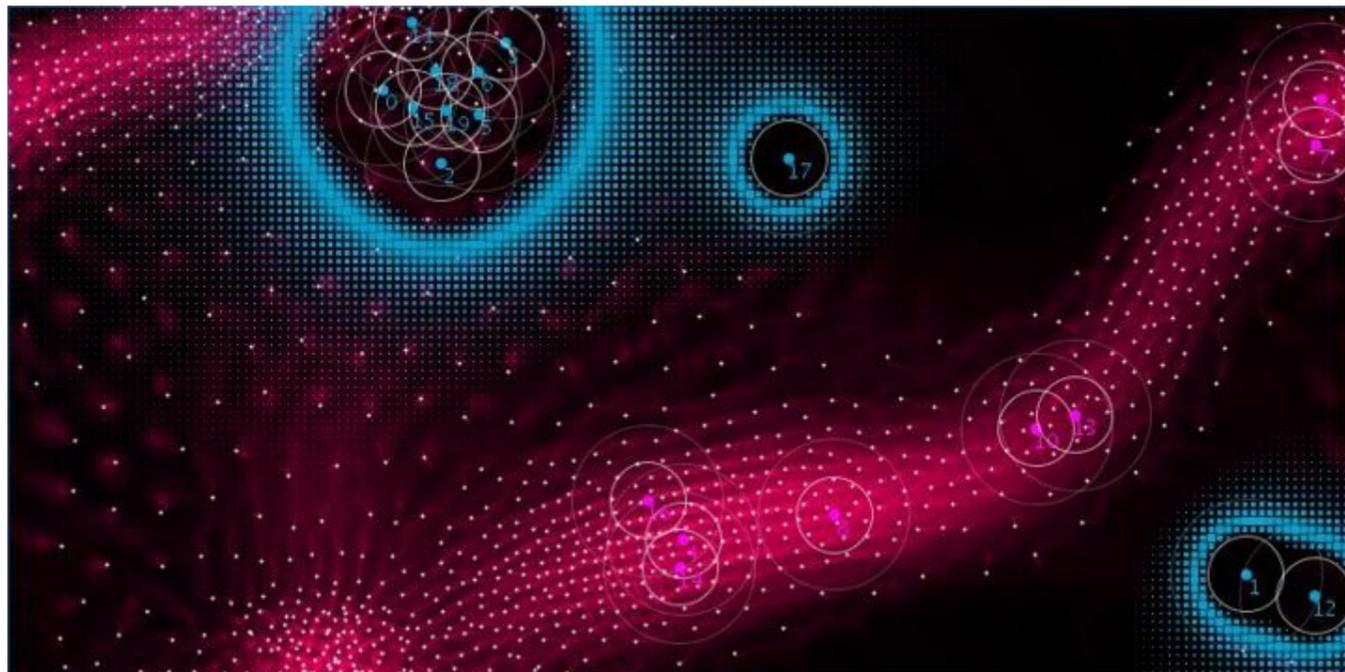
Visualizzazione delle linee di influenza relative all'inserimento di tre cariche di segno positivo e una di segno negativo. La legge di attrazione è descritta dall'inverso del cubo della distanza. Il colore delle linee di campo ha lo scopo di rappresentare il fattore di attivazione di crescita. In corrispondenza degli attrattori tale valore è nullo, a rappresentare la presenza delle hall sottomarine.



Il Great Blue Hole (in italiano letteralmente Grande Voragine Blu) è una grande dolina carsica subacquea situata ad est delle coste del Belize, nel Mar dei Caraibi.

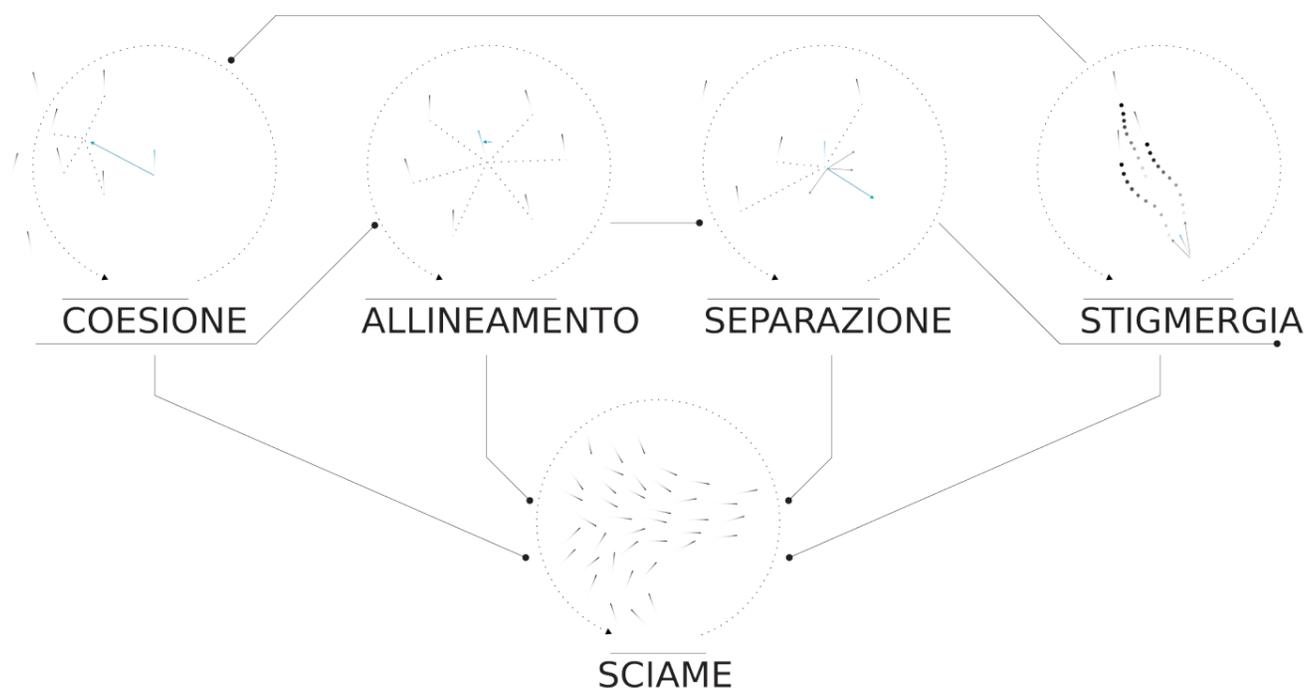


Strumento realizzato tramite algoritmo per il controllo dei parametri di concentrazione di attivatori del reaction-diffusion



Ecosistema

Attraverso l'impostazione di un ecosistema multi-agente si intende indagare le zone in cui sviluppare gli elementi di progetto.



Definita la natura del sistema di configurazione degli elementi, e definiti i parametri di controllo, è necessario stabilire la logica con cui essi andranno a distribuirsi nel territorio. Immaginando di inserire elementi caratterizzati da un'articolata porosità all'interno di un ambiente marino, ci si relaziona con le problematiche relative ai fenomeni di stagnazione. Mentre entro una certa misura tale fenomeno si dimostra propizio per lo sviluppo di colonie di organismi, se eccessivo, rischia di creare situazioni di criticità da un punto di vista della salubrità dell'acqua, sia per i pesci e gli altri organismi, che per gli esseri umani. Si intende quindi simulare un ecosistema virtuale da usare come strumento previsionale di tale fenomeno.

Basandosi su numerosi studi sul comportamento dei banchi di pesci e sugli stormi di uccelli è stato dimostrato come le masse composte da centinaia o migliaia di individui, nonostante l'apparente ordine che li caratterizzano, sono in realtà anch'esse frutto di strategie emergenti. Il cosiddetto "swarm behaviour" (comportamento di sciame) si basa sulla reciproca interazione tra i diversi individui, senza che ci sia alcun tipo di figura di leader ad esercitare una forma di controllo su di essi. A partire da tre semplici regole è possibile simulare un comportamento di sciame attraverso l'ausilio di agenti virtuali che si muovono in uno spazio continuo.

Coesione

La prima di tali regole è rappresentata dalla coesione. I singoli individui sono attratti da i propri simili, a patto che essi si trovino entro un determinato raggio di distanza. Tale raggio rappresenta la distanza massima in cui un agente è in grado di percepire i propri simili. Il comportamento che ne segue rappresenta la spinta istintiva a raggrupparsi con i propri simili.



Separazione

Ogni individuo, per quanto desideroso di rimanere vicino ai propri simili, sviluppa un senso di repulsione se si trova ad una distanza troppo ravvicinata rispetto ad essi. È necessario stabilire un raggio, inferiore a quello della coesione, entro il quale, l'agente inizia ad



avvertire la necessità di allontanarsi dagli altri esemplari. Tale regola risulta indispensabile per evitare fenomeni di concentrazione di numerosi agenti in uno spazio limitato, cosa che sarebbe risulterebbe impossibile per dei reali organismi viventi. Per creare una gerarchia all'interno dell'insieme di individui che un agente percepisce come "troppo vicini", si eserciterà una forza repulsiva pari all'inverso della distanza, cosicché venga data la priorità a quelli a lui più prossimi.

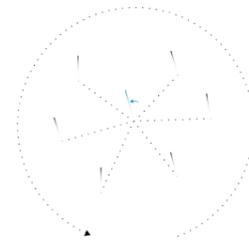
Allineamento

In seguito all'applicazione delle prime due regole gli agenti tenderanno ad organizzarsi in gruppi pulsanti, in cui i singoli individui cercheranno ciclicamente di allontanarsi o di avvicinarsi ai propri simili. Si ipotizza quindi che gli agenti siano in grado, oltre ad esercitare una reciproca attrazione o repulsione, di modificare la propria direzione di percorrenza in accordo con quella dei propri simili. Per rendere tale comportamento maggiormente verosimile, anche in questo caso si definisce una distanza entro la quale ogni individuo si lascerà influenzare dagli altri.

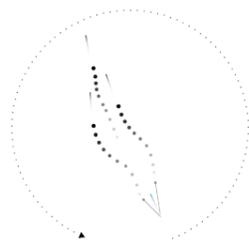
Se si immagina di replicare tali comportamenti simultaneamente ad intervalli di tempo dt , allora si otterrà l'effetto di uno sciame virtuale il cui comportamento complessivo sarà perfettamente in grado di confermare la natura emergente e auto-organizzante del sistema.

Stigmergia

Per molti organismi, tra cui numerosi gli insetti, i fenomeni di auto-organizzazione non avvengono attraverso un'interazione diretta fra i diversi individui, bensì attraverso una strategia nota con il nome di "stigmergia". La stigmergia prevede che ogni individuo della colonia eserciti un'influenza sugli altri attraverso l'alterazione dell'ambiente in cui si muovono. Un esempio molto comune è rappresentato dalle formiche. Esse possiedono una capacità di interazione le une con le altre molto limitata se rapportata alla complessità e all'efficienza del sistema formicaio, tuttavia, attraverso il rilascio di feromoni lungo il proprio percorso esse possono indicare ai propri simili non solo



ALLINEAMENTO



STIGMERGIA

la direzione da seguire, ma anche quello verso cui tale direzione conduce. Si tratta di un livello di interazione decisamente primitivo, perchè agisce a livello ormonale e quindi puramente istintivo, tuttavia capace di dare risultati estremamente interessanti.

Agenti B

Poichè lo scopo principale della simulazione dello sciame virtuale è quello di prevedere le situazioni di ristagno degli agenti inquinanti, si è deciso di creare una classe di agenti le cui regole comportamentali sono le stesse descritte fino ad ora, cercando però di mantenere tale sistema sensibile alle condizioni ambientali. Senza bisogno di apportare particolari modifiche al comportamento degli individui ci si interessa del comportamento dei soli feromoni. Una volta depositati infatti, i feromoni non rimarranno fermi nello spazio, verranno altresì trasportati e diffusi dalla corrente, creando oltre ad un effetto di dissolvenza anche un effetto di traslazione in accordo con le direzioni del campo di vettori. L'obiettivo di tale regola è quello di effettuare una stima delle zone in cui è più probabile che avvenga la concentrazione di anidride carbonica o altri fattori inquinanti.

Agenti A

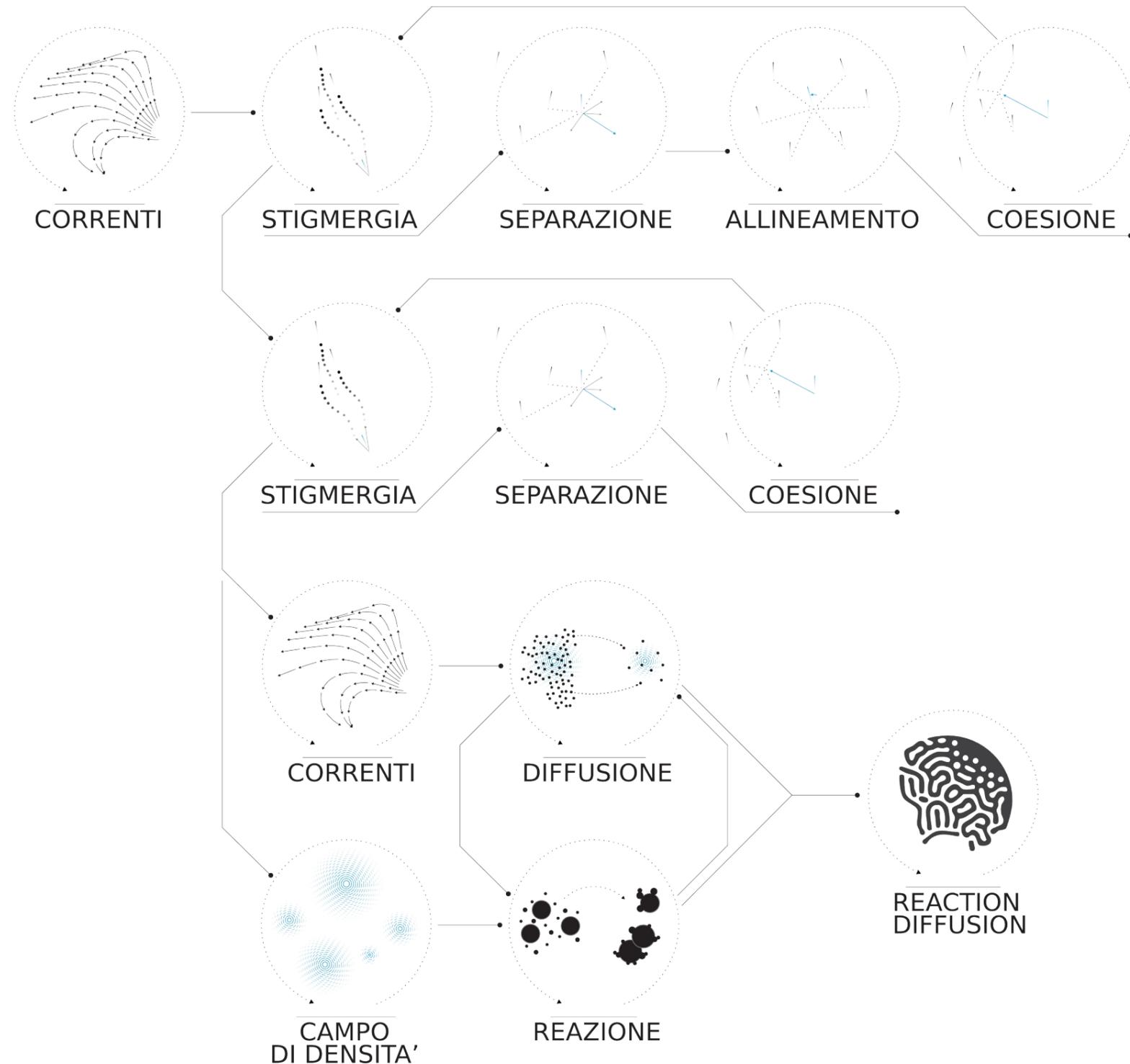
Il secondo gruppo di agenti che viene inserito nella simulazione, rappresenta una versione "animata" degli attrattori introdotti allo scopo di influenzare la formazione del pattern distributivo. Poichè le posizioni degli attrattori/agenti A- indicano le zone in cui si svilupperanno gli elementi di progetto, si istruirà tale categoria ad evitare le zone con elevata concentrazione di feromoni (i quali come descritto rappresentano le sostanze inquinanti) mentre, gli agenti A+, responsabili del ripristino dello stato di fatto saranno attirati dai feromoni, in modo da abbattere il coefficiente di densità in corrispondenza di zone critiche.

In seguito a svariati test sul comportamento dell'ecosistema così impostato ci si è resi conto che non sempre il numero di attrattori di un determinato tipo si rivela adatto a definire una configurazione efficiente per un dato campo di vettori. Si è quindi creata una nuova regola per

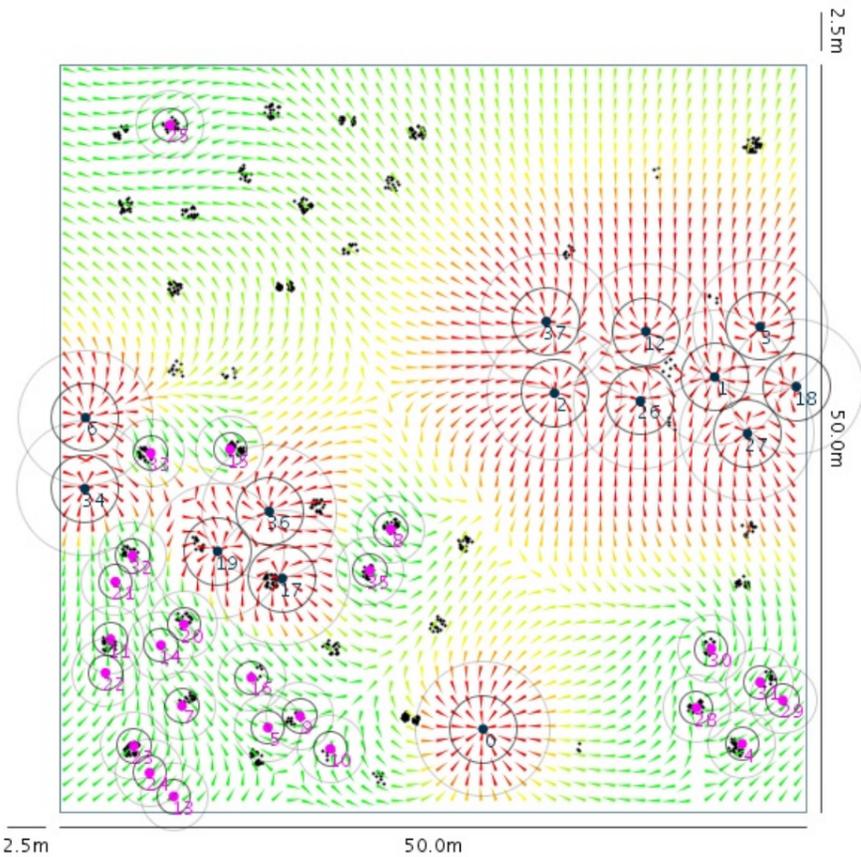
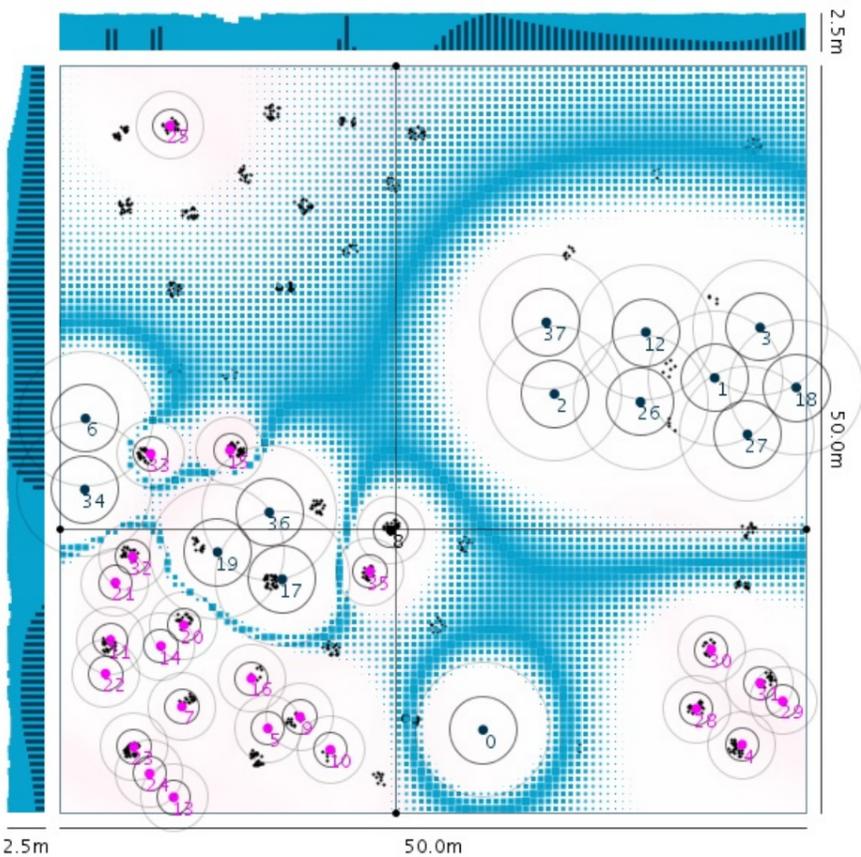
questa classe di agenti. Essi avrebbero dovuto adattarsi alle condizioni dell'ambiente. Studiando le caratteristiche di alcuni tipi di pesci, si appreso che esistono determinate qualità di pesci (pesci angelo e pesci pagliaccio sono alcuni esempi più noti) sono in grado di cambiare genere a seconda delle necessità della colonia. Si è quindi stabilito che gli agenti A non avrebbero dovuto necessariamente mantenere lo stesso segno, positivo o negativo, (e quindi le stesse regole comportamentali) per tutta la durata della propria vita, bensì, se messi in difficoltà, avrebbero potuto mutare. Per stabilire la condizione in cui la mutazione avrebbe dovuto attivarsi si è stabilita una soglia di tolleranza. Soglia di minimo per gli individui A+ e soglia di massimo per gli individui A-. Se l'individuo si trova in una zona con una concentrazione di feromoni oltre la propria soglia di tolleranza, allora l'attrattore inizierà a ridurre la propria intensità, fino a raggiungere un livello critico oltre il quale cambierà di segno.

