TESI DOCTORAL

Art generatiu. Estudi entorn la complexitat des de la pràctica artística amb codi

Anna Carreras

Tutora
Ana Maria Palomo Chinarro
Directores
Eulalia Barrière
Mireia Feliu Fabra
Programa de Doctorat
Escola de Doctorat de BAU - Traducció, Gènere i Estudis Culturals

Data
25 d'octubre de 2023

BAU, CENTRE UNIVERSITARI D'ARTS I DISSENY DE BARCELONA | Unitat de Doctorat | ESCOLA DE DOCTORAT UVIC·UCC

Índex

1 Introducció **10**
1.1 Orígens del mecanoscrit 10
1.2 Recerca basada en la pràctica 11
1.2.1 Dues pinzellades. La pràctica 12
1.2.2 Metodologia 13
1.2.3 Preguntes de recerca 15
1.3 Estructura de la tesi 15

2 Projectes **23**
D'ortiga a ortiga, de palla en palla 23
2.1 L'algorisme despullat 25
2.1.1 Posar en qüestió els sabers hegemònics i el determinisme dels algoritmes . . . 26
2.1.2 Formalització 28
2.1.3 Racó geek 35
2.2 Trossets 39
2.2.1 Treballar la diversitat en els projectes d'art generatiu de sèrie llarga 39
2.2.2 Formalització 46
2.2.3 Racó geek 53
2.2.4 PS: I els colors? 72

2.3 Ganxillo . . . 78
2.3.1 Vincular art digital amb processos i records analògics . . . 78
2.3.2 Formalització . . . 84
2.3.3 Racó geek . . . 92
2.4 Estratosfèric . . . 93
2.4.1 Explorar les característiques pròpies de l'art digital generatiu, buscar-ne l'ànima 93
2.4.2 Formalització . . . 100
2.4.3 Racó geek . . . 100
2.5 Discs . . . 105
2.5.1 Un recull de tot: sistemes i característiques pròpies de l'art generatiu . . . 105
2.5.2 Formalització . . . 113
2.5.3 Racó geek . . . 113

3 Art Generatiu **120**
Formigues, caminets i pipes de meló . . . 120
3.1 La meva pràctica artística . . . 122
3.1.1 I què crea? . . . 124
3.1.2 L'obra és la peça visual i el codi alhora . . . 129
3.1.3 El procés de treball i la materialitat del codi . . . 132
3.1.4 Generatiu gens intel·ligent . . . 134
3.1.5 Processing: l'eina, el llenguatge, el programari lliure i la comunitat . . . 138
3.2 Estat de l'art generatiu: orígens, influències, etc. . . . 142
3.2.1 L'art digital . . . 143
3.2.2 L'art d'avantguarda que ens porta al generatiu . . . 145
3.2.3 Un parèntesi per a la literatura generativa . . . 147
3.2.4 Les avantguardes i l'art abstracte que abonen el generatiu . . . 150
3.2.5 Abstracció i natura . . . 154
3.2.6 Art cinètic, op art i art conceptual . . . 156
3.2.7 Pioners de l'art digital generatiu i les primeres exposicions . . . 158

3.2.8 Finals del s. XX i aquests anys . . . 163
3.3 Obsessions de recerca . . . 169

4 Complexitat **170**
La recepta dels bunyols de bacallà . . . 170
4.1 Complexitat en sistemes generatius . . . 172
4.2 Un parèntesi per a la cibernètica . . . 173
4.3 Nocions sobre complexitat i sistemes complexos . . . 177
4.3.1 Els individus dels sistemes complexos . . . 180
4.3.2 La informació i la interacció en els sistemes complexos . . . 181
4.3.3 La dinàmica dels sistemes complexos . . . 182
4.3.4 El canvi en els sistemes complexos . . . 183
4.3.5 En resum, els sistemes complexos... . . . 184
4.4 I si mesurem el grau de complexitat? . . . 185
4.4.1 Primer grup de mesures: complexitat com a aleatorietat . . . 186
4.4.2 Segon grup de mesures: complexitat com a estructura i informació . . . 187
4.5 En resum, la complexitat traspua... . . . 189

5 Conclusions **191**

Diccionari **196**

Bibliografia **206**

Webgrafia **212**

Projectgrafia **221**

Artistgrafia **224**

Índex d'imatges

1.1 Totes les imatges capturades del procés de treball d'un projecte mural a Hyderabad. . 16
1.2 4 imatges de l'exploració inicial per a un projecte mural a Hyderabad. 17
1.3 4 imatges del procés creatiu, exploració de l'espai negatiu, per a un projecte mural a Hyderabad. 18
1.4 4 imatges del procés creatiu, exploració de l'espai negatiu, per a un projecte mural a Hyderabad. 19
1.5 4 imatges del procés creatiu, exploració de mides, per a un projecte mural a Hyderabad. 20
1.6 4 imatges del procés creatiu, exploració de simetria, per a un projecte mural a Hyderabad. 21

2.1 Instal·lació de *L'algorisme despullat* en sala. 27
2.2 Electrònica i màquina de l'*L'algorisme despullat* sense carcassa ni protecció. 29
2.3 Plantes remeieres acompanyen la màquina i dibuixos de l'*L'algorisme despullat.* . . . 31
2.4 Detall de la màquina de *L'algorisme despullat* amb el calendari lunar i dibuixos a la paret de darrere. 32
2.5 Actualitzant la instal·lació de *L'algorisme despullat* en sala amb noves imatges. 33
2.6 Màquina de *L'algorisme despullat* i dibuixos col·locats en un format de petits múltiples a la paret de darrere. 34
2.7 Execució del dia 1 d'abril de l'algoritme de dibuix de *L'algorisme despullat.* 36
2.8 Execució de dia 2 d'abril de l'algoritme de dibuix de *L'algorisme despullat.* 37
2.9 Execució del dia 3 d'abril de l'algoritme de dibuix de *L'algorisme despullat.* 38

2.10 *Trosset* Rinkeby #000. 40
2.11 *Trossets* exposats al Reial Cercle Artístic de Barcelona. 41
2.12 *Trosset* #931, el més original de tots. 47
2.13 *Trosset* #508, el 2on més original de tots. 48
2.14 *Trosset* #517, el 5è més original de tots. 49
2.15 *Trosset* #100, un dels menys originals i menys rars de tots. 50
2.16 *Trosset* #209, un dels menys originals i menys rars de tots. 51
2.17 *Trosset* #296, un dels menys rars de tots. 52
2.18 La rajola de Truchet A i les altres rajoles que s'obtenen girant la primera. 53
2.19 Imatges de la Bibliothèque Nationale de France de les exploracions de Truchet. 54
2.20 Patró de Truchet creat girant la rajola de manera aleatòria per a encaixar-la a la graella. 56
2.21 Les 15 rajoles de Carlson (a). Rajola de mida 100%, mida 50% i mida 25% alternant colors (b). 57
2.22 Patró de Smith creat girant la rajola de manera aleatòria per a encaixar-la a la graella i alternant colors. 58
2.23 Arranjament aleatori de les rajoles de Carlson, totes de la mateixa mida. 59
2.24 Arranjament aleatori de les rajoles de Carlson de dues mides, exemple de multiescala. 60
2.25 Els 13 blocs fonamentals de *Trossets* i 4 resultats diferents de l'algoritme. 61
2.26 Exemple de *Trosset* amb una graella de 6 columnes i 3 fileres. 62
2.27 Exemple de *Trosset* amb una graella de 9 columnes i 5 fileres. 62
2.28 Exemple de *Trosset* amb una graella de 12 columnes i 7 fileres. 63
2.29 Exemple de divisió i de subdivisió de la graella que crea el *Trosset* #74. 64
2.30 Graella que crea el *Trosset* #78. 64
2.31 *Trossets* amb moltes rajoles petites i poques rajoles grans. 65
2.32 *Trossets* amb moltes rajoles grans i poques rajoles petites. 65
2.33 *Trosset* #216 amb només rajoles verticals, rajoles número 4. 67
2.34 *Trosset* #747 amb només rajoles horitzontals, rajoles número 8. 68
2.35 *Trosset* #436 amb només rajoles del número 5, 6 i 9. 69
2.36 *Trosset* #44 amb només rajoles del número 3, 6 i 12. 70

2.37 *Trosset* #354 amb totes les 13 rajoles. 71
2.38 *Trossets* amb la paleta de colors Olivos. 73
2.39 *Trossets* amb la paleta de colors Palamós. 74
2.40 Inspiració de les paletes de colors Salines i Ibiza de *Trossets*. 75
2.41 Inspiració de les paletes de colors complementaries La Barca i Barraca de *Trossets*. . . 75
2.42 Inspiració de les paletes de colors Buganvilea, Olivos, Paella i Tortilla de *Trossets*. . . 76
2.43 *Trosset* #732 imprès en giclée. 77
2.44 Versió impresa de *Ganxillo* exposat a la galeria Ana Mas Projects, L'Hospitalet de Llobregat. 79
2.45 Versió digital de *Ganxillo* exposat a la galeria Ana Mas Projects, L'Hospitalet de Llobregat. 80
2.46 Muntatge de la versió digital i les 4 impresions de *Ganxillo* exposats a la galeria Ana Mas Projects, L'Hospitalet de Llobregat. 81
2.47 Peces de ganxet a casa. 83
2.48 *Ganxillo*, una captura amb 6 rames. 85
2.49 *Ganxillo*, una captura amb 4 rames. 86
2.50 *Ganxillo*, una captura amb 5 rames. 87
2.51 *Ganxillo*, una captura amb 8 rames. 88
2.52 *Ganxillo*, una captura amb 9 rames. 89
2.53 Detalls d'una instantània impresa de *Ganxillo*. 90
2.54 Detalls del soroll de fons d'un *Ganxillo* emmarcat. 91
2.55 *Estratosfèric* tríptic exposat. Cortesi Gallery, Milà. 94
2.56 *Estratosfèric* díptic exposat. Cortesi Gallery, Milà. 95
2.57 *Estratosfèric* quadríptic exposat. Cortesi Gallery, Milà. 96
2.58 Detalls d'una impressió d'*Estratosfèric* on es poden veure línies diagonals dentades. . 98
2.59 Detalls d'una impressió d'*Estratosfèric* on es pot apreciar un degradat de verd a groc a la cantonada inferior dreta. 99
2.60 *Estratosfèric*. Díptic. 102
2.61 *Estratosfèric*. Tríptic. 103

2.62 *Estratosfèric*. Quadríptic. 104
2.63 *Discs* exposat a la galeria Expanded.Art de Berlín. 106
2.64 *Discs* exposat a la galeria Expanded.Art de Berlín. 107
2.65 *Discs* test #001. 109
2.66 *Discs* test #005. 110
2.67 *Matriu Social*: a dalt a l'esquerra, joc de la vida; a dalt a la dreta, model del votant; i a baix, model de Schelling. 111
2.68 *Discs* test #003. 115
2.69 *Discs* test #002. 116
2.70 *Discs* test #006. 117
2.71 Tots els 100 *Discs* de la col·lecció. 118
2.72 Detall de 6 caselles d'un *Disc* fotografiat de la imatge generada en pantalla. 119

3.1 *Figueres Impossibles* #5. 125
3.2 *Figueres Impossibles* #6. 126
3.3 *Figueres Impossibles* #5 i #6 exposades a la galeria Ana Mas. L'Hospitalet de Llobregat. 127
3.4 Proves de color d'impressions de *Trossets* 130
3.5 Primer *Trosset* enviat a un col·leccionista 131
3.6 Esquema del procés de treball en projectes d'art generatiu. 136
3.7 Esquema del procés de treball en projectes d'art generatiu que usen sistemes d'intel·ligència artificial. 137
3.8 *Hommage à Paul Klee, 13/9/65 Nr.2* de Frieder Nake. Exposició *Coder le Monde* del *Centre Pompidou* de Paris, juliol 2018. 152
3.9 *Omphale V* de Pablo Palazuelo a l'exposició *Els camins de l'abstracció* a la Pedrera. . 155
3.10 Exposició *The Responsive Eye*, 1965. Photographic Archive. The Museum of Modern Art Archives, New York. IN757.1. Photograph by George Cserna. 160
3.11 *Structure de Quadrilatères* de Vera Molnár. Exposició *Artistes et Robots* al *Gran Palais* de Paris, juliol 2018. 161

3.12 Catàleg de l'exposició *Cybernetic Serendipity*, pàgines 78 i 79, amb treballs de Frieder Nake i Georg Nees. 164
3.13 Revista *Computer Graphics and Art* Vol.2 n.3 i pàgines 16 i 17 del Vol.1 n.2. 165

4.1 Complexitat en sistemes d'art generatius: de l'ordre al desordre. 174
4.2 Mapa de conceptes. 175
4.3 Formigues construint un pont. Foto d'Umeed Mistry per al projecte Breathing Pixels. 2019. 179

Capítol 1

Introducció

1.1 Orígens del mecanoscrit

Aquesta recerca i tesi neixen fa 7 anys, el 2016, amb tot de lectures vàries i trobades amb les companyes del *Programa de Doctorat de BAU*, per reflexionar sobre aquestes lectures i el pensament contemporani. Com costa entendre tots aquests autors! M'ha costat 7 anys tenir-ne una idea general i ubicar-los –i ubicar-me. En llegir els llibres "Systems" de Shanken (2015) i "Thinking in Systems: A Primer" de Meadows (2008), el marc del pensament sistèmic m'ha ubicat, fent evident que molts dels autors que llegíem beuen de les mateixes idees que l'art generatiu: la cibernètica, la teoria de sistemes i la teoria de la informació. Així que l'art generatiu és coetani d'aquests autors i dels seus discursos, tots esquitxats d'idees que l'art generatiu recull en la seva part teòrica i pràctica (Carreras 2021e).

Entre totes aquestes lectures neix un interès, creixent, en llegir també sobre interacció i art generatiu, la meva pràctica artística d'aleshores. Cau a les meves mans l'article titulat "What is Generative Art? Complexity theory as a context for art theory" de Galanter (2003) i comença a prendre forma el que esdevé aquesta recerca on s'explora la complexitat, així, com a gran tema

vehicular, abordada des de la pràctica de l'art generatiu.

I llavors arriba el Covid-19. Els projectes interactius desapareixen, ja no es pot tocar, ni bufar, ni xiular, ni saltar, ni suar, ni manipular, ni cridar, ni... res. I en aquest espai de temps amb incerteses i sense projectes interactius en els quals treballar, comença una exploració diària, els *daily sketches* d'art generatiu, una pràctica habitual entre artistes (Lieberman 2016; Freeke 2017). Dibuixos –més acabats o menys–, prototips, esbossos; fets amb codi, amb algoritmes, per explorar sistemes complexos i com s'escampa la complexitat en sistemes algorítmics que van de l'ordre al desordre. És un projecte que s'allarga fins el 2020 i que recull moltes exploracions –que vaig compartir a la xarxa–, titulat *Quarantena generativa* (Carreras 2020).

Amb aquesta exploració lliure, sense cap pretensió, s'obre tot un ventall d'idees i projectes que aniran prenent forma fins ara. Idees que s'han anat enriquint i polint a partir de converses amb altres doctorands, de preguntes i discussions en tot de xerrades on m'han convidat, i de presentacions – com una a l'exposició "Els camins de l'abstracció" a la Pedrera – que m'han posat en situacions complicades, noves i que m'han fet aprendre molt.

Així és com realitzant projectes i també compartint-los i explicant-los, s'ha forjat aquest escrit que vol estructurar tota aquesta deriva i aprenentatges per a qui li interessi la complexitat, l'art generatiu, els sistemes i els algoritmes –totes o alguna d'aquestes matèries.

1.2 Recerca basada en la pràctica

És una tesi basada en la pràctica i en els aprenentatges i coneixements que se'n deriven. Implica fer, fer art. I en el procés, documentar-ho. I reflexionar sobre el procés i les idees i llegir i escriure –tot i que aquesta part l'he deixada per al final– i tornar a fer. És una recerca cíclica, com una espiral que va cap al centre i que va concretant idees, temes i encaixos.

Gràcies a la Laia Blasco vaig descobrir, en una presentació seva (Blasco-Soplon 2023), que aquesta recerca és *en art*: la que segons Borgdorff (2006) no separa investigador i pràctica, aquella on aquesta pràctica és essencial en el procés de recerca i en el resultat –els projectes. Tot això per diferenciar-la de la recerca *sobre art*: que treu conclusions de la pràctica artística des d'una visió teòrica; o de la

recerca *per a l'art*: recerca per a crear coneixements que es puguin aplicar a la pràctica artística.

Cada projecte de la meva pràctica artística a és l'artefacte resultant d'un concepte sobre la complexitat. Cada projecte escull una característica dels sistemes complexos i construeix l'algoritme i el sistema que genera les obres tot despullant-lo d'afegits que no amaguin o difuminin la idea. Cada projecte afegeix un granet a tot de conceptes que desgrana la complexitat i que l'expliquen.

Els mètodes que analitzen els projectes no estaven definits prèviament. Sinó que han anat sorgint durant l'exercici de la pràctica artística, com una necessitat. Una necessitat d'entendre la pròpia pràctica per a aprofundir-hi a cada nou pas, amb cada granet. De manera que aquesta pràctica esdevé la base de la pròpia recerca entorn la complexitat.

Tota aquesta deriva, la pràctica, acaba creant un corpus coherent i interrelacionat de projectes –els artefactes que contenen cert coneixement– amb un seguit de processos, discussions i documentació – la metodologia.

1.2.1 Dues pinzellades. La pràctica

L'art generatiu, es crea en el meu cas, amb ordinadors però sense utilitzar cap programari existent. S'usa codi informàtic, instruccions –fetes de paraules, números i símbols–, en el propi llenguatge de la màquina, per a guiar-la pas a pas per tal que dibuixi allò que volem. Les instruccions són senzilles: colors, formes geomètriques, posicions, mides,... I es van fent més elaborades si s'afegeixen comportaments –llavors parlem de sistema–: girs, moviments, formes que es fan grans o petites, colors que guanyen transparència,... Les instruccions s'acumulen una rere l'altra i van creant un algoritme[1] –la primera "palabreja", les trobareu totes al diccionari del capítol 5. Aquest algoritme defineix exactament el que fa la màquina, el que pinta, el que genera.

A l'algoritme, sovint hi afegim un cert atzar. L'artista deixa que algunes formes, colors, mides,... el que sigui –el que triï l'artista, no pas tot–, pugui canviar lleugerament cada vegada que l'ordinador interpreta les instruccions de l'algoritme. I aquestes característiques que poden variar les anomenem variables, perquè poden, això, variar.

[1] **algorisme, algoritme**: conjunt de regles, instruccions, per a resoldre un problema en un nombre finit de passos.

Aquest atzar és un truc matemàtic per crear números pseudoaleatoris. I quan l'afegim, cada cop que demanem a l'ordinador que interpreti l'algoritme i pinti –cada cop que executem[2] l'algoritme, cada cop que el compilem i el convertim en 0s i 1s– l'ordinador crea una obra lleugerament diferent i única. Però l'obra única i irrepetible creada manté una coherència estètica amb tota la resta de les que crea el mateix algoritme, constituint una sèrie, un projecte complet.

Així que d'algoritmes n'hi ha molts, tants com vulguem, tants com coses se'ns acudeixi demanar a un ordinador. Poden ser més senzills o més elaborats, els algoritmes, poden tenir més instruccions o menys. I cada cop que un algoritme d'un projecte s'executa, crea una obra d'aquell projecte. L'artista és qui tria com són les obres del projecte –perquè en descriu i en construeix l'algoritme– i tria la mida de la sèrie, quantes obres formaran part d'aquell projecte. Però cada cop que decideix crear una obra de la serie, no sap exactament, al detall, com serà la obra exacta que es genera.

1.2.2 Metodologia

La pràctica artística, fer art generatiu, conjuntament amb algunes lectures, m'ha permès centrar el meu interès en la complexitat. Un tema que aborden moltes altres disciplines però que no té ciència pròpia. Inicialment de forma més erràtica i naïf, meres exploracions estètiques o d'algoritmes. Fins a arribar a reconèixer en la complexitat –en els sistemes complexos– certs conceptes i característiques.

Cada projecte treballa un d'aquests conceptes i busca i explora un sistema algorítmic escaient per a poder aprofundir en el concepte i dibuixar-lo, mostrar-lo, explorar-lo, construir-lo i descobrir-ne alguns perquès i sobretot, fascinar-se quan no s'entenen.

És una mirada a la natura, a la societat, als sentiments,... per a plantejar-se preguntes i posar en qüestió algunes de les certeses establertes, desmuntant-les des de dins, jugant-hi amb les peces que les construeixen. Les tres auto-etnografies que encapçalen els capítols centrals desvelen aquesta mirada al món – que ja és sistèmica i generativa.

Hi ha mirades diverses –no prou diverses– i certes tendències dins la pròpia pràctica, com apunta en el seu article Caplan (2023). Hi ha artistes generatius que basen els projectes en exploracions

[2] **executar**: fer que un programa es posi en funcionament.

visuals –color, composició, expressivitat,... (Bauman 2023)–, ho podeu veure en el projecte Inertia de Kovach (2022) o el projecte Trichro-matic de Hiley-Mann (2023). Altres artistes realitzen projectes que reflexionen sobre el mitjà (Reas 2023a; Soria-Rodriguez 2023), el context polítco-social (Man 2023), etc.

Sigui com sigui, la discussió amb aquests artistes sobre conceptes que acompanyen la complexitat ha alimentat reflexions, auto-crítiques i noves idees. Perquè la comunitat d'artistes d'art generatiu compartim i discutim de tot –de processos de treball, idees, cures i alguns trucs de codi i tot. És importantíssima aquesta comunitat en tota la pràctica artística. En el meu cas en com m'ha fet definir la pròpia pràctica artística. Les converses han servit per a trobar aquesta mirada pròpia.

A més, el registre del procés de treball en cada projecte permet revisar idees descartades, discussions, permet reprendre-les si s'escau o criticar decisions preses. Permet fer recompte dels conceptes sobre complexitat treballats, tot donant una visió general de la recerca. I permet resumir i revisar projectes acabats, tot guanyant una visió més específica.

Cada projecte crea tot un registre del procés de treball. Cada artista s'ho manega a la seva manera (Hobbs 2023b; *Piulada i fil. Documenting the outputs* 2023). En el meu cas, tinc un registre de totes les versions de codi, dels *sketches*, guardat en un repositori[3]. Un registre de tot el que es va creant juntament amb captures d'imatges fixes dels resultats visuals de cada dia que mostren l'evolució dels projectes. A vegades, inclús, al codi i les imatges l'acompanya una breu explicació. Es pot veure un exemple de la documentació del procés creatiu d'un mural encarregat per a unes oficines de Hyderabad a la Índia a Carreras (2021d).

Podeu veure com el registre del procés creatiu és molt visual. Es recullen totes les imatges capturades i registrades de l'anterior projecte a la imatge 1.1. Es pot veure com l'inici del procés és més d'exploració i el definitiva és més de curadoria per a decidir la peça final. El procés més en detall es pot veure les exploracions inicials de formes i colors juntament amb l'exploració inicial de la idea i de l'algoritme que la captura a la imatge 1.2. En el procés creatiu d'aquest projecte s'afegeix llavors cert espai negatiu, més color de fons i menys formes per a deixar respirar la peça resultat,

[3]**repositori**: base de dades central on s'emmagatzemen les successives versions de codi informàtic amb la finalitat de guardar-ne còpies, compartir-ho i utilitzar com un recurs col·lectiu estable.

imatge 1.3. S'aprofundeix posteriorment en l'ús de formes variades, només 4, per a explorar diversitat de composicions, imatge 1.4. Després els efectes de jugar amb mides, imatge 1.5, i, finalment, amb la simetria, imatge 1.6. La revisió d'aquest procés de treball va ser la llavor del projecte *Trossets*, 2.2.4, que explora el concepte de diversitat.

1.2.3 Preguntes de recerca

Aquesta posició i mirada única, situada en aquest terreny de joc híbrid, ens permet preguntar-nos si es pot i com es pot obtenir coneixement que no podem obtenir des de cap altra disciplina o punt de vista o enfoc: 1) creant artefactes visuals, projectes artístics; 2) que parlin de complexitat, desgranant característiques de la complexitat i dels sistemes complexos; 3) artefactes creats amb sistemes que coneixem a la perfecció perquè els codifica el propi artista; i 4) que treballin des de dins aquestes característiques de la complexitat per a qüestionar-les i qüestionar-nos. Ens preguntem com tot aquest plantejament pot ajudar-nos –si és que es pot– a entendre la complexitat.

I aquesta pregunta àmplia de recerca obre la investigació sobre la complexitat i posa en valor el que té de propi la recerca basada en la pràctica artística i els artefactes –projectes, art, pensament, dubtes, preguntes– que crea.

1.3 Estructura de la tesi

Aquesta tesi s'estructura en 3 grans capítols.

El capítol 2, va dedicat a la pràctica artística que recolza tota la recerca, la teca. Es descriuen i s'aprofundeix en 5 projectes: *L'algorisme despullat*, *Trossets*, *Ganxillo*, *Estratosfèric* i *Discs*. Es descriu el context en què es realitzen i s'exposen, s'expliquen les idees i conceptes que els impulsen i com es formalitza cada projecte a nivell plàstic i a nivell d'algoritme. D'entre tots els projectes desenvolupats els darrers 7 anys es trien només aquests 5. Són una bona mostra del recorregut creatiu, del trajecte de recerca, de les derives, de diversos conceptes i termes relacionats amb l'estudi de la complexitat.

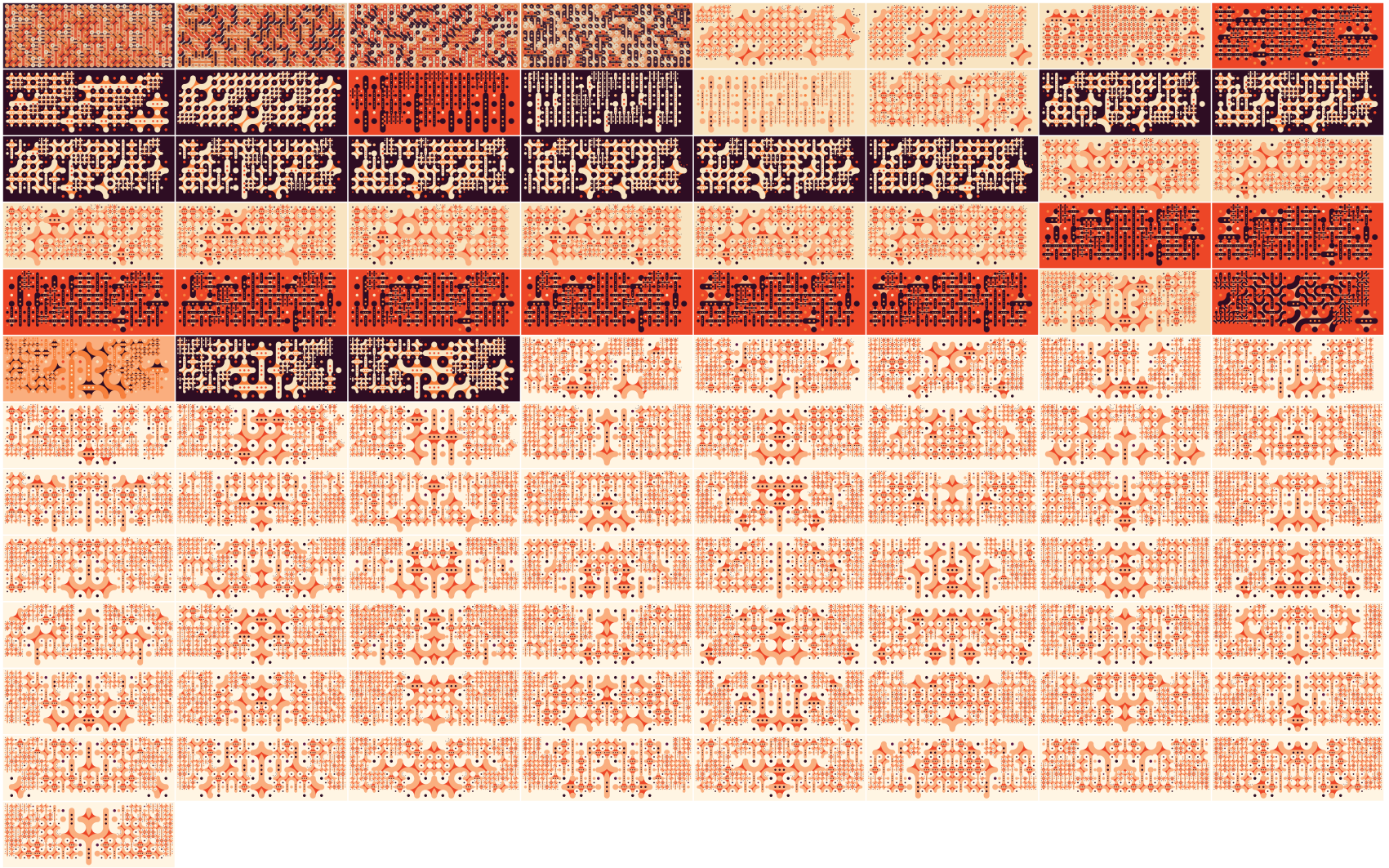

Figura 1.1: Totes les imatges capturades del procés de treball d'un projecte mural a Hyderabad.

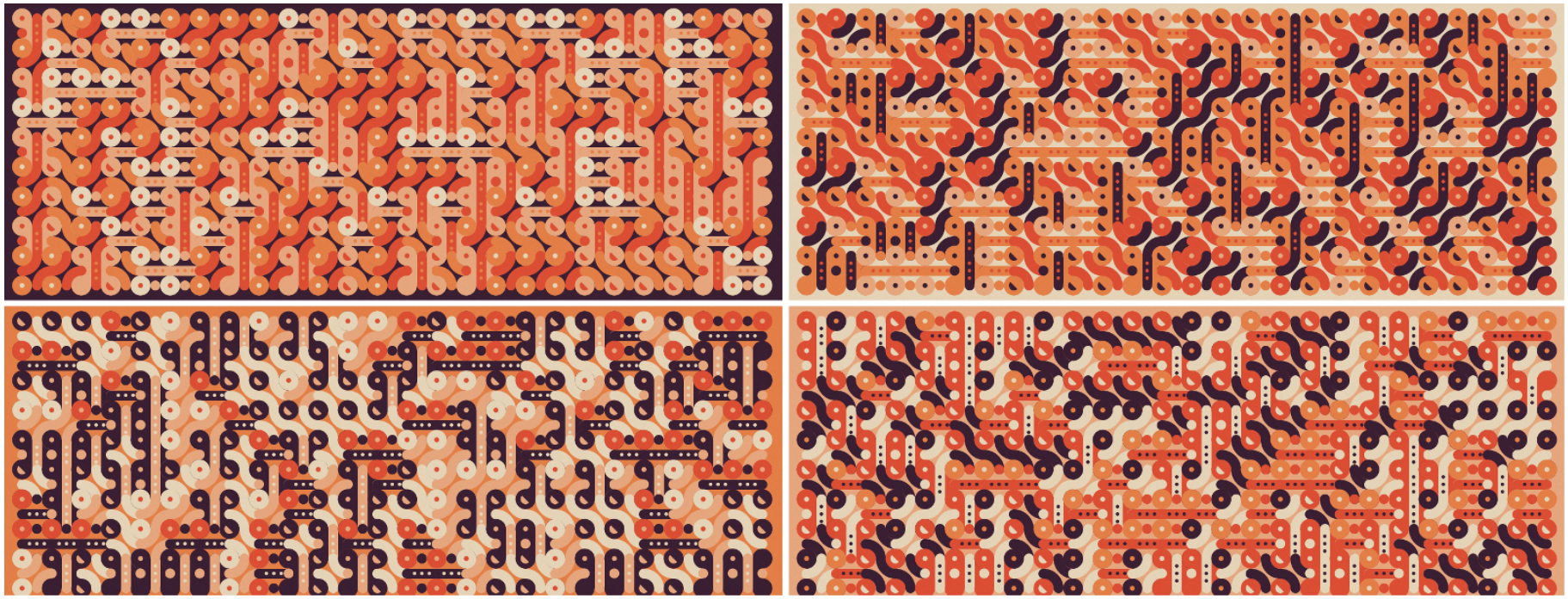

Figura 1.2: 4 imatges de l'exploració inicial per a un projecte mural a Hyderabad.

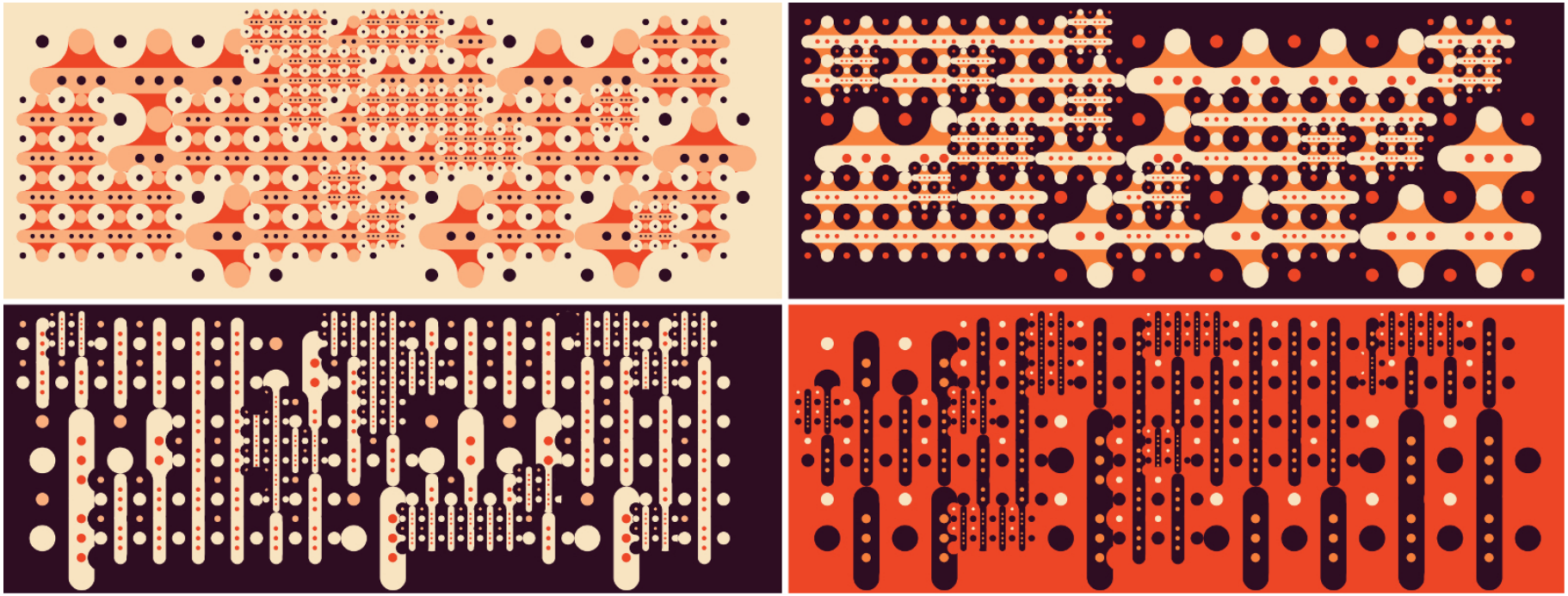

Figura 1.3: 4 imatges del procés creatiu, exploració de l'espai negatiu, per a un projecte mural a Hyderabad.

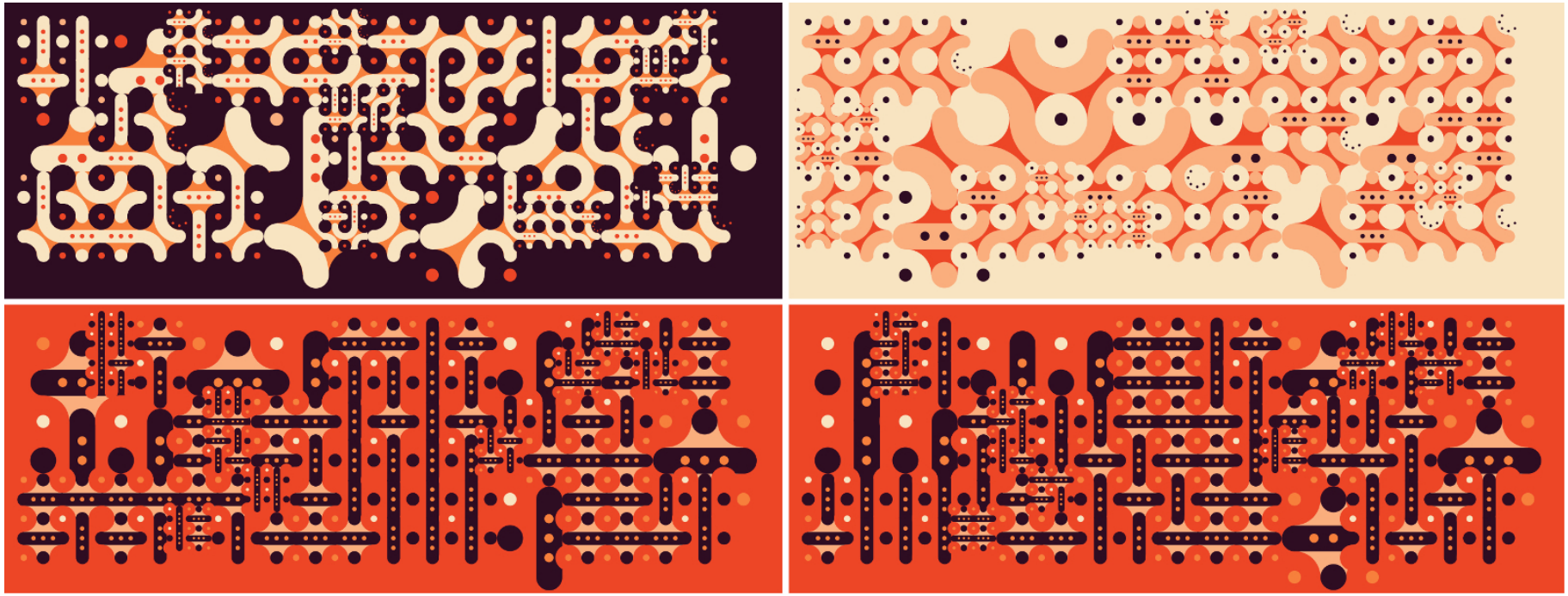

Figura 1.4: 4 imatges del procés creatiu, exploració de l'espai negatiu, per a un projecte mural a Hyderabad.

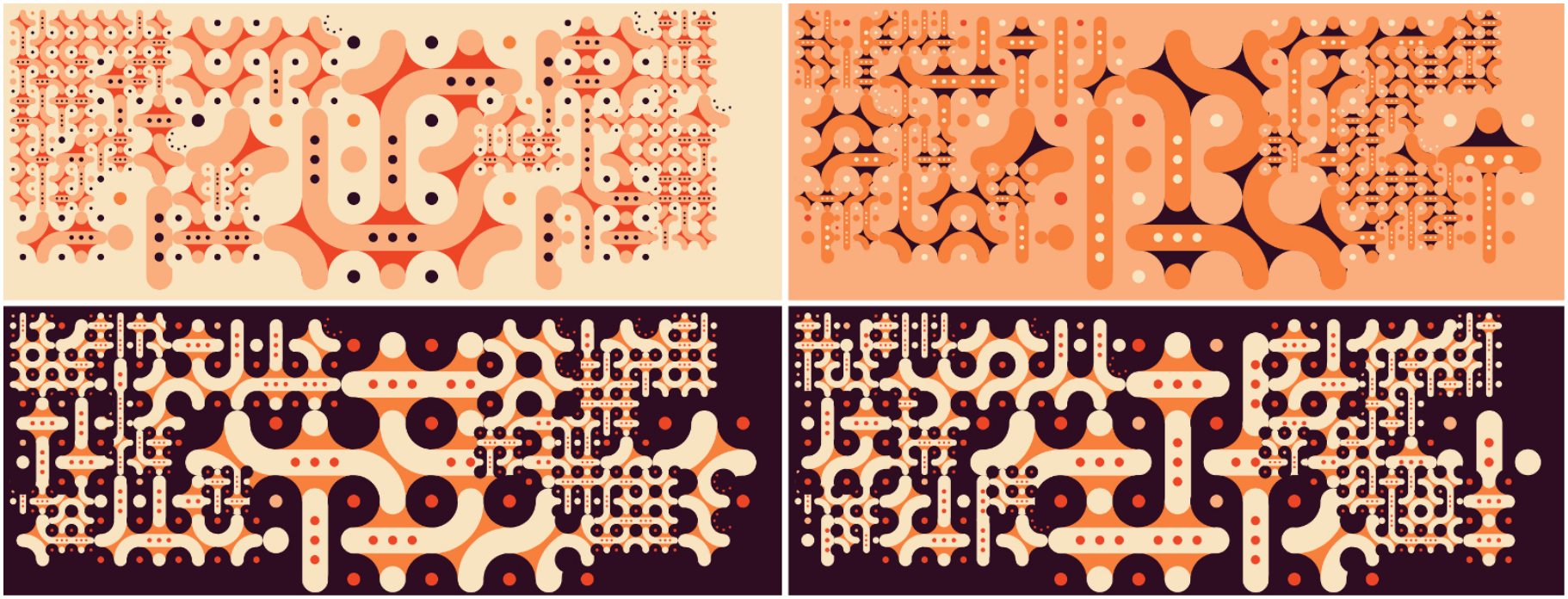

Figura 1.5: 4 imatges del procés creatiu, exploració de mides, per a un projecte mural a Hyderabad.

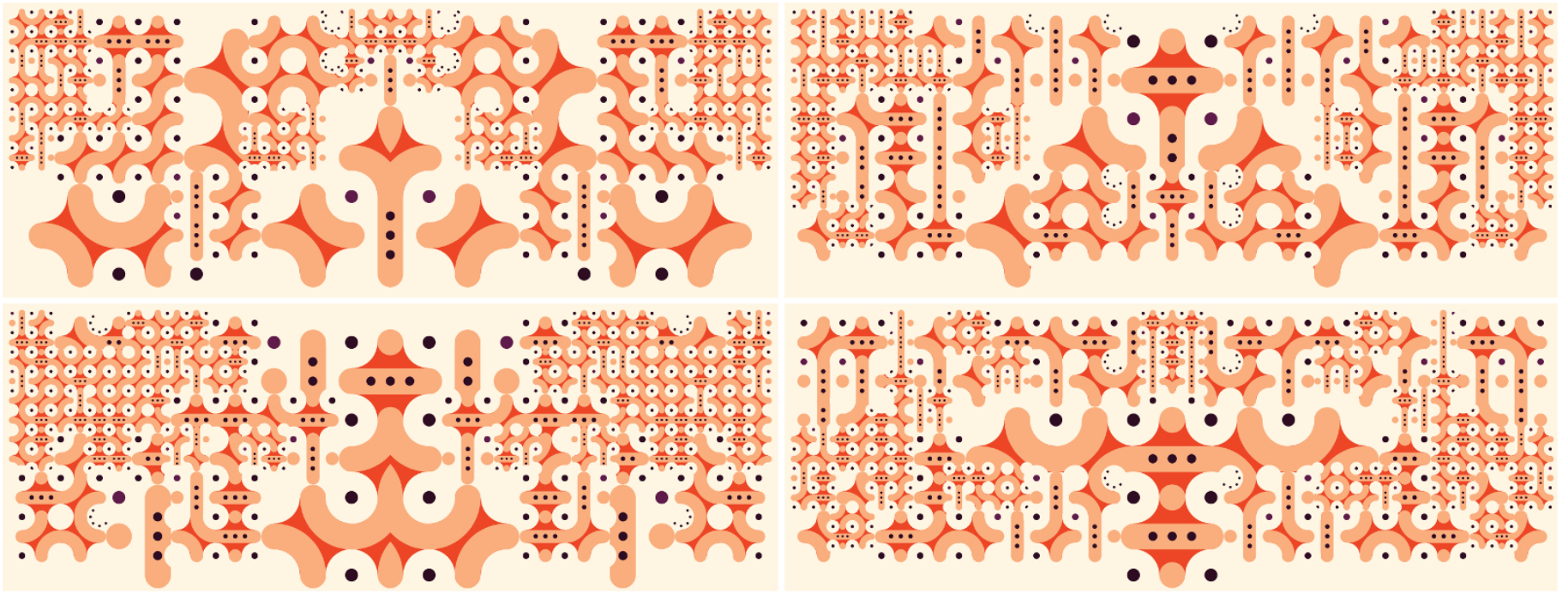

Figura 1.6: 4 imatges del procés creatiu, exploració de simetria, per a un projecte mural a Hyderabad.

Són projectes que es complementen. Creen un corpus reduït però prou complet que serveix d'exemple per a explicar, sostenir i argumentar la investigació d'aquesta tesi.

Alguns dels projectes que s'expliquen creen obres animades o interactives, en aquest cas s'ha afegit l'enllaç per a poder-les experimentar en viu en línia. D'altres projectes desemboquen en peces estàtiques, fixes, i acompanyen el seu apartat tot d'imatges i fotografies de la seva instal·lació.

Seguidament, es descriu la pràctica artística de l'art generatiu, al capítol 3. Aquesta és la pràctica en la que s'emmarca aquesta tesi, els projectes anteriors i tots els aprenentatges i recerca que la vehiculen. Es detallen processos de treball, discussions sobre el mitjà i s'acota el que és i no és l'art generatiu del qual parlem en aquesta recerca. A més, una revisió dels precedents i la trajectòria històrica de l'art generatiu des dels inicis del s. XX fins a l'actualitat, ens ajuda a fer dialogar aquesta pràctica amb altres pràctiques de l'art digital i amb artistes i projectes contemporanis del camp del generatiu.

El capítol 4, Complexitat, posa en context tota la recerca sobre sistemes complexos, l'estudi de la complexitat i com la pràctica de l'art generatiu s'hi vincula des dels seus orígens en la cibernètica i la teoria de sistemes. Aquest capítol explora detalls i característiques dels sistemes complexos, visions d'altres mirades, i mostra com la complexitat ha aterrat als projectes que es presenten i com vehicula tota la recerca artística. Descriu també com el pensament sistèmic ha emmarcat la manera d'entendre la complexitat, els sistemes complexos i la pràctica artística.

Les Conclusions llisten els aprenentatges –i plantegen alguna pregunta nova– de tota aquesta recerca i pràctica en el capítol 5.

I finalment, a mode de diccionari, es recull un llistat de termes útils per facilitar la lectura i entesa d'aquesta recerca que hibrida art i tecnologia i que barreja, per tant, termes específics i *nerds* d'aquests llenguatges.

Capítol 2

Projectes

D'ortiga a ortiga, de palla en palla

La iaia Rosina, del mas de la Pardina, no sabia llegir ni escriure. Però parlava amb les plantes, escoltava els arbres i conversava amb la lluna. Recitava amb cantarella i sense gens de solemnitat: *"D'ortiga a ortiga, de palla en palla, si avui me piques demà la mortalla"* i ho acompanyava del gest pertinent, com un ritual. I no es picava.

No recordo si mai vaig intentar agafar les ortigues *aixines*[1]. Potser sí, algun cop, de més petita ho vaig provar. Em vaig picar segur! I la memòria ho deu haver esborrat dels records. S'ha quedat en un: no ho he intentat mai.

Hi va haver una època en què li demanava sovint que ho repetís. A vegades accedia, altres no. *"Qué pesada qu'eres, ala némon!"* Mai es va urticar. I jo li escrutava les mans buides, cap butllofa, ni una mínima vermellor. Només les tenia plenes d'improbable, d'impossible, d'inexplicable. Plenes d'imprevisibles.

Els sistemes complexos no es poden predir. Els puc dissenyar, simular, redissenyar, programar,

[1] (variant dialectal) així.

fer-los dansar,... Al final només em queda observar. Amb cap intenció de fer grans descobriments, ni de trobar l'explicació de cap gran fenomen. Observar: com ballen, com es mouen, com evolucionen, què dibuixen, què emergeix,... I queden lluny. Lluny del que hauria anticipat o previst, van lluuuuuny. Les idees preconcebudes i els models mentals a prendre vent! Només em queda observar, aprendre i sorprendre'm.

No es pot domesticar allò complex. Així que em toca escriure un procés, la dinàmica, el comportament, tot fent servir la intuïció i les instruccions, com un joc on invento normes i les combino. I deixar-li temps per veure on desemboca. Dibuixo sense objectius finals o resultats concrets posades en escena que després cobren vida. Si ho dirigeixo massa el cabal va a parar a un altre tàlveg i el riu sembla que se m'escapa, és el riu de l'altra vall.

Puc incorporar altres ritmes a aquest fluir de l'aigua del meu joc? La terra i les plantes tenen el seu, jo vaig massa ràpida, accelerada, la màquina encara més. Resultats, resultats, resultats. I el sistema complex evoluciona, segueix fent la seva, canvia, varia, es fa divers. Potser em cal més pausa i temps per percebre què n'emergeix, per apreciar tota aquesta diversitat de respostes i els processos de relació.

L'algoritme: amb instruccions, amb restriccions, amb ordres precises, construeix i dibuixa imatges inexplicables. No és qüestió de probabilitats, opcions o atzar (random!). És allò que en sorgeix, el que n'aflora. ¿Com poden totes aquestes ordres exactes donar lloc a res inesperat, inexplicable? Em cal mirar més i obrir les orelles a altres coneixements que bufen d'altres direccions. Ressona: *"Si culls les pataques en lluna vella no se grillen, ils barrots nos corquen"*. Com puc recollir en zeros i uns tot aquests sabers?

Havia oblidat les ortigues i les paraules màgiques. Algun dia ho tornaré a provar. Potser ara sí que funciona!

2.1 L'algorisme despullat

L'algorisme[2] *despullat* convida a preguntar-nos si la lluna, l'astre, i els seus cicles influencien l'execució determinista d'una màquina, d'un ordinador. Un algoritme[3] dibuixa cada migdia una peça d'art generatiu, la mateixa, en una màquina nua, amb la carcassa transparent, que ens mostra el seu interior i que es presenta nua per a recollir els efectes de la lluna.

Cada migdia l'ordinador s'engega automàticament, engega el mateix programa, l'algoritme de dibuix, dibuixa, guarda el resultat del dibuix en una imatge i s'apaga. No fa res més en tot el dia, només treballa 5 minuts.

Durant 3 mesos, el recull de dibuixos es guarden, juntament amb la data del dia en què s'han creat. Cada 9 dies es recuperen els dibuixos de la memòria de l'ordinador, s'imprimeixen i s'exposen penjats a la paret de darrere la màquina, vegeu les fotos 2.1, 2.5. ¿Com ha afectat la lluna i les seves fases als dibuixos? Es fan evidents els dies de lluna vella? La lluna nova ha afegit detalls inesperats? L'experiment i el seu resultat, els dibuixos generats, ens interroguen sobre com la naturalesa i l'entorn poden afectar la tecnologia.

L'algorisme despullat és un experiment per a veure si la lluna i les seves fases afecta un algoritme que sempre fa el mateix. La màquina pinta i dibuixa però no té un objectiu concret, ni cap problema a resoldre. Cada vegada que executem[4] l'algoritme el tornem a posar en funcionament des de l'inici, tornem a fer que interpreti totes les instruccions en ordre una rere l'altra. L'algoritme de dibuix no sap en quin dia es troba, no sap la data, no coneix el calendari. Tampoc aprèn res de res a mida que avancen els dies, ni es mira els dibuixos anteriors. Simplement, cada dia, pinta i dibuixa girs seguint les mateixes instruccions exactament, des del principi.

El projecte dona un espai de temps a una acció informàtica i artística, una acció repetitiva per a veure si la lluna n'afecta el resultat. Un factor important, el temps i les repeticions al llarg d'un

[2]En català, algorisme i algoritme són sinònims exactes tot i que algorisme amb essa s'usa rarament. En aquesta tesis s'utilitza sempre la paraula algoritme amb la lletra te per a referència al conjunt de regles –llegiu la definició a la següent nota a peu de pàgina– i s'ha reservat el mot algorisme per al títol del projecte que s'explica en aquesta secció.

[3]**algorisme, algoritme**: conjunt de regles, instruccions, per a resoldre un problema en un nombre finit de passos.

[4]**executar**: fer que un programa es posi en funcionament.

període llarg, un temps pausat que s'estira, s'allarga durant 3 mesos del calendari. La capacitat computacional i la velocitat de càlculs dels ordinadors en promouen la immediatesa i els resultats quasi instantanis. Però aquesta màquina treballa poc, fa un dibuix i s'apaga, torna a dormir, a hivernar. Poc sovint dediquem durades llargues de temps a les execucions repetitives de programes o màquines. Sembla que siguin estris que han d'estar produint i fent constantment. *L'algorisme despullat* recupera coneixements ancestrals vinculats a la terra i el pas repetitiu de les estacions per a dur-los als algoritmes i l'acció artística.

L'algorisme despullat es va exposar a l'Arts Santa Mònica de Barcelona el 2022 dins l'exposició *La tradició que ens travessa*. Exposició que convidava a revisar tradicions amb les quals convivim i coneixements nòmades, de la cultura oral, que duem incorporats en la nostra cultura i les nostres maneres d'afrontar el món. També s'ha exposat a Lleida el 2023 dins el festival *Intangible*.

2.1.1 Posar en qüestió els sabers hegemònics i el determinisme dels algoritmes

La proliferació de revisions crítiques sobre els fonaments patriarcals i colonials del món també ha canviat la nostra forma d'entendre'l. A mi em queden llunyans els sabers precolonials i llunyanes les epistemologies del sud, tal i com les anomena Sousa (2014), però em ressonen paraules i saviesa popular, no escrita ni recollida enlloc tampoc, dels avis i tietes que havien treballat el camp.

Molt d'aquest coneixement i tradicions, recollides al llarg del temps, es perden avui dia per l'acumulació de la població a les ciutats i abandó del món rural, per la velocitat dels canvis que ens engoleixen i la immensitat de novetats tecnològiques que ho deixen de banda. Coneixements que no han tingut cap reconeixement i no han passat a formar part del saber enciclopèdic, escrit, que ha recollit l'intel·lectualisme occidental però que conformen el meu bagatge personal i el d'altri amb contextos familiars semblants, amb avis que venen de l'entorn rural del camp o de fer de pastors. Vaig descobrir durant l'exposició que la gent que treballa al mar, amb la pesca, també acumulen tradicions orals relacionades amb la lluna i com les seves fases afecten, per exemple, si els musclos i altres mol·luscs estan més plens i carnosos o menys.

Figura 2.1: Instal·lació de *L'algorisme despullat* en sala.

L'algorisme despullat es pregunta si podem traslladar alguns d'aquests sabers populars a les màquines i ordinadors. Un algoritme sempre fa el mateix, les mateixes instruccions, una rere l'altra, que desemboquen de manera determinista[5] en el mateix resultat. Hi podem afegir variació si programem una certa aleatorietat[6]. Però només això? Poden emergir dibuixos inesperats que no es troben en el codi? Dibuixos per als quals no hem codificat instruccions concretes que els facin aparèixer. Ni tan sols degut a l'aleatorietat. Potser hi ha tot de coneixements oblidats, de les àvies, que també afecten el resultat del que pinta l'algoritme. La nostra incapacitat de predir el resultat d'alguns sistemes, la incapacitat de domesticar-los i entendre'ls perfectament, obre un espai de recerca on encabir noves epistemologies i sabers.

2.1.2 Formalització

Un ordinador, una màquina electrònica, està feta, finalment, de materials que venen de la natura. D'on els treiem si no? Les plaques base, les plaques de circuits electrònics dels ordinadors, plenes de diodes, condensadors o transistors, són totes elles fetes de materials semiconductors, minerals, com el coure. Els diodes, condensadors, transistors i altres elements electrònics també. Són fets per dins de materials amb impureses que permeten que càrregues elèctriques molt petites, negatives i positives viatgin amunt i avall creant petits corrents que després convertirem en zeros i uns segons si són gairebé nuls, no passa corrent, o petits, passa un lleu corrent.

La màquina que fa els dibuixos s'exposa totalment desprotegida, sense cap embolcall o carcassa de protecció. Despullada, per deixar-se afectar per l'entorn, pels raigs còsmics de l'Univers, o la lluna, vegeu la foto 2.2. Està tota sola, davant d'unes plantes i sota els dibuixos que crea i que ens qüestionen. La màquina s'havia de situar al terrat de l'edifici, a la intempèrie. Però per qüestions de manteniment, logística i producció, no va ser possible. Així que es va desprotegir l'ordinador, tant com es va poder, per a fer-lo receptiu a la influència dels rajos còsmics o les ones lunars, que, sigui com sigui també afecten plantes sota terra i animals dins el mar.

[5] **determinisme**: teoria segons la qual, conegudes exactament unes certes condicions, els fets que se'n deriven poden ésser previstos amb exactitud.

[6] **aleatorietat**: característica dels resultats obtinguts per un mecanisme en què intervé l'atzar.

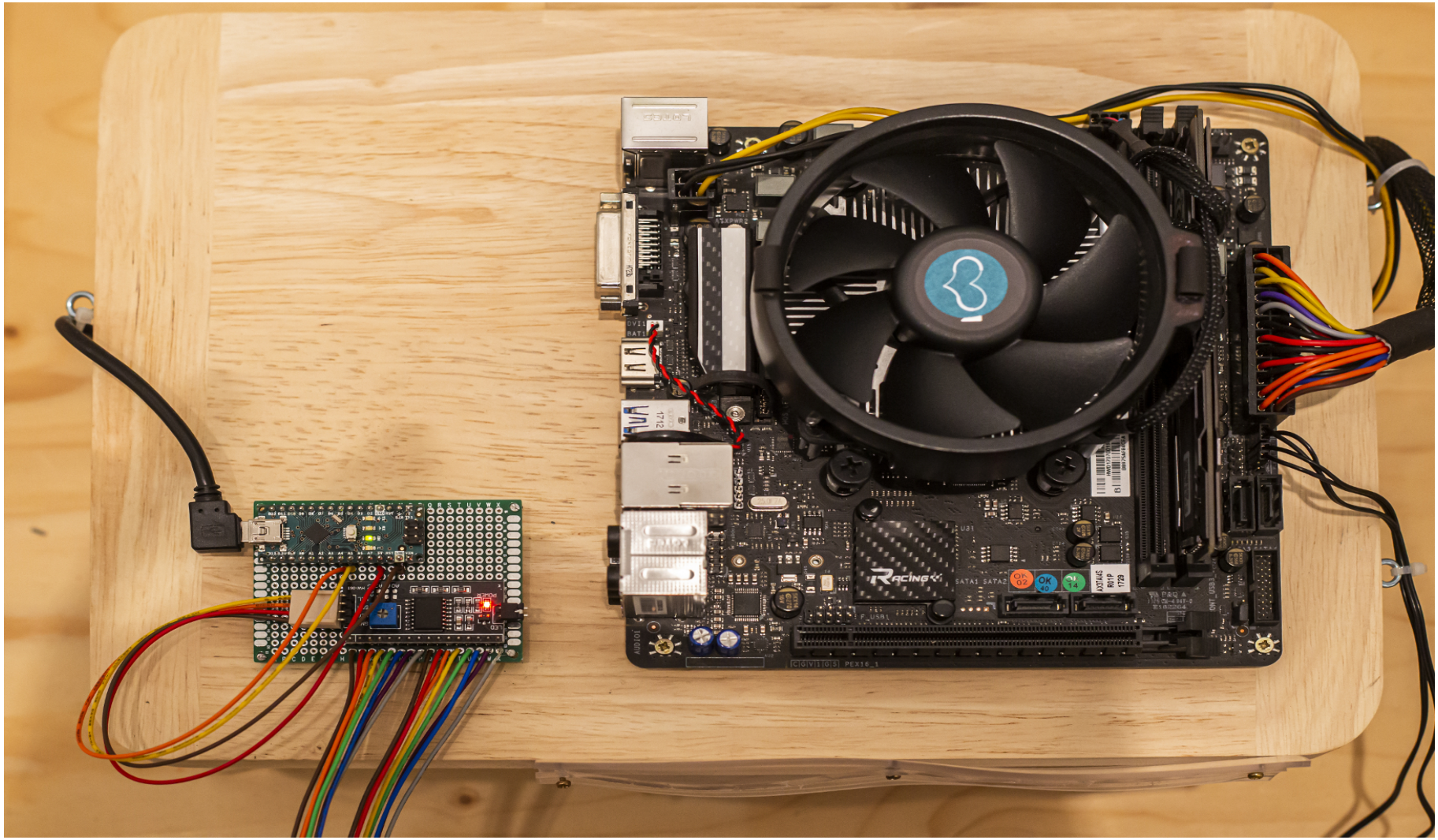

Figura 2.2: Electrònica i màquina de l'*L'algorisme despullat* sense carcassa ni protecció.

Tot de plantes remeieres, collides en dies concrets del calendari, estan penjades al davant, en contraposició a la màquina de *L'algorisme despullat*, vegeu la foto 2.3. Per què acceptem que les plantes estan influenciades per la lluna, però en canvi dubtem de si les màquines ho estan? Ah! És que la lluna afecta molt a l'aigua i els fluids –pensem en les marees– i les plantes tenen molta aigua. Bé, però, si baixem al detall, els xips i els condensadors que construeixen l'electrònica i les plaques de les màquines i ordinadors són capes de materials per on flueixen electrons d'aquí cap allà. La lluna no pot afectar aquest fluir electrònic?

Darrere l'ordinador, hi ha una paret amb el calendari de 3 mesos, on han quedat anotades les hores de sortida i posta de la lluna, i on es mostren els cicles lunars, vegeu la foto 2.4. Es pengen els dibuixos que va fent la màquina en aquesta paret, cadascun al seu lloc, com mostra la foto 2.6. Es mostren en un format de petits múltiples, *small multiples*, per a facilitar-nos veure patrons o fer comparacions d'una ullada. Aquesta idea dels petits múltiples (Tufte 1990, pàg. 67) prové del camp de la visualització de dades i proposa col·locar diverses imatges, ben a prop, i organitzades com en una graella endreçada per a facilitar la lectura global i detectar fàcilment variacions.

El format de petits múltiples encaixa bé amb l'art generatiu perquè permet mostrar el procés que hi ha darrere de tot el projecte, de tota la sèrie d'obres. L'algoritme pot crear una infinitat de dibuixos, tots semblants mantenint una coherència visual. En exposar diverses execucions una al costat de l'altra es fa evident que darrere d'aquests dibuixos hi ha un sistema automàtic, un sistema repetitiu, que els genera i els crea. Aquesta disposició en aquest projecte vol fer evident que la creació de les peces les ha fet la màquina amb un procés automatitzat i busca facilitar una mirada general per tal de treure conclusions sobre l'afectació de la lluna en la creació dels dibuixos.

No tinc cap resultat del projecte, d'aquesta mena d'experiment. No sé si la lluna va influenciar o no els dibuixos. Cadascun dels visitants de la instal·lació va treure la seva pròpia conclusió. I vaig sentir discussions a la sala. L'objectiu del projecte no era trobar cap resultat, ni cap certesa, l'objectiu era plantejar preguntes.

Figura 2.3: Plantes remeieres acompanyen la màquina i dibuixos de l'*L'algorisme despullat*.

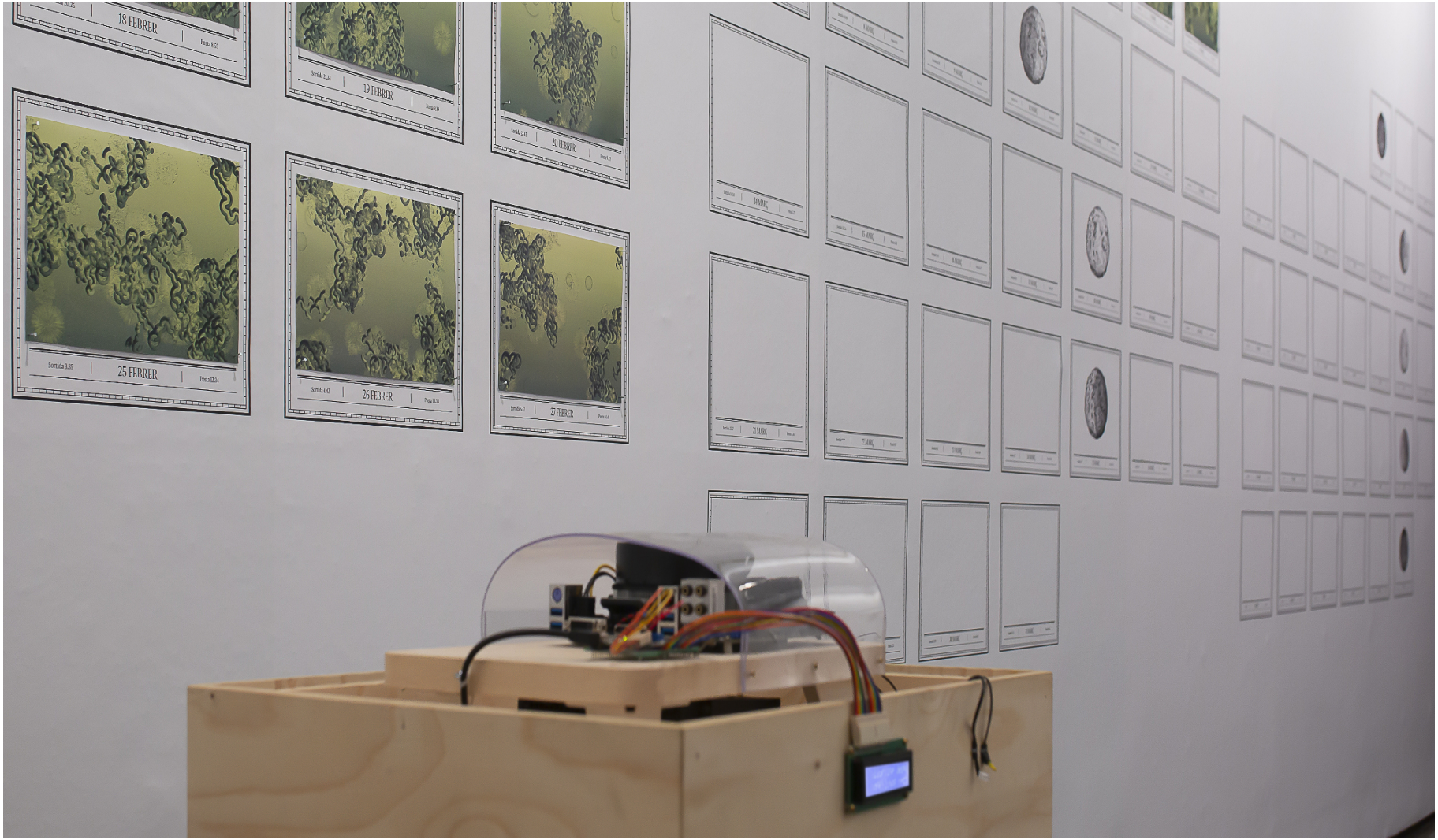

Figura 2.4: Detall de la màquina de *L'algorisme despullat* amb el calendari lunar i dibuixos a la paret de darrere.

Figura 2.5: Actualitzant la instal·lació de *L'algorisme despullat* en sala amb noves imatges.

Figura 2.6: Màquina de *L'algorisme despullat* i dibuixos col·locats en un format de petits múltiples a la paret de darrere.

2.1.3 Racó geek

L'algoritme que crea els dibuixos que es pengen a la paret és un caminador errant, un *random walker*[7]. A l'inici de cada dibuix el caminant tria un lloc a l'atzar, en l'espai del dibuix, on inicia l'etapa. També tria quantes passes farà, com a molt 1489 i de mitjana unes 1098 aproximadament. A cada iteració[8] de l'algoritme, a cada fotograma, a cada passa, el caminant decideix avançar 20 píxels cap al nord, cap al sud, cap a l'est o l'oest, no pot triar cap altra direcció. El caminant ha de fer girs, passes rectes o bé giragonses grans. No ha d'arribar enlloc, només passejar, amb passes de 20 píxels, pot tornar enrere o trepitjar llocs on ja ha estat. És aquest camí de girs i passes, aquest trajecte, el que es va pintant i queda traçat en el dibuix final. Un dibuix estàtic que, com un llenç a l'oli, ha anat acumulant pintura i ara dibuixa la ruta, el passeig final, que ha fet el caminador errant, vegeu les imatges 2.7, 2.8 i 2.9.

