

# **Impacte de les tecnologies de fabricació additiva en els processos creatius**

**Ariadna Fabregas Domingo**

**Tutors: Tània Costa i Oriol Ventura  
Màster Universitari de Recerca en Art i Disseny  
Curs 2014/2015**



**EINA Centre Universitari  
de Disseny i Art de Barcelona.  
Adscrit a la UAB**

# **IMPACTE DE LES TECNOLOGIES DE FABRICACIÓ ADDITIVA EN ELS PROCESSOS CREATIUS**

**Ariadna Fabregas Domingo**  
**Master Universitari de Recerca en Art i Disseny**  
**Escola Eina-UAB, Setembre 2015**

# IMPACTE DE LES TECNOLOGIES DE FABRICACIÓ ADDITIVA EN ELS PROCESSOS CREATIUS

**Ariadna Fàbregas Domingo**

*Escola Eina-Universitat Autònoma de Barcelona*

*Master Universitari de Recerca en Art i Disseny*

*arifabregas75@gmail.es*

## **Abstract**

*Las tecnologías de fabricación aditiva son nuevos medios digitales que las disciplinas creativas están empezando a utilizar de una manera cada vez más normalizada. En esta investigación se analizan las transformaciones que se dan en los procesos creativos a través de los diferentes usos que hacen de estas tecnologías.*

*El arte, el diseño y la arquitectura utilizan las tecnologías como herramientas de representación, mediadores entre el pensamiento y la acción creadora. La impresión 3d tiene una doble naturaleza que condiciona la manera de pensar el proyecto: cómo instrumento solo se puede pensar por mediación del software y teniendo en cuenta los constreñimientos del hardware y como medio cultural dialoga con el contexto y resignifica el mundo artificial. Poner en uso la tecnología también significa transformarla. Des de las diferentes disciplinas creativas se hacen usos poco convencionales, adaptándola a diferentes necesidades i conceptualizaciones que conducen a cambios de formatos y innovación técnica.*

*Les tecnologies de fabricació additiva són uns nous mitjans digitals que les disciplines creatives estan començant a utilitzar d'una forma cada vegada més normalitzada. Aquest treball de recerca analitza les transformacions que es donen en els processos creatius a través dels diferents usos que fan d'aquestes tecnologies.*

*L'art, el disseny i l'arquitectura utilitzen les tecnologies com a eines de representació, que fan de mediadores entre el pensament i l'acció creadora. La impressió 3d té una doble naturalesa que condiciona la manera de pensar el projecte: com a mitjà instrumental només es pot pensar per mediació del software i tenint en compte els constreñiments físics del hardware i com a mitjà cultural dialoga amb el context i resignifica el món artificial.*

*Posar en ús la tecnologia també significa transformar-la. Des de les diferents disciplines creatives es fan usos poc convencionals de la tecnologia, adaptant-la a diferents necessitats i conceptualitzacions que condueixen a canvis de formats i innovació tècnica.*

**Keywords**

*Tecnologías de fabricación aditiva, impresión 3d, proceso creativo, tecnología digital, proyecto*

*Tecnologies de fabricació additiva, impressió 3d, procés creatiu, tecnologia digital, projecte*

## Índex

1. Introducció
2. La impressió 3d com a mitjà cultural
  - 2.1 Origen i desenvolupament de la impressió 3d
  - 2.2 La impressió 3d com a tecnologia de fabricació digital
  - 2.3 La impressió 3d com a instrument tècnic
3. El lloc de la impressió 3d dins del procés creatiu
4. Usos de la impressió 3d dins del procés creatiu
  - 4.1 El llenguatge del software
    - 4.1.1 Esculpir la matèria digitalment
    - 4.1.2 Sistemes paramètrics
    - 4.1.3 Llenguatges i entorns de programació de dibuix generatiu
    - 4.1.4 Dispositius digitals que recullen dades del món físic
  - 4.2 El software com a eina per a la “postproducció”
  - 4.3 El Hardware com a constrenyiment
    - 4.3.1 Les Possibilitats constructives d’una màquina d’extrusió monofilament
    - 4.3.2 Les Possibilitats expressives d’una màquina d’extrusió monofilament
    - 4.3.3 Nous formats de hardware i nous materials per l’arquitectura
  - 4.4 Processos híbrids. Una aproximació al procés creatiu de Jo Mildne: *Investigació en la creació de models proto-còsmics*
5. Conclusions finals

## 1. Introducció

El tema d'aquest treball de recerca gira al voltant de les tecnologies de fabricació additives. Aquestes tecnologies van aparèixer als anys '80 com a recolzament a la indústria de producció massiva i, des d'aleshores, han evolucionat i el seu ús s'ha diversificat. Popularment coneguda com "impressió 3d", actualment, és una tecnologia per a fabricar prototips funcionals a gran velocitat (*Rapid Prototyping*) i també una tecnologia de fabricació de productes acabats (*Rapid Manufacturing*).

La impressió 3d forma part del grup de tecnologies de fabricació digital, que són totes aquelles eines de manufactura que tradueixen la informació digital subministrada per un ordinador a ordres de fabricació. En la fabricació digital hi conflueix el poder físic de la màquina amb la capacitat de la computació, fent possible una sèrie de productes amb unes característiques completament noves i específiques.

Com a tecnologia, la impressió 3d és prou flexible per adaptar-se a totes aquelles disciplines que tenen la necessitat de produir volumetria. Des de les enginyeries es fan les adaptacions i es desenvolupen els instruments necessaris perquè la medicina, la biologia, la cuina, l'art, l'arquitectura o el disseny trobin en la impressió 3d un mitjà de producció adequat.

Aquest treball de recerca es proposa investigar la influència que està tenint la impressió 3d en les disciplines creatives. L'art, el disseny i l'arquitectura treballen amb la impressió 3d des de principis del segle XXI. Com que és una eina amb unes característiques noves, parteixo de la hipòtesis que la impressió 3d, com a mitjà, ha introduït elements nous en la manera de pensar el projecte creatiu.

### Justificació de la recerca

Com a docent a l'escola *Eina, Centre Universitari de Disseny i Art*, treballo en assignatures que tenen a veure amb sistemes de representació volumètrica i en assignatures de tecnologia de disseny de producte. Així que tracto temes que tenen a veure amb representació i amb fabricació. Pel que fa a la representació, el meu objectiu és ensenyar a utilitzar la representació com una eina auxiliar de l'intel·lecte que ajuda a desenvolupar idees i a donar forma. Pel que fa a la fabricació, l'objectiu és pensar el projecte des de la perspectiva de les possibilitats i els constreïments de la tecnologia amb la qual s'ha de fabricar. La representació és una manera de pensar el projecte i la fabricació la manera com aquest es manifesta físicament.

Si amb la impressió 3d es poden fabricar prototips i es poden fabricar objectes acabats, llavors, és una eina de representació i una tecnologia de fabricació. L'objectiu d'aquesta recerca és definir quines són les característiques específiques de la impressió 3d, per descobrir de quina manera opera dins els processos de creació del nostre món artificial.

### Objectius i metodologia

L'objectiu de la recerca és definir la impressió 3d com a mitjà a través dels usos que hi fan les disciplines creatives. Es tracta d'analitzar com aquest ús afecta a la manera de pensar el projecte creatiu i com es transforma, alhora, el mateix mitjà.

El treball parteix de la definició de la impressió 3d com a mitjà. El mitjà s'entén des d'una perspectiva instrumental i des d'una perspectiva cultural: com a eina física que conforma la matèria i com a resultat d'un context cultural que té la capacitat de crear-lo, però també de transformar-se per efecte del mateix mitjà.

Al capítol 3, i sobre les bases teòriques de Nigel Cross, es fa una definició molt genèrica de procés creatiu. S'entén que el pensament creatiu, com a "*design thinking*", és una branca particular de les ciències humanes que comparteixen totes aquelles disciplines que creen el món artificial: art, disseny i arquitectura. Els mitjans de representació juguen un paper molt

important dins del procés creatiu. S'ha de descriure quin tipus de mitjà és la impressió 3d i com es relaciona amb el pensament associat al projecte.

En el capítol 4 de la recerca es recullen una sèrie d'estudis de cas i exemples extrets de llibres i online que utilitzen la impressió 3d seguint els següents criteris:

1. La impressió 3d com a instrument de representació i fabricació, observar els seus límits per anar més enllà. La impressió digital té una doble naturalesa, el software i el hardware, que són la condició de possibilitat de l'existència física d'uns productes amb una morfologia condicionada pel llenguatge de representació del software i pel constrenyiment físic del hardware.
2. La impressió 3d com a mitjà cultural, dialogar amb el context a través del mitjà que el construeix. La lògica del mitjà digital encaixa amb altres paradigmes estètics: la "postproducció" com a eina de resignificació de la cultura.

Al capítol 5 es mostra l'estudi de cas més complert de la recerca. L'artista Jo Milne, establerta a Barcelona, fa més de dos anys que porta a terme un treball on barreja les tecnologies digitals amb les tecnologies analògiques tradicionals de les arts visuals. A través d'un ús molt poc convencional de la impressió 3d aconsegueix establir un diàleg molt particular entre la representació interna del seu món i la representació pictòrica del mateix.

## **2. La impressió 3d com a mitjà cultural**

Percebem i construïm el món per mediació d'instruments, d'eines, de suports, de processos. La perspectiva renaixentista era un procés tècnic a través del qual es construïen les imatges i, alhora, la manera com l'home del renaixement percebia i entenia el món. El cinema va trencar amb la convenció de la perspectiva que ho ordenava tot en relació a l'ull de l'observador i creava imatges fixes. La càmera mostrava que el concepte de temps que passa és inseparable de l'experiència visual; el que es veu és quelcom relatiu que depèn de la nostra posició en el temps i en l'espai.

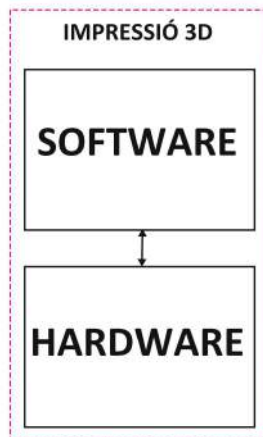
Tots els moments de la història han tingut les seves pròpies formes culturals com elements vehiculars del pensament i l'acció creadora. Els llibres, el cinema, la radio, la televisió són tecnologies que fan de mediadores entre el coneixement col·lectiu i l'individual, conformen l'individu i la societat.

Les característiques de cada mitjà modela la manera de pensar i actuar, però, alhora, aquestes maneres també poden modificar el mitjà i els seus formats. Cada mitjà implica un reforçament de l'audició o el desplaçament de la memòria visual per la imatge en moviment; cada un d'aquests mitjans té un llenguatge propi que altera els processos de pensament implicats en el seu ús.

Actualment, el suport informàtic, tal com remarca Carmen Pardo està acompanyat d'una transformació del propi llenguatge escrit: *La posibilidad de insertar nuevo material, de extraer y pegar, que ofrece el soporte digital hace del texto escrito una superficie en movimiento y produce una plasticidad del pensamiento que no se debe obviar. Estas posibilidades, habían sido exploradas por la experimentación literaria. Lo que resulta innovador, es su extensión a un público más amplio, y el hecho importante de que pase de ser objeto de experimentación a ser una práctica común* (Pardo 2009:112).

Lev Manovich, amplia la observació de Carmen Pardo sobre els canvis que ha generat el suport digital sobre el llenguatge escrit a la resta d'àrees de la societat contemporània, *El software se ha convertido en nuestra interface con el mundo, con los demás, con nuestra memoria y nuestra imaginación: un lenguaje universal que el mundo emplea para hablar y un motor universal que propulsa el mundo. Lo que representaron la electricidad y el motor de combustión para los primeros años del siglo XX es hoy el software para los primeros años del XXI* (Manovich 2013:16,17).

La “impressió 3d” és el nom col·loquial que s'utilitza per anomenar al grup de tecnologies que fabriquen objectes sòlids tridimensionals capa a capa a partir d'informació digital. Al contrari de les tecnologies tradicionals sostractives que tallen, deformen i desbasten, la impressió 3d construeix les peces per addició de material. Forma part del grup de tecnologies digitals, que són aquelles que necessiten d'un software que com a mediador entre la part física de la tecnologia i les idees dels objectes que s'han de fabricar. Les nostres idees només es poden imprimir si els hi donem forma digital a través d'un software de dibuix.



Esquema 1. La forma de la impressió 3d com a mitjà es compon de hardware i software.

La impressió 3d és tecnologia física (hardware) i tecnologia digital (software). Alhora d'investigar la influència de la impressió 3d sobre els processos creatius s'ha de tenir en compte, per una banda, de quina manera el llenguatge del software afecta els processos de pensament i, per l'altra, com hi incideixen els condicionants físics de la tecnologia, el format del hardware.

A més de la influència que té la forma del mitjà en la manera de pensar, (los medios) *son resultado y a la vez sujetos de una cultura y de los discursos que la acompañan. Estas tecnologías aportan formas de actuar y de pensar y, a su vez, las reproducen en sus usuarios. En consecuencia, plantear (los medios) como una herramienta es querer obviar su potencial y las transformaciones que provocan allí donde se implantan* (Pardo 2009:69). La tecnologia no és un instrument neutre, sinó que en el seu context cultural de naixement es donen les condicions de possibilitats de la seva existència i, alhora, els usos que se'n fan transformen el mateix context. Des de la perspectiva dels processos creatius el context és, alhora, el marc dins del qual es pensa el projecte i des d'on es força el marc, s'eixampla i es reconfigura. La tecnologia d'impressió 3d s'ha de pensar com a mitjà instrumental (software i hardware) i com a mitjà cultural (lligat a la cultura digital que neix als anys '80)

## 2.1 Origen i desenvolupament de la impressió 3d

El 1984 Chuck Hull, ingenier nord-americà, va patentar un procés de fabricació que va anomenar estereolitografia (STL). El concepte d'aquest procés es basava en la idea d'utilitzar polímers fotosensibles (plàstics líquids que se solidifiquen quan entren en contacte amb la llum ultra violeta) per a fabricar objectes tridimensionals capa a capa a partir d'informació proporcionada per un software d'ordinador. El 1986 Chuck Hull va crear l'Empresa 3D Systems i el prototipat ràpid (*Rapid Prototyping*) es va convertir en realitat comercial.

En aquella mateixa època, Carl Deckard i Jo Beaman de la Universitat de Texas a Austin, estaven desenvolupant un altre mètode d'impressió en tres dimensions, el Sinteritzat Làser (Selective Laser Sintering, SLS). Aquest procés es basava en l'ús d'un làser d'alta potència per fusionar petites partícules de plàstic, metall, ceràmica o pols de vidre en formes tridimensionals. Al 1988 la universitat cofunda *DTM Corporate*, on es comença a treballar amb



el disseny i construcció de la màquina. La primera impressora SLS va estar disponible l'any 1992.

La tecnologia de Modelatge per deposició fosa (FDM) va ser inventada l'any 1988 per Scott Crump. Un any més tard va fundar l'empresa *Stratasys*, que va treure al mercat la primera màquina FDM al 1992.

L'Institut Tecnològic de Massachusetts va ser el següent a patentar una nova tecnologia i també el terme "impressió 3d". Jim Bredt i Tim Anderson, dos estudiants de postgrau, van modificar una impressora d'injecció de tinta per subministrar un fluid adherent sobre un llit de pols, en comptes d'utilitzar làser o calor. La impressora tridimensional 3DP va ser patentada pel MIT l'any 1993. Al 1995, Bredt i Anderson van fundar *Z Corporation*, quedant-se amb la llicència en exclusiva.

Durant els primers anys de l'aparició de la impressió 3d, només les grans companyies de la indústria podien accedir-hi; la utilitzaven per a fer prototips a gran velocitat i amb una significativa reducció de costos de fabricació. El 1990, es va començar a utilitzar la fabricació additiva per obtenir models per a processos de foneria (*Rapid Casting*). El 1995 s'utilitzava per fabricar motlles d'injecció (*Rapid tooling*) i, a l'any 2000, es comencen a fabricar els primers productes comercials amb 3d (*Rapid Manufacturing*). A partir d'aquí, el desenvolupament va ser molt ràpid.

Entre 1984 i el 2011 es van vendre 45.000 impressores a tot el món i només el 2012 es van vendre el mateix nombre d'unitats.

Tot i que fa 30 anys que existeix, la impressió 3d s'ha estès àmpliament en els últims cinc anys (2010-2015). Les raons d'aquesta expansió s'expliquen en el document *Estado actual y perspectivas de la impressió 3d* que la Direcció General d'Indústria va publicar l'any 2014:

- Expiació de les patents que protegien algunes tecnologies de fabricació additiva. Això va permetre l'entrada al mercat d'universitats i empreses petites fabricant i comercialitzant impressores personals econòmicament assequibles.
- Gran treball de màrqueting que estan realitzant les empreses líders a escala mundial.
- Les aplicacions inesperades que han permès aquestes tecnologies.
- Disponibilitat de nous materials amb més funcions i prestacions.
- La difusió que ha permès internet.

## **2.2 La impressió 3d com a tecnologia de fabricació digital**

La impressió 3d forma part del grup de tecnologies que s'agrupen sota el nom "tecnologies de fabricació digital". La fabricació digital és un conjunt d'eines i metodologies que permeten fabricar objectes materials mitjançant l'ús d'equips controlats per computadora. Aquesta tecnologia es basa en la convergència de les practiques CAD (disseny assistit per ordinador) i CAM (producció assistida per ordinador), i l'abaratiment del software i el hardware amb maquinaria de CNC (control numèric per ordinador).

Són tecnologies de fabricació digitals: talladores làser, fresadores de control numèric, braços robòtics i impressores 3d, entre altres. Els processos de fabricació digital també s'anomenen F2F (*File to Factory*). Aquesta expressió descriu la relació directa entre els arxius digitals i la fabricació d'elements, sense la intervenció de dibuixos en paper o altres tipus de mediacions manuals.

Les tecnologies digitals tenen el seu origen en els anys '50 del s.XX, quan van convergir les tecnologies de computació i les màquines de control numèric. A partir dels anys '70 es van abaratir els ordinadors, es va desenvolupar el software de disseny assistit per ordinador i es van integrar hardware i software amb màquines de control numèric. Així, es consoliden les practiques CAD/CAE/CAM (Computer Assisted Design/Computer Assisted

Engineering/ComputerAssisted Manufacturing), sobretot en enginyeria. A partir dels anys '90 comencen a aplicar-se les practiques (CAD/CAE/CAM) en arquitectura i edificació.

El primer projecte de fabricació digital el van fer Frank Gehry i Associats a Barcelona, l'any 1992, i a Bilbao, entre l'any '92 i '97. El primer va ser una obra d'art públic en forma de peix a la Vila Olímpica i el segon el Museu Guggenheim. Progressivament, aquestes tecnologies s'han anat fent accessibles per la reducció de costos i la difusió d'internet a principis de la dècada del 2000.

### **El paper d'internet en l'evolució de la tecnologia digital**

Quan internet va irrompre en la nostra cultura l'usuari era un subjecte passiu que rebia informació o la publicava, però amb l'evolució a la Web 2.0<sup>1</sup> l'usuari es transforma en un subjecte actiu que pot interaccionar amb la resta d'usuaris o aportar continguts que enriqueixen l'experiència de navegació. Aquest canvi de distribució a circulació de continguts senyala un moviment cap a un model més participatiu de cultura on l'usuari ja no és un consumidor de missatges prefabricats, sinó que es converteix en agent actiu que dona forma, comparteix, re contextualitza i barreja continguts de diverses maneres. I això ho fa en amplies comunitats i xarxes, servint als seus propis interessos.

Aquest nou model de cultura ha generat per la tecnologia digital i les xarxes socials revoluciona els processos de creació, mediació, distribució i consum d'informació i coneixement en tots els àmbits de la cultura.

La cultura en xarxa a fet possible l'aparició de Wikipedia, el conjunt de llicències Creative Commons, Open Notebook Science, Open Data, entre altres, que són exemples de projectes i moviments que promouen l'aplicació de principis sorgits a partir del moviment de software lliure de codi obert<sup>2</sup> que parteix de la idea de que la creativitat, i la societat en general, es beneficien de las vies de comunicació obertes i de la transmissió lliure d'informació.

A la segona meitat de la dècada del 2000, s'observa una expansió de les pràctiques del software lliure cap al món tangible gràcies, en part, a l'aparició de projectes de hardware lliure<sup>3</sup> com Arduino<sup>4</sup> i els seus derivats, que popularitzen l'electrònica creativa i generen grans comunitats de *makers*<sup>5</sup> que comparteixen tècniques, programes i projectes.

Una de les conseqüències del desenvolupament de la fabricació digital oberta va ser la creació d'impressores 3d de sobretaula de baix cost amb la idea d'introduir la tecnologia dins l'àmbit domèstic i promoure la fabricació personal.

Les transformacions que ha generat internet han afectat a les institucions que tradicionalment han sostingut i canalitzat la generació i distribució del coneixement, així com a la indústria i al món de l'empresa, que s'han adaptat i han trobat noves formes de ser. A més d'aquestes transformacions, han aparegut nous espais culturals que es defineixen amb el nom de

---

<sup>1</sup> La Web 2.0 està formada per les plataformes de publicació de continguts, com Blogger, les reds socials,

<sup>2</sup> Open Source és la filosofia basada en la lliure utilització i modificació del còdi font, de manera que qualsevol usuari pugui accedir al contingut o fer-ne us de forma lliure.

Disponible a <http://opensource.org/osd>.

<sup>3</sup> Hardware de Fonts obertes (OSHW) és aquell hardware el disseny del qual està disponible públicament perquè qualsevol persona el pugui estudiar, modificar, distribuir, materialitzar i vendre, tant l'original com altres objectes basats en aquest disseny.

Disponible a <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>, 2014.

<sup>4</sup> **Arduino** és una plataforma de hardware lliure basada en una placa amb un microcontrolador i un entorn de desenvolupament, dissenyat per a facilitar l'ús de l'electrònica en projectes multidisciplinaris.

<sup>5</sup> La cultura maker es una tendència cultural o subcultura que és com una extensió digital del *Do it yourself*.

Els interessos dels makers estan entorn de l'electrònica, la robòtica, la fabricació digital i les tècniques analògiques de fabricació tradicional. Estan molt focalitzades en crear entorns d'aprenentatge i creació col.laborativa i es fonamenten en els principis de la lliure circulació de la informació.

*laboratoris* i que tenen com a objectiu generar contextos de trobada, reflexió i experimentació col·lectiva i on els usuaris poden fer servir les noves eines digitals.

Actualment, la fabricació digital és un mitjà que s'està consolidant gràcies a quatre canals: la indústria, els centres educatius, els *Fablabs* (laboratoris de fabricació) i l'àmbit domèstic. Aquests canals s'exterioritzen a través de diferents models de fabricació: post industrial, personal i comunitària.

	Fabricació Post industrial	Fabricació Personal	Fabricació Comunitària
Indústria	<b>X</b>	<b>X</b>	
Centres Educatius	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
FabLabs			<b>X</b>
Àmbit Domèstic		<b>X</b>	

Taula 1. Correspondència entre canals de consolidació de la impressió 3d i els nous models de fabricació.

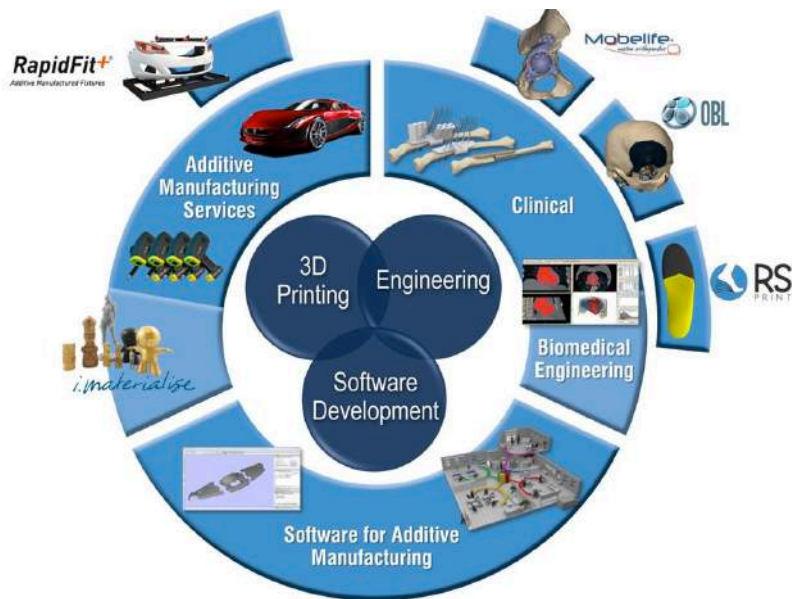
Tal i com s'expressa en aquest quadre, la indústria de consum massiu, a través de la impressió 3d, troba els seus canals d'expansió en la fabricació de consum massiu, però també ha aconseguit introduir-se en la fabricació personal i la fabricació comunitària: fabrica maquinària de format domèstic, crea plataformes per a compartir material imprimible, etc. Els centres educatius, treballen per a generar coneixement i desenvolupen tecnologia, sense tenir com a objectiu principal el benefici econòmic, així que les seves activitats es mouen entorn totes les àrees de la fabricació digital. Els *Fablabs* estan orientats a la fabricació i suport de la comunitat i l'àmbit domèstic a la fabricació personal.

### La fabricació postindustrial

La lògica de la indústria és adaptar la tecnologia als seus interessos econòmics. Les primeres màquines d'impressió 3d estaven orientades a la indústria de producció massiva, primer com a eines de prototipatge i després per obtenir models i motlles per a la indústria de la foneria i del plàstic. L'objectiu de les primeres màquines era reduir costos i temps en els processos de fabricació industrial.

A partir de l'any 2000 la tecnologia estava prou desenvolupada per començar a produir les primeres peces de consum impreses en 3d. Actualment, la indústria del *Ràpid Manufacturing*, així com la indústria d'impressió 3d que dona suport a la indústria de fabricació a gran escala està àmpliament desenvolupada i en creixement positiu, però la revolució digital a originat un canvi de model productiu. Per una banda, la fabricació post industrial fa possible la fabricació de productes en quantitats programades que no són tan massives com la producció en sèrie i que atenen a demandes que abans era impossible de satisfer i, per altra banda, modificant el software que regula la màquina, es poden realitzar modificacions en els productes i personalitzar-los. Amb aquestes possibilitats, la fabricació 3d no competeix amb la fabricació industrial tradicional, sinó que troba els seus propis espais dins del mercat: el món del luxe, la indústria aeroespacial, esports d'alta competició, biomedicina, odontologia i tots aquells sectors que necessiten peces úniques i personalitzades.

Una empresa que es dedica a la impressió 3d, a més, no només fabrica producte per encàrrec, sinó que acostuma a tenir un departament de desenvolupament de software i un altre de desenvolupament de producte. L'empresa belga *Materialise*, per exemple, orientada al món de la biomedicina, mostra els seus serveis d'impressió 3d a través d'aquest gràfic:



Esquema 2. Empresa *Materialise*. Imatge extreta de [materialise.com](http://materialise.com)

1. Departament de desenvolupament de software per desenvolupar productes a mida dels pacients
2. Departament d'enginyeria per donar suport a la indústria en general.
3. Servei d'impressió 3d per encàrrec i catàleg de productes propis.

Un altra exemple de nou model d'empresa originat per les noves tecnologies de fabricació és *Factum Arte*, una empresa ubicada a Madrid formada per un equip d'artistes, tècnics i conservadors dedicats a la mediació digital: produeixen obres d'art, per encàrrec dels artistes, i es dediquen a la conservació d'obres donant servei als museus i institucions culturals. La pròpia empresa dissenya i fabrica les seves pròpies eines de treball digital: un escàner 3d i un software 3d que permet retocar les tombes del *Vall dels Reis*, a Egipte; una impressora 3d que imprimeix ciment des d'arxius .stl, un sistema de registre de manuscrits fràgils i llibres que estan oberts a 90º o menys utilitzat a la Biblioteca Nacional de Madrid, etc. Treballen cada projecte de forma individual i construeixen les eines necessàries.

### La fabricació Personal

La Fabricació personal es planteja un escenari de futur per a la fabricació que s'allibera de les relacions tradicionals entre disseny, enginyeria i indústria. Es parteix de la idea que de la mateixa manera que durant els anys '70 i '80 va haver la transició dels ordinadors centrals (*mainframes*) als ordinadors personals, hi ha d'haver també una evolució paral·lela amb els hardwares de fabricació.

A partir de l'any 2006 van convergir les condicions necessàries perquè s'assentessin les bases de la fabricació personal:

1. El 2005, el professor Adrian Bowyer, engega el projecte *RepRap* a la universitat anglesa de Bah. El seu objectiu era crear una impressora 3d de baix cost que es pogués autorrepliar (que pogués imprimir els seus propis components per a crear una altra impressora igual)
  2. En aquell mateix moment a Itàlia, apareix el projecte Arduino, un microcontrolador barat i un entorn de desenvolupament compatible amb qualsevol sistema operatiu.
- RepRap va incorporar Arduino i el 2008 va néixer el model RepRap 1.0, *Darwin*.

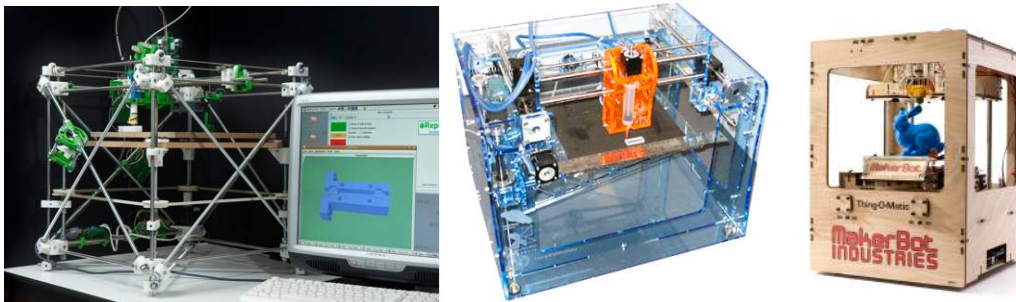


Fig1. RepRap1.0, Darwin. 2008; Fab@Home Model 1, 2006; El primer model Makerbot

De forma paral·lela, el professor Hod Lipson i el seu alumne Evan Malone, de la universitat nord americana de Cornell, funden Fab@Home, un projecte inspirat en l'ordinador Altair 8800, que va desencadenar la revolució de la informàtica domèstica. Va ser el primer ordinador de baix cost obert a la comunitat *haker*. El repte de Fab@Home va ser el de generar el mateix efecte en l'àmbit de la impressió 3d, propiciant el hardware obert. El 2006 va sortir el seu primer model.

Aprofitant els avenços de RepRap, a l'any 2009 apareix *Makerbot Industries* amb la idea de posar a l'abast de tothom un kit d'impressora 3d que pogués ser muntat per qualsevol. La idea era que si un mateix muntava la seva pròpia màquina la coneixia i era capaç d'arreglar-la, modificar-la, fer-la evolucionar, etc.

Les impressores *Makerbot* van ser de hardware obert fins l'estiu de 2012, que van decidir tancar el disseny de la seva nova impressora *Replicator 2*. Això va generar molt malestar dins la comunitat de desenvolupadors, doncs part de la tecnologia de les seves màquines s'havia desenvolupat de forma oberta per persones que no tenien res a veure amb l'empresa.

L'objectiu actual d'aquesta empresa és absolutament comercial, ja no es tracta que la gent trastegi, sinó que es vol impulsar que el consumidor mig tingui una impressora a casa.

L'empresa també ofereix tot tipus de serveis relacionats amb la fabricació personal: màquines 3d de sobretaula, escàners per poder reproduir objectes reals, apps i la plataforma *Thingiverse*, una web d'arxius de dibuix imprimibles, alguns gratuïts i altres de pagament.

### La Fabricació Comunitària

Des d'una visió comunitària i constructivista del coneixement i des de la intensió de posar a l'abast de la col·lectivitat la fabricació digital com a eina per solucionar problemàtiques locals apareixen, a principis del l'any 2000, els primers FabLabs, els laboratoris de fabricació comunitària.

Els Fablabs són *espacios de producción de objetos físicos a escala personal o local que agrupa máquinas controladas por ordenadores. Su particularidad reside en su tamaño y en su fuerte vinculación con la sociedad (Wikipedia)*.