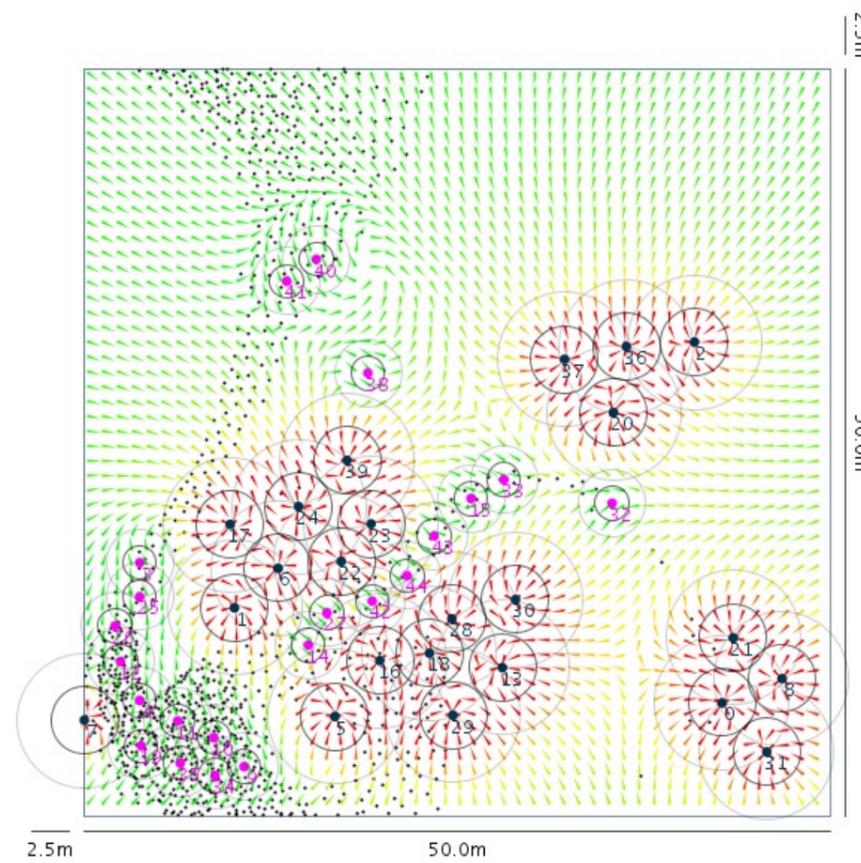
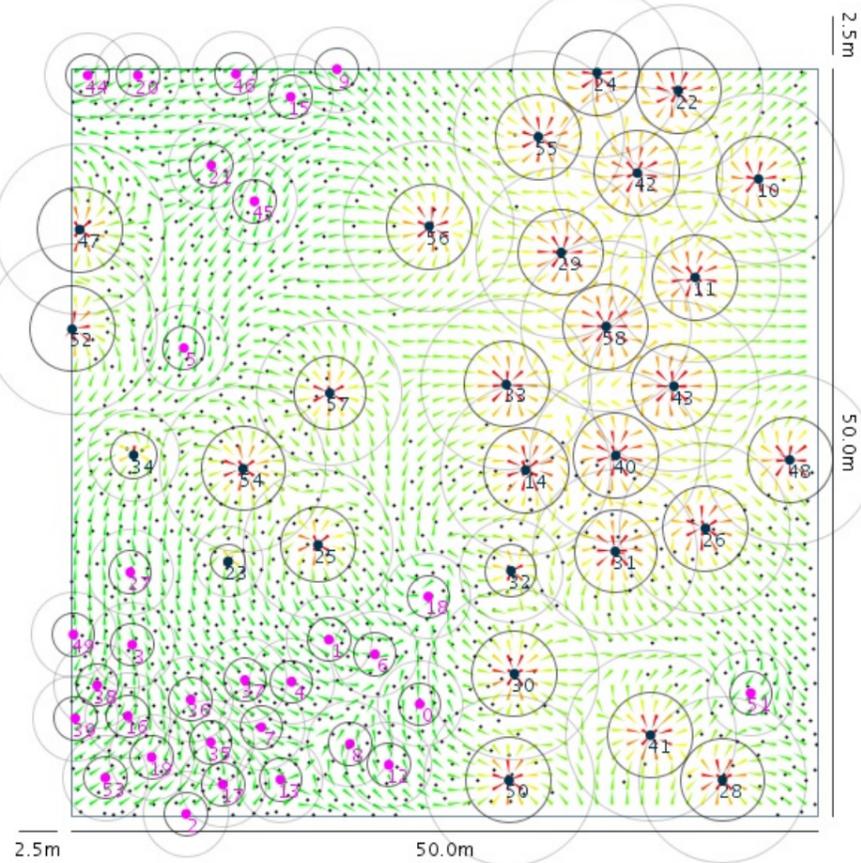
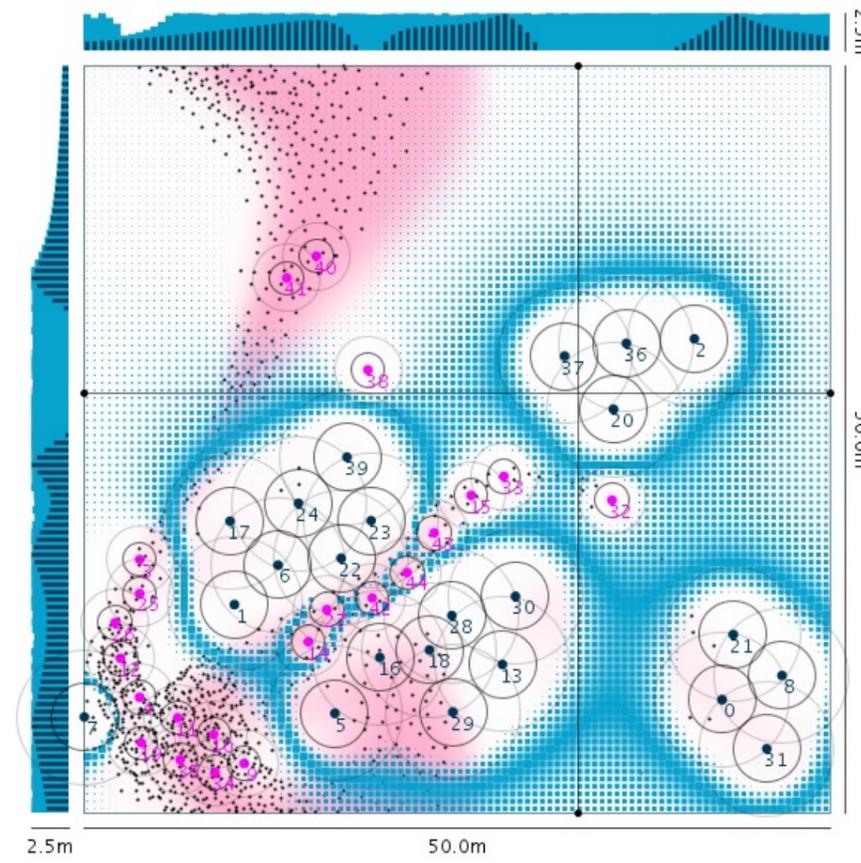
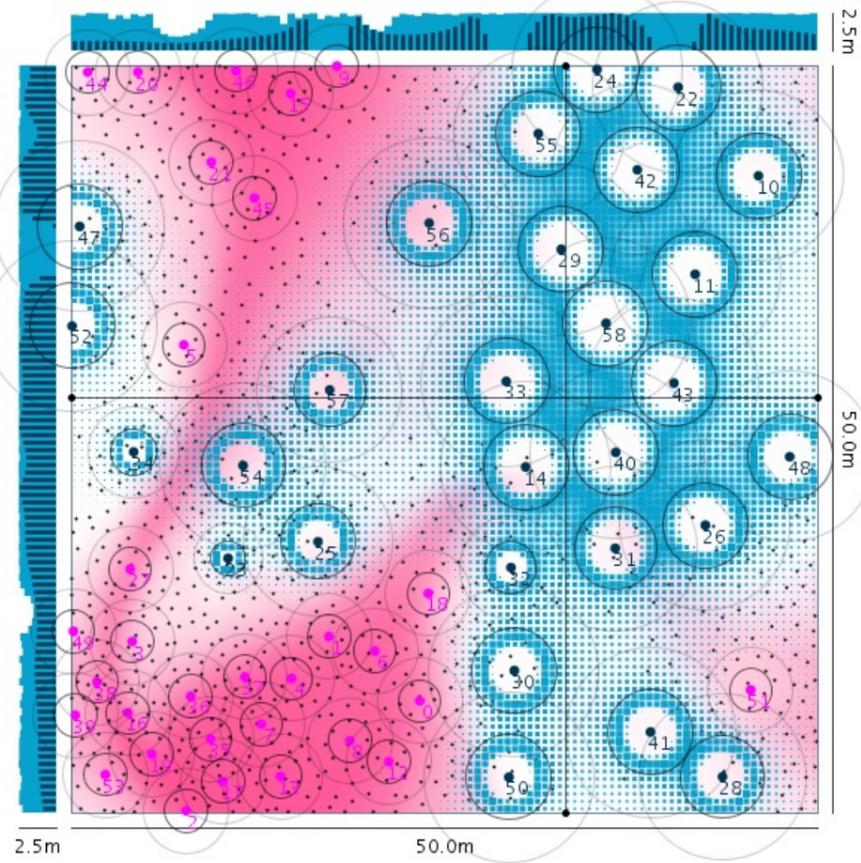
E' possibile inoltre, in qualunque momento della simulazione, senza bisogno di arrestarla, intervenire oltre che sui parametri generali, anche sui singoli agenti riposizionandoli se necessario o variandone il segno arbitrariamente. Tali modifiche verranno riassorbite dal sistema il quale tenderà ad una nuova configurazione efficiente.

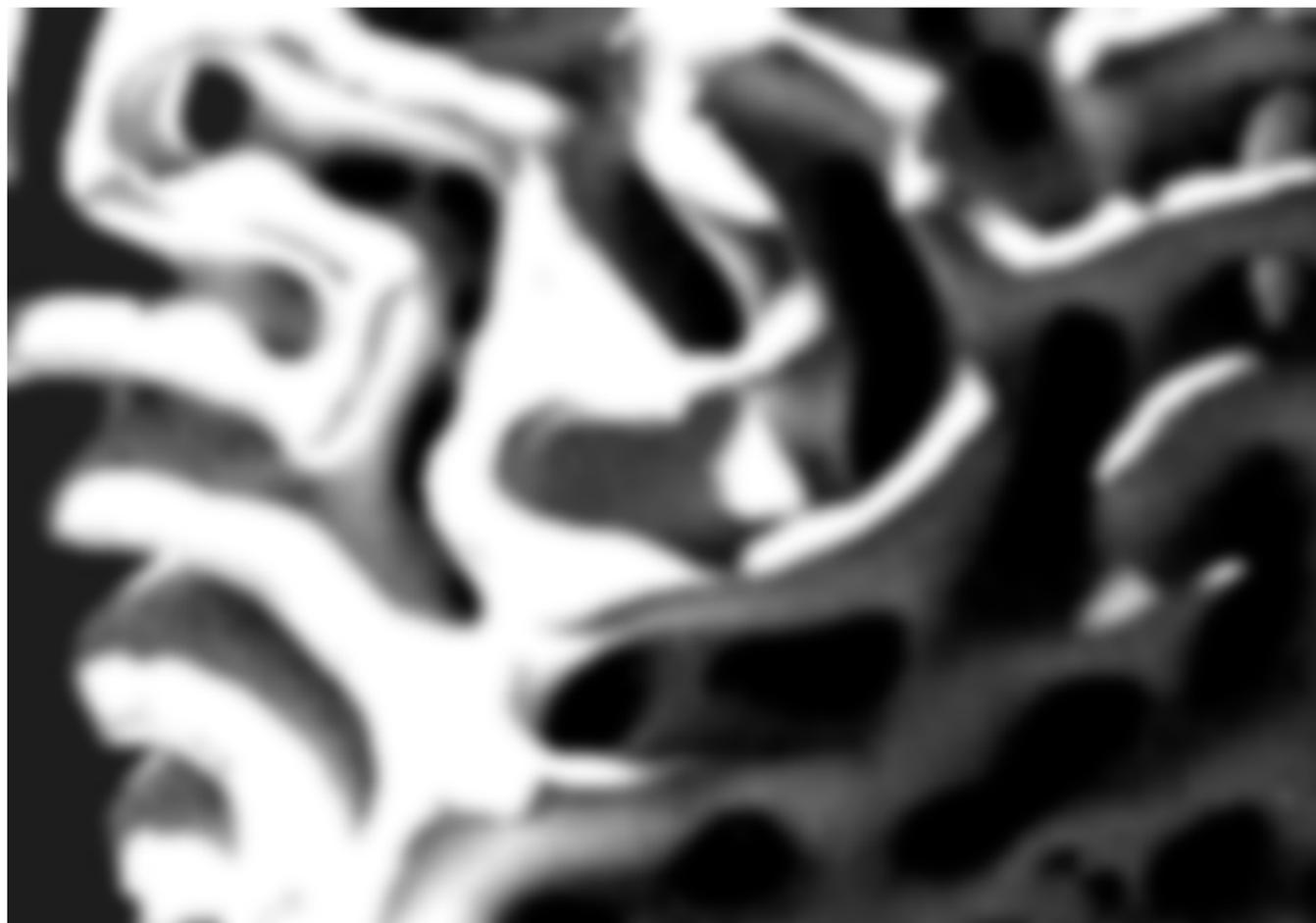
Lo schema rappresenta la struttura completa del processo di acquisizione dei dati, di sviluppo dell'ecosistema virtuale e la fase di output.



Alcuni esempi che dimostrano la varietà di possibilità che è possibile ottenere attraverso la modifica dei parametri di comportamento dei differenti sistemi di agenti.



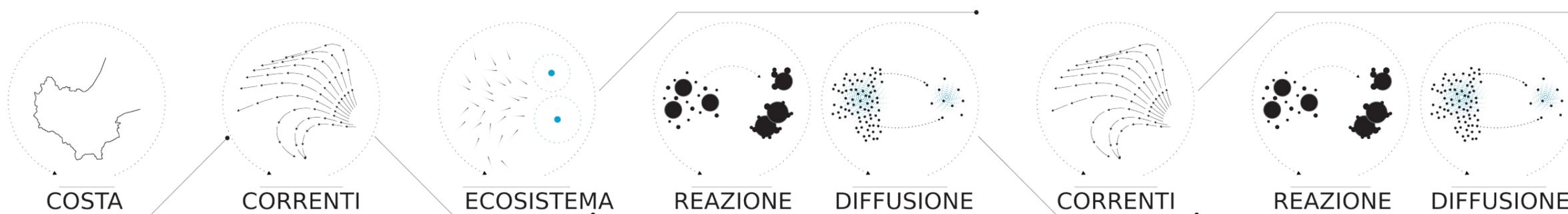


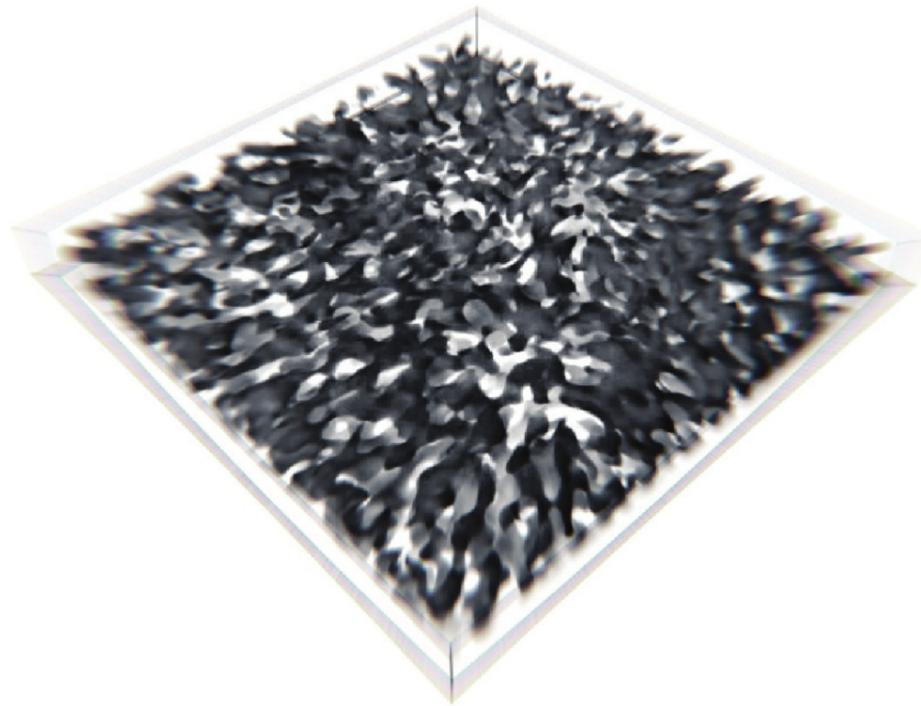


Una volta determinata la configurazione del campo vettoriale e di densità si procede all'esecuzione del processo iterativo che porta alla formazione della configurazione distributiva dell'area. Si noti come in seguito alla variazione dei parametri dei tre differenti casi di studio proposti si siano ottenute configurazioni di campo sensibilmente differenti, a parità di condizioni iniziali. Si riportano le fasi dello sviluppo del sistema di layout che rivelano quanto avviene durante il processo di crescita. Una volta delineato il layout del progetto ci si interessa al livello di dettaglio. Attraverso una logica frattale si replica lo stesso processo di reaction-diffusion, il quale si svilupperà in accordo con le direzioni delle correnti ricavate dalla simulazione CFD del modello più generale. La struttura che ne deriva mostra delle caratteristiche tali da garantire una buona capacità di essere "infestata" dagli organismi marini. Le due differenti scale di permeabilità del progetto si riferiscono quindi ai due ecosistemi che sono destinati ad interagire con essa. Da un lato avremo la flora e la fauna marine che assorbiranno l'oggetto invasore. Dall'altro l'utenza del museo sottomarino che potrà ammirare l'evoluzione del processo di assimilazione dell'estraneo.

Crescita

Una volta definiti i campi all'interno dell'ambiente virtuale si conclude con la generazione del progetto attraverso l'utilizzo dell'algoritmo di reaction-diffusion.