Cada dia s'executa i es posa en funcionament el mateix algoritme de dibuix. El caminador errant interpreta totes les instruccions en ordre una rere l'altra des del principi. La diversitat de camins i trajectes que es dibuixen al llarg dels 3 mesos sorgeixen de cert atzar[9] que s'ha afegit a l'algoritme. Aquest atzar programat està molt acotat en aquest projecte. Simplement s'usa per a decidir la direcció en que avança el caminador errant: amunt, avall, esquerra o dreta –nord, sud, est i oest-. L'atzar programat fa que el caminador avanci cap a la dreta un 25% del total de passes que fa, cap a l'esquerra un 25% del total de passes, cap amunt un 25% i cap avall un 25%. Aquesta és una decisió conscient: dotar de molt poca aleatorietat i atzar a l'algoritme i no promoure cap direcció per a avançar enfront les altres. Aquesta neutralitat busca no esbiaixar l'experiment i permetre que aflorin visualment les influències lunars o altres atzars còsmics. A més, l'algoritme de dibuix no sap la data en què s'executa, ni té memòria, ni emmagatzema dades de cap tipus, ni mira els dibuixos anteriors o consulta res. Simplement, cada dia, pinta i dibuixa passes i girs de la mateixa manera, sempre amb els mateixos colors i seguint les mateixes instruccions, en el mateix ordre.

[7] ***random walk*, camí errant, camí aleatori**: un procés aleatori que descriu una marxa que consisteix en una successió de passes a l'atzar en el pla (o l'espai).

[8] **iteració**: acció de repetir, executar de nou un codi, un algoritme.

[9] **atzar**: conjunt de causes desconegudes que produeixen un efecte no previsible en un fenomen.

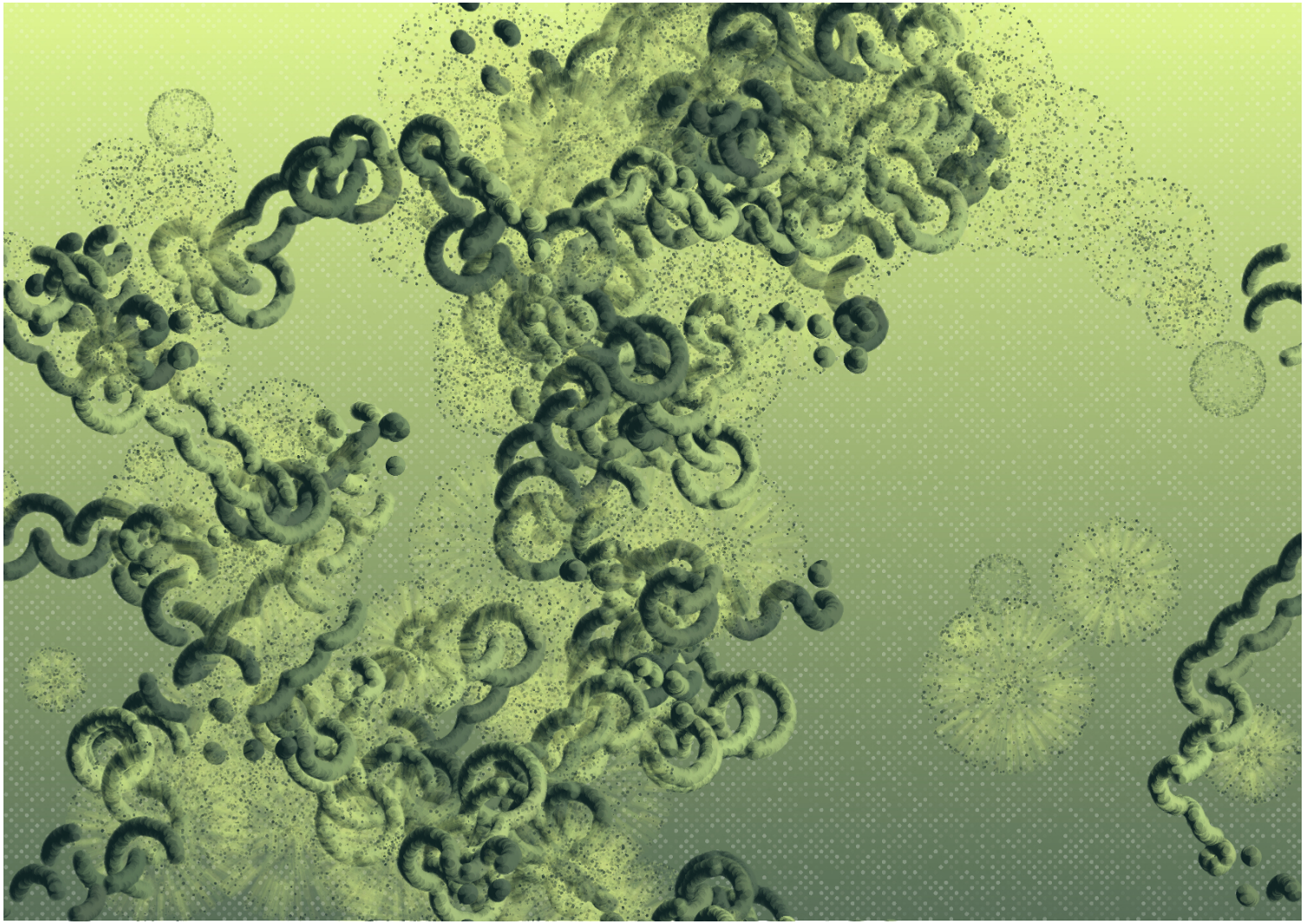

Figura 2.7: Execució del dia 1 d'abril de l'algoritme de dibuix de *L'algorisme despullat*.

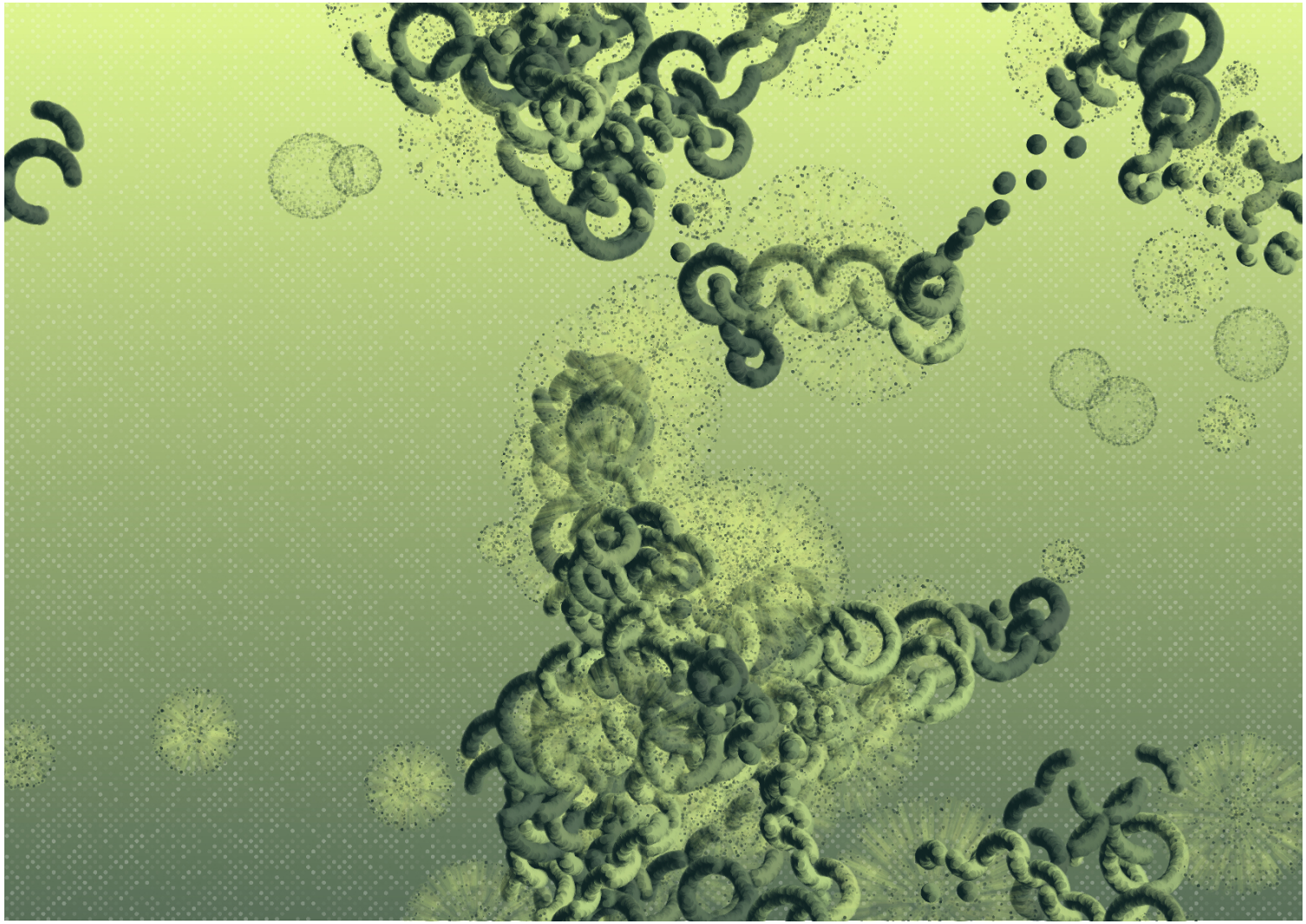

Figura 2.8: Execució de dia 2 d'abril de l'algoritme de dibuix de *L'algorisme despullat*.

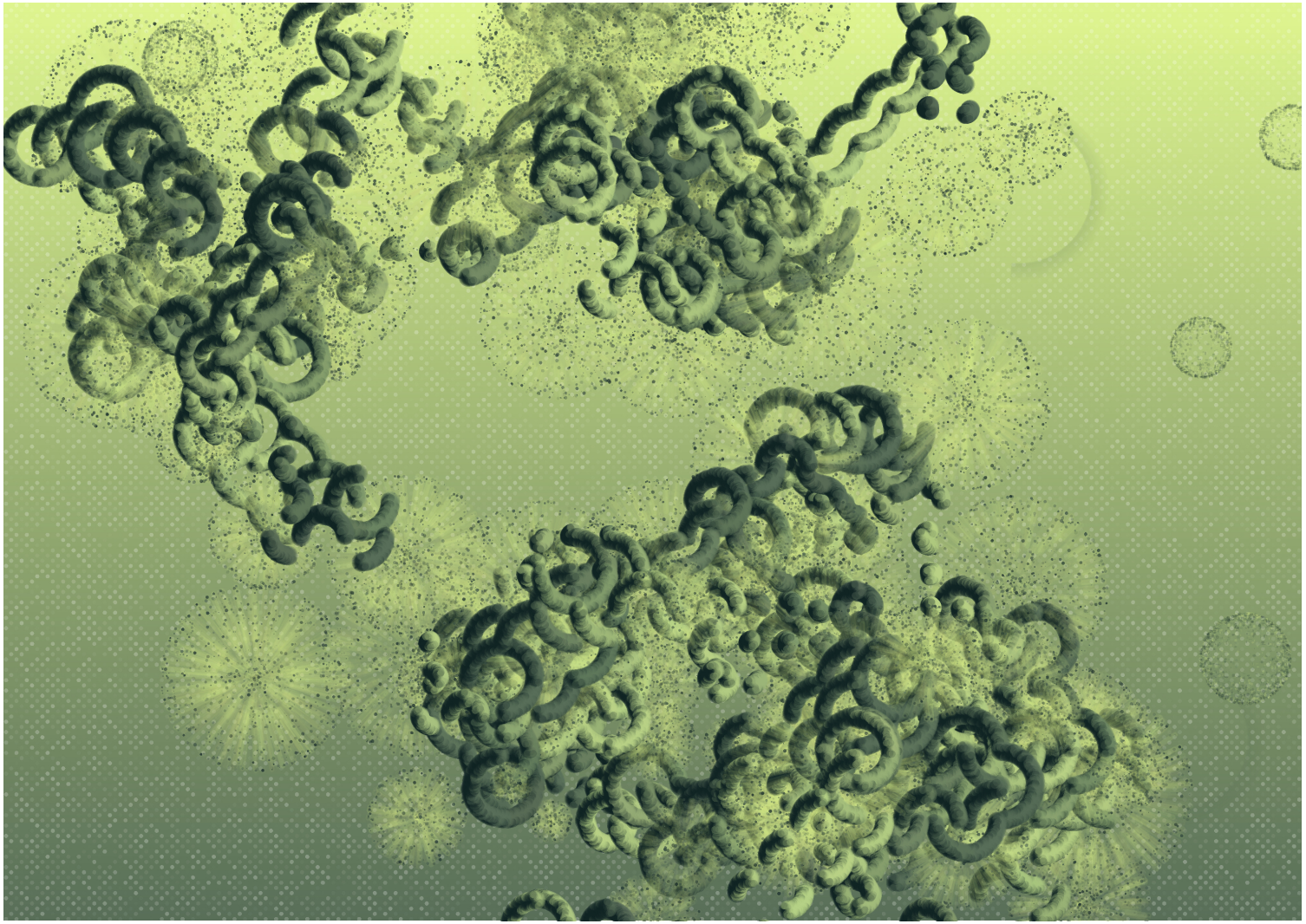

Figura 2.9: Execució del dia 3 d'abril de l'algoritme de dibuix de *L'algorisme despullat*.

2.2 Trossets

Trossets és un projecte gràfic abstracte marcadament geomètric que explora la diversitat que pot arribar a crear un projecte d'art generatiu de sèrie llarga, vegeu el punt 2.2.1 i la imatge 2.10. Combinant 13 rajoles en una graella, el sistema genera patrons interminables amb un resultat únic a cada execució. Els blocs fonamentals de construcció usen formes geomètriques senzilles –línies, cercles i arcs– de colors plans, per tal de no esbiaixar visualment la sensació de diversitat amb excessius detalls gràfics, degradats de color o altres tècniques pictòriques. La proposta colorista i geomètrica s'inspira en l'art òptic[10]. però sense buscar cap mena d'il·lusió òptica o de moviment en el resultat final.

L'algoritme crea dibuixos que sorgeixen de la combinació de rajoles quadrades que se solapen una mica, arranjades en una graella endreçada en files i columnes. ¿Un sistema algorítmic que segueix sempre les mateixes instruccions i que pinta en una estructura de graella ordenada pot crear combinacions que donen lloc a tot un ventall de resultats únics i diferents? ¿I aconseguir-ho sense abusar de l'ús de l'aleatorietat? *Trossets* proposa explorar aquestes preguntes. Explora com la diversitat[11] pot manifestar-se en sistemes que dibuixen patrons que usen pocs elements gràfics repetitivament.

Trossets es va crear a la galeria en línia ArtBlocks la tardor del 2021 i va constar d'una sèrie de 1000 peces que s'exposen digitalment en aquesta plataforma web (Carreras 2021a). Posteriorment, algunes d'elles es van exposar el juny del 2022 al Reial Cercle Artístic de Barcelona en l'exposició col·lectiva NFTBcn, vegeu la foto 2.11.

2.2.1 Treballar la diversitat en els projectes d'art generatiu de sèrie llarga

Trossets és un projecte d'art generatiu de sèrie llarga. I aquest format té les seves particularitats.

[10] **op art**: abreviació d'*optical art* en anglès, art òptic, és un moviment pictòric d'art abstracte geomètric sorgit a finals dels anys 50 que busca jugar amb la percepció, la il·lusió òptica i la il·lusió de moviment.

[11] **diversitat**: qualitat de divers: de múltiples aspectes, de caràcter diferent, de distinta mena.

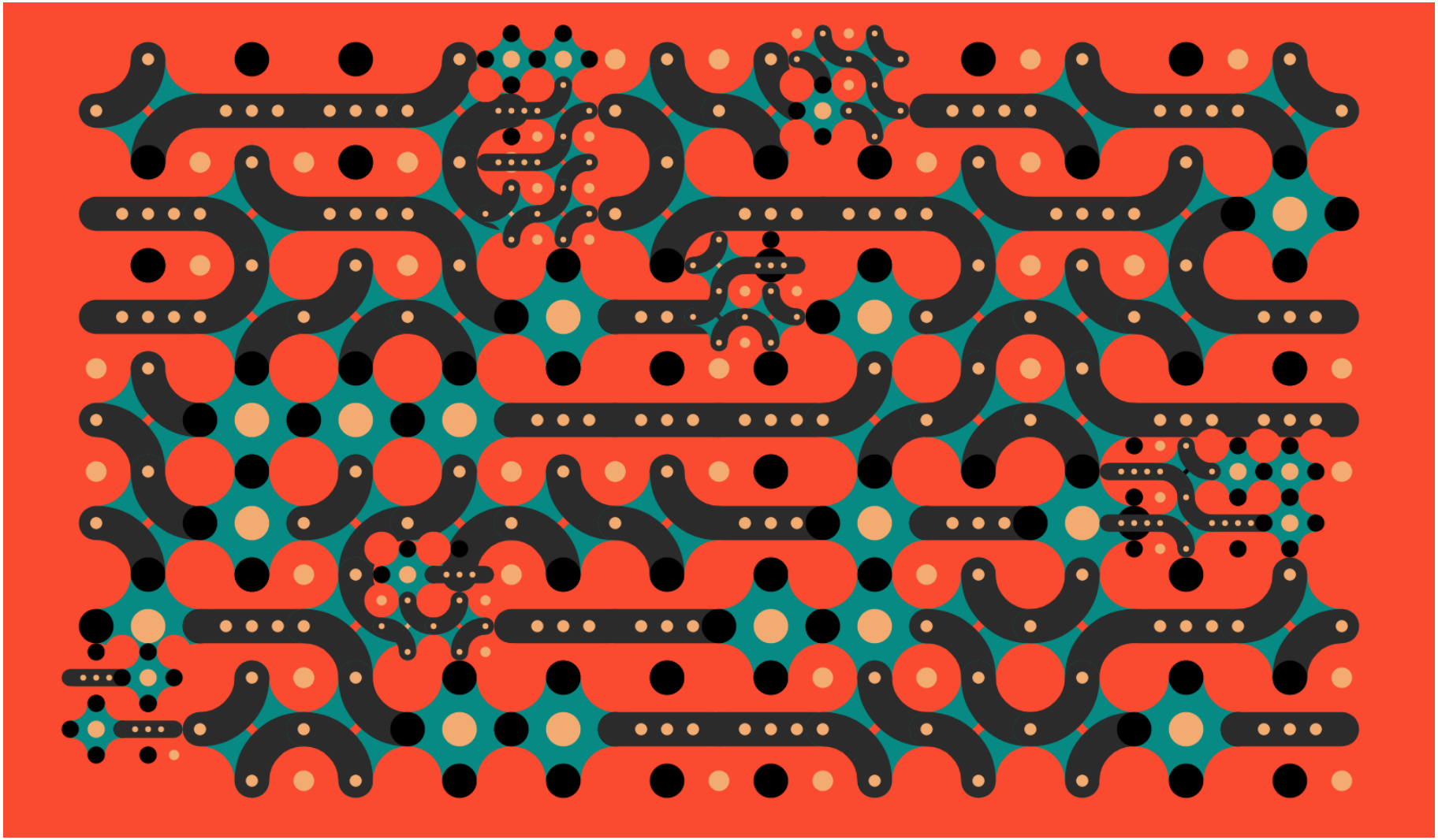

Figura 2.10: *Trosset* Rinkeby #000.

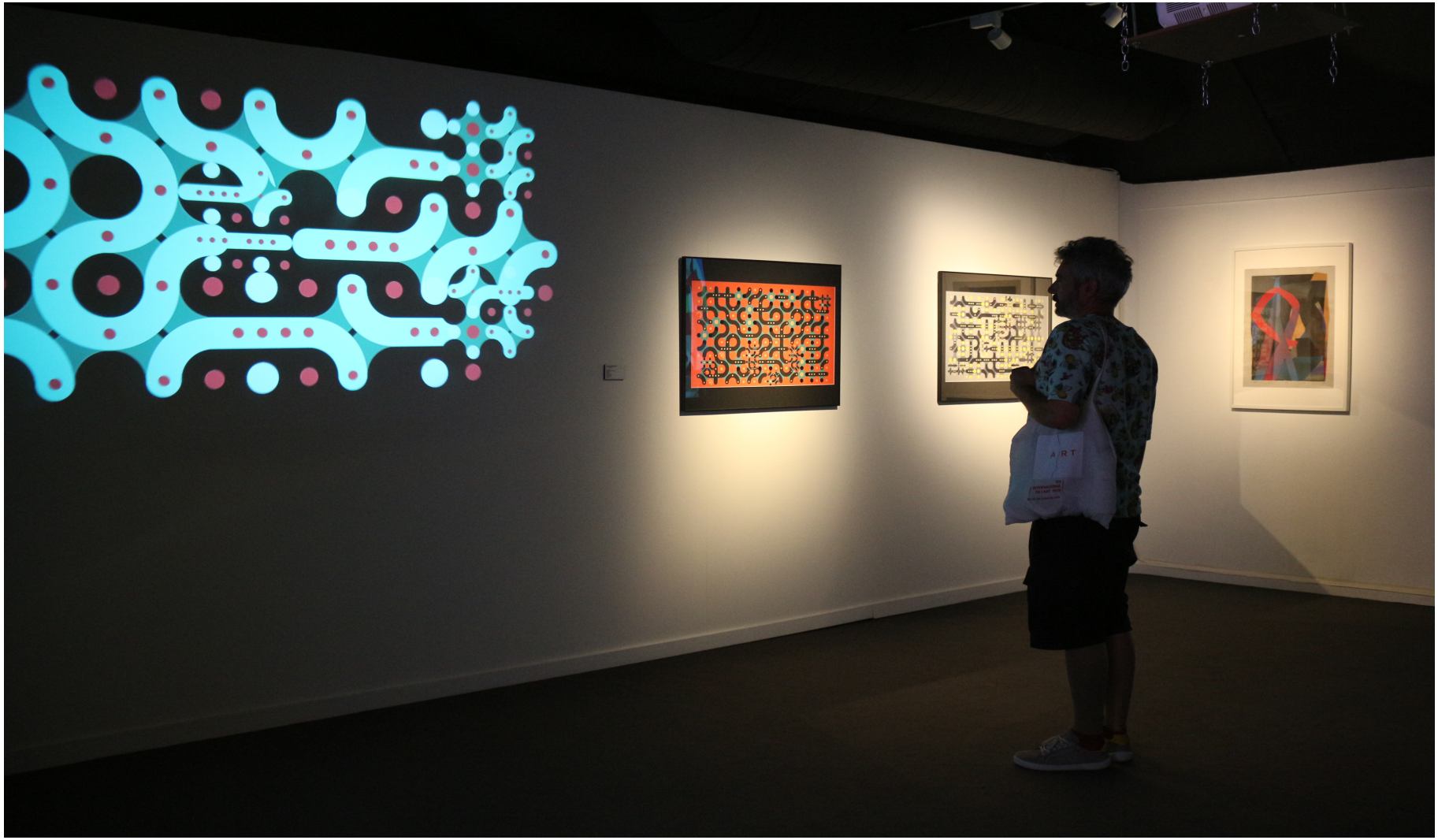

Figura 2.11: *Trossets* exposats al Reial Cercle Artístic de Barcelona.

El terme art generatiu de sèrie llarga, *long form generative art*, és un concepte molt nou en l'espai de l'art generatiu –pràctica artística que ja veurem al capítol 3.2.8 que va néixer als anys 60. El terme va acunyar-lo Tyler Hobbs el 6 d'Agost del 2021 a l'article en línia titulat "The Rise of Long-Form Generative Art" (Hobbs 2021b) just després de crear el projecte *Fidenza* a la galeria en línia ArtBlocks l'estiu del 2021 (Hobbs 2021a). El terme encara comporta discussió a la comunitat d'artistes generatius, vegeu per exemple una discussió animada per l'artista Lia Something, una de les artistes veteranes de l'art generatiu amb més de 25 anys d'exercici, (Something 2022); i com hi aprofundeix i ho matisa en altres converses (Deafbeef i Something 2021).

Hi ha una discussió i converses en marxa en diferents fòrums en línia on ens trobem els artistes de la comunitat d'art generatiu per a trobar la nomenclatura adequada per a aquesta mena de projectes. No ens posem d'acord, però a falta d'una manera d'anomenar-ho, s'ha estès el terme *long form generative art* i la comunitat d'artistes, aficionats, galeristes, col·leccionistes i tot l'ecosistema de l'art generatiu ho ha adoptat *de facto* com a propi.

Galeries en línia especialitzades en art generatiu com *ArtBlocks*, *Feral File*, *Endless Ways* o *FxHash*, han aconseguit que l'artista publiqui l'algoritme d'un projecte en comptes de les obres. L'artista especifica la mida de la sèrie d'aquell projecte, és a dir, quantes execucions de l'algoritme estaran disponibles per a ser exposades i venudes per la galeria. Quan un col·leccionista demana i compra en línia[12] una obra de la sèrie ho fa, diguéssim, a cegues. Desconeix exactament com és l'obra que compra, no l'ha vista a priori. En aquell instant l'algoritme s'executa automàticament, sense cap intervenció per part de l'artista, per generar una nova peça gràfica de la sèrie, única i irrepetible. Ningú, ni el col·leccionista, ni la galeria, ni l'artista, sap exactament què es generarà i quina obra obtindrà. El que sí que es coneixen són altres peces del mateix algoritme que es presenten abans de la inauguració oficial de la exposició per mostrar les possibilitats d'aquell projecte. Però la gamma final de peces que conformarà la sèrie del projecte és una sorpresa per a tothom. En aquesta manera d'exhibir i col·leccionar l'obra, el codi i cada obra d'art de la sèrie es consideren tot el projecte. La peça final d'art és l'expressió d'un tot més gran: la sèrie, que és en el fons l'algoritme que l'artista

[12] **en línia**: dit del recurs controlat per un ordinador o per un sistema informàtic i amb el qual, mentre dura aquesta situació, es pot establir connexió operativa sense intervenció humana significativa.

ha publicat i el conjunt de regles que han creat cada peça.

Aquesta idea comparteix moltes semblances amb l'art conceptual basat en instruccions. Per exemple, amb les obres seriades de Sol Lewitt titulades *Wall Drawings* (*Massachusetts Museum of Contemporary Art. Sol LeWitt: A Wall Drawing Retrospective* 2021) que mai va pintar personalment i que es basen en instruccions per a qui pinta els murs, qui executa i realitza la obra. En les peces de Lewitt intervenen, per tant, les decisions de l'executor. L'aleatorietat apareix en les seves tries i decisions, en com interpreta les indicacions, algunes vegades pretesament vagues, de l'artista. En el cas de l'art generatiu de sèrie llarga, el fet aleatori és totalment matemàtic i per tant no depèn d'interpretacions, no hi intervé cap persona, només l'algoritme i el *random* pseudoaleatori. La variació i la diversitat que aquest atzar matemàtic pot aportar és menor i el repte és construir un sistema de dibuix que ho compensi en el resultat gràfic.

Tradicionalment els projectes d'art generatiu incorporaven maneres de treballar i de produir diferents dels projectes d'art generatiu de sèrie llarga.

Per una banda, alguns artistes com Alba Corral (*Pàgina web de l'artista*) o Andrew Benson (*Pàgina web de l'artista*) performen l'algoritme. Aquests artistes incorporen el traç de dibuix en la seva pràctica, –preparen algoritmes generatius de dibuix com si fossin pinzells propis, que no posseeix cap altre artista, i que després poden aplicar sobre el llenç digital traçant amb ells textures úniques que es dibuixen seguint el gest i es generen al moment -. Altres artistes, com Marcel Schwittlick en el seu darrer projecte *Composition #83* (Schwittlick 2023), recullen i enregistren tots els seus moviments de ratolí, la interfície. Després manipula les dades del moviment i les afegeix a la peça tot barrejant composició humana amb la composició precisa i digital de la màquina.

Per altra banda, gairebé sempre hi ha un pas final de cura de continguts, l'artista fa de curador de continguts[13]. I com ho fa això? L'artista genera tantes peces com vol d'un projecte i després tria de forma subjectiva i personal un petit conjunt de peces que li semblen representatives de l'algoritme o que destaquen entre les altres, són les seves preferides. Aquesta selecció són les obres que es presentaran i s'exposaran al públic.

[13]**curador de continguts**: persona que s'encarrega de buscar, seleccionar, organitzar i compartir informació en línia que pugui ser rellevant per a una comunitat determinada.

Observeu aquestes dues diferències clau entre la manera tradicional de treballar i exposar els projectes d'art generatiu i els projectes de sèrie llarga. En primer lloc, la peça o les peces no es poden performar, tot ha de ser automàtic. En segon lloc cada peça final d'una sèrie s'obté sense intervenció o cura per part de l'artista.

Les 1000 peces que formen la sèrie del projecte *Trossets* es van treballar afrontant aquestes diferències a l'hora de crear un projecte generatiu de sèrie llarga. Cadascuna és un dibuix únic i diferent, és clar, i són peces estàtiques, no són animades. L'algoritme tria automàticament una paleta de colors, es pinta el fons, es construeix la graella del *Trosset* i es pinten les rajoles en cada quadrat de la graella, vegeu 2.2.3.

Aquest projecte no és interactiu, no reacciona a cap intervenció de l'espectador, ni evoluciona, ni es belluga. Hi ha d'altres projectes exposats en la mateixa galeria digital que els *Trossets* que sí que ho són: per exemple el projecte de Marcelo Soria Rodríguez titulat *Entretiempos* (Soria-Rodríguez 2022) que és animat i interactiu i s'hi pot intervenir amb el teclat; o el projecte de Juan Pedro Vallejo, *Interferences* (Vallejo 2022), que és interactiu i proposa interacció amb el ratolí o el gest de tocar la pantalla.

Una galeria en línia per a peces en format digital permet precisament això, les obres poden ser animades. Les obres animades generatives tenen la particularitat que es creen al moment, és a dir, que no són un vídeo amb inici i final. Són una animació en moviment que es va creant i dibuixant fotograma a fotograma en l'instant que s'observa i per tant no es repetirà mai en bucle[14], en *loop*. Com a exemple es pot veure la peça *Arrels* a la galeria digital Feral File (Carreras 2021c). Vegeu-la animada a: `https://cdn.feralfileassets.com/previews/43c29566-9fad-42ce-aab9-1c4947164d94/1615728457/?edition_number=0&blockchain=bitmark?edition_number=0&blockchain=bitmark`

En una galeria en línia per a peces en format digital les obres poden ser animades o bé poden ser interactives o bé poden incorporar dades d'Internet en temps real[15], per exemple l'obra pot saber el temps que fa en alguna localitat o la data. *Gazers* de Matt Kane (Kane 2021) o bé *CENTURY*

[14] **bucle**: seqüència d'instruccions que s'executa de manera repetitiva.

[15] **en temps real**: dit del sistema en què el resultat que dibuixa és simultani o gairebé simultani a la causa, que pot ser bé una interacció o el pas del temps.

2052 de Casey Reas (Reas 2022) són projectes que varien vinculats a esdeveniments del calendari i per tant l'algoritme coneix la data del dia en què es troba.

Tots els *Trossets* són peces estàtiques que no incorporen cap mena de dades. La decisió de fer-ho així és totalment conscient i volguda per tal d'explorar la diversitat de resultats observant totes les peces de la sèrie en conjunt; sense afegir-hi cap capa o dada extra, cap artifici, que ho pugui emmascarar o dificultar. El projecte se centra en explorar les característiques dels sistemes generatius, l'espectre de resultats diversos que pot generar un mateix algoritme, i concretament ho investiga en el context d'un projecte d'art generatiu de sèrie llarga que implica certes decisions en la forma de crear que constrenyen la diversitat. Són peces estàtiques digitals que en algun cas s'han imprès en giclée, vegeu la foto 2.43.

És una visió comuna entre artistes que han treballat en projectes d'aquesta mena que la diversitat de resultats d'un projecte curat és menor que la diversitat de resultats d'un projecte de sèrie llarga (de Courville 2021; Hobbs 2021b; Rayner 2023).

En un projecte on l'artista cura els continguts i tria les peces finals, que podem anomenar projecte d'art generatiu de sèrie curta, l'artista pot prendre més risc a l'hora de treballar l'algoritme, perquè aquelles peces que li semblen lletges visualment les pot descartar i centrar-se en buscar les poques peces menys freqüents, creades per una execució excepcional del sistema, que destaquin per sobre les altres.

En canvi, en els projectes de sèrie llarga, cada obra d'art representa un viatge únic de càlculs i dibuix a través de l'algoritme, i la sèrie completa representa una exploració profunda de l'espai latent d'art possible que pot produir l'algoritme. L'artista exposa totes les possibilitats del sistema, totes les iteracions i viatges són viables, fa un acte d'honestedat i transparència a cegues. Es treballa el projecte per a crear tot un ampli ventall de resultats únics i que es distingeixin entre si, però dins una consistència i coherència estètica que unifiqui tota la sèrie. Per això es tendeix a descartar opcions extremes o rares que puguin donar lloc a resultats lletjos. L'augment de la varietat pot produir valors atípics que se situen fora de la nostra visió artística desitjada, de manera que cal assolir un equilibri delicat entre varietat i coherència global unificada. Cal que cada peça es pugui reconèixer com a única i pertanyent al conjunt del projecte però s'esquiven les opcions poc freqüents, les rareses.

Aquestes limitacions a la varietat incentivades pel fet de crear una obra en un format de sèrie

llarga podrien semblar contraproduents per a l'exploració de *Trossets* que se centra en la diversitat. Però, en canvi, enfoquen i acoten la recerca, ja que la diversitat de resultats que apareixen en els *Trossets* recau principalment en l'algoritme que els crea, no en la tria personal.

Hi ha una pàgina web que analitza l'algoritme i classifica matemàticament les rareses de cada Trosset i els endreça segons si n'hi ha molts d'altres de semblants o si són més rars (Wist 2021). Al meu entendre, cal mirar i remirar tota la col·lecció per a poder apreciar la varietat i la diversitat de tots els que es van crear. Però, com a curiositat, estadísticament el *Trossets* més rar és el número #931, vegeu-lo a la imatge 2.12, el segon *Trossets* més especial és el número #508 i el cinquè el #517, vegeu-los a les imatges 2.13 i 2.14. Són rars perquè tenen un detall de 3 franges de color a les anelles i una composició poc freqüent. La composició que es va codificar a l'algoritme amb menor probabilitat d'aparèixer era la de *Trossets* verticals i es correspon amb el més rar el número #931, que ja hem vist abans. Per altra banda, els més semblants són el #100, #209, #296, #699 i #863, vegeu-los a les imatges 2.15, 2.16, 2.17. I feu una ullada a tota la col·lecció per a veure les formes i *Trossets* diferents que es van crear a partir de 13 blocs de construcció que s'anaven entrellaçant en una graella endreçada.

2.2.2 Formalització

Trossets és un projecte format per una sèrie de 1000 *Trossets* digitals que s'adapten a la mida de qualsevol pantalla, sempre mantenint les seves proporcions i estructura en graella, sense deformar la peça. Això vol dir que no són una imatge digital estàndard guardada en un format conegut i habitualment usat, no son un .jpg, .png, .tiff o .tga. Quan s'observa un *Trossets* a la galeria *ArtBlocks* on estan exposats, és quan es renderitza i es creen i dibuixen els píxels de la imatge en pantalla, en aquell precís moment i seguint l'algoritme que els crea. Es pot capturar aquesta imatge creada amb diverses estratègies –fent una foto de la pantalla o bé fent una captura de pantalla, per exemple– i convertir la renderització a un format estàndard i habitual d'imatge digital. Però la natura i essència dels *Trossets* no és aquesta, no és la d'imatge digital estàndard, sinó la de codi que genera els píxels i la imatge digital al moment d'observar-la, adaptant-se a les mides de la pantalla on ho vulguem veure.

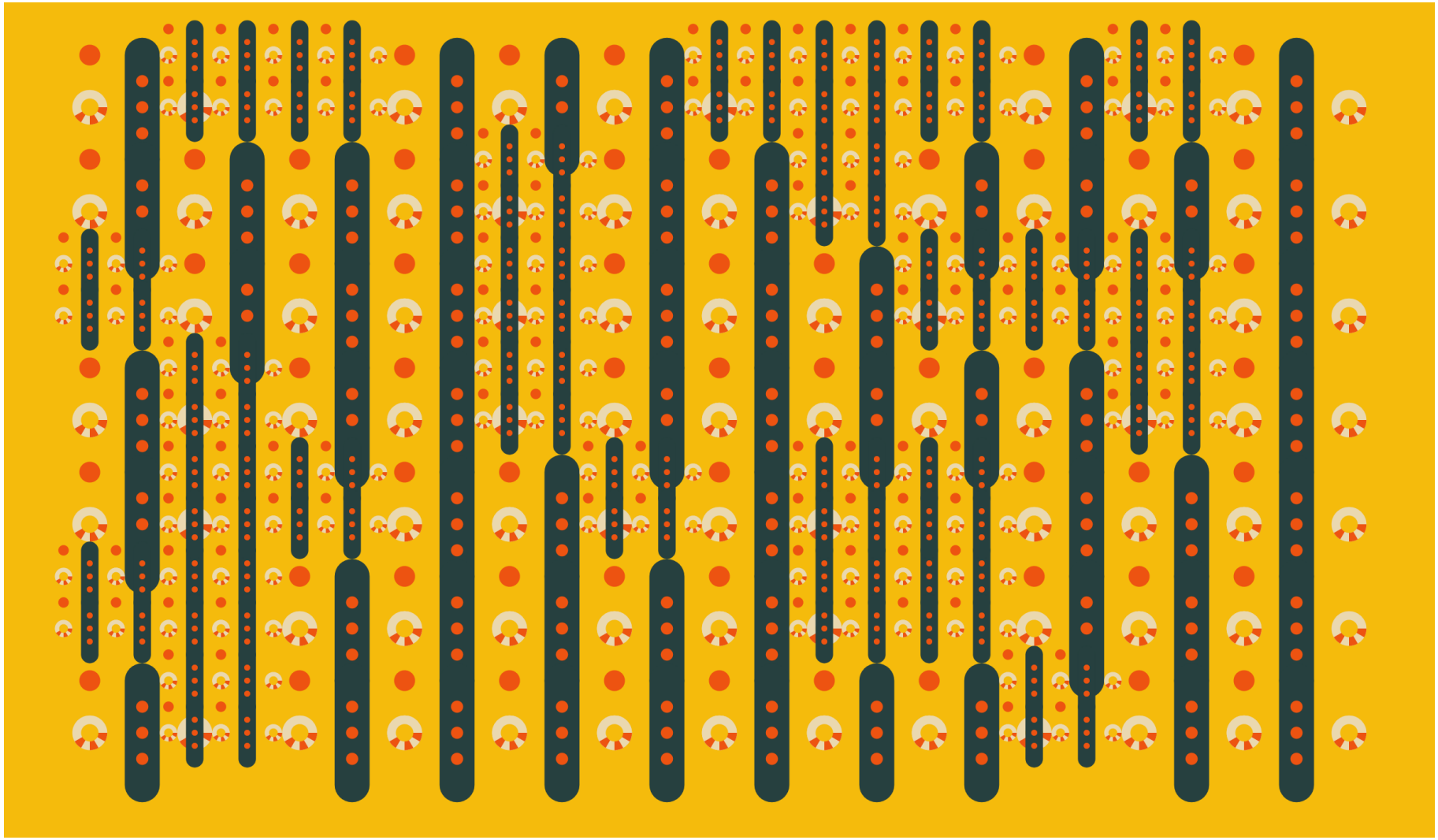

Figura 2.12: *Trosset* #931, el més original de tots.

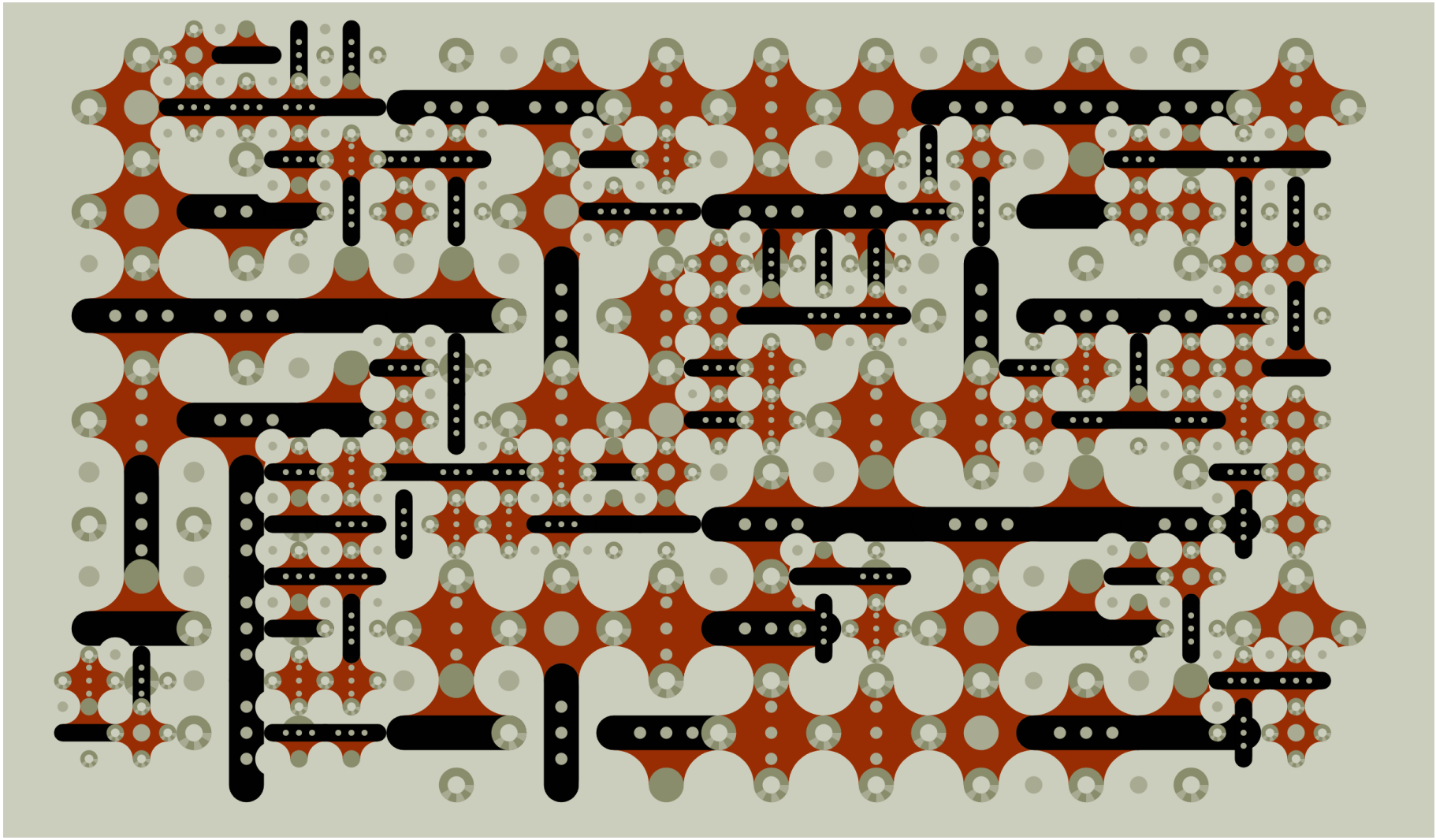

Figura 2.13: *Trosset* #508, el 2on més original de tots.

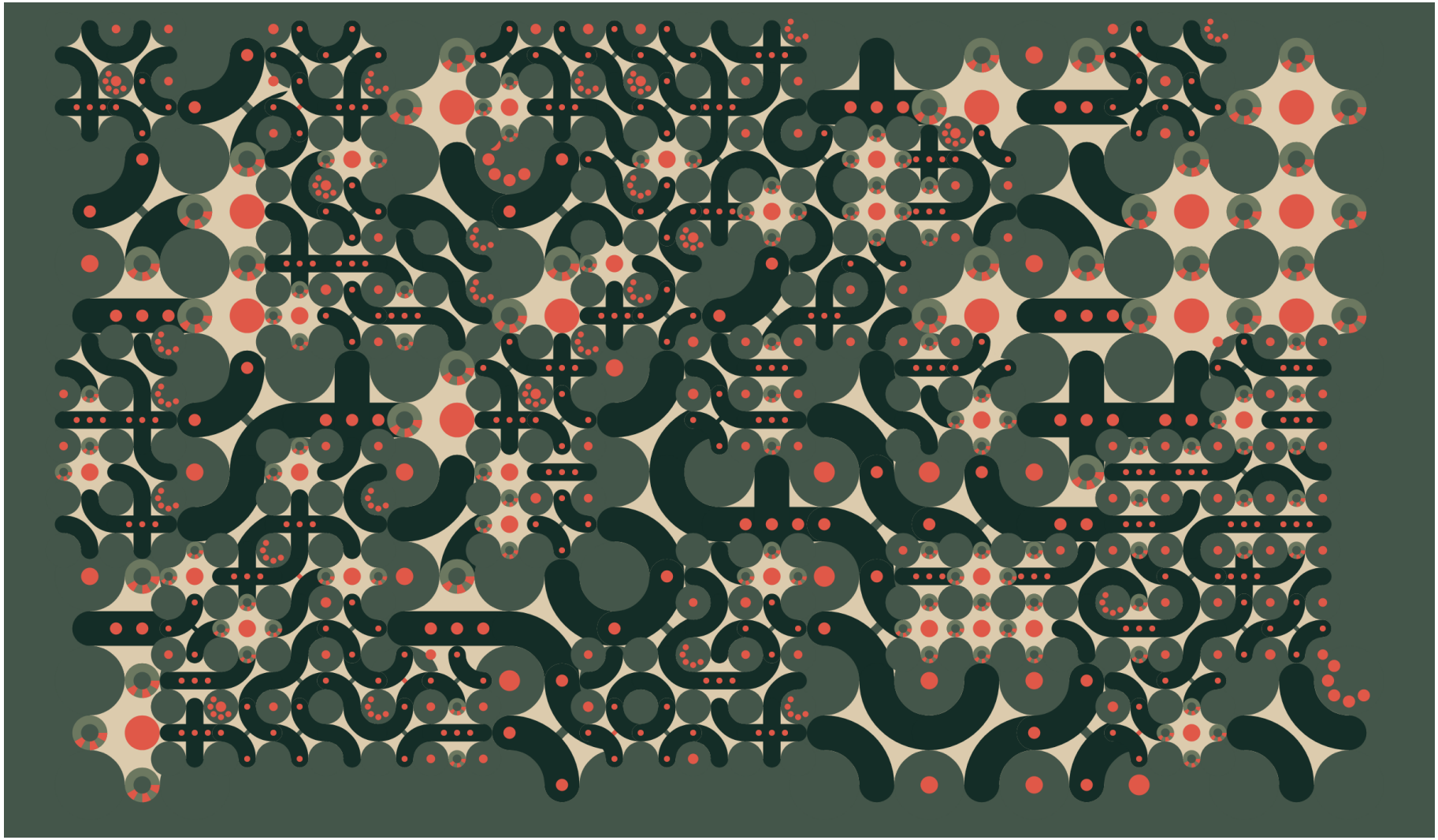

Figura 2.14: *Trosset* #517, el 5è més original de tots.

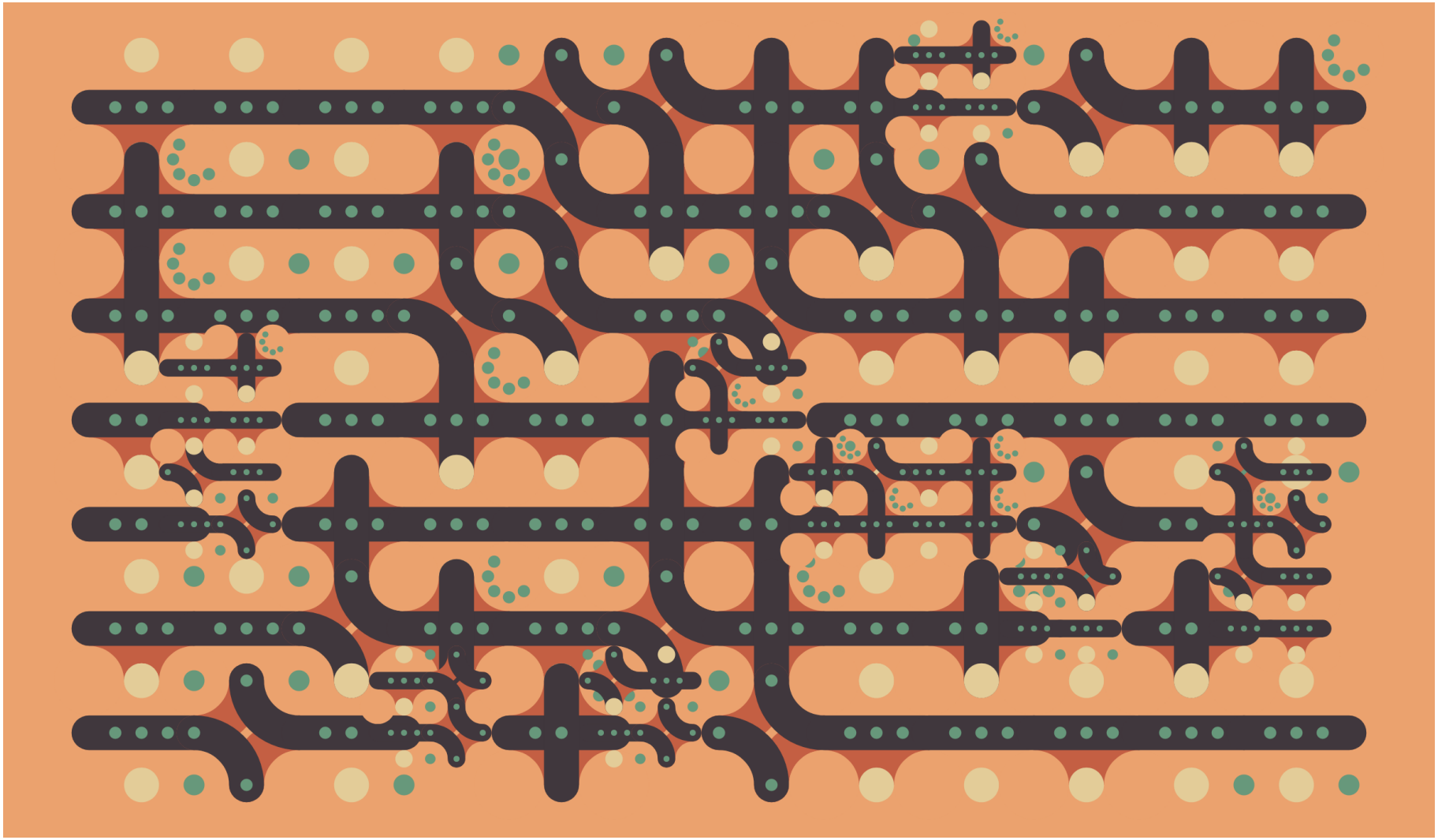

Figura 2.15: *Trosset* #100, un dels menys originals i menys rars de tots.

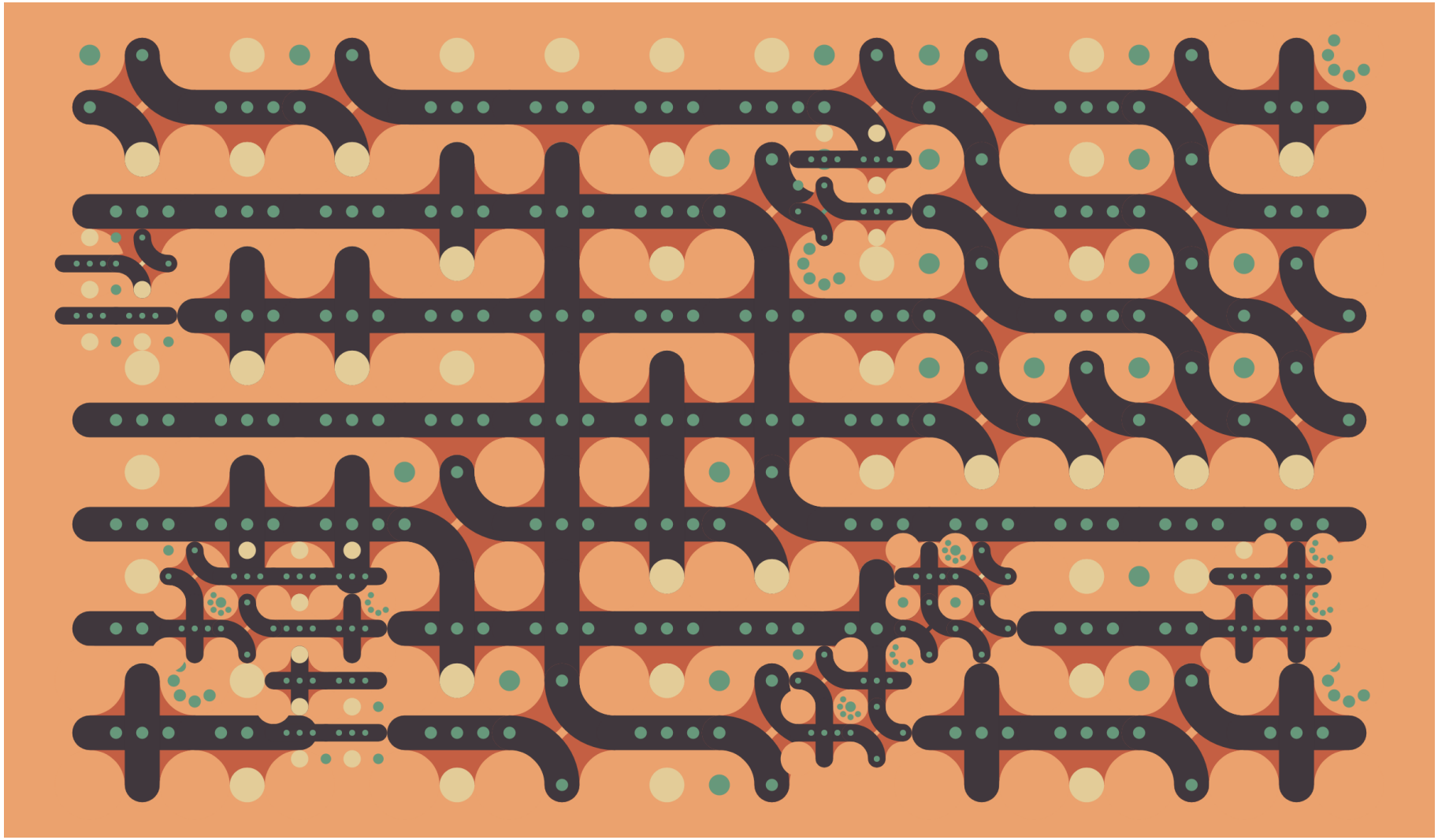

Figura 2.16: *Trosset* #209, un dels menys originals i menys rars de tots.

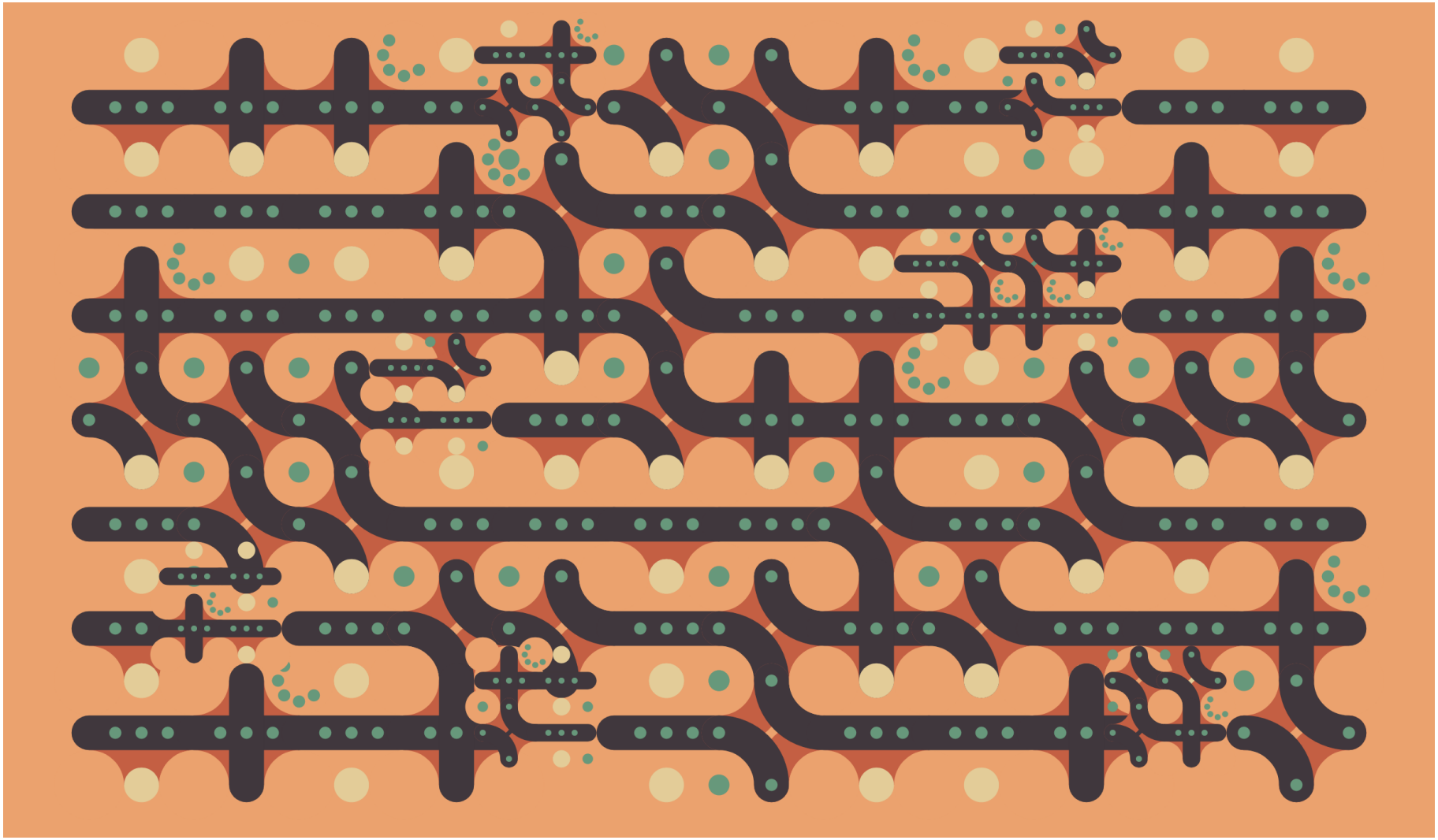

Figura 2.17: *Trosset* #296, un dels menys rars de tots.

2.2.3 Racó geek

L'algoritme que crea cadascun dels *Trossets* està basat en una proposta multiescala dels patrons de Truchet, proposada per Carlson (2018, pàg. 39–44).

Comencem pel principi i poc a poc. Els patrons o rajoles de Truchet, les *Truchet tiles*, sense tota la idea de multiescala, que ja arribarà perquè els *Trossets* també la usen, són una recerca del 1704 que explora els tipus de patrons i dibuixos que es poden fer agrupant endreçadament en una quadrícula un sol tipus de rajola (Truchet 1704). La rajola és quadrada, de dos colors, blanc i negre. Dividida en diagonal, blanca una part i negra l'altra meitat, dibuixa un triangle negre sobre el fons blanc. Aquesta rajola quadrada es va dibuixant una al costat de l'altra, una a sota l'altra per a omplir tota la quadícula, tot l'espai del pla. Cada rajola es pot anar girant al posar-la sobre la quadrícula, vegeu la imatge 2.18, de manera que es dibuixen diversos patrons que segueixen regles de gir i alternança ben senzilles, vegeu la imatge 2.19.

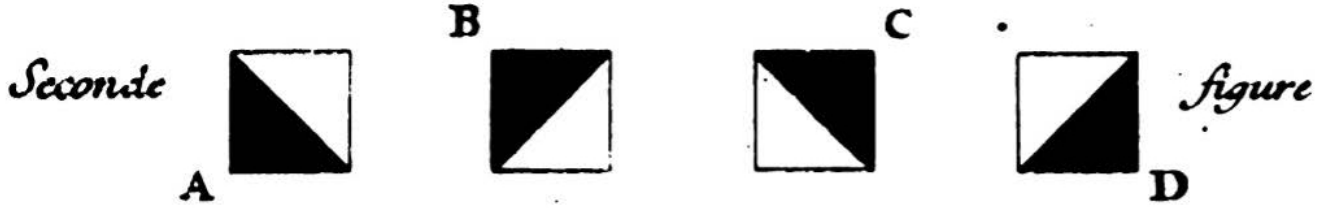

Figura 2.18: La rajola de Truchet A i les altres rajoles que s'obtenen girant la primera.

Aquesta recerca és ben coneguda al món de l'art generatiu perquè es pot automatitzar el dibuix d'aquests patrons a partir d'algoritmes senzills que dibuixen un triangle negre sobre fons blanc i usen repetició, *for loops*, condicions, *if statments*, i a vegades atzar, *random*. L'artista generatiu Frederik Vanhoutte té alguns llibres originals antics d'aquesta recerca, n'és un gran interessat i en fa difusió compartint fotos i dades (Vanhoutte 2023). És un exercici habitual que s'usa per a ensenyar aquests conceptes de programació creativa, com en el llibre Code as a Creative Medium (Levin i Brain 2021, pàg. 18,159), en aquest tutorial en vídeo (StevesMakerspace 2022) i al llibre Generative

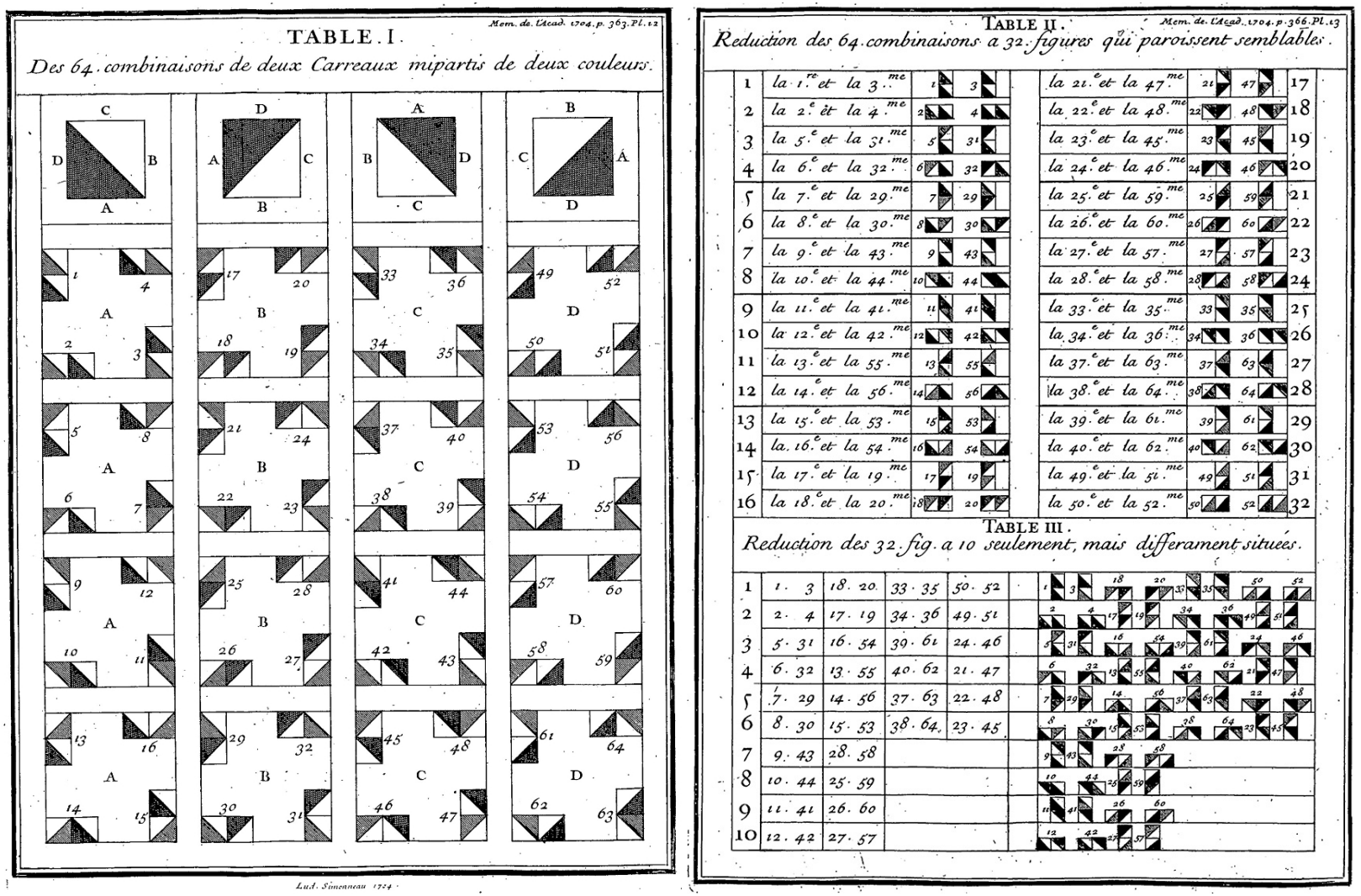

Figura 2.19: Imatges de la Bibliothèque Nationale de France de les exploracions de Truchet.

Design (Bohnacker, Gross i Laub 2012, pàg. 206). El dibuix que es crea encaixant tot de rajoles girades a l'atzar sobre la quadrícula és dels més codificats perquè crea patrons que no es repeteixen i que poden créixer infinitament per a crear estampats de totes mides, vegeu la imatge 2.20.

Posteriorment apareix la idea d'explorar l'ús de dues rajoles acolorides en blanc i negre alternativament (Smith i Boucher 1987), per tant 4 rajoles en total. La primera rajola té fons blanc amb formes negres i la segona fons negre amb formes blanques. Les formes negres de la primera rajola són formes blanques en la segona. Aquestes rajoles proposen unes formes corba a banda i banda de la diagonal de la rajola. Girant la rajola amb orientacions aleatòries i pintant alternativament la primera i la segona rajola es creen un nou tipus de patrons, vegeu la imatge 2.22.

Finalment a partir de la idea anterior, Carlson proposa usar quinze rajoles en blanc i negre amb unes característiques i dibuixos concrets que també van alternant el color, per tant 30 rajoles en total, vegeu 2.21. Les rajoles estan dissenyades per a que es puguin barrejar rajoles de certa mida, rajoles que mesuren la meitat, $1/2 xmida$, rajoles que mesuren 1/4 de la primera rajola, rajoles que fan la meitat de l'anterior $1/8 xmida$, i així anar fent, vegeu la imatge 2.21 altre cop. Es poden barrejar sempre que es conservi cert solapament entre rajoles, vegeu 2.23. En usar rajoles de diferent mida es creen patrons multiescala, vegeu la imatge 2.24 on emergeixen noves formes interessants.

La idea de graelles multiescala permet crear moltíssimes recerques gràfiques interessants, vegeu totes les propostes gràfiques de Mike Brondbjerg en aquest fil (Brondbjerg 2021). Si com a elements gràfics dins la graella dibuixem les rajoles de Carlson, obtenim els patrons de Truchet multiescala.

I ara sí, els *Trossets* són una proposta que usa només 13 rajoles, sense alternar-ne el colors i que es poden barrejar amb multiescala, vegeu 2.25. Els blocs usats pel sistema tenen més colors i detalls de decoracions per a fugir del blanc i negre dels seus predecessors ja que són una exploració visual i no tant una exploració matemàtica.