El primer FabLab va néixer l'any 2000 a Center for Bits and Atoms (CBA) del Massachussets Institute of Technology (MIT). Neix de la col·laboració entre Grassroots Invention Group i el CBA, les investigacions dels quals giren al voltant de la relació que s'estableix entre el contingut de la informació i la seva representació física i l'apoderament de les comunitats gràcies a una tecnologia de base.

Al 2002 apareixen els primers FabLabs a la Índia, Costa Rica, Noruega, Boston i Ghana com a unitat de producció local. Actualment, hi ha FabLabs repartits per quasi totes les ciutats del món. Són espais d'experimentació en el camp de la producció que s'integren en els contextos locals on s'ubiquen. Tenen una gran diversitat d'objectius, des d'espais per a l'experimentació artística a centres de desenvolupament de solucions a conflictes socials, de salut o mediambientals locals. Tots tenen una vessant educativa i s'esforcen per la formació dels usuaris de la seva comunitat, alhora que esperen que aquests facin créixer el coneixement amb les seves pràctiques.

El FabLab de Barcelona, per exemple, és part de l'Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya (IAAC) i suporta diferents programes d'educació i recerca vinculats a l'hàbitat humà. En el MIT FabLab, per posar altres exemples, va engegar un projecte a Pakistan, Afghanistan i Kenya per ensenyar a fer un DIY (Do it yourself) sistema *wireless* d'internet amb materials reciclats. A l'Índia i a altres laboratoris rurals, s'ha desenvolupat un sistema de monitorització i detecció per allunyar les vaques, les cabres i els gossos dels camps i les conques de recepció d'aigua o un sistema magnètic de filtració d'aigua, una solució de baix cost per a la xarxa de clavegueres per a comunitats sense instal·lacions sanitàries.

Els fablabs són centres amb objectius, projectes, i models diversos, segons les necessitats i contextos, però tots tenen la voluntat de potenciar el desenvolupament econòmic de la zona, transmetre i generar coneixement i innovació.

Al llarg del temps, des de la mateixa xarxa s'han creat nous tipus d'infraestructures i plataformes de col·laboració que donessis cabuda a la professionalització, les vendes, la fabricació i les empreses distribuïdes per tot el món. Hi ha empreses globals (a petita escala) que han nascut a partir de projectes d'investigació en diversos camps. Per exemple, *Fab House* és un negoci que va derivar de la combinació entre recerca energètica, el modelatge i la fabricació paramètrica.

*Fab House* és una casa solar que es va concebre i fabricar en el Fab Lab de l'IAAC (Barcelona), amb l'ajut d'altres laboratoris en xarxa. La intenció del negoci és concedir franquícies d'aquest model i produir-lo arreu del món. Aquest sistema permet el prototipatge ràpid d'habitatges personalitzats a escala local i pot ser útil en situacions d'emergència humanitària o com a resposta a l'escassetat d'habitatges.



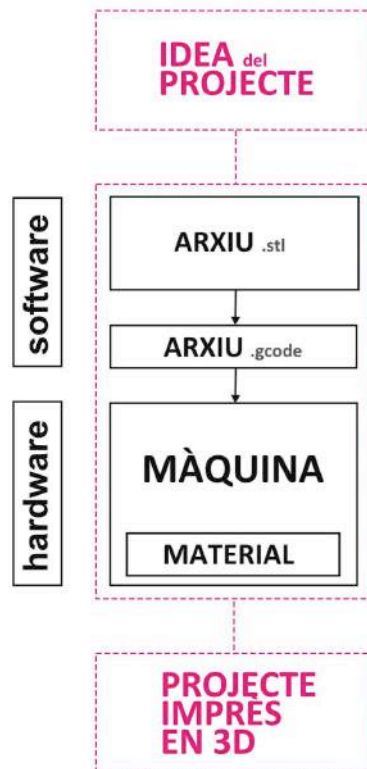
Fig.2. Proposta de Fab House. IAAC, (Adrià Gouda, 2010). [www.fablabhouse.com](http://www.fablabhouse.com)

### **Els centres educatius i la fabricació digital**

Les primeres impressores 3d es van desenvolupar dins dels campus universitaris. El seu desenvolupament posterior, fabricació i distribució es van tenir que organitzar a través d'una estructura empresarial. Les universitats són centres de transmissió i creació de coneixement i on hi ha la infraestructura, la inversió i el capital humà per a poder portar endavant projectes la rendibilitat dels quals no és l'objectiu principal. Com a exemple de desenvolupament de tecnologia per part d'universitats catalanes hi ha el projecte *BCN3D Technologies* de la Fundació CIM de la Universitat Politècnica de Catalunya(UPC). Entre altres coses, han desenvolupat una màquina *RepRap* dins del marc del projecte Open Hardware amb la intenció de formar estudiants d'enginyeria industrial, mecànica i electrònica i, alhora, crear una comunitat online per compartit coneixement. Aquest mateix centre també ofereix formació en el camp de la fabricació digital dins de la indústria.

### 2.3 La impressió 3d com a instrument tècnic

En aquest apartat hi ha una descripció de la tecnologia de fabricació additiva com a sistema tècnic, com a instrument que s'utilitza amb la finalitat de representar o produir un objecte. La impressió 3d és un grup de tecnologies que fabriquen objectes sòlids tridimensionals capa a capa a partir d'informació digital. Com a sistema tècnic es compon de software i de hardware: el software és el mediador entre la part física de la tecnologia i les idees dels objectes que s'han de fabricar; el hardware és la part tangible de la tecnologia i, juntament amb el material, fa possible la producció física de l'objecte que s'ha representat digitalment a través d'un software de dibuix.



Esquema 3. Esquema del sistema tècnic de la impressió 3d.

#### Projecte

Tots els processos de fabricació 3d parteixen d'una idea que pot tenir diferents orígens:

1. Idea desenvolupada sota el paraigües de metodologies pròpies de disciplines que generen volumetria: enginyeria, disseny, arquitectura, art, joieria, etc.

Aquesta idea s'ha de formalitzar en un dibuix digital que es fa mitjançant un software.

2. Objectes escanejats en 3d o amb altres dispositius que permeten obtenir dades convertibles a arxius imprimibles<sup>6</sup>.

3. Arxiu baixat d'una web de descarregues<sup>7</sup>: empreses i usuaris de tecnologia d'impressió 3d pengem arxius creats per ells mateixos.

<sup>6</sup> Més informació sobre aquest tipus de dispositiu a l'Anex nº1

<sup>7</sup> Informació sobre webs de descàrrega d'arxius a l'Anex nº1

## Software

El software<sup>8</sup> és el conjunt de programes, instruccions i regles informàtiques que permeten executar diferents funcions en una computadora.

El software es desenvolupa mitjançant diferents llenguatges de programació, que són el conjunt de símbols i regles sintàctiques i semàntiques, que defineixen el significat dels seus elements i expressions.

Per poder imprimir una figura en 3d necessitem tres tipologies de software:

1. Un software de dibuix a través del qual representem la figura en 3d. El dibuix s'ha de guardar a format .stl.

L'arxiu .stl és un format d'arxiu informàtic de disseny digital (CAD) que defineix la geometria d'objectes 3d, excloent informació com color, textures o propietats físiques que sí inclouen altres formes de CAD. Utilitza una malla de triangles tancada per a definir la forma de l'objecte. Com més petits siguin aquests triangles, més gran és la resolució de l'arxiu final. Els arxius .stl es poden crear a partir de dues classes de dades: núvol de punts o model CAD (superfícies o sòlids).

Els núvols de punts són el resultat de digitalitzar un model o un entorn mitjançant un escàner, per exemple. Per a la creació del .stl el software tractarà d'unir aquests punts de forma òptima tenint en comte el procediment de digitalització.

El model CAD, en canvi, s'ha de crear des de zero, utilitzant els llenguatges proposats pels diferents software de dibuix comercials o gratuïts ( descarregats d'Internet amb llicències obertes).

Hi ha diferents softwares de dibuix. Es diferencien per la tipologia de formes que es poden representar i la manera com les construeixen (morfologia i sintaxis).

2. Un software que repara i posiciona el dibuix a sobre de la plataforma de treball de la màquina. Sovint, els dibuixos . stl tenen algun defecte i la malla triangular s'ha de reparar. A més, s'han de posicionar perquè ocupin la superfície de treball de la màquina i per optimitzar els recursos de la impressió. Això vol dir que, a vegades, s'han de partir en diferents parts o s'han de rotar.

3. Un software que tradueix el dibuix .stl a llenguatge gcode, les instruccions que la màquina executa.

*En términos generales, G-code es un lenguaje mediante el cual las personas pueden decir a máquinas herramienta controladas por computadora qué hacer y cómo hacerlo. Esos "qué" y "cómo" están definidos mayormente por instrucciones sobre a donde moverse, cuan rápido moverse y que trayectoria seguir. Las máquinas típicas que son controladas con G-code son fresadoras, cortadoras, tornos e impresoras 3D. (Wikipedia, 2015)*

## Hardware

*El término hardware se refiere a todas las partes físicas de un sistema informático; sus componentes son: eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos. Son cables, gabinetes o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado; contrariamente, el soporte lógico es intangible y es llamado software. (...) la Real Academia Española lo define como «Conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora». El término, aunque sea lo más común, no solamente se aplica a las computadoras; del mismo modo, también un robot, un teléfono móvil, una cámara fotográfica, un reproductor*

---

<sup>8</sup> Informació sobre software comercials i Open Source a l'Anex nº1



*multimedia o qualquier otro electrónico que procese datos poseen hardware (y software).*  
(Wikipedia, 2015)

Hi ha diferents hardwares d'impressió 3d o diferents processos mecànics de representar volumètricament informació digital. La selecció d'un o altre procés depèn de la valoració de diferents factors:

- El material de partida: plàstic, metall, ceràmica, orgànic<sup>9</sup>.
- La forma del material base: pols, líquid o sòlid
- El sistema d'unió del material: llum, temperatura, adhesiu.
- Possibilitat de construir figures amb més o menys complexitat geomètrica.
- Possibilitat d'utilitzar més d'un material alhora
- Possibilitat d'utilitzar més d'un color alhora
- Dimensió
- Acabats
- Costos
- Accessibilitat a la tecnologia

En el quadre següent s'exposa la relació entre la tipologia de material, la seva forma de partida, el sistema que s'utilitza per a la transformació i el nom de la tecnologia<sup>10</sup>.

Forma de partida	Sistema de transformació	Tecnologia	Materiales
Fil	Extrusió	Modelat per deposició fosa (FDM)	Termoplàstics (PLA, ABS,etc ), HDPE, metalls eutèctics, materials comestibles
		Fabricació per fundició de filament (FFF)	
Pols esfèric	"Hilado"	Fabricació per feix d'electrons (EBF)	Quasi qualsevol aliatge
Grànuls		Sinterizat directe de metall per làser (DMLS)	Quasi qualsevol aliatge metàl·lic
		Fusió por feix d'electrons (EBM)	Aliatges de titani
		Sinterizat selectiu per calor (SHS)	Pols termoplàstic
		Sinterizat selectiu per làser (SLS)	Termoplàstics, pols metàl·lics, pols ceràmics
		Projecció aglutinant (DSPC)	Pols ceràmics
Làmines	Laminat	Laminat de capes (LOM)	Paper, paper d'alumini, capa de plàstic
Líquid		Estereolitografia (STL)	Fotopolímers
		Fotopolimerització por llum ultravioleta (SGC)	
		Impressió tridimensional (3DP, <i>Inkjet Powder Printing</i> )	
		Impressió en 3d <i>Polyjet</i>	

Taula 2: Taula de tecnologies de d'impressió 3d.

L'objecte que s'imprimeix en tecnologia 3d és el resultat de com s'ha incorporat dins del pensament del projecte la tríada software-hardware-material.

<sup>9</sup> Més informació sobre materials a l'Anex nº1

<sup>10</sup> La descripció de cada tecnologia està a l'Anex nº1

## Aprende a imprimir

Aquesta és la meua experiència personal aprenent a imprimir amb la màquina *RepRap BCN3D+*. És una màquina d'extrusió de fil de plàstic (FDM). En aquest cas, s'utilitza una tecnologia monofilament i un plàstic anomenat PLA. La dificultat d'extruir amb un fil és que no hi ha material de suport i algunes formes no es poden construir a no ser que controlis el moment de la impressió.

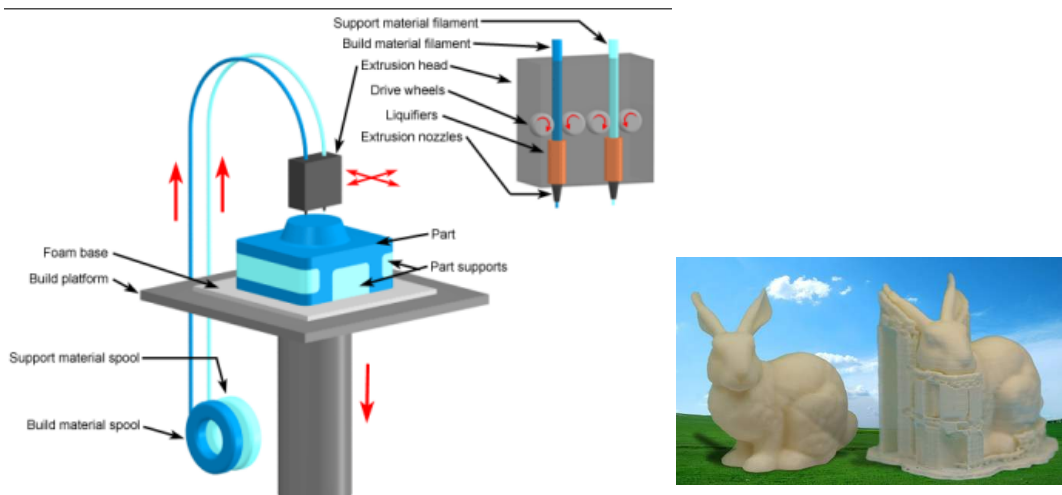


Fig. 3. Imatge impressora 3d d'extrusió doble. La figura impresa queda suportada pel material de suport (color blau clar esquerra).

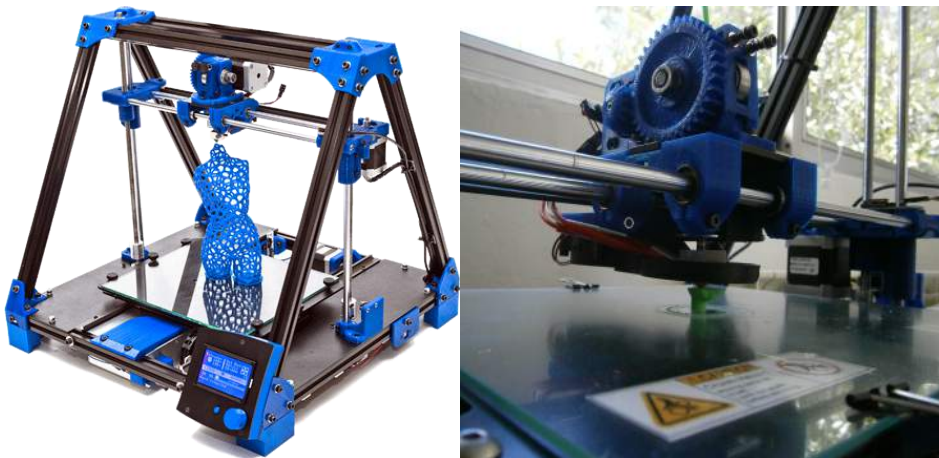


Fig.4. Imatge impressora 3d *RepRap BCN+* (monofilament). La figura no queda suportada pel material de suport.

## PRIMER PAS

Dibuixem un objecte amb un programa CAD (Open Source o comercial). L'exemple que faig servir per a fer aquestes proves és un dibuix digital de Claudio Molina amb el programa *Meshmixer*.

Els arxius CAD estan determinats per formules matemàtiques que les màquines de Rapid Manufacturing no entenen. Necessitem transformar aquest arxiu a STL (Surface Tessellation Language), que és el llenguatge digital que tradueix les fórmules matemàtiques dels arxius CAD a una malla formada per polígons triangulars.

## SEGON PAS

1. Quan convertim CAD a STL poden aparèixer errors de construcció que s'han de reparar. Hi ha programes (Open Source o comercials) que reparen i editen les peces. Fan de pont entre el CAD i el STL. Utilitzo *NetFabb*.

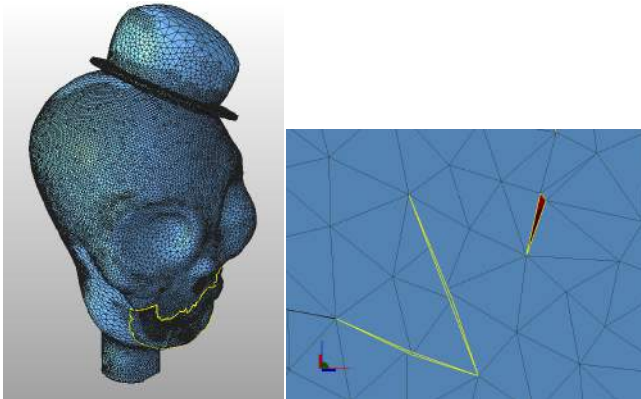


Fig. 5. Reparació calavera. Defectes a la malla.

2. La peça s'ha de posicionar a sobre la taula de treball de la màquina perquè la impressió sigui correcte.

Aquesta figura no està pensada per ser impresa amb una màquina monofilament. S'hauran de buscar solucions:

A. Primera prova i resultat



Fig. 5. Primera prova d'impressió, boca i barret en voladís

La base és massa petita i la peça es desenganxa de la taula de treball. Es talla el coll per aconseguir una base més ampla.

Tant la boca com el barret queden mal impresos perquè estan en voladís. S'ha de trobar una solució.

B. Segona prova: tallar la figura en dos parts que després s'enganxaran

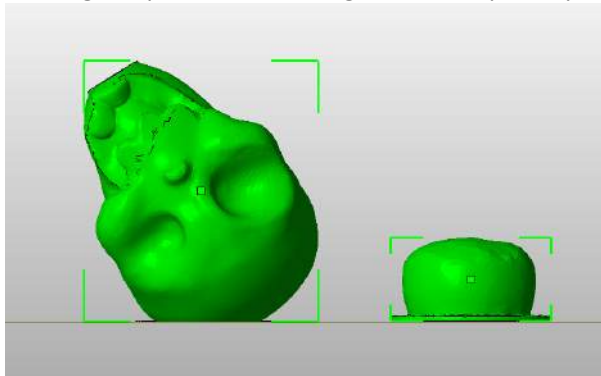


Fig. 6. La boca i el barret ja no estan en voladís. Impressió correcta. S'ha d'enganxar el barret al cap amb cola.

C. Tercera prova: construcció de torretes que després s'han de tallar (es veuen els defectes dels talls). Aquesta prova no es va fer perquè la segona opció va sortir bé. *Meshmixer* i altres programes tenen la funció de posar torretes, pensades per la impressió 3d monofilament.

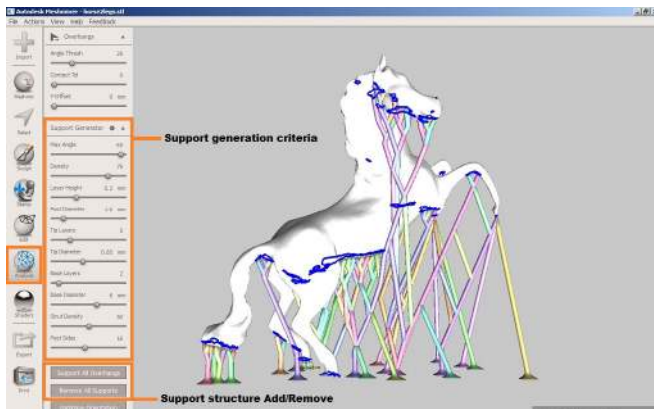


Fig. 7. Construcció de torretes amb Meshmixer

### TERCER PAS

L'arxiu .STL s'ha de convertir al llenguatge que entén la màquina (G-Code). La màquina construeix per seccions que queden definides per les següents variables:

1. Vectors X,Y,Z
2. Velocitat
3. Quantitat de material extruït

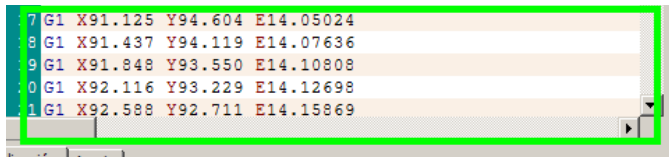
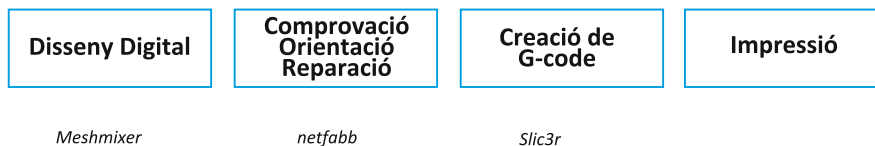


Fig.8. Exemple de llenguatge G-Code

Hi ha softwares (Open Source o comercial) convertidors a G-Code. Utilitzo *Slic3r*.



Esquema5. Seqüència de la impressió d'un arxiu digital

### Conclusions:

Les quatre regles generals per imprimir amb una extrusora monofilament són:

- En general totes les peces han de sortir de cares planes.
- La màquina no accepta zones en voladís que flotin en l'aire.
- Les Geometries de menys de 1mm són susceptibles de no aparèixer en la impressió.
- Les parets estretes donaran lloc a peces febles.

### 3. El lloc de la impressió 3d dins del procés creatiu

El mitjà d'impressió 3d té una naturalesa doble: és un instrument de fabricació i és un mitjà cultural. Com a instrument de fabricació produeix prototips de treball i productes acabats. Com a producte cultural crea sentit i construeix el món artificial.

#### El procés creatiu

El procés creatiu és allò que hi ha entre un problema i una solució.



El pensament creatiu implica una manera determinada de plantejar-se el problema i una manera determinada de caminar fins la solució. Nigel Cross anomena "*design thinking*" a aquesta manera de pensar i la defineix com una tercera àrea del coneixement, al costat de les ciències i les humanitats.

De la mateixa manera que la ciència té les seves pròpies metodologies per afrontar-se amb el món natural i les humanitats per treballar l'esfera de l'experiència humana, el disseny, com a tercera àrea del coneixement, ha desenvolupat les seves pròpies estratègies per lidiar amb el món artificial. Aquestes estratègies són comunes a totes les disciplines creatives: art, disseny i arquitectura.

Tal com descriu Nigel Cross a *Designerly ways of knowing*, el procés de disseny es divideix en tres etapes:

1. Formulació de problemes: definició del context (constreyniments)
2. Generació de solucions: definició de possibles camins d'exploració.
3. Utilització d'estratègies processuals específiques de la disciplina: ús d'estímuls que impulsen el moviment exploratori i que defineixen les solucions.

Per a la formulació del problema (context, constreyniments) s'ha d'analitzar cada projecte en particular perquè les possibilitats són variades i múltiples; des del tipus de client a qui va dirigit el producte a la tecnologia que s'utilitza, limitacions econòmiques, pressupòsits ideològics o requeriments ergonòmics; ús de materials específics, volum del camió que transportarà l'objecte, opinions del departament de màrqueting, etc. Cada projecte és diferent i s'ha de tractar individualment.

La definició dels diferents camins d'exploració significa visualitzar objectius on encaminar l'acció del projectar i allò que t'ajuda a caminar són les estratègies processuals: interaccionar amb representacions externes (imatges, objectes, colors, etc.) o amb representacions internes (dibuix, maquetes, etc.). Aquestes estratègies construeixen ponts (fan de mediadors) entre el problema i la solució.



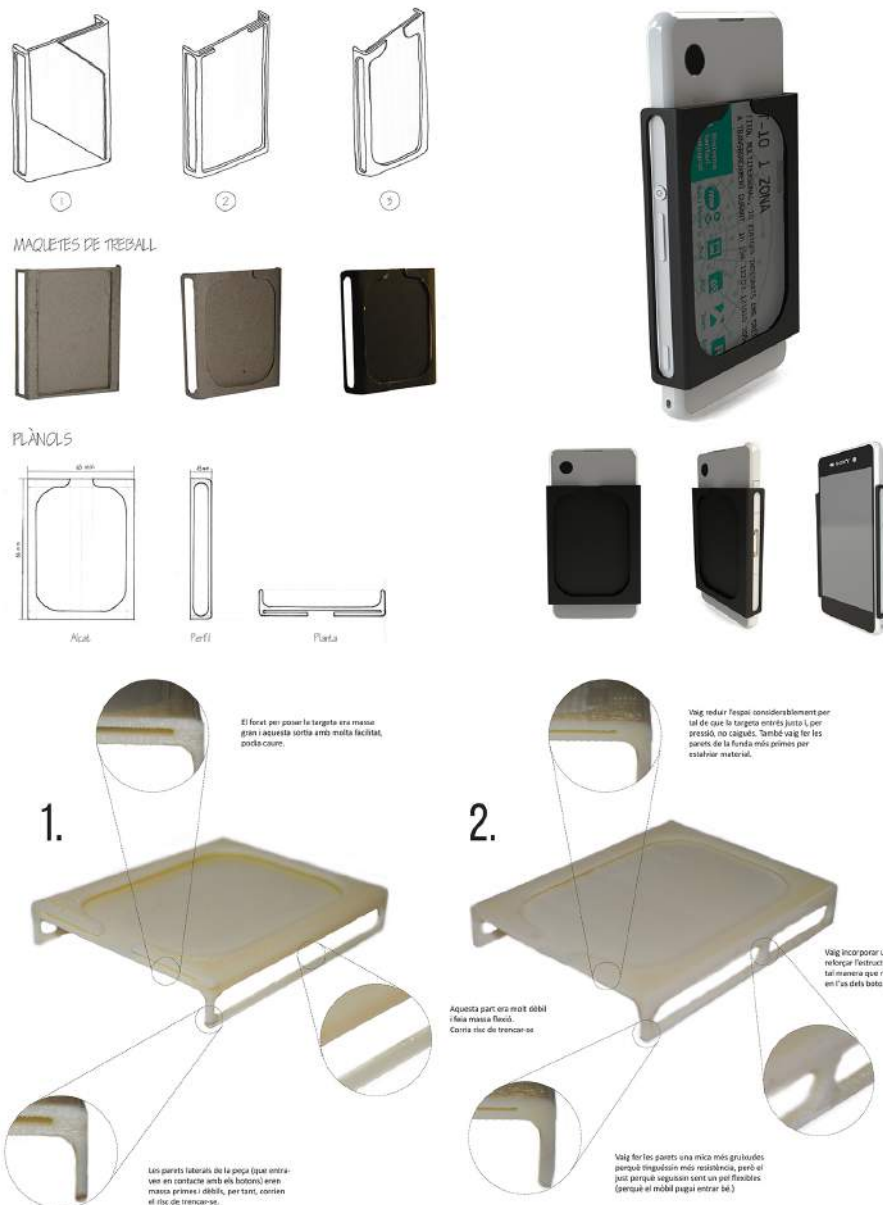
El dibuix i les maquetes són sistemes de representació que fan la funció de processadors associatius, això és, la persona dialoga amb el projecte gràcies a la seva mediació.

Hi ha mitjans de representació performatius i mitjans de representació constatatius. Els primers són una manera de pensar en l'acció (són croquis, esbossos, maquetes de treball, etc.) i s'utilitzen en les primeres etapes de desenvolupament d'un projecte. Els segons són descriptius, normalment segueixen convencions gràfiques, i comuniquen el projecte a alguna persona externa (client, industrial, muntador, etc.).

Alhora de fabricar una maqueta amb la impressora 3d s'ha de tenir molt definida la idea de la mateixa perquè s'ha de poder dibuixar amb un software de dibuix digital que demana precisió en la informació.<sup>11</sup>

La mateixa naturalesa d'aquest procés de fabricació ofereix dues possibilitats de maqueta:

1. Maquetes de comprovació. Apareixen en les últimes etapes del projecte. La seva funció és comprovar que les decisions que s'han pres prèviament són correctes.



Imatgex. Projecte funda de mòbil de Laia Avinyoa. Maquetes de comprovació fetes amb impressora 3d. Va poder fer modificacions per estructurar la peça. Escola Eina, curs 2014-2015.

2. Imprimir un repertori de versions de la idea per poder valorar-les de forma paral·lela.

Aspectes positius de la impressió 3d de maquetes:

- Alta velocitat de fabricació comparada amb una maqueta manual.
- Representació exacta de l'objecte final, amb tots els seus detalls, mecanismes, assemblatges, etc.

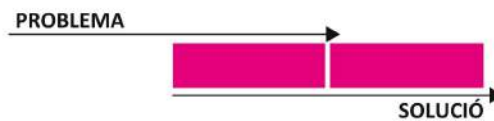
<sup>11</sup> Tal com s'explica en el capítol 3 hi ha software de dibuix que funciona d'un manera més performativa. Els software de dibuix CAD, responen a aquesta norma: són dibuix constatatiu, el projecte ha d'estar total o quasi totalment definit.

- Representació de formes complexes.
- Es poden fer modificacions al dibuix digital i tornar a imprimir la peça modificada. Es pot aconseguir un mostrari de la peça amb modificacions.
- Material resistent i durador.

L'aspecte negatiu de la impressió 3d de maquetes és el baix grau de performativitat. El material de fabricació és massa rígid i no es pot modificar. Es perden els valors positius de les maquetes fetes a mà. De totes maneres, no considero que aquest sigui un aspecte negatiu real si s'accepta que les maquetes impreses amb 3d formen part d'estadis finals del projecte i que es poden fer servir altres eines en els moments inicials i entremitjos del procés. El cas del projecte de Laia Aviñoa és un exemple.

### **La impressió 3d com a tecnologia de fabricació de productes de consum**

Hi ha tecnologia de fabricació 3d prou desenvolupada com per poder imprimir productes acabats.



En aquest cas ja no estem parlant de maquetes de treball, sinó d'uns productes de consum amb unes característiques noves i d'uns sistemes de producció que s'han d'adaptar als nous processos productius.

Les característiques d'aquesta tecnologia productiva dona lloc a canvis en el model productiu i canvis en la tipologia dels productes que es fabriquen:

#### 1. Llibertat formal

No té sentit utilitzar la fabricació additiva per fabricar productes que es poden produir amb qualsevol altra sistema tradicional. Per a fabricar prototips de productes que s'han de fabricar, per exemple mitjançant l'emmotllament per injecció, el disseny d'aquella peça estarà condicionat per la necessitat d'extreure-la del motlle. Ara bé, si la peça s'ha de fabricar amb impressió 3d, es poden ignorar totes les restriccions que imposa el motlle sobre el disseny.

En els processos de fabricació additiva els objectes es conformen quan s'afegeixen capes successives d'un material determinat. Aquest principi constructiu per capes permet crear objectes amb una llibertat formal que no té equivalent en altres procediments.

Els productes impresos en 3d tenen el seu propi llenguatge, en part condicionat pel software de dibuix, en part condicionat pels límits constructius de la màquina i, en part, condicionats pel material que s'utilitza.

Amb la impressió 3d es poden aconseguir formes complexes i imbricades, amb mecanismes incorporats, sense necessitat d'assemblatges posteriors.

Amb la impressió 3d també es poden produir dissenys altament optimitzats amb canals de flux intern i estructures lleugeres, utilitzant organitzacions internes complexes o dissenyades biomimèticament. La impressió 3d ens acostava a la manera de construir de la naturalesa, la qual disposa material allà on el necessita.

#### 2. Edicions limitades, peces úniques i personalització

L'ús combinat de la computació i la producció numèrica estableix una nova relació entre l'entorn digital i el món físic caracteritzada per un sistema de producció que ja no està subjecte als principis de repetició que han dominat la indústria del s.XX. Hi ha un canvi de paradigma de producció, més flexible i adaptable, que permet fabricar peces diferenciades.

Així, resulta factible fabricar sèries de productes sota demanda, fer reedicions, personalitzar o fabricar un producte únic de preu barat gràcies a la simplificació en els processos.

Un mateix objecte pot ser fabricat a partir de paràmetres variables, donant peu a solucions de disseny específiques i personalitzades. En aquesta línia es pot treballar amb dades extremes de dispositius que tradueixen dades físiques a digitals (escàners 3d, satèl·lits, etc.) o dades que tradueixen altres criteris personals del consumidor (customització).