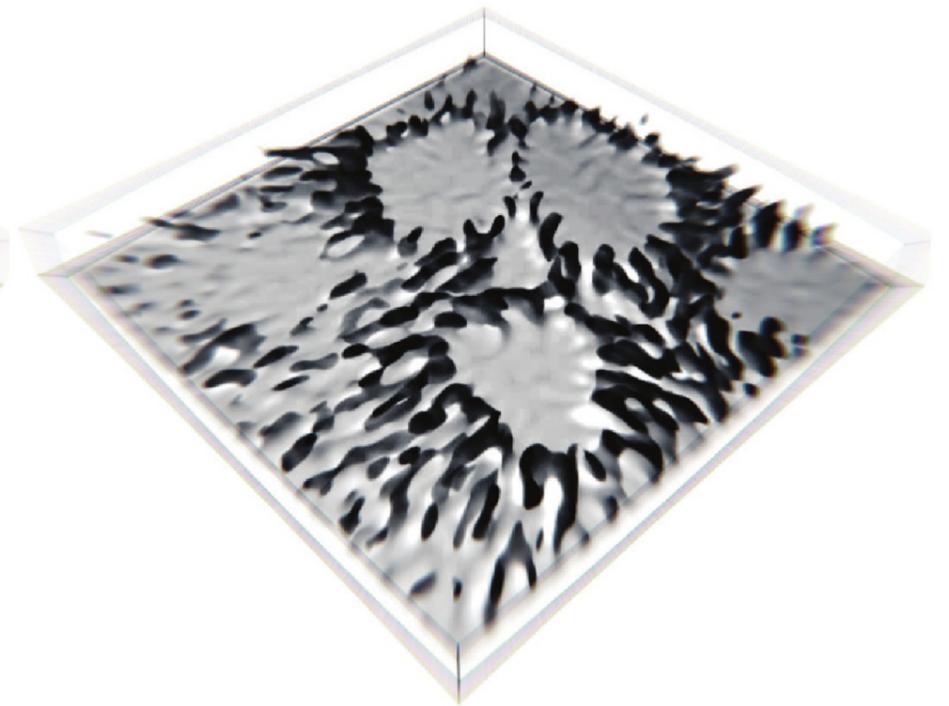




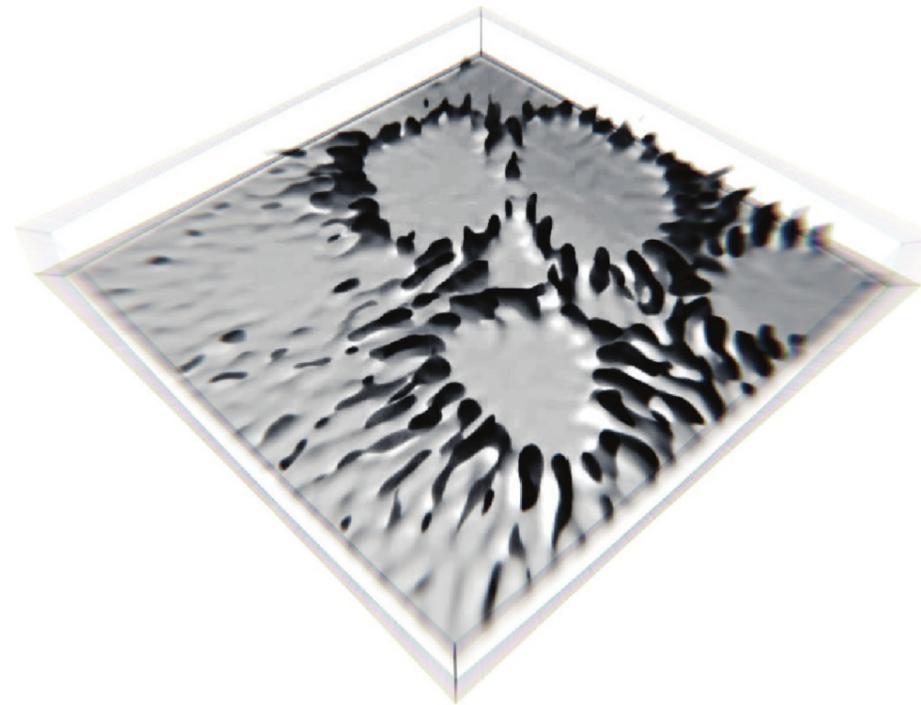
FRAME / 050



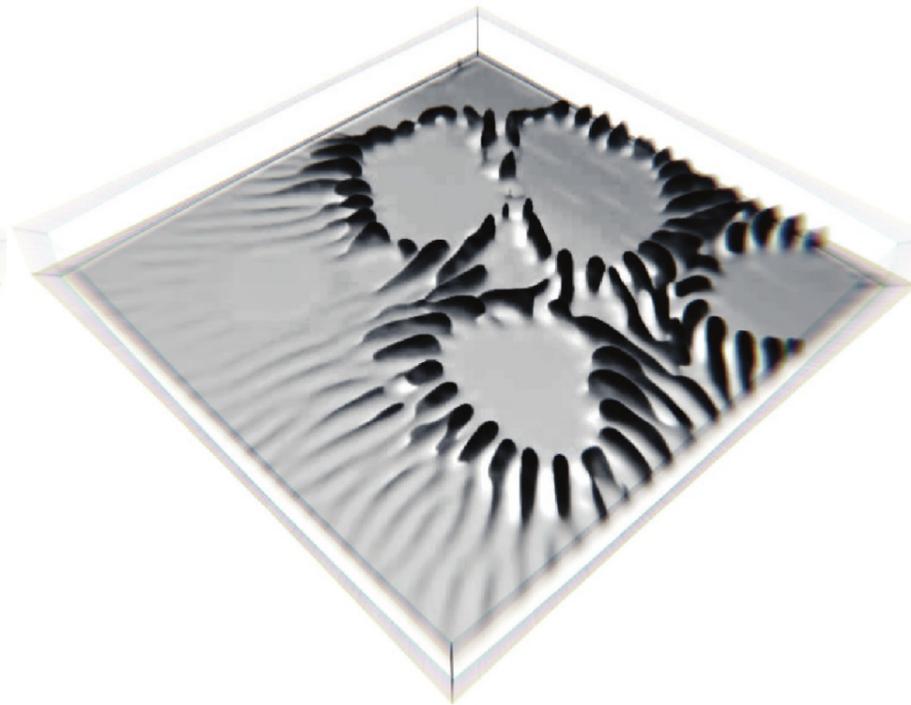
FRAME / 100



FRAME / 200



FRAME / 300



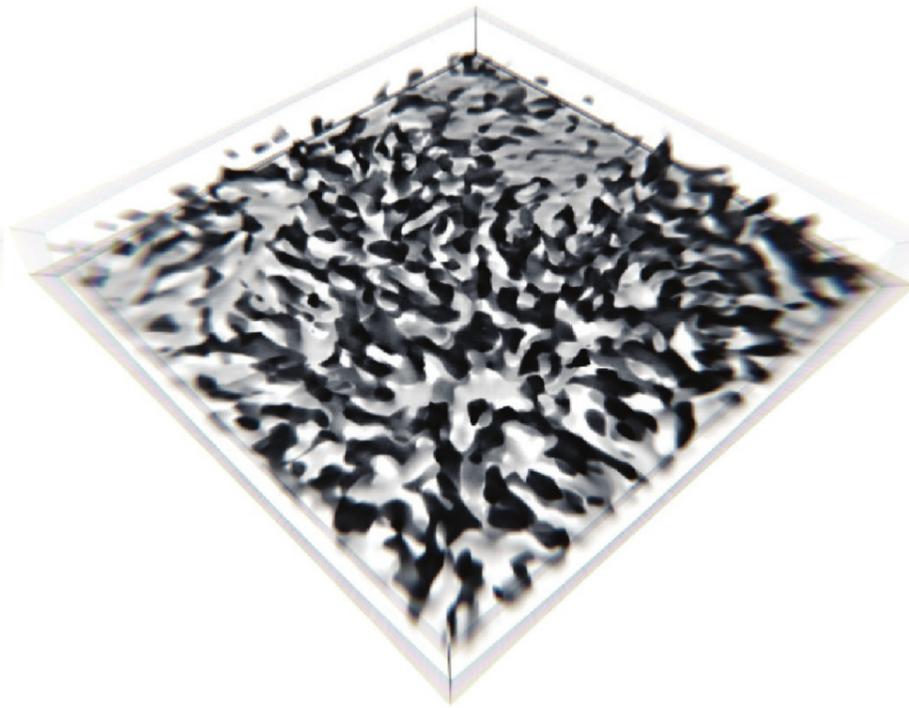
FRAME / 999

COESIONE / 0.05
SEPARAZIONE / 55
ALLINEAMENTO /
0.001
STIGMERGIA / 0.05

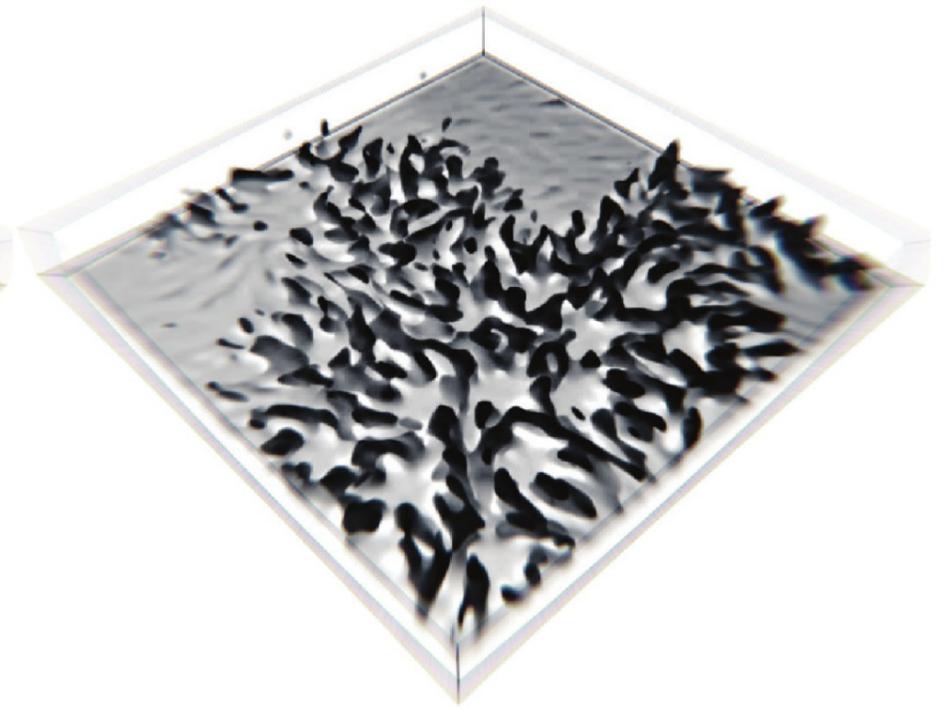
Generazione di un
cluster di ambienti
collegati da percorsi
ma prcettivamente
isolati



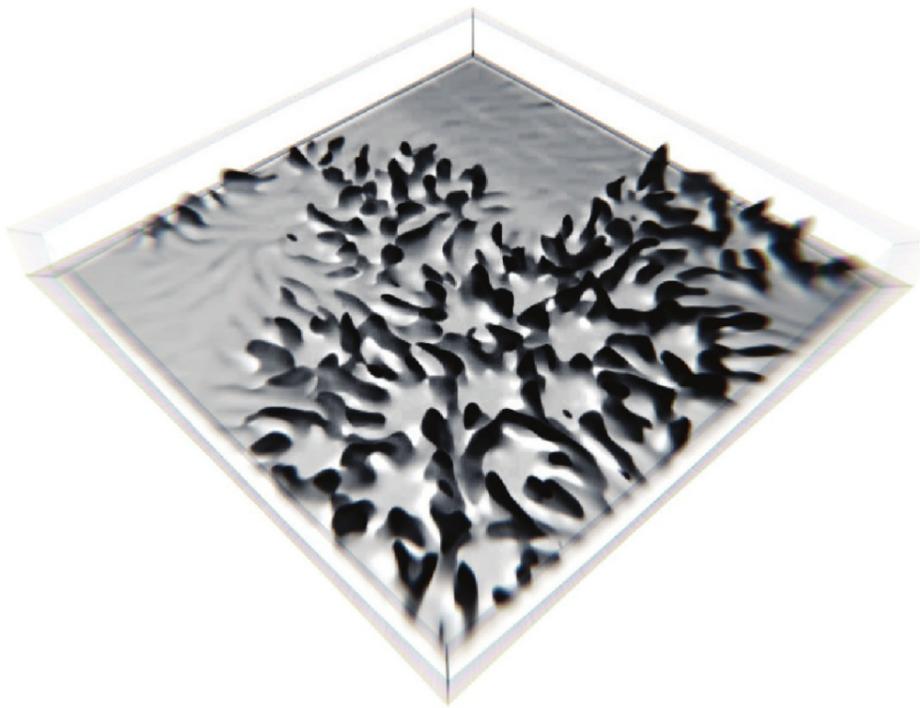
FRAME / 050



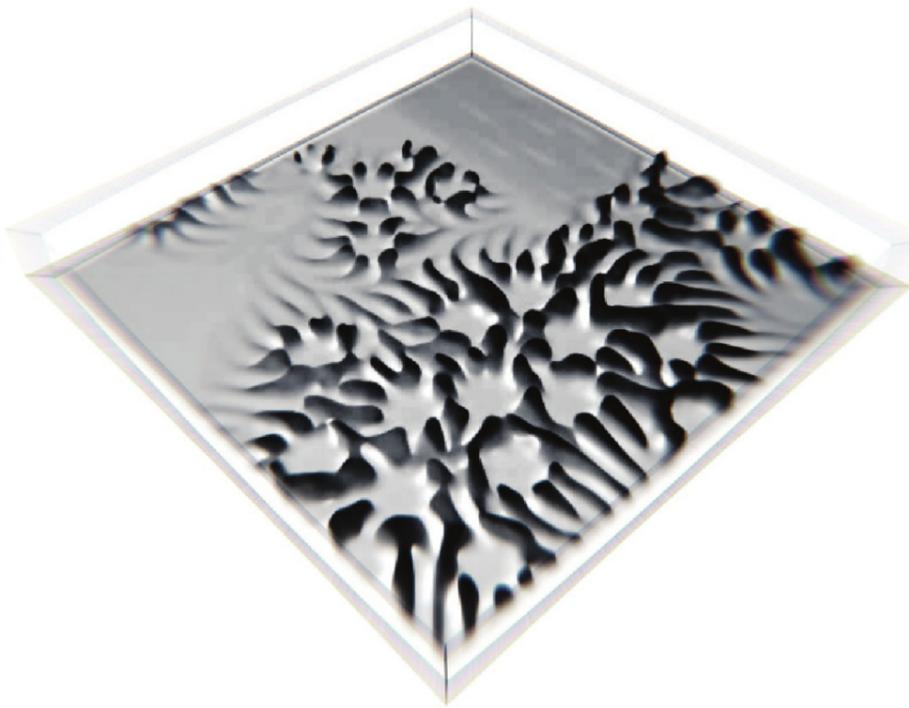
FRAME / 100



FRAME / 200



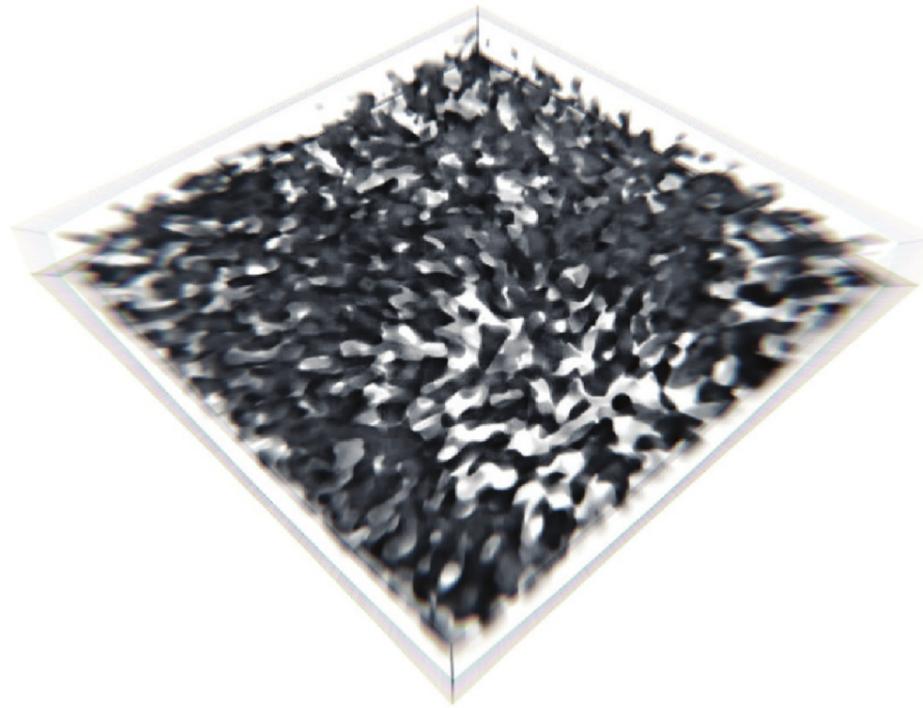
FRAME / 300



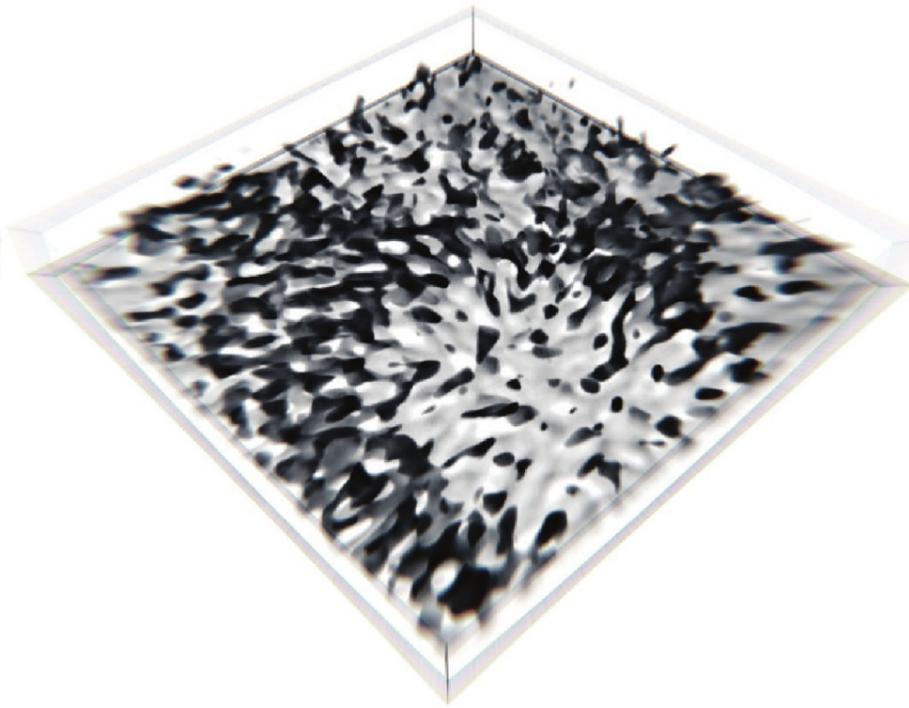
FRAME / 999

COESIONE / 0.0
SEPARAZIONE / 100
ALLINEAMENTO /
0.001
STIGMERGIA / 0.001

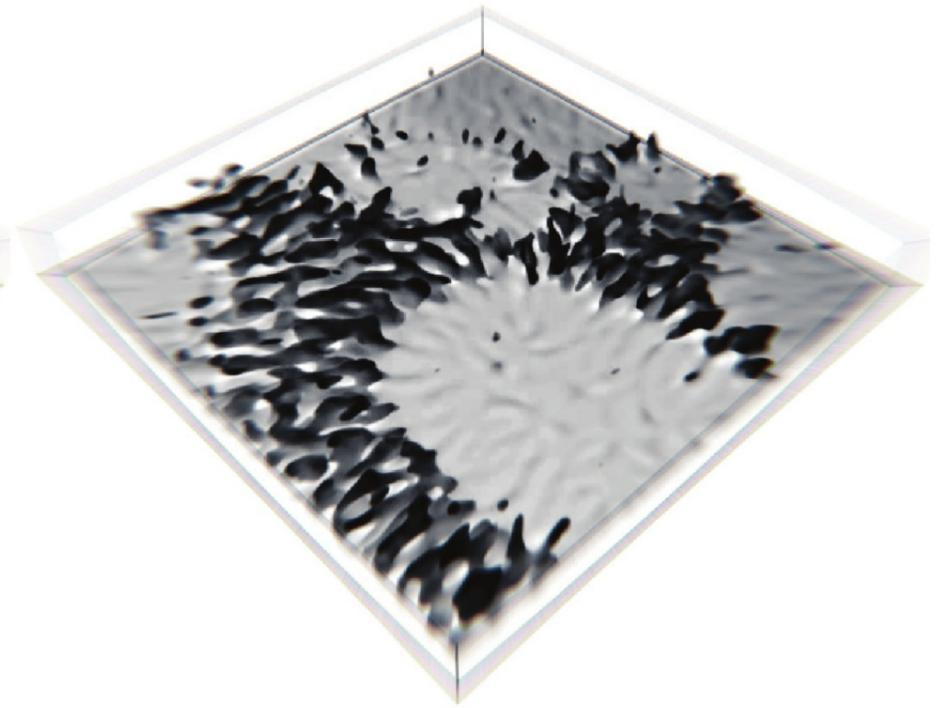
Generazione di
numerosi ambienti di
piccola dimensione. Gli
eventuali spazi
espositivi vengono
distribuiti in maniera
diffusa all'interno
dell'area di progetto.



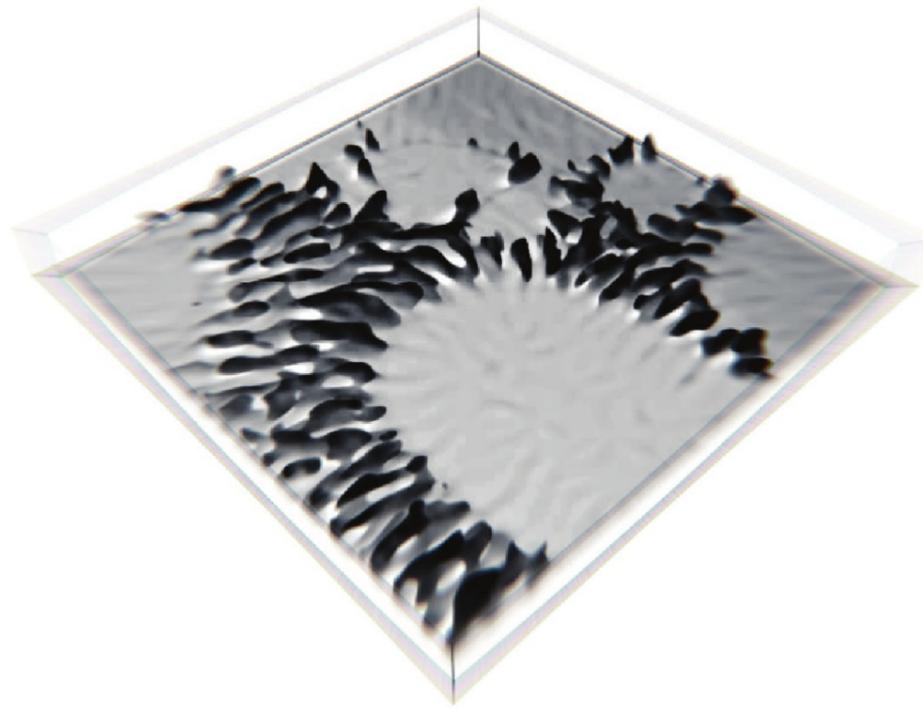
FRAME / 050



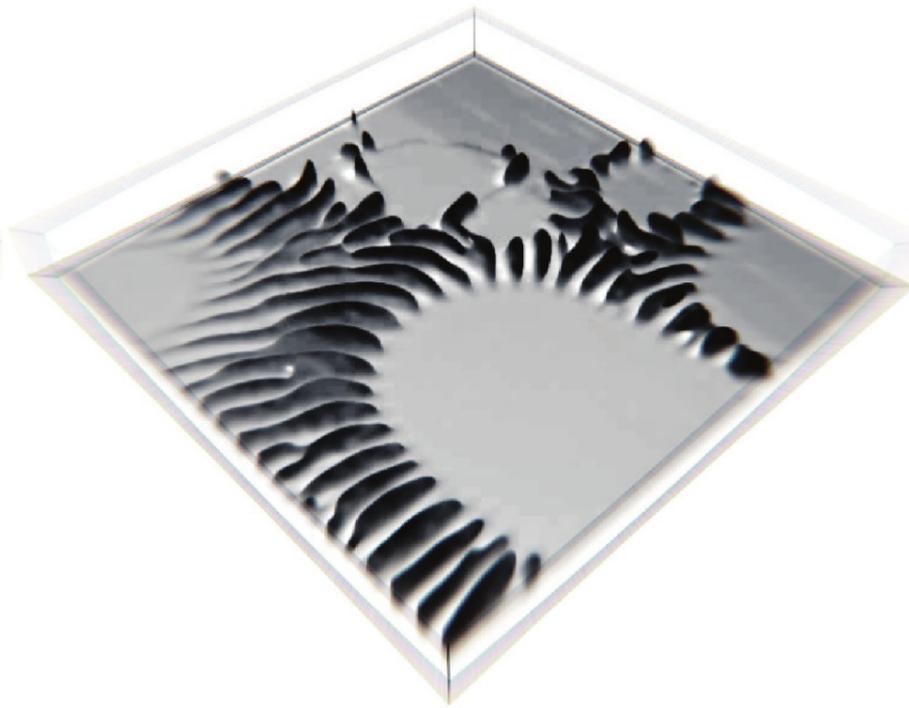
FRAME / 100



FRAME / 200



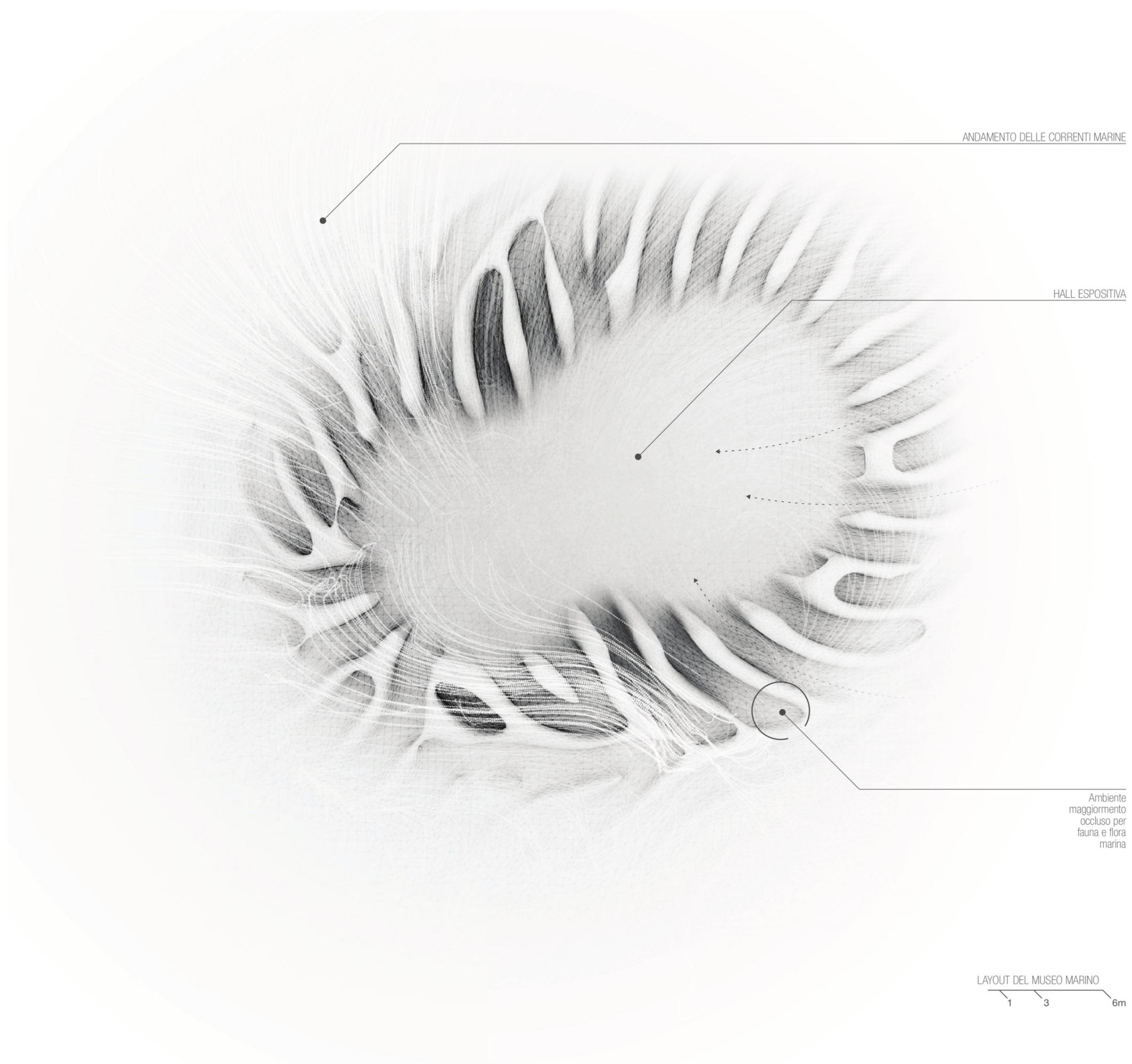
FRAME / 300



FRAME / 999

COESIONE / 0.32
SEPARAZIONE / 4
ALLINEAMENTO / 0.02
STIGMERGIA / 0.001

Generazione di macro
aree di grandi
dimensioni.