L'algoritme crea la graella on es dibuixaran aquestes rajoles. Hi ha 3 tipus de graella, de 6x3, 9x5 i 12x7, vegeu imatges 2.26, 2.27 i 2.28. Després l'algoritme tria a l'atzar quins quadrats de la graella s'ompliran amb rajoles petites, de mida 1/2 de l'original. És el que s'anomena subdivisió[16]

[16]**subdividir**: tècnica que s'usa en sistemes generatius i que divideix en parts les parts o alguna de les parts en què ja s'havia dividit un tot.

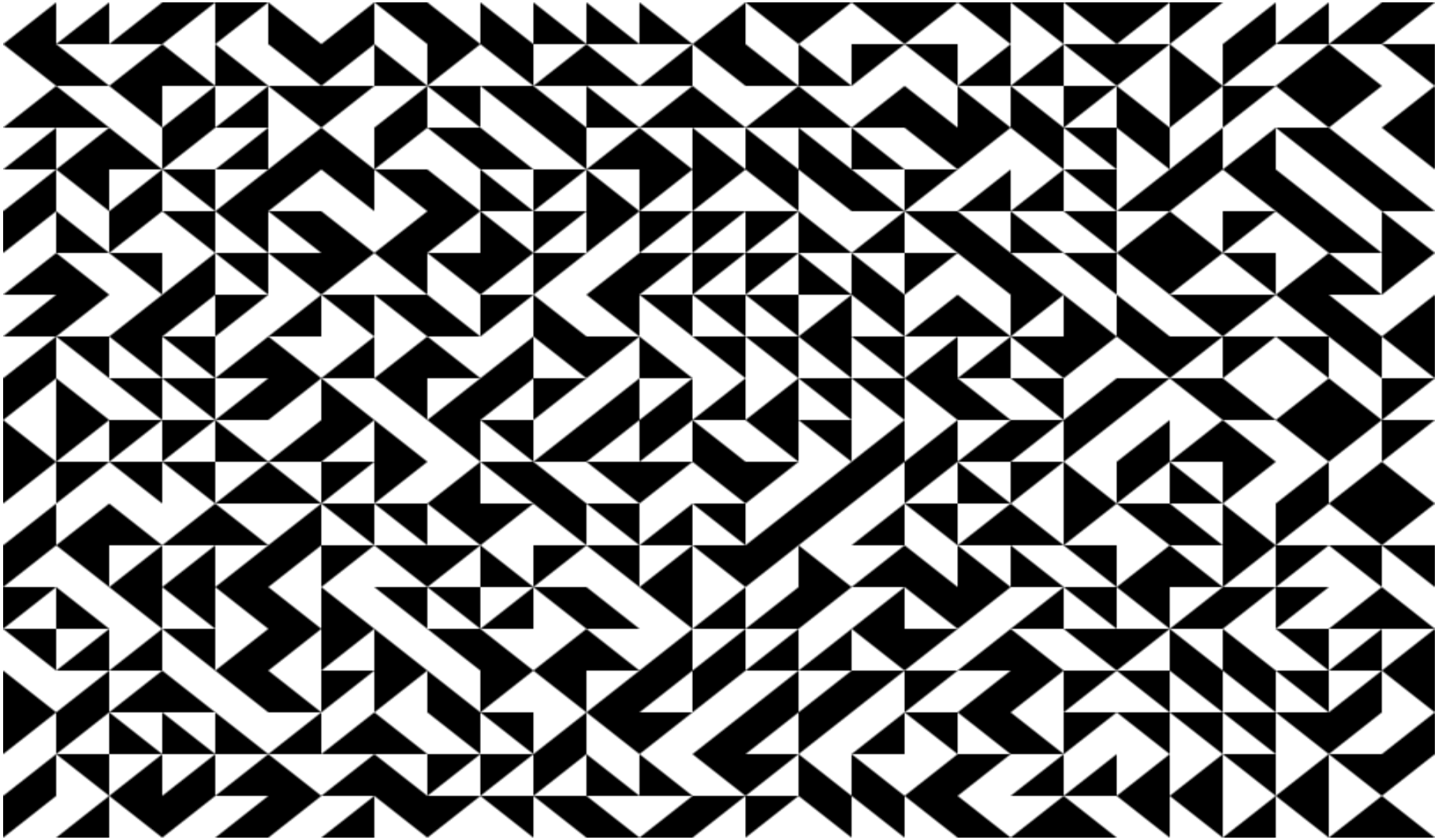

Figura 2.20: Patró de Truchet creat girant la rajola de manera aleatòria per a encaixar-la a la graella.

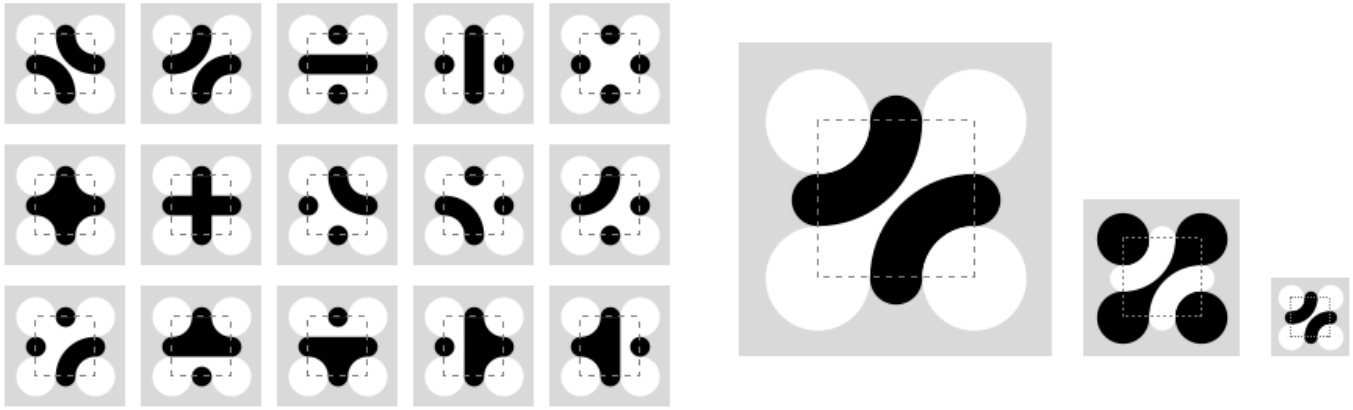

Figura 2.21: Les 15 rajoles de Carlson (a). Rajola de mida 100%, mida 50% i mida 25% alternant colors (b).

on quadrats individuals de la graella es converteixen en una graella de quadrats petits.

L'algoritme de *Trossets* només subdivideix la graella un cop per a no afegir excessiva diversitat als resultats jugant amb aquest recurs, vegeu les imatges 2.29 i 2.30. Aquestes rajoles petites, per altra banda, donen lloc a la multiescala i afegeixen a la peça detalls. Segons Hobbs (2018) aquests detalls arrodoneixen el resultat artístic i l'algoritme de *Trossets* els afegeix amb aquesta intenció: per completar la peça i fer evident, visualment amb les formes geomètriques, les diferents escales. La subdivisió promou que apareguin petits detalls sorprenents allí on se solapen les rajoles de dues mides. I amb això de sorprenents vull dir que en aquests encaixos de diverses mides les formes geomètriques simples que s'usen es trepitgen, es tallen, s'encavalquen i es molesten. I aquests desajustos afegeixen detalls insospitats que no estan codificats en l'algorisme però que dibuixen bonics errors.

Els *Trossets* amb més rajoles, els que tenen una graella, de 12x7, poden subdividir-se més. El 12% d'aquests *Trossets* tindran moltes rajoles de mida petita i poques de grans, vegeu les imatges de la figura 2.31. Tota la resta tindran rajoles de mida gran i un 8% de rajoles petites, vegeu les dues imatges de la figura 2.32.

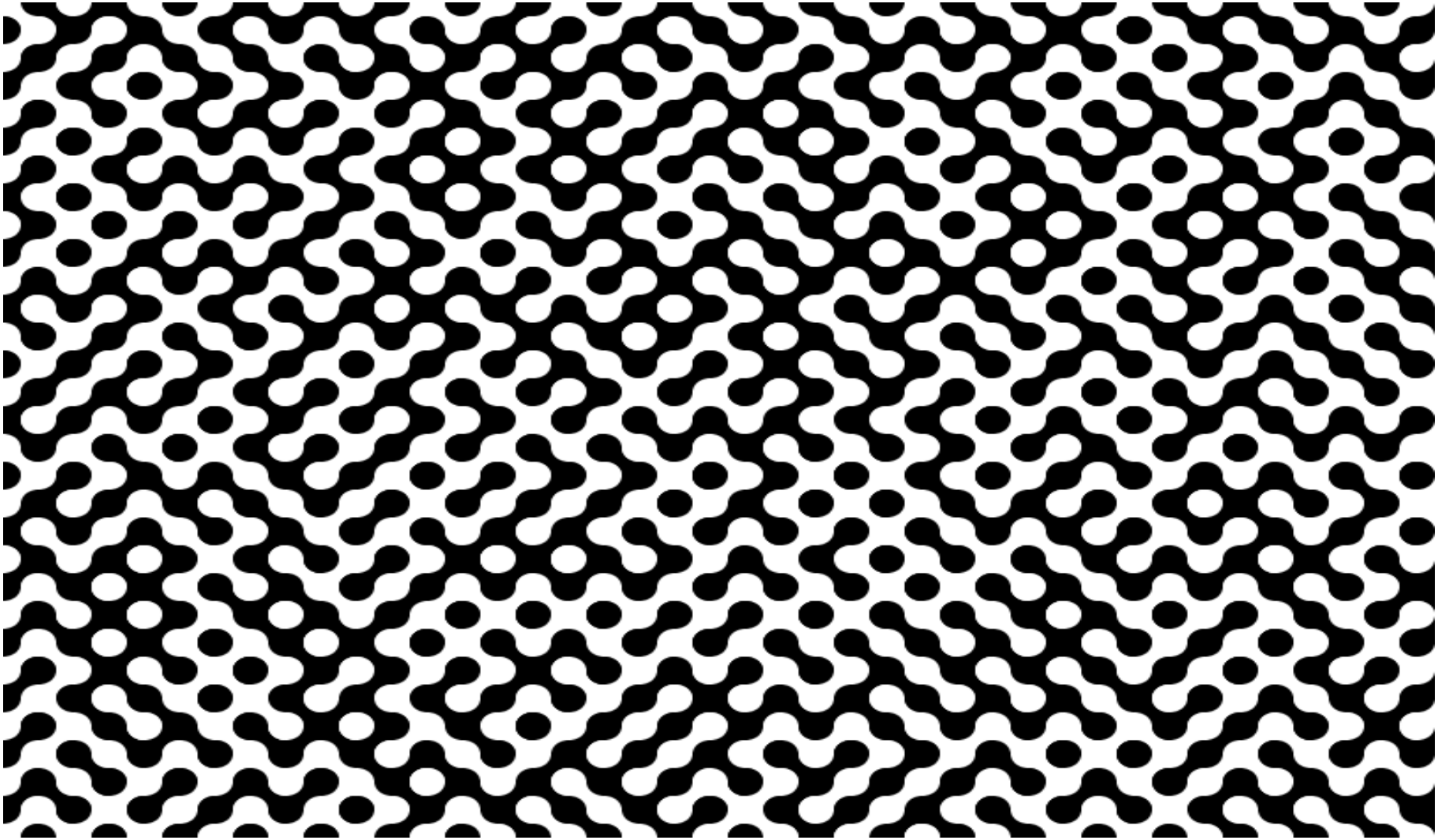

Figura 2.22: Patró de Smith creat girant la rajola de manera aleatòria per a encaixar-la a la graella i alternant colors.

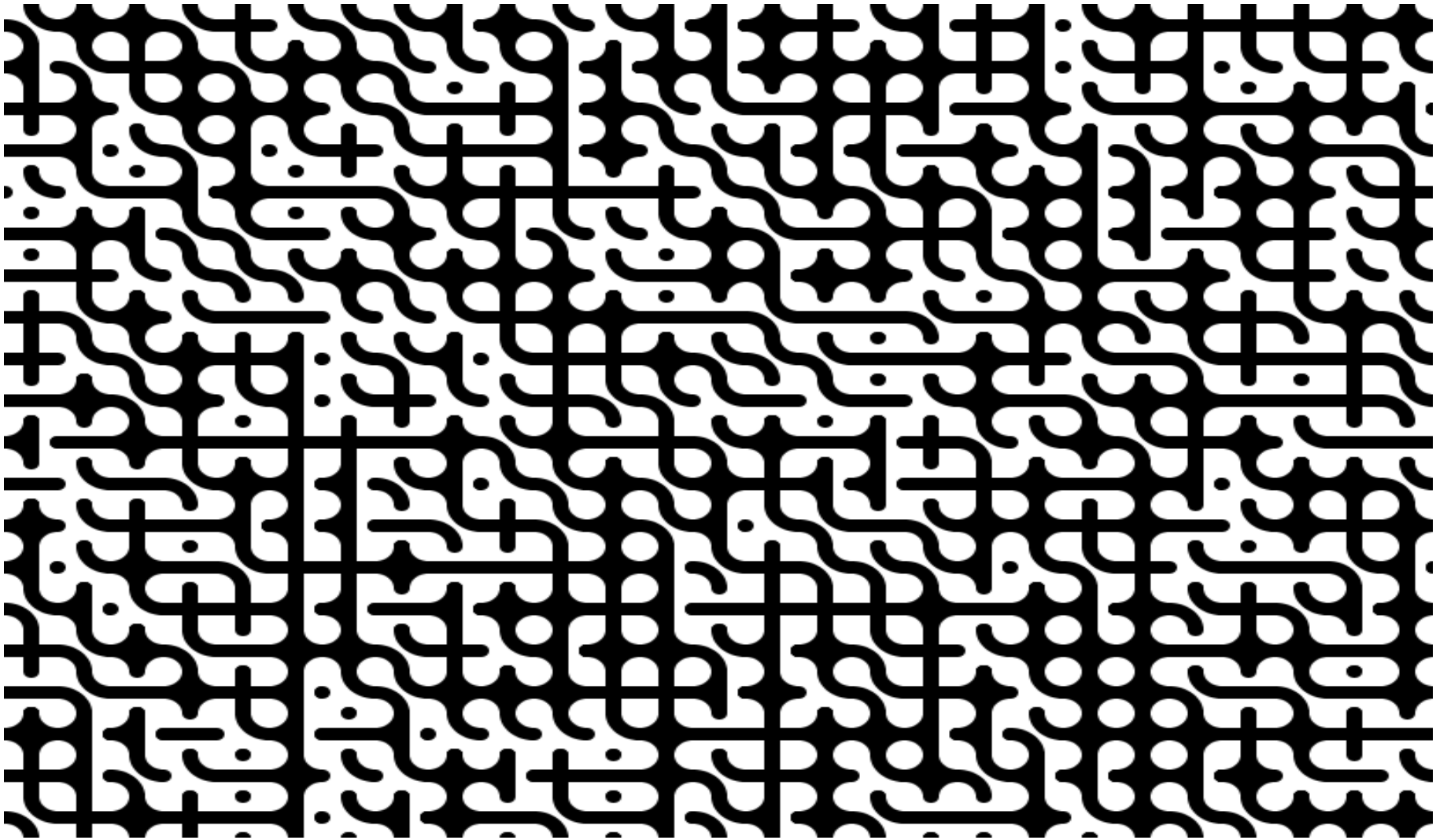

Figura 2.23: Arranjament aleatori de les rajoles de Carlson, totes de la mateixa mida.

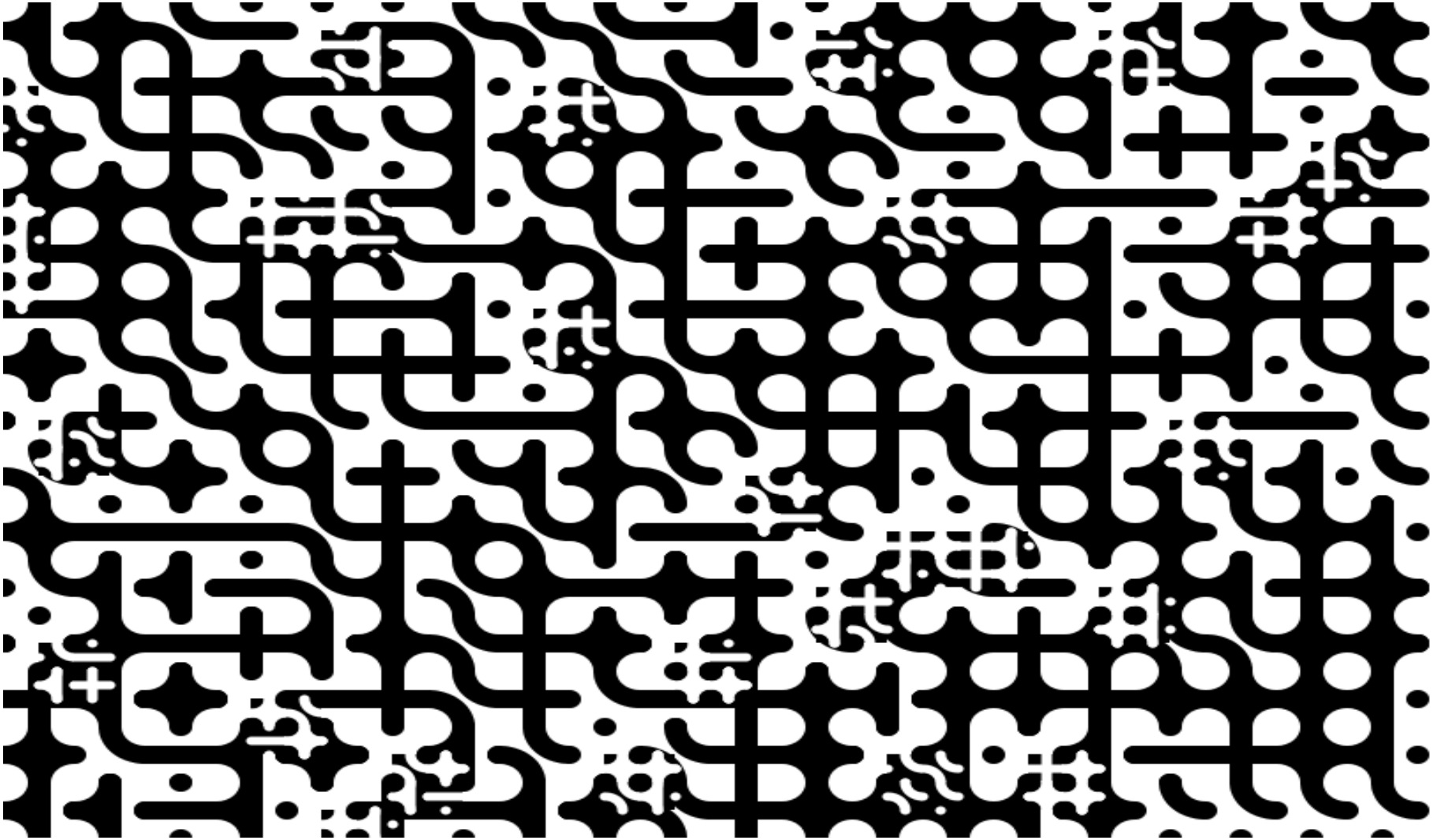

Figura 2.24: Arranjament aleatori de les rajoles de Carlson de dues mides, exemple de multiescala.

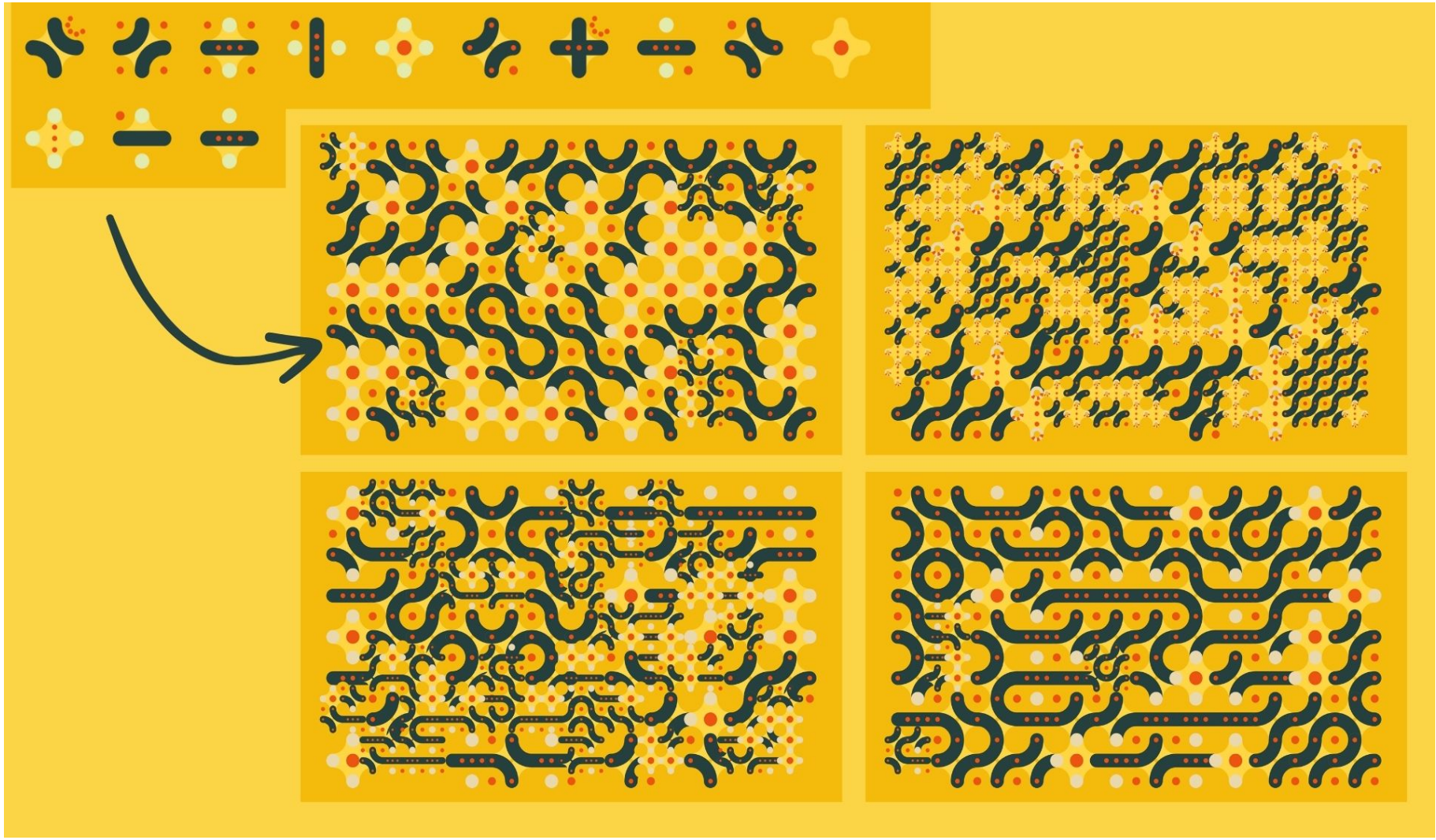

Figura 2.25: Els 13 blocs fonamentals de *Trossets* i 4 resultats diferents de l'algoritme.

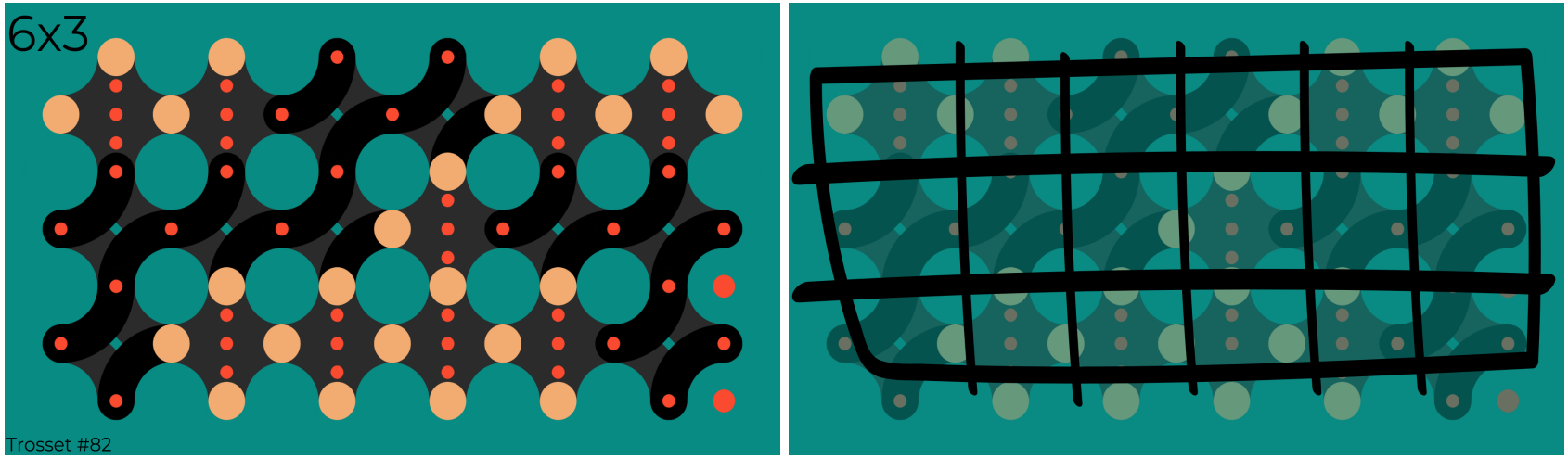

Figura 2.26: Exemple de *Trosset* amb una graella de 6 columnes i 3 fileres.

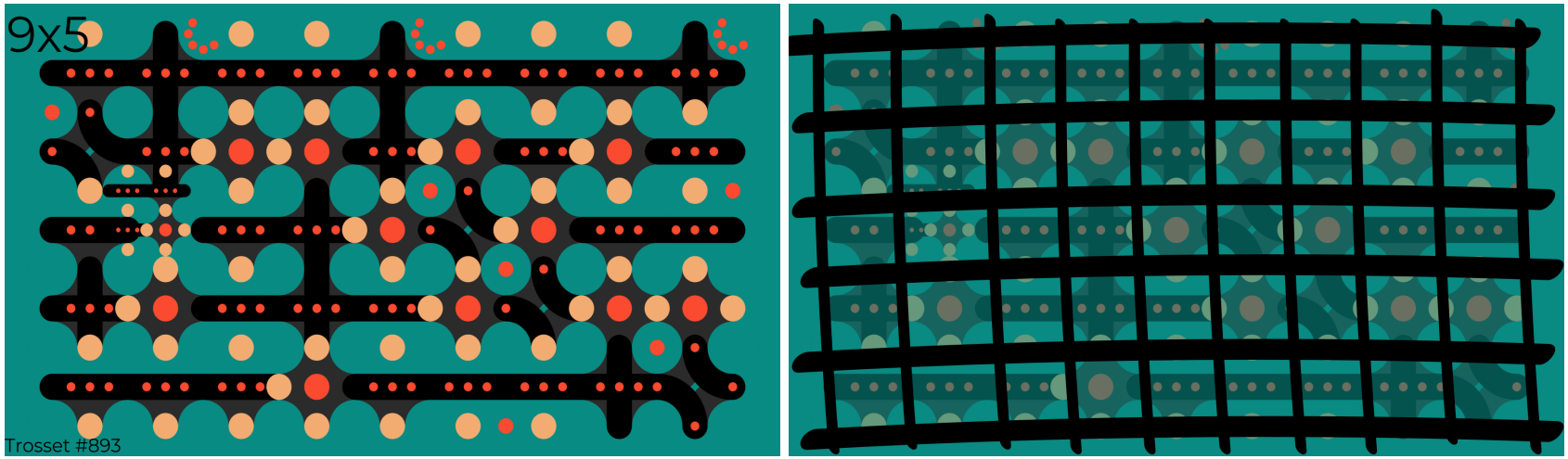

Figura 2.27: Exemple de *Trosset* amb una graella de 9 columnes i 5 fileres.

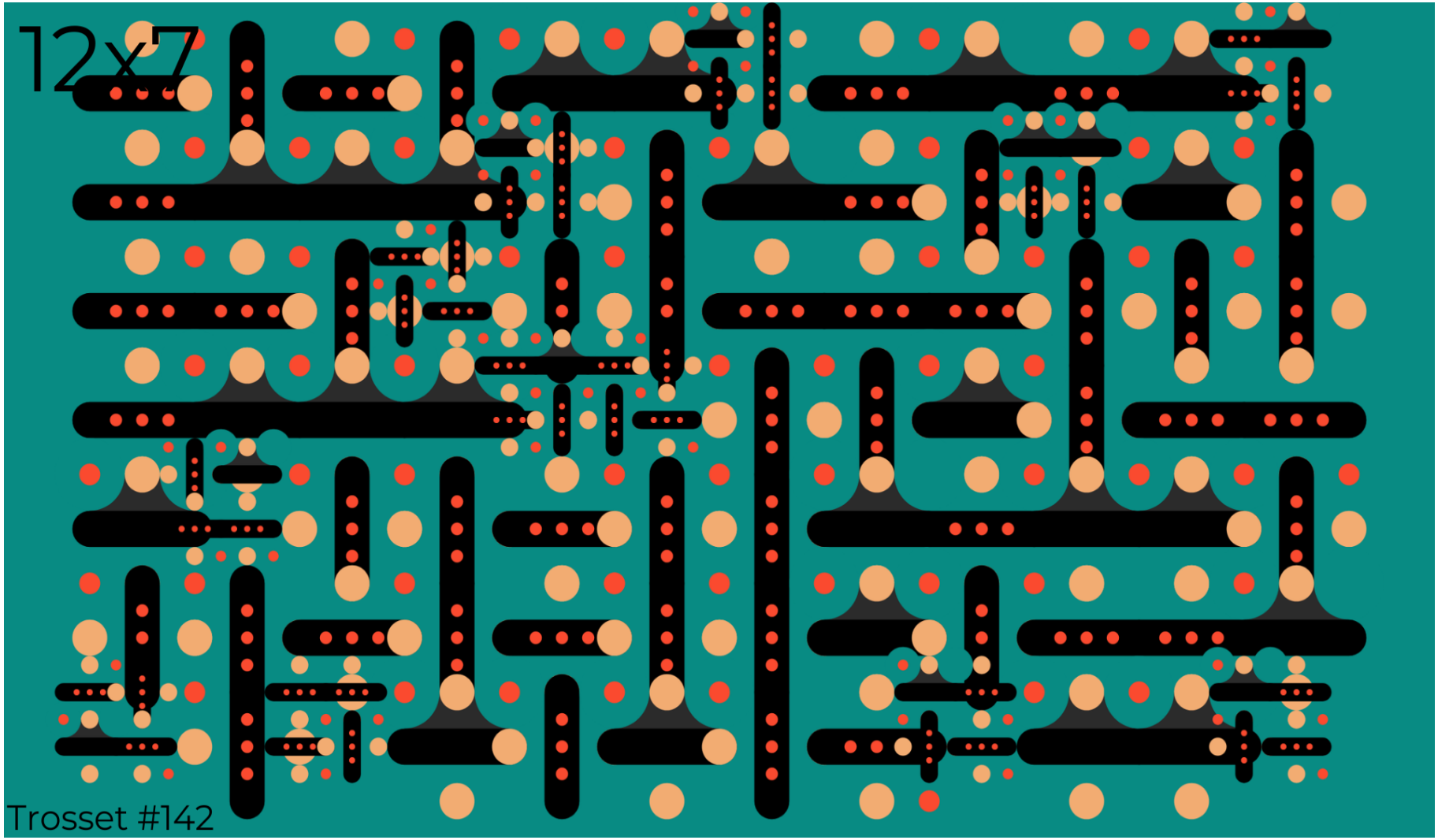

Figura 2.28: Exemple de *Trosset* amb una graella de 12 columnes i 7 fileres.

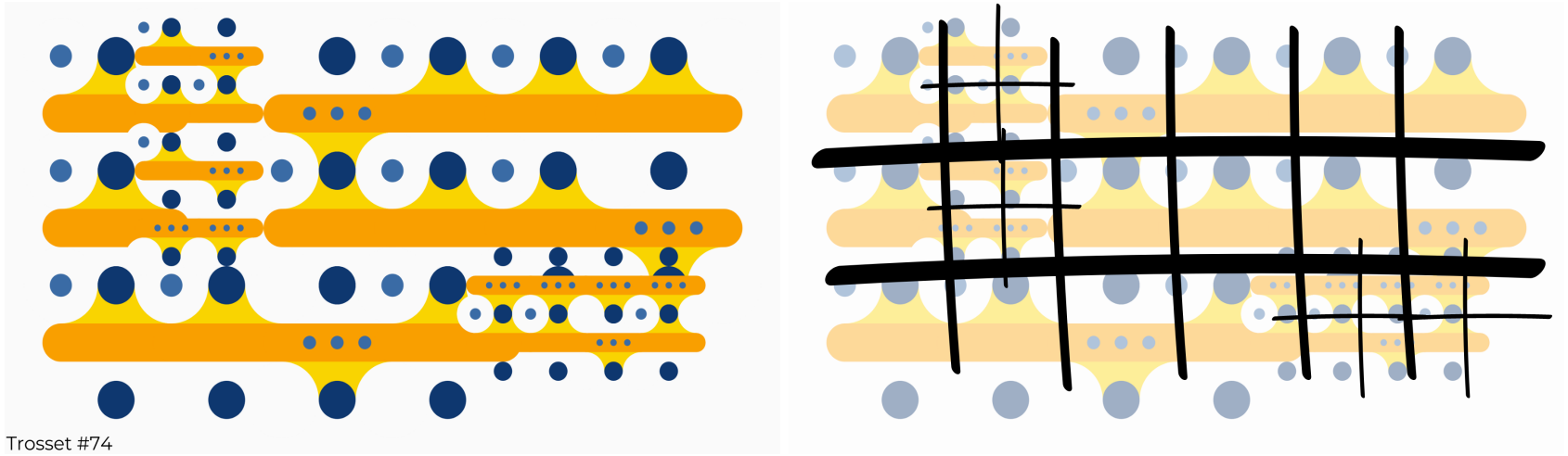

Figura 2.29: Exemple de divisió i de subdivisió de la graella que crea el *Trosset* #74.

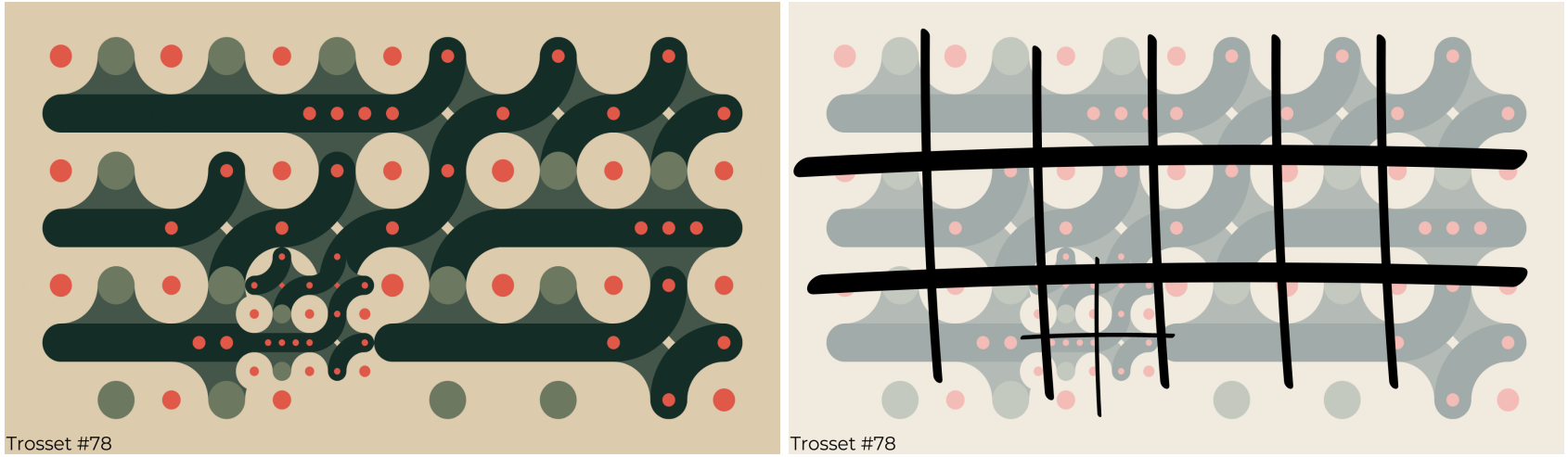

Figura 2.30: Graella que crea el *Trosset* #78.

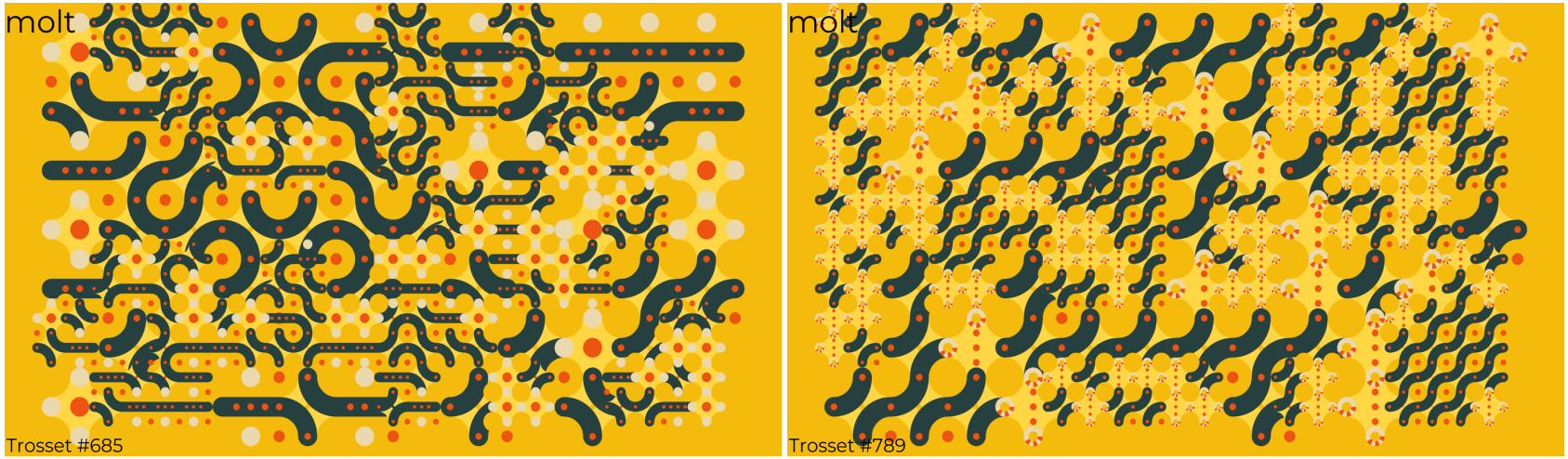

Figura 2.31: *Trossets* amb moltes rajoles petites i poques rajoles grans.

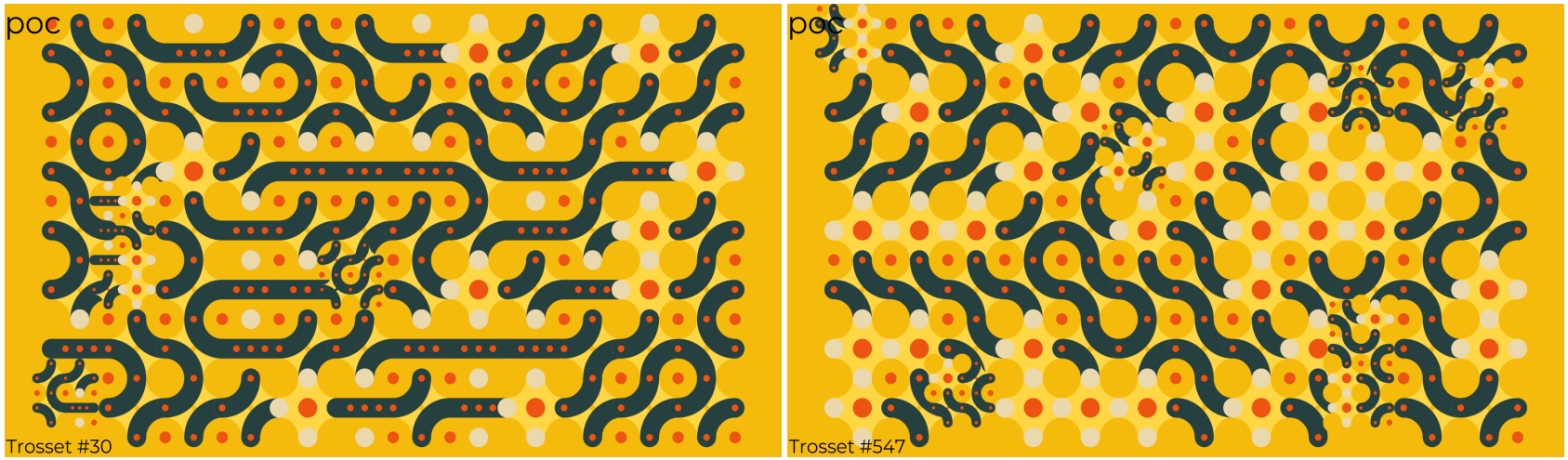

Figura 2.32: *Trossets* amb moltes rajoles grans i poques rajoles petites.

Aquesta graella és el rerefons que dona estructura a la peça final, a cada Trosset. Aquesta graella multiescala i les 13 rajoles geomètriques. En el següent pas, l'algoritme tria quines rajoles dibuixarà a cada quadrat d'aquesta graella. No les gira, ni intercala colors però les tria a l'atzar. Aquesta tria és a l'atzar però no sempre s'usen totes les 13 rajoles. Per exemple, vegeu la imatge 2.33 del *Trosset* #216 que només usa la rajola vertical per a omplir la graella. O la imatge 2.34 del *Trosset* #747 en què l'atzar va decidir que només usaria rajoles horitzontals per a crear-lo. Les imatges 2.35 i 2.36 mostren dos *Trossets* creats usant només 3 de les 13 rajoles per a crear-los, que s'assignen a l'atzar a cada quadrat de la seva graella. I finalment la imatge 2.37 on es mostra el *Trosset* #354 en què l'atzar va decidir omplir la graella usant totes les 13 rajoles. Hi ha *Trossets* fets de 30 maneres diferents. I és un atzar ponderat el que tria quines rajoles s'usaran per a crear cada *Trosset* únic. Aquest atzar ponderat fa que hi hagi 15 *Trossets* verticals en total de la sèrie de 1000, 14 *Trossets* horitzontals i 43 *Trossets* que usen totes les 13 rajoles, entre d'altres.

Un atzar ponderat implica que s'ha decidit que predominin alguns comportaments vers altres. Per exemple llancem un dau i decidim pintar de vermell tant si surt un 1 com un 2 al dau, per al 3 triem el magenta, per al 4 el blau, per al 5 el cian i per al 6 el groc. Això vol dir que el vermell l'hem prioritzat i li hem donat més possibilitats de que aparegui, el doble, de fet, que els altres colors. I això passa amb *Trossets*, es van prioritzar les combinacions amb més quantitat de rajoles i més variades i es va decidir no donar tanta possibilitat d'aparèixer als *Trossets* verticals i horitzontals, ja n'heu vist les quantitats al paràgraf anterior. Tot i així, no es van eliminar, es va considerar que tenien alguna oportunitat de que sortís el seu número del dau.

I aquí direu: –"Però això és fer trampa"-. I jo escric: jugar amb l'atzar i decidir ponderar-lo és part de les decisions artístiques per a crear l'obra i és on recau tota la feina de prova i error i d'anar veient resultats per a entendre les possibilitats i l'espai latent del sistema; és on recau la tasca de decidir els detalls i ajustos del sistema, quins números posem i quins percentatges triem per a cada color, cada forma, cada gruix, cada pinzellada o cada comportament. I a més, com veurem en el capítol 4 que parla de complexitat, un sistema poc atzarós crea patrons que poden ser massa repetitius visualment, mentre que un sistema amb massa atzar, sense ponderar-lo, és visualment sorollós, confús i sense harmonia visual. Aquesta és la raó per polir i ponderar l'atzar que es va usar sense amagar composicions i fent florir la diversitat.

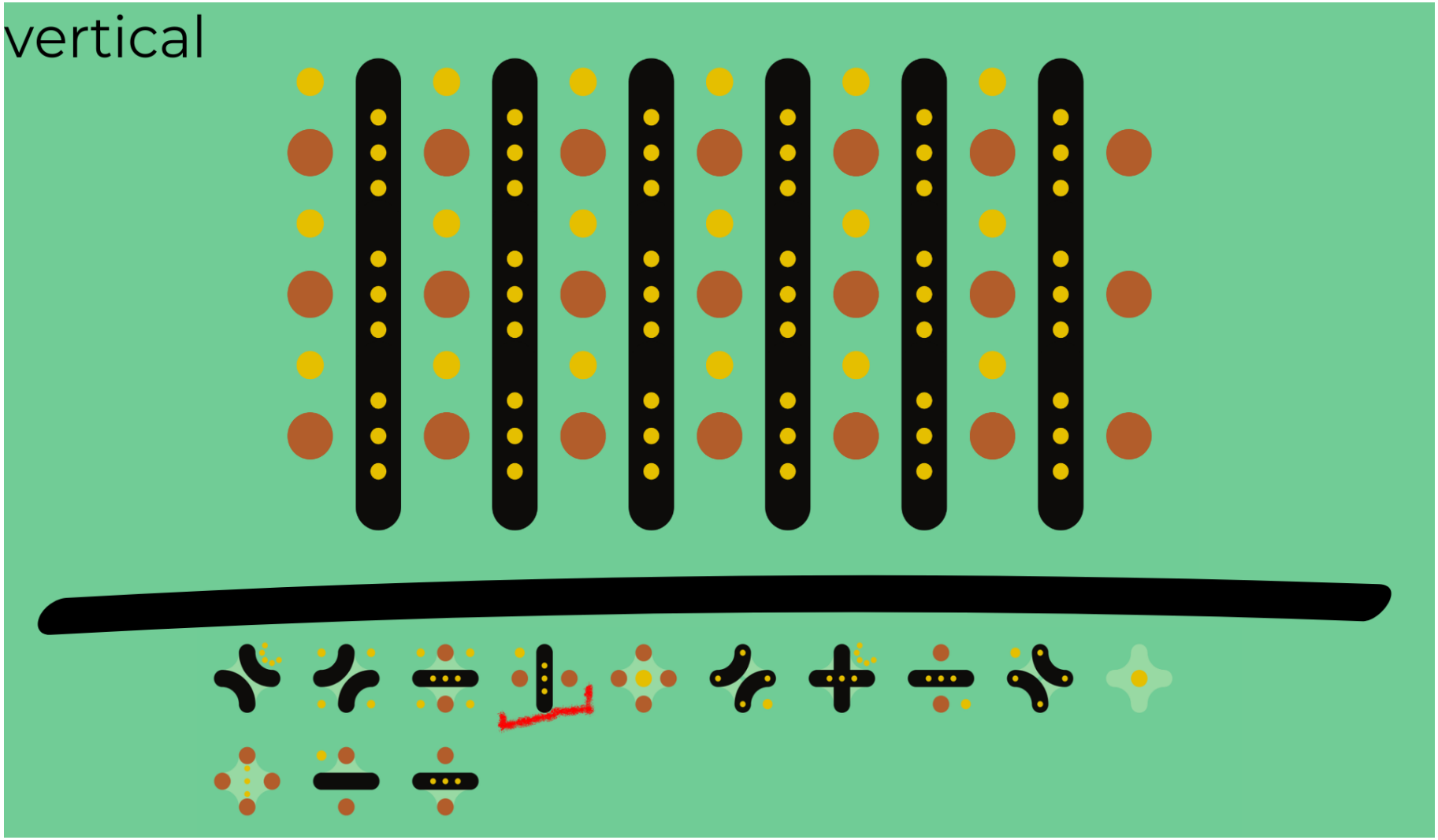

Figura 2.33: *Trosset* #216 amb només rajoles verticals, rajoles número 4.

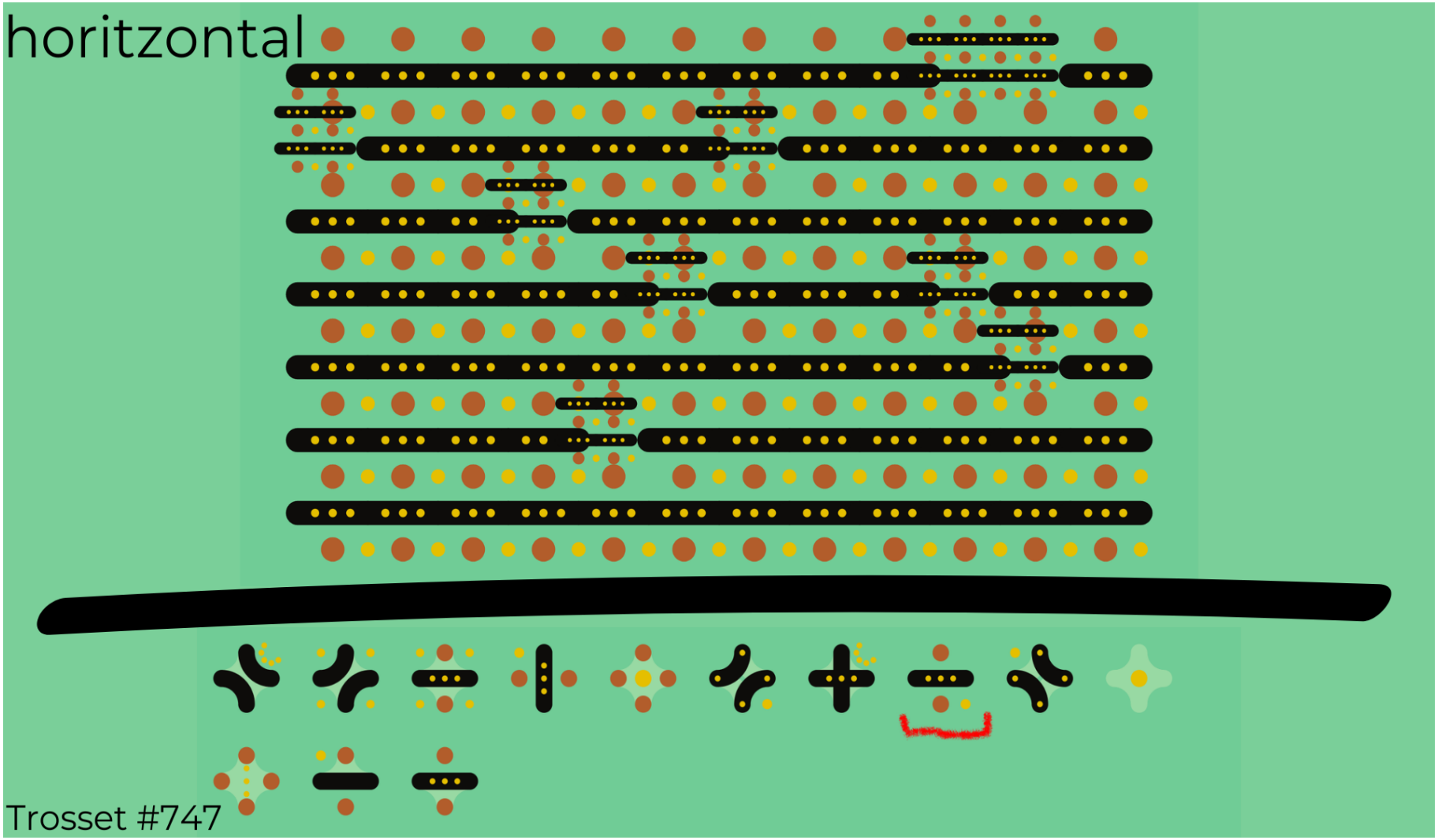

Figura 2.34: *Trosset* #747 amb només rajoles horitzontals, rajoles número 8.

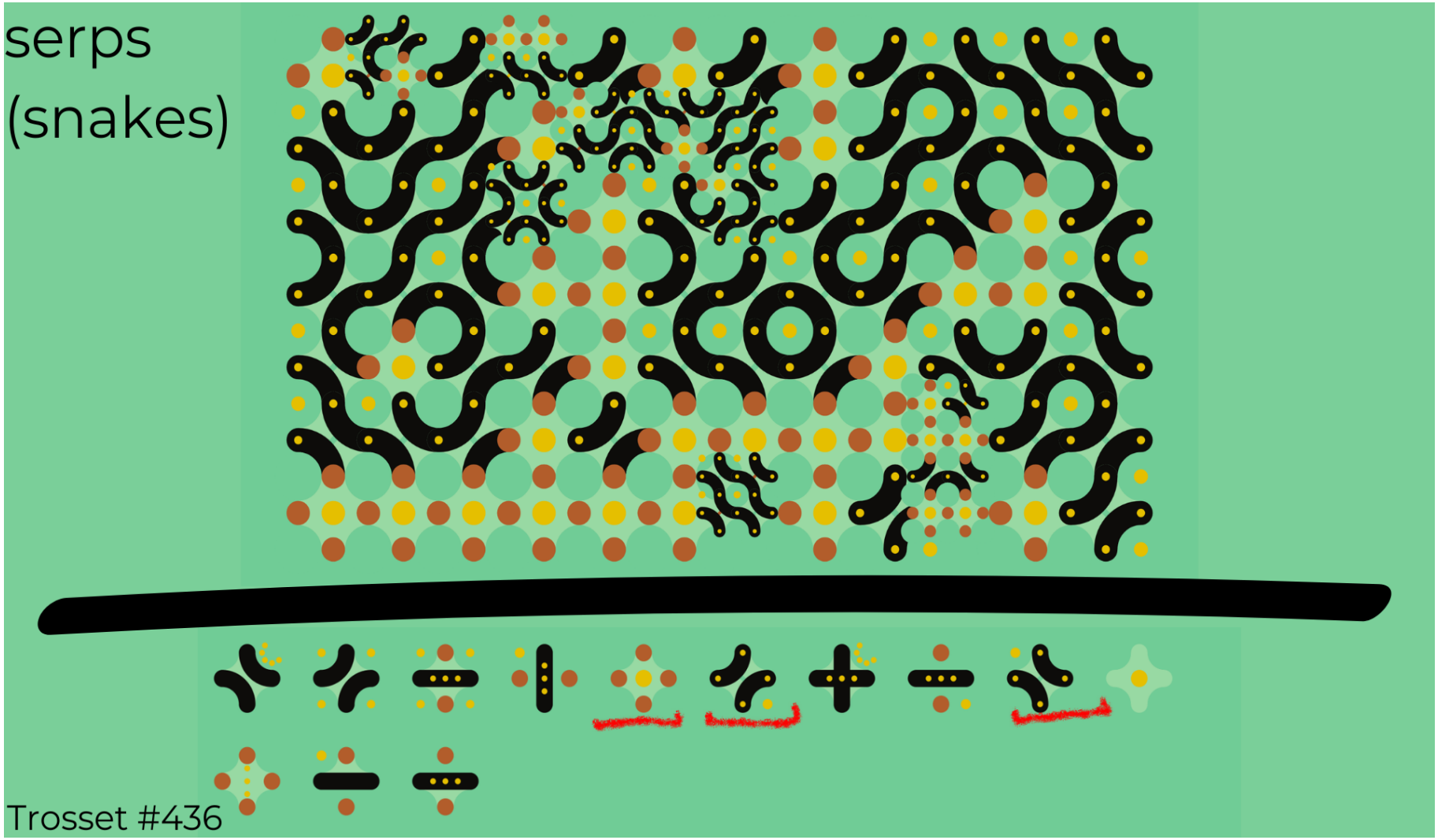

Figura 2.35: *Trosset* #436 amb només rajoles del número 5, 6 i 9.

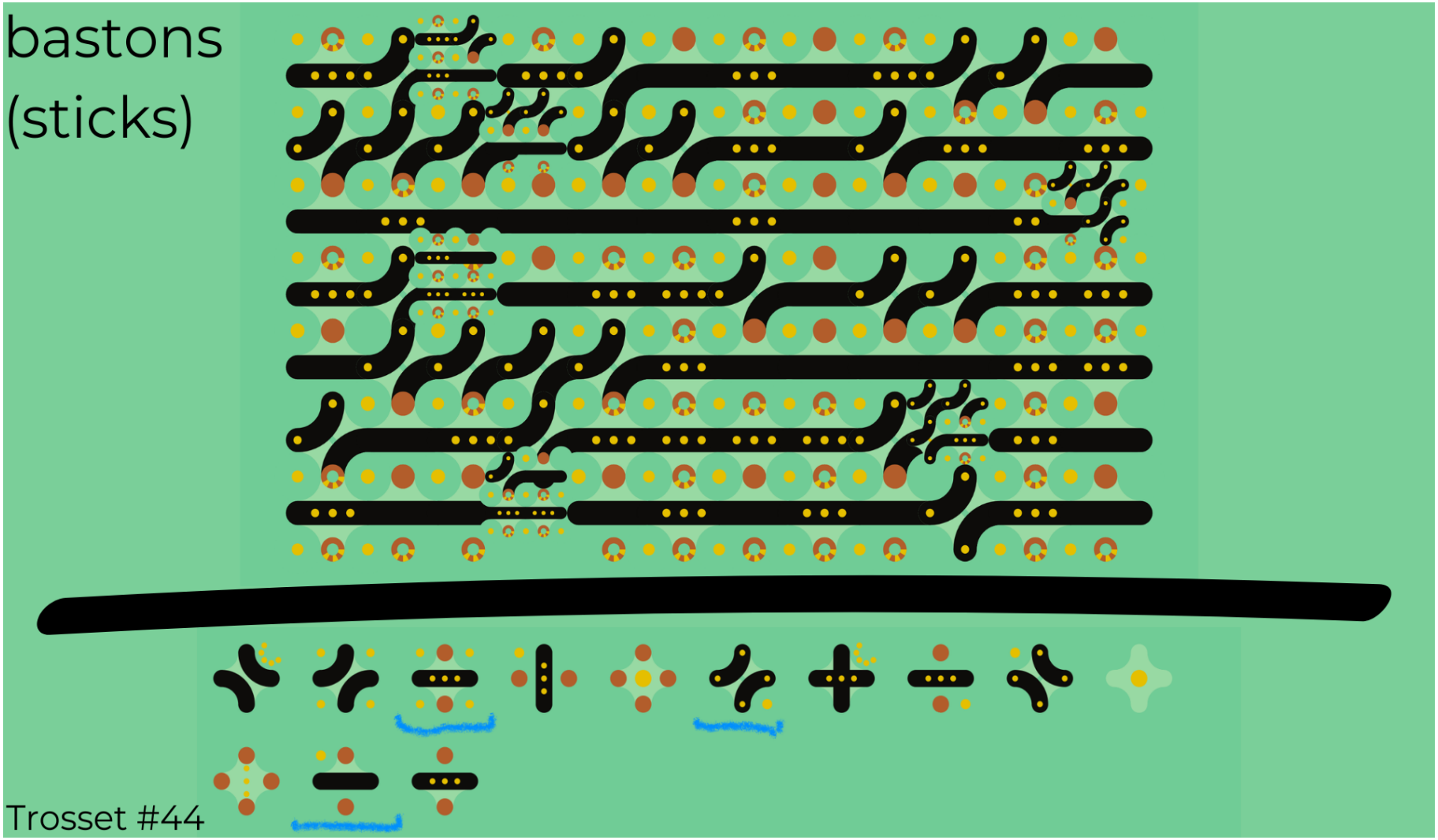

Figura 2.36: *Trosset* #44 amb només rajoles del número 3, 6 i 12.

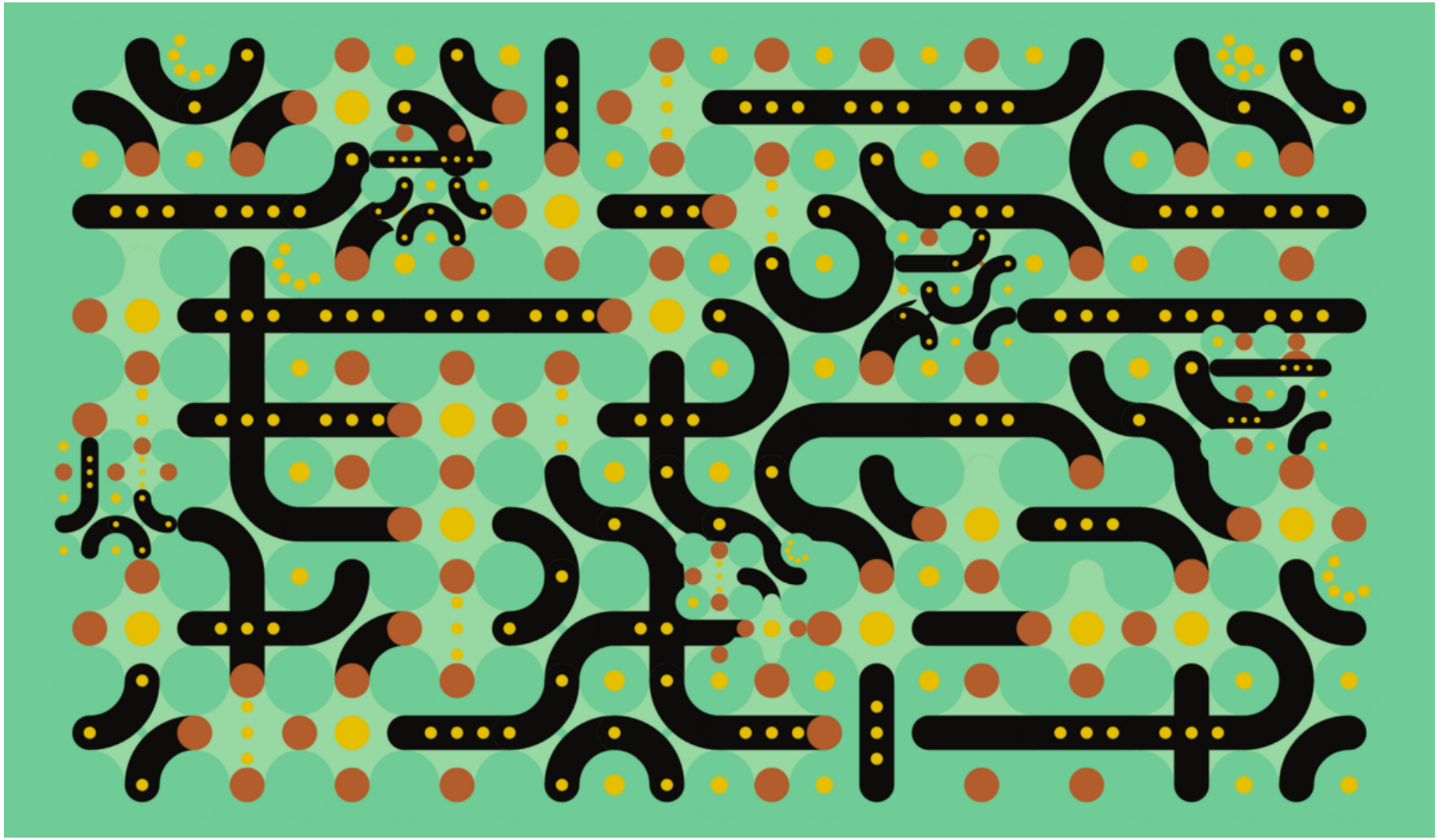

Figura 2.37: *Trosset* #354 amb totes les 13 rajoles.

Els *Trossets* es pinten usant 18 paletes de colors diferents. I sí, cert, això afegeix diversitat al conjunt de peces resultants. Un dels objectius del projecte era explorar com un sistema de blocs gràfics encaixats a partir de certes regles podia nodrir i dibuixar la diversitat. I deixant de banda la diversitat de colors aquesta diversitat es pot observar fixant-nos en les formes i estructures diverses que sorgeixen del mateix sistema si ens centrem en una sola paleta de colors, vegeu per exemple la imatge 2.38 o la imatge 2.39.

2.2.4 PS: I els colors?

Els colors triats per als *Trossets* són una altra exploració que guia la meva obra, la idea de com l'art generatiu abstracte, no figuratiu i geomètric, pot evocar memòries, paisatges o records. Un exemple més clar d'aquesta exploració és el projecte *Ganxillo* 2.3.3.

En el cas de *Trossets* aquesta idea d'evocar la cultura i l'entorn que m'envolta, de buscar una veu pròpia en el projecte tot fent referència a allò que m'acompanya, es materialitza en la tria dels colors. Cadascuna de les 18 paletes de color de *Trossets* són una variable global[17] de l'algoritme i tenen nom. Les variables són com les caixes on guardem trastos endreçats a l'armari, en aquest cas, espais en la memòria de l'ordinador on guardem dades. Sempre podem treure dades de dins o posar-ne d'altres. I per a no perdre-les i que l'algoritme les pugui trobar hi posem noms, com quan endrecem les caixes i la caixa plena de sabates l'etiquetem així, "sabates", en una altra caixa hi posem els cassets i escrivim "cassets", en una altra "bufandes",...

Els colors de cada paleta dels *Trossets* es van escollir de forma visual i en el moment de posar-hi nom ja es va fer evident que evocaven certs llocs o conceptes que em són propers. A posteriori remenant fotos antigues ha resultat que algunes han encaixat perfectament amb la gamma cromàtica de les paletes. I tot plegat de manera inconscient, va aparèixer en aquesta obra generativa de sèrie llarga. No es va partir de les fotos per a triar la paleta de colors, si no que es va triar la paleta i en usar-la i batejar-la va ser quan va evocar el que després he trobat en fotos i he compartit, vegeu la imatge 2.41 i 2.42.

[17] **variable**: posició de memòria identificada amb un nom, que pot variar de contingut en l'execució d'un programa.

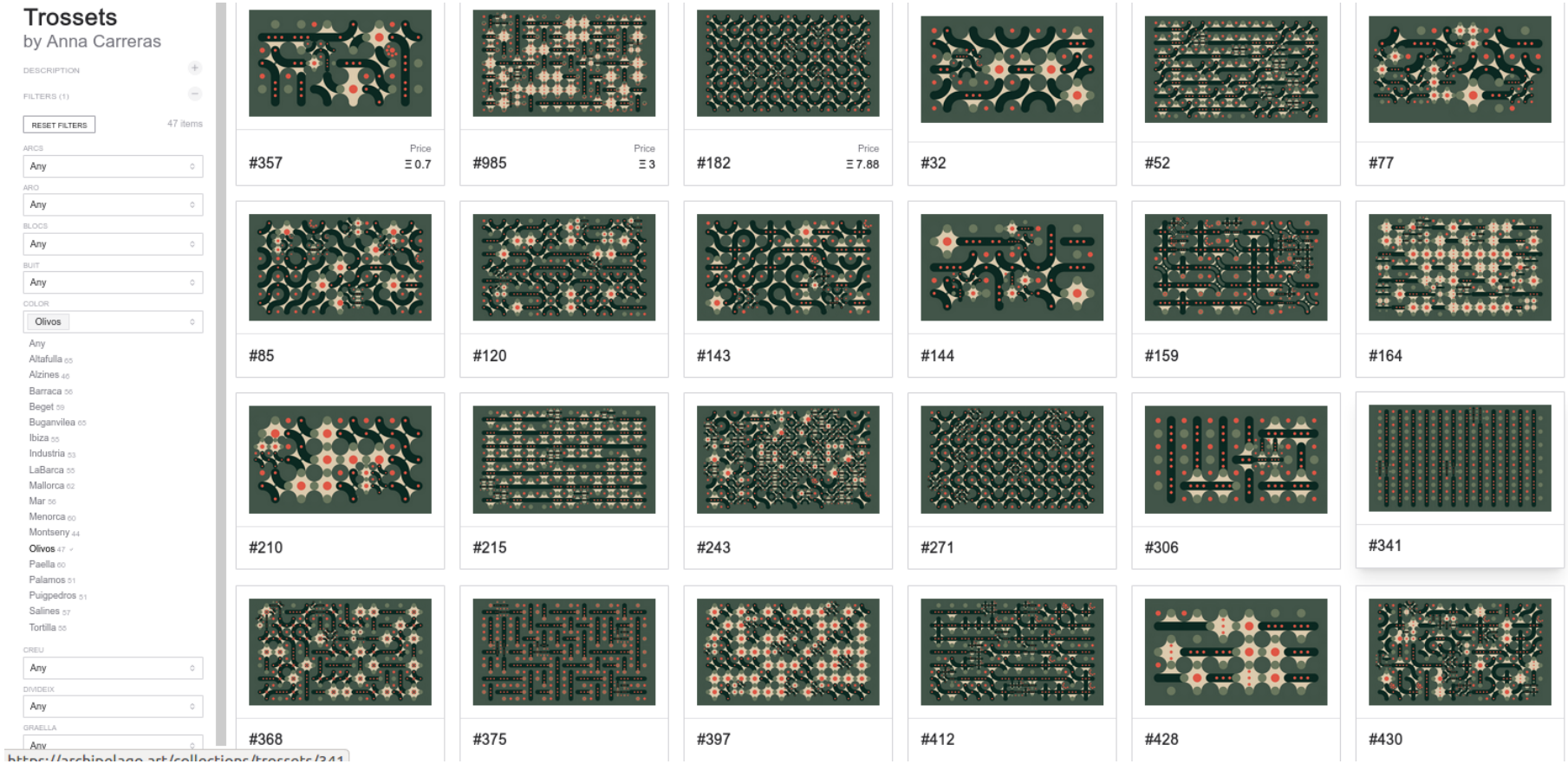

Figura 2.38: *Trossets* amb la paleta de colors Olivos.