### **La fabricació 3d com a objecte de reflexió en el procés de disseny**

El mitjà d'impressió 3d és una tecnologia de fabricació, però també un producte cultural que neix en un context determinat.

Fins ara s'ha descrit el lloc que ocupa aquesta tecnologia dins del procés creatiu com a tecnologia instrumental, com a mitjà de fabricació de prototips i productes de consum. S'ha vist que les seves possibilitats i limitacions han de tenir-se en compte alhora de pensar un producte. En aquest cas, la tecnologia opera com a constrenyiment, definint els límits del projecte.

També existeix la possibilitat de convertir la tecnologia en el tema al voltant del qual versa el projecte. La impressió 3d, en aquest cas, es converteix en el problema i el mitjà de representació.



Es detecten dues maneres de treballar amb la tecnologia additiva com a objecte del procés creatiu:

3. La impressió 3d com a instrument de fabricació: observar els seus límits i anar més enllà.
4. La impressió 3d com a mitjà cultural: dialogar amb el context a través del mitjà que el fa possible.

La voluntat d'aquest treball de recerca és treballar la impressió 3d des d'aquesta perspectiva. Usos creatius de la impressió 3d fa referència a la creació d'estratègies per fer servir la tecnologia de tal manera que els resultats obtinguts són una crítica que reverteix sobre la mateixa tecnologia i sobre el món artificial que ella crea. Com a resultat, la tecnologia es transforma i es resignifica el món material.

## **4. Usos de la impressió 3d dins del procés creatiu**

La impressió 3d és una tecnologia de representació, una tecnologia de fabricació i un mitjà cultural. Les disciplines creatives utilitzen aquesta tecnologia seguint dues tendències:

5. La impressió 3d com a instrument de fabricació, observar els seus límits per anar més enllà. Es posa atenció en la doble naturalesa del mitjà: software i hardware. Ambdós són la condició de possibilitat de l'existència física d'uns productes amb una morfologia condicionada pel llenguatge de representació del software i pel constrenyiment físic del hardware. Els projectes giren entorn del tema de la representació (software) i entorn del hardware com a condició de possibilitat de l'existència material dels productes representats. Es tracten aquests temes en el capítol sobre el llenguatge del software (4.1) i en el capítol sobre el hardware com a constrenyiment (4.3)
6. La impressió 3d com a mitjà cultural, dialogar amb el context a través del mitjà que el construeix. La lògica del mitjà digital encaixa amb altres paradigmes estètics: la postproducció com a eina de resignificació de la cultura.



Es tracta aquest tema en el capítol 4.2, el software com a mitjà per a la reconfiguració de significats culturals.

#### 4.1 El llenguatge del software

El disseny industrial i l'arquitectura dibuixen els objectes amb programes de disseny assistits per ordinador (CAD), que redueixen les figures a la seva geometria. Aquesta manera de dibuixar és una convenció que respon a les metodologies de fabricació industrial; la producció en massa de productes estandarditzats obliga a aquesta economia de la forma. La indústria fabrica unitats modulars de productes iguals que es poden assemblar per a crear unitats més complexes.

Les tecnologies digitals modifiquen els paràmetres tradicionals de producció perquè estan alliberades dels principis de repetició de la producció massiva. Ara, la producció és més flexible i adaptable i es poden fabricar peces diferenciades. La tecnologia d'impressió 3d, a més, té la capacitat de fabricar figures d'una gran complexitat formal i sembla una contradicció utilitzar només el programari CAD per a representar els objectes. Es necessiten mitjans de representació que s'adeqüin a les possibilitats formals de les noves tecnologies.

S'ha de reconsiderar quin és el paper del dissenyador i l'usuari davant d'aquest nou panorama productiu on hi ha, a més, tècniques obertes de disseny i producció en xarxa. La diferència entre dissenyador i usuari ja no és tan accentuada: el dissenyador ja no només dissenya per la indústria de producció massiva d'objectes iguals, sinó que ha de tenir en compte paràmetres de personalització i individuació dels productes; l'usuari participa en la creació del seu propi món material.

Des de les disciplines creatives s'ha de desenvolupar programari que respongui a les característiques de la manufactura digital:

- Creació de software que respongui a formalitat complexa, personalització i individuació de producte.
- Incorporació de paràmetres de personalització dins de les interfases de software perquè l'usuari tingui espai de participació en el disseny del seu propi món material.

##### 4.1.1 Esculpir la matèria digitalment

Laureline Galliot és una artista i dissenyadora francesa que presenta un projecte format per tres peces realitzades amb impressió 3d. Aquest projecte es pot utilitzar com exemple per introduir reflexions sobre l'efecte de la impressió 3d en els processos creatius.

La primera peça de Laureline Galliot s'anomena *Palette* i serveix de lligam entre les seves idees com a pintora i el món del disseny dels objectes quotidians. El pont entre la pintura i l'objecte el construeix gràcies a la impressió 3d.

Com a pintora, Laureline Galliot intenta trobar un llenguatge formal que construeixi les figures a través de la massa i no a través de la línia. En aquest projecte presenta la mateixa reflexió, però en comptes de treballar amb pintura i tela o fa amb el software i la impressió 3d. A Galliot li interessa traspasar la idea de la construcció del volum a través de la massa-color al disseny d'objectes, qüestionant així el procés tradicional a través del qual es dissenyen els productes. Galliot considera que el dibuix de línia forma part de les representacions del procés de fabricació industrial, *"In classical design process, we make drawings with a line, and this whatever the mode of manufacturing. However, in my practice of painting and modeling, I discussed many ways to build a representation of an object, more in an approach of mass. Can't these methods or tools of representation help me to target untapped resources to develop new modes of design objects? New forms could be found?"* (fragment entrevista a l'autora per part de la revista domusweb.it)



Figura 8. Teapot, palette, mask, selfportrait. Laureline Galliot. *Contour & Mass*, 2012  
 Tècnica: inkjet powdered printing  
 Material: colored gypsum

Galliot dissenya tres objectes com a resultat de la seva experimentació amb les eines de construcció digitals i les tecnologies de fabricació additives: una eina o paleta, una tetera com a objecte domèstic i una màscara com a objecte d'identitat. En aquest capítol es parlarà de les dues primeres peces i en el capítol 4.2 es fa un apunt sobre la tercera.



Figura 9. Mask, Tool i Teapot

Utilitza el software d'animació *ZBrush*. Aquest programa construeix els objectes a partir d'una massa de material virtual que se li dona forma amb funcions que imiten les eines de treballar els materials plàstics: pressions i difuminats de material de diferents intensitats, talls, adhesions, etc. Aquesta manera de construir és molt intuïtiva, ja que no parteix de la geometria de l'objecte (com el disseny CAD), sinó de la seva massa. L'objecte no és una línia que el dibuixa segons patrons geomètrics, sinó una massa que adopta una forma.

*"As this digital tool is constantly changing, like a paint palette, the designer can choose to regularly 3D-print it out to preserve the different steps of his evolving tool. By printing it out, the designer turns his 3Ddigital palette into a physical catalog of colored masses samples, and each sample of this palette can be used as a starting point to build a 'coloured masses object'".(....)*

El projecte *Tool* o *Palette* vol fer de pont amb la tradició de la pintura i mostra el potencial del software per a crear formes tridimensionals. El color dels objectes no és tractat com a taca, sinó com a color-massa. Galliot parteix d'un volum de massa blanca i li aplica a sobre altres volums més petits colorejats. Això equival a la seva paleta de treball inicial. A partir d'aquesta

base de massa-color es pot moldejar la forma de l'objecte de la mateixa manera que el pintor utilitza els colors de la seva paleta per pintar els seus quadres.

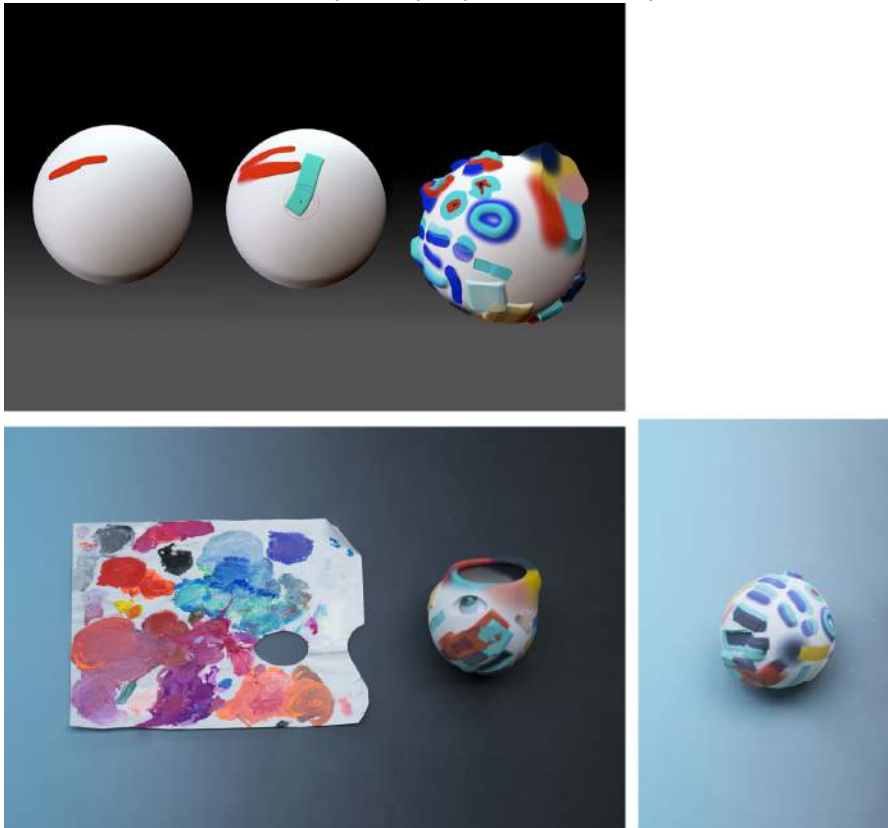


Figura 10.  
Creació de la massa-color o paleta de treball a partir de la qual s'esculpeix digitalment una figura (superior).  
Resultat imprès de la paleta (inferior)

A partir de la idea de construir una paleta volumètrica com a base de l'objecte, l'autora crea la segona peça. *Teapot* és un objecte domèstic que resulta d'aquesta nova metodologia de creació. Primer es crea una paleta de massa-color que es conforma fins aconseguir l'objecte.



Figura 11. Seqüència de la creació del *Teapot* (superior)  
*Teapot* imprès (inferior)

Amb aquest projecte, Laureline Galliot fa una reflexió sobre els sistemes de representació com a mitjans que determinen la manera de pensar i construir els objectes. Tradicionalment, el disseny industrial dibuixa els objectes amb programes de disseny assistits per ordinador (CAD), que obliguen a reduir la figura a la seva geometria. Galliot troba en el llenguatge d'un software

gràfic d'animació una manera diferent de donar forma als productes. Utilitza els problemes de representació de la tradició pictòrica com a metàfora per abordar la representació del món objectual del disseny industrial, enfrontant la tradició geomètrica amb la tradició plàstica-escultòrica.

Un projecte d'aquest tipus és possible perquè les impressores 3d poden imprimir sense quasi restriccions de forma, per tant, té sentit buscar nous llenguatges que s'adeqüin al mitjà.

Aquests nous llenguatges han d'estar, indiscutiblement, vinculats al software perquè són els que fan de mediació entre les idees i la tecnologia.

*"(...)el CAD s'ha desenvolupat principalment per a la fabricació convencional, amb les seves limitacions de disseny associades, per la qual cosa els mòduls centrals d'aquest sistema no suporten fàcilment la generació de geometries complexes que ara som capaços de fabricar amb processos additius, almenys no d'una manera eficient"* (Hague 2012:91)

Davant la situació paradoxal de tenir un procés de fabricació capaç de generar geometries més complexes que un programa CAD convencional, s'han de desenvolupar programes de disseny especialment pensats pels processos de fabricació additiva. Més encara, es tracta que aquests programes de dibuix responguin a conceptes que revolucionen les formes tradicionals de pensar el món material.

### **Una experiència formativa amb Meshmixer, software d'escultura digital**

A través d'una experiència formativa amb un programa d'escultura digital elaboro algunes reflexions pel que fa al llenguatge visual i a l'aprenentatge d'aquest tipus de software.

Durant el curs 2014-2015 vaig fer una col·laboració al postgrau de *Il·lustració Creativa* de l'Escola Eina amb el professor Claudio Molina.

#### Descripció de la proposta

Fabricació d'un Toy amb impressió 3d a partir dels dibuixos fets pels estudiants d'il·lustració.

#### Preparació de la proposta

El professor Claudio Molina tenia la idea de fer aquesta proposta, però per a ell aquesta tecnologia era nova i va anar definint la manera com desenvoluparia l'exercici a través d'una pràctica amb un estudiant voluntari. El seu procés de definició de l'exercici va seguir aquestes etapes:

1. Recerca del software. Buscar per internet un software de dibuix *open source* que sigui relativament fàcil d'aprendre en poques setmanes i que s'adapti a la tecnologia d'impressió 3d.

El software *Meshmixer* d'*Autodesk* respon a aquestes característiques:

-És un programa que té una corba d'aprenentatge bastant ràpida. Et permet començar a fer formes de seguida gràcies a eines digitals que imiten els processos d'esculpir amb materials plàstics: apretar, arrossegar, difuminar, tallar, foradar, estirar, calorejar, etc. La seva interfaz és molt austera i es treballa sobre models de malla poligonal.

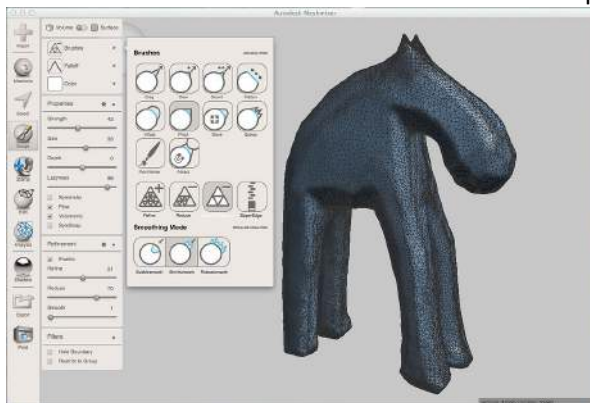


Figura 12. Captura pantalla Meshmixer.  
apretar, arrossegar, difuminar

- No exigeix mètrica, sinó que es treballa a partir de volums amb mesures generals. Al final del procés es pot escalar el dibuix a una mida adequada en el cas que es tingui la intensió d'imprimir-lo.
- El mateix programa té una galeria d'il·lustracions 3d que es pot utilitzar directament o modificar. També hi ha la possibilitat de fer el mateix amb els milers d'arxius que et pots descarregar gratuïtament o pagant de vàries webs d'internet.
- Es pot treballar a partir d'imatges i fotografies.

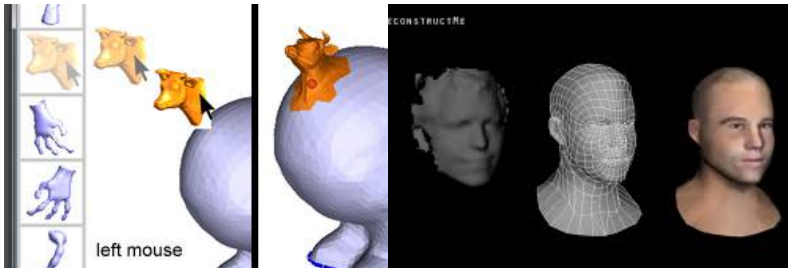


Figura 13. MeshMixer.com

2. Fer una prova pilot amb un alumne voluntari de Grau. Li va proposar al Juan Manuel Lopez-Barajas que fes un toy amb el programa. Ell no coneixia el software i és un alumne de primer de Grau amb molt poca formació de dibuix i tècniques de representació.

Conclusions:

El Juan va tenir moltes dificultats en traspasar el seu dibuix bidimensional a 3d digital i també va tenir moltes dificultats en aconseguir una bona impressió de la figura. Això va explicar molts aspectes que s'havien de tenir en compte alhora de plantejar el projecte *Toy* als alumnes del postgrau d'il·lustració:

- La tipologia d'il·lustració s'ha d'adaptar a les possibilitats del software de dibuix: el Juan va tenir moltes dificultats per fer els detalls de la il·lustració perquè anava una mica en contra de la lògica del programa, que treballa des del volum, no des de la unió de petites parts.
- La tipologia d'il·lustració s'ha d'adaptar a les possibilitats del hardware. La impressora de filament no arriba a definir certs detalls de dimensions reduïdes o massa prim. Una màquina de filament necessita formes arrodonides i gruixos considerables. El dibuix que ha fet el Juan s'hauria d'imprimir amb un altre tipus d'impressora 3d que tingui la capacitat de fer detalls prim a bona resolució.
- A nivell de procés, es necessita quelcom que ajudi a visualitzar la volumetria del dibuix. Entre el dibuix analògic i el dibuix virtual hi ha d'haver una maqueta volumètrica.

3. Fer proves d'impressió de les diferents figures per analitzar com reacciona la màquina.

Tant el toy del Juan com algunes figures realitzades pel Claudio van ser impreses amb la màquina per comprovar la qualitat de la impressió a diferents dimensions, canviant el posicionament de les figures dins de la màquina i altres qüestions de tipus tècnic que van servir com a font d'informació que s'havia d'incorporar als criteris de disseny de les il·lustracions:

- Gruixos de les figures
- Posició del dibuix de les capes del plàstic
- Comprovar l'estructura de les figures perquè s'aguantin en la postura desitjada

Tot aquest esforç per a provar el software de dibuix i el hardware d'impressió demostra que és una tecnologia que exigeix un esforç inicial d'aprenentatge. La proposta de Toy del Claudio als alumnes és un exercici molt adequat d'iniciació a la tecnologia. Els alumnes s'han d'enfrontar a una sèrie de qüestions relacionades tant amb el procés de creació de la il·lustració 3d digital, com amb el procés d'impressió de la mateixa. Aquestes qüestions fan que el projecte no es

transformi en una representació sense més d'un personatge il·lustrat, sinó que aquest personatge volumètric adopti les noves qualitats del medi.

En forma de conclusió, considero que amb aquest exercici els alumnes han après, sobretot, dues qüestions fonamentals:

#### 1. El llenguatge de la volumetria

Partim d'un dibuix que té un llenguatge propi, les tècniques utilitzades i les intensions expressives que té cada creador determinen aquest llenguatge.

-S'ha de traduir aquest dibuix a 3D. Entrem en una altra dimensió que necessita una sintaxis adequada. S'investiga a través d'esbossos el volum de la il·lustració i es reproduceix la figura amb plastilina.

-En paral·lel a aquest procés, s'està aprenent un programa d'il·lustració digital que permetrà imprimir la peça en material plàstic. Aquest programa també té la seva pròpia sintaxis (*Meshmixer*)

Per tant, els alumnes estan fent dos salts: del dibuix al volum analògic (la plastilina) i del volum analògic al volum digital (el software). Cada vegada que es fa un traspàs, les possibilitats creatives queden limitades pel llenguatge del medi, però alhora, és la oportunitat de treure profit de les noves variables que aquest ofereix.

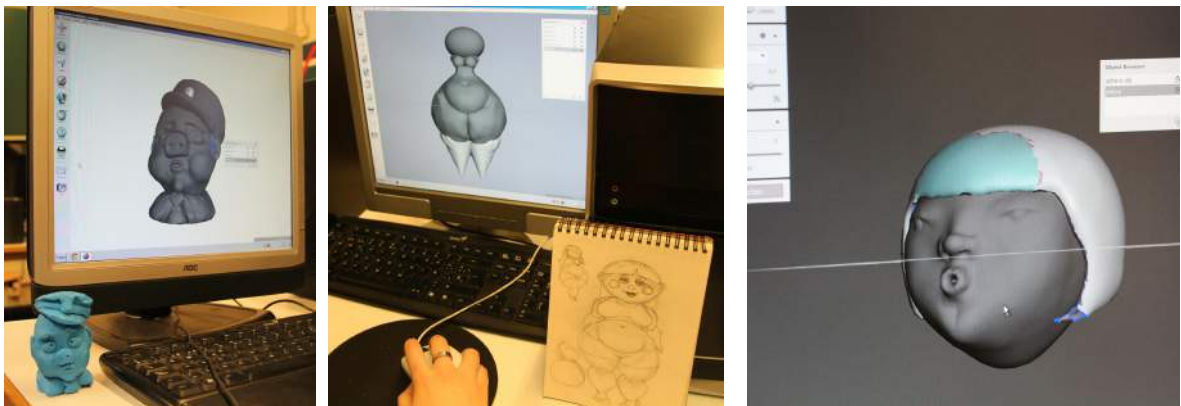


Figura 14. Mostres del procés de treball.

#### 2. El llenguatge de la tecnologia utilitzada (Impressora de doble filament)

Cada tecnologia té el seu propi llenguatge: una peça fabricada amb injecció de plàstic és completament diferent a una peça fabricada amb plegadora de metall. Quan dissenyem hem de saber com es produirà la peça i ser coherents amb les formes, sinó es fracassa alhora de la producció. Si es fa un personatge il·lustrat volumètric amb una talladora de làser hem de saber que construirem la figura a través de plans i això condiona el nostre disseny, però si hem d'imprimir la peça amb tecnologia 3d, les característiques formals seran completament diferents.

De totes maneres, és difícil pensar en la impressora 3d sense pensar, alhora, amb el software que utilitzem: estan quasi casats. Es tracta de pensar en diverses coses alhora, de forma més o menys paral·lela, i saber que una afecta a l'altra, són interdependents. Aquesta manera de pensar necessita d'un aprenentatge i aquest exercici de Toy és una forma d'iniciar-se molt adequada.

#### Conclusions

- S'ha de tenir coneixement adequat (segons les intensions) de la tecnologia que s'utilitza per poder integrar-la dins del projecte. Hi ha una etapa de familiarització i aprenentatge per entendre la tecnologia.

- Dificultat de visualització del dibuix digital sense treballar prèviament amb maquetes de treball analògiques.

- Aprendre a dibuixar de manera que la màquina ens imprimeixi bé les peces---s'han de fer moltes proves i pensar perquè a vegades imprimeix bé i altres malament. Seguir treballant en base a aquest aprenentatge.
- Tenir en compte el llenguatge del software que s'utilitza per desenvolupar formalment el projecte.

#### 4.1.2 Sistemes paramètrics

El disseny paramètric no dona forma a la matèria, sinó que pensa el sistema que la conforma. La morfogènesis es dona a partir de la definició d'una família de paràmetres inicials i la programació de les relacions formals que s'hi estableixen. A partir de variables i algorismes apareix un arbre de relacions matemàtiques i geomètriques que permeten arribar a un disseny i generar tot el conjunt de possibles solucions que la variabilitat dels paràmetres inicials facilitin.

La programació d'aquestes relacions permet:

1. Desenvolupar sistemes de creixement generatiu.
2. Desenvolupar sistemes oberts, amb variables definides per l'usuari.
3. Parametritzar valors per aconseguir optimitzar les funcions d'un producte.

#### Computació formal

Erwin Driessens i Maria Verstappen són artistes interessats en processos generatius de formació de la matèria. Van començar a treballar amb aquesta idea a l'any 1995 construint les seves escultures manualment amb fusta i actualment segueixen desenvolupant projectes en aquesta línia. Utilitzant tecnologia digital i sistemes d'impressió 3d han aconseguit figures de major complexitat. Ells mateixos han dissenyat els softwares que articulen les seves idees sobre la fórmula de creixement des del que tenen que emergir les seves escultures.

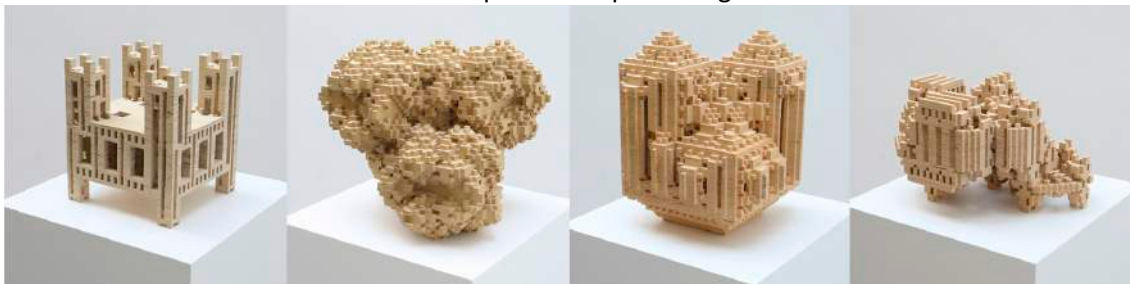
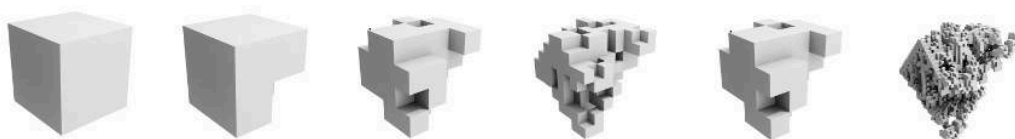


Fig 15. *Breed 0.1*, 1995. Contraxapat, serrat i enganxat manualment.

Els processos creatius basats en la idea de creixement generatiu existeixen des d'abans de l'era digital, però troben en la informàtica la seva eina natural. A través de la computació es poden programar series complexes de desenvolupament de forma; s'obtenen resultats amb gran rapidesa i es poden visualitzar les infinites possibilitats del sistema.

#### Sostracció

Breed (1995-2007) és un programa de computació que utilitza un algorisme que simula el procés de divisió cel·lular. El programa va eliminant material de forma proporcional a partir d'un bloc fins arribar a nivells molt petits de subdivisió segons regles predefinides.



The underlying principle of the Breed morphogenesis is division of cells. One initial cell, a cube, engenders throughout successive stages of cell division a complex, multi-cellular "body". Morphogenetic rules determine how the division of a cell occurs, dependent on its situation between the cells surrounding it. Every potential situation has a separate rule, so a cell surrounded on all sides by other cells may divide differently from a cell that only has a neighbour on the left and underneath, or a cell with nothing at all in the vicinity, etc. Each rule is coded in a gene, and the complete set of rules forms the genotype of the growth. (<http://notnot.home.xs4all.nl/breed/BREEDinfo.html>)



Fig 16. *Breed 1.1*, 2001. Sinterització amb làser. Nylon

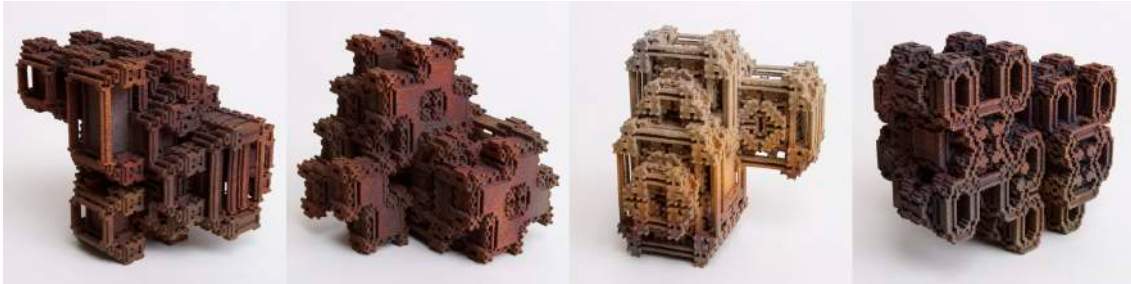


Fig 17. *Breed 1.2*, 2007. Sinteritzat amb acer inox. Acabat amb bronze.

### Adició

Al contrari que el projecte *Breed*, el software dissenyat per la família d'escultures *Accretor* s'ha desenvolupat pensant en les possibilitats formals de l'addició de partícules. A partir d'un mòdul-partícula, les formes es tornen complexes per l'addició de més partícules segons uns patrons determinats.

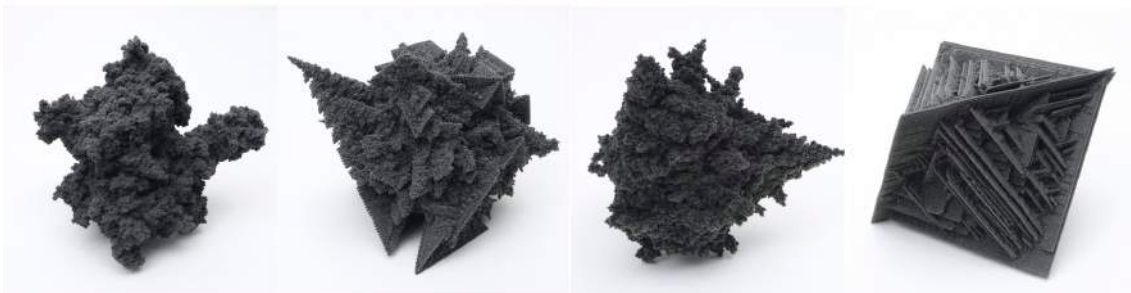


Fig 18. *Accretor*, 2012-2013. 3D print, polyjet matrix-technology. acrylic Vero black

The accretion process takes place in an imaginary 3-dimensional space, a grid of cubic cells. The particles are the smallest units of this space: tiny cubes, also known as voxels (volume elements). The cells in this space are either empty or filled. All the filled cells together make up the object that grows. A particle may only be deposited onto the surface of an existing object, in other words, it may only fill an empty cell that is next to a filled cell. This constraint ensures that the growing "body" remains one piece, and there will never be "floating" cells that are not connected to the rest of the body.(...) the number of possible states is  $2^{27} = 134217728$ . (<http://notnot.home.xs4all.nl/breed/BREEDinfo.html>)



### Models de creixement inspirats en el món natural

*Nervous System* és un estudi de disseny que treballa en la intersecció entre la ciència, l'art i la tecnologia. La seva font d'inspiració són els processos de creixement natural, que els utilitzen com a patrons per escriure els algorismes que defineixen software de disseny generatiu. En el seu cas, utilitzen els dissenys per convertir-los en joies i objectes domèstics. També ofereixen eines digitals de personalització de les joies que venen via internet i que es poden imprimir en 3d.

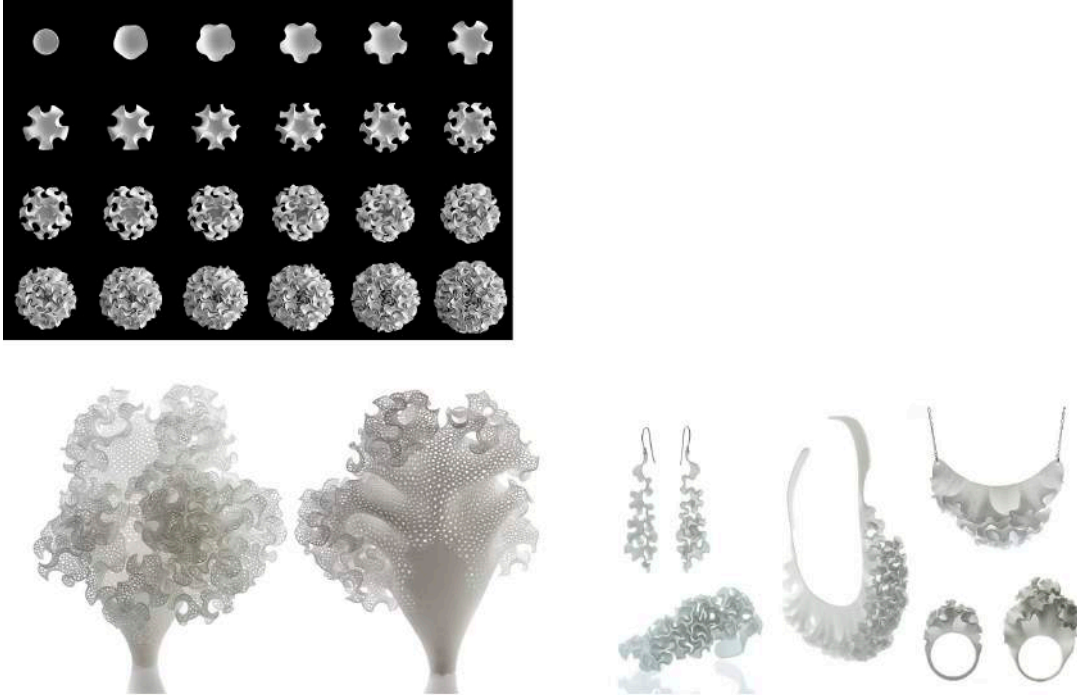


Fig 19. *Floraform*, 2014. Nervous System. Sinteritzat làser

*Floraform* és un projecte que reproduceix digitalment diferents tipologies de creixement d'una superfície fina. Les mostres obtingudes es modifiquen i es converteixen en productes de disseny o escultures.