ANDAMENTO DELLE CORRENTI MARINE

HALL ESPOSITIVA

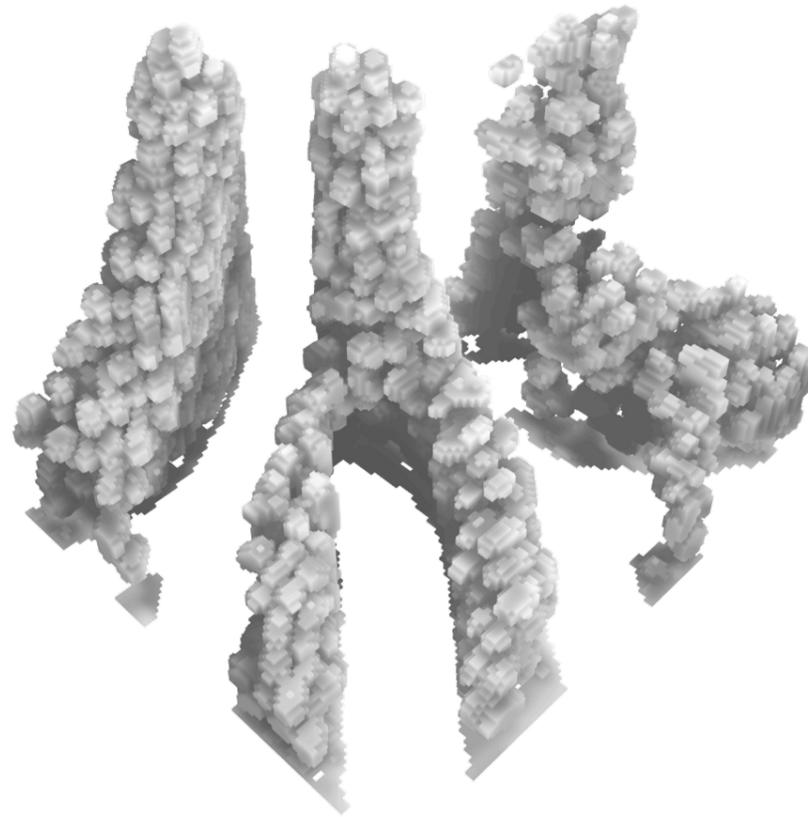
Ambiente maggiormente occluso per fauna e flora marina

LAYOUT DEL MUSEO MARINO
1 3 6m

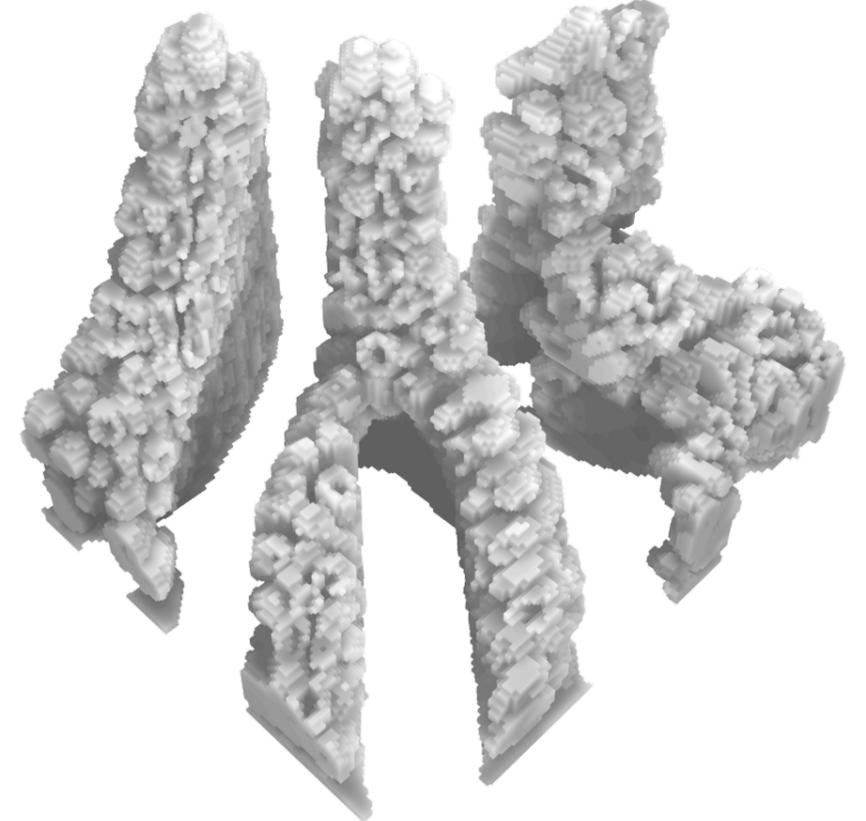
Attraverso la simulazione dei flussi all'interno della configurazione di layout è possibile ricavare le informazioni necessarie per la generazione di un livello più dettagliato di reaction_diffusion che sia in accordo con i fenomeni fluidodinamici presenti all'interno dell'area.



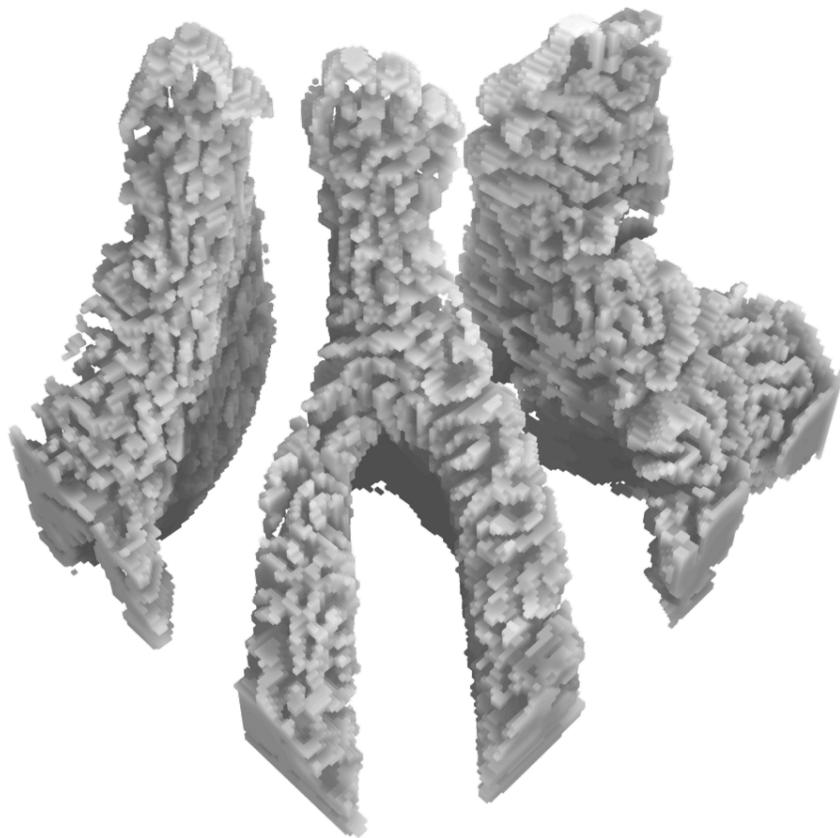
FRAME / 010



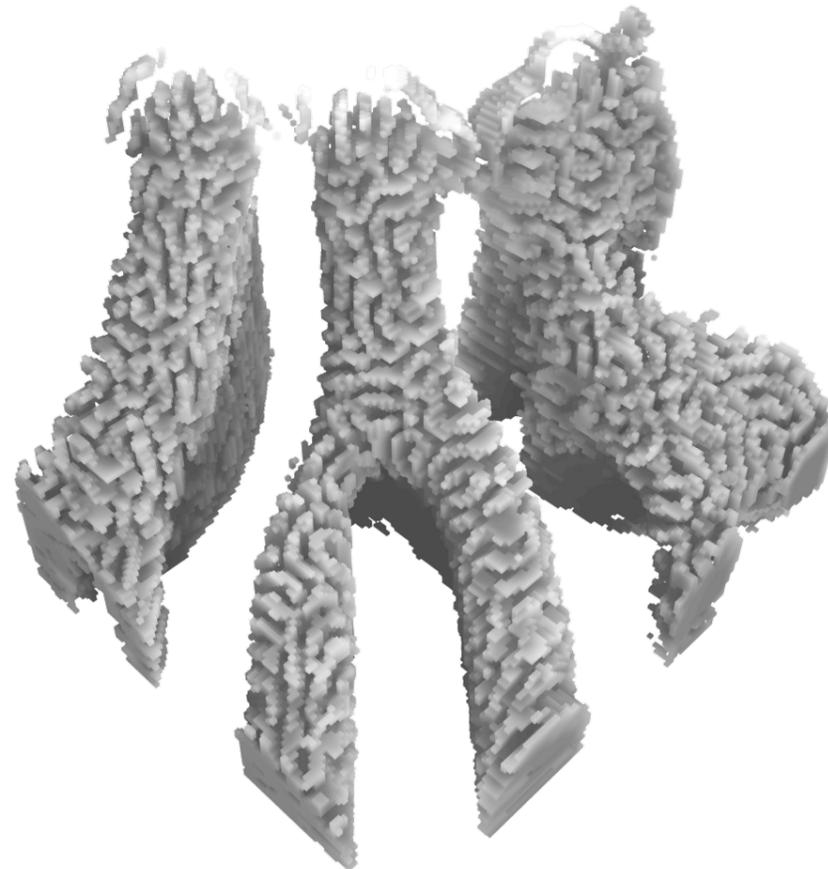
FRAME / 100



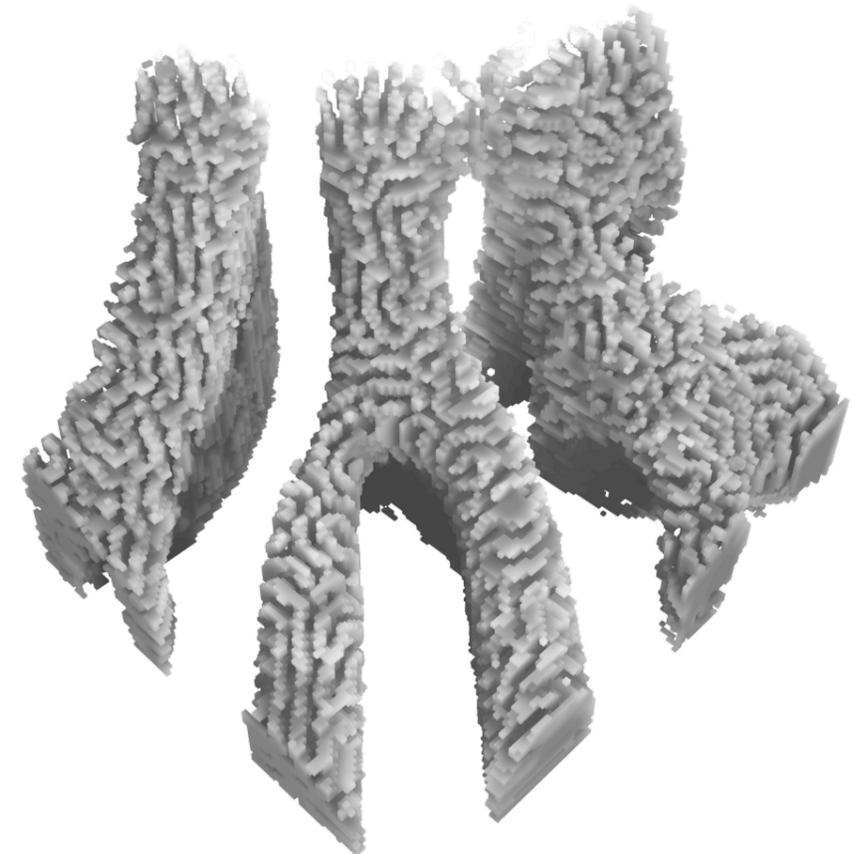
FRAME / 250



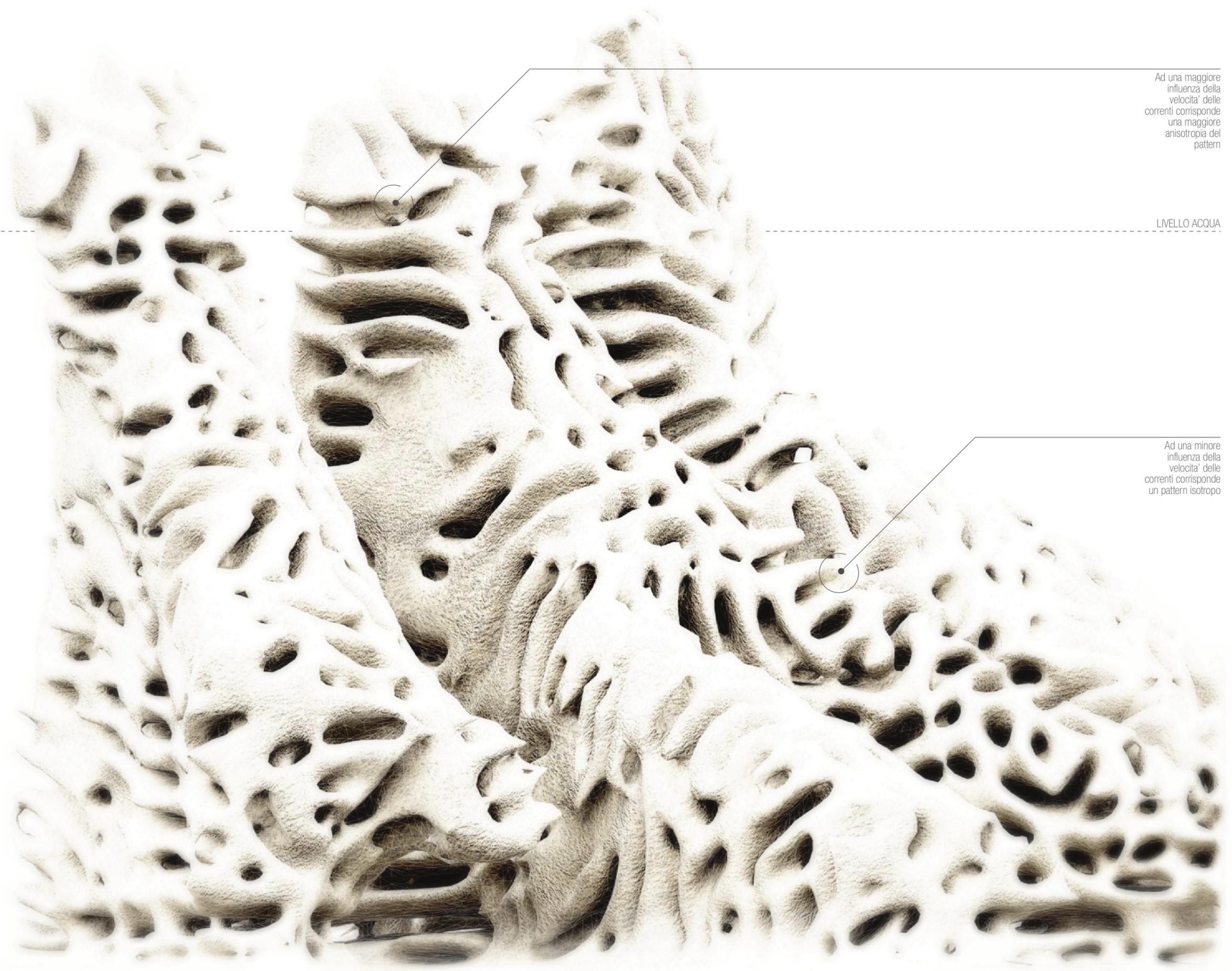
FRAME / 500



FRAME / 800



FRAME / 999



Ad una maggiore influenza della velocità delle correnti corrisponde una maggiore anisotropia del pattern

LIVELLO ACQUA

Ad una minore influenza della velocità delle correnti corrisponde un pattern isotropo