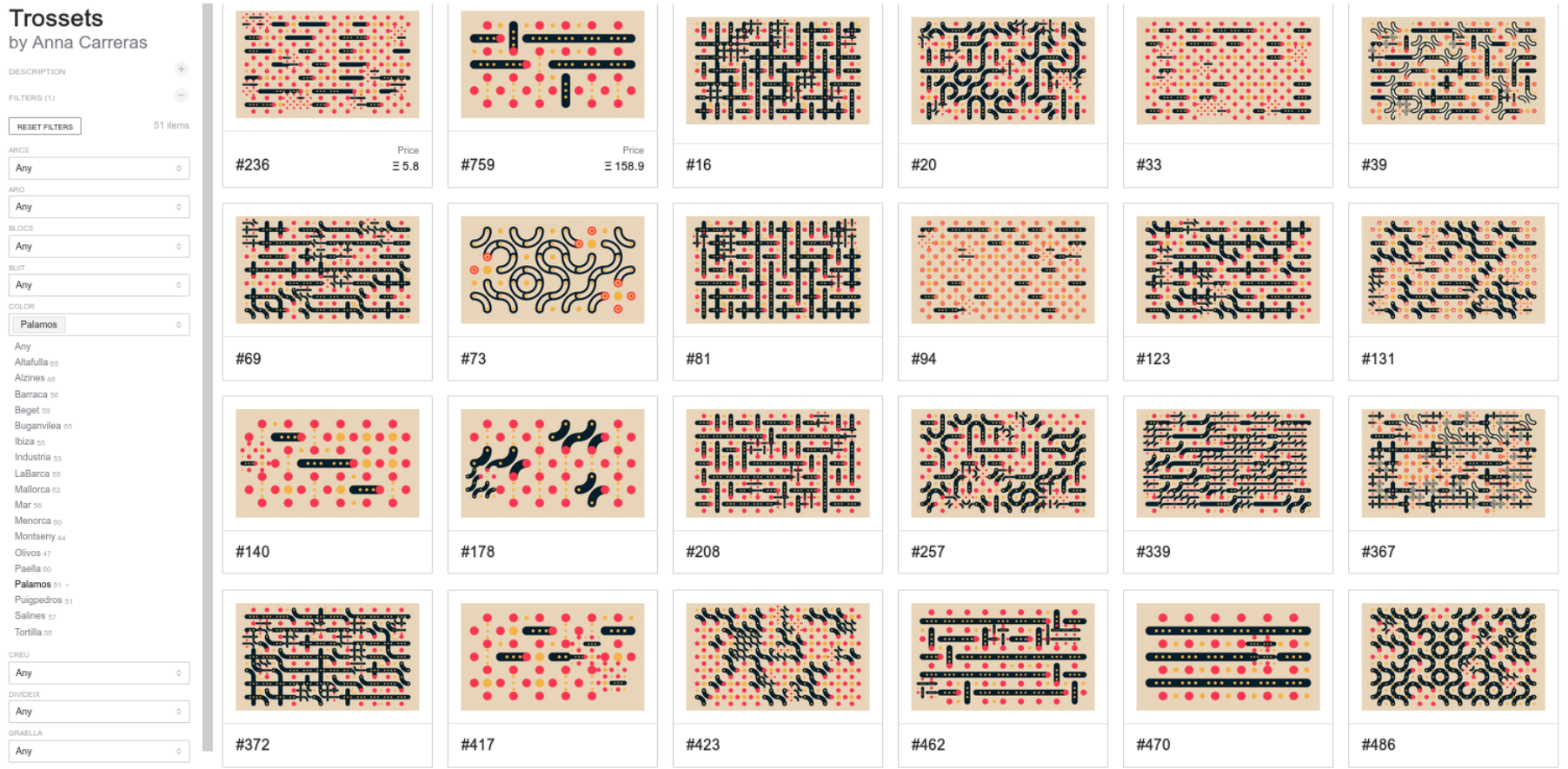

Figura 2.39: *Trossets* amb la paleta de colors Palamós.

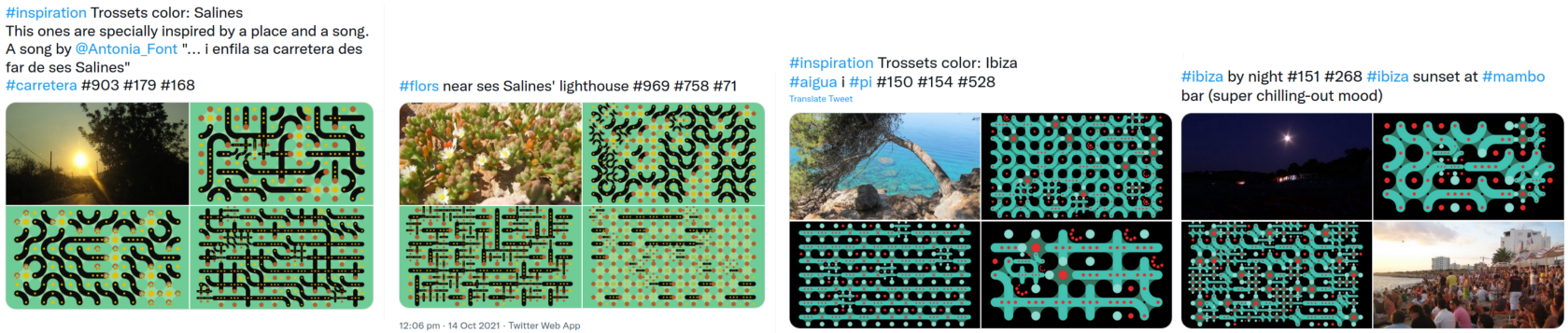

Figura 2.40: Inspiració de les paletes de colors Salines i Ibiza de *Trossets*.

Figura 2.41: Inspiració de les paletes de colors complementaries La Barca i Barraca de *Trossets*.

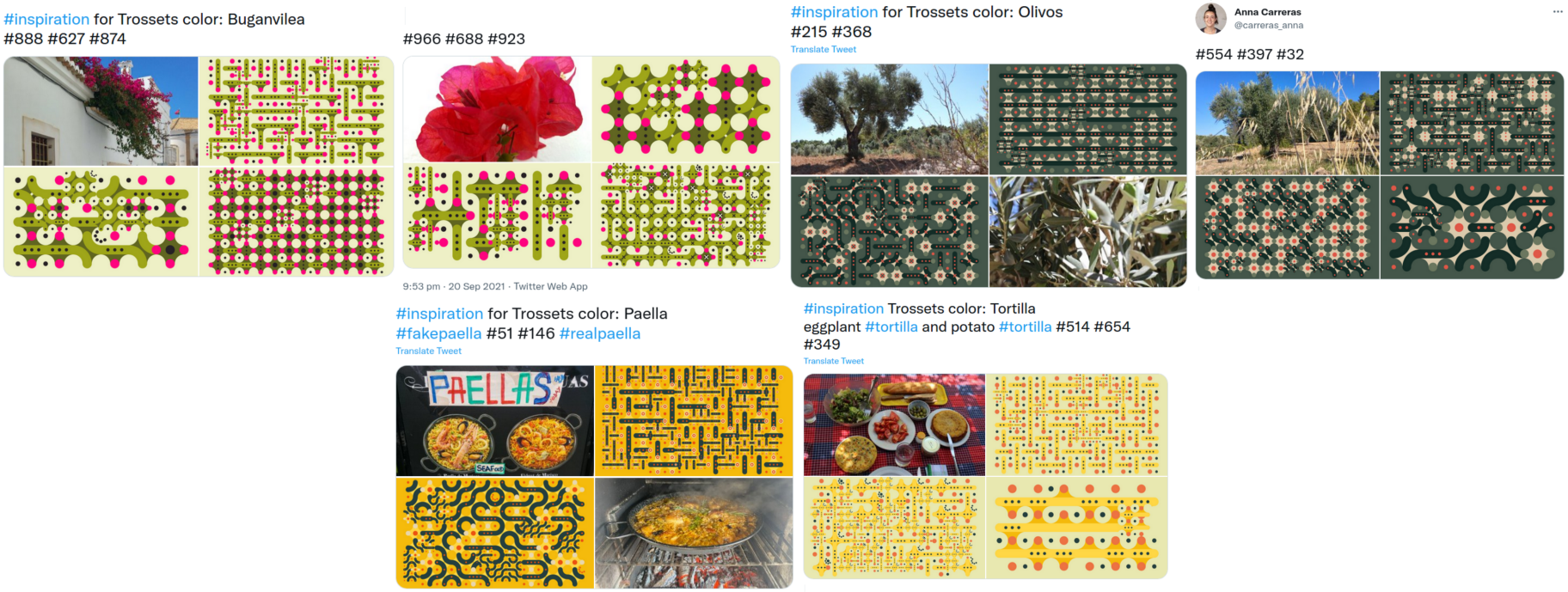

Figura 2.42: Inspiració de les paletes de colors Buganvilea, Olivos, Paella i Tortilla de *Trossets*.

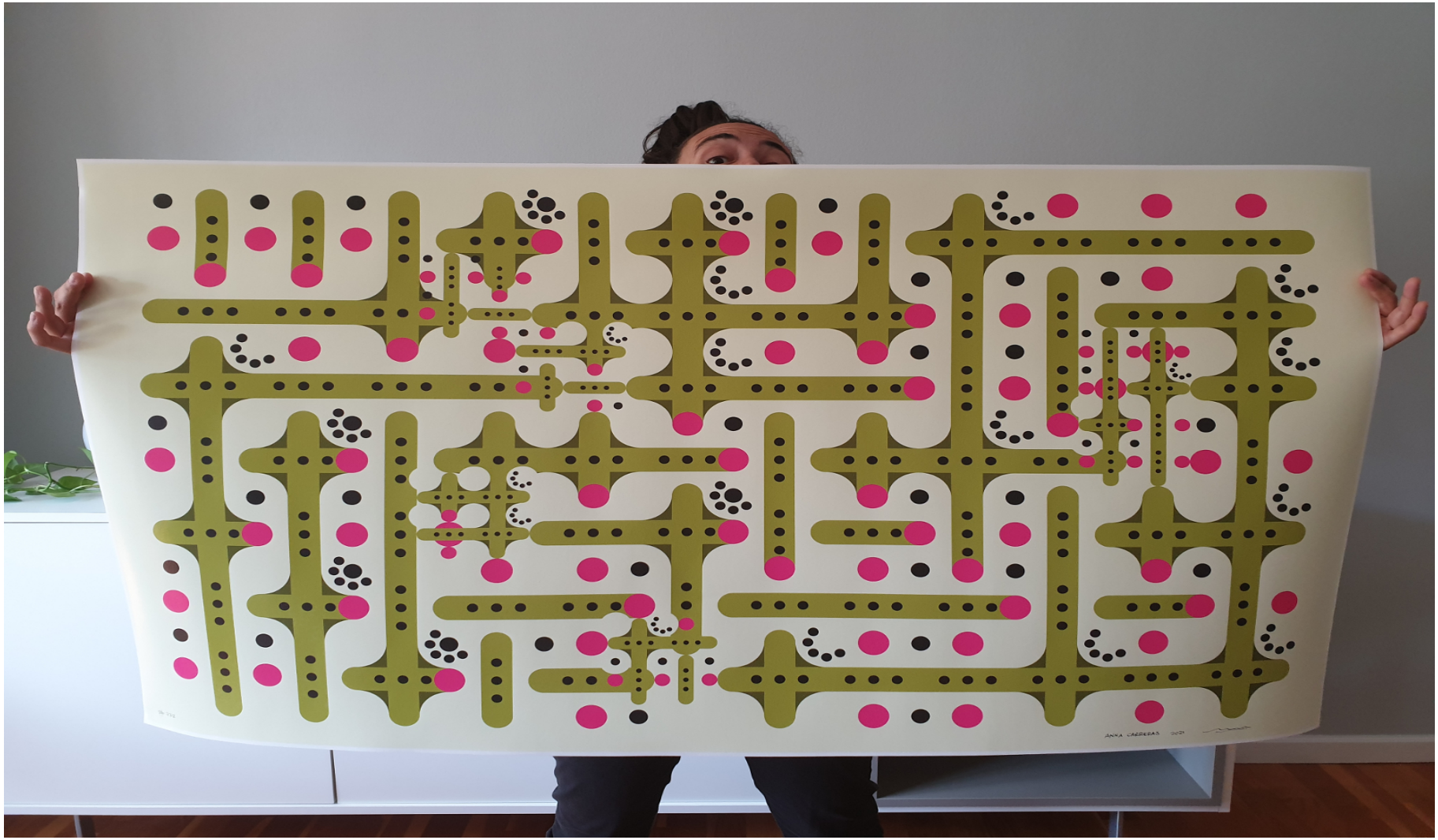

Figura 2.43: *Trosset* #732 imprès en giclée.

2.3 Ganxillo

Ganxillo és un projecte d'art generatiu, animat i interactiu que ens parla de tradicions i records, d'artesania, del temps i la dedicació per a fer treballs artesans, de les tasques repetitives de fer mitja, ganxet, puntes de coixí o teixir que son gairebé meditatives; i de les converses que afloren mentre fem i fem i desfem i tornem a fer, quasi automàticament. Vegeu-lo animat i interactiu a: `https://cdn.feralfileassets.com/previews/31a680b4-c00a-4eac-8729-cba633c91c54/1638740490/?edition_number=0&blockchain=bitmark`

Ganxillo es planteja si podem imbricar[18] aquestes idees i aquesta manera de fer, tant en el resultat visual final, com en el procés per a crear-lo, en l'algoritme.

Ganxillo es va exposar el desembre del 2021 a la galeria en línia Feral File (Carreras 2021b) dins una exposició col·lectiva comissariada[19] per Domenico Quaranta titulada *For Your Eyes Only*. El juny del 2022 es va exposar la versió original generativa animada i 4 instants capturats[20] a la galeria Ana Mas Projects (Carreras 2022a), vegeu-ne les fotos 2.44, 2.45 i 2.46.

2.3.1 Vincular art digital amb processos i records analògics

Per l'exposició *For Your Eyes Only* el comissari Domenico Quaranta va plantejar a tots els artistes que treballéssim una peça per a mostrar "una complexitat emocional i semiòtica, una dimensió finíssima que només pugui ser capturada i entesa pels humans" (Quaranta 2021). A partir de la idea de Paglen (2016) "la gran majoria de les imatges les fan ara màquines per a altres màquines", l'exposició proposava recollir peces que oposin resistència a aquesta mirada maquínica[21] per explorar el futur de la cultura visual humana creant imatges que les coses inhumanes no aconsegueixin entendre.

[18] **imbricació**: inclusió d'una estructura, d'una subrutina, d'un bloc d'instruccions, etc., dins una altra de tipus semblant.

[19] **comissari d'exposicions**: persona que concep exposicions, desenvolupa la tesi a partir de la qual s'organitzen i selecciona les peces que les han d'integrar.

[20] **captura de pantalla**: còpia del contingut que es visualitza a la pantalla d'un ordinador en un moment determinat.

[21] **maquínic**: relatiu o pertanyent a les màquines.

Figura 2.44: Versió impresa de *Ganxillo* exposat a la galeria Ana Mas Projects, L'Hospitalet de Llobregat.

Figura 2.45: Versió digital de *Ganxillo* exposat a la galeria Ana Mas Projects, L'Hospitalet de Llobregat.

Figura 2.46: Muntatge de la versió digital i les 4 impresions de *Ganxillo* exposats a la galeria Ana Mas Projects, L'Hospitalet de Llobregat.

Partint d'aquesta premissa, *Ganxillo*, escrit així, com ho deia la iaia Rosina, s'inspira en els teixits de ganxet, vegeu la foto 2.47, de tots els que corren per casa a sota de gerros, plats, figuretes i altres peces de decoració.

Igual que fer ganxet, la programació creativa[22] (Waelder-Laso i Díaz 2019) té una part d'artesania (Webster 2023b), una activitat manual que va construint pas a pas, punt a punt, instrucció a instrucció; tot creant patrons i dibuixos a partir de petites puntades geomètriques, de píxels [23], en un procés repetitiu i sense fi.

Tot fent ganxet a vegades algunes puntades són errònies o ens descomptem del punt que tocava per al dibuix que estem fent i hem de desfer-ne una part, tornar enrere i refer. De la mateixa manera, codificar[24] pot resultar en algun error, *bug*[25], i hem de tornar enrere, desfer, revisar les instruccions, la sintaxi i descobrir on ens hem equivocat, rectificar-ho, refer. ¿Aquesta similitud entre processos arriba a apreciar-se en la peça visual final? ¿L'obra acabada ens remet al mirar-la a una activitat manual i d'artesania? Segur que la tecnologia, que tot omnipresent tot ho taca i domina, és el primer que veiem en observar l'animació de *Ganxillo* en una pantalla. Però si ens aturem a observar ¿ens evoca altres records, d'aquells que només poden atresorar els humans?

L'animació que mostra *Ganxillo* es va creant *ad infinitum* sense repetir-se, es genera a cada iteració dels bucles de l'algoritme. Un algoritme que repeteix visualment traços per a remetre als teixits rodons fets de ganxet però que internament també està codificat amb moltes repeticions, vegeu l'apartat 2.3.3. Repeticions i més repeticions, com una meditació activa, un mantra que genera bellesa, un anar fent créixer la peça tèxtil i la peça digital. Els patrons resultants són abstractes, geomètrics, com també ho són la majoria de ganxets en els que s'inspira. Sembla que recullin vagament les converses i llargues estones mentre es teixia. El projecte explora si les peces digitals poden evocar aquestes converses, records i moments tot replicant amb el llenguatge de l'art generatiu l'art de fer ganxet i puntes. I ho fa tant en la forma com en el fons.

[22] **programació creativa**: ús del codi font per a finalitats estètiques.

[23] **píxel**: unitat mínima d'informació en què resulta dividida una imatge en sotmetre-la a un escombratge electrònic.

[24] **codificar**: escriure un programa informàtic segons la sintaxi d'un llenguatge determinat.

[25] **bug**: = error: defecte de programari que impedeix el funcionament correcte d'un programa o d'un ordinador i que es pot eliminar mitjançant un depurador o pensant.

Figura 2.47: Peces de ganxet a casa.

2.3.2 Formalització

El motiu gràfic[26] principal de l'obra són les llaçades que es repeteixen amb certa simetria circular a cada rama per assemblar-se als ganxets, vegeu les imatges 2.48, 2.49, 2.51, 2.50 i 2.52.

La presentació de *Ganxillo* a la galeria Ana Mas exposava la versió digital animada i interactiva en una pantalla i quatre instantànies capturades penjades a la paret.

La pantalla mostrava la peça en tota la seva plenitud digital, animada i canviant de forma única i infinita. Una manera d'exhibir totes les característiques i possibilitats del mitjà generatiu, en la seva vessant audiovisual. La pantalla tàctil, a més, permetia interactuar amb la peça.

Per altra banda les 4 instantànies impreses en giclée[27] i emmarcades en daurat penjaven al costat de la peça digital. Les peces impreses permeten observar detalls gràfics que la pantalla desdibuixa, vegeu la foto 2.53. Mostren línies d'un sol píxel de gruix que es repeteixen i escapen de la forma i les rames principals per afegir detalls únics a la peça, detalls que només es poden aconseguir amb moltes repeticions i de forma automatitzada, detalls que parlen de l'algoritme i desvelen la programació creativa que hi ha darrere de la creació de l'obra.

Ganxillo ja va ser concebut amb aquestes característiques pensant en poder-lo exposar de forma digital en una pantalla i de forma impresa.

I precisament pensant en el format imprès i expositiu *Ganxillo* vaig triar un marc daurat. Un marc daurat amb una certa textura de la fusta i la pintura que dialoga amb el granulat del soroll digital del fons de la obra, vegeu la foto 2.54. I és exageradament daurat per a imitar les grans pintures antigues penjades als grans museus. Art digital fet amb codi emmarcat com les grans obres d'altre segles. El soroll del fons de la obra, els quadradets negres sobre fons blau marí fosc són soroll de Perlin, *Perlin noise*, (Perlin 1985), un recurs descaradament digital que evidencia visualment el píxel quadrat, sense suavitzar-lo, ni difuminar-lo, per mostrar el llenguatge digital nu, amb tota la seva narrativa. Una exageració visual per tal que sigui la repetició gràfica el que ens porti recordança i records.

[26] **motiu gràfic**: figura, generalment repetida, que serveix d'element decoratiu o ornamental.

[27] **giclée**: impressió d'alta resolució i molt bona qualitat, feta amb una impressora de raig de tinta que diposita diminutes gotes de tintes pigmentades en el paper, utilitzada per a fer còpies d'obres d'art originals.

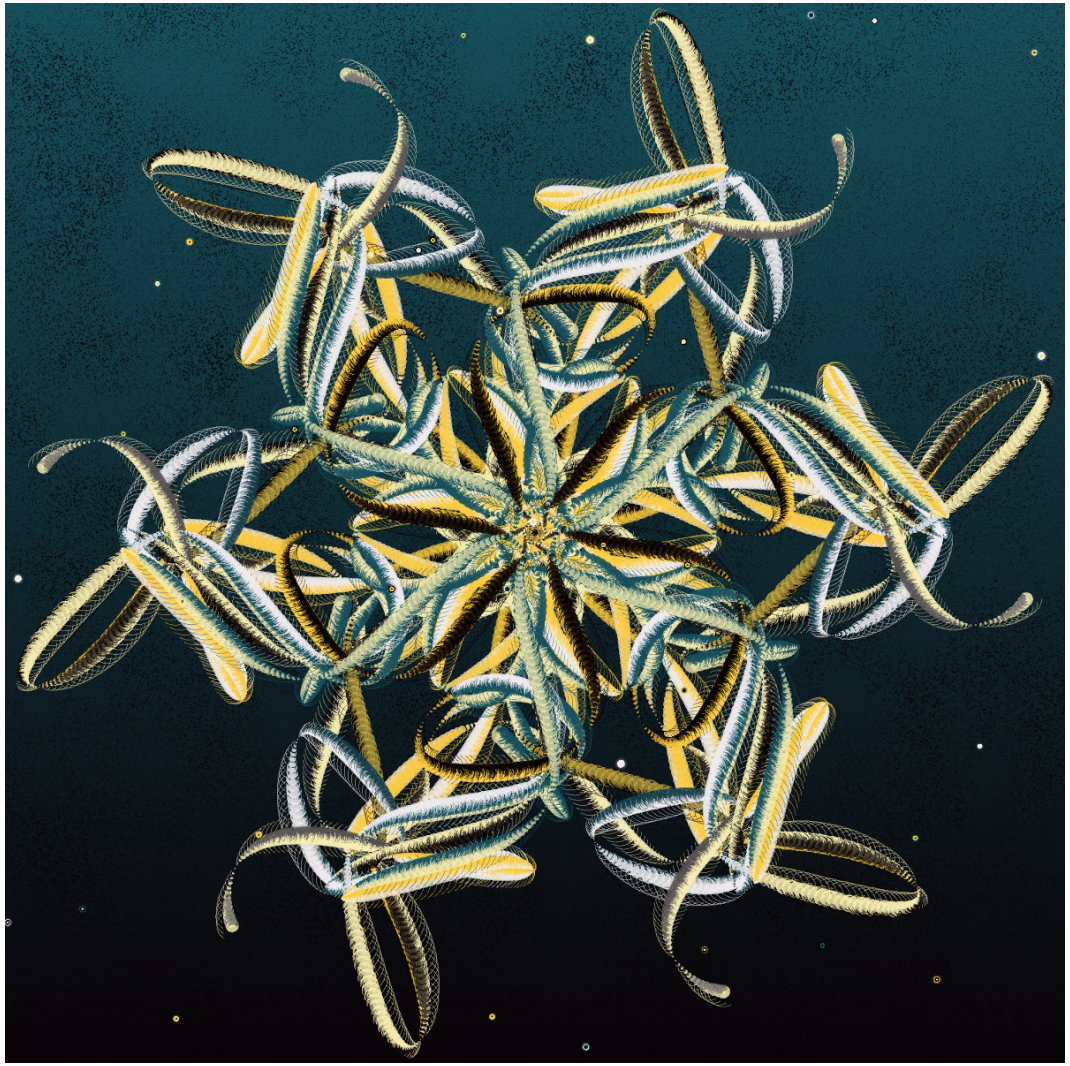

Figura 2.48: *Ganxillo*, una captura amb 6 rames.

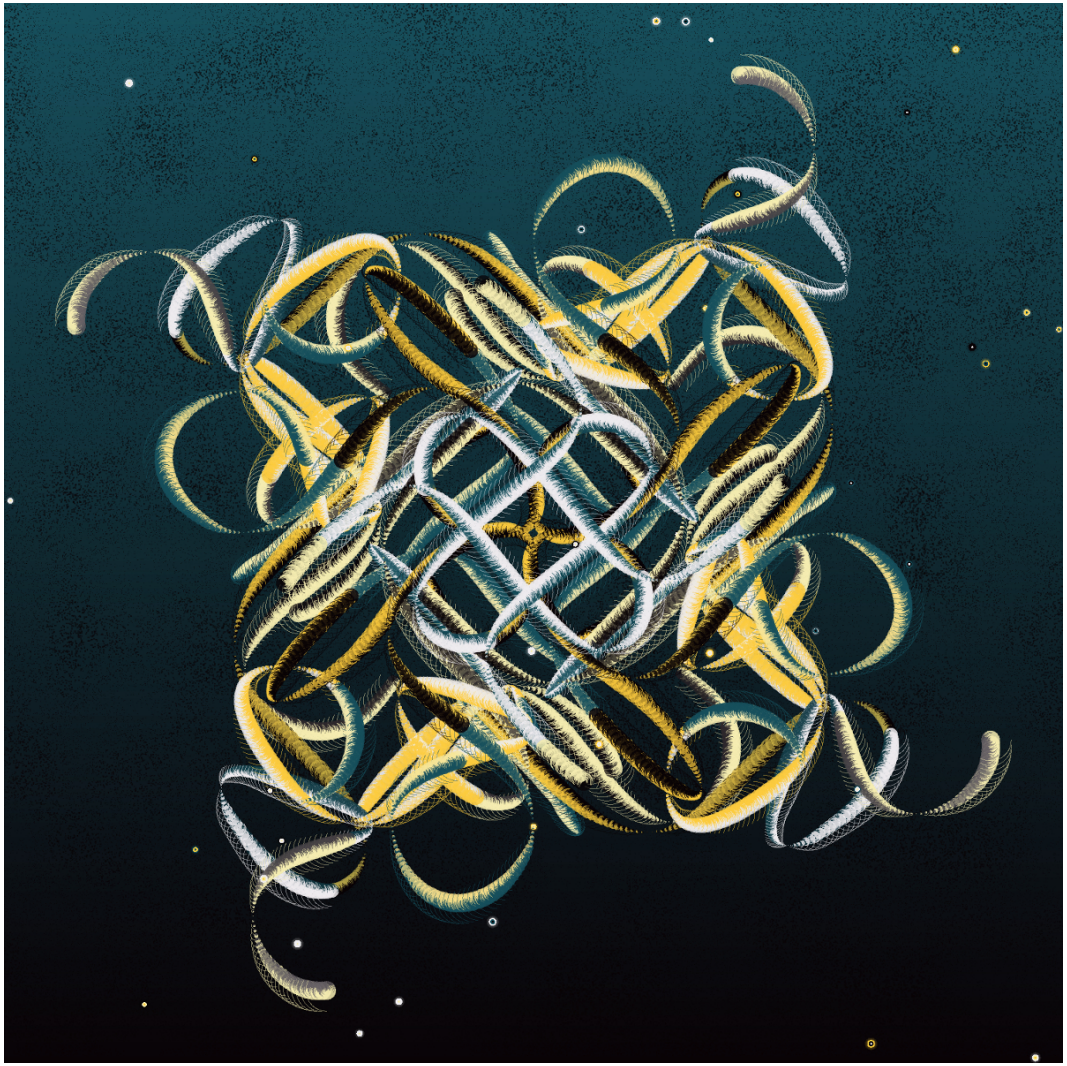

Figura 2.49: *Ganxillo*, una captura amb 4 rames.

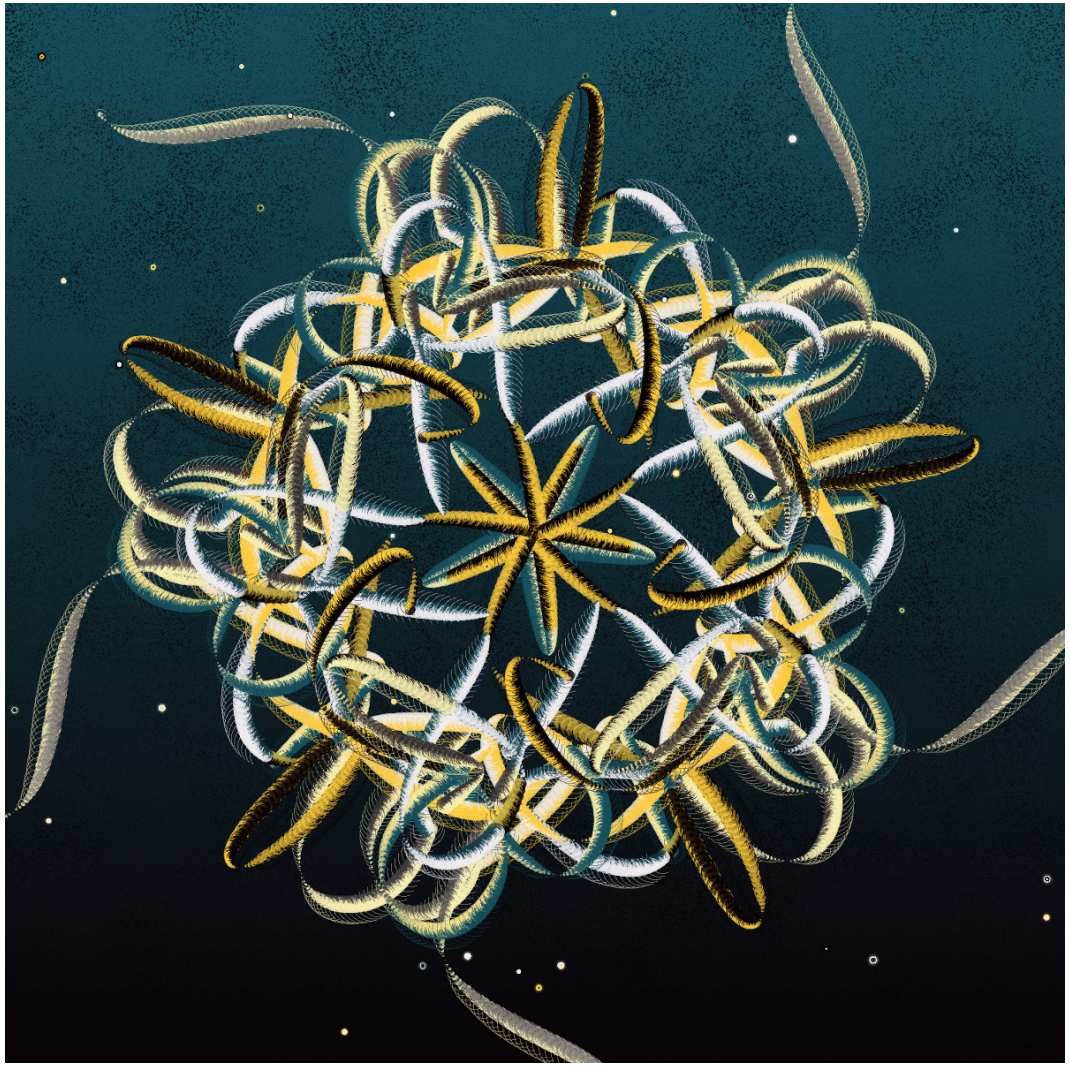

Figura 2.50: *Ganxillo*, una captura amb 5 rames.

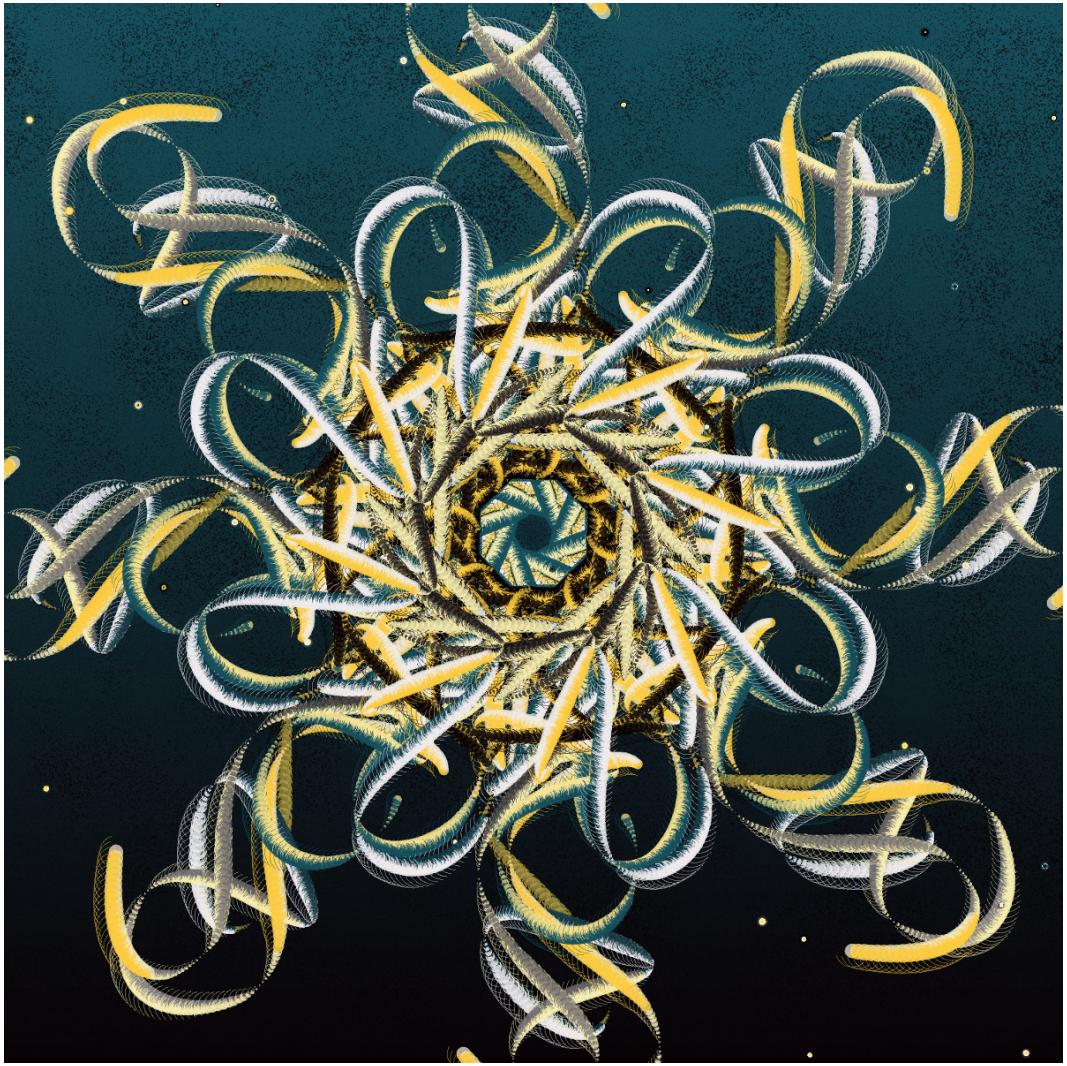

Figura 2.51: *Ganxillo*, una captura amb 8 rames.

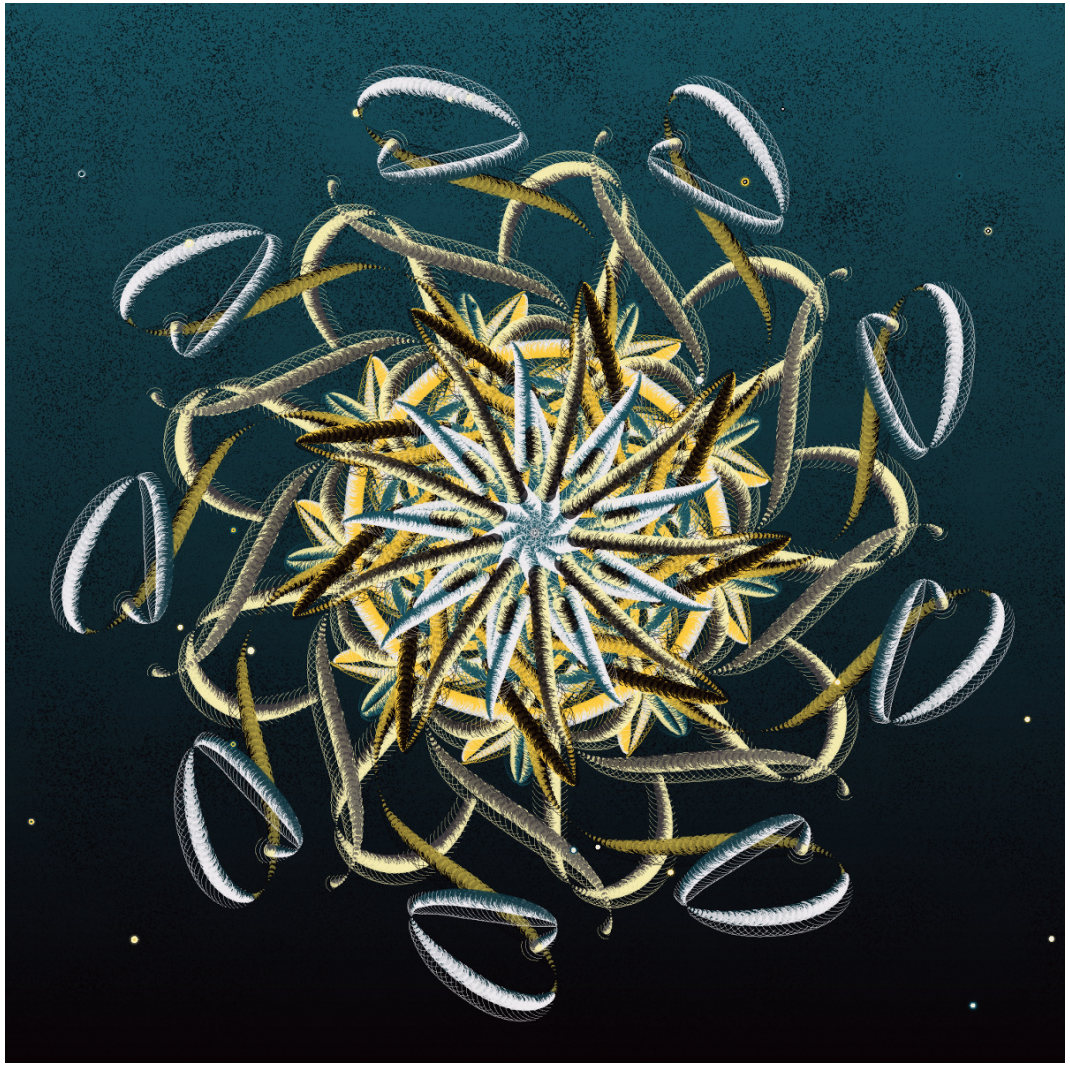

Figura 2.52: *Ganxillo*, una captura amb 9 rames.

Figura 2.53: Detalls d'una instantània impresa de *Ganxillo*.

Figura 2.54: Detalls del soroll de fons d'un *Ganxillo* emmarcat.

2.3.3 Racó geek

Tot es pinta des del centre del llenç quadrat, de dins cap a fora, afegint a cada bucle de l'algoritme una puntada, que es repeteix circularment en totes les rames de la peça. Si la peça té 6 rames com en la imatge 2.48, aquesta puntada es repeteix 6 cops, girant 60 graus la peça des del centre; si la peça té 4 rames com en la imatge 2.49, la puntada es repeteix 4 cops, girant 90 graus. Només existeixen *Ganxillos* de 4, 5, 6, 7, 8 i 9 rames.

No s'esborra res del que es pinta, com si afegíssim pigment a l'oli, pinzellada sobre pinzellada, es va dibuixant el patró repetitiu i circular del *Ganxillo* afegint puntada a puntada.

Cada puntada és un cercle, fet de molts altres cercles concèntrics dibuixats amb dos arcs de dos colors que giren respecte el seu centre. Cada puntada, va creixent i decreixent de mida seguint una ona harmònica sinusoïdal amb soroll en la seva fase: `mida = 17.*abs(sin(t*.07+noise(t*0.04)));`. I, cada puntada forma part d'una llaçada que va construint les rames i que es desplaça també com una ona harmònica sinusoïdal amb soroll.

Cada cop que la mida de la puntada és més petita que 0.4 píxels, els colors de la llaçada canvien cíclicament en un altre bucle infinit que es va succeint.

La peça és interactiva i es pot triar amb els números del teclat quantes rames volem per al nostre *Ganxillo*: 4, 5, 6, 7, 8 o 9. També podem decidir clicant amb el ratolí on volem que comencin les llaçades. A més *Ganxillo* és una peça digital responsiva[28] que, com *Trossets* 2.2.2, es pot veure en qualsevol pantalla perquè s'adapta a les mides de la pantalla tot mantenint les proporcions i característiques del dibuix.

[28] **responsiu**: tècnica de creació i desenvolupament que permet adaptar el format dels continguts de l'obra digital a les característiques de qualsevol pantalla o dispositiu d'accés.

2.4 Estratosfèric

El títol d'aquesta obra, *Estratosfèric*, conté, sense mantenir-ne el significat, la paraula estrat. Estrats, capes, sediments,... Visualment el projecte també juga amb capes i és una al·legoria a les nostres experiències vitals acumulades.

Records feliços i tristos, que s'encongeixen o augmenten, que prenen protagonisme i passen davant o queden amagats darrere d'altres, que acaben en un racó,... tots ells creant l'amalgama dels nostres records complexos, diversos i acolorits, com en el film *Del Revés* (Docter i Carmen 2015).

Estratosfèric són 9 obres: 2 que formen un díptic[29], 3 que componen un tríptic[30] i 4 que fan un quadríptic. Es van exposar a Cortesi Gallery Milà el juliol del 2022, vegeu les fotos 2.55, 2.56 i 2.57.

2.4.1 Explorar les característiques pròpies de l'art digital generatiu, buscar-ne l'ànima

Estratosfèric és una al·legoria a les nostres experiències vitals i com es van sedimentant en la memòria creant capes de records. Però, sobretot, *Estratosfèric* explora com dibuixar-ho en una peça generativa que mostri les característiques visuals pròpies del mitjà, pintant detalls sorgits dels algoritmes, petits matisos, que no poden pintar-se o visualitzar-se amb cap altre mitjà o tècnica pictòrica.

Estratosfèric de lluny sembla una ciutat en creixement (comentari d'un visitant de la inauguració de l'exposició de les peces a Milà) o tot de roques sedimentàries. De lluny. De prop revela la seva essència digital, inclús es poden veure línies diagonals dentades resultat de sobreposar línies verticals separades només per 1 píxel, vegeu la foto 2.58.

L'algoritme d'*Estratosfèric* creix i avança amb el temps. Fa aparèixer en la imatge final, unes vetes horitzontals, uns degradats de color que no estan codificats en l'algoritme, sorgeixen en alinear les línies verticals d'un píxel de gruix i de 2 colors. Línies que van girant lleugerament amb el temps de forma harmònica 6 graus a dreta i esquerra. Aquest suau gir fa que, en solapar-se, es creïn unes

[29] **díptic**: composició pictòrica dividida en dos cossos.
[30] **tríptic**: composició pictòrica dividida en tres cossos.

Figura 2.55: *Estratosfèric* tríptic exposat. Cortesi Gallery, Milà.

Figura 2.56: *Estratosfèric* díptic exposat. Cortesi Gallery, Milà.

Figura 2.57: *Estratosfèric* quadríptic exposat. Cortesi Gallery, Milà.

transicions de color que no estan inscrites en el codi. S'explora com usant només línies verticals fines i soroll algorítmic[31] es poden crear efectes visuals que no estaven previstos. Efectes que només poden aparèixer repetint, repetint i repetint moltes vegades petites instruccions per pintar elements geomètrics simples, que en acumular-se resulten en efectes insospitats, vegeu la foto 2.59.

Al fons es construeix una piràmide de base quadrada que va estirant-se cap a la base. Gairebé no es veu, cal parar-hi molta atenció perquè els píxels de capes superiors la tapen. Es dibuixa usant només línies, que semblen paral·leles però que es van esbiaixant apropant-se més als laterals a mida que descendeixen. Aquest petit biaix successiu, repetitiu, imperceptible, va fent més evident la cantonada que tenim en front, que és cada cop més punxeguda. És una altra petita exploració geomètrica de com la repetició sumada a petites variacions pot crear imatges o detalls que parlen del codi que les crea. ¿Cal usar sempre soroll i aleatorietat per a aconseguir fer aflorar visualment les característiques intrínseques de l'art generatiu? Aquesta capa indaga en aquesta pregunta i fa una proposta que no usa variacions aleatòries ni soroll, jugant només amb la geometria i petits biaixos recurrents.

En una altra capa hi ha línies que s'expandeixen des d'un punt de fuga creant formes triangulars que sobreposades a la capa anterior afegeixen moaré[32] a l'obra d'art. Un altre artefacte a base de la repetició d'elements geomètrics senzills, les línies. Aquest efecte, a més, dialoga amb les obres de Grazia Varisco (*Pàgina web de l'artista*) i les peces de Julien Gachadoat (*Pàgina web de l'artista*), els altres artistes d'aquesta exposició col·lectiva.

I finalment uns regalims verticals, que es pinten també amb línies d'un pixel de gruix i amb 2 colors. Usen la mateixa estratègia que les vetes horitzontals però sense rotació[33] de les línies. Fan de contrapunt visual a la capa principal de vetes horitzontals i desvelen com està construïda.

[31] **soroll de Perlín, soroll**: és un tipus de funció matemàtica que utilitza interpolació entre un gran nombre de gradients i que varia pseudo-aleatòriament en l'espai o en el temps. És un algorisme desenvolupat per generar imatges que semblin naturals i orgàniques i que mantinguin certa aleatorietat.

[32] **moaré**: efecte òptic produït per la convergència d'estructures paral·leles en la superposició de capes amb patrons correlacionats.

[33] **rotació**: moviment d'un sòlid els punts del qual descriuen circumferències amb els centres alineats i fixos, continguts en l'eix de gir.

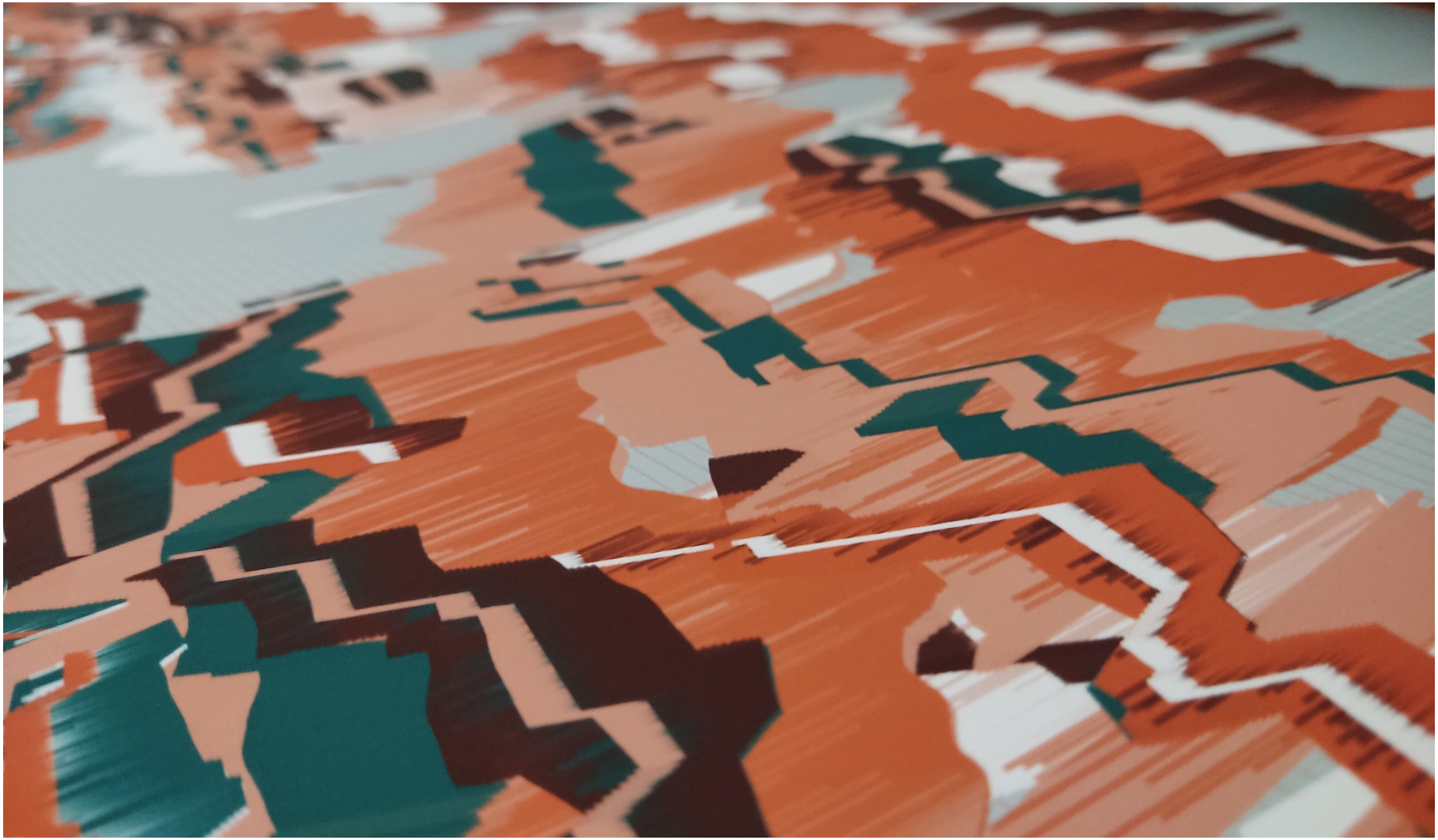

Figura 2.58: Detalls d'una impressió d'*Estratosfèric* on es poden veure línies diagonals dentades.

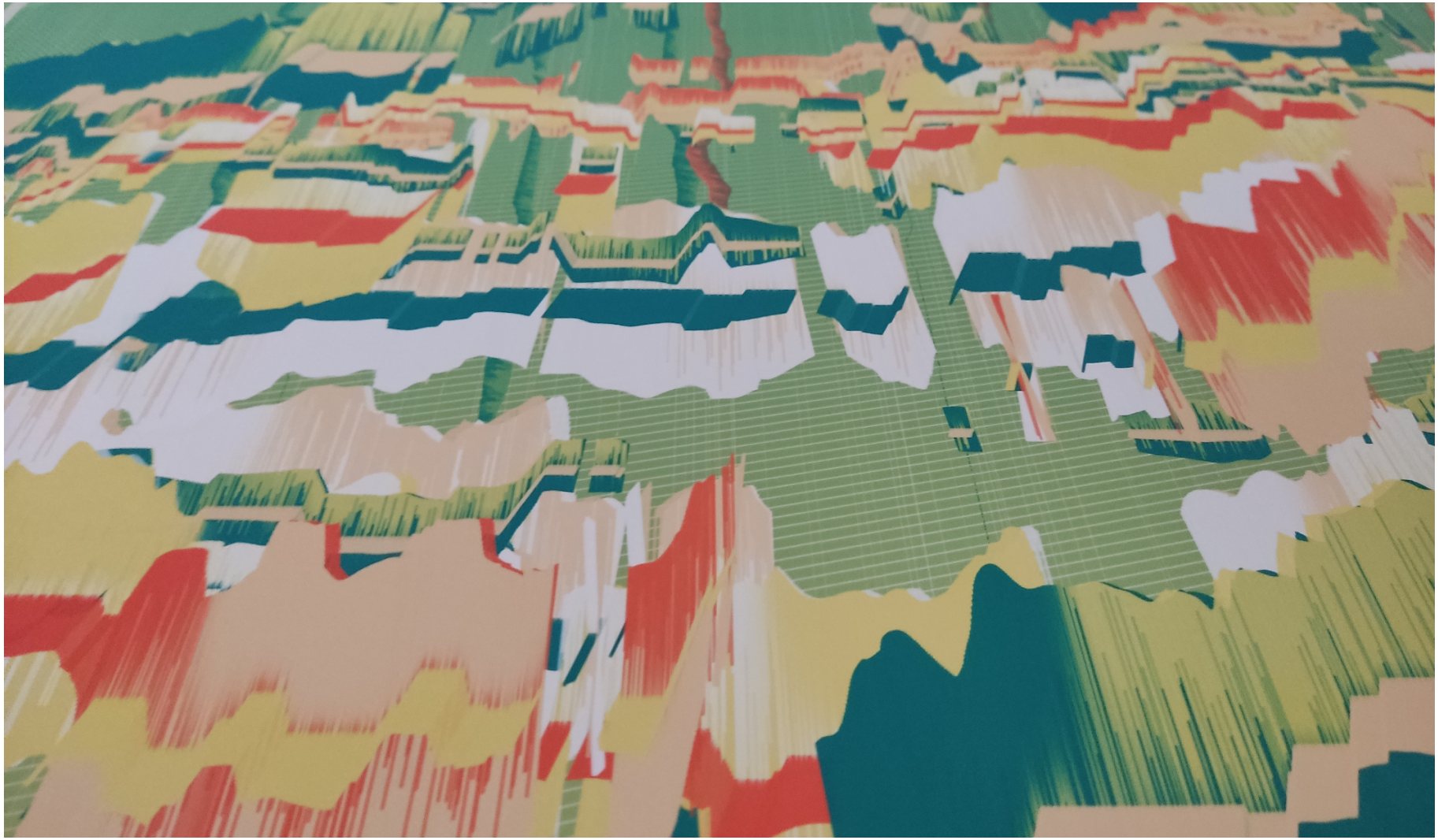

Figura 2.59: Detalls d'una impressió d'*Estratosfèric* on es pot apreciar un degradat de verd a groc a la cantonada inferior dreta.

2.4.2 Formalització

Cadascuna de les 9 peces d'*Estratosfèric* conté totes les capes visuals.

La capa principal d'*Estratosfèric* amb vetes horitzontals queda en primer terme[34], avança d'esquerra a dreta fins al final del paper i alimenta la següent peça de la composició. Hi ha una composició de dues obres que formen un díptic, vegeu la imatge 2.60; una composició de tres que componen un tríptic, vegeu la imatge 2.61; i finalment una de 4 que fan un quadríptic, a la imatge 2.62. Ah! I els colors de cada composició són robats a l'hivern, l'estiu i la tardor.

Cada peça comença on acaba la peça anterior de la seva composició. És a dir que la segona peça del díptic, que es genera de forma independent i no de forma contínua, comença on ha acabat la primera peça del díptic; la tercera peça del tríptic comença on ha acabat la segona i la segona peça del tríptic comença on ha acabat la primera. Però sempre que es comença una peça s'executa l'algoritme de nou. Així les variables aleatòries de cada peça neixen d'una nova llavor[35] i s'afegeix més diversitat i detalls a cada peça. D'aquesta manera, cada obra funciona visualment per separat però també dins del conjunt panòptic[36] que forma.

2.4.3 Racó geek

Explicaré només la capa de vetes horitzontals que és la més *geek*[37], les altres capes són jocs més geomètrics i de repetició que ja han quedat força detallats a l'apartat 2.4.1.

Les vetes horitzontals comencen al marge esquerre de la peça i avancen cap a la dreta, fins al final del paper amb passes d'entre 1/2 i 1 píxel. Cada veta avança a una velocitat diferent però totes van molt a poc a poc. Aquesta capa triga 30 minuts en dibuixar-se tota sencera.

El lloc de naixement de cada veta es llegeix d'un document on hi ha escrites les posicions on

[34] **primer terme, *foreground***: element o espai més proper a l'observador en una escena o en una composició.

[35] **llavor, llavor estat, *random seed***: nombre usat per inicialitzar un generador de nombres pseudoaleatoris.

[36] **panòptic**: composició pictòrica dividida en n cossos, on $n > 3$.

[37] ***geek***: persona que coneix i s'interessa de manera persistent en un tema en particular, especialment un tema tecnològic o especialitzat.

ha acabat la peça anterior. I la veta va avançant endavant. També fa salts de 2 píxels amunt, puja, i salts de 2 píxels avall, baixa. A cada passa la veta té un 33% de possibilitats de pujar i un 32% de possibilitats de baixar. `soroll = noise(frameCount*0.06, noiseoffset); if(soroll > 0.66) y+=2; else if(soroll < 0.33) y-=2;` I, aquest petit desajust d'un 1% marca la tendència general de les vetes que són lleugerament optimistes quan dibuixen les nostres experiències vitals. Una troballa que es va fer evident en pintar per primera vegada l'algoritme amb aquesta línia de codi i que va ser una sorpresa deguda a un petit desajust.

Cada veta horitzontal es pinta amb un munt de línies verticals de 2 colors que giren lleugerament de forma harmònica 6 graus en el sentit horari i 6 graus en el sentit antihorari, van gronxant-se així endavant i enrere. La longitud de la ratlla d'un color i l'altre color s'escull a l'atzar: la ratlla de les vetes grans és de longitud 30 píxels en total, cada color comença a un extrem de la ratlla i com a mínim pinta 8 píxels, els altres 14 píxels del mig es reparteixen atzarosament. Es tira un dau que té números de l'1 al 14, si surt un 5, per exemple, el primer color avança 5 píxels més i fa una ratlla de longitud $8+5=13$ píxels, el segon color avança 9 píxels més $(14-5=9)$ i fa una ratlla de $8+9=17$ píxels. A més, de tant en tant, desapareixen les ratlles verticals completament i deixen de pintar-se, deixant un forat en el trajecte horitzontal.

En resum, les vetes horitzontals varien la seva mida, la seva posició vertical, com es pinten els 2 colors i la seva rotació, segons un soroll pseudoaleatori de diferent freqüència per a cada variable. I aquest ús exagerat de petites variacions sorolloses donen a la peça l'aspecte orgànic i digital que té i són l'essència de la recerca sobre l'ànima del mitjà generatiu en aquest projecte *Estratosfèric*.

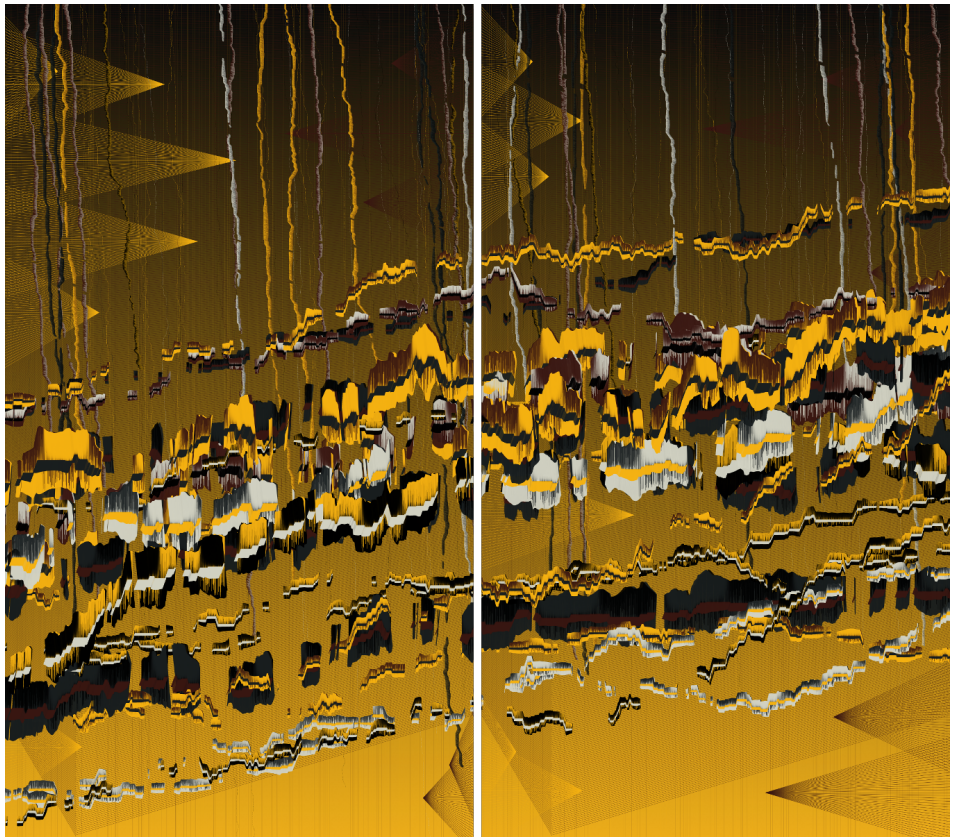

Figura 2.60: *Estratosfèric*. Díptic.

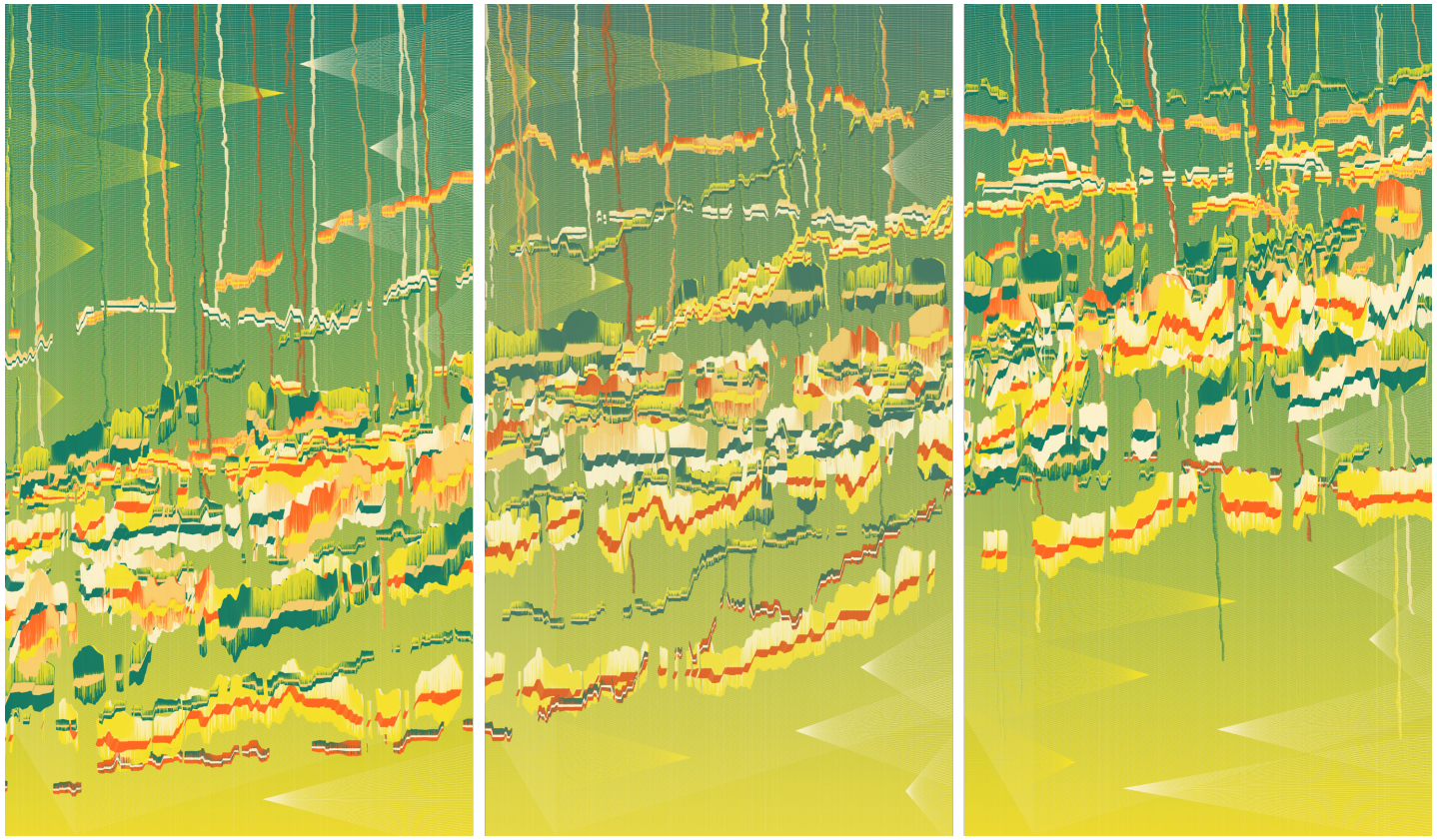

Figura 2.61: *Estratosfèric*. Tríptic.

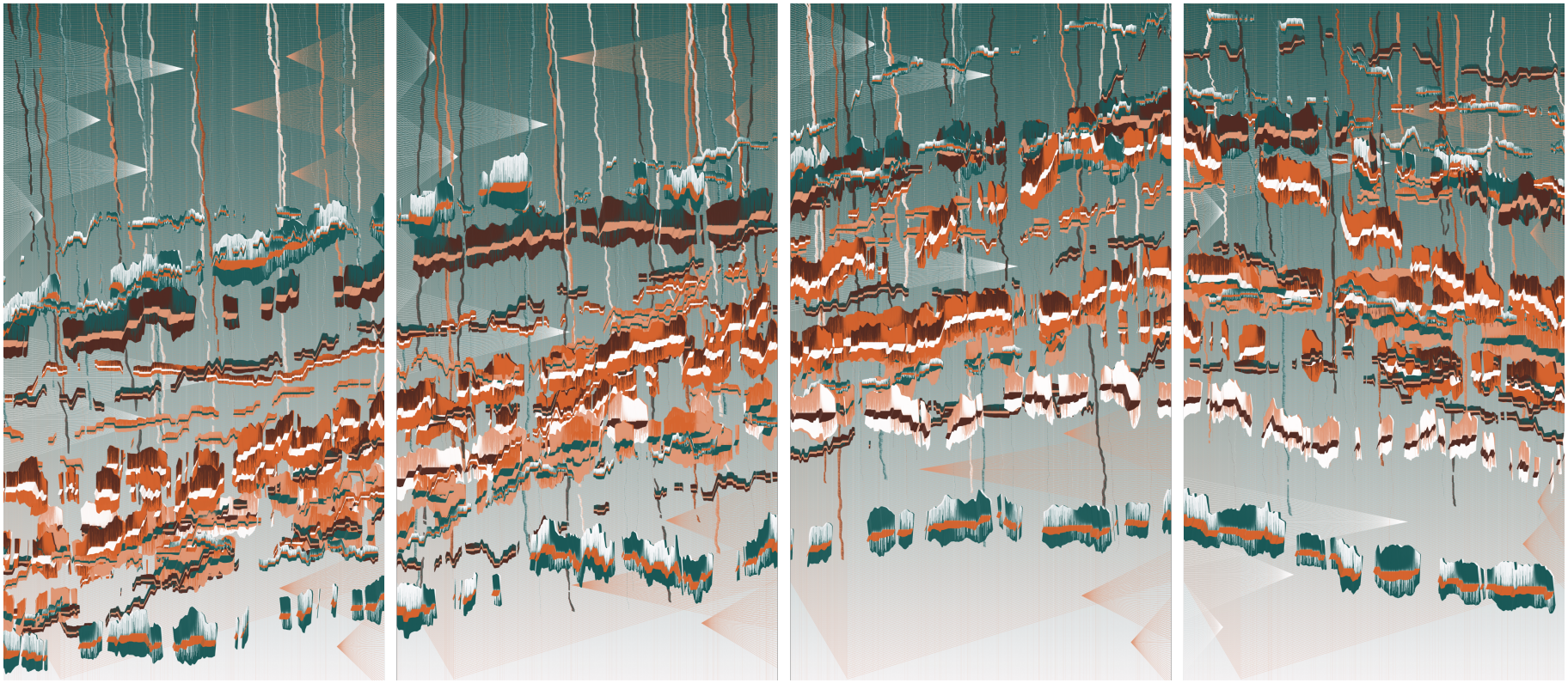

Figura 2.62: *Estratosfèric*. Quadríptic.