Neri Oxman i Mediated Matter Group amb col·laboració amb els artistes digitals Christoph Bader i Dominik Kolb han dissenyat un software que genera models de processos de creixement natural imprimibles a 3d.



Fig20. Wanderers, 2014. Christoph Bader, Dominik Kolb, Neri Oxman i Mediated Matter, 2014. Models digitals.

Es pot veure el vídeo de tots els processos a <https://www.youtube.com/watch?v=9HI8FerKr6Q> on es mostren quinze variacions de creixement computacional.

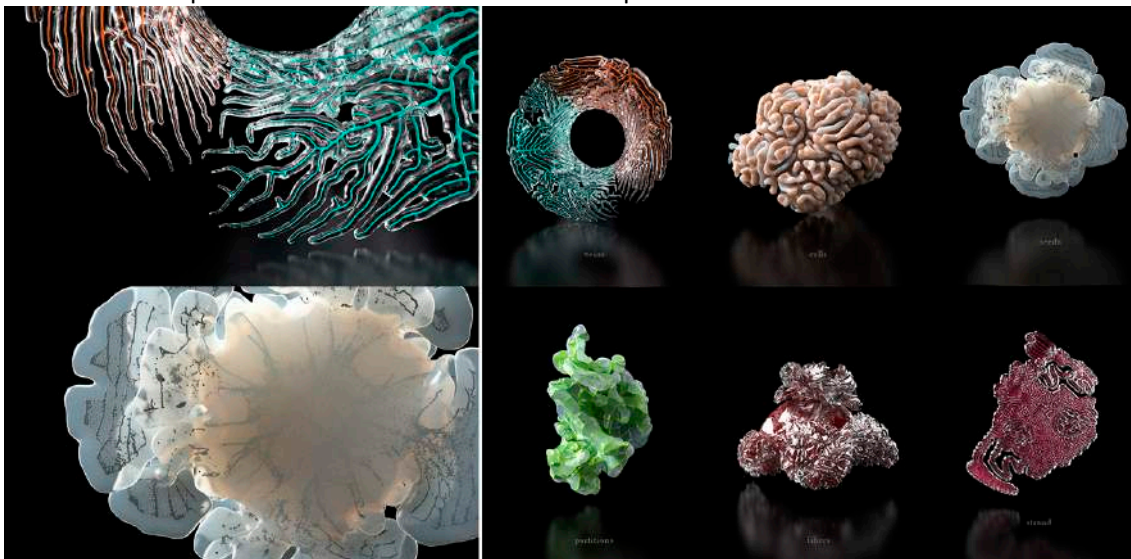


Fig 21. Wanderers, 2014. Models impresos amb una impressora inkjet multimaterial.

### **Digital Forming, disseny d'interfícies digitals**

El *digital forming* és una tendència de disseny que crea productes digitalment amb paràmetres oberts perquè l'usuari final acabi de donar-li la forma desitjada. Amb el *digital forming* es promou la personalització i els vincles emocionals amb els objectes.

A principis dels anys 2000, l'equip d'investigació post industrial (PIM)<sup>12</sup> va dissenyar software interactiu sobre la idea que *els dissenyadors i els fabricants adoptin aquestes tecnologies i col·laborin en la creació dels sistemes de fabricació post industrial que permetran a l'usuari amateur participar estretament en els processos de disseny i producció de béns d'alta qualitat, més ben dissenyats i que l'usuari identifiqui com més propis que els articles estàndard produïts en sèrie.* (p82. *A la meua manera: la implicació de l'usuari en la fabricació post industrial. Fabvolution*)

<sup>12</sup> Paul Atkinson, Justin Marshall, Ertu Unver i Lionel T. Dean

A l'any 2002 aquest equip de recerca va començar a treballar en projectes de desenvolupament d'interfícies amb el propòsit d'investigar les formes d'inclusió de l'usuari en el procés de disseny. Es van realitzar dos projectes de caire experimental que van posar de manifest el potencial d'aquests sistemes i assentaven les bases per al desenvolupament d'aquesta tipologia de softwares interactius orientats a fabricació personal.

A *FuturFactories* (2003), es va desenvolupar un programa i un portal web<sup>13</sup> que permetés observar la mutació contínua i aleatòria de diferents productes en temps real. Els usuaris no podien intervenir ni amb la forma ni en la mutació de l'objecte; només podien decidir en quin moment volien congelar la forma que estava transformant-se constantment per obtenir un únic producte. Quan paraven el moviment de canvi, tenien la opció de girar la peça i acabar de decidir si l'ha volien comprar. Si la volien, l'ordinador creava l'arxiu imprimible i una màquina 3d la fabricava.

El procés de mutació aleatòria es contraposa a la idea dels productes de fabricació massiva, que són iguals. En comptes de fabricar repeticions perfectes del mateix producte predefinit, es creen variacions úniques de cada objecte.

*Automake* (2003) va ser una continuació del primer projecte i seguia plantejant-se qüestions sobre la naturalesa dels objectes creats per la manufactura digital. La idea era proporcionar una eina de software de naturalesa generativa a un creatiu professional per veure fins on podia arribar.

El sistema *Automake* consta d'una sèrie de blocs constructius dissenyats per poder-se connectar entre ells seguint diferents paràmetres dins d'una malla poligonal. L'usuari pot seleccionar la tipologia de bloc i dibuixa una malla dins la qual dipositarà els blocs seguint una seqüència de posicionament definida per uns paràmetres. Aquest resultat es pot post produir perquè el software també et dona opcions de transformació.

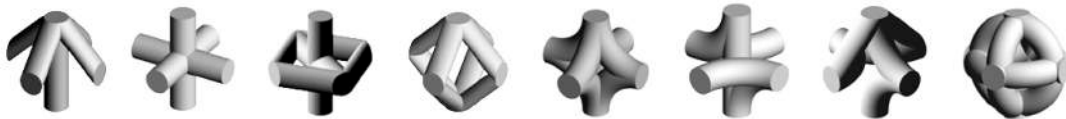


Fig22. Mòduls constructius bàsics

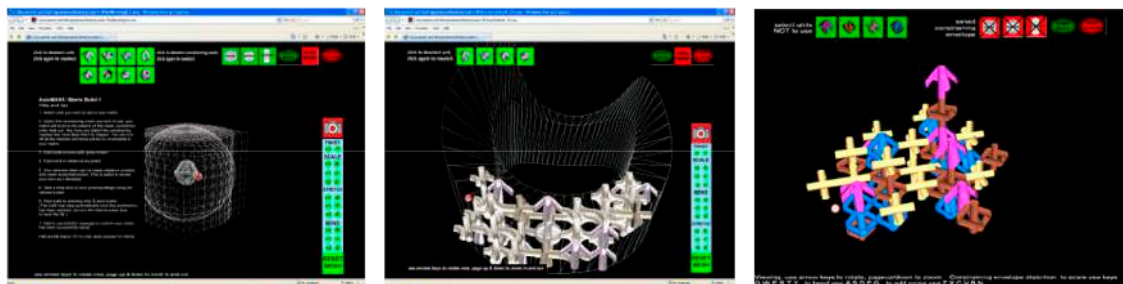


Fig 23. Interface del software. Exemples de retícula dins de la qual es construeix la figura

<sup>13</sup> [www.futurefactories.com](http://www.futurefactories.com)

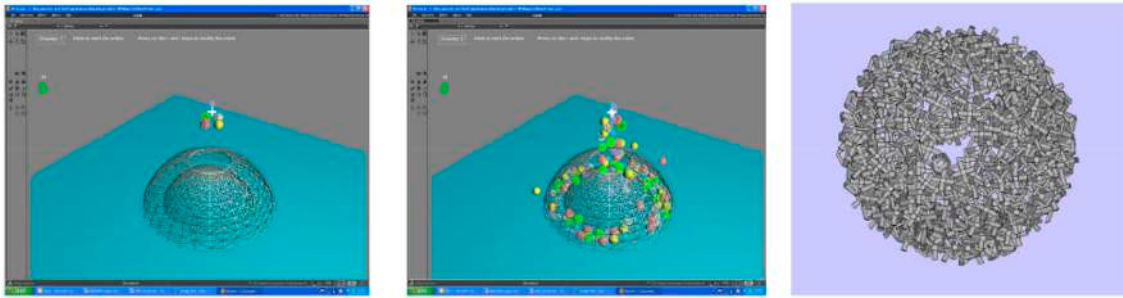


Fig 24. Primer emplenat aleatori d'una reticula i figura renderitzada d'un bol post processat

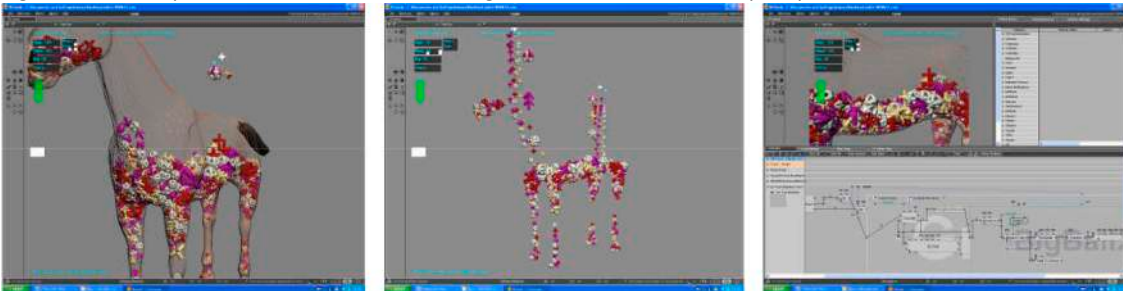


Fig 25. Possibilitat d'utilitzar reticules amb formes complexes



Fig 26. Exemples de figures fabricades en impressió 3d dissenyades amb el software Automake. Metall i plàstic, 2008

Aquest projecte acosta la tecnologia digital al món de l'artesanía. S'entén que la possibilitat d'individuació de cada peça i el vincle directa amb la fabricació l'allunya de la fabricació industrial i l'apropa al món de l'artesanía. També es posa èmfasi amb el vincle emocional que l'usuari estableix amb la peça perquè és una peça exclusiva i ha tingut l'oportunitat de participar en el seu disseny.

*Automake* també va servir per definir els paràmetres que s'han de tenir en compte alhora de desenvolupar un software dins del context de la manufactura post industrial, això és, una interfície on es defineixen uns valors que promoguin la creació de productes sostenibles amb l'obertura suficient com perquè l'usuari participi en la seva definició:

- La "plantilla" d'una peça s'ha de dissenyar de manera que el modelatge paramètric permeti modificar l'escala, la forma i la posició dels elements. A partir d'una figura inicial, per tant, es poden fer moltíssimes versions que no deixen de mantenir certa vinculació amb la original.
- S'utilitza un algoritme generatiu aleatori per actuar de tal manera sobre el sistema que mai dues peces produïdes siguin iguals.
- S'ha d'incorporar dins del sistema un element que permeti la interacció de l'usuari, de manera que el disseny final contingui cert nivell de participació del consumidor.

Actualment, trobem moltes empreses que utilitzen una interfície digital parametritzada per vendre els seus productes online. Es tracta d'una forma base que té uns paràmetres variables; l'usuari pot intervenir modificant només les variables obertes:



Fig 27. Estudi de disseny Nervous System. Joies personalitzables

### Computació material

Neri Oxman és arquitecta i investigadora en el *Media Arts and Sciences* del MIT Media Lab. Dirigeix el grup de recerca *Mediated Matter* on exploren com el disseny digital i les tecnologies de fabricació poden transformar radicalment el disseny i la construcció d'objectes, edificis i sistemes. Això revoluciona tant la manera de pensar els objectes com les metodologies per a dissenyar-los. La base d'aquest canvi de paradigma els troben en els processos de generació formal de la natura.

Els organismes vius busquen el màxim rendiment amb els recursos mínims a través de la variació local de les propietats materials. La forma de la natura emergeix en la interacció de paràmetres materials i necessitats ambientals. La forma, per tant, és un subproducte que deriva d'un procés natural que segueix patrons condicionats per la capacitat de resposta. Les formes dels productes fabricats per l'home amb les eines CAD, en canvi, s'han de pensar abans de ser construïdes. La representació geomètrica de la forma dels productes només és possible si primer es pensa i després es representa. Alhora, el pensament està condicionat per aquesta representació geomètrica.

La representació geomètrica respon a la lògica de la indústria, que fabrica mòduls prefabricats, com per exemple una biga d'acer o un panell de vidre. Aquests mòduls s'acoblen per formar elements compostos. Si hi ha necessitat d'aplicar propietats heterogènies a un mateix organisme, es modifica el dimensionat de cada mòdul, però no es pot canviar la composició del material, que es fabrica en sèrie.

Neri Oxman proposa la creació d'estratègies de computació que integrin forma, matèria i estructura segons processos inspirats en la natura, *Això implica passar de processos assistits per ordinador a processos de naturalesa generativa i performativa que permetin al dissenyador incloure propietats materials i protocols de comportament en el disseny assistit per ordinador.* (p.59 Computació material. Neri Oxman. Fabvolution). Segons aquest criteri, el disseny no dona forma, sinó que organitza variables del comportament.

Aquest concepte de disseny obra la porta a productes personalitzats adaptatius, dissenyats a partir de la coordinació de diferents variables, *del disseny modular homogeni basat en la lògica de l'assemblatge material al disseny diferenciat heterogeni basat en la distribució material* (p64). La matèria es distribueix segons criteris estructurals, mediambientals o socials. Elements arquitectònics com l'estructura i la façana ja no estan separats per la funció, sinó que poden configurar-se a través d'una distribució informada de la matèria.

Neri Oxman proposa dos prototips conceptuals per exemplificar les seves idees:

- Un prototip de fèrula per a disminuir el dolor del canell dissenyat a partir d'un mapejat de la intensitat i durada del dolor de cada pacient. La forma de la fèrula i la distribució del material dur i tou s'adequa a les necessitats fisiològiques i anatòmiques de cada pacient.



Fig28. *Carpal Skin*, 2009.-2010. Compòsits plàstics Museu de la Ciència de Boston

- Un prototip de chaise longue *Beast*, on combina el rendiment estructural, mediambiental i corporal adaptant el gruix, la densitat, la rigidesa, la flexibilitat i la translucidesa al pes, la pressió de la pell i la curvatura. *Beast* és una única superfície contínua que fa d'estructura i de pell alhora fabricat amb un teixit cel·lular que s'adapta a les diferents necessitats del cos que l'utilitza.



Fig29. *Beast*. Prototip per a una chaise longue, 2008. Museu de la ciència de Boston

Ambdós projectes estan dissenyats a partir de la incorporació de paràmetres físics a protocols de generació de forma inspirats en processos de creixement del món naturals. Hi ha softwares capaços de convertir aquests algorismes en formes, però la tecnologia de fabricació digital encara no té la capacitat de respondre a aquestes demandes. Les impressores 3d actuals treballen amb un material a la vegada. També en poden depositar varis alhora, però o bé operen amb cada material per separat o bé es barregen, però aquestes barreges estan predefinides. L'objectiu seria avançar cap a una plataforma tecnològica amb la qual es

poguessin modelar i fabricar conjunts amb una gradació de propietats que responguin als diferents requeriments del projecte.

### **Conclusions:**

El moviment modern va promoure un model estandarditzat mecanicista amb un sistema de producció prefabricat amb massa que partia del mòdul com a unitat bàsica. La producció era d'objectes idèntics, sense variacions, pensats segons criteris de geometria euclidiana.

Tot i que el disseny paramètric existeix des de la dècada de 1960, va ser amb la introducció dels sistemes digitals que s'ha convertit en una nova conceptualització de l'activitat del dissenyar, integrant disseny i producció, es poden realitzar formes complexes, flexibles i adaptables.

El model paramètric introdueix una racionalització constructiva des de l'inici del projecte: és un sistema que permet detectar i avaluar automàticament, en temps real i mentre es dissenya, una sèrie d'alternatives al projecte, d'acord a uns paràmetres preestablerts. S'obté així una infinita quantitat de variants que són seleccionats segons altres paràmetres també establerts prèviament.

L'ús d'algoritmes matemàtics implica anàlisi, extreure particularitats, trobar relacions i posar regles de manifest; el disseny es racionalitza i treballa amb resultats certs, dins dels límits del virtual.

A part dels resultats formals, de la capacitat d'optimitzar propietats i de l'estructura racionalista que implica treballar amb models paramètrics, també es dona un desplaçament de les tècniques digitals com a eines de representació a mitjans per a poder dissenyar.

Els instruments de representació són processadors associatius, això és, la persona dialoga amb el projecte gràcies a la seva mediació. Hi ha mitjans de representació performatius (ajuden a pensar durant el procés creatiu) i mitjans de representació constatatius (descriuen el projecte segons convencions per poder comunicar-lo). Els instruments de representació digital CAD sempre s'han considerat instruments de representació constatatius perquè s'utilitzen per comunicar a l'industrial com s'ha de fabricar el producte (tot i que poden haver últimes correccions i modificacions, és un dibuix d'últimes etapes del projecte). El dibuix digital paramètric, en canvi, és un instrument de representació performatiu; el creatiu dialoga i fa emergir el projecte a través del sistema que ha creat digitalment, testant-lo, modificant-lo i definint-lo alhora.

Dissenyar el model és pensar el projecte (performativitat), però un cop el model s'ha definit no s'ha dissenyat el projecte: el model paramètric es converteix amb una eina per a dissenyar. Primer es dissenya l'eina (el sistema) i després s'utilitza l'eina per a definir el projecte. Cada dissenyador, sol o en equip, ha de dissenyar-se la seva pròpia eina de treball.

### **4.1.3 Llenguatges i entorns de programació de dibuix generatiu**

En aquest capítol es descriuen alguns softwares i aplicacions pensades per a dissenyar peces impreses en 3d. Són programes pensats per iniciar-se en la programació o per jugar a construir formes complexes.

L'interès del software *Beetle Blocs* està en la manera com es dissenyen formes complexes a través del disseny de sistemes encadenats d'ordres senzilles. Els desenvolupadors segueixen criteris de disseny basats en la intuïció de l'usuari, sense recorre a conceptes de geometria abstractes que requereixen aprenentatges previs.

En la mateixa línia, però simplificant més el llenguatge i proposant una família de figures amb una formalitat molt concreta es presenten els programes *SimpSymm*, *Double Mesh* i *Shapeshifter* com a softwares i aplicacions app comercials que permeten jugar amb nous llenguatges formals i construir figures amb sistemes constructius interessants que només són possibles gràcies a la computació.

## Beetle Blocs

*Beetle Blocks* és un software que genera estructures 3d o disposicions d'objectes en l'espai mitjançant d'algoritmes computacionals. L'objectiu dels seus desenvolupadors és crear un software intuïtiu i fàcil per a usuaris que no tenen coneixements de programació. *Beetle Blocs* és una introducció senzilla que pot facilitar l'accés a programes més complexos (com el *Processing*) i també una eina de creació processual que genera sistemes de construcció espacial.

Els usuaris han de formular ordres explícites (algoritmes) a través d'un sistema que s'allunya de la sintaxi de text típica de la programació. Per a convertir-lo en un software accessible a tothom, els desenvolupadors de *Beetle Blocs* han combinat dos paradigmes: *Turtle Geometry*<sup>14</sup> i *Scratch*<sup>15</sup>.

*Turtle Geometry* es basa en un concepte de geometria basada en la intuïció, on no es necessiten coneixements apresos. Per exemple, saber moure un cos dins d'un espai absolut (utilitzant les coordenades x,y,z) necessita d'un aprenentatge previ, en canvi, moure'l de forma relativa a sí mateix (dos unitats dreta, gir sobre sí mateix, etc.) implica fer un paral·lelisme amb el propi cos. *Beetle Blocs* adapta *Turtle Geometry* a les 3d.

Els desenvolupadors de *Beetle Blocks* també han adoptat el llenguatge de programació gràfica del software d'animació *Scratch* perquè inclou *feedback* immediat, comandaments amb forma de blocs de construcció i prevenció d'errors.



Fig. 30. Similituds entre la interface de *Scratch* (esquerra) i la interface de *Beetleblocks* (dreta).

<sup>14</sup> *\*Turtle Geometry* és un llenguatge matemàtic computacional escrit per Hal Abelson i Andrea di Sessa en els anys '80 del s.XX. Es va dissenyar com un sistema d'exploració visual de propietats matemàtiques per a nens d'edat escolar. A partir d'ordres bàsiques de localització, orientació i moviment es fa maniobrar una icona que té forma de tortuga per un espai bidimensional virtual.

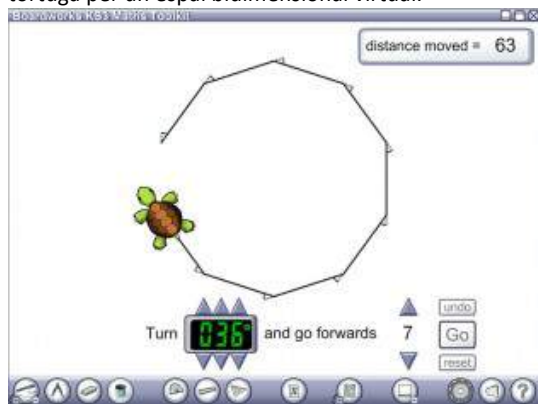


Fig. 31. Interface *Turtle Geometry*

<sup>15</sup> *Scratch* és un entorn d'aprenentatge de llenguatge de programació que permet als participants a escriure de manera sintàcticament correcta, investigar, introduir-se i jugar amb la programació utilitzant una interface molt senzilla. S'ha desenvolupat en un entorn col.laboratiu virtual.



Cada bloc de construcció és un comandament que conté una ordre senzilla. Quasi sempre que es clica a sobre passa alguna cosa a la pantalla. Això anima a seguir jugant per veure què més pot passar. Cada bloc, a més, té una forma que encaixa o no amb un altre bloc. Si encaixa és que són ordres compatibles i, si no encaixa és que no ho són. El software ha previst incompatibilitats sintàctiques i ajuda a minimitzar els errors amb aquest sistema d'encaixos.

Cada ordre és una “black box”, unitat primitiva que no es pot obrir per descobrir els algorismes que la construeixen. Per exemple “draw a circle” és una ordre mínima, però la informació que hi ha darrere no és accessible a l’usuari. S’han eliminat tots aquells comandaments que no tenen una comprensió prou intuïtiva perquè sigui fàcil compondre ordres complexes.

Els desenvolupadors que dirigeixen aquest projecte de creació de software són Eric Rosenbaum i Duks Koschitz en un entorn col·laboració virtual, igual que *Scrath*. Aquest programa encara està en estat de prototip.

Primeres proves amb Beetle Blocs:

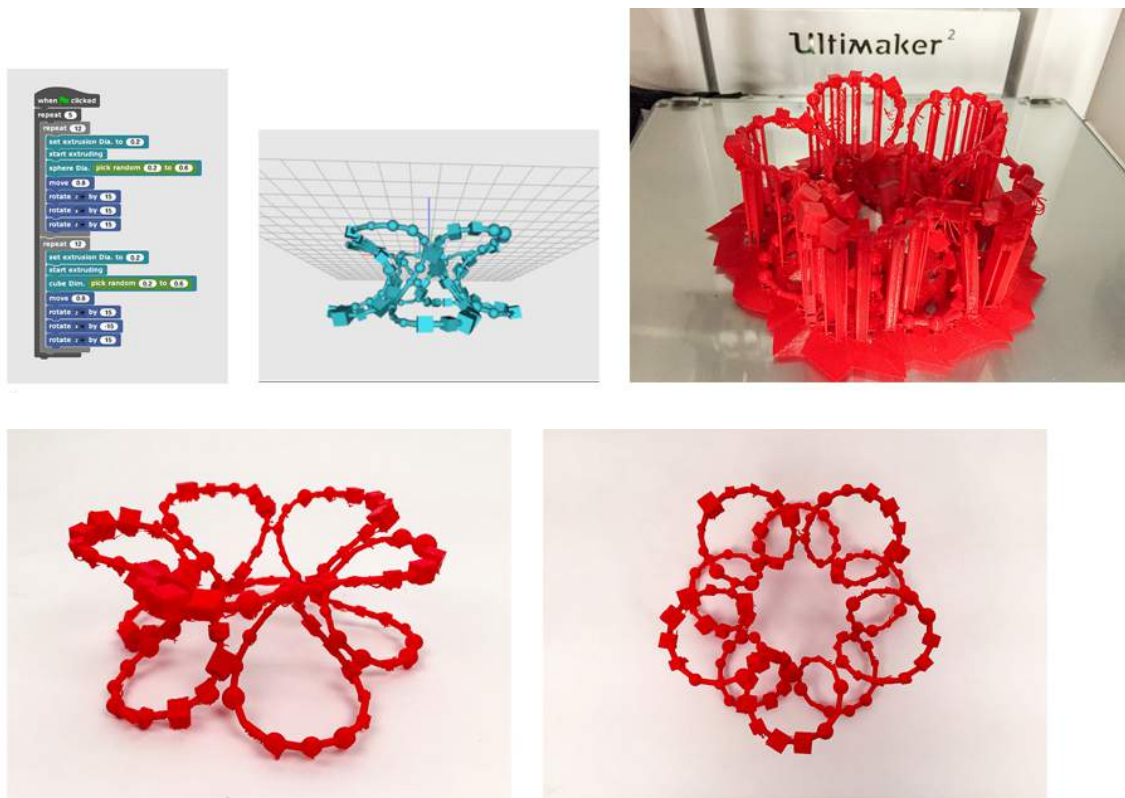


fig 32. Primera prova impresa amb el programa Beetle blocs. The Thinkering Studio, 2015

1. Dibuixen una peça 3d amb BB
2. Utilitzen un software que posa tota l’estructura necessària perquè la figura es pugui imprimir
3. Impressió amb una màquina d’extrusió d’un sol fil plàstic de marca Ultimaker
4. Extracció de l’estructura. Neteja.

La persona que ha fet la peça considera que el programa *Beetle Blocks* és accessible, fàcil i ràpidament obtens resultats variats i inesperats. En relació a la impressora 3d i al procés de fabricació considera que les màquines de fabricació encara tenen moltes limitacions i és difícil controlar la impressió.

En aquest comentari es posa èmfasi en la diferència que hi ha entre la facilitat del programa i la dificultat de comprendre la màquina. Tal com s’ha vist a l’experiència del disseny i fabricació del Toy, comprendre les possibilitats i limitacions de la màquina d’impressió és tan important

com aprendre a representar amb els softwares de dibuix. Per la meua pròpia experiència amb una màquina de filament de plàstic domèstica Rep Rap, considero que són màquines per jugar i aprendre tecnologia que no pas màquines per fabricar amb qualitat. Encara hi ha, en les màquines domèstiques i de gama econòmica, una gran diferència entre les possibilitats creatives del software i les possibilitats constructives del hardware.

### SimpSymm

Christoph Bader i Dominik Kolb estan actualment desenvolupant una aplicació de treball algorítmica per la tablet de Microsoft Surface Pro 2. Aquesta aplicació modela escultures preparades per a ser impreses en 3d. El software transforma inputs de geometria simple a formes simètriques complexes a través d'una sèrie de processos generatius controlats paramètricament.

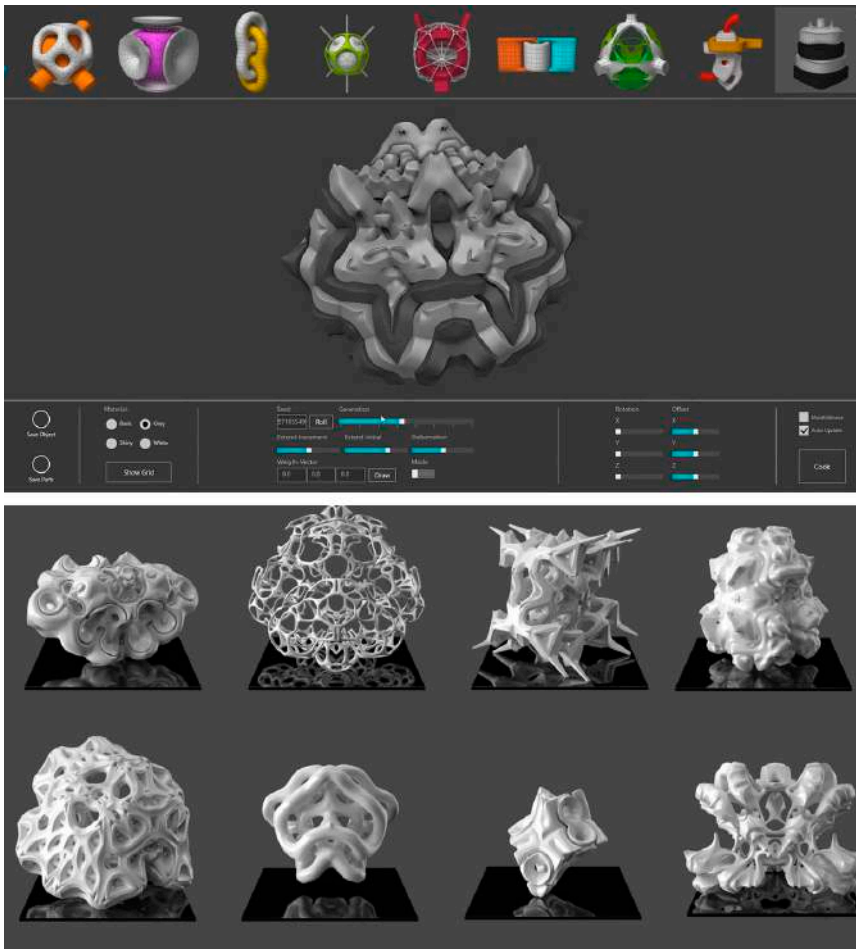


Fig 33. Entorn *SimpSymm* i exemples gràfics de possibles resultats



Fig. 34. Figures dissenyades amb el software *SimpSymm* i impreses en impressió 3d.

### Double Mesh

Christoph Bader i Dominik Kolb, dissenyadors del software *SimpSymm*, presenten un programa que treballa amb estructures geomètriques; les modifica i les solapa creant resultats de gran complexitat geomètrica.

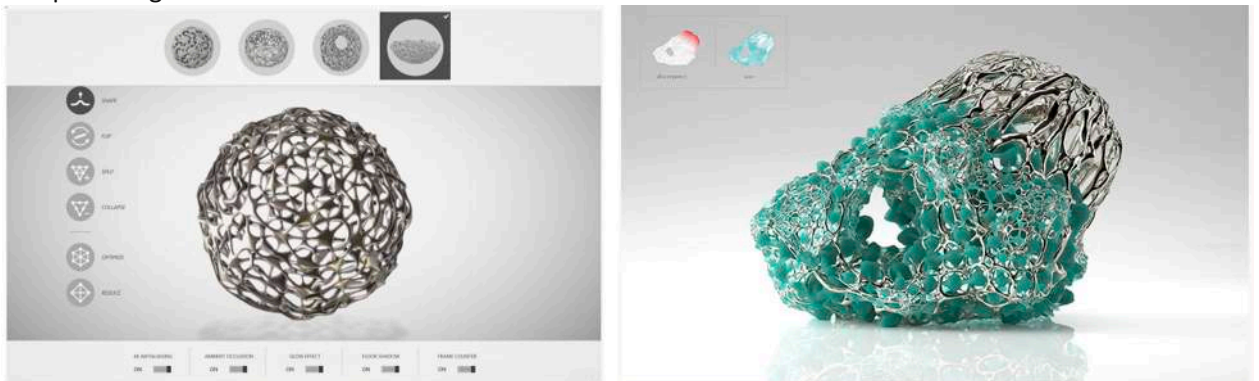


Fig 35. Interface de *Double Mesh*.



Fig. 36. Proves impreses dissenyades amb *Double Mesh*.

### Shapeshifter

*Shapeshifter* és un exemple semblant a *SimpSymm* però amb una base formal diferent. Ells mateixos es descriuen com a software topològic. Està orientat a dissenyar objectes per imprimir en 3d amb l'ajuda de la formació de geometries que van modificant la seva forma amb l'ajuda de barres de desplaçament.