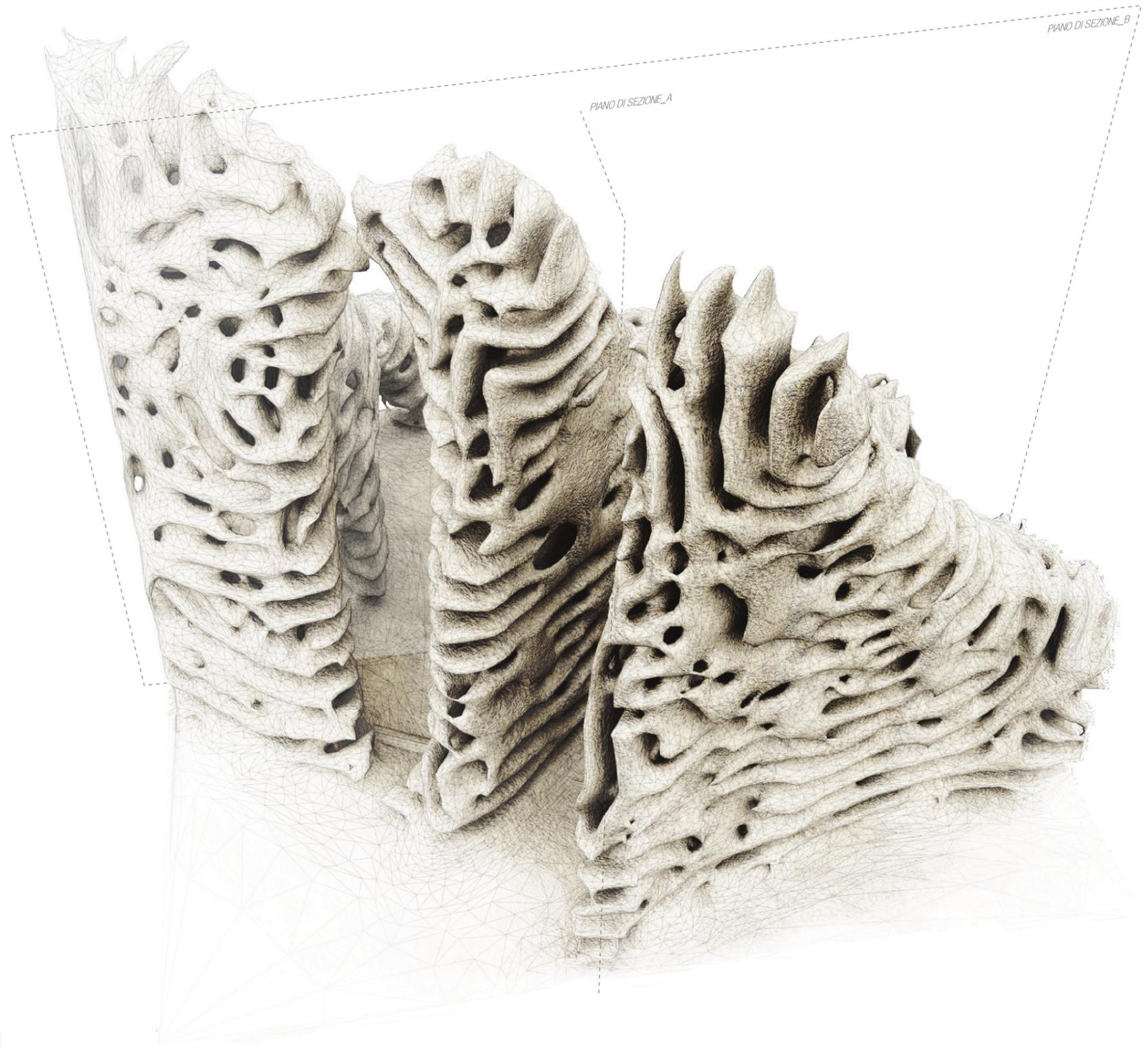




SEZIONE_A



SEZIONE_B



PIANO DI SEZIONE_A

PIANO DI SEZIONE_B





EMERGENT REEFS

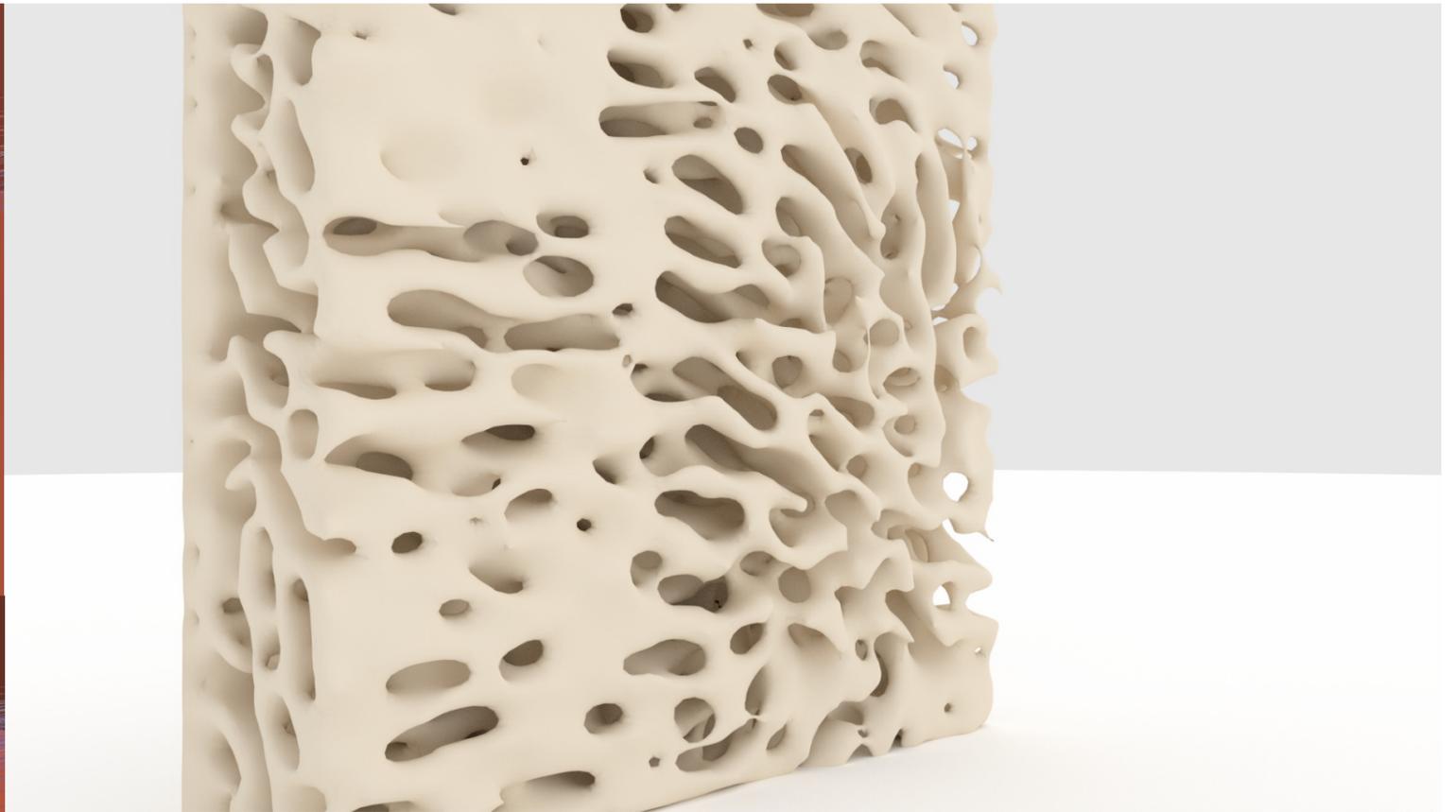
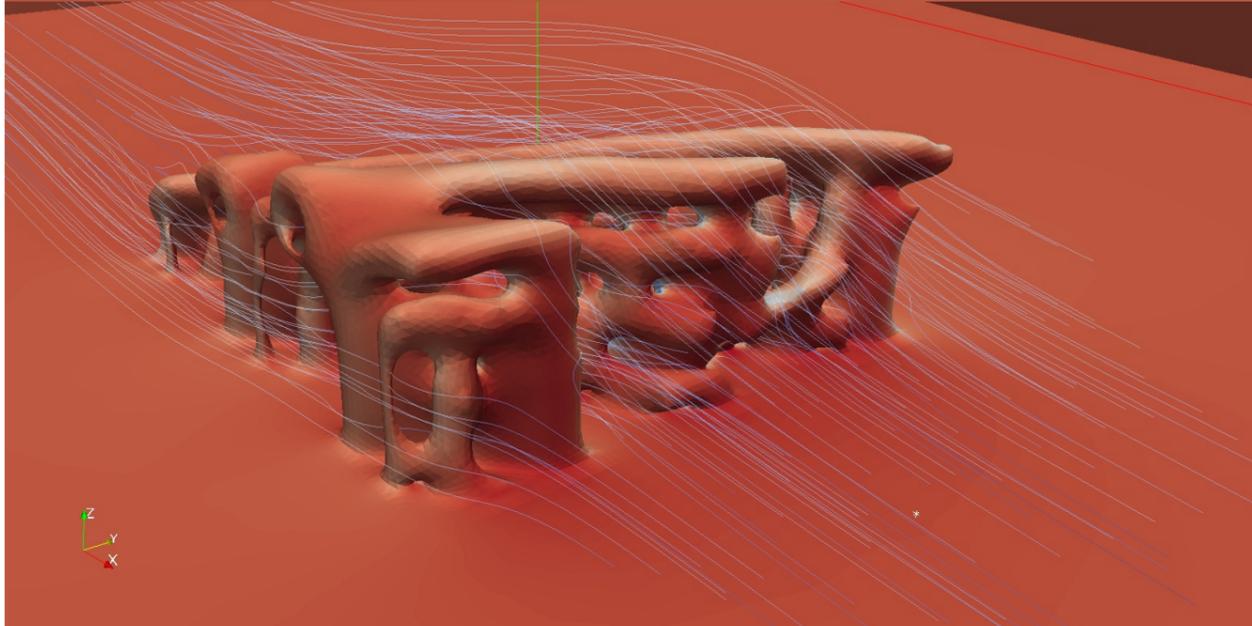
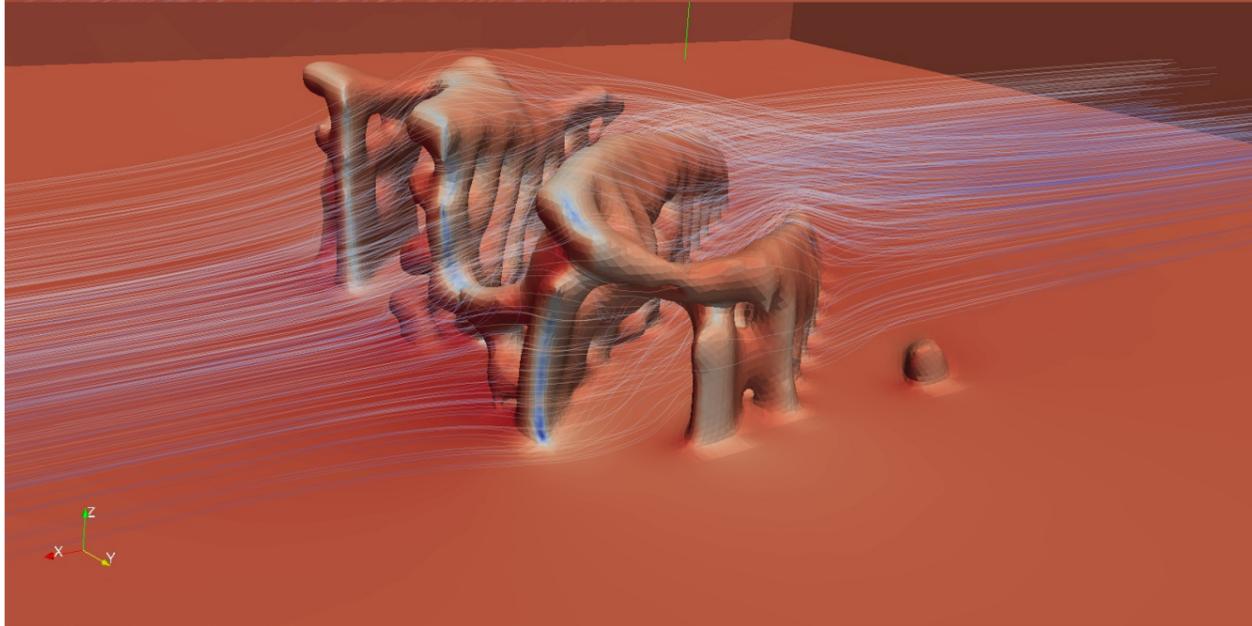
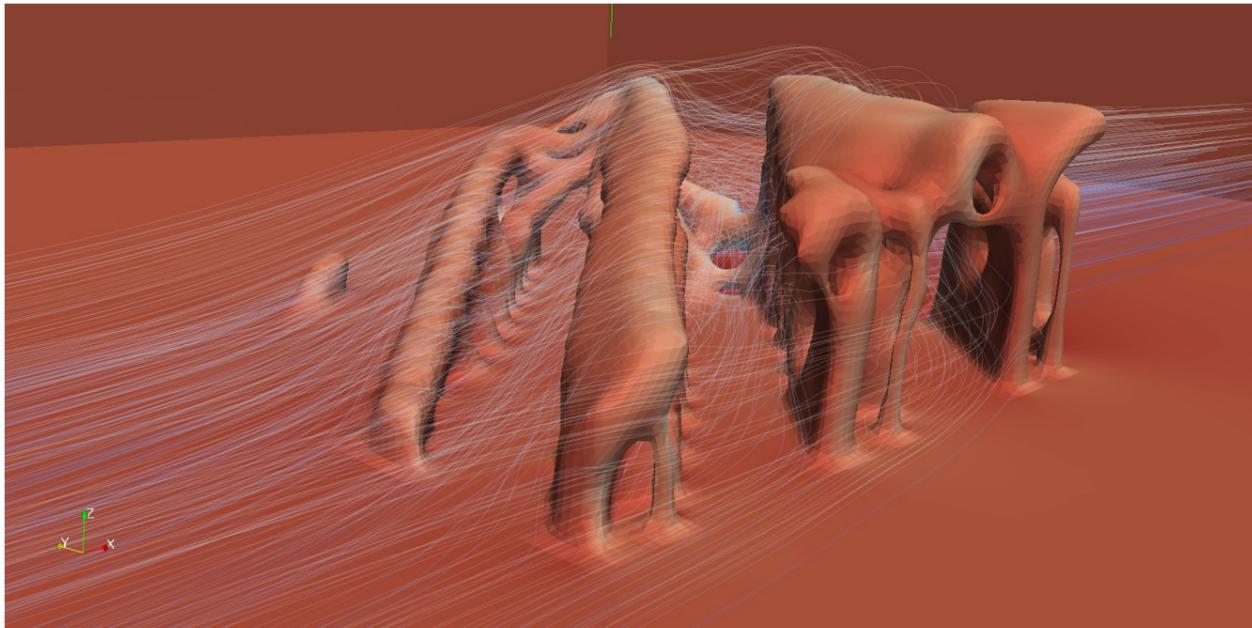
20/03/2012

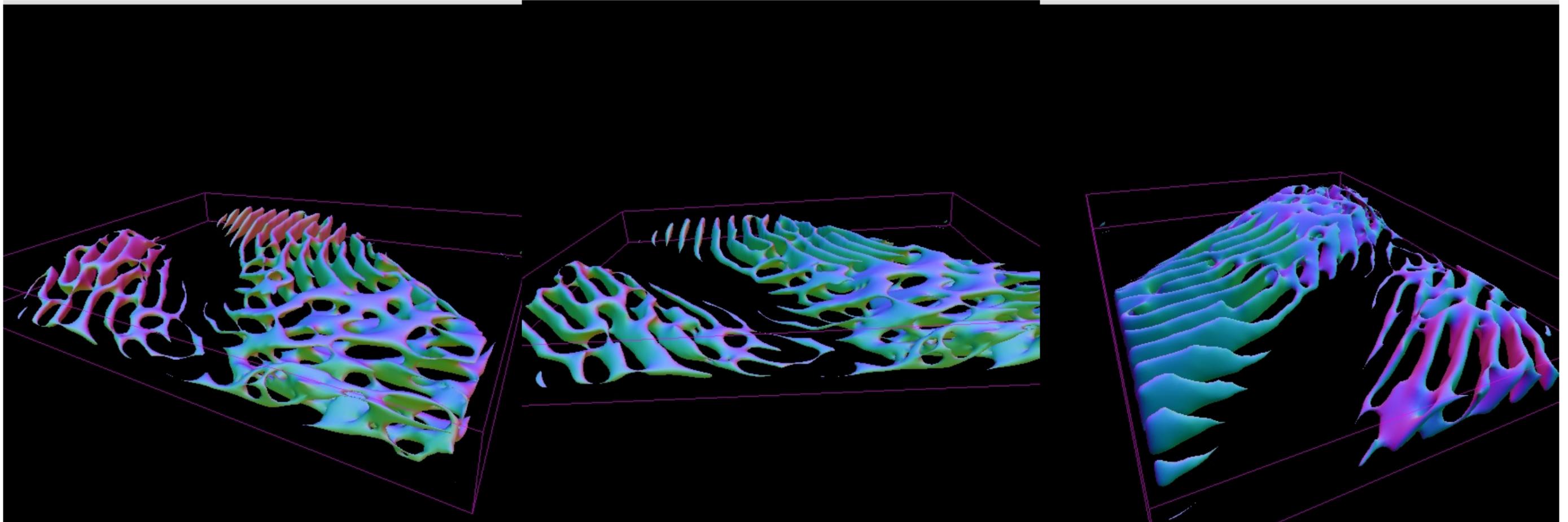
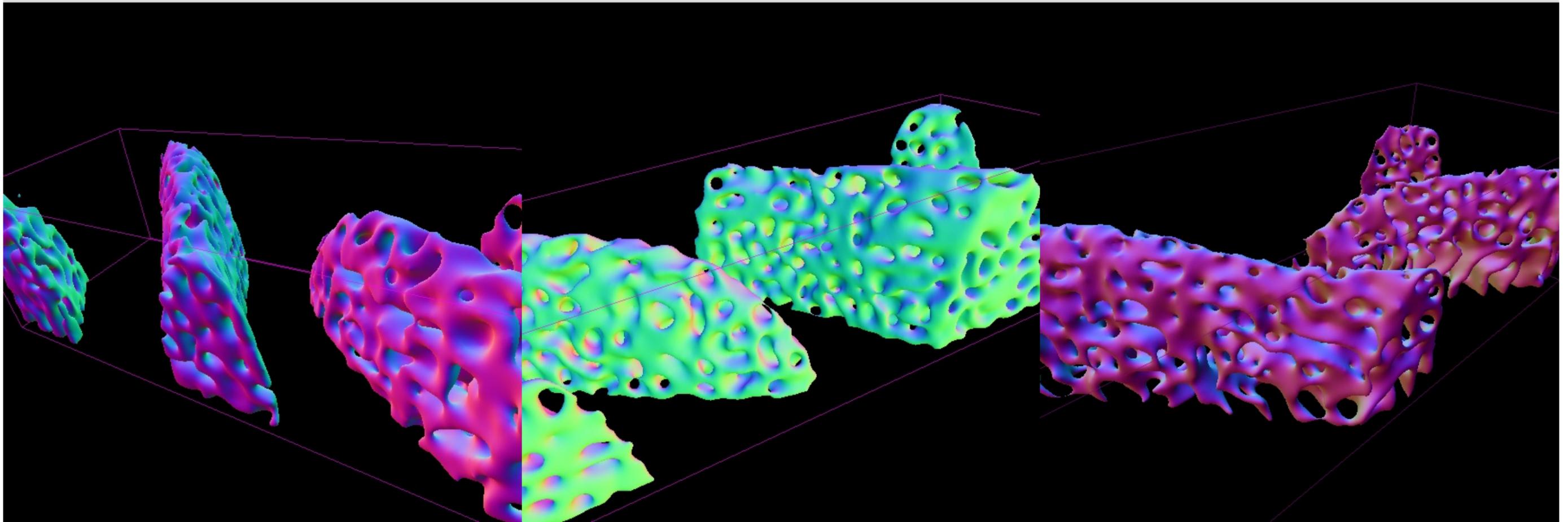
studente / Alessandro Zomparelli
relatore / Alessio Erioli
correlatore / Diego Angeli

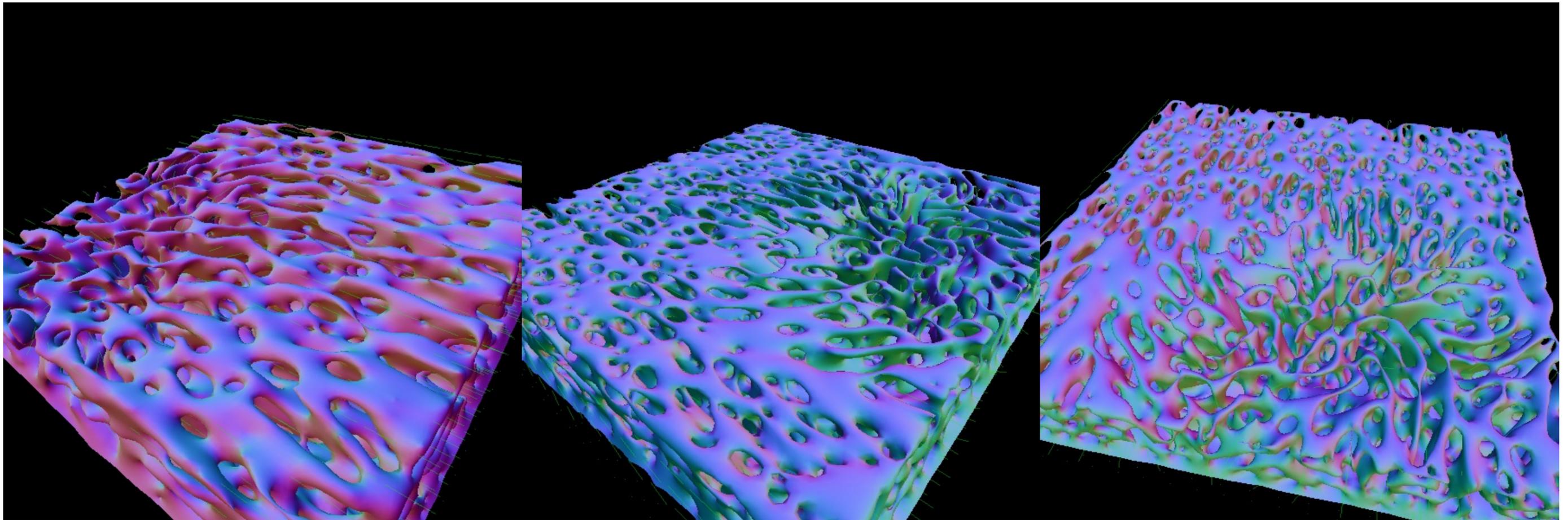
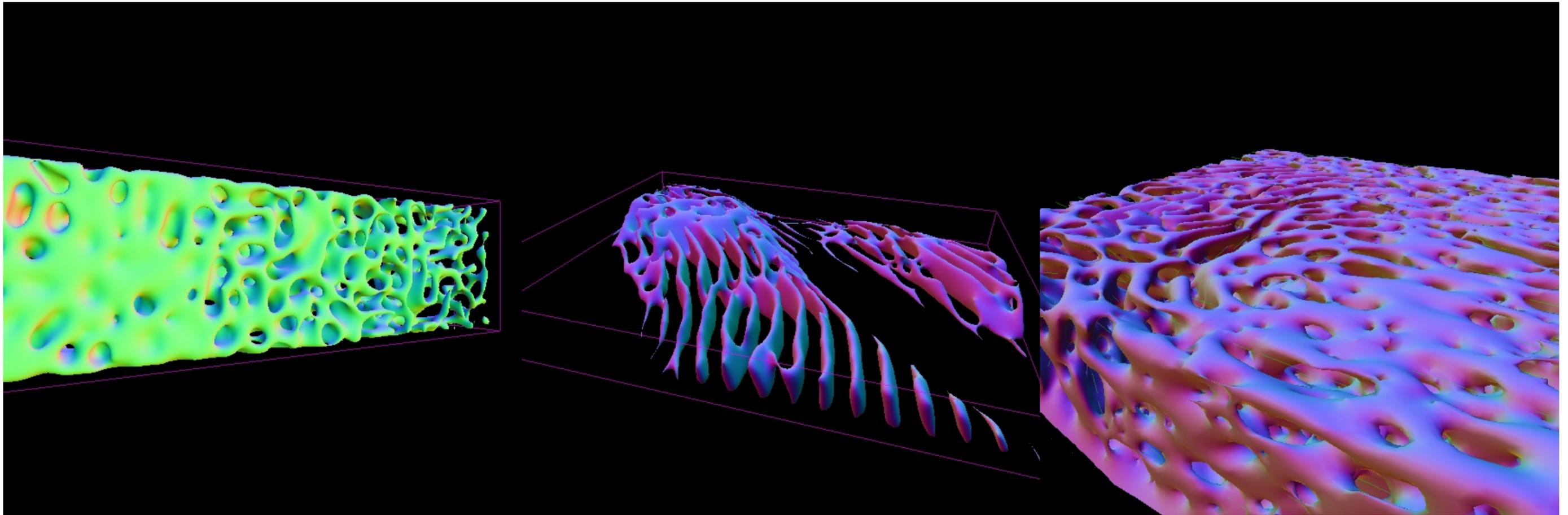