2.5 Discs

Discs recull tota la recerca dels projectes anteriors. És un projecte que explora els sistemes de regles (Shanken 2015) i com poden generar dibuixos i grafismes[38] que no estiguin inscrits en el propi codi algorítmic. S'endinsa en el medi generatiu i les seves característiques intrínseques, com per exemple el soroll algorítmic i la repetició, mirant de dibuixar elements i detalls que no es podrien aconseguir traçant-los a mà o amb cap programari[39] de dibuix existent. I, finalment, les peces i el concepte fan referència a experiències vitals i comportaments molt socials.

El sistema que genera *Discs* col·loca elements dispersos en una graella quadriculada. Cada element busca els seus veïns. Si no està aïllat, s'enllaça i es connecta visualment amb ells. Una referència a les societats i les relacions, tant presencials com digitals.

Discs es va exposar el gener del 2023 a la galeria Expanded.Art de Berlín, vegeu la foto 2.63 i 2.64 (*Expanded.Art. Exposició Generative Abstraction and Beyond PART III* 2023). Alhora es va exposar digitalment a la plataforma en línia Verse (Carreras 2023; *Verse. Exposició Generative Abstraction and Beyond PART III* 2023).

2.5.1 Un recull de tot: sistemes i característiques pròpies de l'art generatiu

Discs el crea un sistema que mostra la necessitat de construir connexions, de relacionar-nos amb els nostres propers i els qui tenim al nostre voltant. Aquesta idea de sistemes algorítmics que amb regles molt senzilles mostren i creen patrons i imatges que no estan inserides al codi és una exploració recurrent en la meva recerca. Tant una recerca a nivell estructural, inserida en el procés de creació i generació del dibuix, com al projecte *Trossets*, que podeu llegir a l'apartat 2.2.4; com una recerca a nivell gràfic, a nivell de llenguatge visual, a nivell del detall pictòric, de com es formalitza el dibuix, com es pot veure en el projecte *Estratosfèric* explicat a l'apartat 2.4.3.

[38] **grafisme**: composició dels elements gràfics que intervenen en la pàgina impresa.

[39] **programari**: conjunt dels programes informàtics que serveixen per a aplicacions determinades.

Figura 2.63: *Discs* exposat a la galeria Expanded.Art de Berlín.

Figura 2.64: *Discs* exposat a la galeria Expanded.Art de Berlín.

A alt nivell, a *Discs* apareixen clústers de cercles, de discs[40], en algunes zones de la imatge on es concentren més connexions. Però llegint l'algoritme som incapaços de saber on apareixeran aquests clústers[41] o si n'hi haurà més d'un; o si visualment formaran un sol conjunt gran, uniforme i únic; si deixaran espais entre ells; si es manifestaran més a la dreta o a l'esquerra de la imatge creada; a les cantonades? o bé deixaran respirar més la imatge i apareixerà algun individu aïllat entre aquests conjunts? Vegeu-ne dos exemples a la imatge 2.65 i 2.66.

Aquest tipus de recerca sobre sistemes basats en quadrícules on cada element es relaciona amb els seus veïns, ja l'havia començat a treballar el 2017 al projecte *Matriu Social* (Carreras 2017b). *Matriu Social* mostra tres animacions generatives basades en 3 models coneguts: el joc de la vida, el model del votant i el model sociològic de Schelling. Aquests 3 models són un conjunt de regles de comportament social individual molt senzilles que generen i dibuixen comportaments emergents a gran escala, vegeu-los a la imatge 2.67. Permeten observar i descobrir a nivell macroscòpic alguns comportaments col·lectius que s'esdevenen a partir de les decisions individuals.

El joc de la vida és un algoritme d'autòmat cel·lular[42], on cada cel·la té dos possibles estats, viva o morta. Amb quatre regles bàsiques representa condicions de reproducció, mort per malnutrició, existència sostenible i mort per sobre-població. Ens dibuixa la supervivència de manera visual, sense estar inscrita en el codi i a partir de comportaments senzills de cada cel·la i els seus veïns.

En el model del votant, cada cel·la té un vot, favorable o contrari. I successivament totes les cel·les reflexionen sobre el seu vot segons el vot dels seus 4 veïns més propers. Amb quatre regles bàsiques es simulen[43] influències i es dibuixa la manera com es conforma la nostra opinió pública.

---

[40] **disc**: en matemàtiques cos cilíndric la base del qual és molt gran respecte a l'altura.

[41] **clúster**: agrupament, conjunt d'unitats funcionals interconnectades per mitjà d'una xarxa que actuen com una sola unitat.

[42] **autòmat cel·lular**: mètode matemàtic de simulació basat en una quadrícula en què cada cel·la té un color i on totes les cel·les actualitzen simultàniament el seu estat segons un conjunt de regles basades en els estats de les cèl·lules veïnes.

[43] **simulació**: tècnica que representa el comportament d'un sistema o un fenomen determinat, ja sigui resolent per ordinador les equacions que el regeixen o, també, observant un altre fenomen anàleg governat per les mateixes equacions.

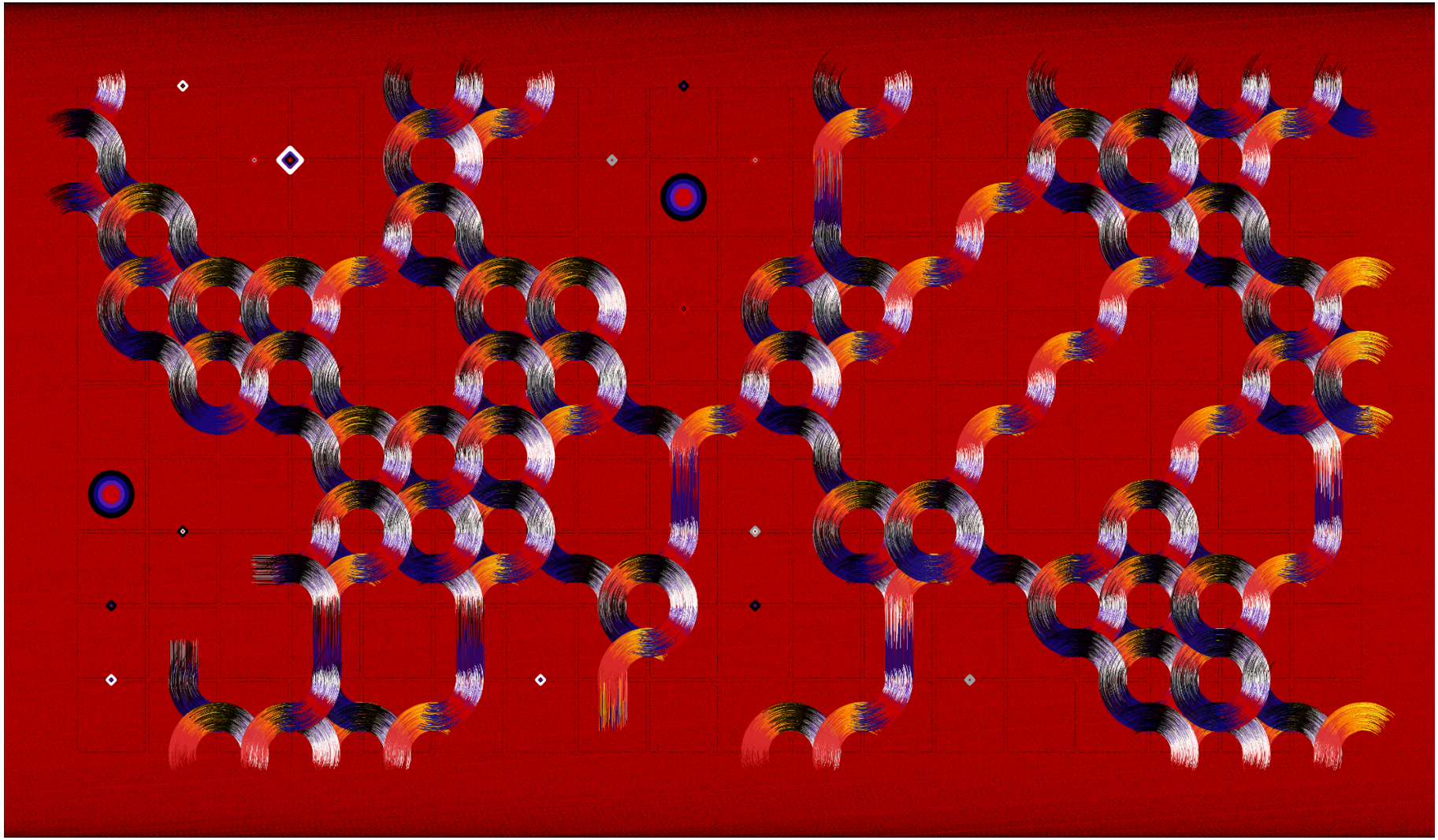

Figura 2.65: *Discs* test #001.

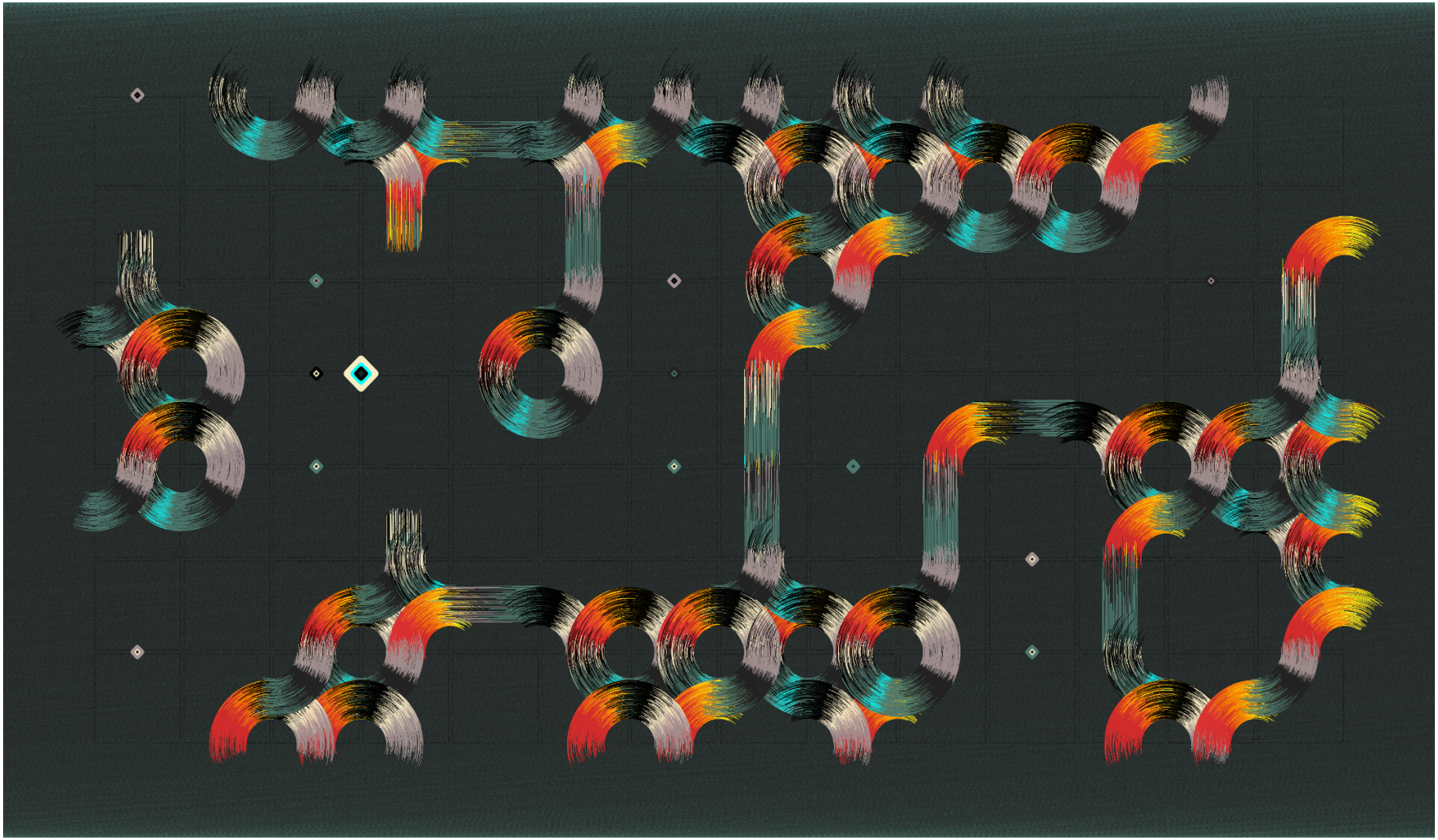

Figura 2.66: *Discs* test #005.

Figura 2.67: *Matriu Social*: a dalt a l'esquerra, joc de la vida; a dalt a la dreta, model del votant; i a baix, model de Schelling.

I finalment en el model de Schelling hi ha dos tipus de ciutadans escampats per la quadrícula. A cada iteració, a cada pas, 20 ciutadans valoren si viuen contents on són o si canvien de lloc on viure. Un ciutadà amb 3 o més veïns del seu mateix color està content i es queda on és, un ciutadà amb 5 o més de 5 veïns de l'altre color tria a l'atzar un altre lloc de la quadrícula on anar a viure. Aquestes dues regles bàsiques evidencien la forma com es generen, a llarg termini, illes urbanes i altres estructures de segregació.

Els tres models anteriors són simulacions conegudes que neixen d'estudis de sociologia o bé estudis matemàtics. En canvi *Discs* no busca representar cap equació o sistema matemàtic, ni simular cap comportament social. *Discs* proposa una única regla ben senzilla. Només una. I amb aquesta única instrucció, mínima, explora com els sistemes d'aquesta mena, els sistemes que es regeixen per l'estat de cada cel·la i de les seves veïnes, poden crear imatges que no podem preveure ni llegint-ne el codi que les genera; imatges que no sabem com sonaran tot i que en coneixem la partitura.

Per altra banda, a nivell gràfic pictòric, *Discs* utilitza moltíssimes repeticions, bucles, i aleatorietat per pintar les línies i els arcs que dibuixen la peça, llegiu-ne els detalls al següent apartat 2.5.3. Repetició i atzar per exagerar la recerca de les possibilitats de l'art generatiu, de les seves característiques pròpies i úniques del llenguatge, tant del llenguatge visual, com del llenguatge de programació. Una exageració que porta a la màquina a repetir i repetir accions de dibuix, accions mecàniques i matemàtiques que acaben creant textures orgàniques. Una exploració de la complementarietat[44] que ha presentat també Tyler Hobbs el març del 2023 a l'exposició *Mechanical hand* (Hobbs 2023a) o que també explora l'artista Abakshonok (2022).

Accions repetitives incessants que exageren la idea de la creació automatitzada, que ens apropen a la concepció d'uns algoritmes i unes màquines que creen i han de crear incansablement sense aturar-se (Klingemann 2023a). Una idea, que es combat al projecte *L'algorisme despullat* amb el que hem començat aquest capítol 2.1.3.

[44] **complementarietat**: qualitat de complementari. Que ho completa, que ho complementa, no ho contradiu.

2.5.2 Formalització

Discs és un projecte generatiu comissariat, és a dir, que amb el mateix algoritme es generen moltes sortides [45], moltes obres digitals, més de 300 en aquest cas. Es guarden totes. I finalment es trien, l'artista les selecciona, tria les peces que conformen la sèrie final de tot el projecte. *Discs* és un projecte que consta d'una sèrie de 100 peces. Per a *Discs* vaig triar les peces finals de manera que mostrin l'ampli ventall de possibilitats que permet el mateix sistema i les seves possibilitats generatives, de forma equilibrada. No predomina una paleta de colors envers una altra o una mida de discs envers un altra, vegeu els detalls a l'apartat 2.5.3.

Discs és un projecte $1/1/N$, en aquest cas, $1/1/100$ (Node 2022). Les peces són totes úniques, $1/1$, però pertanyen a una família, a un mateix algoritme, a un mateix projecte que té una grandària de N, i aquí la serie final és de 100 obres.

2.5.3 Racó geek

Discs comença dibuixant una quadrícula que es fa evident visualment pintant-ne els quadrats o bé pintant-la amb ratlles. En un 50% de les iteracions es dibuixen ratlles com en la imatge 2.68; i en un 50% quadrats com en la imatge 2.69. La imatge és de resolució 4K, sempre fa 3840×2160 píxels i la quadrícula es construeix amb tot de quadrats de mida 120, 192, 240 o 320 píxels. Això crea peces amb més quadrats, més petits, i peces amb menys quadrats i més grans. La quadrícula més petita que es pot crear fa 10 columnes per 4 fileres com en la imatge 2.70, la més gran fa 32×18. També hi ha quadrícules de 12×6, 14×7, 16×9, 18×9, 20×11 i 30×16.

Un cop construïda la quadrícula, el sistema col·loca entre 100 i 640 elements, o en podríem dir individus, escampats per tots els quadrats. Si la quadrícula és més gran col·loca més elements i si és més petita en col·loca menys. Com que va decidint en quina casella[46] quadrada cau cada element, pot ser que, malgrat col·locar-ne molts, tots vagin a parar a la mateixa casella i visualment sembli

[45] **sortida**: resultat d'una combinació determinada de factors de generació.
[46] **casella**: subdivisió regular d'un espai destinada a contenir alguna cosa.

que la quadrícula s'ha omplert poc. Tot i que aquesta opció és poc probable, pot passar i, per tant, es distribueixen els elements a cada quadrícula de forma molt variada.

Quan els elements estan distribuïts a les caselles, l'algoritme es passeja en ordre per cada casella quadrada per veure si està habitada i si té veïns. Mira si la casella del nord està habitada, mira la casella del sud, la de l'est i la de l'oest. Si troba veïns amb qui relacionar-se estableix lligams visuals amb ells. Aquests lligams són línies o arcs d'un gruix que canvia per a cada peça: pot anar d'entre 55-85 píxels a 315-345 píxels, i de mitjana són línies i arcs de gruix 200. Cadascuna d'aquestes línies o arcs gruixuts es dibuixa repetint 100 línies d'1 píxel de gruix que van omplint i omplint tot el gruix del lligam. A més aquestes línies primes que es repeteixen no acaben sempre al lloc exacte. S'afegeixen aleatòriament variacions que fan que acabin o comencin en un punt equivocat, una mica més cap aquí o cap enllà, que siguin lleugerament més curtes o més llargues del que els toca, mai perfectes, sempre amb petits errors als extrems de la línia. Tota aquesta construcció juga també amb els colors de manera que els arcs que van dels 180°als 270°, sempre són taronges i grocs. Els arcs que van dels 0°als 90°sempre tenen el color de fons que apareix per allí enmig. Aquests colors es mantenen en tots els 100 *Discs*, sigui quina sigui la paleta de colors triada, per a donar una continuïtat estètica a la col·lecció.

L'ordre en què es pinten els lligams de cada casella amb els seus veïns es tria a l'atzar, també. A vegades unes corbes en trepitgen unes altres, que queden darrere, o bé a la inversa. Això afegeix encara més diversitat a la forma com es pinta cadascuna de les caselles i la peça general. De lluny s'aprecia l'estructura de cercles, els espais buits i els lligams de la graella de cada *Disc*, de prop, tots els detalls *geeks* de cada casella i cada lligam el fan únic, fent la peça irrepetible. Vegeu tots els *Discs* d'aquest projecte a la imatge 2.71 i sis caselles en detall a la imatge 2.72.

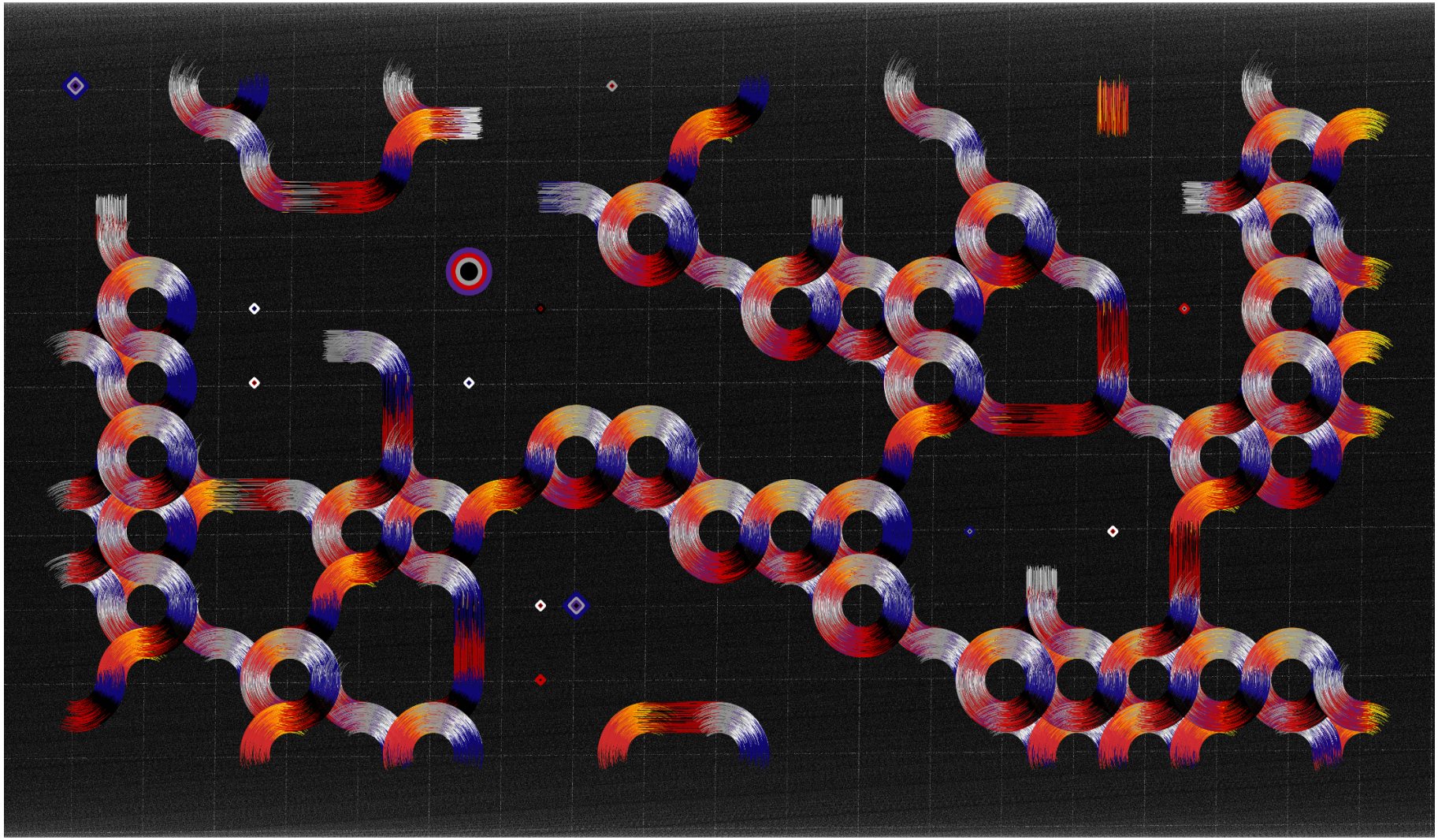

Figura 2.68: *Discs* test #003.

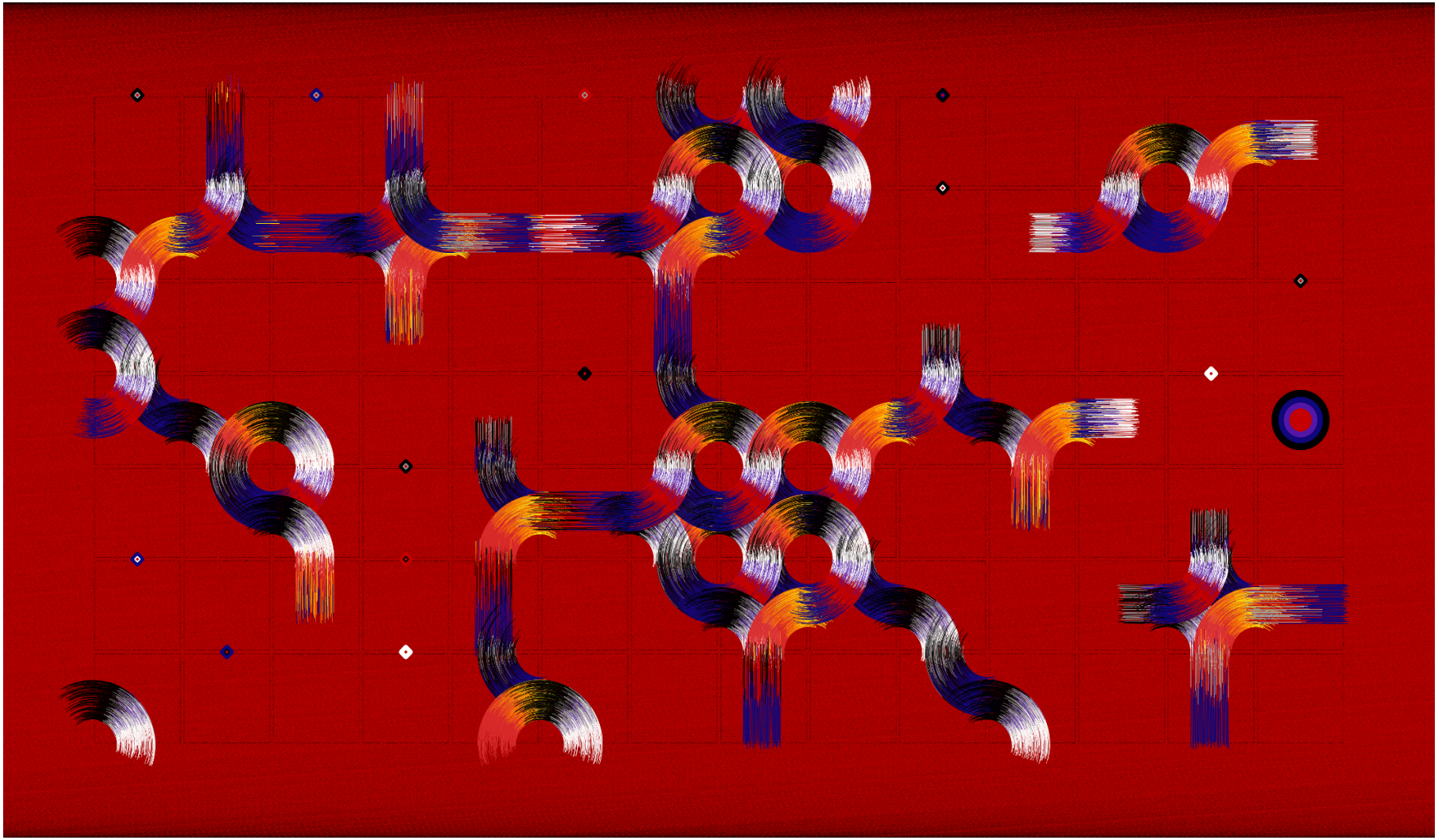

Figura 2.69: *Discs* test #002.

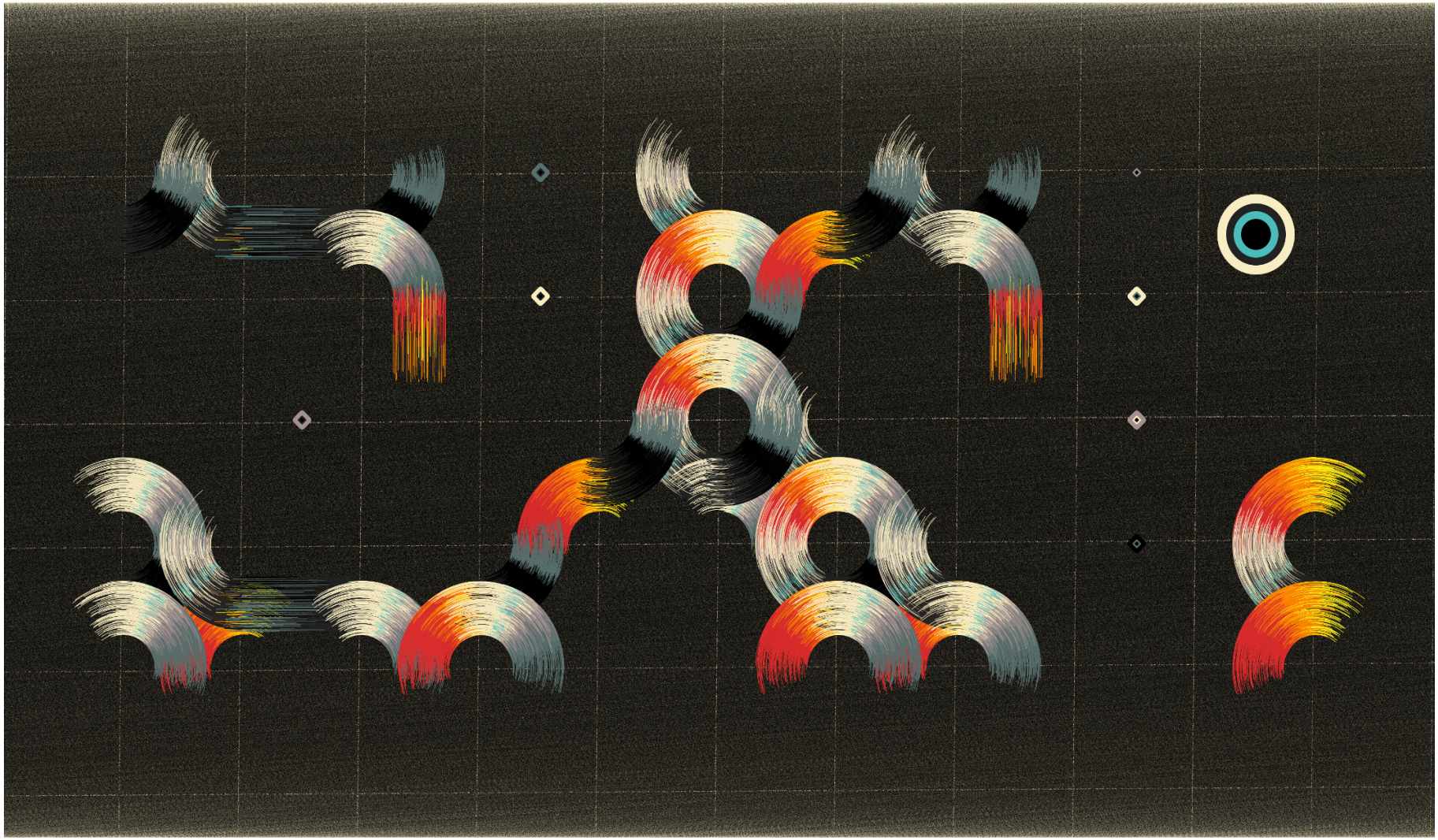

Figura 2.70: *Discs* test #006.

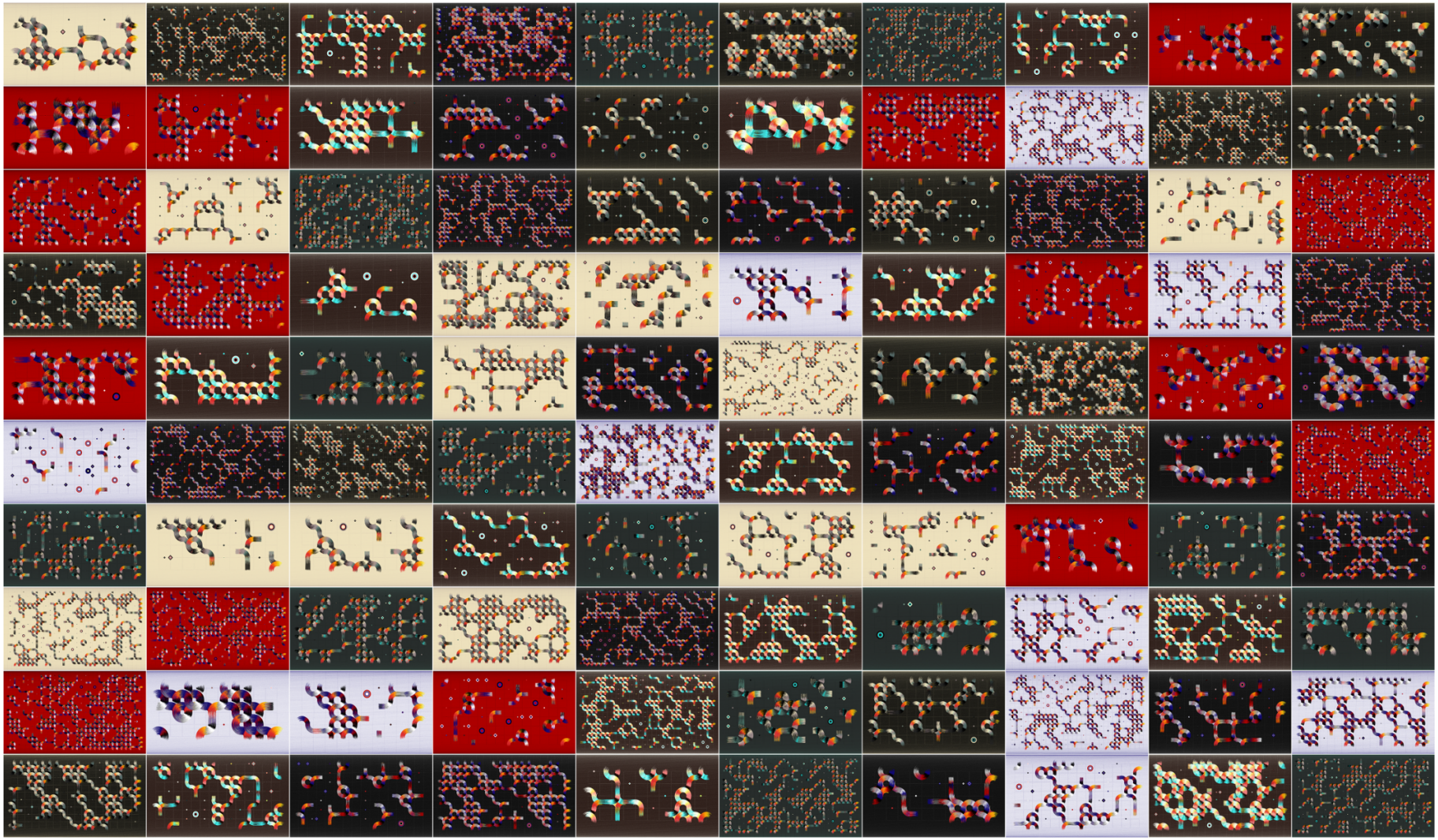

Figura 2.71: Tots els 100 *Discs* de la col·lecció.

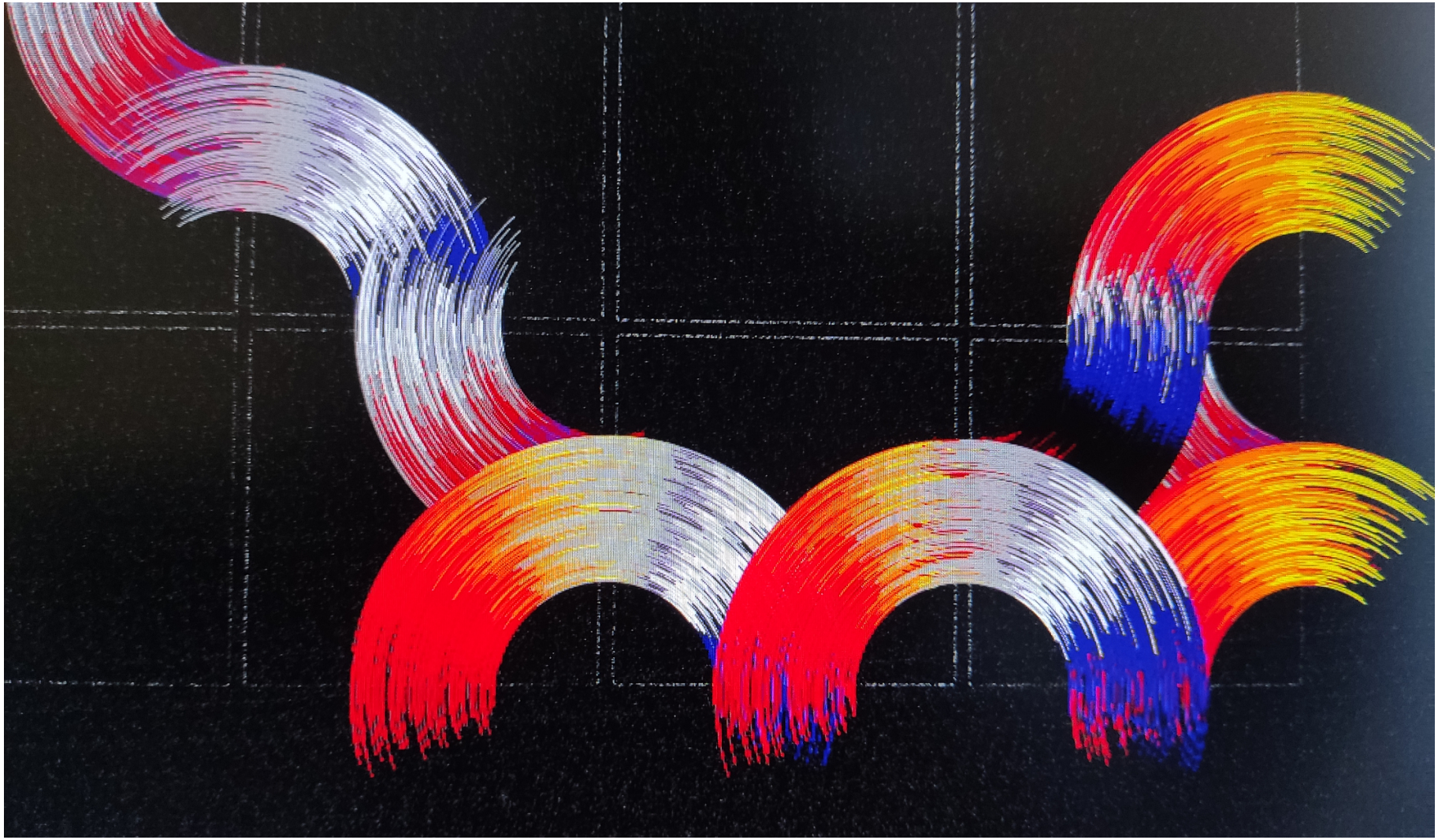

Figura 2.72: Detall de 6 caselles d'un *Disc* fotografiat de la imatge generada en pantalla.

Capítol 3

Art Generatiu

Formigues, caminets i pipes de meló

Em xiflen les formigues.

Les observava de petita, hores i hores. No hi ha gran cosa a fer en un poble petit, al mig del secarral, els mesos d'estiu quan fa una calor *que atauve*[1]. Bé, per als nens sí: els matins al riu, a refrescar-se; a les tardes migdiada i a jugar, al carrer i pels horts; i els diumenges a missa, a que et donin *pan bendito*[2] dolcet i tou. I llavors a assaborir-lo amb tots, tots, els altres nens del poble, tots junts.

Les tardes cap al tard, quan el sol afluixa, eren d'exploració, de córrer amunt i avall i trobar alguna excusa –una pedra, un animalet, una fulla– per a mirar, investigar i inventar trastades hores

[1] (variant dialectal) que aixafa, que deixa sense vigor.
[2] (castellanisme) bocins de pa que són beneïts durant la missa i repartits després entre els fidels.

i hores. Uns *bitxets*[3] pota llargs que neden a la séquia, *romigueres*[4] *tupides*[5] i plenes de punxes amb mores que maduren negres ben bones, pedres del riu arrodonides que reboten i fan *sopeta*[6] a la superfície llisa de l'aigua, corrues de formigues que formen files i fan caminets llargs trafegant cap aquí i cap allà. Que fortes, que llestes, que organitzades! Els tiràvem molletes a la vora del niu i se les enduien ràpid, ràpid, en minuts. Els tapàvem el caminet amb sorra i fulles i trobaven la manera d'esquivar-lo o de remuntar per sobre la muntanyeta. S'enduien les pipes del meló fresquet, sucat al riu amb l'aigua que corre abans d'obrir, que havíem berenat. Aquelles pipes que eren dues vegades més llargues i grosses que elles i amb què fèiem collarets.

Anys més tard, en un seminari vaig descobrir que hi ha científics que simulen el comportament de les formigues i el dibuixen. El dibuixen! Aquelles traces sobre els camins secs polsegosos que jo havia mirat i mirat tant. Com anaven amunt i avall, com s'organitzaven. Podia redescobrir-ho dibuixant-ho? Podia mirar altre cop per veure com eren de llestes i jo fer-me petita, petita i insignificant, només una observadora allí al costat *apretant*[7] el ulls per no perdre'm detall.

Vaig descobrir també que alguns sociòlegs havien aprofitat aquest sistema de simular comportaments per a veure què passa en una societat. I havien vist que malgrat que prenguem certes decisions conscientment, a nivell comunitari, de poble, ciutat o món, en passen d'altres que se'ns escapen i no podem controlar. Oh! Un alleujament de tota responsabilitat i càrrega. Un alleujament de totes aquelles coses que deia aquell capellà de poble a la missa dels diumenges. Però... si ho dibuixava i ho entenia millor, llavors, podia fer alguna cosa per canviar-ho? ¿Podria muntar invents i trastades per a entendre algunes coses complexes que passen, que ens passen o que fan les formigues? Podria? Puc. Potser no ho arribo a entendre però puc dibuixar-ho! I mirar-m'ho hores i hores mentre el temps fuig.

[3] (variant dialectal) insectes.

[4] (variant dialectal) planta de tronc espinós de la família de les rosàcies, de tiges amb agullons i flors blanques o rosades, de fruit negre o blavós, comestible, les mores.

[5] (variant dialectal) denses, espesses.

[6] (variant dialectal) rebot sobre la superfície de l'aigua calmada.

[7] (castellanisme) prément.

3.1 La meva pràctica artística

Aquesta tesi i la meva pràctica artística neix i creix arran d'aquest interès en la natura, en allò col·lectiu i dels comportaments que hi reconec; interès en mirar-la, en trastejar-la, en fer experiments. Muntar jocs per veure què passa, com passa, com creix, com canvia; o simplement jugar-hi, observar i meravellar-se.

L'art generatiu permet crear aquests jocs de construcció, tots aquests sistemes[8] i dibuixar-los, deixar créixer nous mons. Ho hem vist en els projectes del capítol 2. Permet copiar amb nous ulls els mons que veiem (mirant de descobrir i posar en dansa les regles del joc que els conformen) o inventar-ne de nous (noves regles, nous jocs).

Les regles del joc generatiu es construeixen amb instruccions precises: "pinta cercles blancs escampats pel paper; i que no es toquin". I el resultat és una imatge digital, la peça artística. No s'usen dades externes, no és una visualització de dades[9]; ni es filtren[10], retoquen o processen imatges preexistents. Tot el que hi ha a la imatge resultant ho ha creat un programa amb les seves instruccions, una rere l'altra, en ordre, separades en el meu cas per punts i comes (**;**). Tot es basa en formes geomètriques (línies, punts, arcs, cercles, rectangles, etc.), color, píxels i comportaments.

La comunitat entén per art generatiu: "aquella pràctica artística que usi sistemes (màquines, codi informàtic, instruccions procedimentals o un conjunt de regles) que es posen en funcionament amb un cert grau d'autonomia i que resulten en una peça artística"[11].

La definició formulada per Galanter (2003) proposa un terme prou ampli i agnòstic en quant al mitjà que es pot usar (DesLauriers 2023, pàg. 5) per a la creació artística. Pot incloure artistes que

[8] **sistema**: conjunt les parts del qual estan coordinades segons unes lleis que regeix les activitats, les funcions i les conductes dels seus components.

[9] **visualització de dades**: tècnica de representació visual que ajuda a comprendre dades i conceptes i facilita la presa de decisions.

[10] **filtrar**: opció de programari que permet fer seleccions específiques d'informació o processaments específics en un senyal o imatge.

[11] traducció pròpia de "generative art refers to any art practice where the artist uses a system, such as a set of natural language rules, a computer program, a machine, or other procedural invention, which is set into motion with some degree of autonomy contributing to or resulting in a completed work of art" (Galanter 2003)

treballen amb processos mecànics, analògics o biològics. En el meu cas jo faig art generatiu usant codi informàtic, algoritmes i sistemes computacionals[12].

En la meva pràctica uso ordinadors i codi però no s'utilitza l'ordinador com a eina **per a** la creació (*computer assisted art*) sinó que s'usa el codi i els algoritmes com a mètode fonamental i substrat **de** creació de la peça artística (*computer art*), una diferència en la forma de treballar i d'aproximació al mitjà creatiu plantejada per Boden i Edmonds (2009).

El codi s'escriu en llenguatge informàtic, amb instruccions precises, amb un vocabulari tancat i una sintaxi i gramàtica concreta. Es tracta d'escriure una recepta i demanar-li a l'ordinador, en el seu llenguatge, que la segueixi i cuini la peça d'art. El procés creatiu és més fluid que detallar els passos de la recepta, i com un cuiner que crea o improvisa, l'artista estableix un diàleg amb l'ordinador per cocrear[13] la peça d'art.

Jo uso el llenguatge de programació *Processing* (*Processing webpage*). Un projecte de programari lliure *(libre software)*[14], gratuït i de codi obert *(open-source)*[15]. Un llenguatge de sintaxi basada en el llenguatge de programació Java, però fet més senzill i fàcil d'aprendre, que permet ensenyar conceptes de programació i crear projectes gràfics, multimèdia i interactius digitals a partir de codi, llegiu-ne més detalls a l'apartat 3.1.5.

El codi informàtic és determinista, la majoria de programes són totalment predictibles. Si s'executa dues vegades el mateix programa n'obtenim el mateix resultat. Els artistes dotem el codi de certa llibertat, de certa autonomia diu la definició. És l'avantatge que tenim, no en busquem cap funcionalitat concreta, ni resoldre cap càlcul o problema concret, l'usem de forma creativa, el que la comunitat anomenem programació creativa (*creative coding*)[16] (Rodenbroeker 2022; Hansen 2019).

[12] **computacional**: relatiu o pertanyent a les computadores, als ordinadors.

[13] **cocrear**: estratègia de col·laboració per construir col·lectivament un resultat constatable.

[14] **programari lliure, *libre software***: programari que pot ser usat i modificat sense restriccions, que pot ser copiat i redistribuït, tot amb restriccions mínimes per garantir que els futurs destinataris també tindran aquests drets.

[15] **codi obert, *open-source***: codi font al qual es pot accedir per fer-hi modificacions que permetin perfeccionar el funcionament d'un programari o adaptar-lo a usos concrets.

[16] ***creative coding***: ús de la programació informàtica per a expressions artístiques l'objectiu de les quals no està predefinit i el procés està basat en la descoberta, les variacions i l'exploració de resultats inesperats.

I és aquesta aproximació creativa la que ens permet usar el llenguatge de forma menys constrenyida i establir aquest diàleg creatiu amb l'ordinador.

A l'algoritme afegim aleatorietat. N'afegim a les estructures grans de l'algoritme i fins als petits detalls de la imatge. Així diferents execucions del mateix algoritme, del mateix codi informàtic, del mateix programa, creen imatges resultants diferents. En aquest procés, que en podem dir de cocreació, totes les imatges, les peces, són estèticament properes i totes reflecteixen la visió de l'artista però cadascuna és única i a vegades irrepetible.

Hem parlat amb diversos artistes, com Raphaël de Courville (*Twitch*) o Aaron Penne (*Pàgina web de l'artista*), sobre usar com a metàfora la idea que som jardiners o dissenyadors fitogenètics[17] que modifiquem l'estructura i les característiques d'una especie de planta amb el nostre algoritme i després n'obtenim varies llavors. Aquestes llavors les plantem, reguem i cuidem. I cadascuna creix amb les característiques de l'especie que hem imaginat i dissenyat però mai no creixen dues plantes iguals, de cada llavor brota una planta singular. Vegeu dues iteracions, dues llavors, dues imatges del projecte *Figueres Impossibles*, 3.1, 3.2 i una foto 3.3 de quan es van exposar a la galeria Ana Mas l'estiu del 2022 (Carreras 2022a).

Si de cada algoritme i de cada iteració del codi no en guardem les instruccions precises i tots els valors que l'atzar genera en executar-lo, si no en guardem la llavor exacta, llavors no podem redibuixar la mateixa planta única i singular, no podem tornar a crear exactament aquella peça d'art i es converteix en una obra efímera (DesLauriers 2023, pàg. 80–81).

3.1.1 I què crea?

L'art generatiu que usa instruccions, regles i codi algorítmic com a essència s'estén en diversos camps artístics i creatius com ara la música electrònica, la composició sonora, el disseny industrial d'objectes o l'arquitectura paramètrica, entre d'altres. I també inclou, és clar, l'art visual i gràfic. Els darrers anys, des del 2020, m'he centrat en crear peces visuals, tot i que en altres projectes he explorat resultats escultòrics o la performance.

[17] **fitogenètic**: conjunt del material genètic d'origen vegetal.

Figura 3.1: *Figueres Impossibles* #5.

Figura 3.2: *Figueres Impossibles* #6.

Figura 3.3: *Figueres Impossibles* #5 i #6 exposades a la galeria Ana Mas. L'Hospitalet de Llobregat.

Com en el projecte *Generative 3D Forms/Sounds* (Carreras 2017a) en que un algoritme crea formes en 3D a partir de sons de bases de música techno. L'algoritme escolta i analitza el so i ho transmet a un sistema de creixement que crea objectes únics. Els objectes generats s'exporten directament a un format d'impressora 3D per imprimir-los. Una exploració de la forma i estructura que pot adoptar la música techno i de com obtenir sons físics, materials, que puguem tocar i agafar amb les mans.

En el projecte *TOPS-M* (Carreras 2022b) es proposa una performance de programació en directe (*live coding*)[18] usant una màquina d'escriure. El codi, en aquest cas, no és totalment improvisat, és el codi que genera els visuals animats que es projecten a l'audiència. Els visuals responen i reaccionen al propi so de les tecles creant una performance única a cada interpretació.

Darrerament, des del 2020, la majoria de projectes que he treballat desemboquen en peces gràfiques. Algunes peces són animacions que l'ordinador pot dibuixar *ad infinitum* sense parar, repetint constantment instruccions, com el projecte *Arrels* (Carreras 2021c) o el projecte *Ganxillo* (Carreras 2021b) que està detallat al l'apartat 2.3.3. Si hem programat una certa variació o moviments en el codi llavors progressivament es veuen els canvis i es crea l'animació. Aquesta animació no és un vídeo, no hi ha res enregistrat, no s'acaba i torna a començar, no es repeteix, s'estan dibuixant i creant els fotogrames a cada instant, l'algoritme dibuixa, renderitza, cada fotograma en l'instant que el veiem. I executar el mateix codi d'aquesta animació en un altre ordinador o engegar-lo en un altre moment, crearà una animació nova i diferent. No podem preveure exactament cada fotograma com quedarà dibuixat però podem codificar l'animació.

Altres peces, la majoria, són imatges estàtiques. Algunes, inclús, són un instant d'un algoritme de dibuix que va canviant el resultat afegint detalls o elements al llenç, una imatge congelada (*freeze frame*)[19] d'un moment del procés que l'artista atura i captura. D'altres peces incorporen el gest de pintar perquè podem fabricar-nos els nostres propis pinzells, algorítmics, únics, que pinten com volem i ens segueixen. Així que a vegades el codi s'executa i dibuixa tot sol: s'engega, crea una imatge i

[18] **programació en directe, *live coding***: forma d'arts escèniques i tècnica de creativitat centrada en l'escriptura de codi font d'una manera improvisada, habitualment davant de públic, per generar imatges i/o sons a partir del codi que es fa visible projectant la pantalla de l'ordinador a l'espai del públic.

[19] **imatge congelada, *freeze frame***: imatge que es manté fixa en la pantalla durant un temps determinat.

acaba, vegeu-ho al projecte *L'algorisme despullat* a l'apartat 2.1.3. Altres vegades són animacions que no es repeteixen mai. I d'altres vegades la peça incorpora la tria o algun gest de l'artista. Però sigui com sigui totes, totes les imatges acaben essent peces d'art digital, en forma de codi o en format imatge *.png* o *.jpg*, que de tant en tant s'imprimeixen i s'emmarquen, vegeu les fotos 3.4 i 3.5.

3.1.2 L'obra és la peça visual i el codi alhora

> The idea becomes a machine that makes the art.
>
> Sol LeWitt, Paragraphs on Conceptual Art (LeWitt 1967)

Cada artista té la seva manera d'encarar la programació de la peça i també de codificar. Cada artista té la seva pinzellada pròpia i molt personal i això es veu sobretot en el codi, que finalment no deixa de ser llenguatge: estructura, números i text. El que conforma i crea la obra, no són pinzellades o el traç, és llenguatge. Així que podem entendre el codi com a la partitura d'una obra musical per a una orquestra simfònica que es performa quan es toca, la performa l'ordinador quan executa l'algoritme i mai és dues vegades igual.

És una pregunta recurrent en xerrades i tema de converses entre la comunitat: -"És més important el codi o els resultats que renderitza? Què és realment l'obra, el codi o la peça visual?". Personalment dono més pes al resultat visual però en el context de l'art generatiu de sèrie llarga i les galeries d'art generatiu i art digital on es publica el codi en comptes de les peces seleccionades s'està posant en valor el codi, l'algoritme, el sistema codificat com a peça d'art *per se*. Només cal veure com s'en fan reculls (*CodArt. Explore the Art Blocks collections code* 2023; *Universal rayhatcher* 2023) o com Manolo Gamboa, l'artista contemporani més important i reconegut (Bailey 2018a), que ho creu així i així ho considera, comparteix tot el seu corpus de treball dels darrers anys, tot el seu codi, en el seu repositori[20] (*Repositori de codi del Manoloide*).

[20] **repositori**: base de dades central on s'emmagatzemen les successives versions de codi informàtic amb la finalitat de guardar-ne còpies, compartir-ho i utilitzar com un recurs col·lectiu estable.

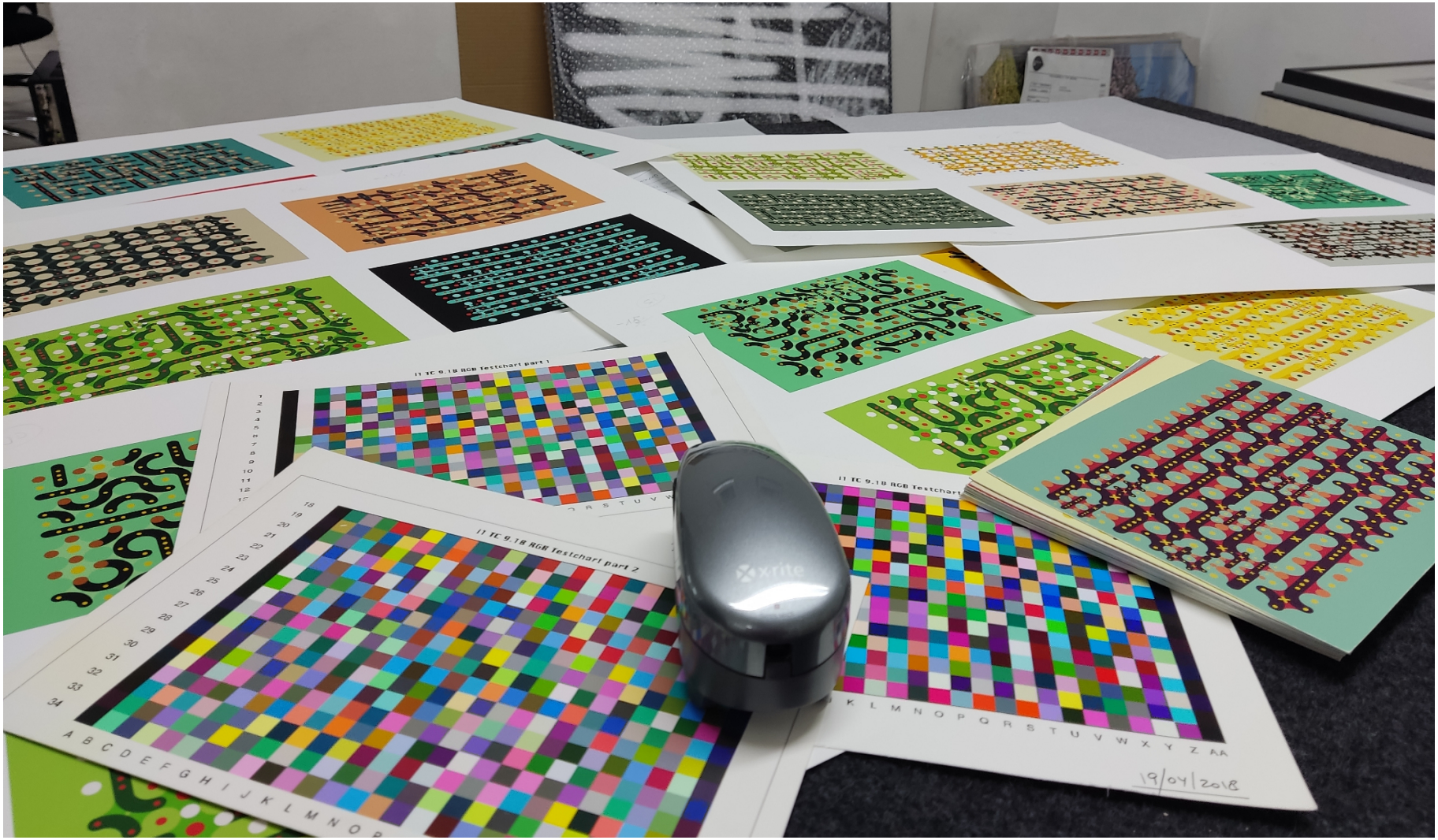

Figura 3.4: Proves de color d'impressions de *Trossets*

Figura 3.5: Primer *Trosset* enviat a un col·leccionista

I en creure que tant la peça gràfica acabada, tancada, fixada, com el codi algorítmic –amb les seves possibles variacions cada cop que s'executa– són la obra, s'obre el debat etern sobre l'autoria de la obra. És l'artista o la màquina l'autor de la peça d'art? És l'artista, jo i els companys artistes d'art generatiu ho tenim clar. Però el debat es reobre constantment. Ha estat reobert recentment degut a l'aparició de noves tècniques algorítmiques d'intel·ligència artificial, vegeu l'apartat 3.1.4, però el trobem plantejat en articles (McCormack et al. 2014) i en entrevistes del 1988 (Webster 2023c) o escrits del 1885 (Klingemann 2023a).

3.1.3 El procés de treball i la materialitat del codi

En el procés creatiu s'estableix un diàleg amb la màquina per anar construint i polint el resultat gràfic. És el que hem anomenat un procés de cocreació. És un procés que va afegint material, com un escultor que treballa el fang per fer una escultura humana i comença amb un manyoc d'argila, en fa primer una forma basta del cos principal i va afegint material per fer les extremitats mentre perfila i afina el cos principal. Finalment, afegeix poquet material per als detalls petits i ho retoca i ajusta tot com a conjunt.

De la mateixa manera, primer es programa una estructura basta del que serà l'algoritme, amb poques línies de codi, una mena d'esbós. Es treballa i posa els fonaments del que serà l'estructura principal, el comportament gros de tota la obra. Després s'afegeixen característiques visuals –colors, formes, gruixos, capes, mescles, etc.– i comportaments secundaris que complementen i enriqueixen la peça. Finalment es poleixen detalls gràfics petits.

Alhora, el procés creatiu d'una peça d'art generatiu és també a l'inversa, extractiu. Com un escultor que treballa una peça de fusta i va rebaixant material per fer una escultura humana. Comença per la forma basta, grossa i va rebaixant per arribar als detalls. Però mentre modela i cisella[21] es pot escapçar una part del material, que es trenca. En el nostre cas això és un error del codi, un *bug*. L'esguerro pot mostrar una veta de la fusta, un comportament del sistema algorítmic, que

[21] **cisellar**: treballar amb el cisell, una eina de metall llarga i plana amb tall a la vora extrema de la fulla, que serveix per treballar pedra, metall, fusta, etc., ordinàriament a cops de martell.

és interessant. El projecte es desvia de la idea inicial i l'estructura bastida per adaptar-s'hi. Pot convertir-se en una nova idea totalment diferent o pot guardar-se aquell tros de codi "erroni" per futures exploracions visuals.

Només conec un artista, en Piter Pasma (*Pàgina web de l'artista*) que treballi a partir d'una imatge mental que ell es crea del resultat, la visualitza i la persegueix línia de codi a línia de codi fins a obtenir-la. Em fascina. No és el meu cas. I per les converses que he mantingut amb molts altres artistes, a qui pregunto a tall de recerca, tampoc ho és de la resta. La majoria dels processos creatius rere els projectes d'art generatiu no són gens concretats a priori i són exploratoris i més fluids. Per fer-nos una idea, un projecte com *Renders Game* de l'Anthony Hiley-Mann (*Pàgina web de l'artista*) o el projecte *How you see me* d'en Lars Wander (*Pàgina web de l'artista*) han portat als artistes un any de feina. I el projecte *Trossets* van ser set mesos.

En aquest flux de treball moltes vegades iteratiu, en *loop*, com els *loops* del codi que programem, hi ha molta artesania del llenguatge, artesania de la programació i artesania visual. I aquest observar el codi, el material, construir el sistema i aprofitar els errors intuïtivament per derivar i acabar en una altra peça, és el que jo anomeno la materialitat del codi creatiu.

En les peces dels artistes abstractes informalistes del segle XX hi trobem aquesta exploració del material, de l'acumulació de pinzellades empastades en l'obra, les textures, l'ús dels materials pobres,... En canvi, l'acumulació de capes visuals usant codi de programació en l'art generatiu és impossible perquè els píxels en pantalla simplement tapen els de la capa inferior o bé es barregen amb els de sota calculant per a cada píxel el color mig dels dos que es barregen. En contrast, trobem aquesta materialitat en el codi creatiu, en el procés de creació i el flux de treball per arribar a la peça final.

Alguns artistes generatius, comptats, com William Mapan, especialment en els seus projectes titulats *1935* (Mapan 2022) i *Distance* (LACMA 2023). O la Mellisa Wiederrecht (*Pàgina web de l'artista*) en tota la seva obra, exploren deliberadament les pinzellades digitals empastades i quina és l'aparença de l'acumulació de material digital. Treballen l'acumulació de capes amb transparència, o l'acumulació de línies molt suaus en el cas d'Iskra Velitchkova (*Pàgina web de l'artista*). O bé

exploren el tractament de la imatge global amb *shaders*[22] com a recerca d'aquestes característiques físiques del material que sobresurt del llenç i cobra relleu en l'obra tot creant certa textura.

Es poden usar aquestes tècniques com a recurs estilístic per afegir textura analògica o un granulat de filtre fotogràfic a les peces. La comunitat d'art generatiu comparteix l'interès i el procés d'aquestes tècniques en alguns casos (Sun 2022) i ho critica i ho considera avorrit en altres (Watz 2022). Sigui com sigui, hi ha una certa discussió actualment entorn a això, que ve de lluny (Kane 2014), i a mi em parla de la materialitat de l'art generatiu i de com s'aconsegueix treballar-la a partir de l'algoritme.

És una discussió interessant ja que contradiu la idea etèria d'algoritme i de tecnologia digital, que s'associa habitualment a metàfores de núvols i de dades impalpables i intangibles. Idees, per altra banda, que artistes com Joana Moll (*Pàgina web de l'artista*), Mario Santamaria (*Pàgina web de l'artista*) o Vladan Joler (*Pàgina web de l'artista*) exploren i posen de relleu en els seus projectes tot fent evident la part material i física d'infraestructures i recursos que sostenen totes aquestes tecnologies digitals.

3.1.4 Generatiu gens intel·ligent

Hi ha una fracció d'art generatiu que usa algoritmes d'intel·ligència artificial[23]. Ha agafat renom recentment i ha generat moltes converses a finals del 2022 i inicis del 2023 arran de l'aparició de *Midjourney* (2022), *DALL-E2* (2022) i *Stable Diffusion* (2022), programes que s'han posat a disposició del gran públic i que generen imatges a partir de descripcions en llenguatge natural usant models d'aprenentatge profund (*deep learning*)[24].

[22] ***shader***: tècnica de programació que usa la unitat de processament gràfic (GPU) i que determina l'aparença general d'un objecte gràfic de manera algorítmica, amb els corresponents efectes de superfície de color, llum, ombra o textura.

[23] **intel·ligència artificial**: simulació, mitjançant la programació d'ordinadors, amb models formals per representar i codificar el coneixement, d'algunes operacions pròpies de la intel·ligència o processos que s'aproximen a capacitats humanes com ara l'aprenentatge, el raonament o la comunicació.

[24] **aprenentatge profund, *deep learning***: procés d'extracció i processament de la informació per mitjà d'algoritmes que funcionen en un sistema per capes que simula el funcionament bàsic del sistema neuronal del cervell.

La meva pràctica artística usa art generatiu que queda lluny de l'ús d'algoritmes d'intel·ligència artificial. L'algoritme no aprèn res, no s'entrena cap sistema amb tot un munt d'imatges o text per crear-ne de noves, no hi trobareu cap xarxa neuronal. En el meu cas es dibuixa i crea la peça d'art només amb instruccions i regles, alguns càlculs matemàtics, geometries, color i píxels. El resultat es genera a partir de comportaments, indicacions curtes i algunes fórmules que, a vegades, fan aparèixer o créixer dibuixos i comportaments complexos i, a vegades, inesperats. És un anar a l'essència de l'algoritme, del sistemes i de la complexitat. Un buscar com encaixar els elements essencials més petits, els àtoms dels algoritmes i sistemes per descobrir i dibuixar moltes formes que encara no entenem.

Un exemple és el dels estols d'ocells, com plasmen al cel formes, dibuixos i coreografies increïbles sense cap coreògraf o cap ocell que dirigeixi el grup sencer. Sense cap model après de res, sense cap dansa o coreografia assajada. Cada ocell del grup segueix només dues regles molt senzilles. La primera, volar seguint la direcció general de l'estol. I la segona, volar en la direcció del grup però vigilant els ocells veïns per no xocar. Amb aquestes dues senzilles regles, amb només aquestes instruccions, sense haver assajat o après cap ball, els ocells ens meravellen amb danses i dibuixos hipnòtics al cel. I són tant fascinants que artistes com Xavi Bou (*Pàgina web de l'artista*) ho fotografien, i altres artistes com Robert Hodgin al seu projecte *Murmuration* en programen l'algoritme de *flocking* per generar-ho sintèticament (Hodgin 2015).