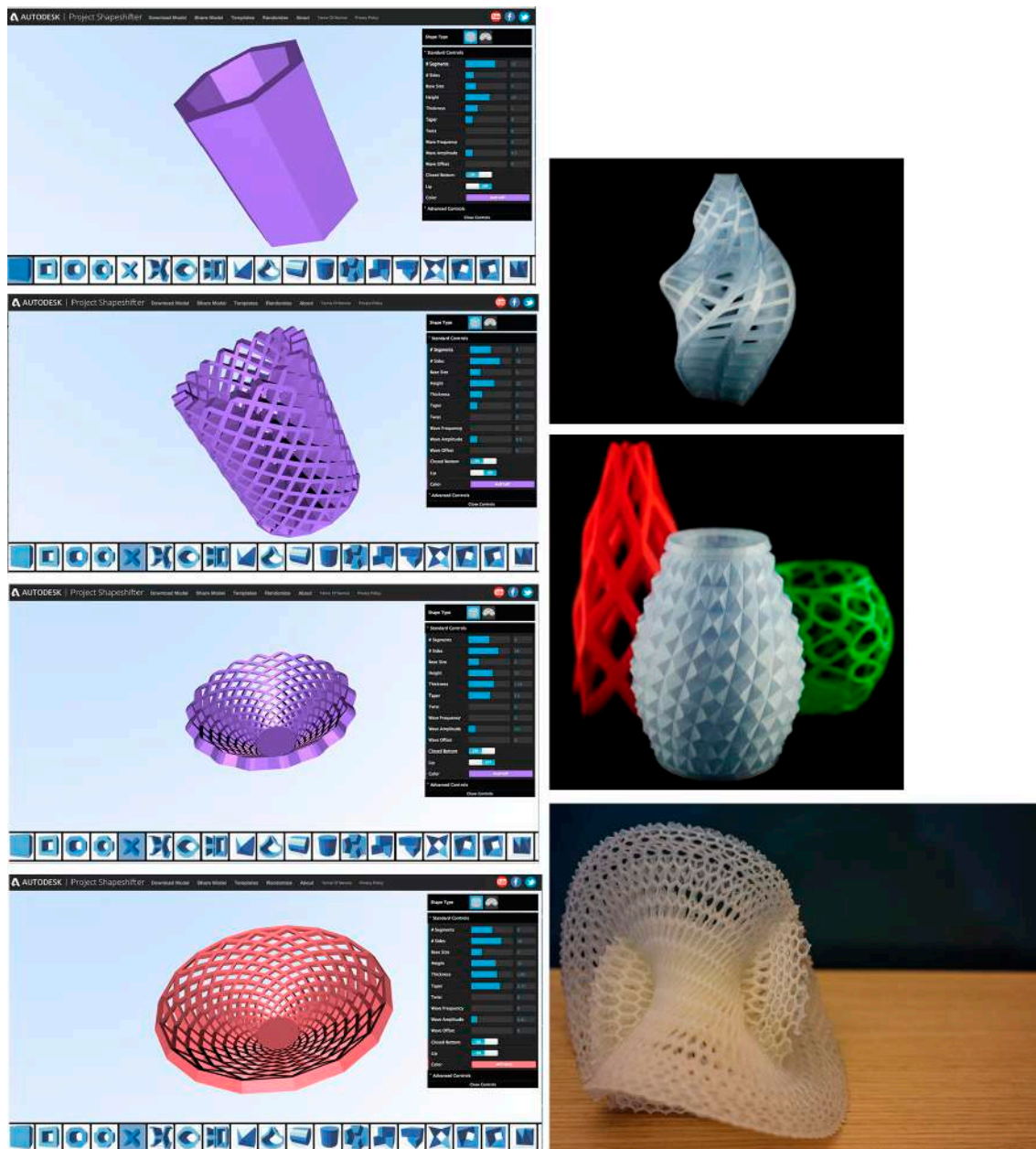


Fig. 37. Esquerra: Transformació d'una forma bàsica mitjançant la modificació dels paràmetres proposats pel software.

Dreta: Impressions 3d. Project *Shapeshifter* is Live on Autodesk Labs, 2014. [twitter.com/shpshifter](https://twitter.com/shpshifter)

### Conclusions:

*Beetle Blocs* manté el llenguatge de programació gràfica organitzant conjunt d'ordres dins de blocs de construcció bàsics que després es relacionen segons un sistema d'encaixos visuals. L'usuari s'estalvia tenir que escriure codi tota l'estona i treballa a un nivell més visual, tot i que es manté encara el text.

*SimpSymm*, *Double Mesh* i *Shapeshifter*, en canvi, han eliminat qualsevol ordre creada a partir de text i han generat una família de figures (que ja tenen d'entrada bastanta complexitat geomètrica) i ordres d'edició i relació entre elles. L'usuari treballa tota l'estona amb formes visuals, mai amb text.

En cap del dos casos hi ha control dimensional exacta; sempre són mides aproximades. En ambdós casos, les possibilitats constructives es limiten, tot i que són interfícies de treball formalment interessants.

Considero que *Beetle Blocs*, *SimpSymm*, *Double Mesh* i *Shapeshiftr* es mouen en l'esfera de l'aprenentatge i del joc. Són softwares especialment dirigits a crear formes 3d imprimibles. Experimenten amb els nous llenguatges que faciliten les màquines d'impressió 3d i proposen alternatives que ens exerciten en altres models de pensament que es poden arribar a convertir en eines creatives potents. Es tracta de saber utilitzar-les i treure partit de les seves possibilitats.

#### 4.1.4 Dispositius digitals que recullen dades del món físic

Una de les característiques del software és la possibilitat de connectar-se a altres dispositius digitals. El so, la imatge, i les dades de l'entorn es poden recollir i reutilitzar com a material de treball. Tots els mitjans digitals parlen el mateix llenguatge i poden hibridar-se, augmentant la capacitat que té cadascú de forma individual. Si en les arts gràfiques, el collage i l'ús de dades digitals fa temps que ha transformat les metodologies de treball i l'estètica dels productes bidimensionals, la fabricació digital ha permès fer el traspàs a la volumetria.

Hi ha dispositius que recullen dades del món exterior i les transformen en valors per definir paràmetres de disseny generatiu oberts. Hi ha dispositius que escanegen la realitat i la reproduïen digitalment.

De la mateixa manera que els creadors es poden arribar a dissenyar el seu propi software de treball, també es dissenyen els seus propis dispositius de recollida de dades.

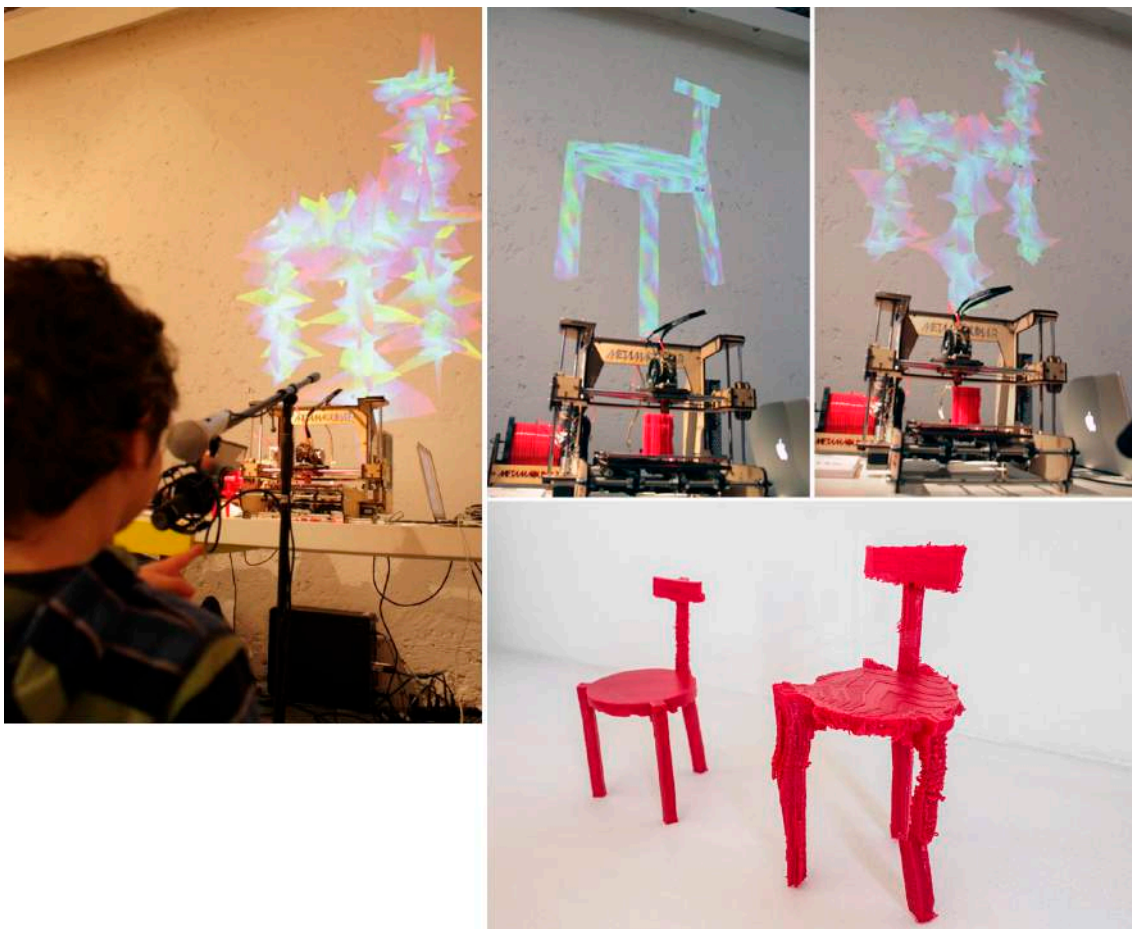


Fig. 38. Estudio Guto. *Live Nôize: A Design Performance*, Sao Paulo Design Weekend 2013. Filament fos. Plàstic

A partir del dibuix 3d d'una cadira, es creen múltiples versions amb la vibració de la veu de les persones que participen a la performance.

Kathryn Hinton dissenya un dispositiu que connecta una massa de material dúctil amb la seva reproducció digital. Es modela el material a cops de martell i el resultat s'imprimeix amb cera. El model de cera s'utilitza per fabricar un motlle i fer reproduccions de la peça en plata.

Kathryn Hinton és dissenyadora de joies i en aquest projecte es planteja les relacions entre l'artesania tradicional i el prototipatge ràpid.

En aquest tipus de projecte, la forma final és el resultat de dades numèriques atzaroses que no tenen a veure amb conceptes de forma; la peça es transforma en un vehicle que tradueix valors emocionals, socials i culturals.



Fig38. Kathryn Hinton, Digital Hammer. 2008-2014. Cera i plata

Un escàner capta fragments de realitat i els converteix en material de treball. Aquesta eina es pot utilitzar com a instrument de representació de la realitat, que després s'edita i s'adapta als objectius del projecte:

- Tractaments mèdics. Escanejat de parts del cos sobre les quals es dissenyen pròtesis o elements personalitzats.
- A nivell comercial, com una eina de retrat fotogràfic tridimensional.
- Restauració de peces.
- Copia de peces originals.
- Disseny i art. Proliferació d'un nou realisme estètic.



Fig. 39. Joies de Ted Noten. S'escaneja material trobat i l'edita per convertir-lo en joies. D'esquerra a dreta: *Pig Brasalet*, *Ice cream girl*, *Lady Killer vol.1*

Driessens i Verstappen en la línia dels seus interessos vers la creació a través de processos automàtics i generatius presenten la sèrie *Solid Spaces* com una reflexió envers la diferència entre la sintaxis digital i els processos de pensaments humà.

Per aquest projecte s'utilitza un escàner amb un sensor làser per capturar l'espai de dues galeries (*Bergkerk* a Deventer i *DAM* a Berlin). Quan l'ull humà mira un espai, automàticament l'interpreta: sintetitza el que veu i recomposa i acaba mentalment l'espai que no veu.

L'escàner digital no interpreta; situat en un punt determinat de l'espai té un sensor capaç de llegir en totes les direccions, però no pot travessar el material. Quan l'escàner no llegeix alguna cosa no la representa, la seva lectura és automàtica, sense interpretació. El resultat és un artefacte estrany, uns volums en forma de finestres llargues i forats en forma de vano. Aquest projecte s'ha exhibit en els mateixos espais que s'han escanejat amb l'objectiu de posar en evidència les diferències entre la lectura humana, filtrada per la cultura, i la lectura automatitzada que fa un dispositiu digital.



Fig. 40. Esquerra: Laser escàner mesurant l'espai Bergkerk a Deventer. Escàner dissenyat fabricat pels autors. Dreta: Instal·lació de l'obra a la galeria Bergkerk, 2013.

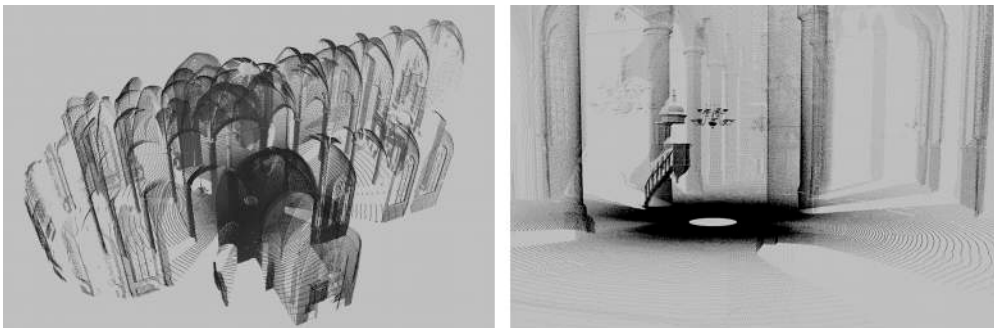


Fig. 41. Núvol de punts de la lectura de l'espai. Software dissenyat pels autors.



Fig. 42. Model imprès de la representació de Bergkerk, 2013. Material plàstic.

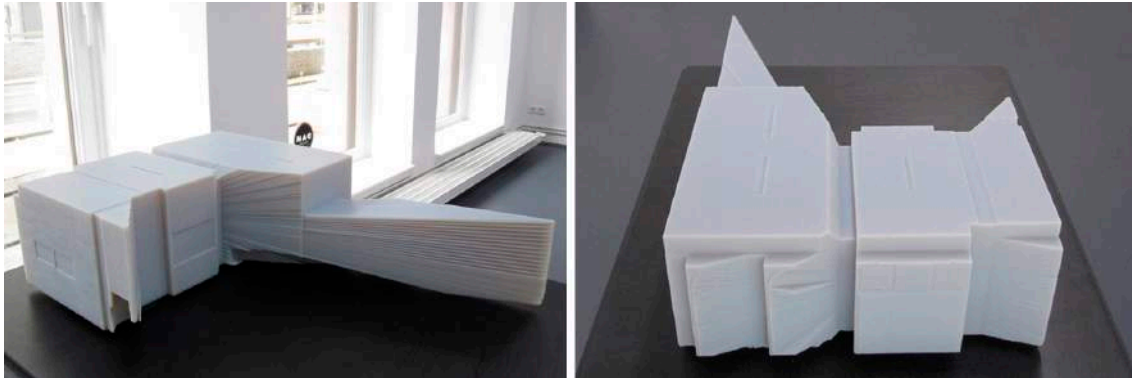


Fig. 43. Model imprès de la representació de DAM, Berlín. 2013

### Conclusions:

Els dispositius digitals es converteixen en instruments complementaris al projecte. Gràcies a la capacitat del software de rebre ímputs digitals, es multipliquen les possibilitats expressives del projecte: es pot incorporar so, imatge o qualsevol altra dada que pugui recollir un dispositiu adaptat.

Com a instruments, aquests dispositius també són mediadors, la nostra manera d'accedir a la realitat. Pensar-los, dissenyar-los, construir-los i utilitzar-los ens fa entrar en diàleg amb aquesta realitat, transformant-la i resignificant-la.

### 4.2 El software com a mitjà per a la “postproducció”

Es comença aquest capítol explicant el tercer projecte de Laureline Galliot produït amb impressió 3d perquè interessa la manera com construeix digitalment les mostres de massa-color que fa servir per donar forma al projecte *Mask*. Utilitza les biblioteques de color del software, mostres de fotografies escanejades de la seva pròpia obra gràfica i fotografies de la seva pròpia cara. L'eina (el software) li permet treballar de forma transversals amb altres recursos digitals. En aquest cas, a través d'una foto de la seva pròpia cara importa un tros a la paleta de treball per convertint-lo en una mostra de color carn que aplicarà al volum.



Figura 44. Seqüència *Mask* amb mostra de color de la fotografia de la seva cara (superior). *Mask* impresa (inferior)



A l'apartat anterior s'ha vist la capacitat del software per incorporar dades introduïdes per dispositius digitals externs. Els mitjans digitals es caracteritzen per la seva capacitat de remesclar-se, ampliant exponencialment el seu potencial com a eina creativa.

Lev Manovich a *El software toma el mando* descriu els mitjans digitals, delimitats per la naturalesa del software, com:

1. Els mitjans digitals són la versió digital dels mitjans analògics. El software és un simulador de la màquina d'escriure, d'un reproductor de música, d'una càmera de vídeo, d'una càmera fotogràfica, etc.
2. Els mitjans digitals són meta-mitjans, això és, contenen el llenguatge del mitja i el metallenguatge: l'estructura original (un document escrit, una cançó, una fotografia, una pel·lícula, etc.) i les eines del software que permeten fer canvis a aquesta estructura (comandos per editar continguts).
3. La naturalesa numèrica del software possibilita la remescla entre els diferents softwares: es poden introduir imatges en un document de text, so dins d'un vídeo, etc. Aquests acostumen a ser més que la suma dels seus originals; s'acaben convertint-se en nous mitjans amb funcions híbrides.

La lògica dels mitjans encaixa bé amb el concepte "postproducció", introduït per Nicolas Bourriaud a *La cultura como escenario: modos en que el arte reprograma el mundo contemporáneo*. Bourriaud considera que, des de principis dels anys '90, els artistes postprodueixen formes culturals existents i les resignifiquen. El terme postproducció engloba tot el conjunt de tècniques que serveixen per "editar" continguts: els artistes *interpretan, reproducen, reexponen o utilizan obras realizadas por otros o productos culturales disponibles. (...). Podríamos decir que tales artistas que insertan su propio trabajo en el de otros contribuyen a abolir la distinción tradicional entre producción i consumo, creación y copia, redy-made y obra original. La materia que manipulan ya no es materia prima. Para ellos no se trata de elaborar una forma a partir de un material en bruto, sino de trabajar con objetos que ya estan circulando en el mercado cultural, es decir, informados por otros* (Bourriaud 2004:7,8). Wittgenstein deia que el sentit de les coses està en el seu ús, per tant, amb l'art contemporani no es tracta de fer coses noves, sinó d'inventar protocols per l'ús de totes les maneres de representació i les estructures formals existents. S'han de captar els codis de la cultura, les formes de la vida quotidiana, les obres del patrimoni global i fer-les funcionar, resignificant-les.

La fabricació digital, en general, i la impressió 3d, en particular ofereix la possibilitat de postproduir obra (mitjançant el software) i presentar-la en format tridimensional (mitjançant el hardware). Trobem projectes impresos en 3d que responen a certes tipologies de postproducció descrites per Bourriaud:

#### 1. Reprogramar obres existents

*Kiosk* és un projecte que explora un escenari de futur on els fabricants digitals són tan omnipresents que prenen els carrers de les ciutats, com si fossin venedors de menjar ràpid. *Kiosk* serà un carretó mòbil amb eines per a la impressió 3d i edició on et poden arreglar ràpidament una sabata trencada o imprimir un arxiu il·legal de l'espremedor de taronges de Phillip Stark o qualsevol altre projecte propi o aliè que vulguem editar o copiar.

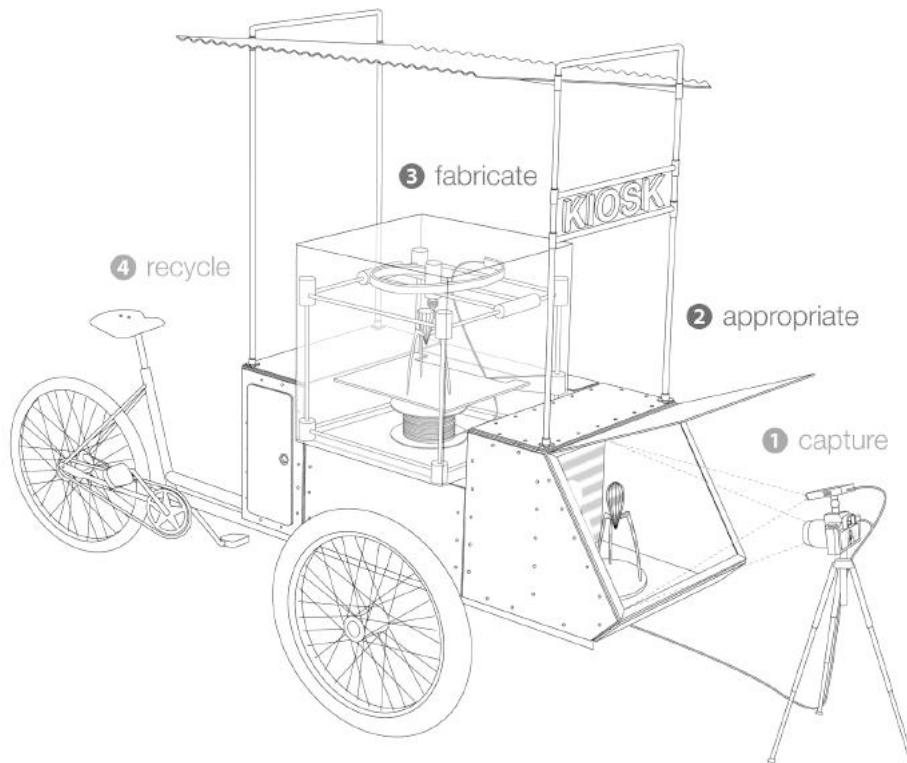


Fig. 45. Esquema gràfic del funcionament del projecte



Fig. 46. Imatges fotogràfiques del prototip de Kiosk, 2011

Aquest projecte desafia la nostra percepció de l'autoria, l'originalitat i el disseny. També ens fa pensar en el paper del dissenyador, que sembla que s'ha de redissenyar ell mateix i trobar el seu lloc dins del nou context de la fabricació digital.

## 2. Habitar estils i formes historitzades

Benjamin Dillenburger i Michael Hansmeyer<sup>16</sup> dissenyen el primer espai arquitectònic a escala humana fabricat amb sorra (3,2 metres d'alçada i 16 m2 d'espai). Utilitzen una geometria molt complexa gràcies a l'ús d'un software dissenyat especialment per aquest projecte. El software es diu *Mesh-grammars* i construeix la forma seguint processos generatius paramètrics.

Un input de forma simple és reiteradament redefinit, culminant amb una malla geomètrica de 260 milions de facetes. Aquest simple procés treballa a diferents escales des projecte: modifica

<sup>16</sup> Formen part del departament Computer aided architectural design, Department of achitecture, EH Zurich.

l'espai general amb una petita curvatura i treballa les superfícies de forma molt local, generant una textura molt petita.

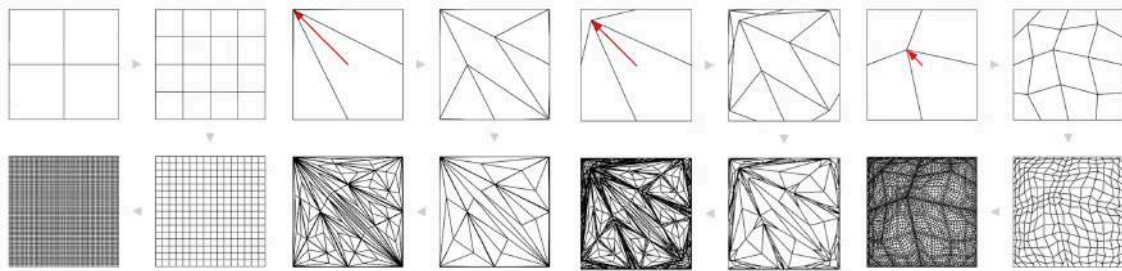


Fig. 47. Procés digital dissenyat pel projecte *Digital Grotesc*. Visualització de quatre escales del projecte i com els hi afecta la transformació generativa

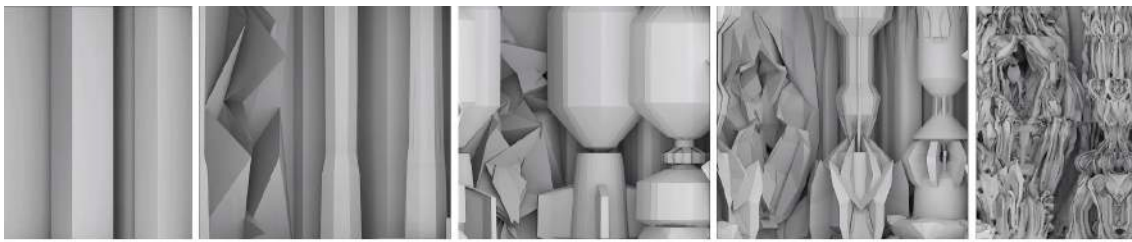


Fig. 48. Evolució del render a mesura que avança el procés generatiu

L'espai es fabrica a partir de la superposició de sis peces. Les dimensions de cada peça són 120x120cm i, tot i que la impressora permet imprimir peces més grans, la logística de la instal·lació, transport i muntatge manual, fa reconsiderar el muntatge a partir de maons molt grans

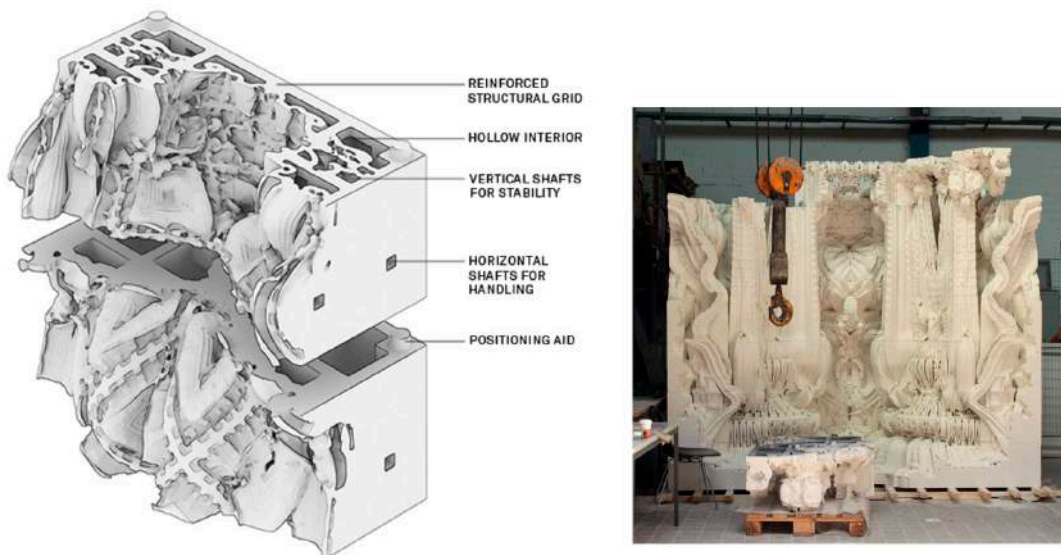


Fig. 49. Disseny de les diferents parts. Muntatge.

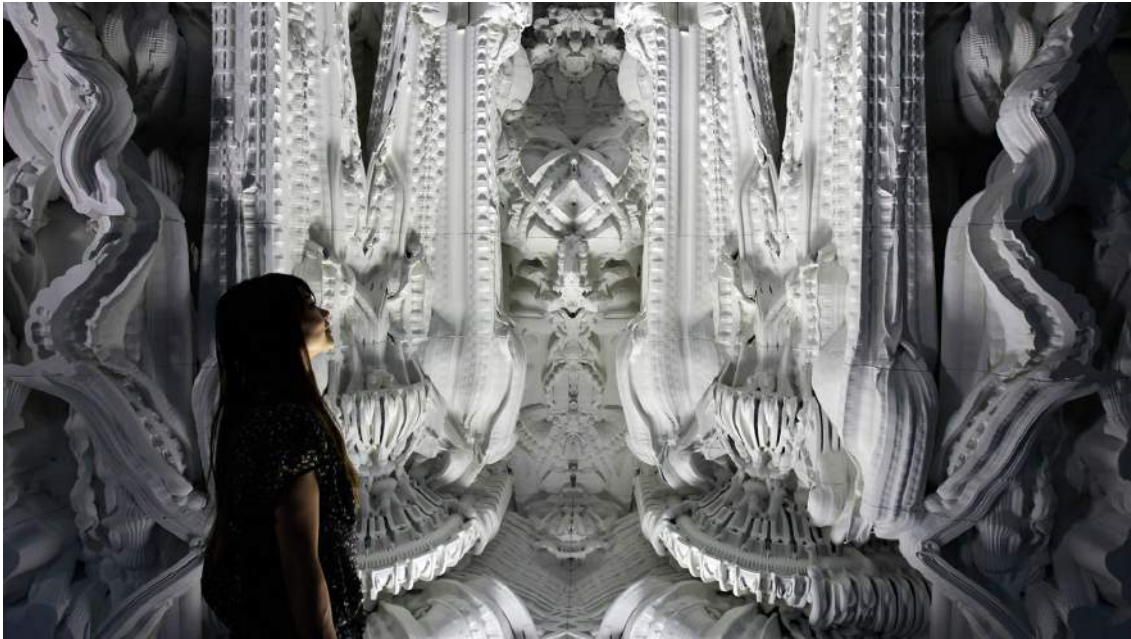


Fig. 50. *Digital Grottesc*, 2013. Benjamin Dillenburger i Michael Hansmeyer

Desenvolupament del projecte:	1 any
Impressió:	1 mes
Assemblatge:	1 dia

El producte final és el resultat del procés algorítmic dissenyat. Es juga amb l'ordre lògic del procés i la sorpresa del resultat final, que neix d'infinites possibilitats. Les referències formals a la natura o a estils arquitectònics passats, com el Barroc, no estan integrades en el projecte, sinó que les fa l'espectador a posteriori. El projecte funciona com un espai narratiu fictici i té a veure amb l'expressivitat formal i les sensacions dels espais fabricats amb tecnologia digital.

### 3. Utilitzar la societat com a repertori de formes

*Free Universal Construction Kit* és un conjunt de 80 adaptadors que interconnecten 10 jocs de construcció infantils. Aquest joc parteix de la idea d'obrir sistemes tancats a noves formes híbrides potenciant la creativitat infantil.

Els adaptadors estan pensats per les següents marques: *Legó*, *Duplo*, *Fischertechnik*, *Gears! Gears!*, *K'Nex*, *Krinkles*, *Lincoln Logs*, *Tinkertoys*, *Zome* i *Zoob*.

Tots els adaptadors es poden descarregar a [Thingiverse.com](http://Thingiverse.com) i a altres webs de descarregues d'arxius .stl, adaptats a la impressió de qualsevol màquina 3d.



Fig 51. Kit de peces, *Free Universal Construction Kit*



Fig 52. Algunes possibilitats de construcció, *Free Universal Construction Kit*

De la mateixa manera que la comunitat hacker desenvolupa software lliure, *open source*, per fer compatibles sistemes tancats pels interessos corporatius de les companyies, com per exemple VLC per visualitzar vídeo, F.A.T Lab i Sy-Lab fan el mateix amb les joguines. La idea d'una *cross-brand interoperability* és impossible tenint en compte la política de patents i els drets de disseny i ells van seguir els següents principis:

- Qualsevol disseny registrat copiat amb una impressora 3d no infringeix la llei si se'n fa un ús no comercial.

- Tot i el primer principi, es va evitar infringir les patents. S'han posat al públic tots els connectors de jocs amb patents que tenen més de vint anys i la resta estan en espera.

Legó va ser patentat l'any 1958; Lincoln Logs, al 1920 i Tinkertoys, al 1932. Hi ha dos marques encara sota protecció: Zoob (patentada al 1996) i ZomeTool (patentada al 2002). No està permès l'ús dels seus connectors fins el Desembre del 2016 i el Novembre del 2022, respectivament.