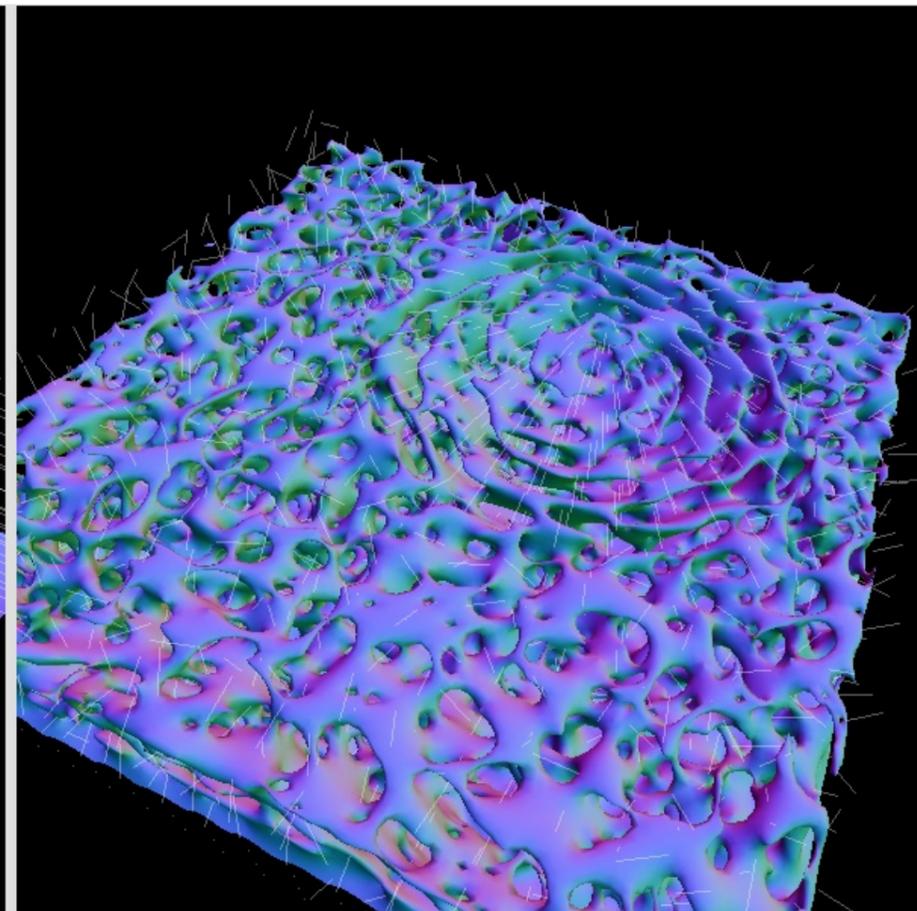
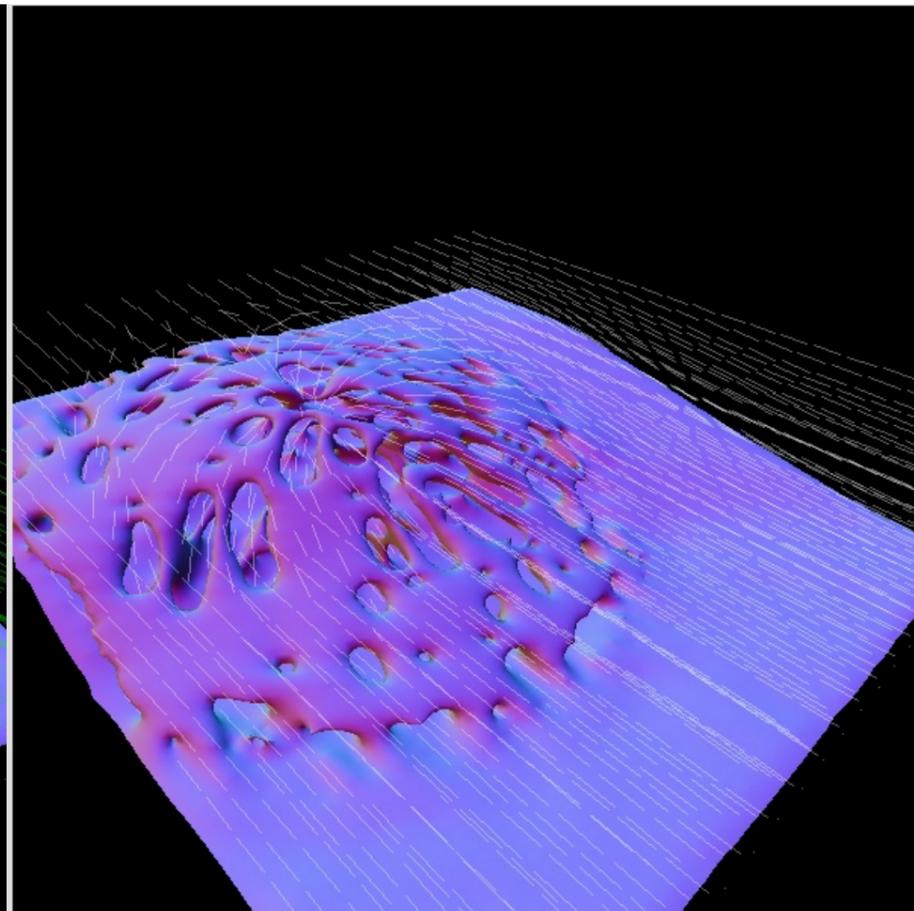
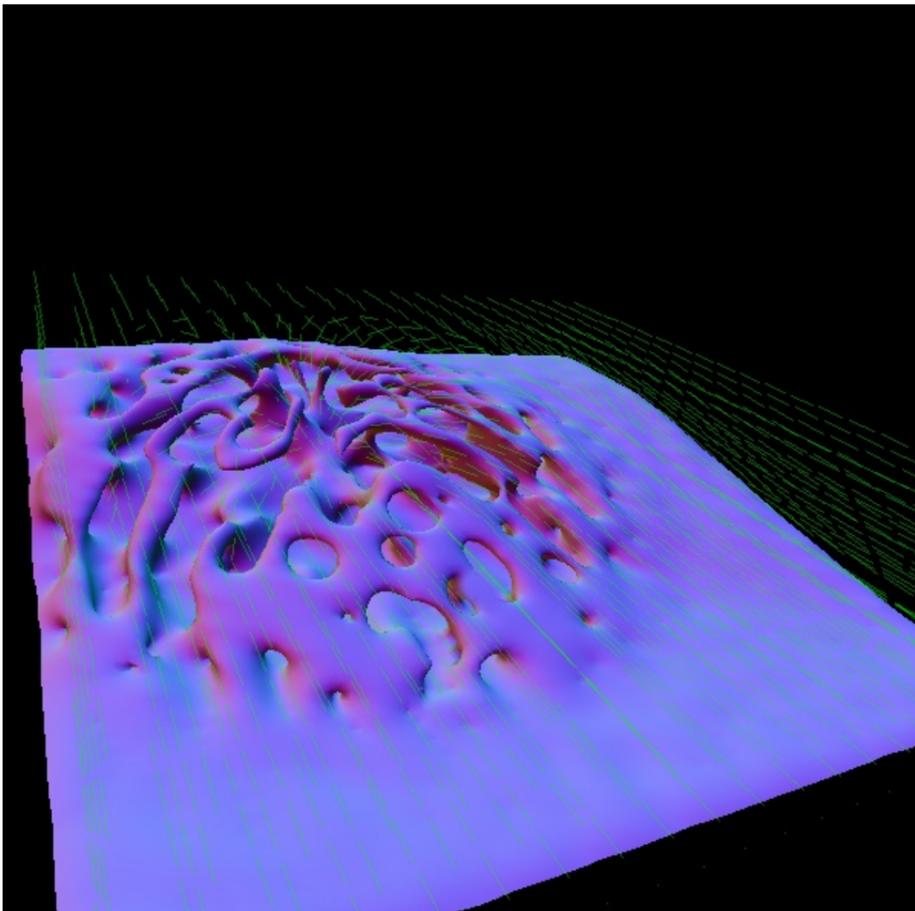
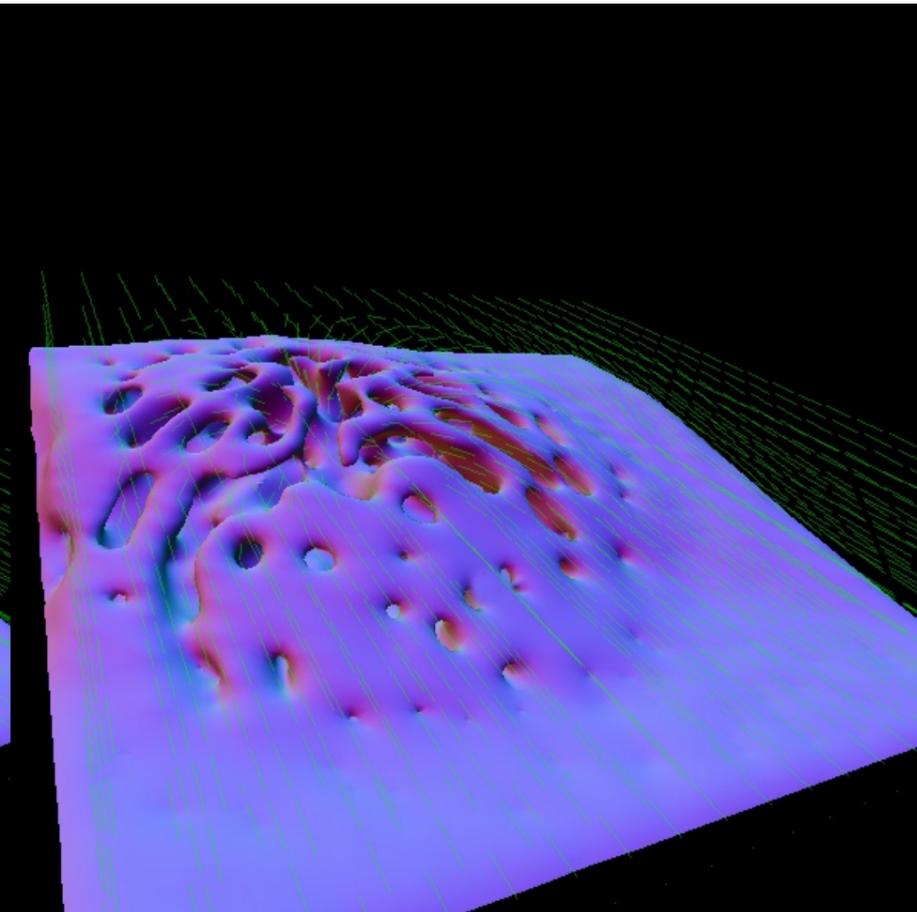
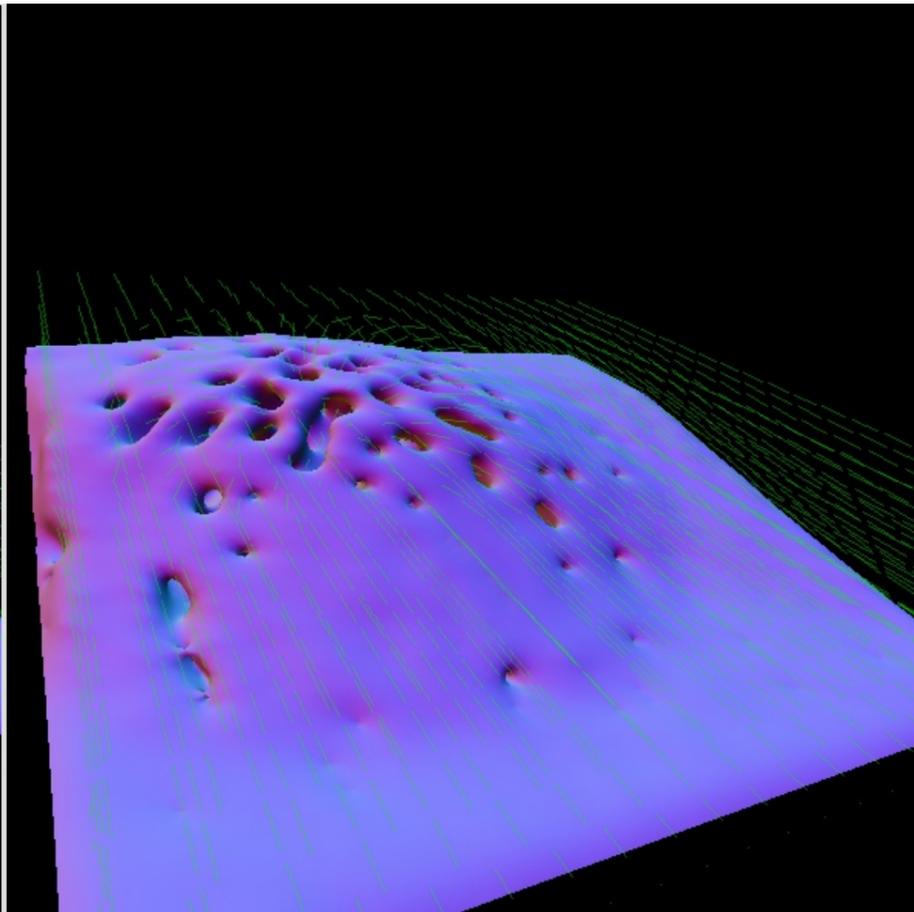
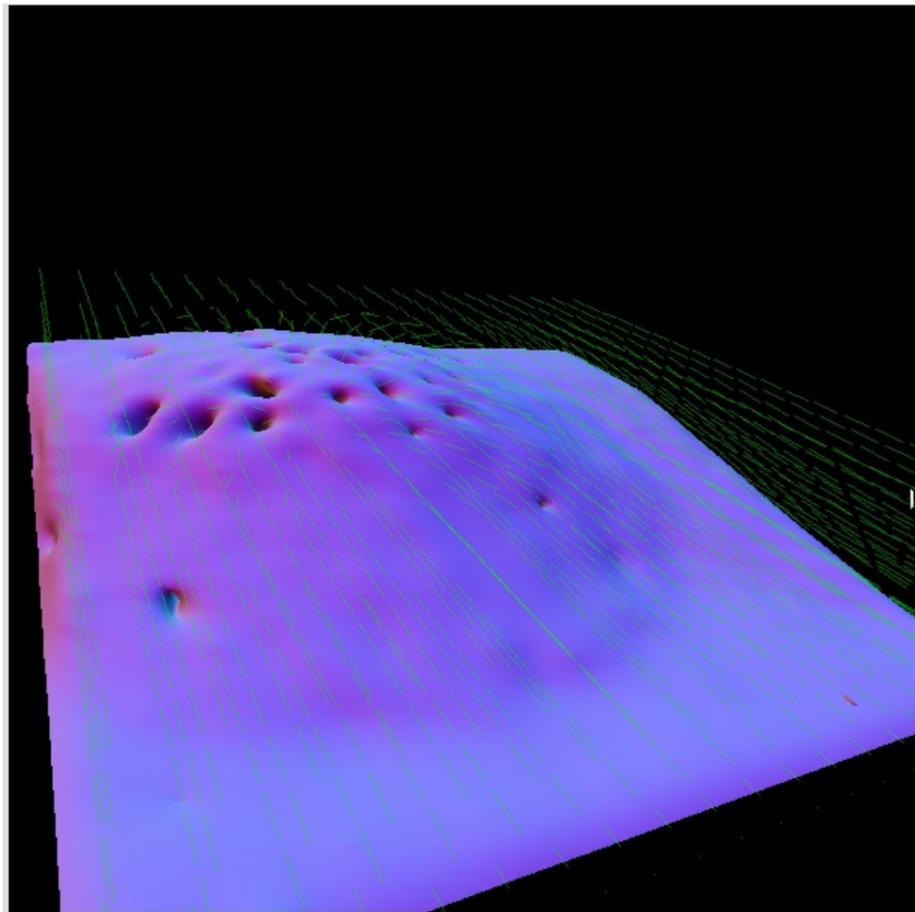
Tests

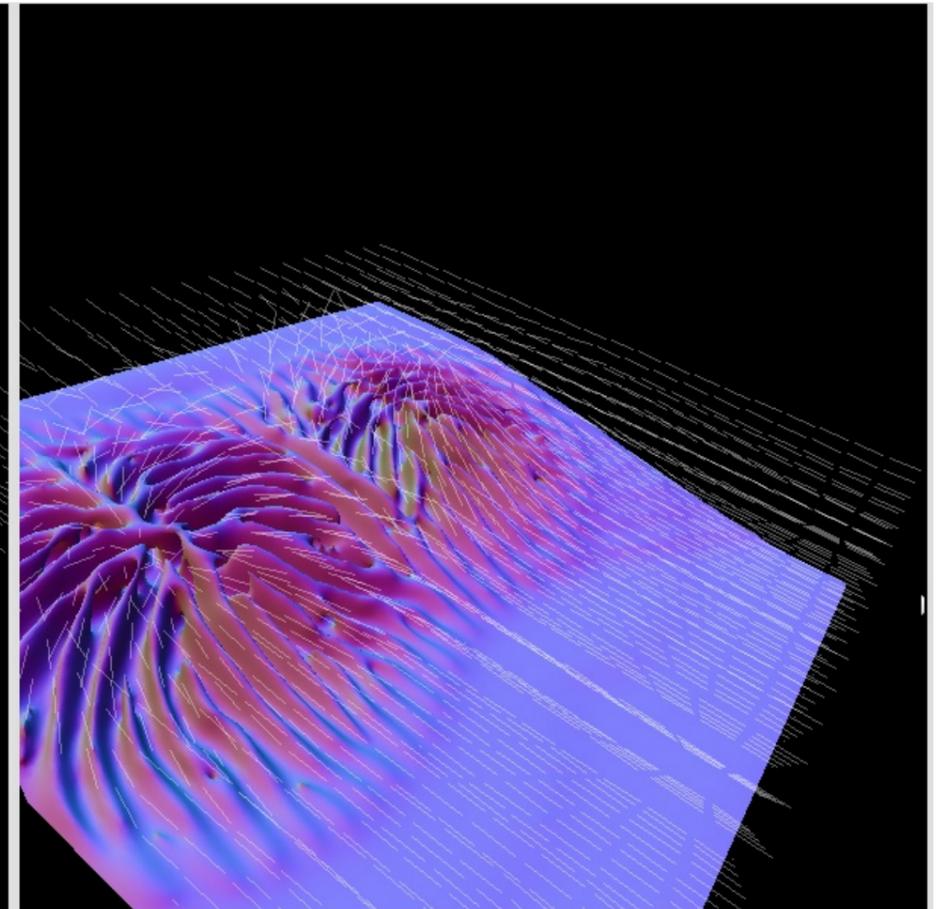
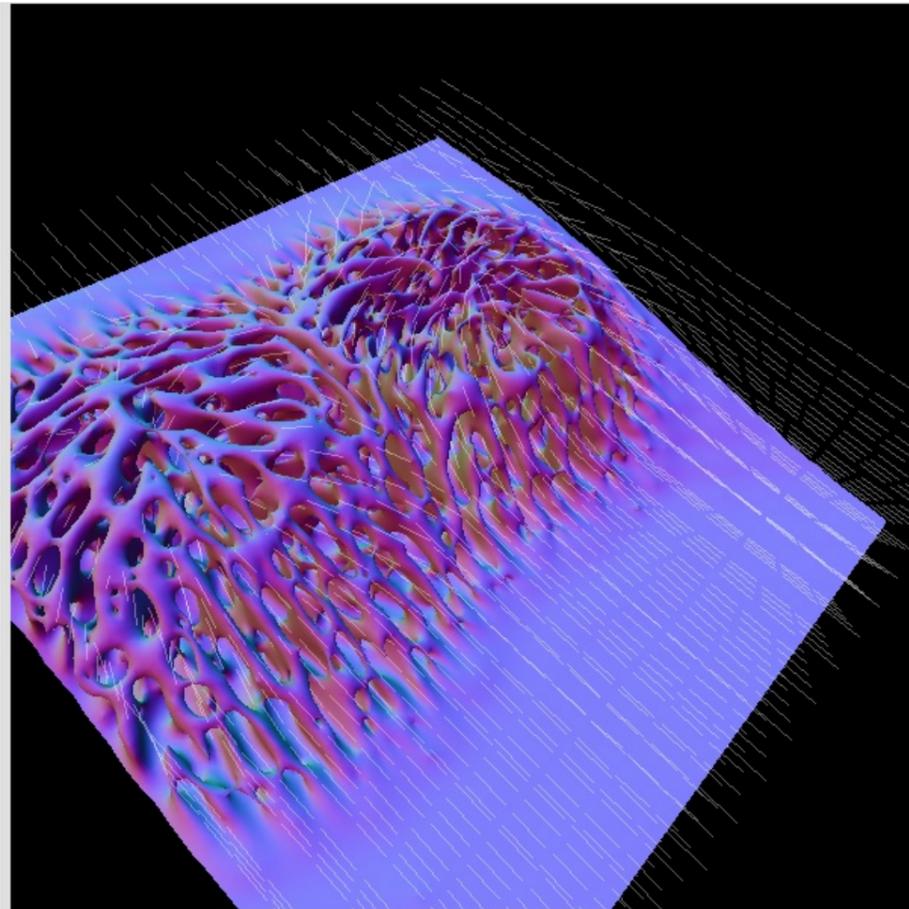
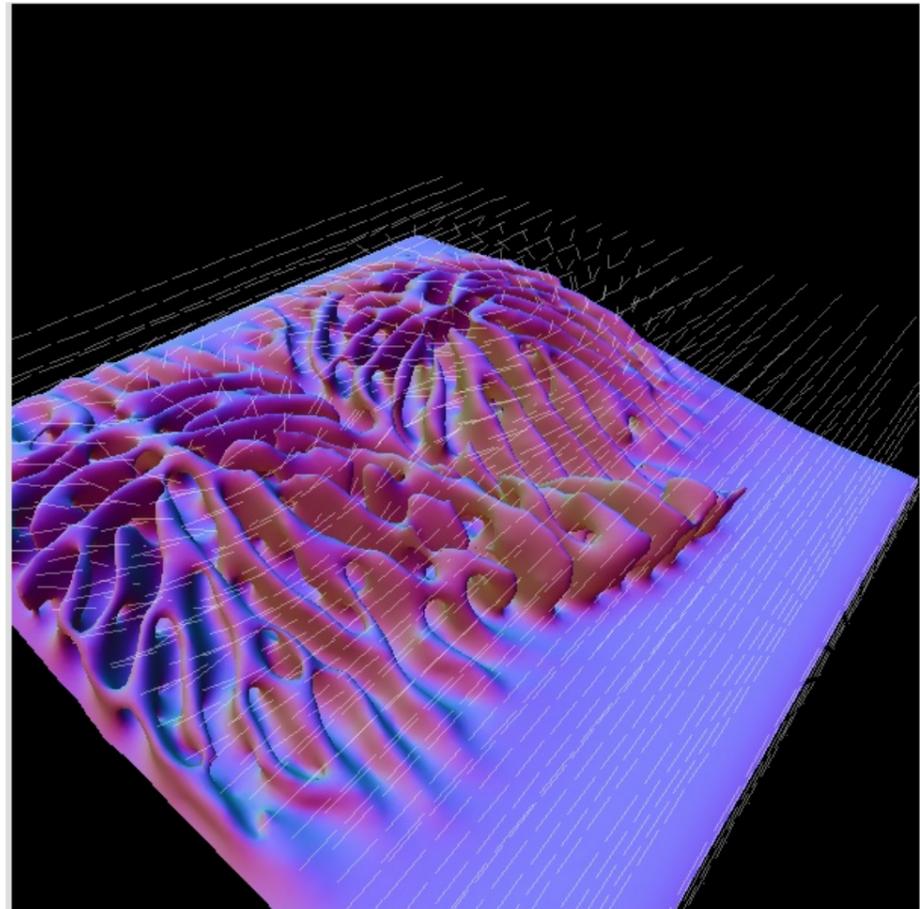
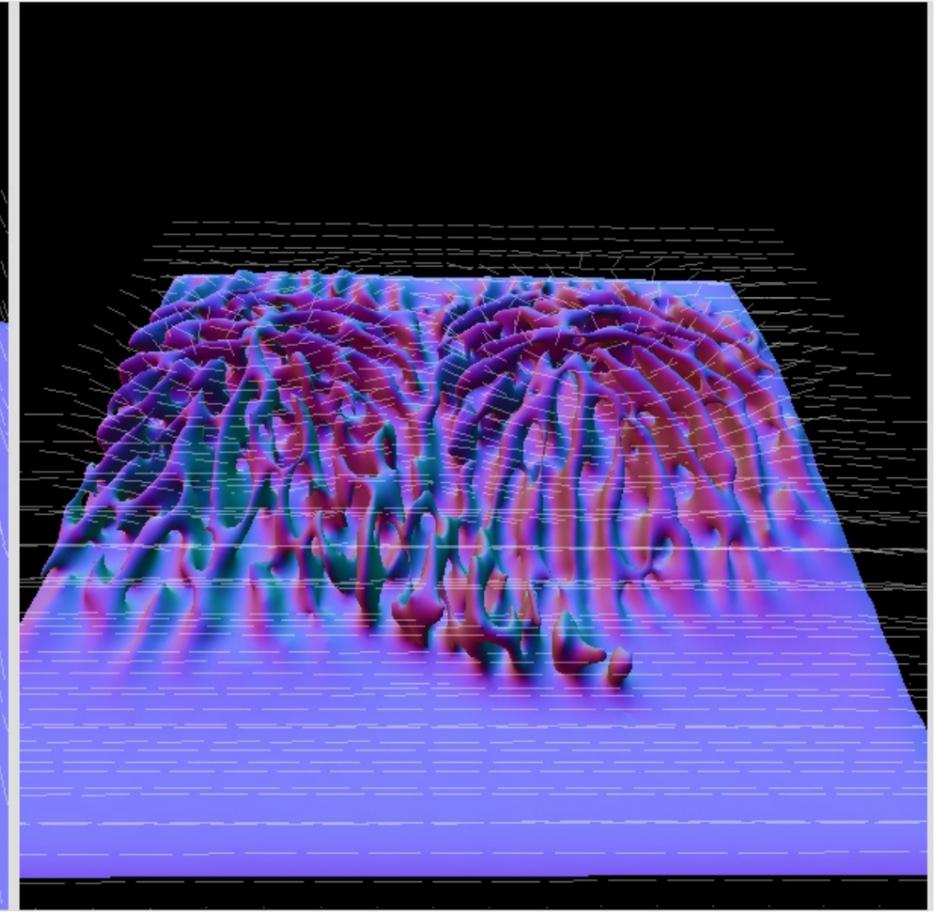
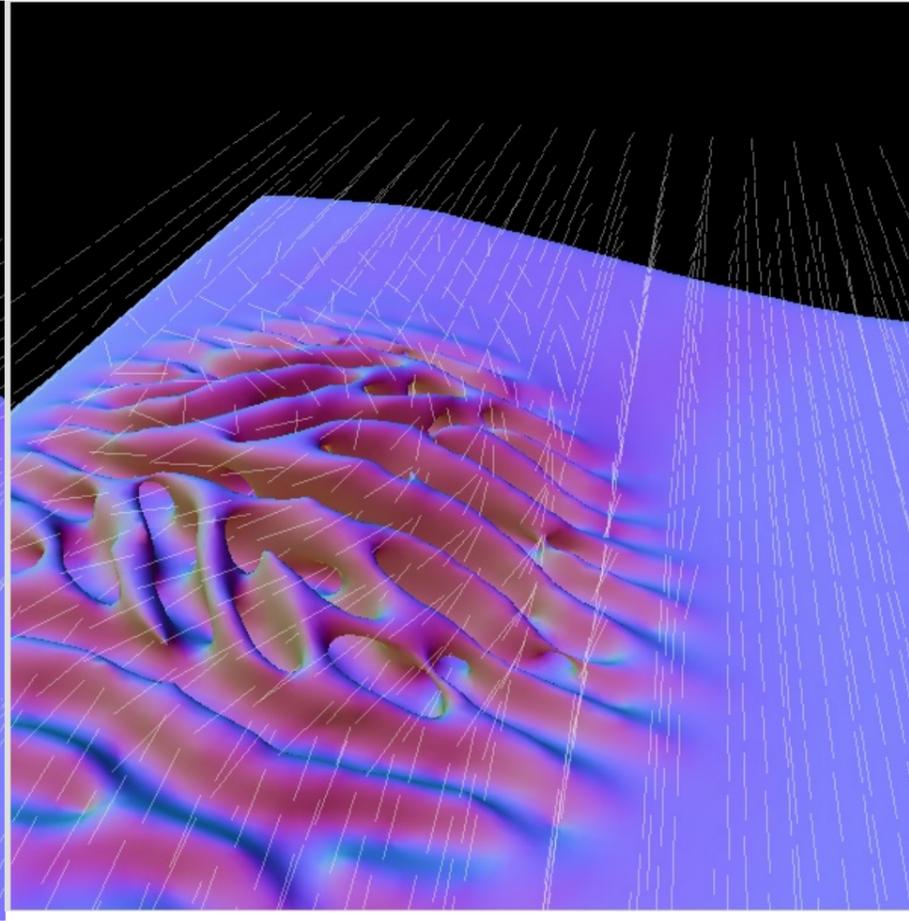
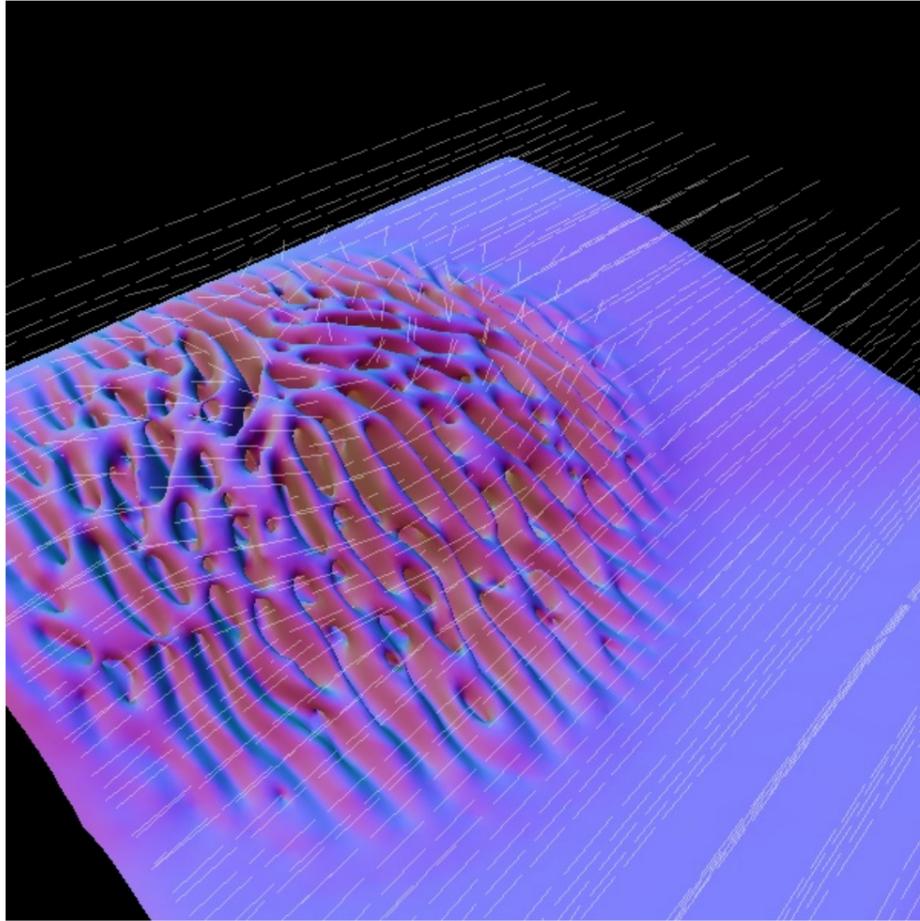
Si riportano di seguito alcuni tra i numerosi test eseguiti durante le fasi di studio del progetto di tesi allo scopo di dimostrare le grandi capacità di versatilità dell'algoritmo, e di come sia stato necessario individuare di volta in volta le strategie più adatte allo sviluppo del processo.