La manera de treballar i d'encarar els projectes d'art generatiu usant algoritmes gens intel·ligents o usant sistemes d'intel·ligència artificial em sembla molt diferent i quasi oposada, vegeu-ho esquematitzat a la imatge 3.6 i 3.7; o veieu com ho entén una intel·ligència artificial mateixa (Goldstein 2023). Quan s'usen només algoritmes es treballa minuciosament el codi, el sistema algorítmic i els valors i petits ajustos que fan que el sistema generi moltes imatges resultants diferents. Observant els diversos resultats l'artista ajusta de nou els valors i el sistema per afinar el resultat gràfic i emmotllar-lo a la idea que està buscant. I finalment, un cop acabat de treballar l'algoritme, finalitzat l'ajust del sistema, totalment a posteriori, l'artista genera moltes imatges i selecciona aquelles que considera interessants, les que millor expressen la idea del projecte en conjunt, les que millor representen l'algoritme i que componen finalment la sèrie del projecte.

En canvi els artistes treballant amb algoritmes d'intel·ligència artificial comencen el procés creant

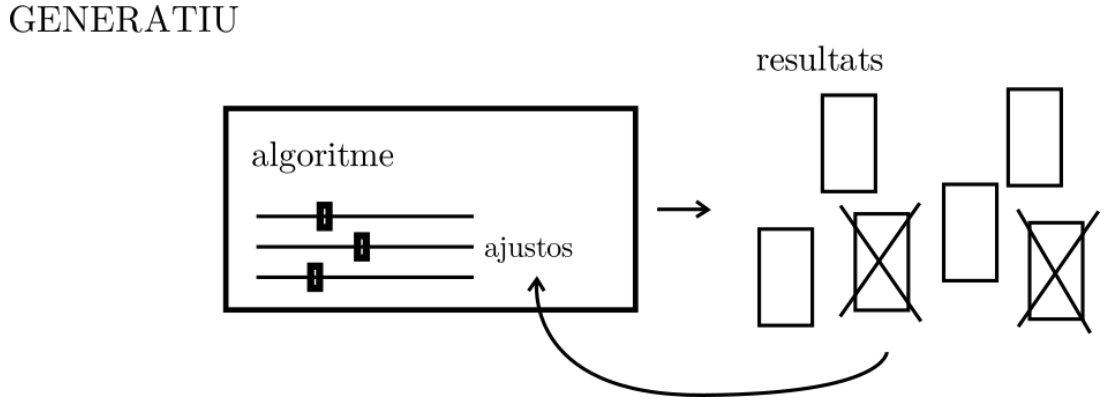

Figura 3.6: Esquema del procés de treball en projectes d'art generatiu.

i curant una gran base de dades d'imatges o text que s'usa per alimentar i entrenar el sistema algorítmic. Aquesta gran quantitat de dades alimenta un sistema d'aprenentatge automàtic (*machine learnning*)[25], que a vegades és extern o no ha estat codificat per l'artista i funciona com una caixa negra. Aquest sistema genera una quantitat enorme de noves imatges que es considera tot un espai latent (Klingemann 2023b). L'artista, observant i navegant per l'immens espai d'imatges ajusta de nou el sistema i la tria d'imatges que l'alimenten. Finalment també selecciona aquelles, normalment només una imatge, que considera interessants per al projecte.

Hi ha pocs artistes que intervinguin directament en la part inicial del procés: en la creació de la base de dades o en l'algoritme del sistema. I n'hi ha milers d'altres que usen eines de grans corporacions per crear les seves peces només manipulant una interfície i triant i seleccionant entre els resultats. Dels artistes que sí que intervenen en la part generativa la majoria treballen amb algoritmes

[25]**aprenentatge automàtic, *machine learnning***: camp de la intel·ligència artificial dedicat al disseny, l'anàlisi i el desenvolupament d'algoritmes que permeten crear programes capaços de generalitzar comportaments a partir del reconeixement de patrons o classificació de dades.

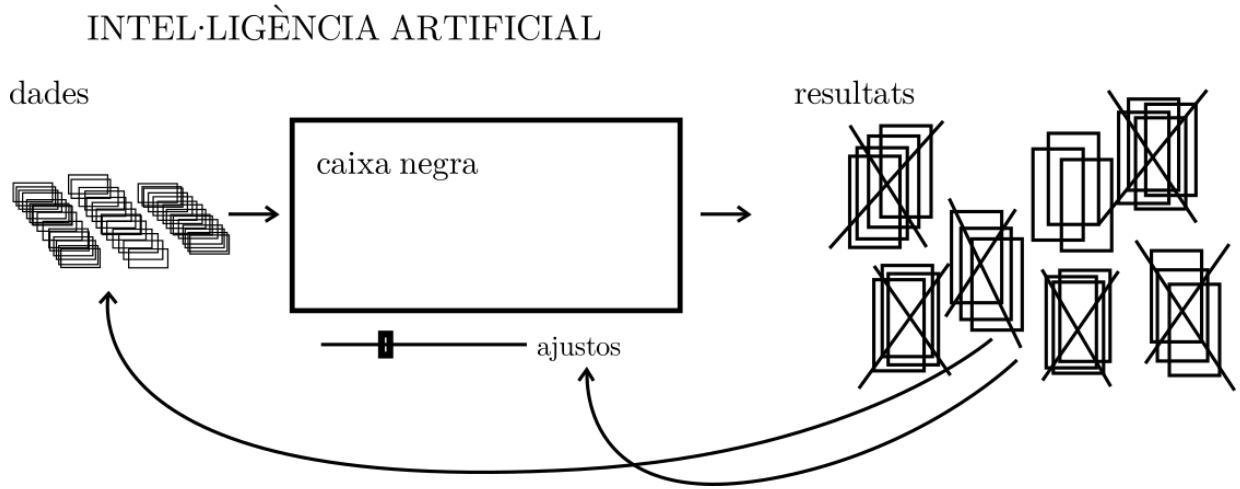

Figura 3.7: Esquema del procés de treball en projectes d'art generatiu que usen sistemes d'intel·ligència artificial.

de xarxes generatives antagòniques (*generative adversarial networks (GAN)*)[26]. Uns actuen més en la curadoria de les imatges que alimenten el seu sistema, com Anna Ridler (*Pàgina web de l'artista*); altres operen més en l'algoritme i el codi com Memo Akten (*Pàgina web de l'artista*); i n'hi ha que treballen les dues parts del procés com Sofia Crespo (*Pàgina web de l'artista*). Si voleu veure el que aprenen els programes i el que són capaços de crear en mans d'artistes que ho manipulen a fons mireu la feina d'Helena Sarin (*Pàgina web de l'artista*), Ivona Tau (*Pàgina web de l'artista*), Jenni Pasanen (*Pàgina web de l'artista*), Gene Kogan (*Pàgina web de l'artista*), Mario Klingemann (*Pàgina web de l'artista*) o Ganbrood (*Pàgina web de l'artista*).

En resum, els artistes del generatiu "beneit" anem a l'essència dels algoritmes i dels sistemes.

[26]**xarxes generatives antagòniques, *generative adversarial networks (GAN)***: marc d'aprenentatge automàtic on dues xarxes neuronals competeixen entre si. Donat un conjunt d'imatges d'entrenament, aquesta tècnica aprèn a generar noves imatges amb les mateixes estadístiques que el conjunt d'entrenament.

Els del generatiu "intel·ligent" necessiten grans bases de dades i grans ordinadors de gran potència computacional per poder fer funcionar els seus mega-models. El seu procés de treball és més llarg, podríem dir que té 3 passos: la creació de la base de dades, el sistema computacional i la curadoria final. En el nostre cas tenim només 2 passos: el sistema algorítmic i la curadoria final.

A més, darrerament, des del 2021, el naixement de galeries i plataformes d'art que acullen projectes d'art generatiu de sèrie llarga, han eliminat per als artistes del generatiu gens intel·ligent la tria final d'imatges que conformen el projecte, en podeu llegir detalls a l'apartat 2.2.1 del projecte *Trossets*. Això implica centrar-se només en la part central de tot el procés de creació d'un projecte d'art generatiu, en la part de l'algoritme, del sistema.

Aquesta forma de crear implica anar a l'essència del que és generar, ens convertim en artesanes del llenguatge informàtic, dels algoritmes, dels sistemes que construïm, manipulem el codi de forma creativa i ens el coneixem tot per dins, les relacions que codifiquem, els comportaments que hem articulat,... tot fins a l'últim detall que hem escrit. I en sabem quasi tots els *intringulis*[27] però no en sabem el resultat visual final concret.

Ah! I llavors hi ha projectes com la sèrie *Neural Drawings* (Webster 2023a) de Mark Webster (*Pàgina web de l'artista*) o el llibre *gen2GAN* (Cherniak i Sarin 2023) fruit de la col·laboració entre Dmitri Cherniak (*Obres*) i Helena Sarin (*Pàgina web de l'artista*) que uneixen els dos processos anteriors. Fruit d'un sistema algorítmic es generen una gran quantitat d'imatges que són usades com a base de dades per alimentar un sistema d'intel·ligència artificial. Aquest segon sistema aprèn les característiques essencials de les imatges de la base de dades i crea, al seu torn, noves imatges que contenen, per al sistema, l'essència de les primeres. És a dir, que s'encadena un sistema no intel·ligent amb un d'intel·ligent per explorar nous resultats generats en aquest procés doble.

3.1.5 Processing: l'eina, el llenguatge, el programari lliure i la comunitat

Processing és l'eina de desenvolupament de les meves obres i l'eina més estesa entre els artistes contemporanis d'art generatiu. És una eina i un llenguatge alhora. És un entorn de desenvolupament

[27] (castellanisme) dificultat o complicació d'una cosa.

integrat[28] on escrivim algoritmes (*Processing webpage*). En executar-los, l'entorn, l'eina, els compila[29] i en mostra el resultat visual en pantalla.

Per escriure els algoritmes en l'entorn de *Processing*, usem un llenguatge de programació especial amb una sintaxi basada en Java –un altre llenguatge de programació– que facilita tot el dibuix: la tria de colors, les formes, situar les coses en l'espai, etc. Per exemple, per dibuixar un cercle no cal traçar tots els punts del perímetre del cercle, només cal demanar-li que faci un cercle allí on el volem situar i de la mida que volem: $circle(224, 184, 220)$; els dos primers números són la posició en horitzontal i en vertical on situarem el cercle i el tercer número n'indica la mida, el diàmetre (*Processing: documentació de la comanda circle*).

Processing és una eina i un llenguatge que van crear el 2001 Casey Reas (*Pàgina web de l'artista*) i Ben Fry (*Pàgina web de l'artista*) amb la idea de facilitar l'ús i l'aprenentatge del codi creatiu en un entorn on esbossar ràpidament una idea visual a partir de codi algorítmic i promoure així els projectes d'art digital que exploressin el codi com a llenguatge i mitjà de creació. Amb els anys ha anat creixent l'ús de l'eina i el llenguatge i això ha desembocat en projectes paral·lels com la versió en Python (*Processing Python webpage*), la versió per Android (*Processing Android webpage*) i la versió Javascript *P5.js*: iniciada, impulsada i molt desenvolupada per Lauren Mccarthy (*Pàgina web de l'artista*) que té cada cop més artistes i creatius usant-la i contribuint-hi.

Processing és un projecte de programari lliure, gratuït i de codi obert que funciona tant en Windows, com en Mac, com en plataformes GNU/Linux. Aquest enfocament ha estat cabdal per facilitar l'ús de l'eina per una gran quantitat de programadors creatius –destaco amb aquest apunt que els propis creadors i impulsors han estat sempre artistes o programadors creatius–. Ha fet créixer al seu voltant una comunitat d'usuaris que han adoptat les maneres de fer del codi obert i lliure: el compartir, contribuir i intercanviar.

Plantejar l'eina amb una llicència oberta, de programari lliure, ha facilitat agrupar al seu voltant un col·lectiu enorme de creadors i programadors que contribueix als fòrums responent preguntes

[28] **entorn de desenvolupament integrat (IDE)**: programari que serveix per escriure, compilar i depurar components o aplicacions.

[29] **compilar**: traduir un programa escrit en un llenguatge de programació a llenguatge de màquina, el sistema d'instruccions en zeros i uns que poden entendre els microprocessadors.

d'altres, que participa en tallers, en xerrades i en activitats. Vegeu tot el que organitza la Processing Foundation (*Processing Foundation webpage*): un col·lectiu enorme que comparteix, discuteix i difon tot el que sap. Xafardegeu els tutorials i el canal de youtube de Daniel Shiffman (*The Coding Train*); que tradueix materials, prepara exemples per compartir o escriu llibres –moltes vegades compartits gratuïtament en línia (Orlov 2016; Shiffman 2015; Reas i Fry 2014; Bohnacker, Gross i Laub 2012; Shiffman 2012). Som un col·lectiu que comparteix tot el codi que crea en plataformes com *OpenProcessing webpage*, que desenvolupa l'eina, la fa créixer i amplia o l'adapta als canvis tecnològics. Tot de manera col·lectiva.

El col·lectiu al voltant de Processing que fem art compartim trucs, tècniques, ens expliquem com ho fem i de quina manera (Pasma 2023), inclús compartim *snippets* de codi[30]. Inclús descrivint-ho detalladament en blogs i webs (*Generate Me. Tutorials*; Studio 2018; *Fronkinstin. Experiments in R*; *Necessary disorder. Tutorials*). Una comunitat d'artistes que expliquem també les formes diferents que tenim de treballar, maneres d'encarar i aproximar-nos als projectes, els detalls del que fem i com ho plantegem,... tot. Ho podeu veure en els vídeos recollits de les xerrades Art+ del 2022 on vam coincidir amb Alba Corral (*Pàgina web de l'artista*) en una xerrada sobre art generatiu (Gheada 2022).

Una comunitat amb la que he tingut la sort de coincidir els darrers dos anys per discutir el que fem i com ho fem. Una comunitat que va apareixent i esquitxant tot el text de la tesi, amb la seva feina, projectes, discussions o opinions. Amb qui he pogut parlar i conèixer. Són: Lia (*Pàgina web de l'artista*), Marta Verde (*Pàgina web de l'artista*), Alba Corral (*Pàgina web de l'artista*), Ivona Tau (*Pàgina web de l'artista*), Sarah Ridgley (*Pàgina web de l'artista*), Amy Goodchild (*Pàgina web de l'artista*), Raphaël de Courville (*Twitch*), Daniel Calderon Arenas, Erick Calderon, Jeff Davis (*Pàgina web de l'artista*), Jeff Ippsketch (*Pàgina web de l'artista*), Casey Reas (*Pàgina web de l'artista*), Marcelo Soria (*Pàgina web de l'artista*), Iskra Velitchkova (*Pàgina web de l'artista*), Emily Weil (*Pàgina web de l'artista*), Nadieh Bremer (*Pàgina web de l'artista*), Helena Sarin (*Pàgina web de l'artista*), Dmitri Cherniak (*Obres*), Maya Man (*Pàgina web de l'artista*), Manolo Gamboa Naon (*Pàgina web de l'artista*), Piter Pasma (*Pàgina web de l'artista*), Julien Gachadoat (*Pàgina web*

[30] ***snippet***: petit trosset de codi reutilitzable.

de l'artista), Mark Webster (*Pàgina web de l'artista*), Anthony Hiley-Mann (*Pàgina web de l'artista*), Loackme (*Pàgina web de l'artista*), William Mapan, Anna Lucia (*Slowing down with... Anna Lucia. A short interview with artist Anna Lucia.*), Lionel Radisson (*Pàgina web de l'artista*), Darien Brito (*Pàgina web de l'artista*), Ganbrood (*Pàgina web de l'artista*), Sofia Crespo (*Pàgina web de l'artista*), Florian Zumbrunn (*Pàgina web de l'artista*), Ben Kovach (*Pàgina web de l'artista*), Urbandrone (*Pàgina web de l'artista*), Eko33 (*Pàgina web de l'artista*), RVig (*Pàgina web de l'artista*), Frederik Vanhoutte (*Pàgina web de l'artista*), Emanuele Pasin (*Pàgina web de l'artista*), Beer van Geer (*Pàgina web de l'artista*), Bart Simons (*Pàgina web de l'artista*), Jen Stark (*Pàgina web de l'artista*), Moodsoup (*Pàgina web de l'artista*), Alexis André, Alida Sun (*Pàgina web de l'artista*), Greweb (*Pàgina web de l'artista*), Varvara Guljajeva i Mar Canet (*Pàgina web de l'artista*), Joshua Davis (*Pàgina web de l'artista*), Luis Fraguada, Ismahelio (*Pàgina web de l'artista*), Itsgalo (*Pàgina web de l'artista*), Daniel Aguilar (*Pàgina web de l'artista*), Heeey (*Pàgina web de l'artista*), Mario Carrillo (*Pàgina web de l'artista*), Juan Rodríguez Garcia (*Pàgina web de l'artista*), Zach Lieberman (*Pàgina web de l'artista*), Emily Edelman (*Pàgina web de l'artista*), Ilithya (*Pàgina web de l'artista*), P1xelfool (*Pàgina web de l'artista*), Rodrigo Carvalho (*Pàgina web de l'artista*), Melissa Wiederrecht (*Pàgina web de l'artista*), Ana Maria Caballero (*Pàgina web de l'artista*), Jenni Pasanen (*Pàgina web de l'artista*), Shunsuke Takawo (*Pàgina web de l'artista*), Patrick Tresset (*Pàgina web de l'artista*), Stefano Contiero (*Pàgina web de l'artista*), Lolo Armdz (*Pàgina web de l'artista*), James Merrill (*Pàgina web de l'artista*), Harvey Rayner (*Pàgina web de l'artista*), Emily Xie (*Pàgina web de l'artista*), Xavi Bou (*Pàgina web de l'artista*), Santi Vilanova (*Pàgina web de l'estudi d'artistes*), Mario Klingemann (*Pàgina web de l'artista*), Anna Ridler (*Pàgina web de l'artista*) i Monica Rikić (*Pàgina web de l'artista*).

3.2 Estat de l'art generatiu: orígens, influències, etc.

Amb l'aparició d'ordinadors de sobretaula als finals dels anys 70 i de diversos llenguatges de programació, l'ús d'algoritmes esdevé més habitual i creix la col·laboració entre artista i màquina per crear projectes artístics. Tant l'art programat dels anys 60 com la multiplicació de llenguatges de programació, l'accés a la xarxa global d'Internet i els mons computacionals obren el camí a múltiples experiments artístics.

Al principi, als anys cinquanta, els fruits de la feina i recerca en el mitjà digital es van exhibir principalment en conferències, festivals i simposis dedicats a la tecnologia o als mitjans electrònics i van ser considerats perifèrics al món de l'art principal. Les primeres exposicions dedicades a peces d'art digital engeguen als anys 60. I a finals de segle XX i inicis del XXI l'art digital és un terme establert: museus i galeries realitzen exposicions.

Actualment es fan algunes retrospectives de treballs digitals i exposicions d'artistes que creen les seves obres amb algoritmes i es reconeix la trajectòria d'alguns d'ells, com l'extensa creació i obra artística de la *grande dame* del generatiu, Vera Molnár, que finalment el 2022 s'exposa en una Biennal de Venècia (*Vera Molnár. La Biennale di Venezia. Exposició The Milk of Dreams* 2022), se li dedica una exposició de les primeres obres a la galeria *DAM Projects* de Berlín (*Machine Imaginaire. Exposició Vera Molnár. Galeria DAM Projects* 2023), es presenten 80 de les seves peces de la col·lecció *Anne and Michael Spalter Digital Art Collection* al *Beall Center for Art + Technology* a Irvine (*Vera Molnár: Variations. Exposició al Beall Center for Art + Technology* 2022a; *Vera Molnár: Variations. Exposició al Beall Center for Art + Technology* 2022b) o se l'inclou i se la destaca en l'exposició retrospectiva i amb caire de recull històric que fa el *Los Angeles County Museum of Art (LACMA)* fins al 2 de juliol del 2023 (*Coded: Art Enters the Computer Age, 1952-1982* 2023). Neixen també, aquest mes de març del 2023, noves institucions dedicades a exposar i explicar l'art generatiu com *Le Random* (2023a) a Bèlgica.

Així que anirem de les avantguardes del segle XX que van aportar certes idees al generatiu, al renaixement actual de l'art generatiu gràcies a galeries en línia que l'han fet conèixer i apreciar a més col·leccionistes i amants de l'art. Tot passant pels pioners del gènere, l'art conceptual, el netart o la demoescena. En aquesta secció farem un repàs dels artistes pioners de l'art generatiu i de les

avantguardes artístiques que van inspirar-ne algunes idees. I, sobretot, faré dialogar artistes que conec i pràctiques contemporànies de l'art generatiu amb artistes, idees i l'art que ens precedeix o ens acompanya.

3.2.1 L'art digital

La terminologia de les formes d'art tecnològic sempre ha estat canviant, i el que és ara conegut com a art digital ha sofert diversos canvis de nom des que va sorgir per primera vegada. Inicialment va ser anomenat art per ordinador (*computer art*), també cibernètica i art multimèdia –l'art digital dels anys 60 i el dels 90 respectivament– per acabar sota el paraigües del *new media art*. Però, què té aquest art de nou, de *new*? Doncs que la tecnologia digital arriba a una etapa de desenvolupament que ofereix possibilitats completament noves per a la creació i experimentació de l'art. El terme art digital ha esdevingut paraigua per a una gamma molt àmplia d'obres artístiques i no engloba, ni pot encabir, a la pràctica, un conjunt d'estètiques unificades.

Una de les distincions bàsiques i crucials que cal fer és entre l'art que utilitza les tecnologies digitals com a eina per crear objectes d'art tradicionals –com ara la fotografia, el vídeo, la impressió, l'escultura o la música– i l'art digital de fonament que es crea, s'emmagatzema i es distribueix a través de tecnologies digitals; l'art digital que empra les característiques pròpies del mitjà (Boden i Edmonds 2009).

Aquestes dues grans categories separades d'art digital són clarament diferents en les seves manifestacions i l'estètica que proposen. S'entenen com una simplificació en dos grans grups de l'amalgama de projectes presents en l'art digital. Aquesta tesis, ja ho hem anat veient, se centra en l'art digital que usa els trets propis del mitjà i el codi programat per crear art.

La història de l'art digital s'ha conformat tant per les influències històriques artístiques com per la història de la ciència i la tecnologia –aquesta darrera lligada a la computació, a l'ordinador, els llenguatges de programació i les xarxes. En els primers anys, inevitablement, vinculada al desenvolupament militar, industrial i als centres de recerca. Els ordinadors neixen essencialment en un àmbit acadèmic i entorn d'investigació, i encara avui els centres de recerca tenen un paper important en la producció d'algunes formes d'art digital, exemples en són l' *Ars Electronica FutureLab* i

el *(MIT) Massachusetts Institute of Technology* o inclús l'accelerador de partícules del CERN, que acull residències artístiques (*Arts at CERN*).

Així que per aclarir i ubicar-nos entre tota aquesta amalgama d'art digital que barreja pràctiques artístiques amb tecnologia, usarem la taxonomia d'onze tipus d'art digital que estableixen Boden i Edmonds (2009). En resum estableixen que existeix[31]:

* l'art electrònic, *ele-art*, que implica una certa enginyeria elèctrica o tecnologia electrònica. Els projectes artístics de Fèlix Vinyals (*Pàgina web de l'artista*) en són un bon exemple.

* l'art per ordinador, *c-art* que usa ordinadors com a part del procés de creació artística.

* l'art digital, *d-art*, que usa tecnologia digital electrònica d'alguna mena. En aquest tipus tant ampli hi caben totes les peces de l'estudi Playmodes (*Pàgina web de l'estudi d'artistes*), de Román Torre (*Pàgina web de l'artista*) o de Daniel Armengol (*Pàgina web de l'artista*).

* l'art assistit per ordinador, el *computer assisted art o ca-art*, art que usa l'ordinador en el procés de creació artística com a eina o ajuda.

* l'art generatiu, *g-art*, amb treballs generats, en part, per algun procés que no està directament controlat per l'artista. Això implica tota mena d'art generat per processos analògics, biològics, art que usa fongs o altres espècies, biomaterials, etc. Com a exemple proper tenim els projectes audiovisuals amb líquids de Diego Suárez (*Pàgina web de l'artista*).

* l'art generatiu creat amb ordinador, el *computer generated art o cg-art*, produït per programes d'ordinador que s'executen amb una mínima intervenció. Com les obres de Sergio Albiac (*Pàgina web de l'artista*) i el *catxarrisme* sonor de Roger Pibernat (*Pàgina web de l'artista*).

* l'art evolutiu, *evo-art*, creat per processos de selecció reproductiva juntament amb mutacions aleatòries que afecten el resultat de l'obra.

[31] les traduccions són pròpies i els artistes que menciono són tots propers i en segueixo la trajectòria.

* l'art robòtic, *r-art*, que implica la construcció de robots amb propòsits artístics. I aquí no puc deixar de mencionar els projectes i la recerca de Mónica Rikić (*Pàgina web de l'artista*) i la seva exposició solo *Hipertèlia* (Rikić 2023).

* l'art interactiu, *i-art*, la forma o contingut del qual varia i es veu afectat per la interacció, intervenció, del públic. Aquí entra Roc Parés (*Pàgina web de l'artista*) i tota la seva recerca en comunicació interactiva.

* l'art interactiu creat amb ordinador, *ci-art*, on el públic afecta la peça artística creada amb ordinador, com en alguns projectes de Rodrigo Carvalho (*Pàgina web de l'artista*).

* i finalment, l'art de realitat virtual, *vr-art*, on l'observador és immers en un món virtual generat per ordinador que respon a algunes de les seves accions. I en aquest grup entren els darrers projectes de Joan Soler (*Pàgina web de l'artista*).

Entre tot aquest conglomerat, aquesta tesis i la pràctica artística que la recolza, se centren en l'art generatiu creat amb ordinador, el *computer generated art*, i, en concret, l'art generatiu creat amb codi de programació. Res de programets de programació visual amb nodes que també generen peces gràfiques com el *vvvv*, el *Touch designer*, que usa magistralment l'artista Ix Shells (*Artist webpage at Unit London gallery*), o el *Max-Msp*, que tot i estar més encarat a la generació musical també pot crear propostes visuals interessants. Són així, per exemple, els preciosis projectes i directes de Marta Verde (*Pàgina web de l'artista*), que amb *patchs* de *Max-Msp* i sintetitzadors analògics de vídeo manipula imatges provinents d'una càmera en directe o de talls enregistrats per crear les seves propostes properes al *glitch*.

3.2.2 L'art d'avantguarda que ens porta al generatiu

Pel que fa a les influències històriques artístiques, l'art digital i l'art generatiu, que n'és un tipus, una branqueta, té fortes connexions amb moviments artístics anteriors, entre ells les avantguardes del s. XX, l'art abstracte i l'art conceptual. Moviments com el surrealisme, el constructivisme, futurisme,

suprematisme, l'op art o Fluxus. La importància d'aquests moviments per a l'art generatiu resideix en l'èmfasi que posen en l'atzar, en l'esdeveniment i en la participació del públic que modifica la peça; i també en el concepte, en l'abstracció de la realitat i les instruccions formals.

En les obres de les primeres avantguardes ja es pot entreveure la idea d'atzar (Mestres 2005). Apareixen propostes d'art trobat, també, que usen un objecte quotidià, un objecte trobat o escollit a l'atzar, un *objet trouvé*, com a element d'elaboració d'una peça artística. I en l'anomenat *arte povera* a Italia i *junk art* als Estats Units, apareixen obres que introdueixen la idea de l'atzar en el procés de trobar materials que creen una peça que esdevé i es considera obra d'art.

Les regles i la fragmentació també estan al cor dels cadàvers exquisits que creen els surrealistes cap al 1925. Un joc que consisteix en crear una peça a partir de frases, o dissenys, que van afegint vàries persones, sense que puguin conèixer i tenir en compte les aportacions prèvies. Una idea que han recollit 4 artistes generatius i executat el 2021 per crear l'obra *ExquisDraw* (Velitchkova et al. 2021) generada a partir d'algoritmes i pintada emprant traçadors. Nocions com la generació s'exploren ja al 1920 a les *Rotary glass plates* de Duchamp, creades amb Man Ray, que consisteixen en una màquina òptica que convida els espectadors a encendre l'aparell i mantenir-se a una certa distància per veure l'efecte que es genera. I la poesia dadaista converteix en peça artística la construcció de poemes de variacions aleatòries de paraules i línies, utilitzant instruccions formals per crear el resultat, barreja d'aleatorietat i control.

Escriptors, artistes i investigadors exploren noves narratives i qüestionen el llenguatge natural i l'artificial, experimenten amb lògiques i gramàtiques formals, aleatorietat i combinatòria per produir obres textuals i noves ficcions.

Aquestes avantguardes fan néixer i créixer, als anys 50 i 60, l'abstracció, on la concepció de la peça d'art va lligada amb l'estructura. Afegeixen al procés de creació idees com les regles, color i forma –que són una exploració d'un procés per crear art. I aquests moviments de l'art abstracte i posteriorment el conceptual tenen una clara connexió amb l'aleatorietat, els procediments i els algoritmes que conformen la base de l'art generatiu.

3.2.3 Un parèntesi per a la literatura generativa

Els usos contemporanis de l'aleatorietat en la literatura digital són més propers a l'ús dadaista de les operacions d'atzar mecànic –com treure paraules retallades d'una bossa per crear poemes, Tristan Tzara (1920)– que a l'escriptura automàtica surrealista. El 1960 es presenta el poema *I am that I am* de Brion Gysin que experimenta amb les permutacions de paraules d'una sola frase de llenguatge natural per crear la primera proposta literària generada per un algoritme. El 1961 Nanni Balestrini utilitza un ordinador per recombinar poemes d'altres autors de manera nova i original, generant una font infinita de versos poètics. A partir d'un algoritme inventat es recombinen frases i versos i l'ordinador va generant una llarga còpia impresa. El poeta selecciona alguns versos que li resulten especialment interessants i que recull a *Tape Mark I*. I en aquesta acció podem veure ja l'acte de seleccionar que fa l'artista d'algunes de les peces generades que li ressonen més entre tota la producció.

El 1960 l'escriptor Raymond Queneau i el matemàtic François Le Lionnais creen OuLiPo –acrònim d'*Ouvroir de Littérature Potentielle*– un grup d'experimentació literària que basa les seves propostes en regles quasi matemàtiques i constriccions creatives, fugint de l'atzar i allò aleatori. Les constriccions oulipianes poden ser un element lingüístic –lletra, paraula, fonema– o bé una equació o un algorisme. Per exemple, la tècnica coneguda com $n + 7$ substitueix tots els substantius d'un text pel substantiu que es troba set entrades més endavant al diccionari. OuLiPo emfatitzen els processos combinatoris basats en regles i argumenten que tota inspiració creativa ha de ser objecte de càlcul i convertir-se en un joc intel·lectual.

Les propostes d'OuLiPo donen lloc el 1981 al naixement d'*ALAMO. Atelier de Littérature Assistée par la Mathématique et les Ordinateurs* que segueix, fins a avui, la mateixa línia de recerca i experimentació literària.

Als Estats Units, a finals dels 60 i principis dels 70, sorgeix L=A=N=G=U=A=G=E, un moviment de poesia avantguardista que respon a la poesia tradicional nord-americana. Creix a partir de diverses comunitats de poetes a les dues costes dels EUA que exploren idees provinents de la *Black Mountain School*, de l'escola de Nova York o dels *Beat Poets* de San Francisco. La poesia L=A=N=G=U=A=G=E emfatitza el rol del lector que pot aportar significat al text. Usen recursos literaris per crear textos de diferents textures, amb repeticions i jocs estructurals. I usen recursos

lingüístics per inventar noves paraules o estructures gramaticals.

Els resultats són difícils d'entendre amb una única lectura, la intenció de L=A=N=G=U=A=G=E és precisament aquesta, la participació activa del lector per crear i donar significat al text i al poema. Encara no hem entrat en el tema interactiu, que veurem amb els Fluxus i, segurament, no hi entrarem a fons, ens quedarem amb el generatiu en aquesta tesis. La idea de que la obra no cal que sigui completament definida i pot variar, sigui per l'aportació del públic o per la llibertat de cocreació que donem a la màquina o a qui executa la obra (també parlarem de Sol LeWitt) influencia molt algunes idees de l'art conceptual i del generatiu basat en instruccions.

La idea oulipiana d'usar regles quasi matemàtiques per construir les obres, fugint del pur atzar, es pot veure actualment en moltes obres generatives. Concretament destacarem diverses peces i projectes que usen sistemes d'autòmats cel·lulars[32] (*Wolfram Atlas of Cellular automata*). Destaquen com les obres que més emfatitzen la idea de descartar l'atzar –tot i usar-ne sovint per a l'estat inicial de l'algoritme que desencadena tota la resta– i usar instruccions aplicades, en aquest cas, a cada píxel de la pantalla. Aquestes obres exploren la bellesa d'aquestes construccions (Adamatzky i Martínez 2016), d'aquests models, on cada píxel només mira l'estat dels píxels veïns per decidir el seu color o estat; i ajustant, canviant i variant les condicions i decisions segons els veïns poden crear espais de color i construccions bidimensionals (Bailey 2020). Tres bons exemples, que van de menys complexitat visual a més, són el projecte *RGB Elementary Cellular Automaton* (Ciphrd 2021) de l'artista Ciphrd (*Pàgina web de l'artista*), el projecte *C-SCAPE* (Schmidt 2022) de l'artista Karsten Schmidt (*Pàgina web de l'artista*) i el projecte *Gerhard* (Herzog i Nadler 2022) de Leander Herzog (*Pàgina web de l'artista*) i Richard Nadler. També podeu llegir detalls del projecte *Trossets* i del projecte *Discs* que s'inspiren en aquesta idea d'usar menys atzar i emprar més regles de construcció. Tot i que els sistemes rere *Trossets* i *Discs* no són exactament autòmats cel·lulars, aprofiten la idea d'usar constriccions clares per a tota la construcció visual i només usar l'atzar a l'inici de l'algoritme que genera les obres.

[32] **autòmat cel·lular**: mètode matemàtic de simulació basat en una quadrícula en què cada cel·la té un color i on totes les cel·les actualitzen simultàniament el seu estat segons un conjunt de regles basades en els estats de les cèl·lules veïnes.

Ara tornem a la literatura generativa per veure exemples contemporanis. L'ordinador personal, la pantalla i Internet permeten també noves formes d'entendre i presentar el text: la literatura generativa, els poemes animats o l'hipertext revisen el rol d'autor i lector (Baillehache 2013; Frédéric 2018). Actualment artistes poetes com Sasha Stiles (*Pàgina web de l'artista*), Kalen Iwamoto (*Pàgina web de l'artista*) o Ana Maria Caballero (*Pàgina web de l'artista*) treballen en aquesta línia i han creat la galeria *the VERSE verse* (*theVERSEverse webpage*) de poesia digital al metavers[33].

Per altra banda, els bots[34] a Internet són algunes de les entitats digitals més actives i productives de poesia generativa contemporània. Llegiu diversos exemples de bots que combinen tècniques conceptuals avantguardistes, intervenció ètico-política i alt potencial expressiu (Giles 2016). A més ho fan en un espai social popular, les xarxes socials, com és el cas dels bots de *Twitter*. Bots com *@everyword*, que piula, una per una, totes les paraules de l'anglès exhaustivament: el contingut d'aquest poema no és només el diccionari sinó també el nombre de *likes* i retuits de cada piulada ha rebut, donant un significat preferent a determinades paraules. Fins a bots com *@poem_exe* que escriu haikus japonesos.

I finalment la creació literària usant intel·ligència artificial la podeu escoltar recitada per alguns dels seus autors a la serie documental *Artificio* (Caballero no datat) on artistes com Nick Montfort (*Pàgina web de l'artista*), Allison Parrish (*Pàgina web de l'artista*), David Johnston (*Pàgina web de l'artista*) o Pablo Gervás (*Pàgina web de l'artista*) alimenten algoritmes d'aprenentatge d'intel·ligència artificial amb quantitats enormes de text literari per extreure'n propostes literaries diverses. Parrish alimenta amb dos textos els seus algorismes per generar obres que barregen un cert percentatge de les característiques literàries de l'una i l'altra –50% de Frankenstein i 50% de Drácula– creant una peça literària nova. Montfort, al contrari, usa un corpus literari enorme per ensenyar als seus algorismes de *machine learning* –concretament *generative adversarial networks (GAN)*– a construir noves paraules i frases, jugant amb la morfologia i la fonètica.

[33]**metavers**: múltiples espais digitals, compartits i persistents, vinculats a un univers virtual/digital percebut. Abasta les experiències multidimensionals d'ús i aplicacions d'internet en el seu conjunt on els humans interactuen socialment i econòmicament com a icones o avatars, per mitjà d'un suport lògic en un ciberespai que actua com a una metàfora del món real.

[34]**bot**: programa informàtic o mecanisme automatitzat que executa una tasca específica repetitiva.

I aquí a prop el col·lectiu Taller Estampa (*Pàgina web de l'artista*) han treballat també en projectes com *Teatronika* (Sànchez-Fibla 2015; Sànchez-Fibla i Estampa 2020), on usen xarxes neuronals[35] per a la creació de textos que interpreten posteriorment, en escena, uns robots. O han creat i publicat recentment, l'abril 2023, el llibre *Los campos electromagnéticos. Teorías y prácticas de la escritura artificial* (Carrión, Estampa i GPT-2 i 3 2023) amb l'escriptor Jorge Carrión (*Pàgina web de l'artista*) emprant aquestes tècniques.

I finalment, per tancar aquest petit parèntesis, cal mencionar que hi ha gran quantitat d'artistes generatius fascinats per l'escriptura asemàntica (*asemic writing*)[36]. Anomenaré el projecte Cosmico de Emily Edelman (Edelman 2023) i Sarah Ridgley (*Pàgina web de l'artista*) que porta uns anys explorant formes generatives de crear poemes visuals amb escriptura asemàntica molt propera al traç amb ploma (Ridgley 2021; Ridgley 2021; Ridgley i Bök 2022).

3.2.4 Les avantguardes i l'art abstracte que abonen el generatiu

Els artistes cubistes que tendeixen cap al colorisme i l'abstracte –els més destacats dels quals són Sonia i Robert Delaunay– i els pioners de l'abstracció com Kandinsky, Mondrian i Klee, entre molts d'altres, també influencien l'art generatiu pel seu ús i estudi del color, la forma i les teories del disseny i la composició. En podem veure clars exemples en les obres d'artistes pioners de l'art generatiu com Frieder Nake que crea el 1965 *Hommage à Paul Klee, 13/9/65 Nr.2* (*Hommage à Paul Klee, 13/9/65 Nr.2. Col·lecció Victoria and Albert Museum*), veieu-la a la foto 3.8. O Hiroshi Kawano pioner de l'ús creatiu de la computació al Japó que crea el 1964 l'obra *Design 3-1. Data 4, 5, 6, 6, 6* (*Hiroshi Kawano. Der Philosoph am Computer. Exposició al KW Institute for Contemporary Art de Berlín*

[35] **xarxa neuronal**: sistema de còmput basat a fer servir moltes unitats simples interconnectades, que pot aprendre a partir d'exemples i en comptes de tenir la informació en format de programa o d'instruccions, la té en la connectivitat i la intensitat de les connexions. El sistema forma una xarxa de nodes que imiten l'estructura i el funcionament de les neurones en el cervell humà i s'utilitza generalment en sistemes d'intel·ligència artificial.

[36] **escriptura asemàntica, *asemic writing***: forma d'escriptura no semàntica que no té paraules, només símbols que el lector ha d'interpretar, de forma similar a com s'interpreta el significat d'una obra d'art abstracte, i que usa la restricció gestual i les característiques pròpies de l'escriptura, com línies i símbols.

2012), una clara al·lusió a Mondrian.

Podem traçar un camí cronològic, a tall d'exemple, en l'art generatiu del Japó per veure com dialoguen artistes contemporanis en actiu amb els seus predecessors de l'art abstracte. Artistes com A. Mashiro (*Pàgina web de l'artista*) recullen l'estil dels pioners –sentiu-lo a ell mateix explicant-ho en aquest vídeo (Mashiro 2023)– i artistes com Emily Xie (*Pàgina web de l'artista*), Takawo Shunsuke (*Pàgina web de l'artista*), Okazz (*Sketchs de l'artista*) i E.C.H. (*Pàgina web de l'artista*) incorporen aquesta herència juntament amb experiències i tradicions culturals pròpies (Right Click Save 2022c), que conformen una subcomunitat particular amb galeries i plataformes pròpies, com és *Neort* (*Neort webpage*), que només acullen artistes generatius japonesos.

Tornem als corrents del s. XX perquè l'abstracció geomètrica, que nega el contingut emocional de l'obra plàstica, desenvolupa una abstracció que es basa en procediments racionals que doten la peça d'una estructura interna intel·ligible coherent i fins i tot lògica, buscant equilibri entre formes i ritmes. Oh! ritmes i harmonia, conceptes que compartim amb la composició musical. Fem un petit parèntesi per parlar-ne i veure els vincles que té amb l'art generatiu gràfic.

L'avantguarda musical del s. XX presenta la primera revolució musical de la mà dels dodecafònics, en trencar amb les regles habituals de composició i tonalitat. Tot i que ben aviat sorgeixen veus que es distancien d'aquest moviment, entre les quals, la més destacada és la figura de Iannis Xenakis (*Pàgina web de l'artista*) que formalitza la música utilitzant matemàtiques i introdueix notacions noves que fugen del pentagrama tradicional. Aquestes notacions que exploren ritmes i musicalitat esdevenen alhora exploracions visuals interessants. Ho podem veure amb els treballs de Xenakis i també amb les peces de la Channa Horwitz (*Channa Horwitz. Counting in Eight, Moving by Color. Exposició al ZKM* 2015). Inclús ho trobem en la dansa, com en la notació Laban, una notació essencialment visual per compondre coreografies, un sistema de símbols que descriuen moviments de forma qualitativa i quantitativa detallant la direcció d'un moviment a l'espai, les parts del cos que hi intervenen, la durada o la dinàmica (energia, intencions, emocions, actituds,..) del moviment. Exploreu, si us interessa la dansa generativa, els treballs del duo Operator (*Pàgina web del duo*).

La segona revolució musical ve de la mà dels futuristes, experimentals, quan la tecnologia permet gravar el so i reproduir-lo. És la tecnologia la que permet fragmentar el so i combinar-lo. I també és la tecnologia la que afegeix la possibilitat d'experimentar amb tota mena d'objectes, que no són

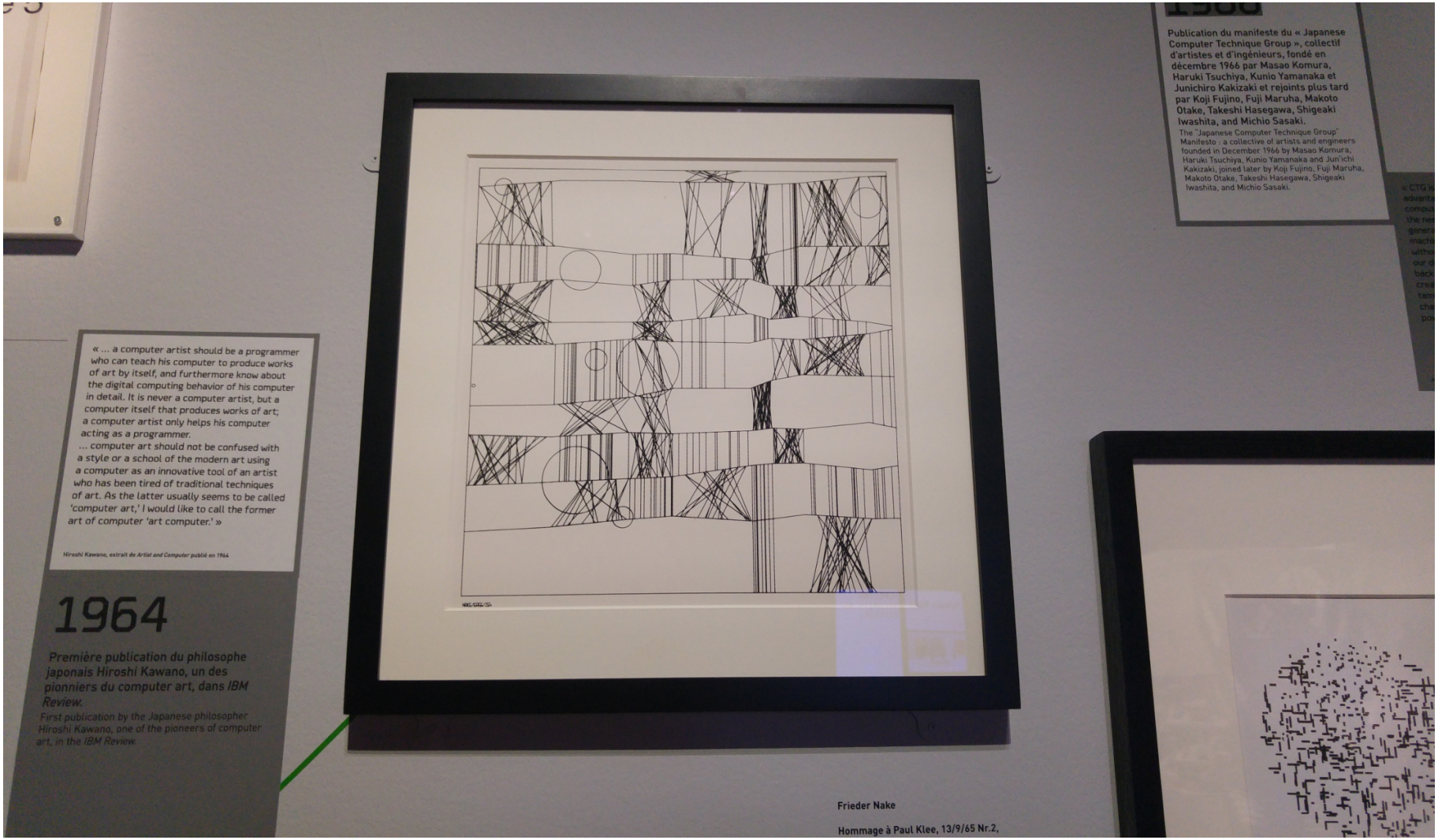

Figura 3.8: *Hommage à Paul Klee, 13/9/65 Nr.2* de Frieder Nake. Exposició *Coder le Monde* del *Centre Pompidou* de Paris, juliol 2018.

instruments, com a generadors de so. Els conceptes d'element i instruccions en els quals intervé l'atzar també van ser la base de composicions musicals de l'avantguarda, com les del compositor nord-americà John Cage (*Pàgina web de l'artista*), que va arrencar treballant aquesta idea a la dècada de 1950 i els anys 60. Cage va descriure l'estructura de la música com *"its divisibility into successive parts"* i sovint omplia les parts predefinides de les seves composicions amb sons preexistents trobats.

En artistes contemporanis que treballin la composició musical creant noves notacions visuals ens fixarem en la recerca de Santi Vilanova i especialment en el seu projecte *Forms* (Vilanova 2020a; Vilanova 2020b). *Forms* explora la sonificació[37] d'imatges que es creen generativament amb un autòmat que crea partitures interminables i irrepetibles. En aquest cas la recerca és centra en convertir en espectres de so i fer possible escoltar el que es veu. La representació visual queda acotada i supeditada a composicions sonores interessants. Tot i que el focus és la música generativa, aquesta neix d'una partitura visual, com en els exemples anteriors, i en fa una musificació, la sonificació que es fa amb objectiu artístic i musical, no només de representació sonora, buscant vincular les imatges amb característiques musicals, com l'harmonia, el ritme i l'expressió.

Per altra banda la música generativa procedimental[38], música sempre canviant creada per un sistema, és tot un gènere per si mateix. Té característiques de, i una relació evident amb l'art generatiu visual. Ja hem vist com l'atzar apareix en obres que incorporen un *objet trouvé* i ara també en algunes composicions de Cage; també la idea de fraccionar textos dels dadaistes i de fragmentar la música per treballar a partir d'estructures petites; i la idea de sistemes de regles i procediments que comencen a aparèixer en tots els camps creatius, també en la música.

També apareixen les idees anteriors en els *happenings* del grup d'artistes, músics i intèrprets (*performers*) internacional Fluxus que es basaven sovint en l'execució d'instruccions precises. A més la seva noció de la participació de l'audiència i del moment com a unitat bàsica per construir un esdeveniment va anticipar també la naturalesa interactiva d'algunes obres i la idea de basar peces d'ordinador en esdeveniments i instruccions.

[37] **sonificar**: conjunt de tècniques que permeten transformar qualsevol tipus d'informació en so.

[38] **procedimental**: conjunt de procediments, accions o destreses per realitzar una activitat i assolir un objectiu.

M'interessa compartir, en aquesta tesi, aquestes exploracions de fragmentació en unitats petites i l'ús de sistemes de regles o procediments: que usen a voltes repetició i atzar, que cerquen ritme i harmonia en la creació. Artistes contemporànis d'art generatiu ho exploren en les seves obres. Al meu parer, en destaquen els artistes Michael Connolly (*Pàgina web de l'artista*), Ben Kovach (*Pàgina web de l'artista*) i P1xelfool (*Pàgina web de l'artista*), amb estils ben diferents però sempre centrats en la composició, el ritme i l'harmonia de la peça; i especialment centrats en el color i el sistema de construcció.

I tornem a l'abstracció geomètrica, hereva de la Bauhaus, on el color i també la composició esdevenen un llenguatge abstracte que es depura en benefici de l'estructuració geomètrica de l'espai. Aquí voldria vincular els Equipo 57 i les obres abstractes "normatives" de Pablo Palazuelo (*Pàgina web de l'artista*), vegeu-ne una obra a la foto 3.9, amb un artista a tall d'exemple, Leander Herzog (*Pàgina web de l'artista*), que n'és un admirador. Herzog també explora idees de composició geomètrica i color en el seu treball, de vegades de forma més evident que altres, i que veiem obvi en el seu projecte *Returns* (Herzog 2021). O recollir també com les exploracions del *color field painting*, amb artistes com Rotko al capdavant, s'integren en la pràctica d'artistes vius com Rafaël Rozendaal (*Pàgina web de l'artista*), que usa mitjans audiovisuals i espais immersius per crear, a partir del color i grans taques geomètriques, atmosferes i ambients que creïn una resposta emocional en l'espectador, tal i com exploraven artistes precedents.

3.2.5 Abstracció i natura

> Malgrat que els temes de les pintures abstractes no són reconeixibles, en alguns casos provenen de simplificar formes naturals fins que es converteixen en taques de colors contrastats.
>
> Fundació La Pedrera. Els camins de l'abstracció, 1957-1978. Diàlegs amb el Museo de Arte Abstracto Español de Conca. Catàleg (Fundació La Pedrera 2022)

L'art generatiu acostuma a ser geomètric i abstracte i moltíssims artistes han compartit en diverses ocasions, en xerrades, espais o vídeos, el seu interès per la natura i com s'hi inspiren.

Figura 3.9: *Omphale V* de Pablo Palazuelo a l'exposició *Els camins de l'abstracció* a la Pedrera.

Vull destacar Marcus Volz (*Pàgina web de l'artista*) i les seves fórmules volumètriques, Marcin Ignac (*Pàgina web de l'artista*), Marius Watz (*Pàgina web de l'artista*), l'estudi Nervous System (*Pàgina web de l'estudi d'artistes*) que explora sistemes de creixement natural per crear objectes, Monica Rizzolli (*Pàgina web de l'artista*; Right Click Save 2022a) mestressa de les flors i els bolets, Anders Hoff (*Pàgina web de l'artista*) que investiga estructures més abstractes i sistemes i Sage Jenson (*Pàgina web de l'artista*) artista especialitzat en models de fongs *physarum* que fa créixer i evolucionar per pintar recorreguts, desenvolupament i formes.

La tendència a l'abstracció, ja ho hem vist, és deguda al context històric: l'art generatiu neix als anys 60 influenciat per les corrents artístiques abstractes precedents; i degut al context tecnològic: l'ús dels primers ordinadors i dels traçadors, *plotters*, que limiten les exploracions formals i els algoritmes que es poden usar. Deixant de banda l'art generat amb algoritmes d'aprenentatge, (*machine learning*), que presenta resultats visuals fotorealistes i onírics, l'art generatiu que usa algoritmes és habitualment abstracte.

L'obra de l'artista Zancan (*Pàgina web de l'artista*) és la primera que es bateja com a art generatiu figuratiu –batejat pel comissari d'art generatiu Jason Bayley (*Pàgina web de l'artista*) i usat per la comunitat i el mateix Zancan (Works 2022; Right Click Save 2022b). Les seves peces amb plantes, flors, arbres, pedres i monòlits representant paisatges naturals de prats i jardins han creat tot un nou corrent artístic, tot i començar la seva pràctica generativa al 2021.

3.2.6 Art cinètic, op art i art conceptual

De l'interès pel moviment i la geometria de corrents avantguardistes, l'abstracció deriva cap a l'art cinètic i l'op art. D'aquests corrents i exploracions interessats en l'objectivitat d'allò geomètric neixen propostes de peces que estructuren de manera interna el camí o el circuit analògic del que esdevindrà l'obra. Exploracions detallades de paletes de colors i elements que en combinar-se de certa manera esdevenen l'obra final de l'artista. L'op art, amb els seus patrons de repetició i de color, alimenta moltes exploracions en el camp de l'art generatiu que aprofiten la potencialitat de repetició dels ordinadors per crear la obra de forma algorítmica. Hi ha actualment, maig del 2023, exposat al *Los Angeles County Museum of Art (LACMA)* la obra *Metavasarelly* encarregada a Casey

Reas: *"a software art homage to Vasarely, beginning with his ideas of a 'binary plastic language' and continuing into unknown territory"* (Reas 2023b; Reas 2023c; Reas 2023d).

L'art cinètic i l'art òptic també comparteix amb l'art generatiu exploracions en l'ús de probabilitats, aleatorietat, i del formalisme de regles i algorismes per a la creació final de la peça. En canvi, l'art generatiu no s'interessa en l'exploració de la il·lusió òptica i la il·lusió de moviment. El moviment es pot afegir literalment a les obres generatives animades, com ho fan l'artista Jeff Sketch (*Pàgina web de l'artista*) i Jorge Ledezma (*Pàgina web de l'artista*).

Dues exposicions que van coincidir a Madrid el 2018 que vaig tenir la sort de veure, una sobre Victor Vasarely a la Thyssen (*Victor Vasarely. The birth of Op Art. Thyssen-Bornemisza National Museum* 2018) i sobretot una petita mostra d'Eusebio Sempere (*Pàgina web de l'artista*) al Reina Sofia (*Eusebio Sempere. Exposició. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia* 2018) van servir de gran inspiració i van acabar de confirmar-me la potencialitat de l'ús de formes geomètriques bàsiques per a l'exploració artística i tot el que mecanismes generatius poden arribar a crear només a partir d'aquestes formes.

Així que surrealistes, dadaistes i futuristes afegeixen l'atzar com a element de creació. Els abstractes, la geometria i el color. I l'art cinètic i l'art òptic les formes geomètriques senzilles i els patrons. I els conceptuals, l'art conceptual, és la llavor de l'art generatiu que dona importància al concepte i al procés, tant, que l'obra pot ser un recull de regles i instruccions per ser duta a terme.

El màxim exponent d'aquest corrent basat en instruccions és Sol LeWitt, que posa la base de l'art digital i de qualsevol forma d'art generatiu on la instrucció és l'element conceptual que la construeix, quan aquesta s'executa. I aquí executar s'entén d'una forma més àmplia, com s'executen i es duen a terme les obres de LeWitt però usar exactament aquesta paraula fa clara referència a les obres generatives creades per ordinador que també s'executen[39].

L'exemple més destacat són els *Wall Drawings* (*Massachusetts Museum of Contemporary Art. Sol LeWitt: A Wall Drawing Retrospective* 2021) de Sol Lewitt, murals que es realitzen seguint les instruccions de l'artista, que no executa ni realitza l'obra, només la concep. També cal mencionar l'obra *Incomplete Open Cubes* de Lewitt on apareix la idea de serialitat, d'art en serie, no com aquell

[39]**executar**: fer que un programa d'art generatiu es posi en funcionament i dibuixi.

que pot ser reproduït mecànicament (Gagliano 2020) sinó com aquell projecte artístic que es crea a partir de regles i instruccions predeterminades.

3.2.7 Pioners de l'art digital generatiu i les primeres exposicions

Als anys cinquanta i seixanta, enginyers, matemàtics i curiosos de totes les disciplines van ser els pioners en experimentar les possibilitats de la computació digital en el camp artístic (*Media Art Net*; *Digital Art Museum*). Els resultats es van presentar, als inicis, principalment en revistes especialitzades, conferències i simposis dedicats a la tecnologia o als mitjans electrònics. En aquella època, aquestes obres eren considerades perifèriques al món de l'art principal i no van ser ben rebudes en alguns cercles artístics, ja que es consideraven massa mecàniques i despersonalitzades. Més endavant van començar les primeres exposicions d'art digital i generatiu que van reivindicar-ne el seu lloc en l'ecosistema de l'art.

El 1950 Ben Laposky usa un oscil·loscopi de raigs catòdics combinat amb generadors d'ona sinusoïdal per crear una de les primeres obres d'art abstractes, *Oscillons* utilitzant equips electrònics. L'any 1953 va publicar algunes de les seves creacions dins la revista *Scripta Mathematica*. El 1961, John Whitney va crear el curtmetratge animat *Catalog* (Whitney 1961) generat per un ordinador analògic creat per ell mateix, que va utilitzar per transformar les imatges visuals de la seva peça amb funcions matemàtiques. Exploracions semblants traslladades a la pràctica d'artistes contemporanis es poden veure en alguns treballs d'Abe Pazos (*Pàgina web de l'artista*) en projectes com *Ku the Void* (Pazos, Ancor i Liau 2017).

La dècada de 1960 va ser una època important en la història de l'art digital generatiu, ja que va ser quan més artistes visuals van començar a experimentar amb ordinadors amb finalitats creatives (Bailey 2018b). Moltes d'aquestes màquines eren de difícil accés i eren de centres de càlcul, universitats i laboratoris. Un dels grups pioners neix als laboratoris Bell de Nova Jersey, on Béla Julesz i Michael Noll van usar alguns dels primers equips informàtics per generar imatges que es van exhibir l'abril del 1965 com a part de l'exposició *Computer-Generated Pictures* a la galeria Howard Wise de Nova York. L'exposició *The Responsive Eye* organitzada al MoMA al febrer del 1965 (*The Responsive Eye. Exhibition at The Museum of Modern Art* 1965) amb la col·laboració de la galeria

Denise René proposa una alternativa al pop art i legitima l'op art on ja es treballa la geometria, el color i els sistemes de dibuix i creació basats en regles repetitives i combinatòria o alternança, vegeu-ne dues fotos a la imatge 3.10.

A Europa, diversos artistes exploren el potencial plàstic de la informàtica. Per iniciativa del filòsof Max Bense (Nees i Bense 1965), al febrer del 1965, es presenta a l'*Hochschule fur Technik* d'Stuttgart l'exposició *Generative Computer Graphics* amb peces de Georg Nees. Aquest artista, que es troba d'entre els primers del mitjà, també exhibirà el desembre del mateix any a la *Galerie Niedlich* d'Stuttgart, juntament amb Frieder Nake, dins l'exposició *Computer Graphics*. Les obres d'ambdós semblen dibuixos abstractes i formes replicades, molt familiars als mitjans tradicionals, però capten l'estètica essencial del suport digital i esbossen les funcions matemàtiques bàsiques que impulsen qualsevol procés de dibuix digital.

A aquests pioners, que estaven vinculats principalment a l'àmbit de la ciència i la tecnologia, se'ls van afegir artistes formats en arts visuals, com ara Vera Molnár, Charles Csuri o Manfred Mohr. Aquesta nova generació de creadors compartia l'interès per utilitzar els ordinadors per a finalitats per a les quals no havien estat originalment concebuts i explorar les possibilitats creatives que els ordinadors oferien.

Les obres de tots aquests artistes, realitzades als anys 60, continuen sent influents per les seves investigacions sobre les transformacions generades per ordinador a través de funcions matemàtiques. Whitney utilitzava equips informàtics militars analògics antics i Csuri va crear les seves primeres imatges digitals el 1964 amb un ordinador IBM 7094. Mohr tenia accés a l'ordinador de l'Institut de Meteorologia de França, a París, on treballava cada nit realitzant les seves creacions. I com ell, molts altres artistes, Vera Molnár també, usen traçadors per veure el resultat de les seves creacions, vegeu una foto d'una obra de Molnár a la imatge 3.11. Manfred Mohr és, però, el primer, el 1971, en fer una exposició solo d'art digital creat amb ordinador i traçador titulada "Manfred Mohr - Computer Graphics - Une Esthétique Programmée" a *ARC, Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris* (*Computer Graphics. Une Esthétique Programmée. Exposició Manfred Mohr. Curator: Pierre Gaudibert. ARC Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris* 1971; *Computer Graphics. Une Esthétique Programmée. Catàleg de l'exposició de Manfred Mohr* 1971).

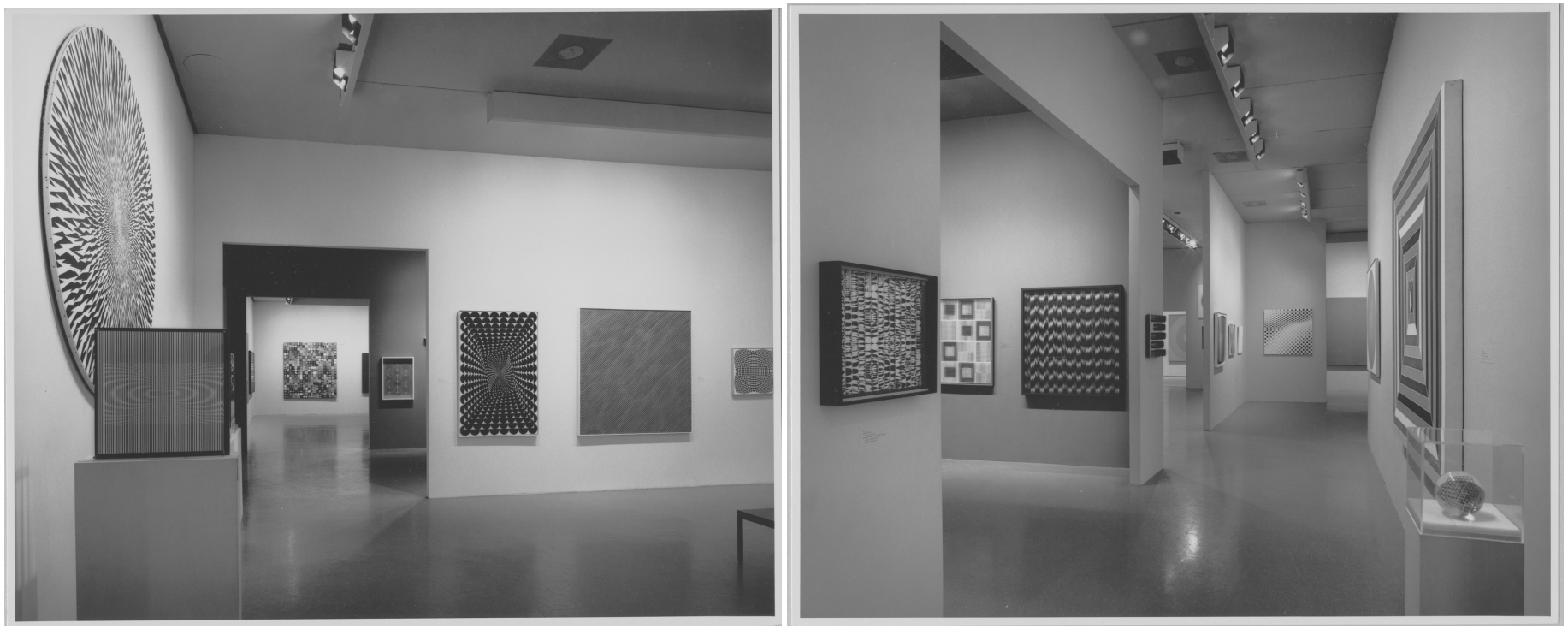

Figura 3.10: Exposició *The Responsive Eye*, 1965. Photographic Archive. The Museum of Modern Art Archives, New York. IN757.1. Photograph by George Cserna.

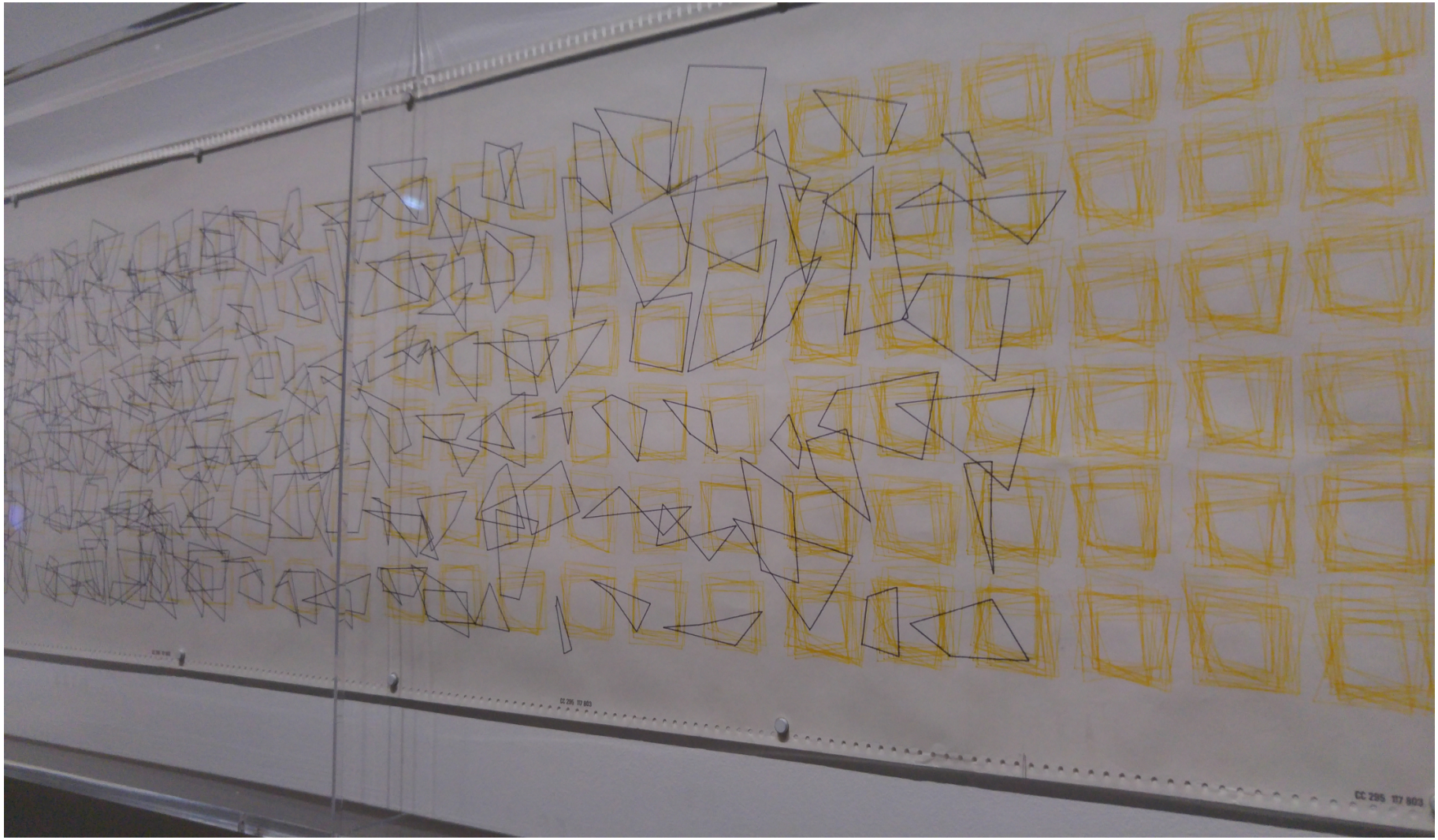

Figura 3.11: *Structure de Quadrilatères* de Vera Molnár. Exposició *Artistes et Robots* al *Gran Palais* de Paris, juliol 2018.