Aquesta joguina és un exemple de com els objectes poden tenir una vida útil molt més llarga i ser de tal manera que promoguin la creativitat. Les persones poden revolucionar el seu dia a dia amb les eines digitals obertes i es poden alliberar dels interessos del mercat, construint un món material adaptat a interessos no només econòmics.

### 3. Investir la moda, els mitjans massius

La *Venus of Google* és una obra de Matthew Plummer-Fernandez. El resultat va sortir a partir d'una cerca d'imatges de Google. Es va introduir una imatge d'un objecte de l'artista a google-imatges i la cerca va retornar cents de resultats d'aparença similar, entre la que es trobava la imatge d'una dona amb roba interior.

Es va utilitzar una tècnica de comparació d'algoritmes amb aquestes imatges per impulsar el disseny automatitzat d'una nova imatge 3d. L'algoritme de construcció comença amb una forma de caixa plana i tracta milers de transformacions aleatòries i comparacions entre la forma i la imatge, mutant cap a una forma nova que arrossega alguna cosa de les seves progenitores.

L'autor d'aquest projecte construeix una representació d'estil primitivista amb mitjans de tecnologia avançada, entrant a dialogar amb la tradició de la pintura amb el títol de l'obra.



Fig. 53. Esquerra: Venus of Google, 2013. Matthew Plummer-Fernandez. Dreta: procés de treball

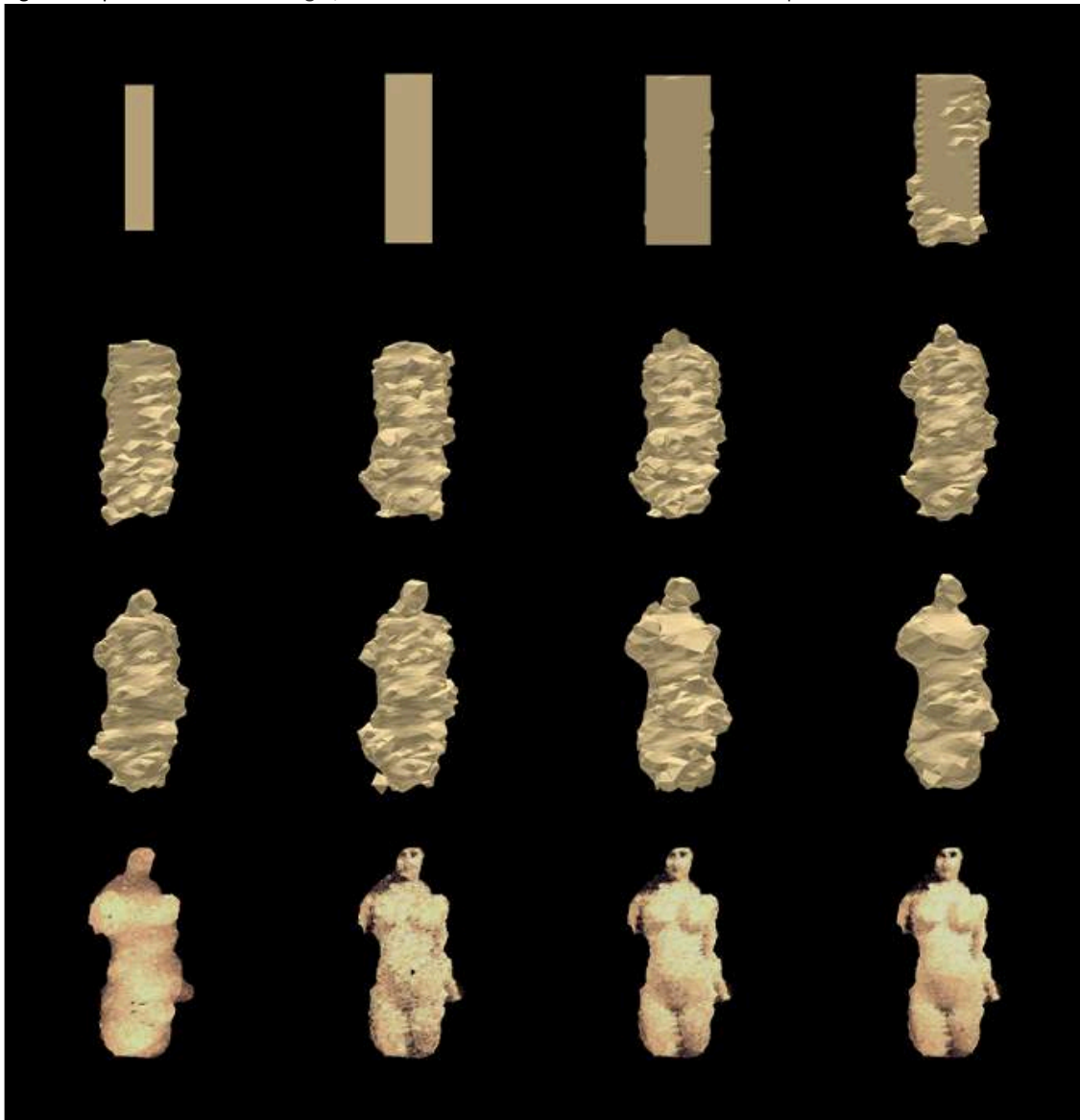


Fig. 54. Evolució digital de la figura.

Per visualitzar el vídeo de la seva creació: [vimeo.com/65996114](https://vimeo.com/65996114)

## Conclusions:

La capacitat de remezclabilitat del software i la pertinença de la fabricació d'impressió 3d al cosmos digital, la converteix en una eina per a la postproducció. Els projectes que en deriven tenen la capacitat de dialogar amb la realitat: consumidor-usuari-creador, producció-consum, creació-còpia, disseny automatitzat-disseny expressiu, tradició-digital, etc. En aquest sentit, l'instrument impressió 3d no és neutre, sinó que configura la realitat i la resignifica.

### 4.3 El Hardware com a constrenyiment

La impressió 3d és una eina que té dues cares: el software i el hardware. El software proporciona la sintaxi a la forma i el hardware és el mitjà físic a través del qual es fabrica aquesta forma. Entenc per hardware l'estructura física de la màquina, el procés físic de fabricació i el material que s'utilitza.

Fins ara s'ha treballat el software com a sintaxis i la seva capacitat de treballar amb estratègies de postproducció per alterar significats existents. Les disciplines creatives desenvolupen projectes que posen l'èmfasi en l'experimentació, la reflexió i la creació d'aquests nous llenguatges. El resultat és el naixement d'uns productes amb unes formes noves que associem a una nova artesanía digital que s'allunya dels productes seriatos de la fabricació industrial.

Les disciplines creatives també converteixen el hardware en tema de creació:

1. Qüestionen els seus límits i els forcen, en busca de forma i expressió.
2. Desenvolupen nous formats de hardware per donar resposta a diferents necessitats i perspectives.

#### 4.3.1 Les Possibilitats constructives d'una màquina d'extrusió monofilament

L'artista Lia va estar explorant la impressió 3d a través de diferents experiments que trobem documentats a [liasonething.tumblr.com](https://liasonething.tumblr.com). Aquesta artista, va utilitzar el software *Open Source Processing* per a construir les seves peces i això li va permetre crear una petita aplicació al programa des d'on poder definir el gCode dels tres paràmetres de control al voltant dels quals volia organitzar la seva experimentació:

1. Localització de l'extrusor
2. Velocitat del moviment
3. Quantitat de filament plàstic que s'extrueix

Gcode és un llenguatge mitjançant el qual les persones poden dir a màquines eina controlades per ordinador què fer i com fer-ho. Aquests "què" i "com" estan definits per instruccions sobre on moure's, a quina velocitat i quina trajectòria seguir.

Les primeres proves van ser entorn la quantitat de filament extruït necessari per a crear una línia i un punt.



Progressivament, al llarg de 30 experiments, Lia va anar incorporant variacions i complexitat a la informació digital per posar a prova les possibilitats estructurals de les peces impreses.

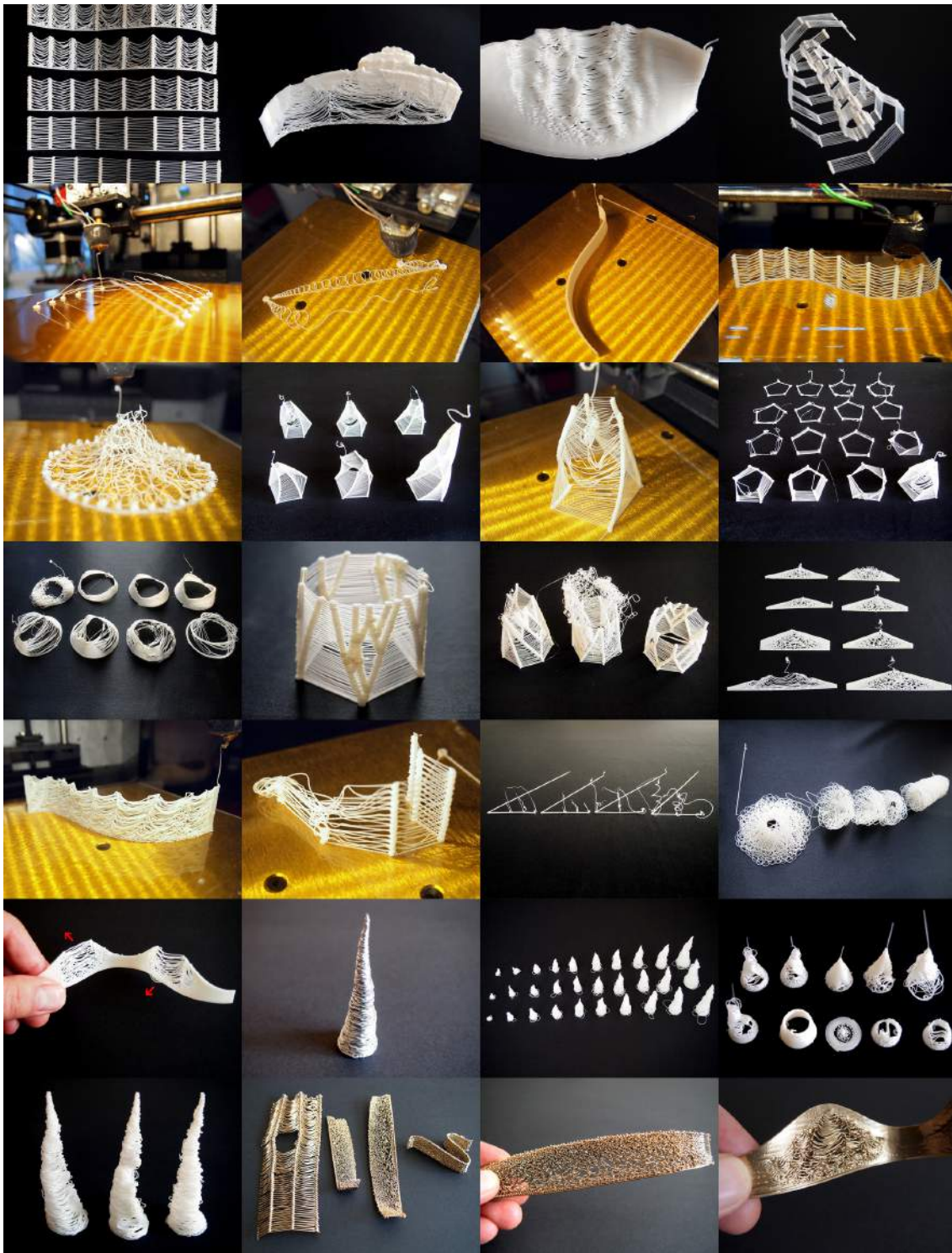


Fig. 55. Algunes de les 30 proves fetes durant 10 setmanes amb una màquina d'un extrusor de fil plàstic.

Amb aquestes proves Lia va treballar:

1. Les superfícies: caòtiques i contínues
2. Les línies: rígides i orgàniques
3. El filament: controlat o deixat lliure perquè trobi la seva pròpia forma

Amb aquest material va desenvolupar metodologies de construcció per fer peces amb estructura complexa i, finalment, va crear una sèrie de peces escultòriques que va anomenar



*Filament Sculptures*. Escultures que neixen del llenguatge del medi que les construeix<sup>17</sup>. Cada peça és un fragment congelat del moviment de l'escultura. Per visualitzar el vídeo : [vimeo.com/85913081](https://vimeo.com/85913081)

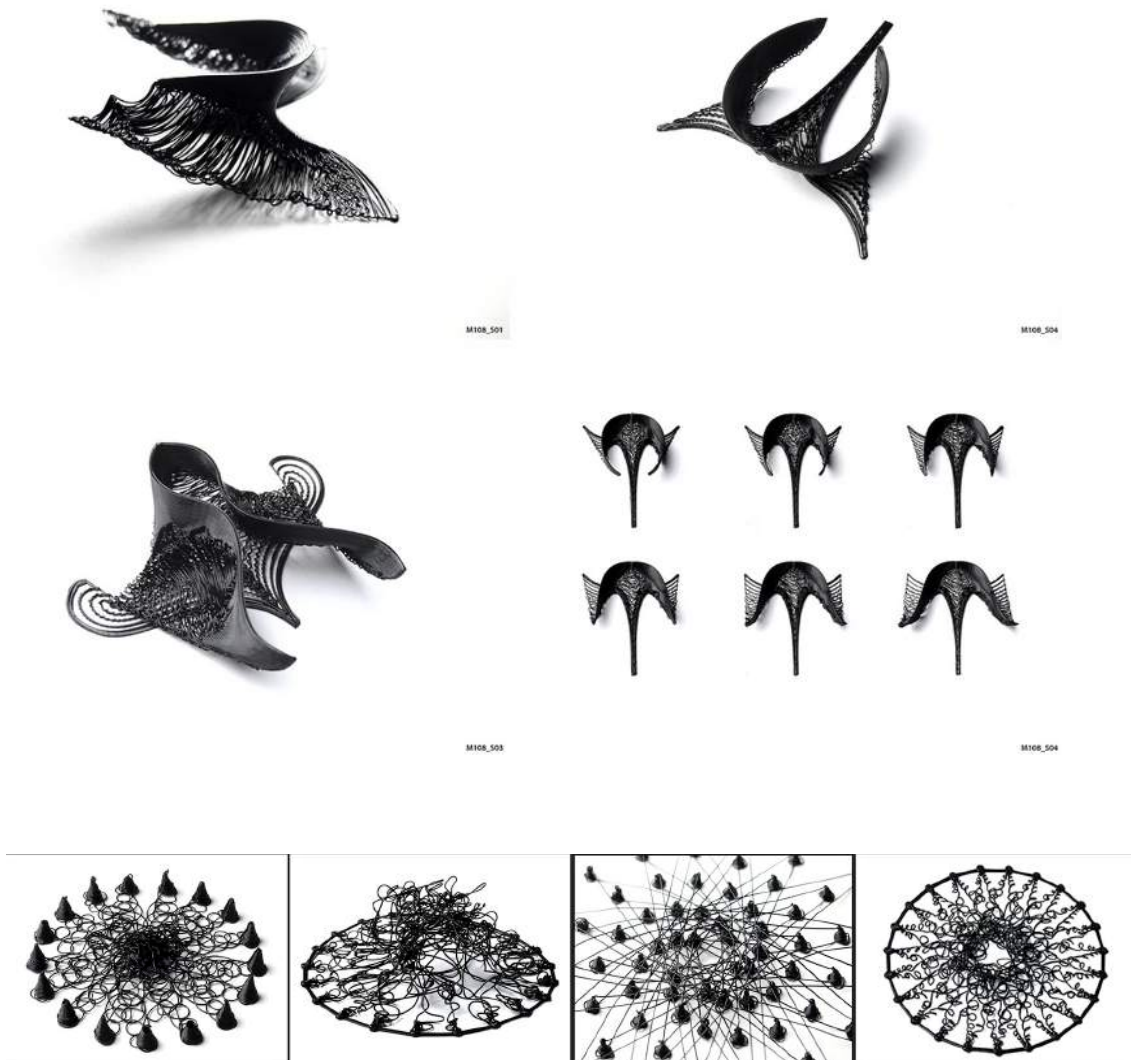


Fig. 56. *Filament Sculptures*. Treball de Lia amb 3d print  
Software: Processing  
Impresora: Extrusió de monofilament  
Material: PLA

<sup>17</sup> més informació a [www.liaworks.com/theprojects/filament-sculptures](http://www.liaworks.com/theprojects/filament-sculptures) i [www.flickr.com/photos/lia\\_lia](http://www.flickr.com/photos/lia_lia)



Fig. 57. *Filament Sculptures*. Treball de Lia amb 3d print  
 Software: Processing  
 Impressora: Extrusió de monofilament  
 Material: PLA

Lia experimenta amb els límits de la impressora 3d. Com a idea de treball busca l'equilibri entre el caos de la caiguda del material i l'ordre matemàtic que regula el software. Incorpora moviment a les figures. Suposo que fixar les formes és anar en contra de la naturalesa del software *Processing*, que treballa, sobretot, el moviment. Lia intenta captar el moviment latent de les peces individuals o fa series amb tota la seqüència.

#### 4.3.2 Les Possibilitats expressives d'una màquina d'extrusió monofilament

Anish Kapoor crea escultures que convinen intensió amb atzar i les propietats de les diferents barreges de ciment. Dissenya una màquina d'impressió 3d per ciment i experimenta amb diferents maneres de generar formes. Descriu aquest projecte en el llibre *Uniconformity and Entropy* :

*"The Identity Engine es una máquina de mierda que se tira pedos y que va cagando en su sendero ordenado, transformando el cemento en estructuras estigmergéticas auto-organizadas. Heridas y tajos, pliegues y arrugas surgen a voluntad y bien se curan solas o continúan su ruptura"* (fragment *Uniconformity and Entropy*, web Factumarte.com)



Fig. 58. Màquina feta a mida per extruir ciment i primeres proves.  
Autor: Anish Kapoor  
Títol: Greyman cries Shaman Dies Billowing Smoke Beauty Evoked  
Any: 2008-2009  
Desenvolupament tècnic: Factum Arte (Madrid)  
Software: Processing  
Impressora: Extrusió de monofilament  
Material: Ciment

Anish Kapoor fa proves experimentals amb barreges de material i diferents disposicions dels xurros en l'espai:



Fig. 59 Experiments d'Anish Kapoor amb la barreja, caiguda i disposició del material



Fig.  
Greyman Cries, Shaman Dies, Billowing Smoke, Beauty Evoked. Anish Kapoor,  
London Royal Academy, 2008–2009



Between Shit and Architecture, . Anish Kapoor,  
Chapelle des Petits-Augustin, École Nationale Supérieure des Beaux-Arts, 2011

Lia experimenta amb els límits de la impressora d'extrusió. Com a idea de treball busca l'equilibri entre el caos de la caiguda del material i l'ordre matemàtic que regula el software. Anish Kapoor experimenta amb l'expressió del material i combina la intenció i l'ordre amb l'atzar, el material és massa orgànic per ser controlat.

Lia dialoga amb l'objecte en moviment i aconsegueix figures estilitzades. Anish Kapoor dialoga amb el format arquitectònic i, tot i que el seu procés de treball és molt semblant al de Lia, el resultat és completament diferent: figures pesades i desfetes, el material es fa present, entrant en contradicció amb la regularitat geomètrica de l'espai que acull les figures.

#### **4.3.3 Nous formats de hardware i nous materials per l'arquitectura**

El disseny digital ha possibilitat reconsiderar les formes arquitectòniques i la fabricació digital està facilitant sistemes perquè aquests nous plantejaments es puguin portar a terme. Una de les aportacions de la fabricació digital ha estat l'alt grau de customització i precisió de les peces que es fabriquen.

La manufactura additiva ha portat la fabricació digital un pas més enllà. En comparació amb les metodologies de control numèric (CNC) que fan sostracció de material (tall làser, troquelar, fresar) o deformació (corbar tubs i plegar xapa metàl·lica), en la impressió 3d la materialització té lloc a cada fracció de mil·límetre. Mentre que la customització a la fabricació CNC es realitza sobre la base de materials prefabricats (plaques de fusta, tubs i planxes), la impressió 3d solidifica directament el material en cru; les possibilitats formals són infinites i les peces es fabriquen directament sense necessitat de post producció.

Fins ara, les aplicacions de les tecnologies additives a l'arquitectura han estat limitades al prototipatge o a la impressió de parts petites. Els costos dels materials són alts, les màquines no poden treballar a escala arquitectònica i la majoria de materials no són suficientment resistents com per suportar les exigències de la construcció. Des dels diferents centres de recerca s'estan portant a terme projectes per adaptar les tecnologies d'impressió 3d als requeriments de l'arquitectura.

La impressió 3d va néixer dins del món de l'enginyeria de producte i la seva intensió era donar servei a la indústria de fabricació de productes de consum; les tecnologies han evolucionat tenint en compte els requeriments dels objectes de petites dimensions. Les màquines d'impressió són com electrodomèstics tipus forn amb una porteta de vidre que et deixa veure un interior de dimensions reduïdes, que és on s'imprimeixen les peces. Si l'arquitectura s'apodera d'aquest sistema de construcció ha de modificar el format de la màquina, el procés tècnic de fabricació i els materials.

En quan a l'adaptació de la tecnologia d'impressió 3d a l'arquitectura es detecten tres tendències: la primera parteix de la idea de mòdul constructiu imprimible; la segona, fabrica màquines de gran format adaptades als volums arquitectònics i la tercera transforma el format de la màquina, adaptant-la a nous plantejament constructius.

#### Maons fabricats en impressió 3d

El projecte Building Bytes, és un projecte de recerca experimental actualment obert que investiga els processos de fabricació digital a petita escala per modificar el disseny dels maons tradicionals. El projecte consta del desenvolupament de la impressora 3d de ceràmica per imprimir i el disseny dels maons que s'imprimeixen.

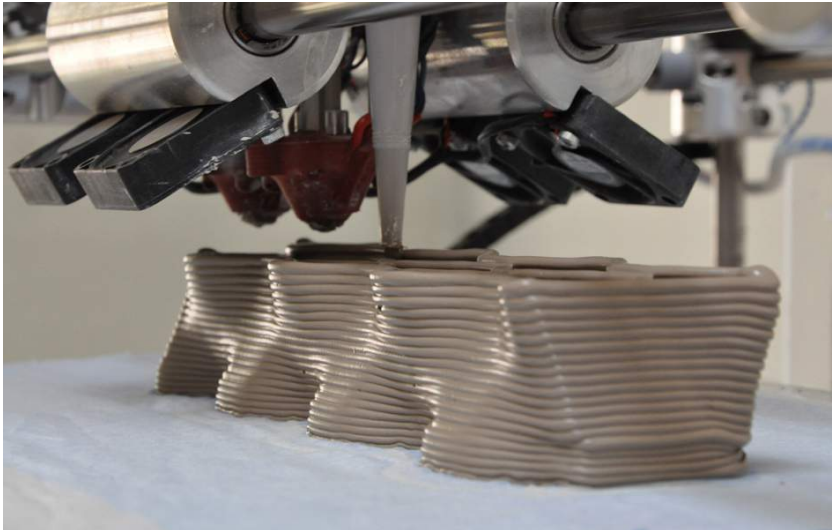


Fig. 60 Mostra d'impressió d'un prototip amb el primer model d'impressora.

Els dissenys proposats permeten incorporar unions entre maons, diferents perfils de façana, passar sistemes elèctrics o infraestructures mecàniques. Els maons es poden unir en diferents direccions, són per l'exterior o per l'interior.

S'han dissenyat quatre prototips: El maó *Honeycomb*, connectors, estriats i *X-Brick*



Fig. 61 Prototip Honeycomb i model a escala que mostra les aplicacions del mur. Brian Peters, 2012

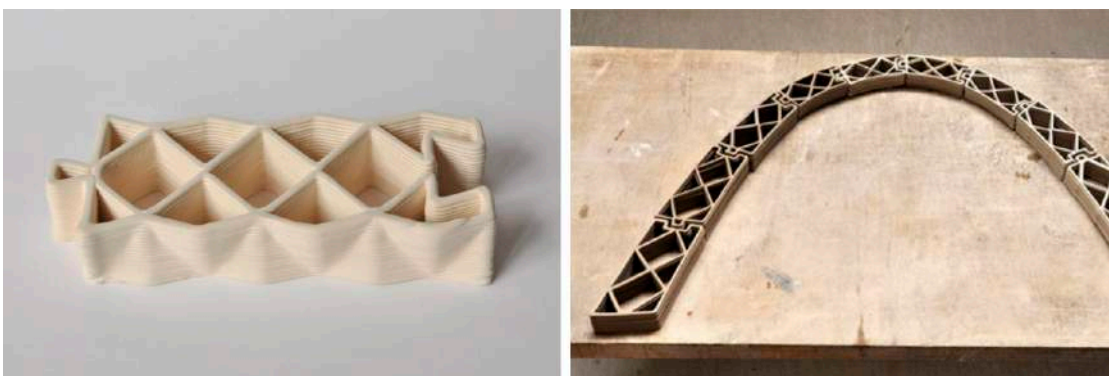


Fig. 62 Prototip de connector i model d'aplicació. Brian Peters, 2012

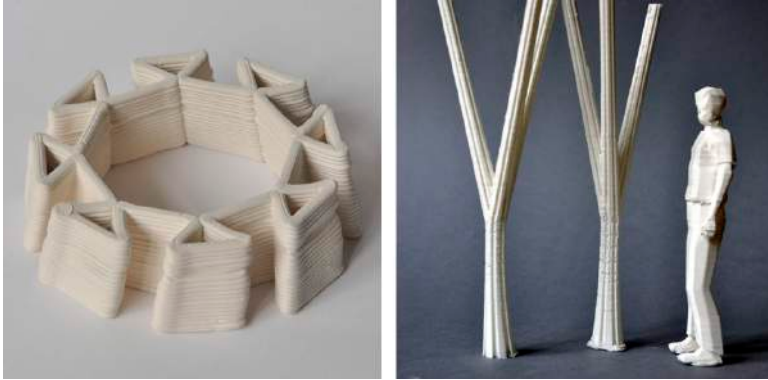


Fig. 63 Prototip estriat i model d'aplicació, Brian Peters, 2012

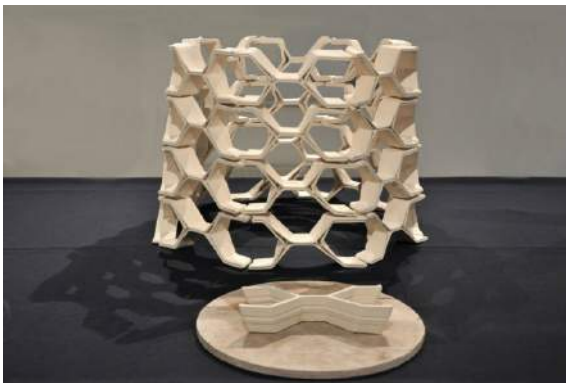


Fig. 64 Prototip, X-Brick i model d'aplicació. Brian Peters, 2012

Imprimir maons significa mantenir els sistemes de fabricació tradicionals (maons entesos com a unitats modulars que construeixen estructures de major complexitat per adició), però millorar les seves prestacions gràcies a les noves possibilitats de la impressió 3d.

#### Màquines d'impressió 3d de gran format

La primera màquina d'impressió 3d per arquitectura es diu D-Shape i la va fabricar Enrico Dini i l'equip de recerca de *Contour Crafting* i *Concrete Printing*. Té una superfície d'impressió de 6x6 metres i construeix estructures amb sorra artificial. El sistema retorna aquesta sorra al seu estat original de pedra compactada amb una resistència de tracció superior al ciment i no necessita estructura interior de reforç. Té aparença de marbre i és 100% ecològic.



Fig. 65 Màquina D-Shape.





Fig. 66 Procés de fabricació del prototip del projecte *Radiolara*, Shiro Studio, London, any?

Aquest concepte de construcció ens porta a pensar en fabricar màquines cada vegada més grans, que es poden desmuntar, transportar al lloc, tornar a muntar i fabricar. Actualment, a Xina s'està desenvolupant el sistema de "construcció per contorns", que permet imprimir una casa en poques hores.

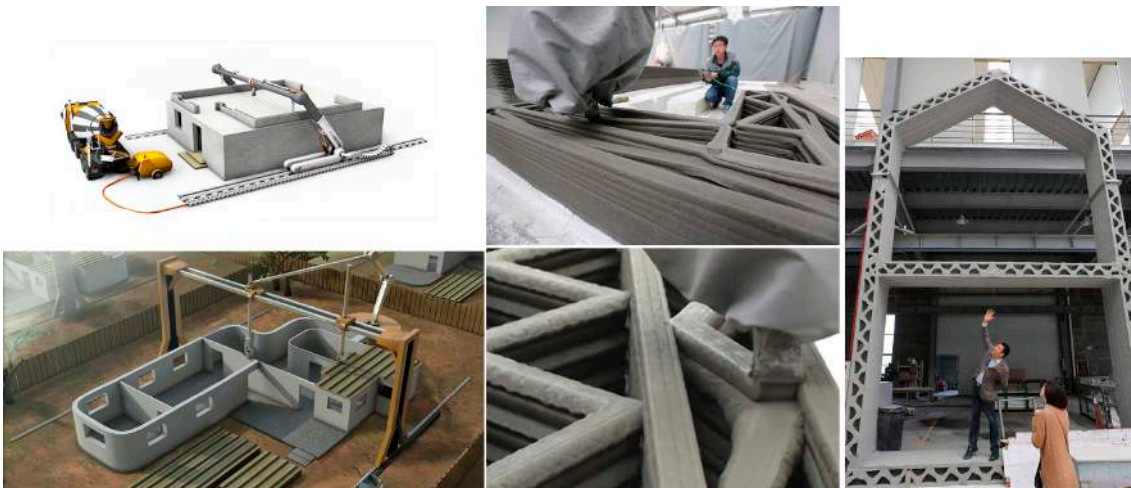


Fig. 67 Construcció per contorns, Xina.

"Construcció per contorns" és una tecnologia de construcció creada y desenvolupada por Behrokh Khoshnevis. Aquesta tecnologia de construcció en 3d és un sistema de braços robòtics y boquilles d'extrusió, disposat a sobre d'un pòrtic mòvil, controlat digitalment.

#### Transformar el format del Hardward: nous conceptes constructius

*Mataerial* és un braç robòtic que imprimeix per extrusió de material en contra de la gravetat, permetent imprimir estructures amb qualsevol forma, sense tenir en conte la inclinació i sense utilitzar material de suport per suportar l'estructura impresa. També es poden crear objectes sobre superfícies inclinades i irregulars.

És un sistema d'impressió 3d que abandona la idea d'impressió per capes de material i funciona construint línies.

*Mataerial* és un projecte de recerca que neix d'una col.laboració entre Petr Novikov, Saša Jokić del Centre d'Arquitectura Abançada de Catalunya (IAAC) i Joris Laarman Studio.

Hi ha un robot que funciona amb resina i un segon que funciona amb metall.  
Per visualitzar el funcionament del robot que extrueix resina: [vimeo.com/55657102](https://vimeo.com/55657102)  
Per visualitzar el funcionament del robot que extrueix metall:  
<https://www.youtube.com/watch?t=22&v=NFF0QQIQDXE>

Aquest braç robòtic obra el camí cap a altres formes constructives. Tant pot construir una estructura acabada com una estructura de suport per un altre material, com malles interiors de formigó amb formes impossibles.