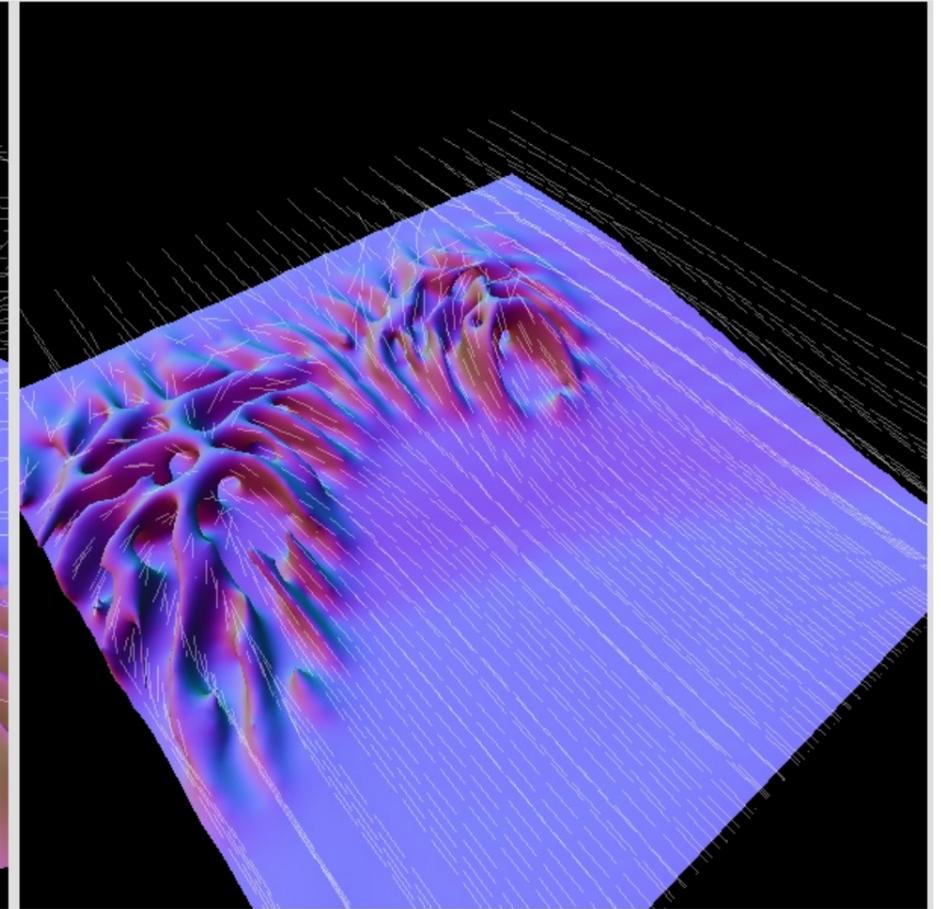
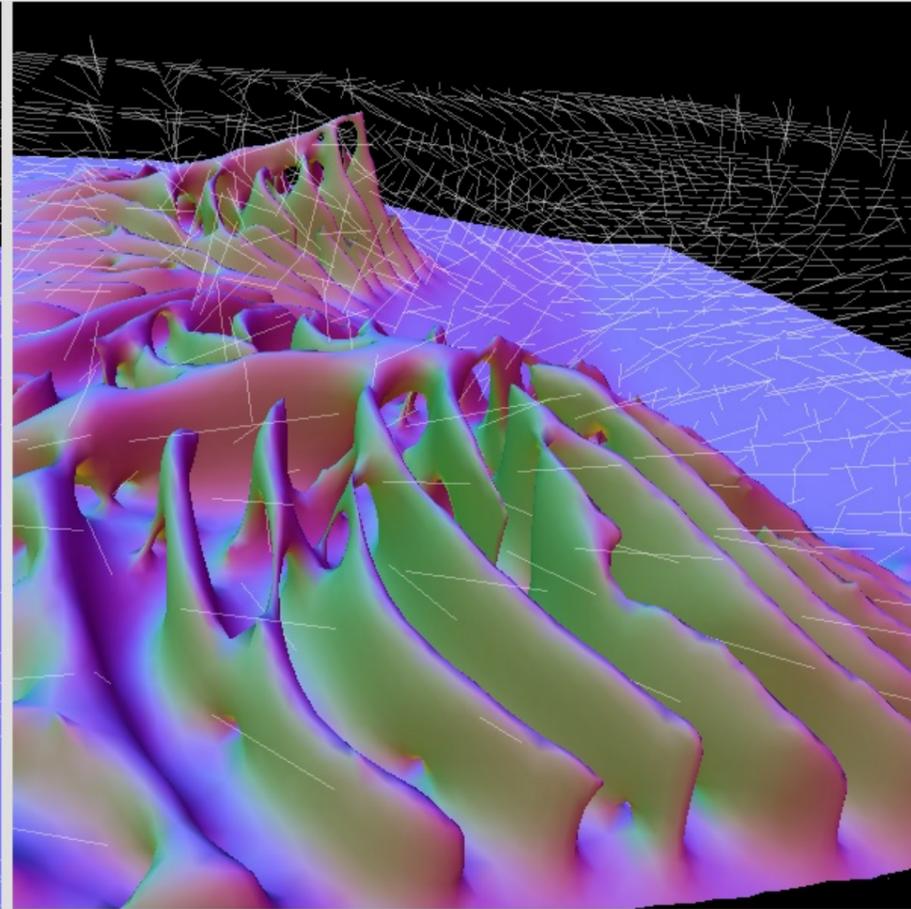
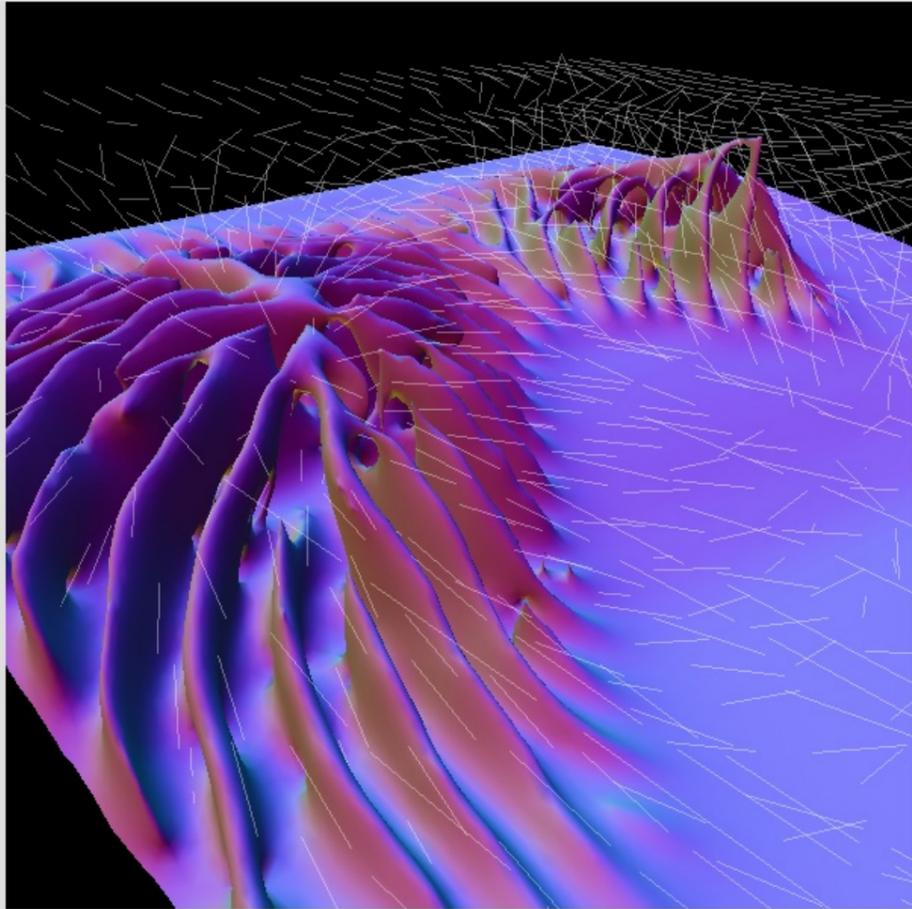
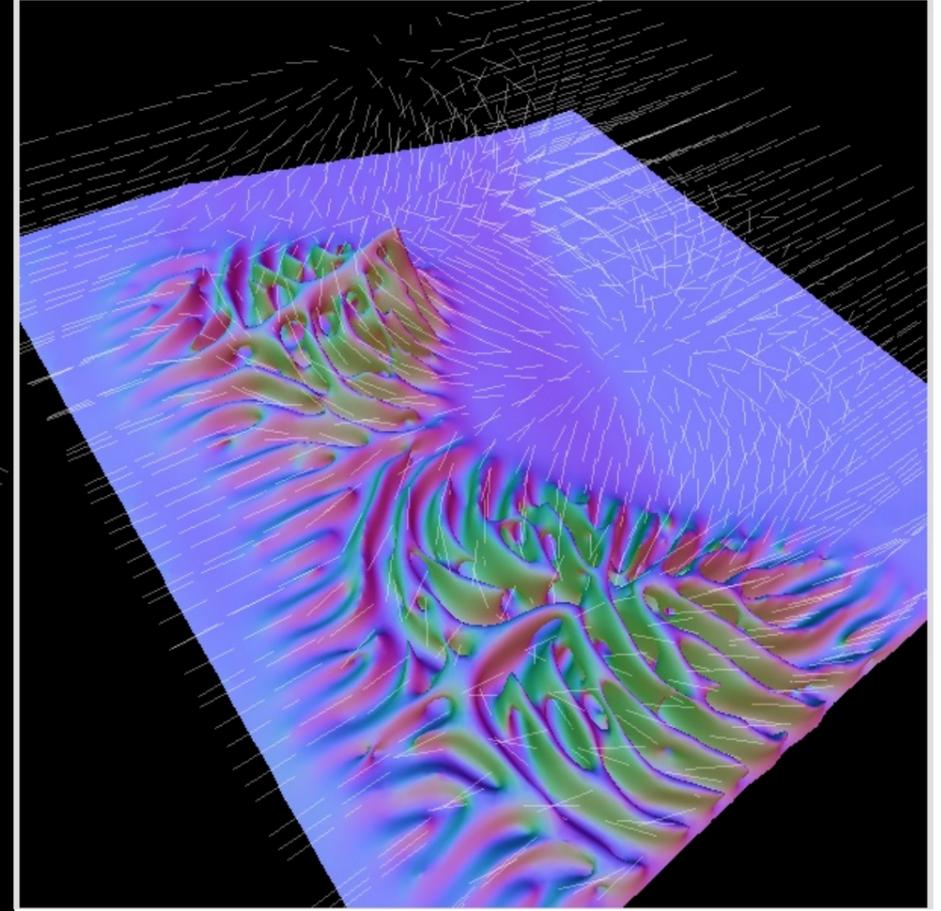
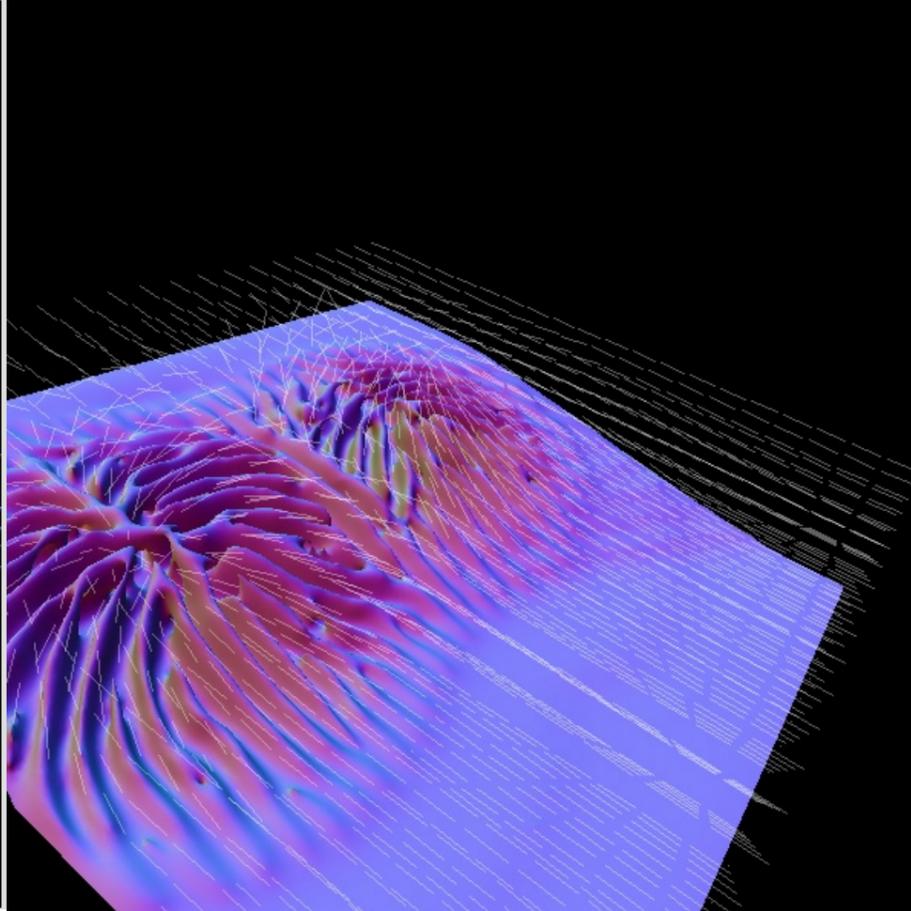
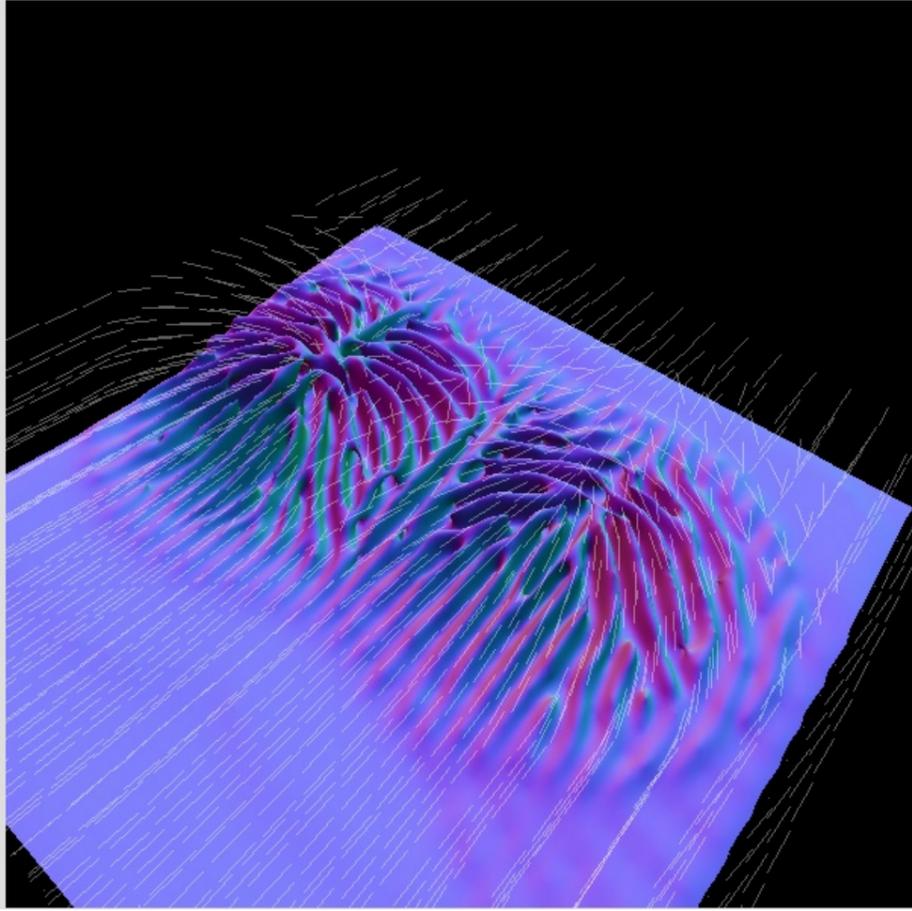