Amb l'aparició i la popularització de les pantalles i altres interfícies les obres creades amb traçadors passen a ser minoritàries i inclús desapareixen. El 2015 la companyia *Evil Mad Scientist* comença a fabricar i vendre el primer *Axidraw* (*AxiDraw webpage*), un traçador de sobretaula versàtil que es connecta per USB a qualsevol ordinador i permet crear dibuixos amb precisió i control usant gran varietat d'instruments d'escriptura –com llapis, retoladors i plomes estilogràfiques– sobre gairebé qualsevol superfície plana. Arran d'això les obres amb traçadors comencen a ser més habituals, l'etiqueta (*hashtag*) "plottertwitter" comença a escampar-se i creix una comunitat creativa de curiosos i d'artistes que usen els traçadors, les seves limitacions i constriccions, per crear art, molts d'ells, art generatiu. Vegeu els treballs de Julien Gachadoat (*Pàgina web de l'artista*), Iskra Velitchkova (*Pàgina web de l'artista*), Pierre Casadebaig (*Pàgina web de l'artista*) o el munt de treballs i de traçadors antics que ha recuperat i usat Marcel Schwittlick (*Pàgina web de l'artista*) i les obres de Licia He (*Pàgina web de l'artista*) que pinta usant aquarel·les i pinzells que ha adaptat al braç robòtic del traçador. Recentment neix la plataforma i galeria d'art *Plotabbles* especialitzada en projectes per a traçadors i la galeria *Feral File* li dedica una exposició el 2021 titulada *–GRAPH* (*Feral File. Exposició –GRAPH* 2021).

Tornem cap als anys seixanta. Les arts dels mitjans electrònics no es van considerar un fenomen aïllat, sinó que es van incorporar a la història i al discurs de les belles arts i arts performatives. A Zagreb del 1961 al 1973 la sèrie de cinc exposicions que cristal·litzen a l'entorn de *Nove Tendencije* (*New Tendencies*) busca acompanyar la transició de l'ordinador com a mitjà de creació artística. Es qüestiona l'estètica realista socialista i els organitzadors estableixen treballs generats per ordinador en relació al constructivisme, l'art cinètic i l'art conceptual. La noció d'art programat (Caplan 2022) creix també amb l'exposició *Arte programmata* concebuda el 1962 per Bruno Munari i Giorgio Soavi. Umberto Eco en fa el prefaci del catàleg on explica l'aposta per la creació digital, un ordre nou de creació estètica que neix amb els algoritmes, l'expressió lògica d'una idea estètica.

El 1968 l'exposició *Cybernetic Serendipity* comissariada per Jasia Reichardt a l'Institut d'Arts Contemporànies de Londres va presentar treballs gràfics traçats amb plòter, entorns de llum i so amb detecció o robots. Peces que van anticipar moltes de les característiques importants del mitjà digital actual. Algunes obres eren dinàmiques i orientades als processos, explorant les possibilitats de la interacció i de sistemes oberts com a objecte artístic (Paul 2015). Altres propostes es van centrar

en l'estètica de màquines i transformacions, màquines automatitzades per pintar o generadors de patrons i de poesia, vegeu una foto 3.12 d'unes pàgines, a tall d'exemple, del catàleg reeditat per *DAM Projects* (*Digital Art Museum*).

La revista *Leonardo* neix també el 1968. És una publicació interdisciplinària que es centra en la relació entre la ciència, la tecnologia i les arts. Fundada per Frank Malina, científic i artista que va ser un dels pioners de l'art cibernètic, la revista va ser creada per proporcionar un fòrum on els artistes i els científics poguessin discutir les seves idees i les seves pràctiques, i explorar les interseccions entre les seves disciplines.

I a Espanya el 1966 es crea el *Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (CCUM)* com a resultat d'un acord entre la Universitat i IBM (Castaños-Alés 2000). El centre crea beques de recerca, cursos de formació en programació i ofereix l'equipament a tot investigador que vulgui emprar les computadores per a finalitats no habituals d'enginyeria o matemàtica. El *Centro de Cálculo* crea el 1968 el *Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas* destinat a qüestions purament plàstiques centrat en la recerca de les bases matemàtiques de l'art. Impulsen i formen part del seminari destacats artistes com Manuel Barbadillo i Eusebio Sempere entre molts d'altres.

Entre el 1976 i el 1978 es publica trimestralment la revista *Computer Graphics and Art* on molts dels artistes que hem anomenat publiquen les seves obres, el pseudocodi de l'algoritme que les crea i escriuen petits articles sobre art generatiu, vegeu la foto 3.13. La comunitat d'art generatiu ha mirat de recuperar col·lectivament les obres que apareixen en aquesta publicació dins el projecte *Recode Project* (*Recode Project webpage*). Una plataforma web on s'han recopilat totes aquestes publicacions, les obres i els detalls de cadascuna. S'ha demanat a la comunitat que les reprogrami en un llenguatge de programació contemporani, en *Processing*, que les pugui fer funcionar altre cop i retornar-les al món digital i al web. I tot plegat, obres i codi, es recull de forma oberta i lliure per a la documentació, aprenentatge i gaudi de qui vulgui.

3.2.8 Finals del s. XX i aquests anys

Així seguint el fil històric temporal, entre el 1977 i el 1982 es posen a la venda els primers ordinadors Apple II, el primer PC d'IBM i el Commodore C64. Tots els àmbits creatius comencen a explorar el

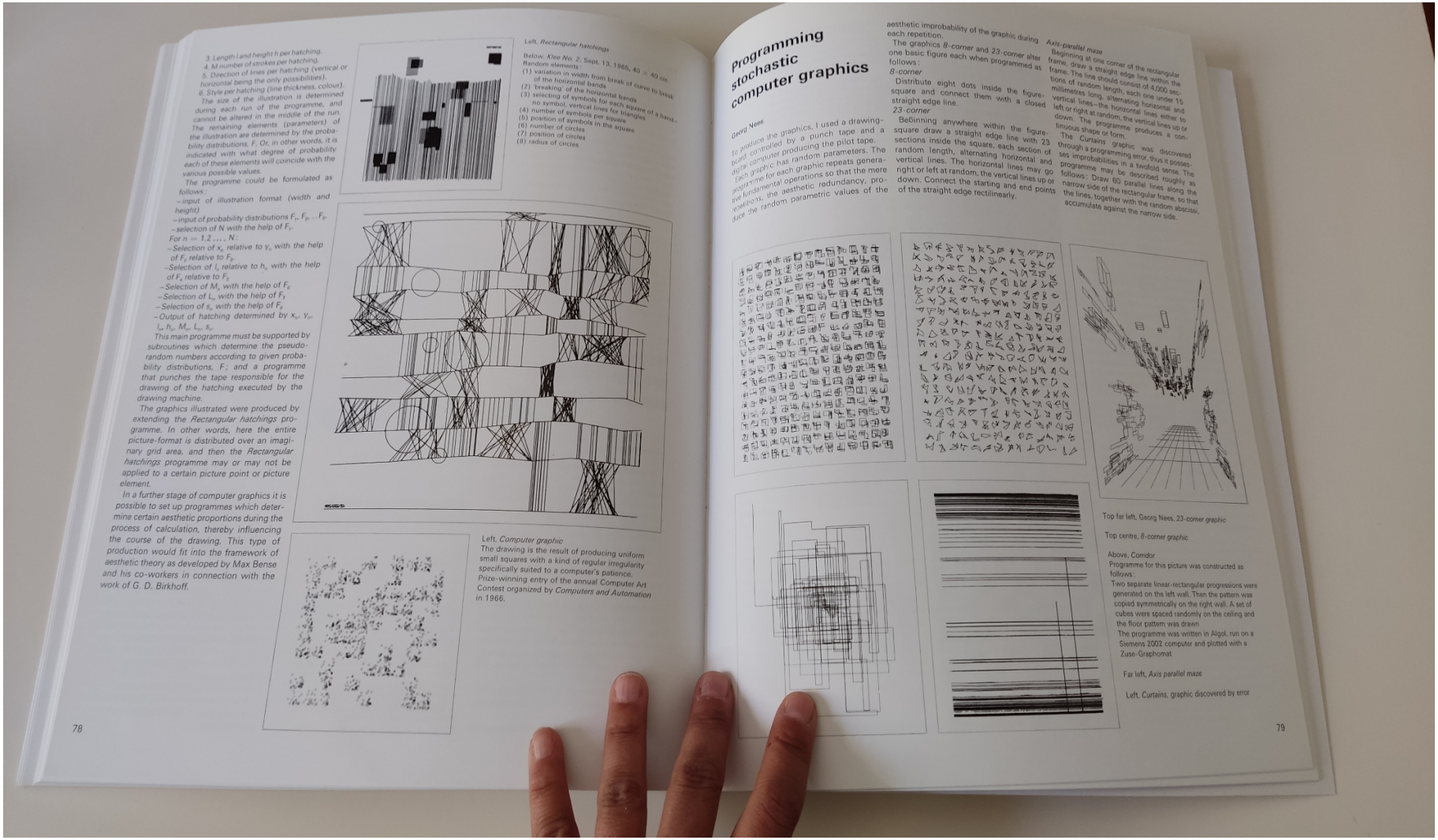

Figura 3.12: Catàleg de l'exposició *Cybernetic Serendipity*, pàgines 78 i 79, amb treballs de Frieder Nake i Georg Nees.

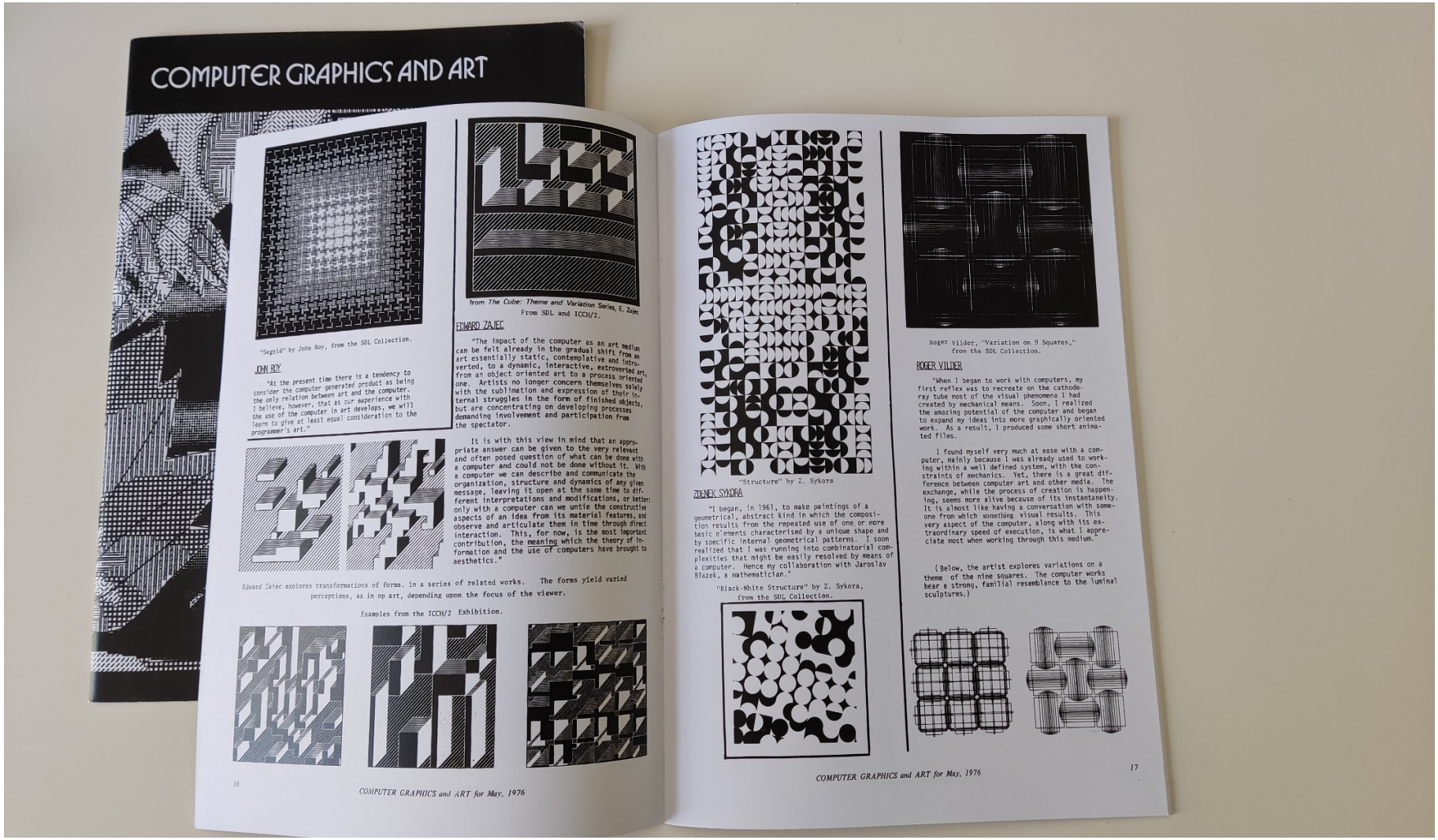

Figura 3.13: Revista *Computer Graphics and Art* Vol.2 n.3 i pàgines 16 i 17 del Vol.1 n.2.

potencial de la màquina i es basteixen interessants col·laboracions. Sorgeix una enorme producció de gràfics per ordinador, animacions i gràfics en 3D molt enfocats i fascinats per tota l'experimentació tècnica. Tot i que no ho podem encabir dins l'art generatiu, tota aquella pràctica és antecessora de les pràctiques actuals. Artistes com Mark Wilson (*Pàgina web de l'artista*; *Web de l'artista dins la col·lecció Spalter Digital*) usen aquests ordinadors per treballar amb imatges geomètriques amb una estètica clarament tecnològica. I algunes d'aquestes imatges encara inspiren recerques en artistes com Zach Lieberman (*Pàgina web de l'artista*), per exemple la peça *Fragment pattern study* (Lieberman 2023).

És en la comunitat de la *demoscene* –subcultura centrada en la creació de demostracions (*demos*) audiovisuals basades en ordinador– on trobem més connexions i vincles amb l'art generatiu. La *demoscene* és una subcultura internacional d'art informàtic enfocada a produir *demos*: programes d'ordinador autònoms, de vegades extremadament petits, de molts pocs bytes, que produeixen animacions audiovisuals. L'objectiu d'una demostració és mostrar habilitats de programació que creen peces visuals o musicals; el que el creador és capaç de fer amb moltes poques línies de codi, de vegades durant una jornada de 24 hores només, i sovint, en format de competició –veieu-ne exemples a *JS1k: The JavaScript code golfing competition* (*JS1k: The JavaScript code golfing competition*). Alguns artistes generatius actuals, com Piter Pasma (*Pàgina web de l'artista*), Julien Gachadoat a.k.a. v3ga (*Pàgina web de l'artista*) i Anthony Hiley-Mann a.k.a. Mountvitruvius (*Pàgina web de l'artista*) van iniciar la seva pràctica en la comunitat de la *demoscene*. I la demostració del que pot crear-se amb poques línies de codi ha derivat cap als *tinysketches*, el que es pot crear amb els caràcters d'una piulada. El 2019 per a l'*EYEO Festival* –festival dedicat a l'art el codi i l'ètica de les noves tecnologies– es va fer una competició que podeu veure a *OpenProcessing* (*Tiny Sketch Challenge for EYEO Festival* 2019). La comunitat de *Creative Coding Madrid* també fa una crida a mostrar *tinysketches* el 2020 a la façana digital del Medialab Prado (*Call for #tinycode sketches* 2020). I podeu veure creacions actuals de la comunitat japonesa de programadors creatius, que és molt activa en aquest tipus de reptes, sota l'etiqueta *#TsubuyakiProcessing* (*Tiny Sketches a Twitter*).

Després, des dels anys 90 fins a principis del segle XXI, el mitjà digital ha estat objecte de desenvolupaments tecnològics a velocitat sense precedents, passant de la "revolució digital" a l'era dels mitjans i xarxes socials. El maquinari i el programari es tornen més refinats i assequibles, i

l'aparició de la *World Wide Web* a mitjans dels noranta va afegir una capa de connectivitat global. Es crea el programari *Flash* que incorporava una línia de temps per a l'edició visual i també permetia incorporar codi fàcilment mitjançant el llenguatge *ActionScript*, i això va animar a una àmplia gamma d'artistes a incorporar mètodes generatius a les pàgines web. Els artistes sempre han estat dels primers a reflexionar sobre la cultura i la tecnologia del seu temps i dècades abans de la proclamació oficial de la revolució digital ja experimentaven amb el mitjà digital.

Amb la creació d'Internet i l'aparició dels primers navegadors neix tot un moviment artístic, el *net.art* (Baigorri i Cilleruelo 2006), que usa el potencial de la xarxa i les seves característiques i defectes com a espai d'exposició i com a mitjà d'exploració artística i de creació, sovint de forma crítica. Els artistes exploren les propietats pròpies i diferents de les xarxes i comunitats en línia i a vegades les confronten amb el mercat de l'art establert.

El *net.art* adopta moltes formes: llocs web, actuacions en línia, intervencions a les xarxes socials i experiències de realitat virtual, entre d'altres. I tot i ser un moviment artístic independent de l'art generatiu, aquesta exploració de la interacció i la participació dels usuaris de les peces, l'ús del codi de programació web i alguna exploració en la generació de les peces han quedat com a herència en l'art generatiu actual. Alguns artistes en actiu contemporanis i coetanis del *net.art* són Lia (*Pàgina web de l'artista*) i Joshua Davis (*Pàgina web de l'artista*) que mantenen l'acidesa i l'esperit crític del *net.art* i alguns detalls de l'estètica de gràfica sintètica dels inicis d'Internet. Ho podeu veure clarament al lloc d'internet *Turux* on va participar amb alguns projectes Lia (*Pàgina web de l'artista*; *Turux.at*).

I tocant-se amb totes aquestes corrents i rebent-ne influències –juntament amb d'altres que no es detallen en aquesta tesi per acotar continguts, com és el cas del vídeo art–, l'art generatiu ha anat sobrevivint i conformant-se com una comunitat de pràctiques i una mena de subcultura en el món de l'art digital establert. On hem compartit més experiències i hem exposat més des de l'any 2000 –en què contra tot pronòstic no van fallar els ordinadors degut al canvi de data– ha estat en trobades i festivals petits –i alguns de grans, que són els que queden. Festivals i *workshops* com l'*OFFF* a Barcelona (*OFFF Festival*), el malaguanyat *Resonate* a Belgrad (*Resonate*), l'*Ars Electronica* a Linz (*Ars Electronica Festival*), el *Sónar* a Barcelona (*Sónar*), el *Mutek* a Montreal (*Mutek*), l'*EYEO* a Mineapolis (*EYEO Festival*), l'*ESC* a Santa Maria d'Oló (*Esc*), el *GROW* a Paris (*GROW*), els

tallers d'*Interactivos?* al Medialab Prado de Madrid (*Interactivos?*),...

Han aparegut també iniciatives interessants per difondre i ensenyar art generatiu com la *School of Poetic Computation* o plataformes/projectes experimentals com *a2p* (*Artist to Peer*) on un grup d'artistes fan ja el 2019 una exploració especulativa de noves formes de distribuir i compartir art digital.

I els darrers 3 anys, des del 2020, degut a l'aparició de galeries d'art especialitzades en art generatiu que aprofiten la tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*)[40], l'art generatiu ha viscut un reconeixement sense precedents amb moltes més exposicions, col·leccionistes i trobades d'aquest petit sector del món de l'art. Exemples de galeries d'art en línia són *ArtBlocks*, *Feral File*, *Endless Ways* o *FxHash* i moltíssimes més. Un exemples de galeria d'art en streaming és *Niio*. Neixen galeries híbrides, que munten esdeveniments i exposicions físiques i en línia alhora –i que exploren noves maneres més presencials de gaudir, compartir, experimentar i vendre, és clar, l'art digital generatiu. En són exemples *Bright Moments*, *VerticalCrypto Art*, *Expanded.art*, *ARTXCODE* i *Kate Vass galerie*.

[40] **cadena de blocs, *blockchain***: registre distribuït dins el qual estan emmagatzemades cronològicament, en forma de blocs lligats els uns amb els altres, les transaccions successives efectuades entre els seus usuaris, de manera verificable, permanent i anònima.

3.3 Obsessions de recerca

En aquesta tesi, ens els projectes en què treballo i he treballat els darrers 5 anys i, per tant, en els projectes que heu llegit i en tot l'art generatiu que faig m'acompanyen sempre tres obsessions.

La primera és treballar l'art generatiu amb les seves característiques pròpies, tot buscant tècniques, detalls i imatges que no es poden construir de cap altra manera, ni manualment, ni amb mètodes tradicionals. Imatges impossibles de crear sense algoritmes, sense moltes repeticions, sense petits i lleugers moviments, detalls o càlculs que només el fer incansable de la màquina pot aconseguir.

Darrerament m'interessa vincular memòria i paisatge a les imatges sintètiques que es creen, la segona obsessió. Busco com expressar amb imatges el que m'acompanya, m'envolta, m'alimenta –literalment i d'esperit. Sense impostar estils, formats o tècniques analògiques. Mostrar cultura, tradicions i entorn amb imatges digitals, sintètiques i que exhibeixen les característiques pròpies dels algoritmes i la computació. Sembla una contradicció i potser és una excusa per fugir de l'estil digital i maquínic dels algoritmes i buscar imatges més naturals creades artificialment, talment un oxímoron.

I finalment, l'OBSESSIÓ en majúscula, la tercera, és la complexitat i els sistemes complexos. Una mirada que qüestiona la idea del determinisme en els algoritmes. ¿Sempre ha de passar el mateix exactament, línia a línia, execució a execució, pas a pas? Potser en comptes d'algoritmes, en l'art generatiu, plantegem simplement una heurística. Instruccions heurístiques enteses com ho planteja Eno (1976) per a la música i que podem extrapolar a l'art visual. Instruccions exploratòries que, en contraposició als algoritmes, no tenen cap objectiu[41].

La creació de sistemes de regles i la recerca que això implica, ja sigui usant algoritmes, ja sigui amb instruccions heurístiques, comporta sorpresa i joia en veure aparèixer i crear-se artefactes visuals inesperats. I alhora frustració en no entendre què succeeix. I aquesta antítesi de sentiments és lògic que desemboqui en una obsessió: l'obsessió per estudiar la complexitat.

[41] De fet, segons la definició de Stafford Beer que parafraseja Eno (1976, pàg. 232) en la pràctica artística generativa l'heurística es refereix al "conjunt d'instruccions per assolir un objectiu desconegut per exploració, que avalua contínuament el seu progrés segons algun criteri" mentre que els algoritmes són el "conjunt d'instruccions per aconseguir una solució o objectiu concret".

Capítol 4

Complexitat

La recepta dels bunyols de bacallà

A casa fan uns bunyols de bacallà boníssims. El pare és l'especialista en fer la pasta, sota l'atenta supervisió de ma mare, que és l'experta en fregir-los i en tot el procés.

La recepta ve de no se sap quina tieta o cosina llunyana de l'avi, i la tradició de menjar-ne els diumenges d'hivern és més recent.

És tota una litúrgia fer-los, menjar-nos-els és rapidíssim, una litúrgia lenta i minuciosa. S'ha de fer la pasta amb rovell d'ou, farina i aigua, i ha de tenir la consistència i textura "bones". Després s'afegeix el bacallà esqueixat, l'all i julivert tallats petits. Es pugen les clares a punt de neu i es barregen delicadament amb la pasta per a què no baixin i quedi tot esponjós. I amb dues culleres es van agafant i embolcallant cullerades de la mescla i a la paella amb oli ben calent.

A casa no hi ha gaires llibres de cuina. I per a no perdre la recepta d'aquests bunyols, vaig demanar que l'escrivissin com si estés en un d'aquests llibres. En una llibreta bonica que vaig portar i escrit a mà. Amb tots els detalls i pas a pas per als que no en sabem.

Ai, la mare del Tano! Quin impossible, pels uns i pels altres. Es cuinen quasi cada cap de

setmana, no és una qüestió d'haver oblidat com es fan, tampoc de no saber pas a pas què cal fer i què toca. És que és dificilíssim deixar anotat i escrit com són les textures que s'han d'aconseguir, quines quantitats són les que s'han de menester i com cal remenar i vigilar la mescla per aconseguir la consistència escaient.

No es pesa res a casa, no es compten cullerades o grapats, simplement "ja ho veus". Suques la forquilla a la pasta i en deixes caure una mica al plat. T'hi fixes. Si és massa espessa, "ja ho veus", afegeixes aigua; si és massa líquida, també "ja ho veus", hi poses farina. I remenes "com calgui, ja ho veus", per a què no s'agrumolli o no es desfaci massa tot plegat. O suques un dit a la pasta, només una mica, i fregues amb el polze, així, fent rodar, i... "ja ho veus".

I resulta que depèn de l'ou que has triat aquell dia, de si estava fred o a temperatura ambient, de l'aigua de cada casa i, suposo que del temps, de la humitat i de si la verge de Montserrat s'ha llevat amb la cama esquerra.

I ara direu, "Au! Exageres", deu ser com fer allioli, que has de remenar fins que queda lligat.

No us imagineu quants diumenges calen per a aprendre'n, amb parsimònia, aprenent del tacte, del moviment, del fer. Fixar-se en tots els detalls, en l'espessor, en la untuositat, el color,... demanar que tots aquest detalls estiguin a la recepta, que hi són, a l'algoritme, i que capturin això, és voler fer entrar el clau per la cabota. Només queda intentar-ho, fer-ho i anar millorant, sempre, sota l'atenta supervisió de ma mare.

4.1 Complexitat en sistemes generatius

> El universo es bello; y la belleza es la opción menos probable de la evolución.
>
> Jorge Wagensberg, Ideas sobre la complejidad del mundo (Wagensberg 2003)

Complex entès com a nom, no com a adjectiu, no entès com a sinònim de complicat. Complex com a conjunt de coses o parts relacionades entre elles i, en aquesta tesi i quasi sempre, complex vinculat al mot sistema: sistema complex.

Els sistemes complexos impliquen moltes configuracions i variables que no es poden explorar simplement amb la intuïció, la teoria o el càlcul de paper i llapis. En canvi, models i simulacions són útils per veure com són aquests sistemes, com s'estructuren i canvien amb el temps. Ajuden a veure si un conjunt de regles poden conduir a un comportament complex. I a continuació, permeten utilitzar el coneixement d'aquestes regles per generar prediccions de diferents escenaris i fer recerca especulativa.

Així que en la pràctica de l'art generatiu i en l'entendre i explorar els sistemes que creen les obres es troba una nova forma d'encarar i d'investigar aquests dos termes cabdals: sistema i complexitat.

En la natura i l'Univers, com en la pràctica artística generativa, allò que és complex es troba a mig camí entre l'ordre –en un cristall– i el desordre –en un gas (Solé i Manrubia 2001; Gell-Mann 1988). Molts projectes d'art generatiu simulen i s'inspiren en comportaments vius i en la natura, ja ho hem vist. I diverses idees sobre sistemes complexos es poden extrapolar o tenen vinculació directa amb els algoritmes i processos rere certs treballs d'art generatiu.

No és estrany. L'art generatiu neix i es nodreix en el context de la cibernètica, la teoria de la informació i la teoria de sistemes, llegiu-ho a l'apartat 4.2. El pensament sistèmic (*system thinking*[1]) proposa mirar i entendre l'Univers i qualsevol de les seves parts com un sistema, o subsistema de sistemes. Emfatitza l'holisme davant del reduccionisme, destaca el comportament dels organismes i elements del sistema davant del mecanisme, i ressalta el procés davant del resultat.

[1] Aclariment propi de Shanken (2015, pàg. 19) que puntualitza l'ús del concepte pensament sistèmic en comptes dels termes científics cibernètica o teoria de sistemes per referir-se a un marc epistèmic més genèric.

En contrast amb les aproximacions epistèmiques tradicionals d'occident, el paradigma del pensament sistèmic no centra la seva atenció en les qualitats absolutes de diverses parts, sinó en l'organització del tot en termes de relació, com un procés dinàmic i interactiu entre els elements que constitueixen aquest tot. Recull, en certa manera, la idea de Simon (1981, pàg. 184) que "en els sistemes complexos el conjunt és més que la suma de les parts". I amb aquest barret del pensament sistèmic és com ens mirem tota la pràctica artística i ens apropem als sistemes i a la complexitat.

Sobretot perquè prenem com a paradigma el que va proposar Galanter al seu article "What is Generative Art? Complexity theory as a context for art theory" (Galanter 2003), on planteja que les peces gràfiques generatives es poden situar en un continu que va dels sistemes ordenats, que contenen poca informació i que són de comprensió alta, als sistemes caòtics, que contenen gran quantitat d'informació però que són de comprensió baixa degut al seu desordre i manca de redundància, vegeu la figura 4.1.

Si ho imaginem en el context musical, una peça repetitiva de dues notes –extremadament ordenada– manca d'interès per al públic espectador en general. Tant com una peça d'un mico o de la Yoko Ono tocant un piano a martellades per exemple, purament aleatòria –i extremadament desordenada. Aquest interès i les expectatives del públic creixen i s'eixamplen en una zona intermèdia entre ordre i desordre. Aquest exemple musical el podem traslladar també a peces generatives de tipus gràfic i serveix per ubicar els projectes presentats en aquesta tesi. Tota aquesta recerca basada en la pràctica explora aquest continu, d'extrem a extrem, i crea un espai únic i coherent on l'experimentació, el context, la reflexió i la creació tenen lloc simultàniament. L'art generatiu planteja una aproximació i una visió úniques en la cruïlla de l'art, la tecnologia, el pensament i la ciència. Una pràctica i una mirada singular per explorar la complexitat de la realitat contemporània.

4.2 Un parèntesi per a la cibernètica

La teoria de la informació i la teoria de sistemes nodreixen la cibernètica de mitjans del s. XX. La cibernètica no es limita a les ciències o a l'enginyeria, a la dècada dels 60 i 70, quan es consolida, penetra també al món de l'art i de la cultura. Com hem llegit a l'apartat 3.2.7, a l'Institute of

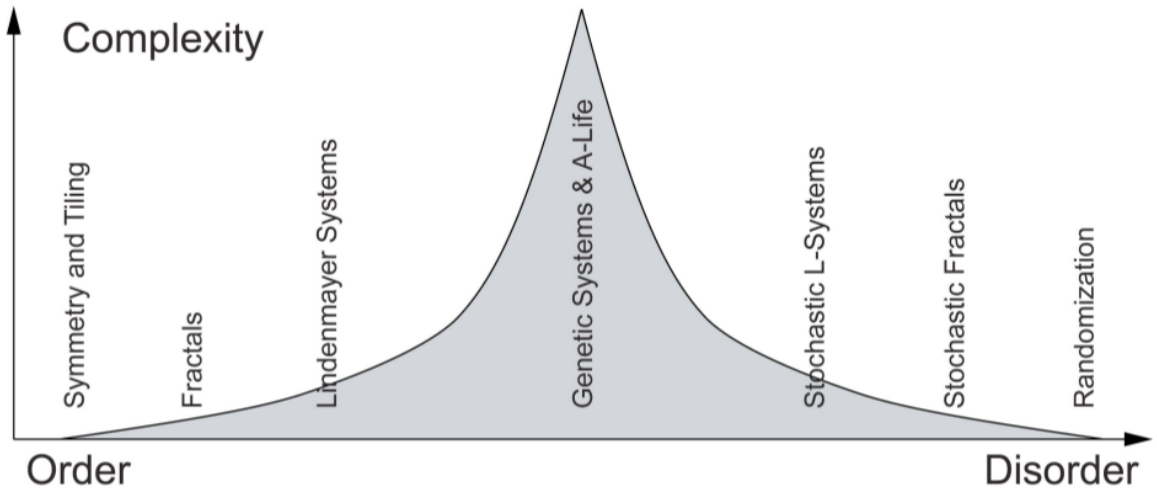

Figura 4.1: Complexitat en sistemes d'art generatius: de l'ordre al desordre.

Contemporary Arts de Londres, el 1968, es presenta una exposició amb la cibernètica al títol i al cor dels projectes: l'exposició *Cybernetic Serendipity* que explora les possibilitats de la interacció i de sistemes oberts –aquells amb entrades i sortides, amb *inputs* i *outputs*– com a objecte artístic.

La cibernètica estableix una ciència de la comunicació i el control que sembla aplicar-se tant a màquines com a animals, i proporciona un model teòric per construir sistemes mecànics que exhibeixen comportaments similars als dels éssers vius. Proporciona, així, un paradigma per entendre certs problemes i modelar possibles futurs.

La primera onada cibernètica, sorgida cap al 1942, es va centrar en com els sistemes poden mantenir un estat d'equilibri, anomenat homeòstasi, a partir de la retroalimentació (*feedback loops*) que permet l'autoregulació del sistema. Sistemes de retroalimentació semblants al termòstat que respon a les fluctuacions de la temperatura encenent o apagant el sistema de calefacció o d'aire fred. Trobem aquestes idees en treballs artístics i assaigs de John Cage, Iannis Xenakis, Brian Eno, Ken

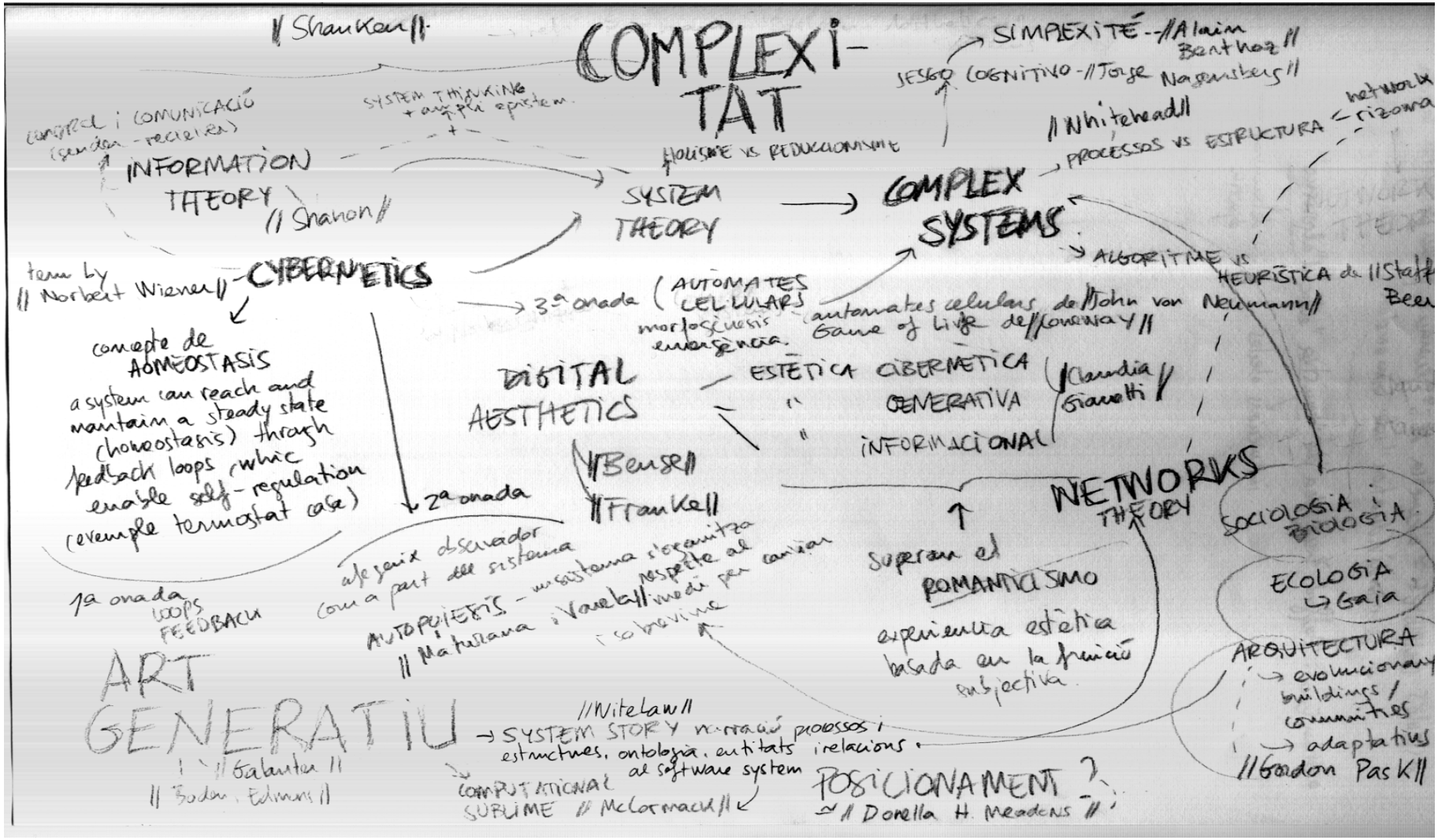

Figura 4.2: Mapa de conceptes.

Rinaldo, Norman White o Christa Sommerer i Laurent Mignonneau, recollits per Shanken (2015).

En una segona onada, a inicis dels anys 70, la cibernètica se centra a incloure l'observador com a part intrínseca del sistema. Els observadors passen a ser reconeguts com a part fonamental i inseparable dels seus propis experiments. Aquesta segona onada, alimentada pels avenços i idees en biologia de Varela i Maturana, abraça també el concepte d'autopoiesi, la idea que tot sistema s'organitza en relació al seu entorn, el seu medi, per canviar i sobreviure.

A partir dels anys 90, nombrosos factors incloent els avenços en ciència computacional, biologia i xarxes i l'aparició dels autòmats cel·lulars i la visualització de dades, faciliten la simulació de certs sistemes complexos, portant els investigadors a reprendre idees de la cibernètica i la teoria de sistemes, en el que podríem considerar una tercera onada cibernètica.

El pensament modern pot assumir que l'anàlisi d'aquests sistemes cibernètics, les interconnexions, les dades i la potència de la computació i els ordinadors pot ser la clau per a la predicció, l'equilibri, el control i fins i tot certa intel·ligència artificial. No obstant això, la majoria de sistemes, que presenten certa complexitat són dinàmics i variants, no lineals, autoorganitzats i amb retroalimentació (*feedback*); així que són també inherentment impredictibles i no es poden controlar.

Ens trobem, per tant, en un context on es poden observar i entendre de forma genèrica els sistemes complexos, es pot aprendre'n, però anticipar-ne el funcionament i el comportament futur és impossible. Des de la teoria quàntica a les matemàtiques del caos, a les teories recents sempre s'apunta a un Univers amb incertesa, impredictible i ple de complexitats. La idea d'aconseguir que un sistema complex faci el que un vol és una quimera.

Per altra banda, des de l'art generatiu es poden proposar projectes que mostren característiques complexes, que escapen als límits de la intel·ligibilitat que va proporcionar la modernitat. L'art generatiu pot incorporar idees del pensament sistèmic juntament amb idees contemporànies del pensament situat o d'ontologies relacionals per abordar aquesta complexitat contemporània (Carreras 2021e).

Explorar la complexitat des de la pràctica de l'art generatiu encaixa amb el pensament contemporani que dubta de la realitat mesurable, avaluable i immutable, el pensament que fuig dels binarismes i les categories. Entorn a aquesta complexitat orbiten conceptes com el canvi, el dinamisme, les relacions i els sistemes que depenen de l'entorn o de les interaccions entre individus. I aquests conceptes

també els recullen les ontologies relacionals.

La complexitat també ens demana que observem allò que emergeix com a complex (Soler-Adillon 2019). I tot i que podem discutir sobre la percepció, el rol de qui observa i el context en què es rep l'obra (McCormack i Dorin 2001), la simple idea de situar l'observador sempre a l'experiment o exercici, que evita parlar d'objectivitat o subjectivitat, ens apropa al pensament situat.

En resum, no és estrany que cert pensament contemporani encaixi tant bé amb l'art generatiu ja que nombroses idees de la filosofia del s. XX es van forjar també arran de tots els nous coneixements i paradigmes que van encetar la cibernètica, la teoria de sistemes i la teoria de la informació. I és partint de la lectura de certs pensadors contemporanis i d'aquestes teories i sobretot de la pràctica de l'art generatiu que s'encara aquesta exploració dels sistemes complexos com a forma singular i poc habitual d'investigar la complexitat.

4.3 Nocions sobre complexitat i sistemes complexos

> [..] systems are relatively unsystematic –operable and functional to be sure, but unpredictable and incomprehensible in their entirety.
>
> Lindsay Caplan, Arte Programmata (Caplan 2022)

La complexitat d'un sistema o d'un procés dinàmic expressa el grau en què els seus elements generen fenòmens emergents[2]. L'estudi de la complexitat o dels sistemes complexos analitza com un sistema format per diversos elements exhibeix un comportament emergent que no és trivial, on l'emergència es presenta com a novetat (Soler-Adillon 2019).

No existeix un consens sobre la definició de complexitat. Hi ha varies aproximacions des de diferents branques de coneixement que l'estudien: matemàtiques, antropologia, economia, urbanisme, informàtica, física, sociologia i biologia entre d'altres. La complexitat és un concepte ubic en tota

[2]**emergència, fenomen emergent**: comportament macroscòpic que apareix i que no es pot predir a partir del coneixement dels elements/individus del sistema i les seves regles de funcionament.

mena de camps i hi ha un ampli ventall de propostes de mesura per tal d'aproximar-se o acotar el grau de complexitat d'un sistema o procés. La justificació de cadascuna d'aquestes aproximacions rau sovint en la seva capacitat de produir valors intuïtivament correctes per a la pròpia branca (Sporns 2007). Però llavors, quina pot encaixar a l'art generatiu? Mirarem de trobar-la.

Herbert Simon el 1981 va ser un dels primers a discutir la naturalesa i l'arquitectura dels sistemes complexos i va suggerir la idea col·loquial que "en aquests sistemes el conjunt és més que la suma de les parts", en el sentit que "donades les propietats de les parts i les lleis de la seva interacció, no és una qüestió trivial inferir la propietats del tot" (Simon 1981). Aquesta discussió posà en dubte la idea que va prevaler durant temps que la percepció de la complexitat sorgeix de la manca d'informació o el desconeixement del comportament d'un sistema on la presència d'un gran nombre de variables i paràmetres poden emmascarar les regularitats subjacents. Dades experimentals i avenços teòrics han demostrat el contrari, que en certs sistemes, la complexitat està arrelada al propi comportament (Nicolis i Rouvas-Nicolis 2007).

Per exemple, hi ha sistemes dinàmics, sovint en desequilibri, que són un bon escenari que desemboca en la generació de caos determinista, on apareix la complexitat. Els sistemes caòtics, tot un altre món, són aquells que depenen molt fortament de les condicions inicials: un petit canvi en les condicions dona lloc a comportaments molt diferents. I aquest caos no incorpora atzar o res aleatori, s'esdevé a partir de la dinàmica del sistema, com per exemple en els huracans. És difícil de predir el comportament dels sistemes caòtics, que són complexos. Però hi ha sistemes complexos, com per exemple els eclipsis, que són fàcils de predir.

I en aquest escenari divers, malgrat els plantejaments heterogenis per definir la complexitat, persisteix la creença que hi ha certes característiques i propietats comunes que defineixen tots els sistemes complexos (De Domenico et al. 2019; Mitchell 2009; Gell-Mann 1988):

* Un sistema complex està format per individus que segueixen regles simples sense control central o lideratge evident. Aquesta característica s'anomena auto-organització. Per exemple, les formigues que construeixen ponts per arribar al menjar sense una directora evident, veieu la foto 4.3.

* Un sistema complex produeix i utilitza informació entre individus que interactuen localment

Figura 4.3: Formigues construint un pont. Foto d'Umeed Mistry per al projecte Breathing Pixels.
2019.

entre ells a petita escala i, de vegades, amb l'entorn. Per exemple, bilions de neurones interactuant al cervell.

* Un sistema complex canvia el seu estat macroscòpic dinàmicament. Canvis en el temps, de forma no lineal, donen lloc a fenòmens impredictibles. Per exemple, la variació de la meteorologia.

* Un sistema complex pot variar el comportament i evolucionar. En aquest cas s'anomena sistema adaptatiu. Per exemple, un sistema immunològic aprèn sobre nous patògens.

4.3.1 Els individus dels sistemes complexos

Un sistema complex està format per individus o elements, que són diferents i funcionen com a unitats del sistema. Unitats que segueixen regles de comportament concretes i generen una dinàmica o comportament local. Sovint, la seva activitat no té un control central o lideratge evident, el que s'anomena auto-organització. Les molècules de vapor i aire que formen un tornado són un exemple d'elements d'un sistema complex.

Els elements d'un sistema complex es poden descompondre, certes vegades, en altres sistemes, donant lloc a sistemes complexos formats per sistemes complexos, creant estrats amb diversos nivells d'organització.

A banda, ja que la complexitat és un terme interdisciplinari que apareix en moltes disciplines i camps, aquesta tesi usa la paraula individu per a referir-se a les unitats del sistema quan aquest evoca, s'inspira o tracta temes socials. També s'usa la paraula individu en la descripció de sistemes inspirats en comportaments animals col·lectius, com els estols d'ocells o els bancs de peixos. S'usa la paraula element del sistema per a referir-se a unitats de sistemes més abstractes o que no es relacionen amb cap fenomen sociològic.

Per exemple, en el projecte *Trossets*, detallat a l'apartat 2.2.4, hi ha 13 tipus d'elements diferents, les rajoles, que conformen el sistema. I en aquest projecte el pes principal el tenen els 13 elements del sistema, que s'han escollit i dissenyat per a què conjuntament generin els patrons i formes que creen.

No interactuen entre ells, més enllà de solapar-se visualment en algunes cantonades. Simplement es dibuixen en la graella de forma consecutiva, així que el solapament tampoc juga cap efecte i no existeixen capes que vagin enfront de les altres. Cada element situat en la graella tampoc no rep informació de cap mena de la resta d'elements o veïns. *Trossets* és un projecte en què els elements del sistema són els únics causants de la complexitat visual i la diversitat que es genera.

4.3.2 La informació i la interacció en els sistemes complexos

Els individus del sistema creen interaccions, intercanvien informació i a vegades en produeixen. Les interaccions solen modular les accions individuals alterant el comportament local dels individus segons els seus veïns, l'entorn o el context global. En molts sistemes complexos les interaccions entre subconjunts d'individus estan mediades per alguna comunicació o connexió, ja sigui una comunicació química com en les colònies de formigues o bé una connexió electrònica com ens les xarxes d'Internet. Les regles específiques d'aquestes interaccions són crucials per determinar com funciona el sistema en conjunt.

En sistemes simples, les propietats del conjunt es poden entendre a partir de l'agregació dels seus elements. Els comportaments i propietats macroscòpiques d'un sistema senzill es poden deduir de les propietats microscòpiques de les seves parts. En canvi, en els sistemes complexos les interaccions entre elements generen fenòmens o efectes que abasten el sistema en general i que no es poden deduir trivialment a partir dels comportaments microscòpics dels elements.

Aquests sistemes es tornen més complexos a mesura que integren de manera més eficient la informació, és a dir, que són més capaços d'acollir l'existència d'elements especialitzats i l'existència d'interaccions estructurades que uneixen aquests elements en un tot coherent.

Per exemple, en el projecte *Discs*, detallat a l'apartat 2.5.3, els elements del sistema intercanvien informació ben senzilla amb els seus veïns. Simplement pregunten als veïns del costat si hi són o no, per a enllaçar-s'hi visualment. Els patrons de cercles que apareixen són impossibles de predir a partir del sistema. A vegades es formen clústers aïllats, altres vegades queda el llenç més homogèniament ple i altres vegades queda la banda dreta més plena que l'esquerra. Malgrat que la interacció entre elements és voluntàriament simple, el projecte posa de manifest i explora aquesta característica

dels sistemes complexos i ens mostra visualment com emergeixen patrons imprevisibles del simple intercanvi d'informació entre elements dels sistema, que són sempre iguals. Aquest projecte es pot considerar complementari de *Trossets*, projecte amb diversitat d'individus que no intercanvien informació. A *Discs* tots els elements del llenç són iguals i la complexitat emergeix de l'intercanvi d'informació.

El projecte *Physarum* de Sage Jenson (*Physarum*) modela el comportament d'un organisme, un fong, que en moure's deixa traces del seu trajecte en una mena de capa sensorial que es va esvaint amb el temps. El propi fong detecta aquestes traces i la intensitat d'aquesta capa sensorial influencia el creixement i moviment del fong. Hi ha moltíssims detalls i variables del sistema que poden ajustar-se i canviar els valors creant diferents patrons de comportament. La interacció entre individus del sistema i la informació que intercanvien defineixen aquest projecte, que podeu veure a l'exposició *36 Points* (Jenson 2022).

4.3.3 La dinàmica dels sistemes complexos

Un sistema complex tendeix a canviar el seu estat macroscòpic dinàmicament, canvis al llarg del temps, de forma no lineal, donant lloc a fenòmens impredictibles, sovint, amb multiplicitat de resultats possibles. Per exemple, un ocell volant i adaptant-se als corrents d'aire.

Mirar els sistemes de forma dinàmica és analitzar-ne els canvis amb el pas del temps. Un estat, un instant, descriu les característiques del sistema en aquell moment, com una foto. A mesura que el sistema canvia d'estat les seves característiques també canvien. Aquest canvi s'anomena lineal si és directament proporcional a l'estat actual, al temps i a la variació de l'entorn. I s'anomena canvi no lineal si no és proporcional. Els sistemes complexos solen ser no lineals i evolucionen, canvien, de forma molt difícil de predir.

El projecte *Ganxillo*, descrit a l'apartat 2.3.3, és dinàmic i animat. La dinàmica del projecte comporta certs canvis en la mida i en la posició dels elements que dibuixen la peça. Però aquesta dinàmica segueix una formulació lineal que no implica cap evolució. El sistema té canvis puntuals, coreografiats i marcats, vinculats a aquesta dinàmica, canvis per a generar un resultat visual que suggereix una certa complexitat. Tot i que intrínsecament el sistema no incorpora una dinàmica

complexa, sí que explora com certes dinàmiques senzilles poden generar multiplicitat de resultats, sempre diferents, que ens apropen a la idea d'un procés contínuament canviant, una aproximació al *computational sublime* (McCormack i Dorin 2001).

4.3.4 El canvi en els sistemes complexos

Quan un element del sistema està danyat o s'elimina, sovint els sistemes complexos poden recuperar la seva funcionalitat anterior, i, de vegades, fins i tot milloren. Això es pot aconseguir mitjançant la robustesa –la capacitat de suportar les pertorbacions i canvis–, mitjançant la resiliència –la capacitat de tornar a l'estat original després d'una gran pertorbació– o mitjançant l'adaptació –la capacitat de canviar el sistema per mantenir-lo funcional i sobreviure. Els sistemes complexos sovint responen a l'entorn, s'adapten, varien el seu comportament i evolucionen. En aquest cas s'anomenen *sistemes adaptatius*, com per exemple un sistema immunològic que aprèn sobre nous patògens.

Ja us podeu imaginar que aquest sistemes adaptatius tenen elements del sistema molt especialitzats que exhibeixen comportaments que semblen "intel·ligents" ja que s'adapten i "aprenen". Comportaments que són difícils de capturar amb algoritmes senzills. Per programar-ho cal recrear idees dels sistemes evolutius amb conceptes de genètica i supervivència dels individus del sistema codificats en l'algoritme. Cap dels projectes presentats en aquesta tesi és un sistema evolutiu.

Com a exemples tenim la trajectòria del duo d'artistes Christa Sommerer i Laurent Mignonneau que han explorat durant anys, en els seus projectes artístics, els sistemes evolutius (Ohlenschläger, Weibel i Weidinger 2023) a partir de simulacions programades. Un exemple concret és el seu projecte *A-Volve* (Sommerer i Mignonneau 1993). Aquesta recerca en sistemes evolutius i vius ha activat recerques i pràctiques artístiques contemporànies com les de la Robertina Šebjanič (*Pàgina web de l'artista*) que explora les realitats biològiques, químiques, (geo)polítiques i culturals dels medis aquàtics creant petits sistemes autònoms i tancats autosostenibles.

4.3.5 En resum, els sistemes complexos...

> We can't control systems or figure them out. But we can dance with them.
>
> Donella H. Meadows, Dancing with Systems (Meadows 2008)

En resum, els sistemes amb nombrosos elements capaços d'interactuar i relacionar-se de forma estructurada i definida entre ells i que generen fenòmens emergents a nivell global poden ser anomenats sistemes complexos.

I els projectes d'aquesta tesi encaixen en aquesta definició. Són peces gràfiques generades a partir de sistemes que recullen o s'inspiren en alguna de les característiques que atribuïm als sistemes amb comportament complex. Els resultats exposats en aquesta tesi són un instant del que dibuixa el sistema, un sistema que en alguns casos varia amb el pas del temps, és dinàmic, o bé un sistema que canvia segons les condicions inicials. Sistemes, tots ells, que mostren alguna mena de fenomen emergent o sorprenent, inclús per a l'artista.

Aquesta sorpresa a banda de fonamentar-se en el fenomen de l'emergència, se sustenta també, al meu parer, en la diversitat sistèmica, la que és intrínseca als algoritmes. De l'algoritme creat per l'artista neixen i es defineixen i concreten peces diverses, resultats que visualment es mostren com connectats a nivell de sistema, com en un rizoma. La idea de rizoma mateixa s'inspira en el pensament sistèmic i, per tant, aquesta diversitat té una estructura rizomàtica. Com un llibre de "Tria la teva aventura" que neix del mateix inici, de la mateixa introducció i desemboca ens molts desenllaços. Com un riu mirat a l'inrevés, riu amunt, de la desembocadura a tots els afluents i rierols que l'alimenten. Diversitat sistèmica rizomàtica, on l'artista cultiva o dissenya i explora el rizoma però no té control absolut de com creix l'arrel i totes les branques i connexions –que per això el sorprenen–.

Aquesta reflexió s'acosta a la idea del *computational sublime* proposada per McCormack i Dorin (2001): un espai infinit d'exploració del projecte generatiu que crea en l'espectador plaer i por alhora. Plaer per la capacitat de triar i explorar que té l'espectador d'entre totes les peces de la serie del projecte, la capacitat de passejar-se per totes les branques del rizoma per a explorar l'espai infinit.

Por en el sentit que l'exploració se'ns revela inabastable i per tant ens allunya de tota sensació de control mentre, a més a més, ens mostra que en el trajecte fet perdem la capacitat de tornar enrere. I com que aquestes idees són molt abstractes, just avui escrivint això apareix un projecte d'en Darien Brito (*Pàgina web de l'artista*) titulat *Quadrature* que exemplifica aquestes idees. Tot i que el mateix Darien no ho fa explicit, en l'explicació del projecte s'hi pot endevinar el *computational sublime* (Brito 2023).

4.4 I si mesurem el grau de complexitat?

De fet, com a artista, no m'interessa mesurar la complexitat, no m'interessa posar-li un valor, aplicar una mètrica exacta. Però és interessant conèixer com altres camps i branques del coneixement l'acoten i la mesuren per descobrir com s'hi aproximen i com l'entenen. I en aquest camí podem acotar millor com l'entenem i com encaixa en el camp de l'art generatiu.

Hi ha diverses maneres d'entendre i aproximar-se a mesurar la complexitat per a comparar diferents sistemes entre si, aplicant una mètrica comuna. Cada branca ho mira des de la seva òptica. O bé per a cada mirada s'aplica una branca de coneixement. Per exemple, per a entendre el comportament de cada individu microscòpic que participa del resultat complex s'usa la mecànica clàssica. I en la direcció oposada, la termodinàmica usa lleis per descriure i mesurar el comportament macroscòpic sense parar atenció als individus que en són la font.

La mecànica estadística, al mig dels dos extrems anteriors, ens dona la probabilitat de certs comportaments macro a partir del conjunt d'individus que els generen. I s'usen també conceptes de computació i teoria de la informació per a mesurar o caracteritzar ordre i desordre, simplicitat i complexitat (Mitchell 2009; Crutchfield 2012; Sporns 2007). El coneixement del procés algorítmic intern, el codi informàtic, que genera el sistema ens permet apropar-nos a algunes d'aquestes mesures i això ja ens va bé en l'art generatiu, ja que coneixem l'algoritme de l'obra.

Les mesures de complexitat es poden, per al nostre camp, agrupar en dos grups. Dins el primer, aquestes formes de mesurar capturen l'aleatorietat, el contingut d'informació o la longitud de la descripció del sistema. En aquest cas els comportaments aleatoris són els que tenen la màxima

complexitat. En canvi, el segon grup conceptualitza la complexitat de forma diferent a l'atzar. Els sistemes complexos són aquells que posseeixen una gran quantitat d'estructura, sovint a diverses escales temporals i espacials. En aquest cas els sistemes altament complexos se situen en algun lloc entre sistemes ordenats –regulars– o desordenats –aleatoris.

4.4.1 Primer grup de mesures: complexitat com a aleatorietat

Si ens centrem en l'algoritme del sistema generatiu que dona lloc a la peça gràfica podríem prendre com a mesura de la complexitat el contingut d'informació algorítmica, la seva *algorithmic information content, (AIC)*, que es defineix com la quantitat d'informació continguda en una cadena de símbols donada per la longitud del programa informàtic, l'algoritme programat, més curt que genera aquesta cadena (Kolmogorov 1998; Chaitin 1974). Les cadenes altament regulars, periòdiques o monòtones poden ser computades per programes que són curts i, per tant, contenen poca informació. Mentre que les cadenes aleatòries requereixen un programa tan llarg com la cadena mateixa, i per tant aquest programa produeix un contingut d'informació elevat, màxim.

És a dir, la mida del programa més curt que crea tota la peça ens indica com n'és de complex. El contingut d'informació algorítmica capta la quantitat d'aleatorietat de les cadenes de símbols però aquesta mesura no captura el que gràficament se'ns presenta com a complex i que s'allunya de l'aleatorietat, com en el projectes *Trossets* on l'algoritme usa poca aleatorietat i en canvi la combinació d'elements genera resultats ben diversos que ens aproximen a la idea de sistema complex.

Una altra mesura que es fixa en la part computacional i algorítmica del sistema és la profunditat lògica, la *logical depth* (Bennett 1988), que està definida com la quantitat mínima de recursos computacionals (temps, memòria) necessaris per resoldre una classe de problemes determinada.

La complexitat com a profunditat lògica es refereix principalment al temps d'execució del programa més curt capaç de generar una cadena o patró determinat, l'obra, en el nostre cas. Aquesta mesura implicaria que les obres que calculen moltes coses o tenen molt d'atzar i necessiten un programa llarg per a ser computades, i triguen molt a crear-se, com *Estratosfèric*, són més complexes que altres que triguen menys temps en generar-se, com *Discs*. Aquesta mesura, per tant, tampoc ens encaixa.

La complexitat també es mesura a partir de l'entropia de Shannon (1948), que és la informació que conté un missatge, una mesura de com de sorprenent és aquest missatge. Una peça totalment repetitiva, no sorprèn, és previsible, té una entropia zero; mentre que una peça totalment aleatòria té la quantitat màxima d'entropia de Shannon. Aquesta mesura tampoc encaixa amb l'art generatiu ja que les propostes més complexes no són, ja ho hem vist, les més aleatòries.

I finalment revisem l'entropia, així, a seques, l'entropia com a magnitud física per als sistemes termodinàmics en equilibri. Definida originàriament com a criteri per a predir l'evolució d'aquests sistemes i com es transformen de forma irreversible. Sembla que pot encaixar en la pràctica de l'art generatiu. La definició més rellevant elaborada per Ludwig Boltzmann a finals del s. XIX relaciona el concepte d'entropia amb el grau de desordre d'un sistema. I aquí apareix la idea de desordre, però sense vincular-lo a l'atzar o allò aleatori. I aquesta idea d'ordre i desordre ens apropa més al que hem vist en els projectes d'art generatiu. Allò poc entròpic, és ordenat i poc complex. I allò molt entròpic, amb màxima entropia del sistema per a arribar a situació d'equilibri [3], és caòtic i complex.

El problema d'aquesta definició és que la màxima complexitat s'associa als sistemes molt entròpics, que són poc ordenats i caòtics. En l'art generatiu aconseguir aquest desordre implica habitualment aleatorietat i usar nombres pseudoaleatoris i aquesta estratègia ens situa en l'extrem del continu de Galanter on la complexitat també és baixa. A més, els sistemes entròpics, segons Jorge Wagensberg són lletjos (Wagensberg 2003, pàg. 29, 30, 31 i 32) i això en el meu cas no m'interessa ja que hi ha una certa preocupació per l'estètica de les obres.

4.4.2 Segon grup de mesures: complexitat com a estructura i informació

Una manera intuïtiva de mesurar la complexitat és la mida, per exemple el nombre d'elements del sistema. Més elements equival a més complexitat. Els humans tenim 4 vegades més gens que el blat i ens podem considerar més complexos que el blat. Però resulta que tenim els mateixos gens que una planta de la família de la mostassa. Oh! Potser no som una especie tan complexa però amb complexos. A nivell gràfic també podem descartar mesurar la complexitat per la mida, o quantitat,

[3] **equilibri**: un sistema en estat d'equilibri és incapaç d'experimentar espontàniament algun canvi d'estat

dels elements gràfics que la generen. Una peça de *Discs* amb una graella de 32×18, és a dir amb 576 elements no es presenta més complexa que una de les peces de *L'algorisme despullat* amb un sol individu que camina errant pintant el seu trajecte.

Potser per quantificar la complexitat sobre una base estructural podem comptar el nombre d'interaccions dins d'un sistema en comptes del nombre d'elements. Un recompte del nombre dels comportaments funcionals dels organismes (McShea i Brandon 2010) al llarg de l'evolució demostra que aquesta mesura augmenta amb el temps, una troballa que contribueix al debat sobre si la complexitat creix com a resultat de la selecció natural. Tanmateix, aquest número per si sol potser és un indicador de la interrelació i les connexions, d'allò intrincat[4], però no necessàriament de la complexitat.

Els sistemes grans i molt entrelligats poden ser menys complexos que els que són més petits i menys interconnectats. Per exemple, un sistema molt gran que està totalment connectat es pot descriure d'una manera compacta i pot tendir a generar un comportament uniforme, mentre que la descripció d'un sistema més petit però més heterogeni pot ser menys compressible i el seu comportament pot ser més diferenciat i complex. Així que, altre cop, la mida, comptar el nombre d'interaccions del sistema, tampoc ens serveix per a aproximar-nos a la complexitat en l'art generatiu.

El que sí que ens serveix i encaixa és una mesura anomenada complexitat efectiva. Acordem que tot sistema barreja certa regularitat –ordre– i aleatorietat –el que no podem o no sabem ordenar. Un exemple és la cadena d'ADN on certes regularitats es combinen en diferents posicions al llarg de la cadena. La complexitat efectiva mesura la informació necessària per a descriure les regularitats que conté el sistema.

Un sistema extremadament ordenat tindrà molta regularitat però poca varietat i per tant poca informació i poca complexitat. I un sistema molt desordenat tindrà poques regularitats[5] i, per tant, també poca informació i poca complexitat. En un espai intermedi hi ha els sistemes i propostes amb complexitat efectiva més elevada. I aquesta aproximació a entendre la complexitat com a barreja de diverses regularitats ens encaixa perfectament amb les peces generatives. A més, cal remarcar que

[4] **intrincat**: embolicat

[5] el millor grup de regularitats és el més senzill i elegant, que minimitza les parts que no sabem ordenar

introdueix la idea de diversitat i regularitat, els patrons.

La complexitat efectiva (Gell-Mann i Lloyd 1996) mesura la longitud mínima que cal per a descriure les regularitats d'un sistema. En aquest sentit, aquesta mesura està relacionada amb el contingut d'informació algorítmica, l'AIC que hem vist a l'apartat 4.4.1. Però en aquest cas s'intenta distingir les característiques regulars de les aleatòries o incidentals i, per tant, pertany a la família de mesures de complexitat que tenen com a objectiu capturar quanta estructura conté un sistema.

Existeixen altres propostes per mesurar la complexitat: la dimensió fractal, que mesura els successius salts de detall als que podem arribar; la profunditat lògica, que mesura la dificultat de construir el sistema/objecte; la profunditat termodinàmica, que compta els esdeveniments evolutius que calen per arribar a aquest sistema/objecte; o el grau de jerarquia, que compta els subsistemes que integren cada subsistema complex que forma l'objecte; entre moltes d'altres (Solé i Manrubia 2001; Sommerer i Mignonneau 2009). Aquestes altres propostes de mesura no encaixen tant amb els projectes d'art generatiu. Així doncs, la complexitat efectiva és la proposta de mesura de la complexitat i la idea que s'aproxima a la complexitat que més ens encaixa, ja que té molt present les regularitats, l'ordre i el desordre tot ubicant entre aquests extrems les propostes de sistemes més complexos.

4.5 En resum, la complexitat traspua...

El més interessant de tota aquesta exploració en detall de la complexitat són els termes que l'acompanyen i que han anat apareixent en les diferents formes d'encarar la complexitat, mesurar-la o de buscar-ne les característiques fonamentals.

Al capdavall la complexitat ens parla de: sistemes complexos, simplicitat, regularitat, individus, elements, comportaments microscòpics, comportaments macroscòpics, emergència, autoorganització, no lideratge, descentralitat, relacions, connexions, interacció amb l'entorn, interacció entre individus, informació, diàleg, col·laboració, evolució, adaptació, aprenentatge, canvi, dinamisme, supervivència, diversitat, identitat, ordre, desordre, patrons, equilibri, harmonia, aleatorietat, atzar, soroll, caos, arbitrarietat i resiliència.

Els projectes que exploren la complexitat poden focalitzar-se en algun o en diversos d'aquestes

termes per a aprofundir-hi com a via d'accés a l'estudi, la recerca i l'observació de la complexitat i els sistemes complexos. A tall d'exemple, en aquesta tesi s'han recollit 5 projectes que articulen i observen algun d'ells: *L'algorisme despullat* qüestiona la interacció amb l'entorn, *Trossets* explora la diversitat, *Ganxillo* afegeix el dinamisme i la repetició, *Estratosfèric* accentua i observa el soroll i *Discs* emfatitza la interacció entre individus.

Capítol 5

Conclusions

> The thing that makes the thing is more interesting than the thing.
>
> Casey Reas, xerrada a UM Stamps School of Art and Design, University of Michigan (Reas 2015)

Aquesta tesi recull la meva pràctica artística dels darrers 6 anys, projectes d'art generatiu creats amb codi informàtic i algoritmes. Escriure-la ha fet aflorar processos de treball, de pensament, el context actual, reflexions i, tot i que no es tradueix directament en cap apartat, la comunitat de pràctiques que m'acompanya.

Importantíssima aquesta comunitat i tot l'ecosistema, que esquitxa totes les pàgines i seccions amb discussions que hem tingut, converses i tot de projectes que han creat altres companyes d'ofici. Que la comunitat de pràctiques no tingui un apartat dedicat i s'escampi per tot el text ha estat un dels aprenentatges d'aquesta tesi. En mirar l'índex, podem trobar a faltar aquesta part, i fa por que l'escrit no encaixi en un format habitual de tesi però s'ha revelat així i ha tocat, malgrat la por, assumir-ho. L'art generatiu usa moltíssimes eines de codi obert i beu de pràctiques del programari lliure. La manera de fer d'aquestes comunitats impregna també la nostra. Tot i que ja ho pot intuir

qui conegui el dia a dia de la pràctica artística de l'art generatiu, desitjo que aquest escrit faci evident aquesta forma de treballar que pren una forma més col·lectiva, m'atreviria a dir; que siguin evidents els avantatges d'aquesta mirada oberta i distribuïda; evident tot allò positiu que aporta compartir coneixements, trucs, preus, retalls de codi, fatigues i mirades. El text respira comunitat i recull comunitat, perquè al meu entendre l'art generatiu no es fa si no és amb tota aquesta comunitat i el compartir que l'acompanya i el precisa.