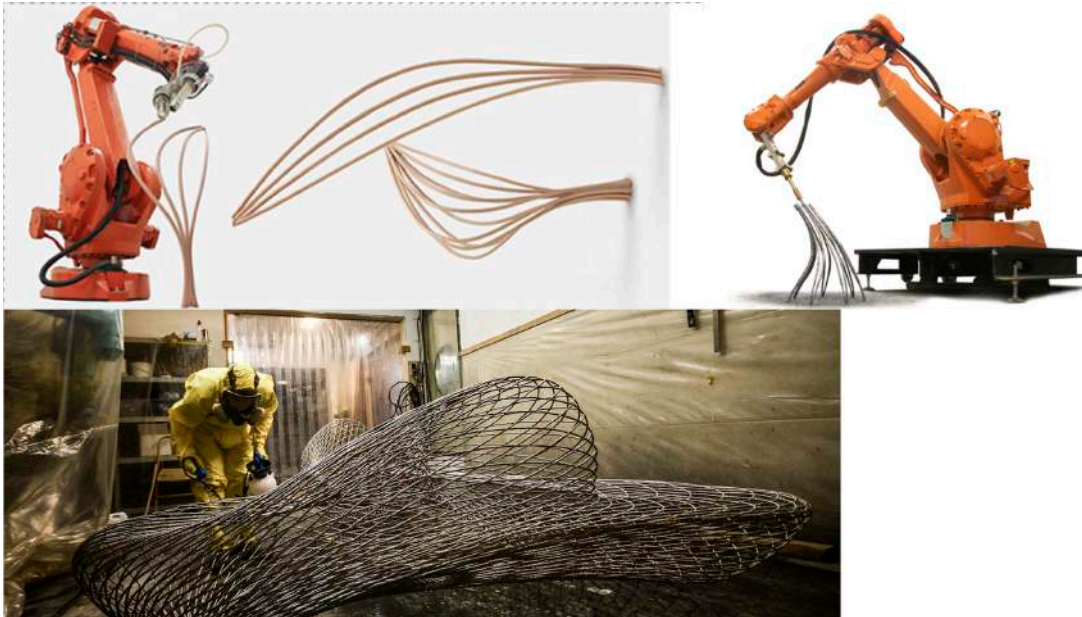


Fig. 68 Jori Laarman's "MX3D(Dragon Bench)(prototype)" (2014)

Minibuilders és un equip de petits robots preparats per imprimir grans estructures. L'equip de recerca de l'IAAC els ha creat perquè puguin imprimir grans estructures *on-site*, treballant en equip. Utilitzant els seus propis sensors i sistemes de posicionament, cada Minibuilder porta a terme el seu rol individual, utilitzant les instruccions que provenen d'un ordinador central. Un robot suplementari els proveeix del material que necessiten.

El sistema utilitza tres minirobots:

1. *Foundation robot*: Construeix la base de l'edifici
2. *Grip robot* : Construeix la paret de l'edifici, el sostre, les finestres i les portes.
3. *Vacuum robot*: Afegeix a sobre de l'estructura construïda una capa perpendicular per fer el conjunt més estable i resistent.



Fig. 69 Per veure el vídeo del seu prototip: <https://vimeo.com/97976677>

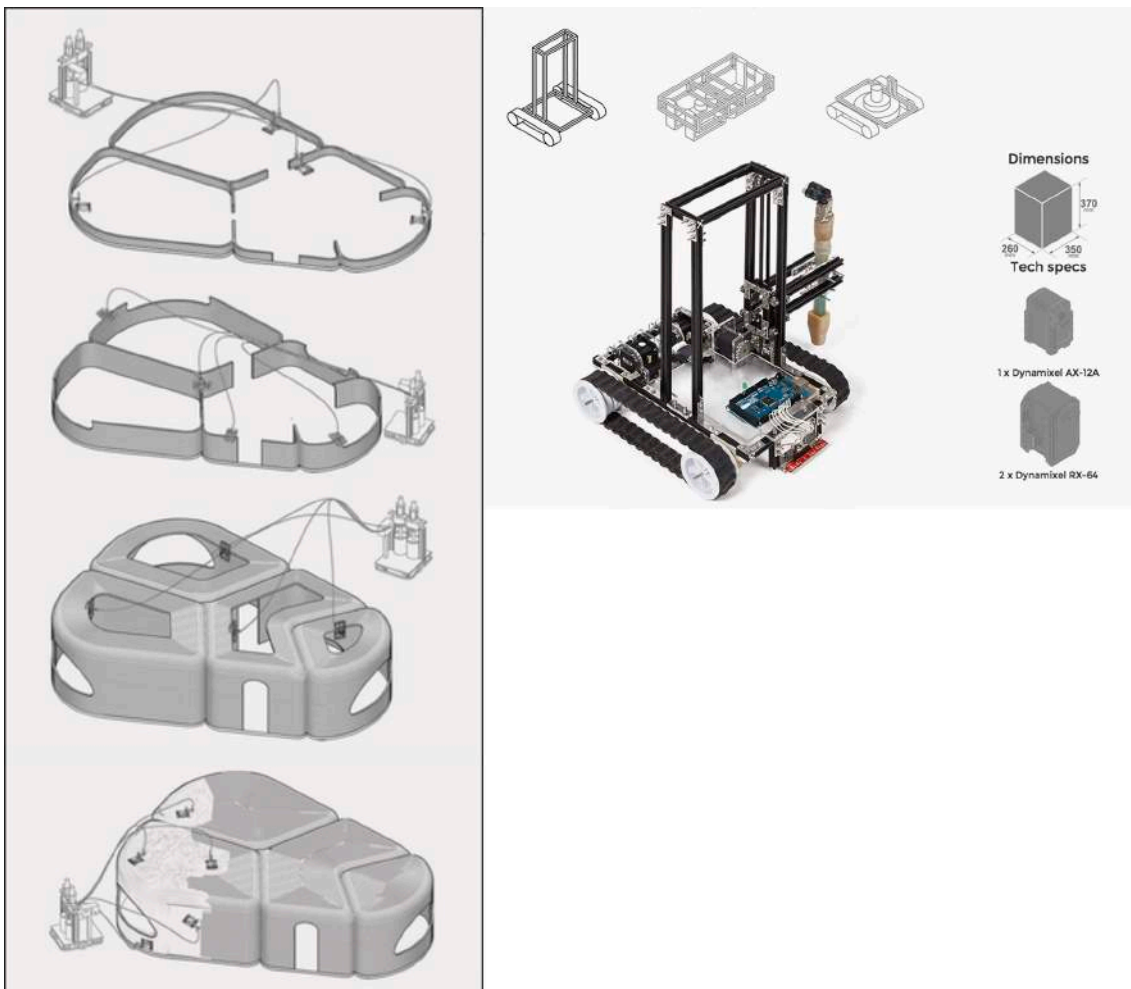


Fig. 70. Funcionament conceptual dels minirobots

La relació de l'arquitectura amb la impressió 3d necessita molt més espai del que s'ha invertit en aquest treball, de totes maneres, queda apuntada l'actitud d'aquesta disciplina per buscar nous sistemes constructius i experimentar amb les possibilitats de la tecnologia digital.

És important tenir en compte la mirada des de la que s'aborda la tecnologia perquè aquesta determina la forma que pren. Hem passat d'una impressora de petites dimensions a una impressora que fabrica cases, replantejant-se sistemes els constructius. Utilitzar la tecnologia és transformar-la.

#### 4.4 Processos híbrids. Una aproximació al procés creatiu de Jo Mildne: *Investigació en la creació de models proto-còsmics*

Presento una aproximació a part del treball que l'artista visual Jo Milne ha estat realitzant en els últims quatre anys entorn la temàtica de la seva tesis doctoral: *Estructuras invisibles*, dins de l'àmbit de recerca *Estratègies de visualització. Art i ciència*. El meu interès en el seu treball s'inicia quan conec les maquetes en tecnologia d'impressió 3d que ha estat utilitzant en els últims anys.

Cal destacar l'aproximació "innocent" de la Jo Milne a aquestes tecnologies, en el sentit que va aprendre a utilitzar d'una forma molt bàsica un software de dibuix 3d (*SolidWorks*) i va buscar l'ajuda de persones que la podien assessorar (Oriol Ventura i Estefania Bassanta). A partir d'aquesta introducció a barrejat models de representació creats amb tecnologia digital amb tècniques analògiques de representació.

A manera de context:

*The Large Plastic: fijando el rastro del punto que se desplaza*

*Experimentar como crear modelos proto-còsmicos a base de la repetición de elementos simples. Desde el punto de la cosmogonía moderna, que en base al Big Bang un punto tiene la posibilidad de expandirse de una manera infinita, trazando a través de la multiplicación de una serie de elementos simples, la búsqueda de su ser. Un modelo asentado dentro de las limitaciones de la repetición donde la idea es que el azar y la repetición forman el proceso, con la intención de buscar como emerge una forma nueva. La idea es ver hasta que punto la repetición de unas líneas, unas formas o unos anillos podrían llegar a sugerir una realidad espacial, que oscilaría entre órbitas macroscópicas y filamentos microscópicos. Si la repetición crearía un simple modelo geométrico o un laberinto de mundos desconocidos por donde buscar Ariadna. (Jo Milne. Part del text que es va utilitzar per aconseguir una beca a la Universitat de Dundee, Escocia, 2011)*

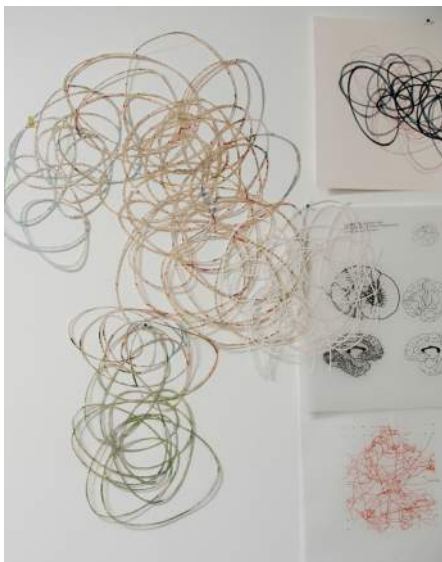


Fig. 71 Dibuixos i maquetes de treball, 2011.

En aquesta imatge queden reflectits alguns interessos de l'artista:

- La representació científica.
- Els fractals, un exemple de procés natural de creixement emergent.
- Les maquetes com a estratègia de creació. Les maquetes es construeixen en base a un element pla repetit. D'aquesta repetició emergeix una estructura. Aquesta estructura és converteix en suport de l'obra o en model per a ser representat.

Tant si és suport com si és model, s'inicia un nou camí d'exploració que genera Variacions del tema. L'artista ha de generar estratègies per a fonamentar cada una d'aquestes variacions.

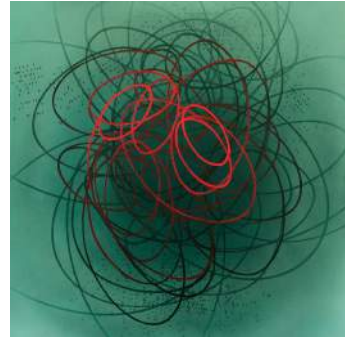
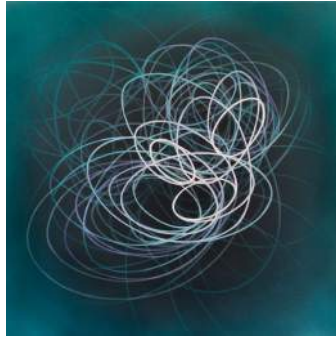


Fig 72 D'esquerra a dreta:  
*Quantic Quibbling*, 2011  
*Eluding Elision I*, 2011  
*Eluding Elision II*, 2011  
acrílic sobre alumini, 50 x 50cm

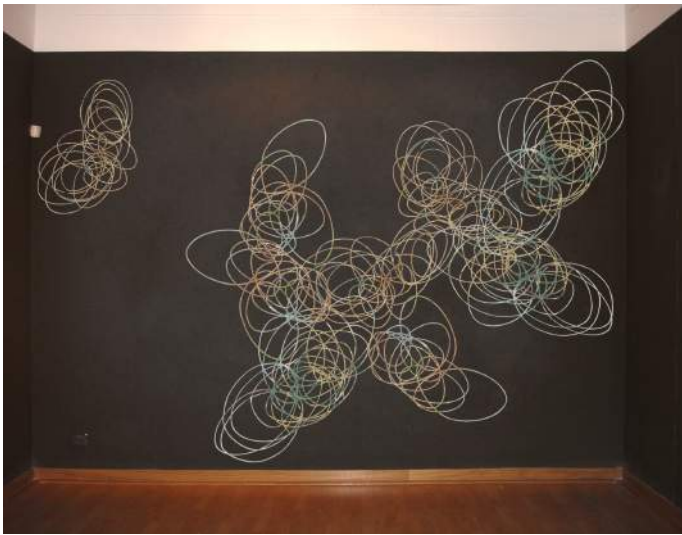


Fig 73 *The lonesome ranger*, 2010-11  
Técnica mixta (vinil), dimensiones variables

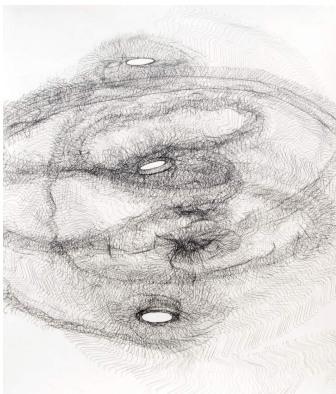


Fig 74 Esquerra: *In flux*, 2011, grafito y lapiz sobre papel, 70 x 50cm  
Dreta: *In flux*, 2011 (detalle), grafito y lapiz sobre papel, 70 x 50cm

Aquesta col·lecció d'obres són el punt de partença del treball. La necessitat de seguir trobant formes de representació d'aquestes estructures còsmiques de creixement emergent porta a la

Jo a construir maquetes tridimensionals que es puguin convertir en models de representació. A partir d'aquí inicia un camí de recerca de possibles maneres de construir estructures.

#### Ús de les maquetes com a models de representació

La Jo Mildne construeix maquetes a partir de la repetició d'un element-mòdul:

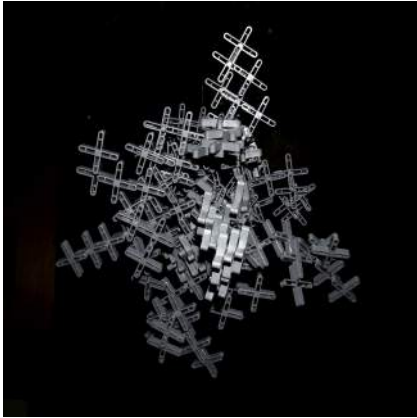


Fig. 75 *Proto-ton I* (maqueta), 2011. Peces de Plàstic per a separar rajoles, 30 x 30 x 45cm  
No s'enganxen prou bé, cauen



Fig. 76 *Proto-ton II* (maqueta), 2011. Brides nylon.  
Costa molt el creixement, els hi falta estructura (últimament la Jo està pensant de recuperar aquest tipus de maqueta).

La Jo visita la expo *Full Print3d. Imprimint objectes* al DHUB (16.06.2010-22.05.2011) i té ganes d'imprimir una peça amb *Rapid Prototyping*. Prova varies tècniques: Llapis 3d, Sinteritzat làser i Estrussió de material. La primera és un dibuix de línia en l'espai, la segona i la tercera construeixen la peça a partir d'informació digital, capa a capa.



Fig 77 *Proto-ton III*, 2011. Plàstic extruït mitjançant un *Pen 3d*.

El llapis és un primer intent de construcció amb 3d (no s'han de fer dibuixos digitals, es pot treballar de forma més intuïtiva). Falla perquè el material no és prou estructurat. L'eina en sí també pesa molt i això a la vegada dificulta el procés. Tot i que l'eina suggereix que pots dibuixar lliurement, es construeix més fàcilment amb geometries. La Jo creu que primer hauria de dibuixar una geometria plana i després anar-les enganxant, però ha deixat estar aquest camí per ara.

Per poder fabricar la peça per addició de capes la Jo assisteix a l'assignatura d'informàtica (SolidWork) de l'Oriol Ventura. Es proposa aprendre a utilitzar un programa de disseny industrial. Tot i els esforços, hi ha un xoc de llenguatges, la Jo es resisteix a construir la seva estructura utilitzant geometria euclidiana, està acostumada a treballar amb llenguatges més escultòrics i li costa construir tenint en compte els diferents plans constructius.

La Jo mai ha intentat construir la seva estructura com si fos un producte industrial, doncs mai va tenir idea de com seria fins que no la va començar a dibuixar. Només va necessitar aprendre a dibuixar una el·lipse aixafada i amb els comandos moure/enganxar/girar va anar aixecant-la de forma intuïtiva, fins que va trobar una forma que la sorprengués visualment. En un principi, semblaria que hauria d'haver utilitzat programes d'escultura, més a prop del seu llenguatge o un programa de disseny paramètric. De totes maneres, la Jo va aprofitar tot el que li anava passant pel camí per seguir generant obra personal: errors, imatges de renders amb tons de gris, possibilitat de seccionar la peça, etc.

El món digital s'ha convertit per a la Jo en un generador de noves imatges i també en la porta d'entrada a tecnologies de fabricació digital. Fabrica les dues maquetes amb *Rapid Prototyping* al mateix moment amb l'interès de provar dues tecnologies diferents. La primera, sinteritzat làser, amb uns acabats perfectes i un cost aproximat de 300 euros; la segona, extrusió, amb uns acabats irregulars i un cost de 30 euros.



Fig 78 *Proto-TONS I*, 2011. Sinteritzat làser, plàstic PA

Peça fabricada amb sinteritzat làser:

La peça en sinteritzat làser té unes mides aproximades de 30cm per 20 cm. La intenció original era que fos una peça final, una escultura. Quan la Jo la va tenir entre les mans es va adonar que no li funcionava tal com ella havia previst, però aquest fet es va convertir en el punt d'inici de noves vies d'exploració.

1. El tamany no és l'adequat: massa petit per ser escultura, massa gran per ser objecte. No té la presència adequada:

-Queda pendent una impressió més gran. En busca de noves tecnologies.

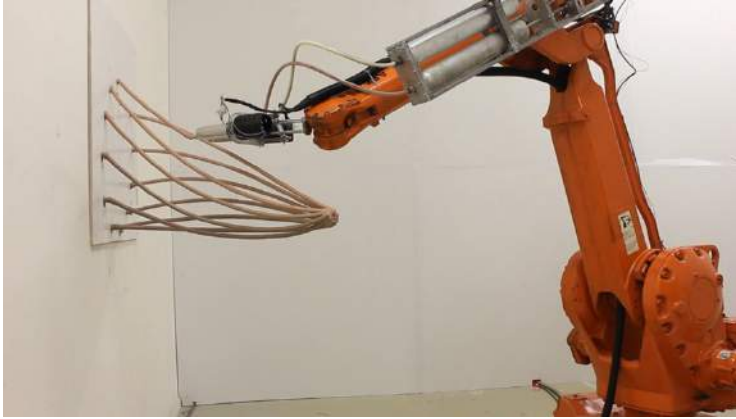


Fig 79 Liderats per Petr Novikov i Saša Jokić, un equip d'investigadors de l'[Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya \(IAAC\)](#) en col·laboració amb [Joris Laarman Studio](#) d'Amsterdam han desenvolupat una nova tecnologia de fabricació additiva: [MATAERIAL](#). Mitjançant l'ús de la tecnologia d'extrusió és capaç de neutralitzar l'efecte de la gravetat durant el curs del procés d'impressió. [www.mataerial.com](http://www.mataerial.com)

-Estan pendent també impressions més petites en diferents materials a través de l'empresa *Shapeways* (envies l'arxiu per internet i t'imprimeixen la peça amb el material que vulguis)

2. La impressió és tan neutre com el seu dibuix, molt digital, sense textura, sense imperfecció. El material no es pot modificar perquè és massa rígid. La textura s'hauria de fer digitalment i això és anar en contra del programa, fet per producte industrial fabricat en sèrie, sense

El color sí és interessant: més o menys blanc.

Un dels usos que us que la Jo fa d'aquesta maqueta és il·luminar-la amb llum de colors.

Aquestes imatges serveixen de models per alguns quadres de la col·lecció *Pre-textos*, 2011.

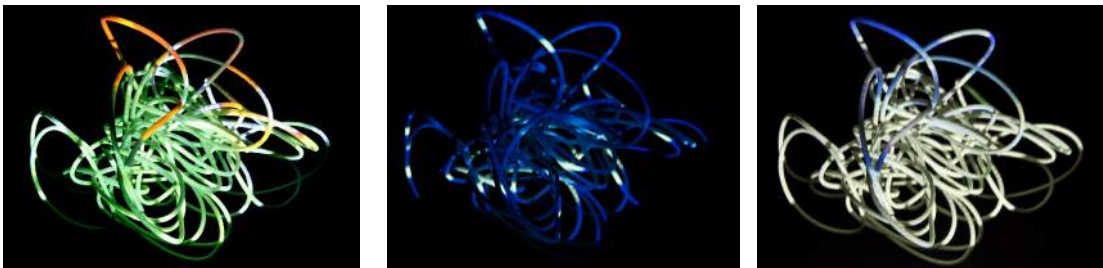


Fig 80 Esbossos per al projecte *Pre-textos*, 2011. fotogrames

Peça fabricada amb extrusió de material:



fig 81 *Proto-TONS II*, Extrusió de material, ABS



Aquesta maqueta és contemporània a la realitzada amb sinteritzat làser. Una prova de dimensions reduïdes per comprovar com imprimeix un sistema diferent molt més econòmic. El sistema és menys adequat per a fabricar la tipologia de peça de la Jo perquè necessita molt material de suport. Aquest material extra es neteja al final.



Fig. 82 Exemples de figures impreses amb material de suport i sense material de suport.

El tècnic de la màquina li va entregar a la Jo la peça neta, tal i com es fa sempre. La Jo ho va trobar sorprenent perquè ella considerava que l'estructura extra formava part de la seva peça. Aquest incident li a obert una nova via de recerca. Actualment està preparant un model de cub només amb les arestes (com un 'wire-frame drawing') per forçar els errors amb la impressora d'extrusió entre altres projectes, que estan en la línia d'aprofitar l'estructura de la peça en contes de la peça mateixa.

#### Els dibuixos digitals de les maquetes com a models de representació

Una de les vies de treball que la Jo va utilitzar per seguir avançant en la seva recerca va ser utilitzar els dibuixos digitals que havia generat per fabricar les maquetes.



Fig 83 Prototips per a Pre-textos, 2011  
Dibuixos digitals (solidwords)

Això es porta a terme de dues maneres:

1. Es recuperen les qualitats matèriques de l'objecte-imatge per l'ús del dibuix, la pintura i altres tècniques tradicionals que la Jo utilitza en la seva obra de forma normalitzada. La mà imprimeix imperfecció al dibuix digital.

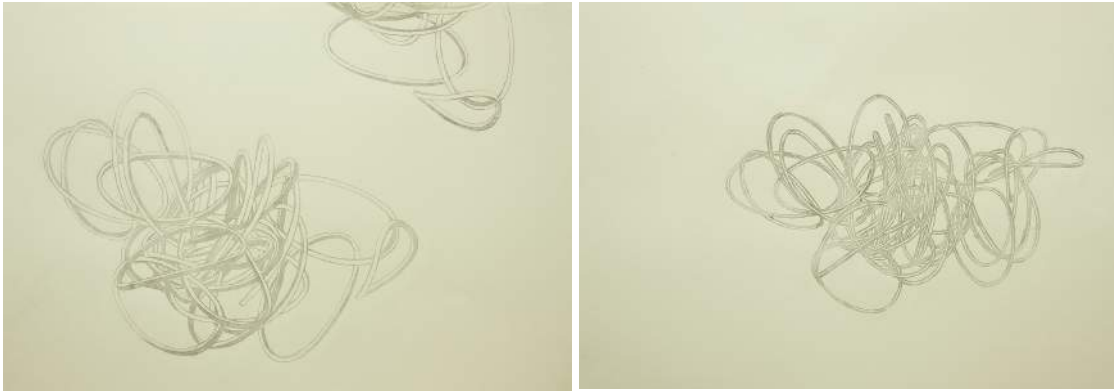


Fig 84 Serie de Pre-textos, 2011  
Serigrafia/Grafit sobre paper, c/u 50 x 70cm

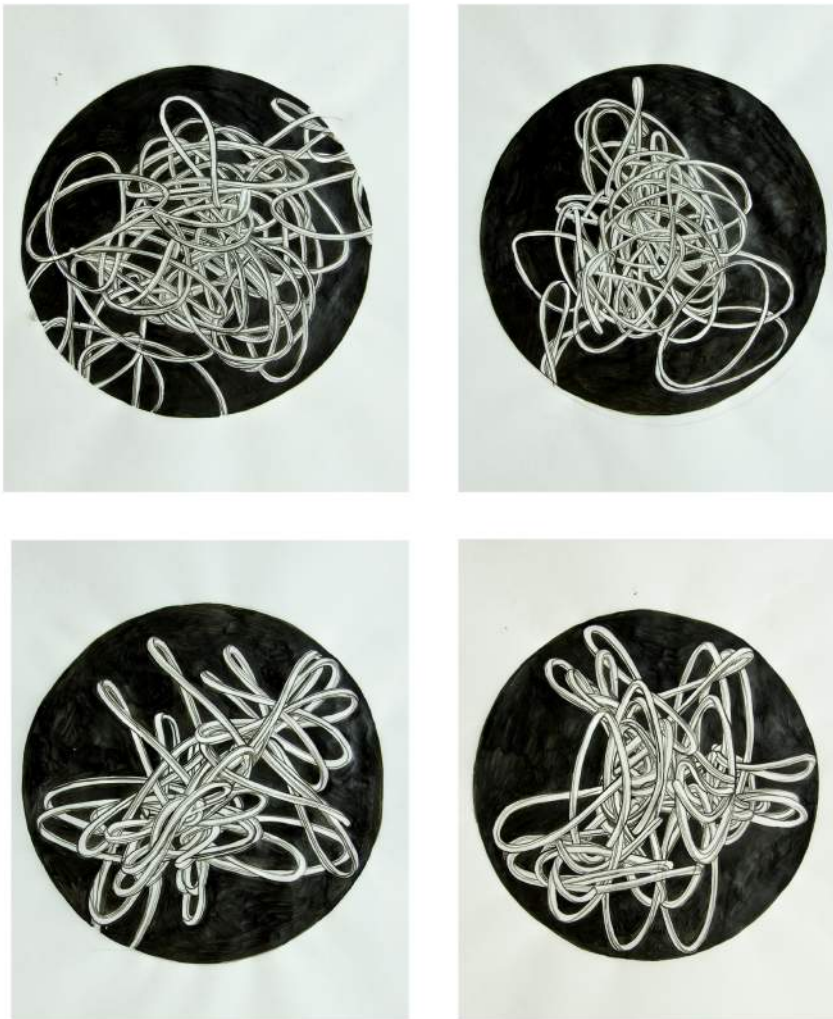


Fig 85 Serie de Pre-textos, 2011  
Tinta sobre papel vegetal, c/u 29 x 21cm

2. Utilitzar el dibuix digital per a tallar amb làser paper *Mylar* (PET), metacrilat i fusta. Es parteix de variacions del dibuix digital inicial.

Totes les proves de tall de làser es donen a *Dundee Print Studios*, Escòcia.

## 2.1 El dibuix com a model

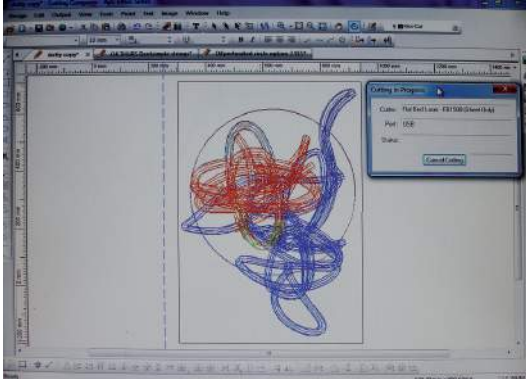


Fig. 86 Captura de pantalla de com arriba a variacions de l'estructura. Estructura versus esfera

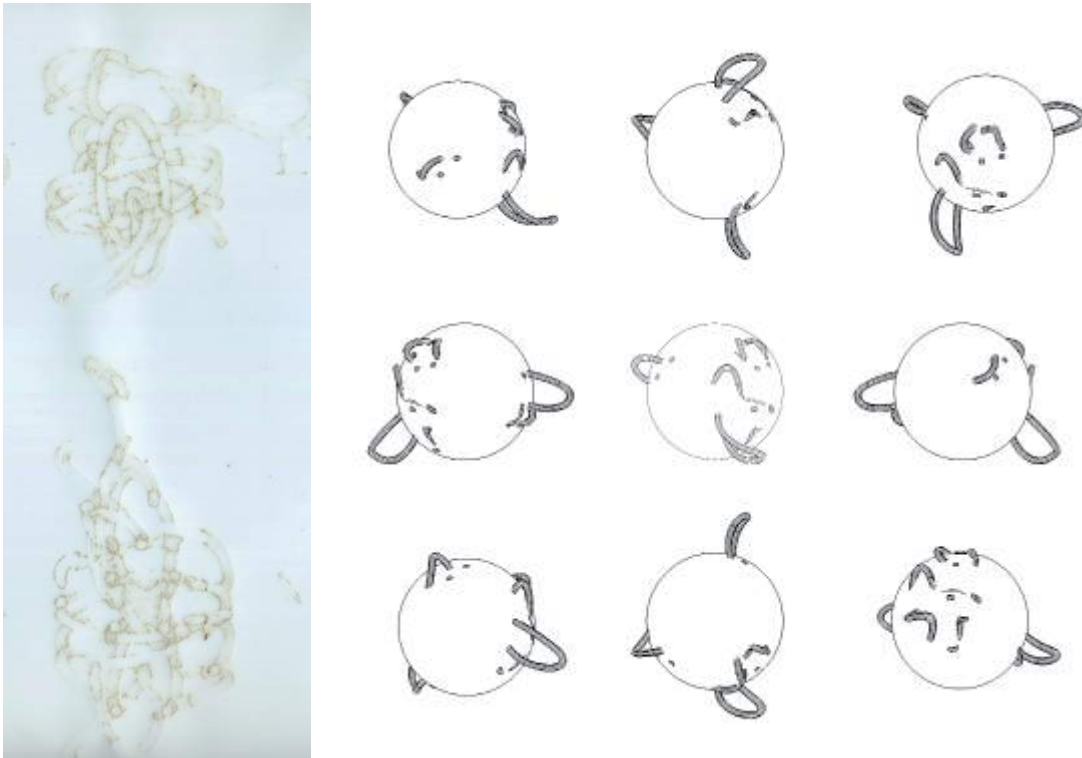


Fig 87 Esquerra: Proves de tall làser sobre paper Mylar (PET).  
Dreta: Dibuixos digitals utilitzats per fer aquestes proves

Fig



Fig 88 Esquerra: Proves de tall làser sobre paper Mylar (PET).  
Dreta: Dibuixos digitals utilitzats per fer aquestes proves

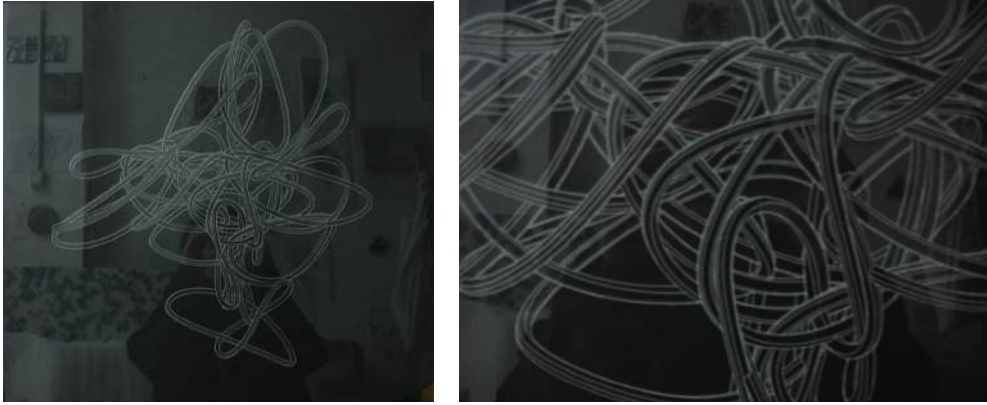


Fig 89 Proves de tall làser sobre metacrilat.

Aquestes proves de tall làser sobre metacrilat i Mylar li han servit per aplicar després una Estampación calcogràfica.

Alguns resultats pictòrics d'aquestes proves han estat la sèrie *Stringing their way through the wormhole*.



Fig 90 *Stringing their way through the wormhole II*, 2013.

Acrílico sobre mylar

107 x 163cm



Fig. 91 *Stringing their way through the wormhole II*, 2013.  
Acrílico sobre mylar  
107 x 163cm

2.2 Treballar per capes, i de les 2d tornar a les 3d. Camins d'anada i tornada: la tridimensionalitat recuperada.

El concepte constructiu de la tecnologia 3d (capes) evoca el tema científic de seccionar animals i òrgans a seccions.