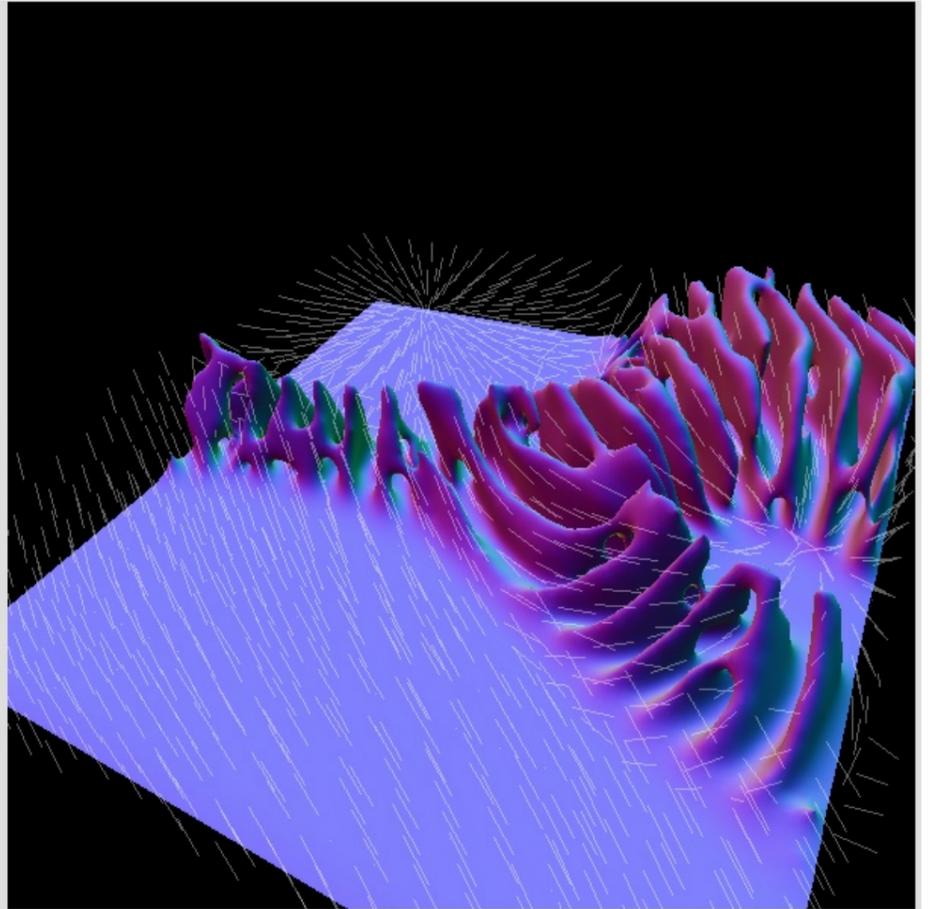
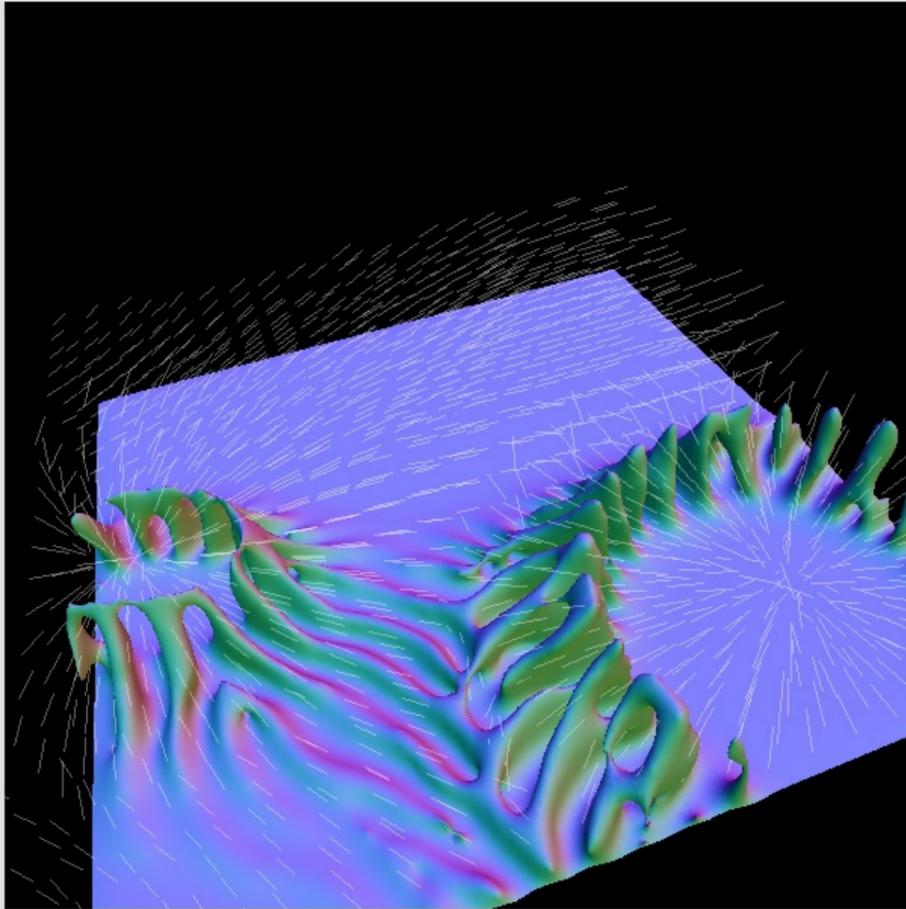
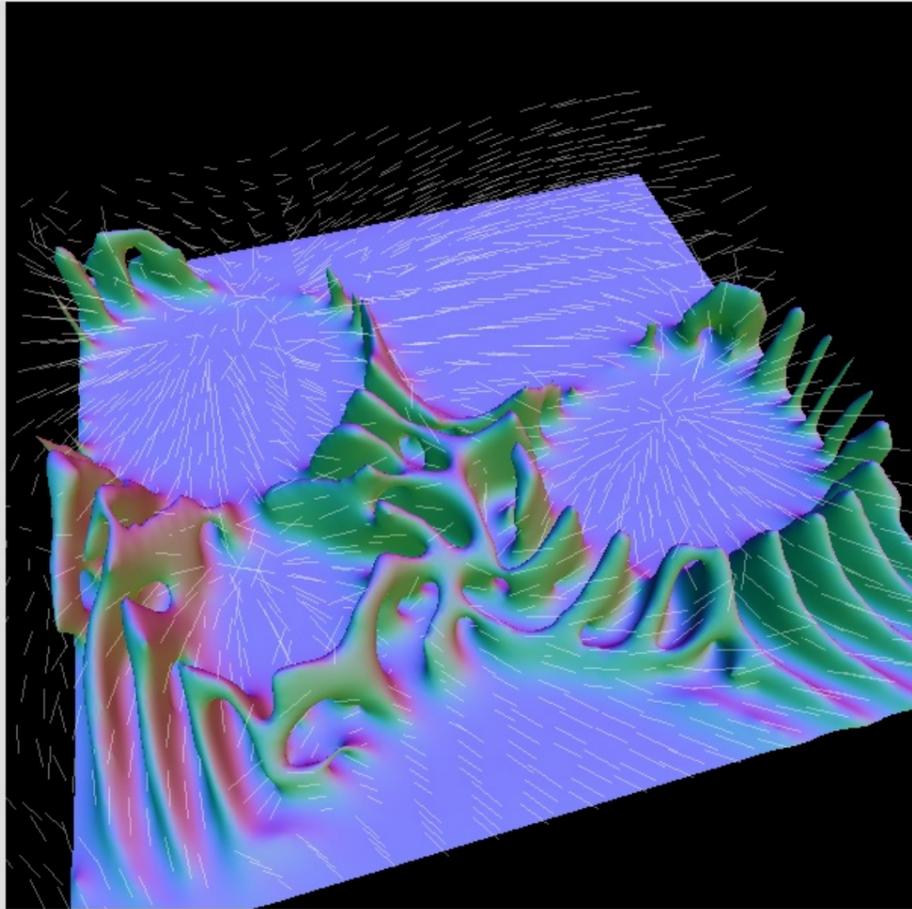
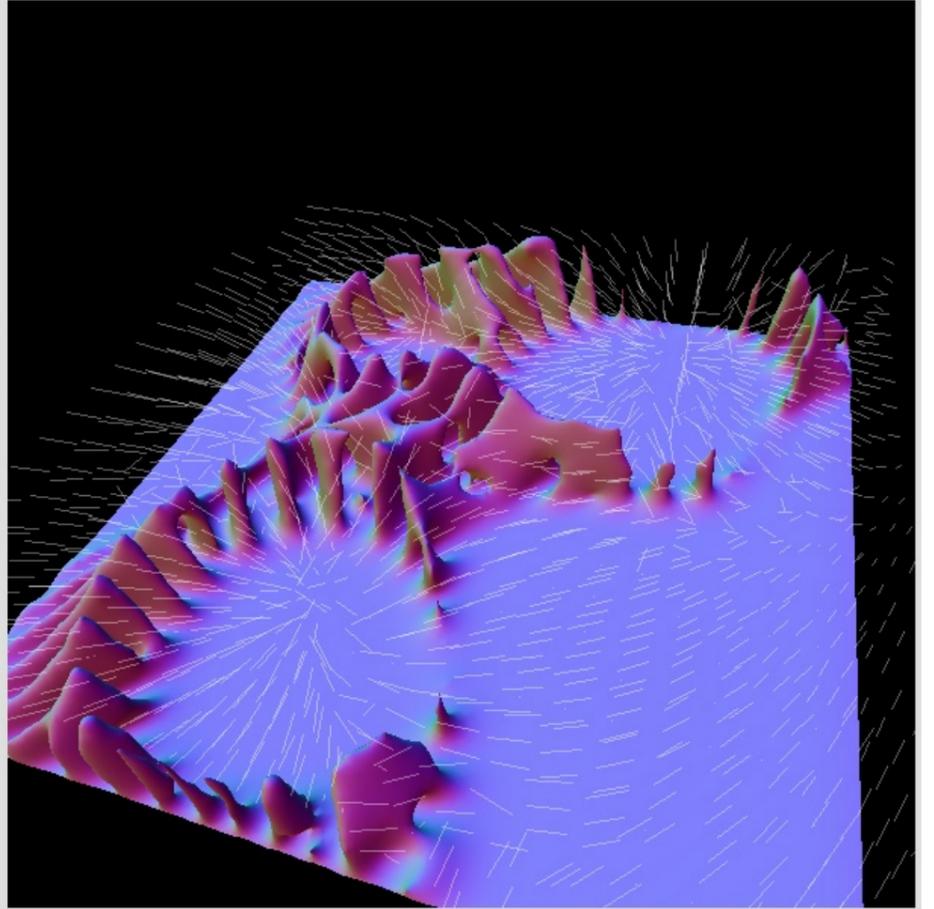
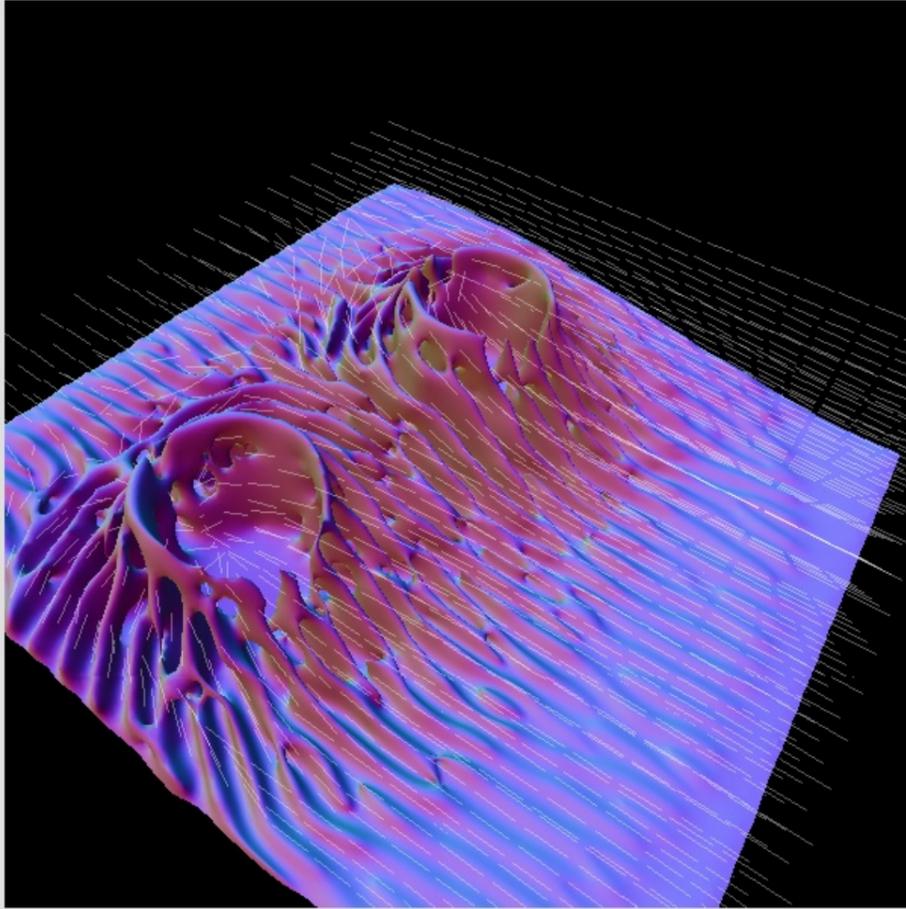
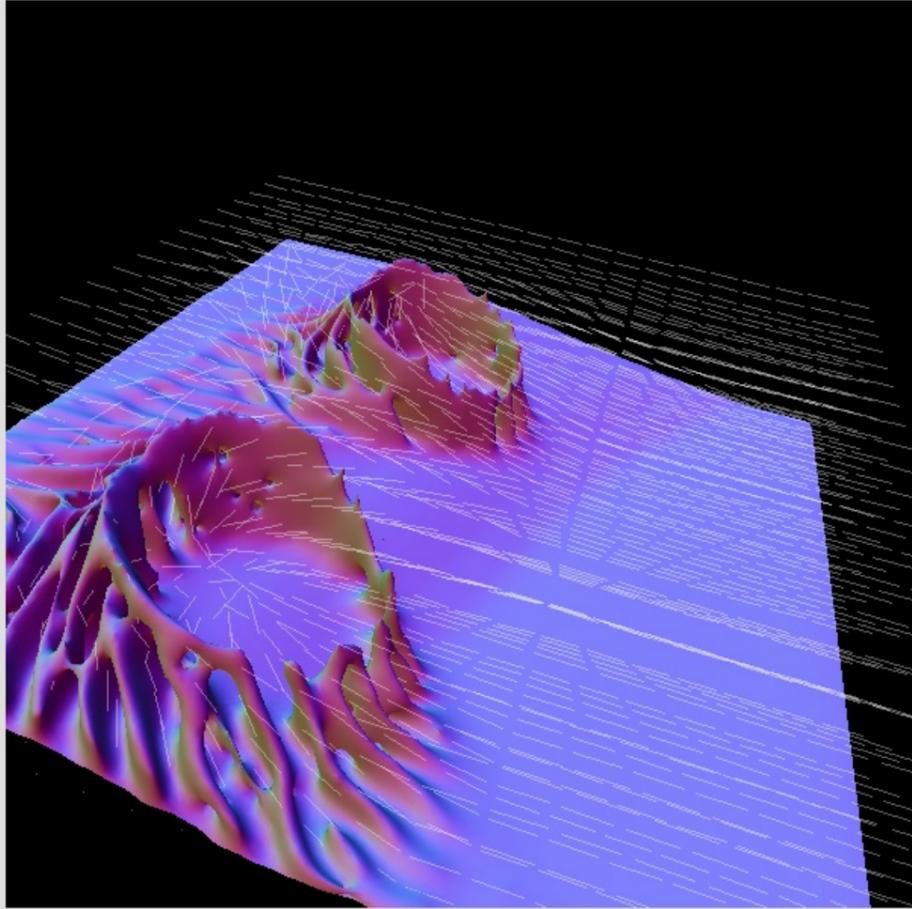


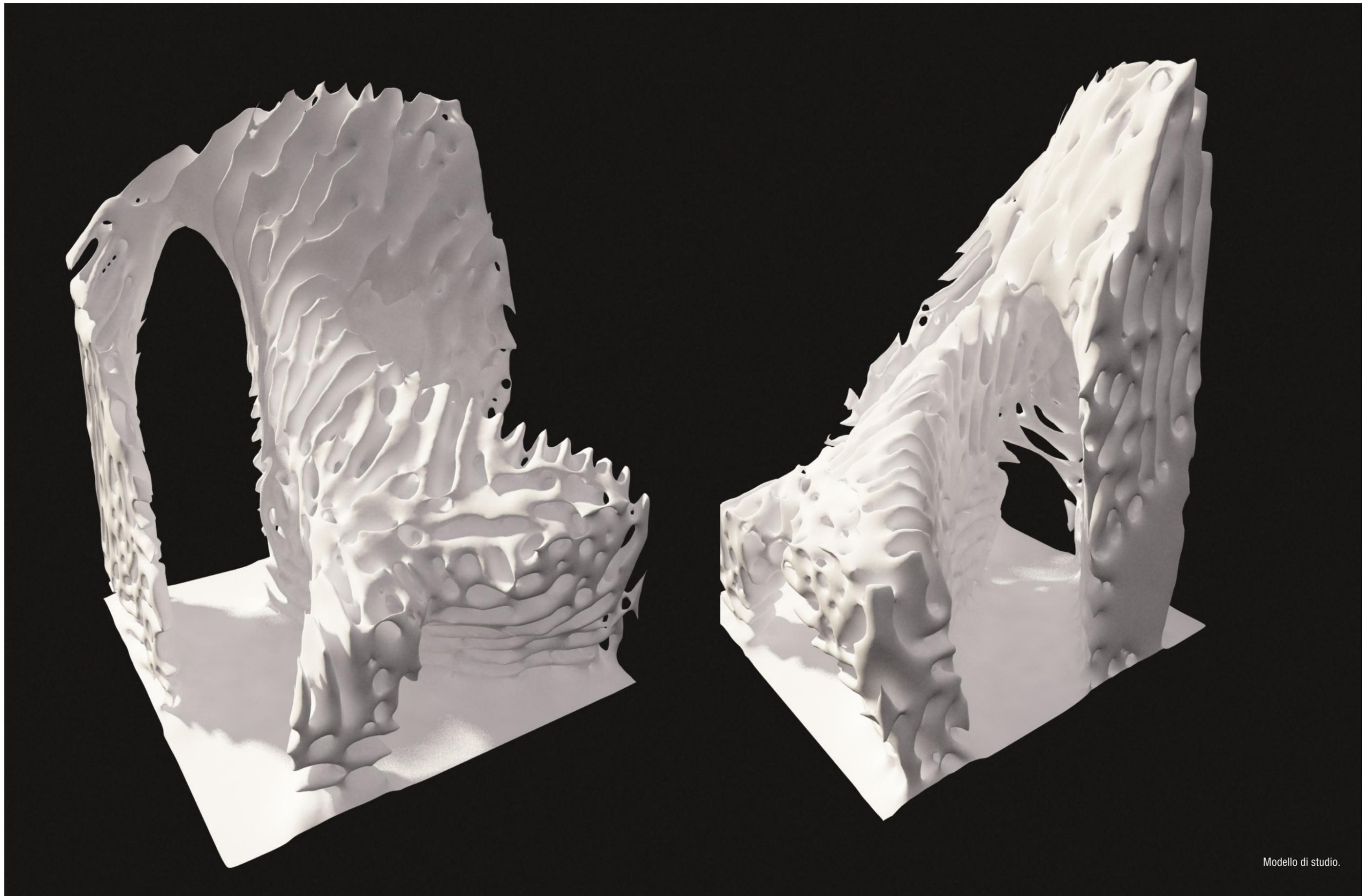












Modello di studio.

ARTICOLI:

S. KWINTER, "Un discorso sul metodo", in *Explorations in Architecture Teaching, design, research*, a cura della Swiss Federal Office of Culture, Birkhäuser, Basel-Boston-Berlin, 2008 (traduzione di L. Di Martino) e disponibile su: www.designexplorations.org

M. HENSEL, A. MENGES, "Patterns in Performance-oriented Design. An Approach towards Pattern Recognition, Generation and Instrumentalisation" in *AD, Pattern in Architecture*, AD Wiley, London, 2008, pp.88-93.

M. DELANDA, *Material Elegance*, in *Architectural Design (Special Issue: Elegance)*, Volume 77, Issue 1, pages 18–23, January/February, AD Wiley, London, 2007.

A.M. TURING, "The Chemical Basis of Morphogenesis", in *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, n.237 pp.37–72, 1952, disponibile su: <http://www.dna.caltech.edu/courses/cs191/paperscs191/turing.pdf>

M. FOSTER GAGE, "Project Mayhem", in *Fulcrum*, the AA's weekly free sheet, issue 18, Giugno 2011 (topic: architecture in the age of dissensus), disponibile su: http://fulcrum.aaschool.ac.uk/pdf/fulcrum18_080611_dissensus.pdf

E. S. RAYMOND, *The Cathedral & the Bazaar*, O'Reilly, California, USA, 1997. La traduzione italiana (a cura di B. Parrella) è disponibile su: http://it.wikisource.org/wiki/La_cattedrale_e_il_bazaar

LECTURES E CONFERENZE:

M. DELANDA, "Deleuze and the Open-ended Becoming of the World", lecture tenuta al Chaos/Control: Complexity Conference, ospitata dall'Università di Bielefeld, Germania, il 27.06.98 e dall'Università di Stoccolma, Svezia, sempre nel 1998. Il testo della lecture è reperibile su: <http://www.diss.sense.uni-konstanz.de/virtualitaet/delanda.htm>, http://www.brown.edu/Departments/Watson_Institute/programs/gv/VirtualY2K/delanda.html o http://www.societyofcontrol.com/library/htm_pdf/delanda_openended.htm

M. DELANDA, "Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture", articolo presentato al 'Between Bladerunner and Mickey Mouse: New Architecture in Los Angeles Exhibition', Madrid, Spagna, 04-22.04.2001, e anche in altre numerose occasioni (Designing for a Digital World RIBA E-Futures Conference, Londra, UK, 04.06.01; Immanent Choreographies: Deleuze & Neo-Aesthetics Conference, Tate Modern, UK, 22.09.01; The Institute for Information & Media Studies, Università di Aarhus, Danimarca, 24.09.01, eccetera). L'articolo è poi citato integralmente in *Designing for a Digital World*, a cura di N. Leach, Wiley, New York, 2002 e in *Contemporary Techniques in Architecture*, a cura di A. RAHIM, Wiley, New York, 2002. Il testo e l'audio sono reperibili rispettivamente su: <http://www.a-aarhus.dk/~v/tekster/Genetic.rtf>, http://www.tate.org.uk/onlineevents/archive/deleuze/deleuze_day2_3.ram.

VOLUMI A STAMPA:

S. CAMAZINE, J-L. DENEUBOURG, N.R. FRANKS, J.SNEYD, G. THERAULAZ, E. BONABEAU, *Self-Organization in Biological Systems*, Princeton University Press, New Jersey, USA, 2001.

S. JOHNSON, *La nuova scienza dei sistemi emergenti. Dalle colonie di insetti al cervello umano, dalle città ai videogame e all'economia, dai movimenti di protesta ai network*, Garzanti Libri, Milano, 2004.

P. BALL, *Flow: Nature's Patterns: A Tapestry in Three Parts*, Oxford University Press, USA, 2009

Atlante delle correnti superficiali nei mari italiani, a cura di Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana, Genova, 1982, disponibile su: www.marina.difesa.it

J. FRAZER, An Evolutionary Architecture, Architectural Association Publications, Londra, UK, 1995 e disponibile su:
<http://www.aaschool.ac.uk/publications/ea/intro.html>

L. IWAMOTO, Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques, Princeton Architectural Press, Princeton, USA, 2009.

M. HENSEL, A. MENGES, M. WEINSTOCK, Emergent Technologies and Design; towards a Biological Paradigm for Architecture, Routledge, London, 2010.

W. THOMSON D'ARCY, Crescita e forma, a cura di Bonner, Bollati Boringhieri, Torino, 1992.

G. LYNN, Animate form, Princeton Architectural Press, USA, 1998, disponibile su: http://www.annapujadas.cat/CSIM/estetica/textos/animate_form.pdf

M. HANSELL, Built by Animals, Oxford University Press, USA, 2008.

- evolving patterns _AD (architectural design) [articolo].

SITOGRAFIA

Computational Matter:

<http://www.computationalmatter.com/>

ASK Nature, a project of the Biomimicry Institute:

<http://www.asknature.org/>

TED, Ideas Worth Spreading:

<http://www.ted.com/>

Pattern Formation Group in Osaka University (Faculty of Frontia Bioscience):

http://www.fbs.osaka-u.ac.jp/labs/skondo/paper_lab0E.html

Coral growth modeling:

<http://homepages.cwi.nl/~merks/Publications/Corals.html>

Mechafushigi:

<http://mechafushigi.com/>

Blender:

<http://www.blender.it/>

OPENFoam, The open source CFD toolbox,

<http://www.openfoam.com/>

CFD, online center for Computational Fluid Dynamics:

<http://www.cfd-online.com/>

TetGen, A Quality Tetrahedral Mesh Generator and a 3D Delaunay Triangulator:

<http://tetgen.berlios.de/>

Ubuntu-it, forum della comunità italiana di Ubuntu:

<http://forum.ubuntu-it.org/>

Processing (open source programming language and environment):

<http://processing.org/>

D-Shape, new robotic building system:

<http://d-shape.com/>

Nervous System

http://n-e-r-v-o-u-s.com/blog/Ai_miei_genitori_per_avermi_sempre_appoggiato_e_incoraggiato.

Ringraziamenti

Ai miei genitori, per avermi sempre appoggiato e incoraggiato.

A mio fratello e a mia nonna, a me così cari.

A Laura, perchè la sua è una presenza preziosa.

Ai miei amici, che mi hanno aiutato, mi sono stati vicino, ma soprattutto si sono dimostrati pazienti durante questo periodo.

Ringrazio inoltre:

Alessio, per la passione e la dedizione con cui svolge il suo lavoro.

Diego, per la sua grandissima disponibilità.

Mirco, il cui aiuto è stato impagabile.

Enrico, Silvia e Corrado, perchè grazie a loro non sono quasi mai stato solo durante gli improbabili orari di lavoro.

Gianni e Adriana che mi hanno assistito per tutti questi anni.

La comunità open-source grazie alla quale ho potuto sviluppare la mia ricerca.

Protoway per il suo prezioso contributo.