La trajectòria històrica de l'art generatiu es presenta des de els seus orígens per a situar la pràctica actual en context, vegeu l'apartat 3.2.8. Es vincula a moviments artístics i avantguardes anteriors, es relaten les pràctiques dels pioners de l'art generatiu i es relacionen amb projectes i pràctiques actuals –la comunitat arreu. Un diàleg d'idees, conceptes, pràctiques i obres entre artistes contemporanis i els nostres predecessors.

Aquest breu recull històric i el diàleg entre peces dels pioners i dels artistes coetanis, espero que sigui útil per a tot l'ecosistema d'artistes, col·leccionistes, galeries, museus, comissaris, etc. Sobretot perquè aquests darrers 2 anys l'art generatiu ha guanyat reconeixement en el món digital d'Internet de la web3[1], han aparegut nous agents i molta més audiència interessada. Aquesta nova audiència, a vegades, desconeix el context històric i els vincles amb el món de l'art més "tradicional" i associa l'art generatiu als orígens del web3 i l'emmarca als darrers 10 anys. És necessari traçar els orígens, de fa més de 60 anys, les avantguardes artístiques i el context que van estimular i fer possible els projectes i discussions, tant d'aquell moment com les actuals. Per altra banda, des del món de l'art "tradicional" algunes de les crítiques habituals que rep l'art generatiu –i l'art digital en general– venen associades a aquest desconeixement i al reduccionisme de dissociar algoritmes i automatismes, d'art i creació. En aquest context ens hem trobat darrerament en conferències, xerrades i també *online* (Le Random 2023b) repetint, explicant i fent evident (inclús exagerant) el fet generatiu en la història de l'art i tots els vincles que té amb altres moviments anteriors i coetanis. Aquest escrit en recull alguns.

I, el més interessant, que ha aparegut en escriure aquest text i en recollir la trajectòria de l'art generatiu i les pràctiques i discussions de la comunitat, es el retrat actual, l'estat de l'art en que es

[1] **web3**: idea per a una nova iteració de la World Wide Web que incorpora conceptes com la descentralització, les tecnologies *blockchain* i l'economia basada en testimonis (*tokens*).

troba aquesta pràctica artística actualment el 2023, que ha canviat!

Els darrers 2 anys, arran del naixement de l'art generatiu de serie llarga –el *long form generative art*– els projectes d'art generatiu i la manera d'encarar-los i treballar-hi ha canviat. S'ha fet un esforç important en explicar aquest canvi i el que implica. Una de les conclusions importants, ara que els artistes hi hem reflexionat (Rayner 2022) i treballat durant 2 anys –només en alguns dels nostres projectes, no en tots–, és que sembla un punt d'inflexió en la creació d'art generatiu. Pot donar lloc o bé a una manera nova i diferent de treballar o bé a un subgènere o subgrup de treballs d'art generatiu i de col·leccions, això ho sabrem en el futur.

Sigui com sigui, la comunitat d'artistes hem reobert converses i plantejat noves discussions. I aquest escrit revisa i explica com són les noves pràctiques d'art generatiu degut a aquest naixement, com treballem ara i què implica a nivell de decisions artístiques i algorítmiques. Aquesta tesi revisa aquesta nova pràctica i l'habitual i explica com encaixem en un context on el soroll mediàtic i els eslògans parlen sobretot d'intel·ligència artificial –i d'art generatiu usant I.A. Aquest retrat, des de dins, des de la pràctica i la comunitat, espero que sigui una contribució útil i tangible de cara a futurs estudis sobre art generatiu.

La complexitat, en aquests nou escenari de l'art generatiu de serie llarga, recau molt més en els sistemes que creen la serie artística de peces i recau menys en la curadoria i selecció de les peces finals per part de l'artista. I per tant, la complexitat que pot emergir del sistema algorítmic està molt més inscrita en el sistema i en els comportaments que s'hi codifiquen i que promouen aquesta complexitat. Es relata com el trajecte de recerca ha derivat d'un interès en els sistemes que es troben entre l'ordre i el desordre a un interès en tot de conceptes que acompanyen la complexitat i els sistemes complexos, amb una mirada des del pensament sistèmic.

Els sistemes complexos i sobretot la complexitat, així en abstracte, com a entitat amb agència pròpia, s'ha revelat massa gegant i inabastable per a estudiar-la de cop i copsar-la sencera –va costar 2 anys descobrir-ho. Així que en cada projecte es desgrana alguna de les seves característiques per a aproximar-nos a alguna particularitat, a algun dels seus atributs. I en aquest fer, en aquest saber en la pràctica, s'expliquen a fons els projectes i la característica dels sistemes complexos que cada projecte explora i com l'explora.

L'algorisme despullat, a l'apartat 2.1.3, qüestiona la interacció amb l'entorn, característica que

poden presentar els sistemes complexos. I *l'algorisme despullat* ho porta a l'extrem investigant i preguntant-se sobre la influència de la lluna en el codi determinista i els sistemes electrònics. Ho exagera per tal de dialogar amb les narratives i la recerca contemporània sobre el saber i els coneixements ancestrals no enciclopèdics, les epistemologies del sud, la saviesa recollida en l'oralitat, la no canònica. I en fer-ho es recolza només en la pseudoaleatorietat i la repetició mecànica de la mateixa tasca algorítmica, dia rere dia, per a observar aquesta interacció amb l'entorn i la complexitat que pot aparèixer en permetre que un sistema es repeteixi i repeteixi al llarg del temps, en un entorn determinat.

Trossets, a l'apartat 2.2.4, explora la diversitat. Així de concret, busca la senzillesa en la construcció del sistema per a explorar la pluralitat de resultats heterogenis que poden resultar d'aquest mateix sistema. L'exploració de la diversitat, com a concepte es pot estendre a molts projectes generatius, però *Trossets* ho pren com a tema central i es treballa el projecte despullant de decoracions el sistema i construint un algoritme minimalista que no amagui, decori o difumini aquesta idea central de diversitat.

Ganxillo, a l'apartat 2.3.3, afegeix el dinamisme i les simetries per a explorar com el canvi i el fet cinemàtic poden desembocar en construccions inesperades i complexes. *Ganxillo* es construeix amb repeticions harmòniques –oposades al soroll– i simetria. A priori aquesta construcció hauria de crear imatges no gens complexes, simplement repetitives. El dinamisme i el sistema creen una animació que mostra precisament com la combinació de repeticions acotades i rítmiques pot crear imatges de certa complexitat visual.

Estratosfèric, a l'apartat 2.4.3, treballa amb el soroll, el soroll de Perlin, com a estratègia per a crear efectes visuals no codificats en l'algoritme. El soroll com a base material per a manipular-lo –desplaçant, girant i movent; no filtrant-lo– i veure emergir gradients de color inesperats.

I, finalment, *Discs*, a l'apartat 2.5.3, retorna a les graelles endreçades i encaixa el dibuix a una retícula d'elements –individus– per a emfatitzar la interacció i les connexions entre ells. Un projecte que parteix de la graella estructurada per a fer més evident visualment com emergeixen patrons i formes que no estan inscrites en el codi i que neixen del comportament complex del sistema.

A nivell teòric, en l'àmbit acadèmic, l'art generatiu s'ha emmarcat en un espai de complexitat, en un continuu que va de peces amb molt d'ordre a peces amb molt de desordre (Galanter 2003),

peces on la complexitat s'incrementa en l'espai entremig. Aquesta plantejament fet per Galanter va ser la base de partida d'aquesta recerca i tesi, llegiu-ho a l'apartat 4.1. És un enfoc i una mirada recurrent entre altres artistes generatius. Com a exemple, avui mateix, tenim el proper projecte d'en Lars Wander, que encara no ha publicat però del que comparteix el procés de treball, els seus *works in progress* (Wander 2023).

La recerca d'aquesta tesi ha anat abandonant aquest plantejament, ja no se situen els projectes en aquest eix continuu entre ordre i desordre. Ha desembocat en una investigació on cadascun dels projectes fa una exploració d'alguna particularitat i idiosincràsia del sistema complex que el genera, despullant-se de decoracions o afegits. Una forma d'aproximar-se a la complexitat i els sistemes complexos que grata i n'extreu coneixements més profunds i detallats en comptes de situar el projecte en un eix endreçat. Un enfocament ben original en tot l'art generatiu. Un enfocament que obre la possibilitat i la pregunta de poder treballar i aïllar altres característiques de la complexitat en projectes futurs, per tal d'encarar-la i conèixer-la més.

I finalment un sí! La pràctica artística, l'art generatiu en concret, es posiciona d'aquesta manera en un punt molt determinat i mira la complexitat des d'una òptica única, amb una manera de fer única, que pot contribuir a eixamplar la recerca i el coneixement sobre aquest camp. Aquesta tesi i aquesta investigació ho han posat de manifest i és una de les contribucions principals d'aquest text, aquesta mirada creadora, situada i original.

Diccionari

aleatori: que depèn d'un esdeveniment incert o d'una contingència (vegeu contingència).

aleatorietat: característica dels resultats obtinguts per un mecanisme en què intervé l'atzar.

algorisme, algoritme: conjunt de regles, instruccions, per a resoldre un problema en un nombre finit de passos.

aprenentatge automàtic, *machine learnning*: camp de la intel·ligència artificial dedicat al disseny, l'anàlisi i el desenvolupament d'algoritmes que permeten crear programes capaços de generalitzar comportaments a partir del reconeixement de patrons o classificació de dades.

aprenentatge profund, *deep learning*: procés d'extracció i processament de la informació per mitjà d'algoritmes que funcionen en un sistema per capes que simula el funcionament bàsic del sistema neuronal del cervell.

art generatiu: aquella pràctica artística que usi sistemes (màquines, codi informàtic, instruccions procedimentals o un conjunt de regles) que es posen en funcionament amb un cert grau d'autonomia i que resulten en una peça artística.

atzar: conjunt de causes desconegudes que produeixen un efecte no previsible en un fenomen.

autòmat cel·lular: mètode matemàtic de simulació basat en una quadrícula en què cada cel·la té un color i on totes les cel·les actualitzen simultàniament el seu estat segons un conjunt de regles basades en els estats de les cèl·lules veïnes.

bot: programa informàtic o mecanisme automatitzat que executa una tasca específica repetitiva.

bucle: seqüència d'instruccions que s'executa de manera repetitiva.

bug: = error: defecte de programari que impedeix el funcionament correcte d'un programa o d'un ordinador i que es pot eliminar mitjançant un depurador o pensant.

cadena de blocs, *blockchain*: registre distribuït dins el qual estan emmagatzemades cronològicament, en forma de blocs lligats els uns amb els altres, les transaccions successives efectuades entre els seus usuaris, de manera verificable, permanent i anònima.

caos: els sistemes caòtics són aquells que depenen molt fortament de les condicions inicials. Un petit canvi en les condicions dona lloc a comportaments molt diferents.

captura de pantalla: còpia del contingut que es visualitza a la pantalla d'un ordinador en un moment determinat.

casella: subdivisió regular d'un espai destinada a contenir alguna cosa.

cisellar: treballar amb el cisell, una eina de metall llarga i plana amb tall a la vora extrema de la fulla, que serveix per a treballar pedra, metall, fusta, etc., ordinàriament a cops de martell.

clúster: agrupament, conjunt d'unitats funcionals interconnectades per mitjà d'una xarxa que actuen com una sola unitat.

cocrear: estratègia de col·laboració per a construir col·lectivament un resultat constatable.

codi obert, *open-source*: codi font al qual es pot accedir per fer-hi modificacions que permetin perfeccionar el funcionament d'un programari o adaptar-lo a usos concrets; un enfocament per al disseny, el desenvolupament i la distribució de programari que ofereix un accés pràctic al codi font (béns i coneixements).

codificar: escriure un programa informàtic segons la sintaxi d'un llenguatge determinat.

comissari d'exposicions: persona que concep exposicions, desenvolupa la tesi a partir de la qual s'organitzen i selecciona les peces que les han d'integrar.

comissarial: relatiu o pertanyent a la tasca d'una persona que s'encarrega d'un esdeveniment cultural o d'una instal·lació cultural.

compilar: traduir un programa escrit en un llenguatge de programació a llenguatge de màquina, el sistema d'instruccions en zeros i uns que poden entendre els microprocessadors.

complementarietat: qualitat de complementari. Que ho completa, que ho complementa, no ho contradiu.

complex: que enclou moltes parts diverses. $\neq$ complicat.

complexitat efectiva: mesura la informació necessària per a descriure les regularitats que conté un sistema complex.

computacional: relatiu o pertanyent a les computadores, als ordinadors.

computer art: branca de l'art que usa el codi i els algoritmes com a mètode fonamental i substrat de creació de la peça artística.

contingència: que pot ésser o no ésser, esdevenir-se o no esdevenir-se.

creative coding: ús de la programació informàtica per a expressions artístiques l'objectiu de les quals no està predefinit i el procés està basat en la descoberta, les variacions i l'exploració de resultats inesperats.

curador de continguts: persona que s'encarrega de buscar, seleccionar, organitzar i compartir informació en línia que pugui ser rellevant per a una comunitat determinada.

determinisme: teoria segons la qual, conegudes exactament unes certes condicions, els fets que se'n deriven poden ésser previstos amb exactitud.

díptic: composició pictòrica dividida en dos cossos.

disc: cos cilíndric la base del qual és molt gran respecte a l'altura.

diversitat: qualitat de divers: de múltiples aspectes, de caràcter diferent, de distinta mena.

emergència, fenomen emergent: comportament macroscòpic que apareix i que no es pot predir a partir del coneixement dels elements/individus del sistema i les seves regles de funcionament.

en línia: dit del recurs controlat per un ordinador o per un sistema informàtic i amb el qual, mentre dura aquesta situació, es pot establir connexió operativa sense intervenció humana significativa.

en temps real: dit del sistema en què el resultat que dibuixa és simultani o gairebé simultani a la causa, que pot ser bé una interacció (vegeu interacció) o el pas del temps.

entorn de desenvolupament integrat (IDE): programari que serveix per a escriure, compilar i depurar components o aplicacions.

equilibri: un sistema en estat d'equilibri és incapaç d'experimentar espontàniament algun canvi d'estat.

escriptura asemàntica, ***asemic writing***: forma d'escriptura no semàntica que no té paraules, només símbols que el lector ha d'interpretar, de forma similar a com s'interpreta el significat d'una obra d'art abstracta, i que usa la restricció gestual i les característiques pròpies de l'escriptura, com línies i símbols.

executar: fer que un programa es posi en funcionament.

fenomen aleatori: és aquell que no pot ser descrit per un formalisme, no es pot explicar amb un procés algorísmic; es dona d'una manera no seqüencial, independentment de la informació precedent.

filtrar: opció de programari que permet fer seleccions específiques d'informació o processaments específics en un senyal o imatge.

fitogenètic: conjunt del material genètic d'origen vegetal.

geek: persona que coneix i s'interessa de manera persistent en un tema en particular, especialment un tema tecnològic o especialitzat.

giclée: impressió d'alta resolució i molt bona qualitat, feta amb una impressora de raig de tinta que diposita diminutes gotes de tintes pigmentades en el paper, utilitzada per a fer còpies d'obres d'art originals.

grafisme: composició dels elements gràfics que intervenen en la pàgina impresa.

imatge congelada, ***freeze frame***: imatge que es manté fixa en la pantalla durant un temps determinat.

imbricació: inclusió d'una estructura, d'una subrutina, d'un bloc d'instruccions, etc., dins una altra de tipus semblant.

intel·ligència artificial: simulació, mitjançant la programació d'ordinadors, amb models formals per a representar i codificar el coneixement, d'algunes operacions pròpies de la intel·ligència o processos que s'aproximen a capacitats humanes com ara l'aprenentatge, el raonament o la comunicació.

interacció: influència de l'usuari amb l'entorn virtual o digital.

intrincat: embolicat.

iteració: acció de repetir, executar de nou un codi, un algoritme.

llavor, llavor estat, *random seed*: nombre usat per inicialitzar un generador de nombres pseudoaleatoris.

machine learning: procés del camp de la intel·ligència artificial dedicat a l'anàlisi, el disseny i el desenvolupament d'algoritmes i tècniques que permeten l'extracció i transformació de noves característiques del processament de la informació i les imatges, per mitjà d'algoritmes que funcionen en un sistema per capes que simula el funcionament bàsic del sistema neuronal del cervell i que permet que les màquines evolucionin, millorant el seu comportament a partir de l'estudi d'observacions.

maquínic: relatiu o pertanyent a les màquines.

***marketplace*, mercat web**: lloc web destinat al comerç electrònic, galeria d'art en línia, generalment especialitzat en un sector d'activitat, en aquest cas, en l'art digital.

metavers: múltiples espais digitals, compartits i persistents, vinculats a un univers virtual/digital percebut. Abasta les experiències multidimensionals d'ús i aplicacions d'internet en el seu conjunt on els humans interactuen socialment i econòmicament com a icones o avatars, per mitjà d'un suport lògic en un ciberespai que actua com a una metàfora del món real.

moaré: efecte òptic produït per la convergència d'estructures paral·leles en la superposició de capes amb patrons correlacionats.

motiu gràfic: figura, generalment repetida, que serveix d'element decoratiu o ornamental.

op art: abreviació d'*optical art* en anglès, art òptic, és un moviment pictòric d'art abstracte geomètric sorgit a finals dels anys 50 que busca jugar amb la percepció, la il·lusió òptica i la il·lusió de moviment.

paníptic: composició pictòrica dividida en n cossos, on $n > 3$.

píxel: unitat mínima d'informació en què resulta dividida una imatge en sotmetre-la a un escombratge electrònic.

primer terme, *foreground*: element o espai més proper a l'observador en una escena o en una composició.

procedimental: conjunt de procediments, accions o destreses per a realitzar una activitat i assolir un objectiu.

programació creativa: ús del codi font per a finalitats estètiques.

programació en directe, *live coding*: forma d'arts escèniques i tècnica de creativitat centrada en l'escriptura de codi font d'una manera improvisada, habitualment davant de públic, per a generar imatges i/o sons a partir del codi que es fa visible projectant la pantalla de l'ordinador a l'espai del públic.

programari: conjunt dels programes informàtics que serveixen per a aplicacions determinades.

programari lliure, *libre software*: programari que pot ser usat, estudiat i modificat sense restriccions, i que pot ser copiat i redistribuït bé en una versió modificada o sense modificar, tot amb unes restriccions mínimes destinades a garantir que els futurs destinataris també tindran aquests drets.

pseudo-aleatori: procés que sembla aleatori però no ho és, les seqüències pseudo-aleatòries exhibeixen una estadística aleatòria malgrat estar generades per processos deterministics.

***random walk*, camí errant, camí aleatori**: un procés aleatori que descriu una marxa que consisteix en una successió de passes a l'atzar en el pla (o l'espai).

repositori: base de dades central on s'emmagatzemen les successives versions de codi informàtic amb la finalitat de guardar-ne còpies, compartir-ho i utilitzar com un recurs col·lectiu estable.

responsiu: tècnica de creació i desenvolupament que permet adaptar el format dels continguts de l'obra digital a les característiques de qualsevol pantalla o dispositiu d'accés.

rotació: moviment d'un sòlid els punts del qual descriuen circumferències amb els centres alineats i fixos, continguts en l'eix de gir.

shader: tècnica de programació que usa la unitat de processament gràfic (GPU) i que determina l'aparença general d'un objecte gràfic de manera algorítmica, amb els corresponents efectes de superfície de color, llum, ombra o textura.

simulació: tècnica que representa el comportament d'un sistema o un fenomen determinat, ja sigui resolent per ordinador les equacions que el regeixen o, també, observant un altre fenomen anàleg governat per les mateixes equacions.

sistema: conjunt les parts del qual estan coordinades segons unes lleis que regeix les activitats, les funcions i les conductes dels seus components.

sistema complex: sistema format per individus amb comportaments individuals i sense lideratge evident que s'organitza creant comportaments no trivials.

snippet: petit trosset de codi reutilitzable.

sonificar: conjunt de tècniques que permeten transformar qualsevol tipus d'informació en so.

soroll de Perlin, soroll: és un tipus de funció matemàtica que utilitza interpolació entre un gran nombre de gradients i que varia pseudo-aleatòriament en l'espai o en el temps. És un algoritme desenvolupat per generar imatges que semblin naturals i orgàniques i que mantinguin certa aleatorietat.

sortida: resultat d'una combinació determinada de factors de generació.

subdividir: tècnica que s'usa en sistemes generatius i que divideix en parts les parts o alguna de les parts en què ja s'havia dividit un tot.

traçador, *plotter*: dispositiu de sortida d'un ordinador que permet d'obtenir una representació gràfica fixa bidimensional, que dibuixa de forma mecànica, a partir d'un conjunt de dades, habitualment obtingudes d'un dibuix digital previ. $\neq$ impressora.

tríptic: composició pictòrica dividida en tres cossos.

variable: posició de memòria identificada amb un nom, que pot variar de contingut en l'execució d'un programa.

visualització de dades: tècnica de representació visual que ajuda a comprendre dades i conceptes i facilita la presa de decisions.

xarxa neuronal: sistema de còmput basat a fer servir moltes unitats simples interconnectades, que pot aprendre a partir d'exemples i en comptes de tenir la informació en format de programa o d'instruccions, la té en la connectivitat i la intensitat de les connexions. El sistema forma una xarxa de nodes que imiten l'estructura i el funcionament de les neurones en el cervell humà i s'utilitza generalment en sistemes d'intel·ligència artificial.

xarxes generatives antagòniques, *generative adversarial networks (GAN)*: marc d'aprenentatge automàtic on dues xarxes neuronals competeixen entre si. Donat un conjunt

d'imatges d'entrenament, aquesta tècnica aprèn a generar noves imatges amb les mateixes estadístiques que el conjunt d'entrenament.

web3: idea per a una nova iteració de la World Wide Web que incorpora conceptes com la descentralització, les tecnologies *blockchain* i l'economia basada en testimonis (*tokens*).

Nota: les definicions són del Diec2 (*Diec2. Diccionari de la llengua catalana de l'Institut d'Estudis Catalans*), el Termcat (*Termcat. Centre de terminologia*), l'Optimot (*Optimot. Consultes lingüístiques*) i la Viquipèdia (*Viquipèdia. L'enciclopèdia lliure que tothom pot editar*) –en aquest ordre–, amb certes adaptacions pròpies al context del camp de l'art generatiu i d'aquesta recerca sobre sistemes i complexitat.

Bibliografia

Adamatzky, Andrew i Genaro J. Martínez, eds. (2016). *Designing Beauty: The Art of Cellular Automata*. 1a ed. Emergence, Complexity and Computation. Springer Cham. 191 pàg. ISBN: 978-3-319-27269-6. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27270-2.

Baigorri, Laura i Lourdes Cilleruelo (2006). *Net.Art (Prácticas estéticas y políticas en la red)*. Español. Ed. de Brumaria. 254 pàg. ISBN: 84-475-3046-9. URL: http://www.edicions.ub.edu/ficha.aspx?cod=06618.

Baillehache, Jonathan (2013). "Chance Operations and Randomizers in Avant-garde and Electronic Poetry: Tying Media to Language". A: *Textual Cultures* 8.1. Ed. d'Indiana University Press, pàg. 35 - 56.

Bennett, Charles. H. (1988). "Logical Depth and Physical Complexity". A: *A Half-Century Survey on The Universal Turing Machine*. Berlin, Germany: Oxford University Press, Inc., pàg. 227 - 257. ISBN: 0198537417.

Blasco-Soplon, Laia (2023). *Presentació. Investigació basada en la pràctica: un cas en curs*. Jornades internes de formació en recerca de l'Institut del Teatre, Barcelona, Espanya.

Boden, Margaret A. i Ernest A. Edmonds (2009). "What is generative art?" A: *Digital Creativity* 20 (1), pàg. 21 - 46. ISSN: 14626268. DOI: 10.1080/14626260902867915. URL: http://dx.doi.org/10.1080/14626260902867915.

Bohnacker, Hartmut, Benedikt Gross i Julia Laub (2012). *Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing*. Ed. de Claudius Lazzeroni. 206 pàg. URL: http://www.generative-gestaltung.de.

Borgdorff, Henk (2006). *The Debate on Research in the Arts*. Sensuous knowledge: focus on artistic research and development. Bergen National Academy of the Arts.

Caplan, Lindsay (2022). *Arte Programmata. Freedom, Control, and the Computer in 1960s Italy*. Ed. d'University of Minnesota Press. 328 pàg. ISBN: 978-1-5179-0995-6.

Carlson, Christopher (2018). "Multi-Scale Truchet Patterns". A: *Proceedings of Bridges 2018: Mathematics, Art, Music, Architecture, Education, Culture*. Ed. d'Eve Torrence et al. Phoenix, Arizona: Tessellations Publishing, pàg. 39 - 44. ISBN: 978-1-938664-27-4. URL: http://archive.bridgesmathart.org/2018/bridges2018-39.html.

Carreras, Anna (2021e). "Sistemas complejos y pensamiento sistémico explorados desde la práctica del arte generativo como marco de aproximación a la complejidad contemporánea". A: *Inmaterial* 6.15, pàg. 155 - 180.

Castaños-Alés, Enrique (2000). "Los orígenes del arte cibernético en España: el seminario de Generación Automática de Formas Plásticas del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid: (1968-1973)". Español. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. ISBN: 84-688-4599-X. URL: https://www.cervantesvirtual.com/obra/los-origenes-del-arte-cibernetico-en-espana-el-seminario-de-generacion-automatica-de-formas-plasticas-del-centro-de-calculo-de-la-universidad-de-madrid-19681973--0.

Chaitin, Gregory (1974). "Information-Theoretic Limitations of Formal Systems". A: *Journal of the ACM* 21 (3), pàg. 403 - 424. DOI: 10.1145/321832.321839.

Crutchfield, James P. (2012). "Between order and chaos". A: *Nature Physics* 8 (1), pàg. 17 - 24. DOI: 10.1038/nphys2190. URL: https://doi.org/10.1038/nphys2190.

De Domenico, M. et al. (2019). *Complexity Explained*. DOI: 10.17605/OSF.IO/TQGNW.

Docter, Pete i Ronaldo del Carmen (2015). *Inside Out*.

Eno, Brian (1976). *Generating and Organizing Variety in the Arts*. Ed. de Christoph Cox i Daniel Warner, pàg. 226 - 233. 454 pàg. ISBN: 9788483108598.

Frédéric, Migayrou (2018). *Coder le Monde*. French. Ed. d'Editions HYX. 272 pàg. ISBN: 978-2-37382-011-9. URL: https://www.editions-hyx.com/fr/coder-le-monde.

Fundació La Pedrera (2022). *Catàleg. Els camins de l'abstracció, 1957-1978. Diàlegs amb el Museo de Arte Abstracto Español de Conca.*

Galanter, Philip (2003). "What is Generative Art? Complexity theory as a context for art theory". A: *Proceedings of the International Conference on Generative Art*. Milan, Italy.

Gell-Mann, Murray (1988). "Simplicity and Complexity in the Description of Nature". A: *Engineering and Science* 51 (3), pàg. 2-9. ISSN: 0013-7812. URL: https://resolver.caltech.edu/CaltechES:51.3.Mann.

Gell-Mann, Murray i Seth Lloyd (1996). "Information measures, effective complexity, and total information". A: *Complexity* 2 (1), pàg. 44-52.

Hansen, Stig Moller (2019). "public class Graphic Design implements Code {//Yes, but how?}: an investigation towards bespoke Creative Coding programming courses in graphic design education". Aarhus University, Faculty of Arts, School of Culture, Communication, Department of Digital Design i Information Studies, pàg. 13. DOI: https://doi.org/10.7146/aulsps-e.340.

Kane, Carolyn L. (2014). *Chromatic Algorithms. Synthetic Color, Computer Art, and Aesthetics after Code*. Ed. de The University of Chicago Press. 328 pàg. ISBN: 9780226002736. URL: https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/C/bo14526320.html.

Kolmogorov, A.N. (1998). "On tables of random numbers". A: *Theoretical Computer Science* 207.2, pàg. 387-395. ISSN: 0304-3975. DOI: https://doi.org/10.1016/S0304-3975(98)00075-9.

Levin, Golan i Tega Brain (2021). *Code as Creative Medium. A Handbook for Computational Art and Design*, pàg. 18,159.

LeWitt, Sol (1967). "Paragraphs on Conceptual Art". A: *Artforum* 5 (10). URL: https://www.artforum.com/print/196706/paragraphs-on-conceptual-art-36719.

McCormack, Jon i Alan Dorin (2001). "Art, Emergence, and the Computational Sublime". A: *Proceedings of the Second International Conference on Generative Systems on Electronic Art*. Victoria, Australia: Centre for Electronic Media Art, pàg. 67-81. ISBN: 0-7326-2195-X.

McCormack, Jon et al. (2014). "Ten Questions Concerning Generative Computer Art". A: *Leonardo* 47 (2), pàg. 135-41. URL: http://www.jstor.org/stable/43834149.

McShea, Daniel W. i Robert N. Brandon (2010). *Biology's First Law The Tendency for Diversity and Complexity to Increase in Evolutionary Systems*. University of Chicago Press. ISBN: 9780226562278.

Meadows, Donella H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. Ed. de Diana Wright. Chelsea Green Publishing. 218 pàg. ISBN: 1603580557.

Mestres, Eloy Puig (2005). "ALEAR: Arte procesual-arte aleatorio. La aleatoriedad en el "computer art"". Español. Barcelona: Universitat de Barcelona. Departament de Dibuix. ISBN: 8468969966. URL: http://hdl.handle.net/10803/1262.

Mitchell, Melanie (2009). *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press, USA. ISBN: 0195124413. URL: http://www.librarything.com/isbn/0195124413.

Nees, Georg i Max Bense (1965). "Projekte generativer Ästhetik. The projects of generative aesthetics". A: *Computer-grafikrot*. Ed. d'Elisabeth Walther Eigenverlag.

Nicolis, G. i C. Rouvas-Nicolis (2007). "Complex systems". A: *Scholarpedia* 2.11. DOI: 10.4249/scholarpedia.1473.

Ohlenschläger, Karin, Peter Weibel i Alfred Weidinger, eds. (2023). *Christa Sommerer & Laurent Mignonneau. The Artwork as a Living System 1992-2022*. The MIT Press. 300 pàg. ISBN: 9780262048156. URL: https://mitpress.mit.edu/9780262048156/christa-sommerer-and-laurent-mignonneau.

Orlov, Pavel A. (2016). *Programming for Artists*. Russian. 248 pàg. URL: http://ptahi.ru/2016/02/07/programming-for-artists.

Paul, Christiane (2015). *Digital Art*. Ed. de Thames i Hudson Ltd. 3a ed. ISBN: 0500204233.

Perlin, Ken (1985). "An image synthesizer". A: *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* 19 (3), pàg. 287-296. DOI: 10.1145/325165.325247. URL: https://doi.org/10.1145/325165.325247.

Reas, Casey (2015). *The Thing that Makes the Thing is More Interesting than the Thing*. Xerrada. UM Stamps school of Art and Design, University of Michigan. Michigan Theater. 603 E Liberty St. Ann Arbor. MI 48104. URL: https://stamps.umich.edu/events/casey-reas.

Reas, Casey i Ben Fry (2014). *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers, Second Edition*. Ed. de The MIT Press. 720 pàg. URL: https://mitpress.mit.edu/9780262028288.

Shanken, Edward A., ed. (2015). *Systems*. Documents of Contemporary Art. White Chapel Gallery. 240 pàg. ISBN: 978-0-85488-234-2. URL: https://shop.whitechapelgallery.org/products/systems.

Shannon, Claude Elwood (1948). "A Mathematical Theory of Communication". A: *The Bell System Technical Journal* 27, pàg. 379 - 423.

Shiffman, Daniel (2012). *The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing*. URL: https://natureofcode.com.

Shiffman, Daniel (2015). *Learning Processing, Second Edition: A Beginner's Guide to Programming Images, Animation, and Interaction*. Ed. de Morgan Kaufmann. 564 pàg. URL: http://learningprocessing.com.

Simon, Herbert A. (1981). *The Sciences of the Artificial*. 2a ed. Cambridge, MA: MIT Press. ISBN: 9780262191937.

Smith, Cyril Stanley i Pauline Boucher (1987). "The Tiling Patterns of Sebastien Truchet and the Topology of Structural Hierarchy". A: *Leonardo*. ISSN: 0024094X. DOI: 10.2307/1578535.

Soler-Adillon, Joan (2019). "The Open, the Closed and the Emergent: Theorizing Emergence for Videogame Studies". A: *The international journal of computer game research* 19.2. ISSN: 1604-7982.

Solé, Ricard V. i Susanna C. Manrubia (2001). *Orden y caos en sistemas complejos*. Volumen 93 de Politext Series. Edicions UPC. Politext: Área de Física, Universitat Politécnica de Catalunya. 342 pàg. ISBN: 8483014300.

Sommerer, Christa i Laurent Mignonneau (2009). "Life Spacies y Life Spacies II : modelar sistemas complejos para arte interactivo". A: *Artnodes* 0 (9). ISSN: 1695-5951. URL: http://hdl.handle.net/10609/2447.

Sousa, Santos Boaventura de (2014). *Justicia entre Saberes: Epistemologías del Sur contra el epistemicidio*.

Sporns, O. (2007). "Complexity". A: *Scholarpedia* 2.10. DOI: 10.4249/scholarpedia.1623.

Truchet, Sebastien (1704). *Mémoir sur les Combinaisons*.

Tufte, Edward R. (1990). *Envisioning Information*. Ed. de Cheshire Graphics Press, pàg. 67. ISBN: 978-0961392116.

Wagensberg, Jorge (2003). *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Tusquets Editores. 176 pàg. ISBN: 9788483108598.

Webgrafia

Abakshonok, Oleg (2022). *Piulada. Back and forth. The cycle is endless.* URL: https://twitter.com/abakshonokoleg/status/1634231736136548363.

ALAMO. Atelier de Littérature Assistée par la Mathématique et les Ordinateurs. URL: www.alamo.free.fr.

Ars Electronica Festival. URL: https://ars.electronica.art/festival/en.

Ars Electronica FutureLab. URL: https://ars.electronica.art/futurelab/en.

ArtBlocks. URL: https://artblocks.io.

Artist to Peer. URL: https://a2p.bitmark.com.

Arts at CERN. URL: https://arts.cern.

ARTXCODE. URL: https://www.artxcode.io.

Bailey, Jason (2018a). *Generative Art Finds Its Prodigy.* URL: https://www.artnome.com/news/2018/8/8/generative-art-finds-its-prodigy.

Bailey, Jason (2018b). *Why Love Generative Art?* URL: https://www.artnome.com/news/2018/8/8/why-love-generative-art.

Bailey, Jason (2020). *The Game of Life - Emergence in Generative Art.* URL: https://www.artnome.com/news/2020/7/12/the-game-of-life-emergence-in-generative-art.

Bauman, Peter (2023). *Zach Lieberman on the Resonance of Generative Art.* URL: https://www.lerandom.art/editorial/zach-lieberman.

Bright Moments. URL: https://www.brightmoments.io.

Brondbjerg, Mike (2021). *Piulada. Grid systems.* URL: https://twitter.com/mikebrondbjerg/status/1459466029386637312.

Caballero, Jorge (no datat). *Artificio.* URL: https://www.gusano.org/video/artificio.

Call for #tinycode sketches (2020). URL: http://creativecodingmadrid.com/call-for-tinycode-sketches.

Caplan, Lindsay (2023). *Likeness and Liking.* URL: https://outland.art/long-form-generative-art.

Carreras, Anna (2020). *Quarantena generativa.* URL: https://www.annacarreras.com/quarantena-generativa.

Carreras, Anna (2021a). *ArtBlocks. Curated Series 4. Trossets.* URL: https://www.artblocks.io/project/147.

Carreras, Anna (2021b). *Feral File. Exposició For Your Eyes Only. Ganxillo.* URL: https://feralfile.com/artworks/ganxillo-dqw?fromExhibition=for-your-eyes-only-qpg.

Carreras, Anna (2021c). *Feral File. Exposició Social Codes. Arrels.* URL: https://feralfile.com/artworks/arrels-y0v?fromExhibition=social-codes-pcl.

Carreras, Anna (2021d). *Repository Mural Hyderabad.* URL: https://github.com/acarreras/Mural-Hyderabad.

Carreras, Anna (2022a). *Ana Mas Projects. Exposició. De hormigueros y algoritmos.* URL: https://www.anamasprojects.com/ca/exhibitions/de-hormigueros-y-algoritmos.

Carreras, Anna (2023). *Verse. Exposició Generative Abstraction and Beyond PART III. Discs.* URL: https://verse.works/artworks/21a4f0e0-0c0f-4b28-98eb-1d82f9df4548.

Channa Horwitz. Counting in Eight, Moving by Color. Exposició al ZKM (2015). URL: https://www.kw-berlin.de/en/channa-horwitz-counting-in-eight-moving-by-color.

CodArt. Explore the Art Blocks collections code (2023). URL: https://www.codart.io.

Coded: Art Enters the Computer Age, 1952-1982 (2023). URL: https://www.lacma.org/art/exhibition/coded-art-enters-computer-age-1952-1982.

Computer Graphics. Une Esthétique Programmée. Catàleg de l'exposició de Manfred Mohr (1971). URL: http://emohr.com/paris-1971/catalog/layoutcatalog71.html.

Computer Graphics. Une Esthétique Programmée. Exposició Manfred Mohr. Curator: Pierre Gaudibert. ARC Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris (1971). URL: http://emohr.com/paris-1971/index.html.

DALL-E2 (2022). URL: https://openai.com/research/dall-e.

de Courville, Raphaël (2021). *Piulada. Variety on generative art chery-picked vs long-form projects.* URL: https://twitter.com/sableRaph/status/1432293292209840128.

Deafbeef i Lia Something (2021). *Conversations by Outland. Deafbeef & Lia.* URL: https://outland.art/deafbeef-lia.

Diec2. Diccionari de la llengua catalana de l'Institut d'Estudis Catalans. URL: https://dlc.iec.cat.

Digital Art Museum. URL: https://dam.org/museum.

Endless Ways. URL: https://endlessways.net.

Esc. URL: https://escape.cat.

Eusebio Sempere. Exposició. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia (2018). URL: https://www.museoreinasofia.es/exposiciones/eusebio-sempere.

Expanded.art. URL: https://www.expanded.art.

Expanded.Art. Exposició Generative Abstraction and Beyond PART III (2023). URL: https://expanded.art/collections/generative-abstraction.

EYEO Festival. URL: https://eyeofestival.com.

Feral File. URL: https://feralfile.com.

Feral File. Exposició –GRAPH (2021). URL: https://feralfile.com/exhibitions/graph-eg6.

Freeke, Saskia (2017). *Two years making daily art.* URL: https://medium.com/@sasj_nl/two-years-making-daily-art-244be8438db5.

FxHash. URL: https://fxhash.xyz.

Gagliano, Antonio (2020). *Serialitat.* UOC, Universitat Oberta de Catalunya. Recurs d'aprenentatge. URL: http://arts.recursos.uoc.edu/referents-dibuix/serialitat.

Gamboa-Naon, Manolo a.k.a. Manoloide. *Repositori de codi del Manoloide.* URL: https://github.com/manoloide/AllSketchs.

Generate Me. Tutorials. URL: https://generateme.wordpress.com.

Gheada, Estudio (2022). *Art+.* URL: https://www.gheada.com/artplus.

Giles, Harry Josephine (2016). *Some Strategies of Bot Poetics*. URL: https://harryjosephine.com/2016/04/06/some-strategies-of-bot-poetics.

Goldstein, Seth (2023). *Piulada. GPT4 describes generative art vs ai art*. URL: https://twitter.com/seth/status/1646546743926849538.

Group, Wolfram Science. *Wolfram Atlas of Cellular automata*. URL: http://atlas.wolfram.com/01/01.

GROW. URL: https://medium.com/grow-paris.

Hiroshi Kawano. Der Philosoph am Computer. Exposició al KW Institute for Contemporary Art de Berlín (2012). URL: http://www03.zkm.de/kawano/index.php/en/works.

Hobbs, Tyler (2018). *Tips to Improve your Generative Artwork*. URL: https://tylerxhobbs.com/essays/2018/tips-to-improve-your-generative-artwork.

Hobbs, Tyler (2021b). *The Rise of Long-Form Generative Art*. URL: https://tylerxhobbs.com/essays/2021/the-rise-of-long-form-generative-art.

Hobbs, Tyler (2023a). *Mechanical Hand. Unit London*. URL: https://unitlondon.com/exhibitions/tyler-hobbs-mechanical-hand.

Hobbs, Tyler (2023b). *On Sketching (and the Life-Cycle of Artistic Ideas)*. URL: https://tylerxhobbs.com/essays/2023/on-sketching.

Hommage à Paul Klee, 13/9/65 Nr.2. Col·lecció Victoria and Albert Museum. URL: https://collections.vam.ac.uk/item/O211685/hommage-a-paul-klee-13965-print-nake-frieder/hommage-%C3%A0-paul-klee-13965-print-nake-frieder/hommage-%C3%A0-paul-klee-13965-print-nake-frieder.

Interactivos? URL: https://www.medialab-matadero.es/programas/interactivos.

Jacob, Etienne. *Necessary disorder. Tutorials*. URL: https://necessarydisorder.wordpress.com.

Kate Vass galerie. URL: https://www.katevassgalerie.com.

Klingemann, Mario (2023a). *Piulada. Machine-made art*. URL: https://twitter.com/quasimondo/status/1633732064427081729.

Klingemann, Mario (2023b). *Talento Latente. A*DESK critical thinking Magazine*. URL: https://a-desk.org/magazine/latent-talent.

LACMA, Lady Cactoid. (2023). *Remembrance of Things Future: A Conversation with William Mapan, Artist Experimenting on the Blockchain*. URL: https://unframed.lacma.org/2023/09/06/remembrance-things-future-conversation-william-mapan-artist-experimenting-blockchain.

LaTeX. A document preparation system. URL: https://www.latex-project.org.

Le Random (2023a). URL: https://www.lerandom.art.

Le Random (2023b). *Timeline*. URL: https://timeline.lerandom.art.

Lieberman, Zach (2016). *Daily Sketches in 2016*. URL: https://zachlieberman.medium.com/daily-sketches-2016-28586d8f008e.

Llicència CC BY-NC-SA 4.0. URL: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0.

Machine Imaginaire. Exposició Vera Molnár. Galeria DAM Projects (2023). URL: https://damprojects.org/vera-molnar-machine-imaginaire/?lang=en.

Mashiro, A. (2023). *Piulada. La creació i influències d'A. Mashiro*. URL: https://twitter.com/A_Mashiro_nft/status/1648169952581660672.

Massachusetts Institute of Technology. URL: https://www.mit.edu.

Massachusetts Museum of Contemporary Art. Sol LeWitt: A Wall Drawing Retrospective (2021). URL: https://massmoca.org/sol-lewitt.

Max-Msp. URL: https://cycling74.com/products/max.

Media Art Net. URL: www.medienkunstnetz.de/mediaartnet.

Midjourney (2022). URL: https://www.midjourney.com/home.

Monoskop. *New Tendencies*. URL: https://monoskop.org/New_Tendencies.

Mutek. URL: https://mutek.org.

Neort webpage. URL: https://neort.io.

Niio. URL: https://www.niio.com/site.

Node (2022). *Piulada. The 4 different types of art collections*. URL: https://twitter.com/DepecheNode_/status/1594750973972389888.

OFFF Festival. URL: https://www.offf.barcelona.

OpenProcessing webpage. URL: https://openprocessing.org.

Optimot. Consultes lingüístiques. URL: https://aplicacions.llengua.gencat.cat/llc/AppJava/index.html.
P5.js. URL: https://p5js.org.
Paglen, Trevor (2016). *Invisible Images (Your Pictures Are Looking at You)*. The New Inquiry. URL: https://thenewinquiry.com/invisible-images-your-pictures-are-looking-at-you.
Pasma, Piter (2023). *Piulada. This is where I belong*. URL: https://twitter.com/piterpasma/status/1629825265512722434.
Piulada i fil. Documenting the outputs (2023). URL: https://twitter.com/Yazid/status/1692712219744846140.
Plotabbles. URL: https://www.plottables.io/gallery.
Processing Android webpage. URL: https://android.processing.org.
Processing: documentació de la comanda circle. URL: https://processing.org/reference/circle_.html.
Processing Foundation webpage. URL: https://processingfoundation.org.
Processing Python webpage. URL: https://py.processing.org.
Programa de Doctorat de BAU. URL: https://www.baued.es/ca/bau/programa-de-doctorat.
Quaranta, Domenico (2021). *Feral File. Text comissarial per a l'exposició For Your Eyes Only*. URL: https://feralfile.com/exhibitions/for-your-eyes-only-qpg/note.
Rayner, Harvey (2022). *Why Long Form Generative Art could evolve into the most significant artistic movement in the last 50 years*. URL: https://medium.com/@harvey.rayner/why-long-form-generative-art-could-evolve-into-the-most-significant-artistic-movement-in-the-last-8076a6722673.
Rayner, Harvey (2023). *Demystifying Generative Art*. URL: https://medium.com/@harvey.rayner/demystifying-generative-art-e43e296d19c0.
Reas, Casey i Ben Fry. *Processing webpage*. URL: https://processing.org.
Recode Project webpage. URL: http://recodeproject.com.
Resonate. URL: https://www.creativeapplications.net/resonate.
Ridgley, Sarah. *Asemic writing*. URL: https://sarahridgley.com/asemic-writing.
Ridgley, Sarah (2021). *Asemic Manuscript*. URL: https://glaem.com.

Right Click Save (2022a). *An Interview with Monica Rizzoli. Interview.* URL: https://www.rightclicksave.com/article/an-interview-with-monica-rizzoli.
Right Click Save (2022b). *On the New Evolution of Generative Art. Interview.* URL: https://www.rightclicksave.com/article/on-the-new-evolution-of-generative-art.
Right Click Save (2022c). *Shunsuke Takawo on Generative Art in Japan. Interview.* URL: https://www.rightclicksave.com/article/shunsuke-takawo-on-generative-art-in-japan.
Rodenbroeker, Tim (2022). *What is Creative Coding?* URL: https://timrodenbroeker.de/what-is-creative-coding/.
School of Poetic Computation. URL: https://sfpc.study.
Scientist, Evil Mad. *AxiDraw webpage.* URL: https://wiki.evilmadscientist.com/AxiDraw.
Something, Lia (2022). *Piulada. The term l·long form".* URL: https://twitter.com/liasomething/status/1579044819644522496.
Soria-Rodriguez, Marcelo. *Slowing down with... Anna Lucia. A short interview with artist Anna Lucia.* URL: https://www.iillucid.com/slowing-down-with-anna-lucia-codes.
Stable Diffusion (2022). URL: https://stablediffusionweb.com.
StevesMakerspace (2022). *Making Truchet Tiles in p5.js.* URL: https://www.youtube.com/watch?v=99Hr8lpWWSg.
Studio, Misha (2018). *Process(ing): Generative Irregular Grid.* URL: https://medium.com/@misha.studio/process-ing-generative-irregular-grid-8f0d712dfaa4.
Sun, Gorilla (2022). *All about that grain.* URL: https://www.fxhash.xyz/article/all-about-that-grain.
Sánchez-Chinchón, Antonio. *Fronkinstin. Experiments in R.* URL: https://fronkonstin.com.
Sónar. URL: https://sonar.es.
Termcat. Centre de terminologia. URL: https://www.termcat.cat/ca.
The Coding Train. URL: https://thecodingtrain.com.
The Responsive Eye. Exhibition at The Museum of Modern Art (1965). URL: www.moma.org/calendar/exhibitions/2914.
theVERSEverse webpage. URL: https://theverseverse.com.

Tiny Sketch Challenge for EYEO Festival (2019). URL: https://openprocessing.org/curation/59474.

Tiny Sketches a Twitter. URL: https://twitter.com/hashtag/%E3%81%A4%E3%81%B6%E3%82%84%E3%81%8DProcessing?src=hashtag_click.

Touch designer. URL: https://derivative.ca.

Universal rayhatcher (2023). URL: https://fxwho.xyz/fxhash/urh.

Vanhoutte, Frederik (2023). *Piulada. From my archives.* URL: https://twitter.com/wblut/status/1657078756052172800.

Vera Molnár. La Biennale di Venezia. Exposició The Milk of Dreams (2022). URL: https://www.labiennale.org/en/art/2022/milk-dreams/vera-moln%C3%A1r.

Vera Molnár: Variations. Exposició al Beall Center for Art + Technology (2022a). URL: https://beallcenter.uci.edu/exhibitions/vera-molnar-variations.

Vera Molnár: Variations. Exposició al Beall Center for Art + Technology (2022b). URL: https://www.arts.uci.edu/press-room/beall-center-vera-molnar-variations.

Verse. Exposició Generative Abstraction and Beyond PART III (2023). URL: https://verse.works/exhibitions/generative-abstraction-part-3.

VerticalCrypto Art. URL: https://www.verticalcrypto.art.

Victor Vasarely. The birth of Op Art. Thyssen-Bornemisza National Museum (2018). URL: https://www.museothyssen.org/en/exhibitions/victor-vasarely-birth-op-art.

Vilanova, Santi (2020a). *Forms - Screen Ensemble.* URL: https://www.newartfoundation.art/santi-vilanova.

Vilanova, Santi (2020b). *Forms - Screen Ensemble.* URL: https://www.playmodes.com/home/forms-screen-ensemble.

Viquipèdia. L'enciclopèdia lliure que tothom pot editar. URL: https://ca.wikipedia.org/wiki/Portada.

vvvv. URL: https://vvvv.org.

Waelder-Laso, Pau i Paloma G. Díaz (2019). *Crear amb codi*. UOC, Universitat Oberta de Catalunya. Recurs d'aprenentatge. URL: http://arts.recursos.uoc.edu/programacio-disseny-arts/2-1-que-es-la-programacio-creativa.

Wander, Lars (2023). *Piulada. How do you step from order into chaos?* URL: https://twitter.com/larswander/status/1664285463702806532.

Watz, Marius (2022). *Piulada. Materiality as texture and photo grain.* URL: https://twitter.com/mariuswatz/status/1533028543743016961.

Webster, Mark (2023b). *On Craft, Art & Programming.* URL: https://www.lerandom.art/editorial/on-craft-art-programming.

Webster, Mark (2023c). *Piulada. Sonya Rapoport Interview.* URL: https://twitter.com/motiondesign_01/status/1676886801229783040.

Wist, Dandelion (2021). *Trossets rarity guide.* URL: https://archipelago.art/collections/trossets?sort=rarity.

Works, Verse (2022). *Capturing nature, a Ballet Mécanique in the wild: Zancan in conversation with Tyler Hobbs. Interview.* URL: https://verse.works/journal/capturing-nature-a-ballet-mecanique-in-the-wild.

Zee, Peter van der. *JS1k: The JavaScript code golfing competition.* URL: https://js1k.com/about.

Projectgrafia

Brito, Darien (2023). *Quadrature*. URL: https://www.gmstudio.art/collections/quadrature.

Carreras, Anna (2017a). *Generative 3D Forms/Sounds*. URL: https://www.annacarreras.com/3d-forms-sounds.

Carreras, Anna (2017b). *Matriu Social*. URL: https://www.annacarreras.com/social-matrix.

Carreras, Anna (2022b). *TOPS-M*. URL: https://www.annacarreras.com/tops-m.

Carrión, Jorge, Taller Estampa i GPT-2 i 3 (2023). Ed. de Caja Negra Editora. Futuros próximos. 152 pàg. ISBN: 978-987-8272-00-9. URL: https://cajanegraeditora.com.ar/libros/los-campos-electromagneticos.

Cherniak, Dmitri. *Obres*. URL: https://makersplace.com/dmitricherniak/gallery/created.

Cherniak, Dmitri i Helena Sarin (2023). *gen2GAN*. Ed. de DLC Arts LLC. ISBN: 979-8-218-08636-7. URL: https://twitter.com/dmitricherniak/status/1646497860723126275.

Ciphrd (2021). *RGB Elementary Cellular Automaton*. URL: https://www.fxhash.xyz/generative/2.

DesLauriers, Matt (2023). *Meridian*. English. Ed. de Berlin Vetro Editions. 272 pàg. ISBN: 978-3-9821664-5-2. URL: https://vetroeditions.com/products/meridian.

Edelman, Emily (2023). *Cosmico*. URL: https://www.emilyedelman.com/art/cosmico.

Herzog, Leander (2021). *Returns*. URL: https://www.fxhash.xyz/generative/5011.

Herzog, Leander i Richard Nadler (2022). *Gerhard*. URL: https://www.fxhash.xyz/generative/17030.

Hiley-Mann, Anthony (2023). *Trichro-matic*. URL: https://www.mountvitruvius.art/projects/trichro-matic.
Hobbs, Tyler (2021a). *ArtBlocks. Curated Series 3. Fidenza*. URL: https://www.artblocks.io/project/78.
Hodgin, Robert a.k.a. Flight404 (2015). *Murmuration*. URL: https://roberthodgin.com/project/murmuration.
Jenson, Sage. *Physarum*. URL: https://cargocollective.com/sagejenson/physarum.
Jenson, Sage (2022). *Feral File. Exposició Primordium. 36 Points*. URL: https://feralfile.com/exhibitions/primordium-i8m.
Kane, Matt (2021). *ArtBlocks. Curated Series 5. Gazers*. URL: https://www.artblocks.io/project/215.
Kovach, Ben (2022). *The making of Inertia*. URL: https://bendotk.com/writing/the-making-of-inertia.
Lia. *Turux.at*. URL: https://www.liaworks.com/theprojects/turux-at.
Lieberman, Zach (2023). *Fragment pattern study*. URL: https://objkt.com/asset/hicetnunc/819334.
Man, Maya (2023). *I'm Feeling Lucky*. URL: https://verse.works/exhibitions/I-am-feeling-lucky.
Mapan, William (2022). *1935*. URL: https://www.artblocks.io/engine/fullyonchain/projects/0x0a1bbd57033f57e7b6743621b79fcb9eb2ce3676/25?section=details.
Pazos, Abe, Ran Ancor i Mei-Fang Liau (2017). *Ku the Void*. URL: https://hamoid.com/code/2017-ku-the-void.
Reas, Casey (2022). *ArtBlocks. Playground. CENTURY 2052*. URL: https://www.artblocks.io/project/369.
Reas, Casey (2023a). *923 Empty Rooms*. URL: https://www.brightmoments.io/923emptyrooms.
Reas, Casey (2023b). *METAVASARELY and An Empty Room. Exposició. LACMA*. URL: https://www.lacma.org/lab/project/casey-reas-metavasarely-and-empty-room.
Reas, Casey (2023c). *METAVASARELY. Lab. LACMA*. URL: https://www.lacma.org/lab/project/metavasarely.

Reas, Casey (2023d). *METAVASARELY. LACMA*. URL: https://www.lacma.org/metavasarely.
Ridgley, Sarah i Christian Bök (2022). *Fifty Days at Iliam*. URL: https://objkt.com/asset/KT1PUSRSM3PVXQpSQ7cJmof7rVuXrA1LmKaG/39.
Rikić, Mónica (2023). *Hipertèlia. Exposició a la Capella. Barcelona*. URL: https://www.lacapella.barcelona/ca/hipertelia.
Schmidt, Karsten (2022). *C-SCAPE*. URL: https://www.fxhash.xyz/generative/13992.
Schwittlick, Marcel (2023). *Composition #83*. URL: https://schwittlick.net/composition83.
Sommerer, Christa i Laurent Mignonneau (1993). *A-Volve. A real-time interactive environment*. URL: http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/CONCEPTS/A-VolveConcept.html.
Soria-Rodriguez, Marcelo (2023). *Ecologías*. URL: https://twitter.com/msoriaro/status/1688995830215348224.
Soria-Rodríguez, Marcelo (2022). *ArtBlocks. Curated Series 6. Entretiempos*. URL: https://www.artblocks.io/project/267.
Sànchez-Fibla, Martí (2015). *Teatronika*. URL: https://martisanchez.com/3-teatronika.
Sànchez-Fibla, Martí i Taller Estampa (2020). *Teatronika*. URL: https://tallerestampa.com/estampa/teatronika.
Vallejo, Juan Pedro (2022). *ArtBlocks. Factory. Interferences*. URL: https://www.artblocks.io/project/354.
Velitchkova, Iskra et al. (2021). *ExquisDraw*. URL: https://versum.xyz/token/versum/19948.
Webster, Mark (2023a). *Neural Drawings*. URL: https://verse.works/exhibitions/odysseys-mark-webster.
Whitney, John (1961). *Catalog*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=TbV7loKp69s.

Artistgrafia

Aguilar, Daniel a.k.a. Protozoo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.protozoo.xyz.
Akten, Memo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.memo.tv.
Albiac, Sergio. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.sergioalbiac.com.
Altayo, Daniel Armengol. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://armengol-altayo.com.
Armdz, Lolo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://armdz.com.
Bailey, Jason a.k.a. Artnome. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.artnome.com.
Benson, Andrew a.k.a. Pixlpa. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://pixlpa.com.
Bou, Xavi. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://xavibou.com.
Bremer, Nadieh. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.visualcinnamon.com.
Brito, Darien. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://darienbrito.com.
Caballero, Ana Maria. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://anamariacaballero.com.
Cage, John. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.johncage.org.
Canizares, Galo a.k.a. Itsgalo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.galocanizares.com.
Carrillo, Mario. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://marioecg.com.
Carrión, Jorge. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://jorgecarrion.me.
Carvalho, Rodrigo a.k.a. Visiophone. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://visiophone-lab.com.
Casadebaig, Pierre. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://art.casadebaig.net.
Ciphrd. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://ciphrd.com.
Connolly, Michael. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://michaelconnolly.work/still.

Contiero, Stefano. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://stefanocontiero.com.
Corral, Alba G. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://blog.albagcorral.com.
Crespo, Sofia. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://sofiacrespo.com.
Davis, Jeff. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.jeffgdavis.com/info.
Davis, Joshua a.k.a. Praystation. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://joshuadavis.com.
de Courville, Raphaël a.k.a. Sableraph. *Twitch*. URL: https://www.twitch.tv/sableraph/about.
Doodchild, Amy. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.amygoodchild.com.
E.C.H. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://eiichiishii.github.io/echweb.
Edelman, Emily. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.emilyedelman.com.
Estampa, Taller. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://tallerestampa.com.
Fry, Ben. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://benfry.com.
Gachadoat, Julien a.k.a. v3ga. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://v3ga.net.
Garcia, Juan Rodríguez. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.juanrg92.com.
Geer, Beer van. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.beervangeer.nl.
Gervás, Pablo. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://nil.fdi.ucm.es/?q=members/pablogervas.
Greweb. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://greweb.me.
Guljajeva, Varvara i Mar Canet. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://var-mar.info.
He, Licia. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.eyesofpanda.com.
Heeey. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://heeey.art.
Herzog, Leander. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://leanderherzog.ch.
Hiley-Mann, Anthony a.k.a. Mountvitruvius. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.mountvitruvius.art.
Hoff, Anders a.k.a. Inconvergent. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://inconvergent.net.
Ignac, Marcin. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://marcinignac.com/projects.
Ilithya. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.ilithya.rocks/about.
Ismahelio. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://ismahelio.com.
Iwamoto, Kalen. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://kalen-iwamoto.com.
Jaques, Jean a.k.a. Eko33. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.eko33.com.

Jawhari, Zaki a.k.a. Urbandrone. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://www.urbandrone-design.com.
Jenson, Sage. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://cargocollective.com/sagejenson.
Johnston, David a.k.a. Jhave. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://glia.ca.
Joler, Vladan. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://labs.rs.
Klingemann, Mario a.k.a. Quasimondo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://quasimondo.com.
Kogan, Gene. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://genekogan.com.
Kovach, Ben a.k.a. bendotk. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://bendotk.com.
Ledezma, Jorge a.k.a. zJorge. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://ledezma.art.
Lia. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.liaworks.com.
Lieberman, Zach. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://zach.li.
Man, Maya. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://mayaontheinter.net.
Mashiro, A. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://deca.art/A-Mashiro.
Mccarthy, Lauren Lee. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://lauren-mccarthy.com.
Merrill, James. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://lostpixels.io/art.
Moll, Joana. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.janavirgin.com.
Montfort, Nick. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://nickm.com.
Naon, Manolo Gamboa. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.behance.net/manoloide.
Nervous System. *Pàgina web de l'estudi d'artistes.* URL: https://n-e-r-v-o-u-s.com.
Okazz. *Sketchs de l'artista.* URL: https://openprocessing.org/user/128718?view=sketches&o=31.
Operator. *Pàgina web del duo.* URL: https://www.operator.la.
P1xelfool. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://p1xelfool.com.
Palazuelo, Pablo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.fundacionpablopalazuelo.es.
Parrish, Allison. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.decontextualize.com.
Parés, Roc. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://roc-pares.net.
Pasanen, Jenni. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.jennipasanen.com.
Pasin, Emanuele. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.pasin.io.
Pasma, Piter. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://piterpasma.nl.

Pazos-Solatie, Abe a.k.a. Hamoid. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://hamoid.com.
Penne, Aaron. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.aaronpenne.io.
Pibernat, Roger. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.rogerpibernat.com.
Playmodes. *Pàgina web de l'estudi d'artistes.* URL: https://www.playmodes.com.
Radisson, Lionel a.k.a. Makio135. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://makio135.com.
Rayner, Harvey a.k.a. Patterndotco. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://pattern.co.
Reas, Casey. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://reas.com.
Reyniers, Stefan a.k.a. Moodsoup. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://moodsoup.com.
Ridgley, Sarah. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://sarahridgley.com.
Ridler, Anna. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://annaridler.com.
Rikić, Mónica. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://monicarikic.com.
Rizzolli, Monica. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://contrast.parts.
Rozendaal, Rafaël. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.newrafael.com.
RVig. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://rvig.art.
Santamaria, Mario. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.mariosantamaria.net.
Sarin, Helena a.k.a. Neural Bricolage. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.neuralbricolage.com.
Schmidt, Karsten a.k.a. Toxi. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://toxi.co.uk.
Schwaller, Loïc a.k.a. Loackme. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://loack.me.
Schwittlick, Marcel. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://schwittlick.net.
Sebjanic, Robertina. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://robertina.net.
Sempere, Eusebio. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.eusebio-sempere.com.
Shunsuke, Takawo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://cenkhor.org.
Simons, Bart. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.bartsimons.com.
Sketch, Jeff a.k.a. Ippsketch. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://ippsketch.com.
Soler-Adillon, Joan. *Pàgina web de l'artista.* URL: http://en.joan.cat.
Soria-Rodriguez, Marcelo. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.iillucid.com.
Stark, Jen. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.jenstark.com.
Stiles, Sasha. *Pàgina web de l'artista.* URL: https://www.sashastiles.com.

Suarez-Barcena, Diego a.k.a. !ME. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://diegosuba.com.
Sun, Alida. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://alidasun.tumblr.com.
Tau, Ivona. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://ivonatau.com/ai-art.
Torre, Román. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.romantorre.net/v4.
Tresset, Patrick. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://patricktresset.com/new.
Turux. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://www.turux.org.
Uterwijk, Bas a.k.a. Ganbrood. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.katevassgalerie.com/ganbrood.
Vanhoutte, Frederik a.k.a. wblut. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://winterbloed.be.
Varisco, Grazia. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://www.archiviovarisco.it.
Velitchkova, Iskra a.k.a. Pointline. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://iskraovelitchkova.com/works.html.
Verde-Baqueiro, Marta. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://martaverde.net.
Vinyals, Felix. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://www.felixvinyals.com.
Volz, Marcus. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://marcusvolz.com.
Wander, Lars. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://larswander.com.
Watz, Marius. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://mariuswatz.com.
Webster, Mark. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://areafour.xyz.
Weil, Emily. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.studioemilyweil.com.
Wiederrecht, Melissa. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.melissawiederrecht.com.
Wilson, Mark. *Pàgina web de l'artista*. URL: http://mgwilson.com.
Wilson, Mark. *Web de l'artista dins la col·lecció Spalter Digital*. URL: https://spalterdigital.com/artists/mark-wilson.
Xenakis, Iannis. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.iannis-xenakis.org.
Xie, Emily. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://xie-emily.com.
Yard, Itzel a.k.a. Ix Shells. *Artist webpage at Unit London gallery*. URL: https://unitlondon.com/artists/ix-shells.
Zancan, Michaël. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://zancan.art.
Zumbrunn, Florian. *Pàgina web de l'artista*. URL: https://www.florianzumbrunn.com.

Tancament

Aquesta tesi s'acaba d'escriure avui, 25 d'octubre de 2023, a Barcelona.

S'ha escrit en LaTeX (*LaTeX. A document preparation system*), un llenguatge interpretat, que usa només text pla per al contingut, sense format ni disseny, i que formata el document en compilar-lo en base a certes instruccions i etiquetes –res a veure amb html. Una tesis sobre art algorítmic –art que s'escriu i es compila–, escrita amb un llenguatge que també es compila.

Tot el contingut es comparteix sota llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (*Llicència CC BY-NC-SA 4.0*).

I les imatges i fotos d'aquest document es reprodueixen acollint-se al dret de citació o ressenya (art. 32 de la LPI). Són propietat dels seus autors i si no se n'especifica l'autoria a peu d'imatge són imatges de l'autora, Anna Carreras, sota llicència CC BY-NC-SA 4.0.

Agraïments

Per a totes i tots els que heu acompanyat i patit aquesta recerca i tesi. A les tutores per la paciència i la feinada. A la Nat per apretar-me i deixar-me el temps i les nits per a que fos possible acabar-la. A les companyes de doctorat per les batalles compartides. Als companys de temps llunyans amb qui vaig encetar recerques i una tesi que no vaig acabar mai. I finalment a les amistats artistes. A tota aquesta comunitat a la que tinc sort de pertànyer, amb qui tant aprenc i tant comparteixo.

TESI DOCTORAL

La pràctica artística d'aquesta tesi, l'art generatiu, usa instruccions de codi informàtic i algoritmes per crear obres d'art. S'imaginen i construeixen sistemes –formats per elements gràfics amb certs comportaments i afegint una mica d'atzar– que dibuixen les obres, que les generen. El sistema pot ser complex o en pot emergir certa complexitat en posar-lo en funcionament, en executar-lo. ¿Com poden emergir comportaments complexos d'instruccions determinades i repetitives d'un ordinador? ¿Dibuixar-ho ens pot ajudar a entendre la complexitat en què vivim i que ens trobem?

L'art generatiu actual és hereu de les noves avantguardes del s. XX, de l'art abstracte i del conceptual. Els artistes contemporanis dialoguen, en aquest text, amb els pioners de l'art generatiu dels anys 60. I es reflexiona i descriuen pràctiques artístiques i noves maneres de crear, degut a l'aparició del web3, l'art generatiu de serie llarga i les noves galeries d'art digital. En aquest escenari la complexitat queda més acotada al sistema generatiu i depèn menys de la curadoria de l'artista, de manera que la recerca entorn als sistemes complexos i els algoritmes cobra cert pes.

El marc habitual de l'art generatiu ubica la complexitat en un continu que va entre l'ordre i el desordre. En aquesta investigació basada en la pràctica artística es proposa un marc nou. Cadascun dels projectes explor una característica dels sistemes complexos per a destil·lar-ne, mica en mica, certs coneixements. Es presenten 5 projectes que sostenen la recerca: *L'algorisme despullat* que qüestiona la interacció amb l'entorn, *Trossets* explora la diversitat, *Ganxillo* afegeix el dinamisme i la repetició, *Estratosfèric* accentua i observa el soroll, i *Discs* emfatitza la interacció entre individus. Paral·lelament es posa en relleu com la pràctica artística amb codi presenta un enfoc escaient, original i una mirada única per a l'estudi de la complexitat.

paraules clau: art generatiu, complexitat, algoritme, sistemes complexos.

BAU, CENTRE UNIVERSITARI D'ARTS I DISSENY DE BARCELONA | Unitat de Doctorat | ESCOLA DE DOCTORAT UVIC·UCC