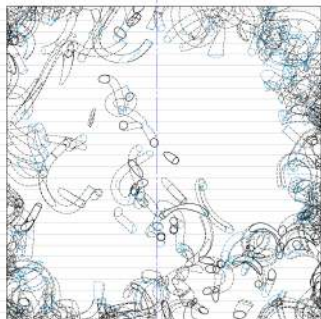


Fig. 92 Primeres proves digitals de secció del dibuix

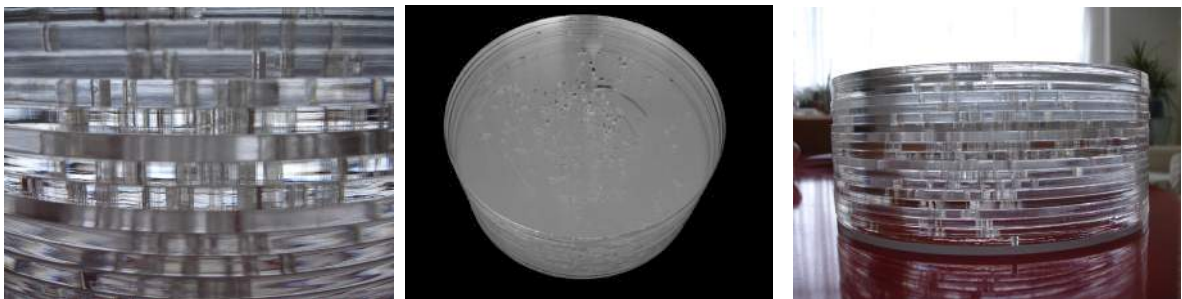


Fig. 93 Primeres proves amb metacrilat.

S'ha perdut la lectura del dibuix. Actualment està en procés una nova prova. La intenció és que aparegui l'estructura buida de la suma de totes les capes perforades amb el làser.

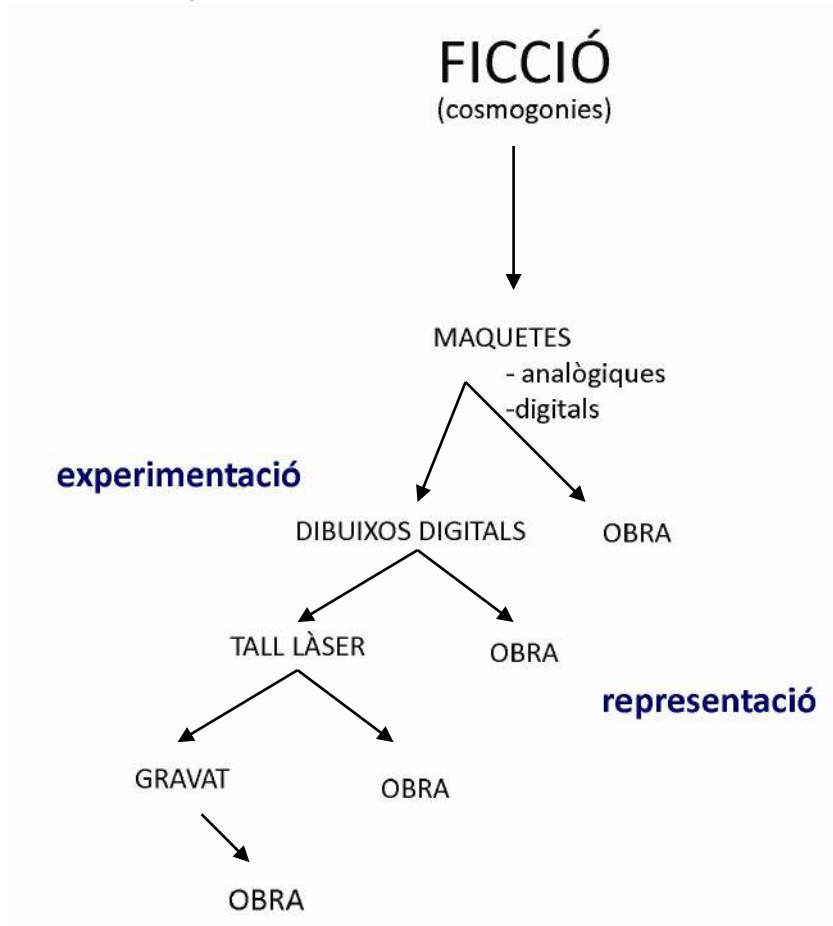
La Jo Mildne parteix del tema-problema: *representació d'estructures de creixement emergent*. Per treballar aquest problema de representació imagina un món còsmic, basat en teories científiques. Utilitza, per tant, una ficció com a mecanisme per fer emergir el projecte. A partir d'aquí necessita un ancoratge visual i genera estratègies de visualització: primer les maquetes analògiques, després les maquetes digitals i, per últim els dibuixos digitals. Tots ells models de representació.

Hi ha treball a diferents nivells:

1. S'utilitza l'estranyament vers la tecnologia digital per moure el projecte en bloc.
2. Treballa a un nivell concret, utilitzant estratègies que li són familiars per generar l'obra.

Amb l'estranyament surt del seu terreny de confort, porta el projecte cap a un territori que desconeix i el posa a prova (tecnologies digitals i tot el que en deriva). D'aquesta tensió apareixen coses noves que incorpora al projecte i aquest va agafant densitat.

L'ús irregular que la Jo fa del *ràpid prototyping* forma part de la seva estratègia creativa. Les dificultats que troba i molts dels errors els incorpora i els transforma en oportunitats per obrir noves vies d'exploració.



En aquest esquema, tota la franja de l'esquerra indica el moviment d'experimentació mitjançant l'ús de les tecnologies i tota la franja de la dreta indica el moviment de creació d'obra en els diferents moments del procés.

## 6. Conclusions finals

S'ha treballat la impressió 3d com un instrument tècnic i com un mitjà cultural. Tot i que aquesta diferenciació és funcional, en realitat són dos aspectes interdependents, ens ha estat útil per poder tractar diferents aspectes que relacionen la impressió 3d i el projecte creatiu.

Com a instrument tècnic, la impressió 3d, està composta pel software i pel hardware.

Aquesta forma condiona la manera de pensar el projecte, doncs només és pot pensar per mediació del software i tenint en conte els constrenyiments físics del hardware. Al llarg de la recerca, ens adonem que el seu ús implica, també, la transformació de la pròpia eina. La tecnologia de fabricació additiva ha impactat sobre els processos creatius i alhora, els processos creatius han tingut influència sobre les tecnologies de fabricació additiva, canviant formats, introduint materials, redissenyant els softwares d'accés, etc.

Com a mitjà cultural la impressió 3d transforma el món artificial: els productes que en resulten dialoguen amb el seu context i el resignifiquen.

Es defineix procés creatiu com una manera particular de pensar allò que hi ha entre un problema i una solució. Aquesta manera particular de pensar necessita eines auxiliars de pensament, els sistemes de representació .

Els sistemes de representació poden ser performatius o constatius. Els primers són maneres de pensar en l'acció i tenen la capacitat de portar el pensament cap a solucions que no estaven incloses dins dels plantejaments inicials dels problemes, creant ponts entre el problema inicial i la solució. Els segons són eines de comunicació, regulades per convencions, amb la intensió de comunicar el projecte als agents exteriors.

Dins del context del procés creatiu la impressió 3d adopta quatre formes diferents:

1. La impressió 3d com a sistema de representació: fabricació de maquetes i prototips (*Rapid Prototyping*).
2. La impressió 3d com a tecnologia de fabricació (*Rapid Manufacturing*)
3. La impressió 3d com objecte de reflexió.
4. La impressió 3d com a instrument per a la postproducció.

Aquestes quatre maneres de ser, dialoguen amb les diferents formes d'ús de la impressió 3d:

1. La impressió 3d al servei de la fabricació tradicional de producció massiva.
2. La impressió 3d al servei de la fabricació postindustrial: nous models productius.
3. La impressió 3d al servei de la recerca, l'experimentació i la reflexió: transformar l'eina i el món material.

	1	2	3	4
<b>FORMES QUE ADOPTA LA IMPRESSIÓ 3D</b>	Sistema de representació: maquetes i prototips (RP)	Sistema de representació: maquetes i prototips (RP) + Tecnologia de fabricació (RM)	Objecte de reflexió	Instrument per a la postproducció
<b>FORMES D'ÚS DE LA IMPRESSIÓ 3D</b>	Fabricació tradicional de producció massiva	Fabricació postindustrial: nous models productius	Transformar l'eina	Resignificar el món material

**1.** El disseny industrial i l'arquitectura dibuixen els objectes amb programes de disseny assistits per ordinador (CAD), que redueixen les figures a la seva geometria. Aquesta manera de dibuixar és una convenció que respon a les metodologies de fabricació industrial; la producció en massa de productes estandarditzats obliga a aquesta economia de la forma.

En relació al quadre conceptual, un producte fabricat per la indústria convencional utilitza la impressió 3d com una eina per fabricar prototips finals i utilitza software CAD. El producte final es fabricarà amb altres tecnologies, com per exemple, injecció de plàstic, fundació de metall, etc. Per tant, tant l'ús del software com l'ús del prototip té un grau de performativitat baix; s'utilitza en les últimes etapes del procés de disseny. Es fa un ús molt instrumental del mitjà, com a eina de representació.

**2.** Els nous models productius que ha originat la indústria de la impressió 3d modifica els paràmetres tradicionals de producció i disseny:

-Capacitat de fabricar formes complexes.

-Producció flexible i adaptable, es poden fabricar peces diferenciades.

Apareix programari de dibuix digital per donar resposta a les noves necessitats:

-Nous paràmetres formals deslligats de la concepció geomètrica del dibuix CAD.

-Integració del disseny a la producció mitjançant criteris d'adaptabilitat.

El més destacat en quan a l'efecte de la introducció de la impressió 3d dins del procés creatiu és l'aparició del disseny paramètric, que ha modificat totalment la conceptualització de l'activitat del dissenyar:

-No es pensa la forma final, sinó un context on aquesta sigui possible: s'ha de dissenyar un sistema de relacions matemàtiques basats en paràmetres els valors dels quals estan oberts. La forma final, serà el resultat dels valors donats per aquests paràmetres.

- El model paramètric introdueix una racionalització constructiva des de l'inici del projecte: és un sistema que permet detectar i avaluar automàticament i en temps real, mentre es dissenya, una sèrie d'alternatives al projecte, d'acord a uns paràmetres preestablerts. S'obté així una infinita quantitat de variants o un disseny altament optimitzat.

Els sistemes de representació digitals passen de ser tècniques descriptives constatatives a tècniques performatives. Es pensa el projecte a través del disseny de paràmetres que són comprovats automàticament mentre es pensen. Això significa que no es dissenya l'objecte, sinó una eina (model) de creació de variables d'un mateix objecte.

**3.** Quan es tracta la tecnologia 3d com a tema del projecte, es dissenyen o redissenyen les eines de creació per millorar les seves prestacions, posant en evidència les seves limitacions i potencials:

- Es proposen nous llenguatges formals adaptats a la potencialitat de la impressió 3d: disseny de software.
- Es posa en qüestió el format del hardware, que limita les possibilitats constructives: disseny de hardware sobre la base de nous criteris constructius.
- Es reflexiona sobre la inclusió de l'usuari en el procés creatiu: disseny de software i hardware adaptat; disseny de projectes amb paràmetres oberts..
- Es dissenyen eines auxiliars, dispositius digitals, que amplien el repertori de dades introduïdes dins del projecte.

Una de les característiques de la fabricació digital en general i la impressió 3d, en particular, és l'accés al seu desenvolupament. Forma part del projecte creatiu dissenyar les pròpies eines de treball: software, hardware i dispositius adaptats.



4. Els mitjans digitals es caracteritzen per la seva capacitat de remesclar-se, ampliant exponencialment el seu potencial com a eina creativa. La *postproducció* és tot el conjunt de tècniques que serveixen per “editar” continguts de tal manera que els creatius interpreten, reproduïxen, reexposen o utilitzen obres realitzades per altres o productes culturals disponibles com a metodologia per a la resignificació.

La impressió 3d ofereix la possibilitat de postproduir obra (mitjançant el software) i presentar-la en format tridimensional (mitjançant el hardware). És una manera de dialogar amb les transformacions culturals i els efectes sobre la societat que està portant a terme la impressió 3d (i la cultura digital en general): consumidor-usuari-creador, producció-consum, creació-còpia, disseny automatitzat-disseny expressiu, tradició-digital, etc.

Per tancar aquesta conclusió i en forma de resum:

La impressió 3d és una eina complexa composta per un software i un hardware:

- El software proporciona la sintaxis a la forma dels objectes dissenyats.
- El software és una eina que permet editar continguts de diferents procedències.

Els resultats poden ser:

- Experimentals: provar l'eina, portar-la al límit.
- Comercials: Adaptats a la indústria, segons nous criteris productius.
- Conceptuals: Significació i resignificació del món artificial

El procés creatiu disposa d'una eina que es pot utilitzar de diferents maneres:

- Com a instrument que descriu el projecte.
- Com a instrument que performa el projecte.
- Com a eina per a transformar la pròpia eina.
- Com a eina per a transformar els significats del món material.

L'impacte de la impressió 3d sobre el procés creatiu es pot descriure en els següents quatre punts:

1. Dissenyar a través de noves sintaxis formals.
2. La performativitat del disseny paramètric.
3. Disseny de les pròpies eines de treball.
4. Instrument per a la postproducció.

## **Anex nº1**

### **Información complementaria**

#### **1. Empreses impressió 3d**

Les empreses capdavanteres en impressió 3d són nord americanes:

*Stratasys*, que concentra el 50% del mercat ([www.stratasys.com](http://www.stratasys.com))

*3d Systems* ([www.3dsystems.com](http://www.3dsystems.com))

*ARC Group Worldwide* ([www.arcgroupworldwide.net](http://www.arcgroupworldwide.net))

*EX ONE* ([exone.com](http://exone.com))

Algunes empreses alemanyes també lideren el mercat de la impressió 3d:

*EOS GmbH* ([www.eos.info](http://www.eos.info))

*EnvisionTEC* ([www.envisiontec.com](http://www.envisiontec.com))

*Voxeljet* ([www.voxeljet.de](http://www.voxeljet.de))

*Arburg* ([www.arburg.com](http://www.arburg.com))

*DMG Mori* ([www.dmgmorseiki.com](http://www.dmgmorseiki.com))

Trobem empreses destacables a altres països:

*Arcam* ([www.arcam.com](http://www.arcam.com)). Suècia

*Renishaw* ([www.renishaw.com](http://www.renishaw.com)). Anglaterra

*DWS* ([dwssystem.com](http://dwssystem.com)). Itàlia

*Roland* ([www.rolanddga.com](http://www.rolanddga.com)). Japó

*Matsuura Machinery Corporation*. Japó

Les principals aplicacions i negocis de la impressió 3d són:

Alimentació

Àmbit Domèstic

Aeronàutica

Automoció

Electrònica

Esports

Il·luminació i objectes de decoració i mobiliari

Medicina i biologia

Maquinària

Moda, calçat, complements

Joieria

Projectes artístics i singulars

Construcció

#### **2. Webs de descàrrega d'arxius imprimibles**

Aquests webs contenen arxius amb models que es poden descarregar. La majoria són gratuïts i alguns són de pagament. Les extensions dels arxius són .max, .obj, .3ds, etc. Necessitarem transformar-lo en un arxiu conegut per la màquina d'impressió 3d (.stl). Hi ha molts software que ho fan, tot i que és recomanable utilitzar la web *Greentoken*, que fa aquesta transformació online i no ens hem d'instal·lar res al nostre equip.

Nom	Web
<b>CG Trader</b>	cgtrader.com
<b>Thingiverse</b>	thingiverse.com
<b>123D Gallery</b>	123dapp.com
<b>Cubehero</b>	cubehero.com
Cuboyo	cuboyo.com
<b>CNCKing</b>	cncking.com
<b>Grabcad</b>	grabcad.com
<b>Instructables</b>	instructables.com
<b>My Mini Factory</b>	myminifactory.com
<b>Makershop</b>	makershop.co
<b>Shapedo</b> (plataforma col·laborativa de projectes CAD)	shapedo.com
<b>Archive-3D</b>	archive3d.net
<b>Artist 3D</b>	artist-3d.com
<b>Free3D Models</b>	tf3dm.com
<b>Top3DModels</b>	top3dmodel.com
<b>3D Content Central</b>	3dcontentcentral.es
<b>Pinshape</b>	pinshape.com

### 3. Softwares de dibuix 3d

#### Disseny CAD

CAD Tools				
Software	Desenvolupador	Grau de dificultat	Preu	Comentaris
<a href="#">123D Design</a>	Autodesk Inc.	Beginner	Freemium	123D Design is a powerful, yet simple 3D creation and editing tool. The free version gives you access to most features and allows you to create and use 3D models for non-commercial purposes.
<a href="#">3DTin</a>	Lagoa	Beginner	Free	3DTin is a free, browser-based 3D modeling tool that is both easy and intuitive to use, especially aimed at beginners. Once you have created a user account you also get access to the huge repository of Creative Commons 3D models.
<a href="#">CubeTeam</a>	Otherlab Inc.	Beginner	Free	CubeTeam is a multiplayer 3D painting and modeling program that lets you and your friends imagine worlds out of cubes and then print them in 3D. CubeTeam is free, runs in a web browser, and has powerful editing tools that let you create in a virtually limitless environment.
<a href="#">Cubify Invent</a>	3D Systems Inc.	Beginner to Intermediate	€39 (\$49)	Cubify Invent is an easy-to-learn 3D modeling tool aimed at helping users to quickly create 3D printable files. The software which comes with free tutorials does only run on Windows though.
<a href="#">Design Spark Mechanical</a>	RS Components/Allied Electronics	Beginner to Intermediate	Free	DesignSpark Mechanical is a 3D modeling software developed by the electronics distributor RS Components/Allied Electronics. The software equips all engineers with 3D design capability and it is said to be fast and easy-to-use.
<a href="#">FreeCAD</a>	FreeCAD Community	Intermediate	Free	FreeCAD is a parametric 3D modeler built for product design and engineering. Feature rich and with a high learning curve, FreeCAD is rather for advanced users. The software is multi-platform, and runs flawlessly on Windows and Linux/Unix and Mac OSX.

<u>Geomagic Design</u>	3D Systems Inc.	Intermediate	€ 1.799	Geomagic Design is a comprehensive and robust mechanical CAD design tools, allowing ideas to go from concept to production for professional engineers, makers, students and hobbyists. Geomagic Design is available in three versions: Personal, Professional and Expert, each tailored to the needs and budgets of the respective user base.
<u>Inventor</u>	Autodesk Inc.	Intermediate to professional	\$7295	Inventor 3D CAD software offers an easy-to-use set of tools for 3D mechanical design,
<u>Rhino 3D</u>	Robert McNeel & Associates	Intermediate to professional	€ 995	Rhinoceros (aka Rhino) is a stand-alone, commercial NURBS-based 3D modeling software commonly used for industrial design, architecture, marine design, jewelry design, CAD / CAM and rapid prototyping. Rhino's popularity is based on its diversity, low learning-curve, relatively low cost, and its ability to import and export over 30 file formats, which allows it to act as a 'converter' tool between programs in a design workflow.
<u>SketchUp</u>	Trimble Navigation Ltd.	Beginner to Intermediate	Free - €378	SketchUp is a 3D modeling program for applications such as architectural, interior design, civil and mechanical engineering. Its powerful yet easy to use interface make it ideal for beginners in 3D modeling. A freeware version, SketchUp Make, and a paid version with additional functionality, SketchUp Pro, are available. Note that the free version does not allow you to export to *.stl for 3D printing, you'll need to install a plug-in to do so.
<u>Solidworks</u>	Dassault Systèmes Solidworks Corp.	Intermediate to professional	\$3995	SolidWorks is a 3D mechanical CAD program widely used amongst engineers and designers. The software features powerful simulation, motion, and design validation tools, advanced wire and pipe routing functionality, reverse engineering capabilities, and more.
<u>TinkerCAD</u>	Autodesk Inc.	Beginner	Freemium	TinkerCAD is a browser based 3D modeling program ideal for beginners. You can save your designs online or share them with others. Export *.stl files to print with your own 3D printer or send your designs to one of popular 3D printing services.

## Formes escultòriques

Eines d'escultura				
Software	Desenvolupador	Grau de dificultat	Preu	Comentaris
<u>123D Sculpt</u>	Autodesk Inc.	Beginner	Freemium	123D Sculpt is a tactile modeling app for iPad. Use your fingers to push, pull, pinch and grab the material just as if you were modeling using clay.
<u>Meshmixer</u>	Autodesk Inc.	Beginner	Freemium	Meshmixer is the ultimate tool for 3D mashups and remixes. Mash, mix, sculpt, stamp or paint your 3D designs, or start from over 10,000 models in the Gallery.
<u>Cubify Sculpt</u>	3D Systems Inc.	Intermediate	€ 99	Cubify Sculpt is an organic modeling tool that enables sculpting with virtual clay. The software has mash-up capability and exports 3D print ready *.stl files.
<u>Leopoly</u>	Leonar3Do International Inc.	Beginner	Freemium	Leopoly is a web-based, social 3D sculpting application. Each of the created and saved models are available for the entire Leopoly community for shaping them further. Note that you cannot export your 3D models unless you have a paying account.
<u>Sculptris</u>	Pixologic Inc.	Intermediate	Free	Sculptris is a virtual sculpting software program, with a primary focus on the concept of modeling clay. Currently available for MacOS and Windows.
<u>SculptGL</u>	Stephane Ginier	Intermediate	Free	SculptGL is a browser-based 3D sculpting application well suited for intermediate users. The application does allow you to export in *.stl format, an interesting feature for anyone who has their own 3D printer.

## Disseny paramètric

Parametric Tools				
Software	Desenvolupador	Grau de dificultat	Preu	Comentaris
<a href="#">Processing</a>	OpenSource	intermig	Gratuit	<i>Processing is a programming language, development environment, and online community. Since 2001, Processing has promoted software literacy within the visual arts and visual literacy within technology. For create shapes using generative algorithm.</i>
<a href="#">Beetlebloks</a>	OpenSource	Iniciats	Gratuit	<i>Beetlebloks is Scratch for 3D printing. Essentially you snap together blocks of code that tell the computer what to draw and how to move around a 3-dimensional stage, and you are able to add computation and randomization to the variables you use.</i>
<a href="#">Shapeshifter</a>	Autodesk	Iniciats	Gratuit	Easy way to create complex 3D Printable models in your web browser. With a simple tweak of sliders, you can control the object's shape and select a 3D pattern that wraps around it.
<a href="#">Grashopper</a>		Intemig		<i>For create shapes using generative algorithms. Grasshopper® is a graphical algorithm editor tightly integrated with Rhino's 3-D modeling tools.</i>
<a href="#">K3DSurf</a>	SourceForge	Intemig		<i>Aplicación diseñada para generar superficies y objetos en 3D por medio de formulas matemáticas basadas en ecuaciones</i>

OpenSCAD - software for creating solid 3D CAD objects. It does not focus on the artistic aspects of 3D modelling but instead on the CAD aspects.

OpenSCAD es una aplicación de software libre para crear objetos sólidos de CAD. No es un editor interactivo sino un compilador 3D basado en un lenguaje de descripción textual. Un documento de OpenSCAD especifica primitivas geométricas y define como son modificadas y manipuladas para reproducir un modelo 3D

## Disseny de formes lliures

Eines de modelatge de formes lliures				
Software	Desenvolupador	Grau de dificultat	Preu	Comentaris
<a href="#">123D Creature</a>	Autodesk Inc.	Beginner	Freemium	123D Creature is an iPad app that gives anyone the ability to create amazing 3D characters. Design your creature, then sculpt detailed features before adding skin, fur or feathers as surface texture. Export your finished creature as an image, 3D model or have it 3D printed into a real sculpture!
<a href="#">3ds Max</a>	Autodesk Inc.	Professional	\$3675	3ds Max 3D modeling software provides a comprehensive modeling, animation, simulation, and rendering solution for games, film, and motion graphics artists.
<a href="#">Blender</a>	Blender Foundation	Intermediate to professional	Free	Blender is a free and open source 3D animation suite. It supports the entirety of the 3D pipeline—modeling, rigging, animation, simulation, rendering, compositing and motion tracking, even video editing and game creation
<a href="#">Cinema 4D</a>	Maxon Computer GmbH	Professional	\$3695	CINEMA 4D Studio is a 3D modeling, animation and rendering application for professional 3D artists wanting to create advanced 3D graphics. The software is capable of procedural and polygonal/subd modeling, animating, lighting, texturing, rendering.
<a href="#">Maya</a>	Autodesk Inc.	Professional	\$3675	Maya, is 3D computer graphics software offering a comprehensive creative feature set for 3D computer animation, modeling, simulation, and rendering. It is used to create interactive 3D applications, including video games, animated film, TV series, or visual effects.

### **Reparació i visualització dels arxius .stl**

Les figures que s'han d'imprimir han de passar per un software que analitza la malla triangular de la seva superfície i la repara. També les situa en l'espai perquè la impressió sigui correcta. (posar imatge calavera del Claudio Molina)

*Netfabb*

*Meshlab (Open source software)*

*GOM Inspector*

*K-Studio*

### **Generació de Gcode**

*Skeinforge*

*Slic3r*

*KISSlicer*

*Cura*

*MakerWare*

### **Reconstrucció d'imatges escanejades**

*3D Scanning*

*ReconstructMeQt*

*Scanect*

*123D Catch*

### **Altres**

Servei d'escanejat per tenir una foto *selfie* en 3d.

*Shapify.me*

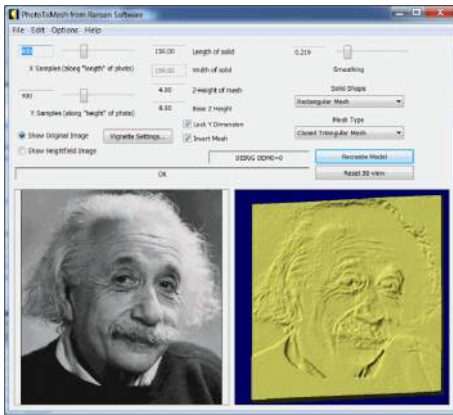
*3DMePhotobooth (3dSystems)*



Figx. Imatges *selfies* 3d

Convertir els dibuixos digitals o fotografies en baix relleus impresos.

*Photo2Mesh- 3dprintingsystems*



Figx. Mostra *Photomesh*

#### 4. Tipologies d'impresora 3d

1. Processos amb material de suport
  - 1.1 Estereolitografia (STL, Stereolithography))
  - 1.2 Sinteritzat làser (SLS, Selective Laser Sintering))
  - 1.3 Impresión tridimensional (3DP, Inkjet Powder Printing))
  - 1.4 Objectes Laminats (LOM, Laminated Object Manufacturing)
  
2. Processos de deposició de material
  - 2.1 Extrusió de material (FDM, Fused Deposition Modeling))
  - 2.2 Impressió en 3d Polyjet

#### 5. Materials

Els materials que utilitzen les impressores 3d són diversos. De forma general els podem classificar en els següents grups:

##### Productes orgànics:

Ceres  
 Cèl.lules  
 Teixits  
 Aliments

##### Metalls:

Acer  
 Acer inoxidable  
 Alumini  
 Titani  
 Or  
 Plata  
 Aliatges de diferents metalls per obtenir materials amb propietats diverses

##### Polímers:

ABS (Acrilobutadiè estirè)  
 PLA (poliàcid làctic)  
 PC (policarbonat)  
 Poliamida (Nylon)  
 Resina epoxi  
 Resines fotopolimèriques  
 Barreges de diferents polímers per obtenir materials amb propietats diverses.

Ceràemics:

Silici

Porcelana

Terracota

Ciment

**6. On imprimir les peces 3d?**

Empreses online

*shapeways.com*

*materialise-online.com*

Laboratoris i centres de recerca (Barcelona)

*FabLab BCN*

Pujades, 102

*Bcn3dtechnologies*

Esteve Terradas, 1,

Edif. PMT - RDIT, 2a Planta

08860, Castelldefels

*Fundació CIM*

Llorens i Artigas, 12

Empreses amb espai físic (Barcelona)

*Fabcafé*

Bailen 11, Bajos

*Makershopbcn*

Juan De Garay, 48-50

*BCNDynamics*

Sepúlveda, 61-63

*Wion*

Plaça de Catalunya, 9, 1º

3DBCN

Sepulveda 181



## Bibliografia

### Llibres

Atkinson, Paul; Marshall, Justin; Unver, Ertu; Dean, Lionel, "A la meua manera: La implicació de l'usuari en la fabricació postindustrial" (2012), en Ipser, Carlos (ed.), *Fabvolution. Avenços en la fabricació digital*, Barcelona: Disseny Hub Barcelona, pp81-87.

Bourriaud, Nicolas (2009), *Post producció. La cultura como escenario: modos en que el arte reprograma el mundo contemporáneo*. Buenos Aires: Adriana Hidalgo editora.

Cross, Nigel (2006), *Designerly Ways of Knowing*, London: Springer.

Gramazio, Fabio; Kohler, Matthias; Langenberg, Silke (eds.) (2014), *Fabricate: Negotiating design and making*. Zurich: Gta Verlag.

Hague, Richard, "El potencial creatiu de la fabricació additiva" (2012), en Ipser, Carlos (ed.), *Fabvolution. Avenços en la fabricació digital*, Barcelona: Disseny Hub Barcelona, pp57-64.

Manovich, Lev (2013), *El software toma el mando*, Barcelona: UOC Press.

Oxman, Neri, "Computació material" (2012), en Ipser, Carlos (ed.), *Fabvolution. Avenços en la fabricació digital*, Barcelona: Disseny Hub Barcelona, pp57-64.

Pardo Salgado, Carmen (2008), *Las TIC: una reflexión filosòfica*, Barcelona: Laertes.

Warnier, Claire; Verbruggen, Dries; Ehmman, Sven; Klanten, Robert (eds.) (2014), *Printing Things. Visions and Essentials for 3D Printing*, Berlin: Gestalten.

### Documents

Fontrodona Francolí, Jordi; Blanco Díaz, Raúl (2014), *Estado Actual y perspectivas de la impresión 3d*, Direcció General d'Indústria. Generalitat de Catalunya.

### Articles

Pérez de Lama Halcón, José; Gutiérrez de Rueda García, Manuel; Sánchez-Laulhé, José María; Olmo Bordallo, Juan José (2012), *Fabricación Digital. Código abierto e innovación diribuida*, Universitat de Sevilla

Reyes-García, Everardo (2013), *Para entender Software Takes Command*, Academia.edu

Atkinson, P; Unver E; Dean, LT (2004), *Future Factories: Suportive technologies as creative processes*, International Design Conference.

Unver, Ertu; Atkinson, Paul; Marshall, Justin (2008), *Automake Physics: Random Craft Production*. Computer-Aided Design and Applications

Koschitz, Duks; Rosenbaum, Eric (2012), *Exploring algorithmic geometry with "beetleblocks:" a graphical programming language for generating 3d forms*, Montreal : 15th international conference on geometry and graphics.

Fraile, Marcelo (2011-2014), *El nuevo paradigma contemporáneo. Del diseño paramétrico a la morfogénesis digital*. Teoría de la Arquitectura en la Contemporaneidad. Proyecto y creación científica en las memorias descriptives. (Ponencia)

### Tesis doctoral

-*Impresora 3D de escritorio basada en el modelo opensource para la elaboración de objetos físicos*.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Robótica AUTOR: Andrés Gualberto Sánchez Guerrero TUTOR: Ing. Santiago Collantes, Mg. Ambato - Ecuador Junio, 2015

### Webs

[www.creativeapplications.net/](http://www.creativeapplications.net/)

[www.laureline-galliot.fr/](http://www.laureline-galliot.fr/)

[www.colaborabora.org](http://www.colaborabora.org)  
[www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialjetting/](http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialjetting/)  
[n-e-r-v-o-u-s.com](http://n-e-r-v-o-u-s.com)  
[www.imaginarium.es](http://www.imaginarium.es)  
[www.futurefactories.com](http://www.futurefactories.com)  
[in-flexions.com](http://in-flexions.com)  
[www.inflexions.org/n5\\_kruegerhtml.html](http://www.inflexions.org/n5_kruegerhtml.html)  
[www.almostscientific.com](http://www.almostscientific.com)  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)  
[ing.exploratorium.edu/2015/05/28/3d-printing-beetleblocks](http://ing.exploratorium.edu/2015/05/28/3d-printing-beetleblocks)  
[http://fffff.at](http://http://fffff.at)  
[www.d-shape.com](http://www.d-shape.com)  
[www.digital-grotesque.com](http://www.digital-grotesque.com)