esculturasmatemáticas

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
VICERRECTORAT DE CULTURA

esculturasmatemáticas

Rector de la Universidad Politécnica de Valencia
Juan Juliá Igual

Vicerrector de Cultura
Juan Bta. Peiró

Exposición
23/11/2006 – 11/01/2007
Sala de Rectorado de la Universidad Politécnica

Comisario
Javier Barrallo
Ricardo Zalaya

Coordinación
Lola Gil

Catálogo
TEXTOS
Juan Bta. Peiró
Alfred Peris
Javier Barrallo
Ricardo Zalaya

TRADUCCIÓN
Àrea de Promoció i Normalització Lingüística
Área de Apoyo Lingüístico a la I+D+i

DISEÑO Y MAQUETACIÓN
Nuria Rodríguez

FOTOGRAFÍAS
Kike Sempere, fotografías de Helaman Fergurson
Tony Scarlatos, fotografías de George W. Hart

IMPRESIÓN
LAIMPRENTA CG

EDICIÓN
Editorial de la UPV / Ref: 2006.2603

ISBN : 84-8363-043-5
DEPÓSITO LEGAL: V-4671-2006

esculturasmatemáticas

esculturasmatemáticas

ÍNDICE

ARTISTAS

JUAN BTA. PEIRÓ

Vicerrector de Cultura UPV

Contrariamente a la tendencia generalizada que señala el relativismo de todo aquello que nos rodea –principio ampliamente extendido a lo largo del S. XX gracias, entre otras a las contribuciones científicas y artísticas de *Einstein* y *Picasso* - resulta que tenemos una tendencia innata al absolutismo. No me refiero tanto al absolutismo político - no van por ahí los tiros - sino a la tendencia tan humana de generalizar desde el caso particular, de descalificar el todo por la parte, de gozar o sufrir un instante como si fuera la eternidad, de reducirlo todo a pares de opuestos, o incluso simplemente al absurdo.

Así, la visión generalizada que se tiene del arte es deudora todavía del Romanticismo, de algunas burdas simplificaciones como considerar el artista como un ser excepcional, casi sobrenatural o hacer de la libertad creativa y la expresividad desbocada algunos de los paradigmas que todavía perviven en nuestros días. Ello ha contribuido en buena medida a considerar lejanos conceptos tales norma, rigor, lenguaje, técnica, ciencia... Sin embargo, lo que ahora vemos separado pensamos que siempre ha sido así... y nos equivocamos.

Una de las primeras definiciones de arte en griego es precisamente *Techné* (técnica). También las matemáticas han formado parte históricamente indisoluble de las diversas manifestaciones artísticas de todos los tiempos.

JUAN BTA. PEIRÓ

Vicerector de Cultura UPV

Contràriament a la tendència generalitzada que assenyala el relativisme de tot allò que ens rodeja –principi àmpliament estès al llarg del s. XX gràcies, entre altres a les contribucions científiques i artístiques d'*Einstein* i *Picasso*– resulta que tenim una tendència innata a l'absolutisme. No em referisc tant a l'absolutisme polític –no van les coses per ací– sinó a la tendència tan humana de generalitzar des del cas particular, de desqualificar el tot per la part, de gaudir o patir un instant com si fóra l'eternitat, de reduir-ho tot a parells de contraris o, fins i tot, simplement a l'absurd.

Així, la visió generalitzada que es té de l'art és deutora encara del romanticisme, d'algunes bastes simplificacions com considerar l'artista com un ser excepcional, quasi sobrenatural o fer de la llibertat creativa i l'expressivitat desbocada alguns dels paradigmes que encara perviuen als nostres dies. Això ha contribuït en gran manera a considerar llunyans conceptes com ara norma, rigor, llenguatge, tècnica, ciència... No obstant això, allò que ara veiem separat pensem que sempre ha sigut així... i ens equivoquem.

Una de les primeres definicions d'art en grec és precisament techné (tècnica). També les matemàtiques han format part històricament indissoluble de les diverses manifestacions artístiques de tots els temps.

Para los pitagóricos *el número es el conocimiento mismo* y sus teorías encontraron clarísimas aplicaciones artísticas, desde la claridad sonora de la música hasta la belleza emocionante de la geometría. ¿Que hubiera sido del Renacimiento italiano –y del arte universal- sin el desarrollo de la perspectiva, sin el conocimiento de la sección áurea, sin los sistemas y patrones compositivos? ¿Dónde hubieran quedado muchos artistas sin el conocimiento y el uso de determinados recurso de índole claramente matemática?

En el caso que ahora nos ocupa –esta interesante y hermosa muestra de Escultura Matemática- el origen es premeditadamente inverso. Las obras que se pueden contemplar, disfrutar en términos visuales y estéticos, han sido realizadas por matemáticos que han aplicado sus profundos conocimientos científicos para realizar unas series de obras de innegable belleza.

Mostrar los puntos comunes, los nexos de unión entre elementos aparentemente distantes es uno de los objetivos que nos hemos fijado en este Vicerrectorado de Cultura. Abundar en la unidad de la diversidad se hace especialmente gratificante con ejemplos tan rigurosos conceptual y matemáticamente hablando, como fascinantes en su realidad material, en su percepción un tanto hipnótica y desconcertante.

Parafraseando las palabras de *Walter Gropius*, primer director de la *Bauhaus*, hacemos nuestro su conocido lema: *Arte y técnica: una nueva unidad*.

Per als pitagòrics *el nombre és el coneixement mateix* i les seues teories van trobar claríssimes aplicacions artístiques, des de la claredat sonora de la música fins a la bellesa emocionant de la geometria. Que haguera sigut del Renaixement italià –i de l'art universal– sense el desenvolupament de la perspectiva, sense el coneixement de la secció àuria, sense els sistemes i patrons compositius? On hagueren quedat molts artistes sense el coneixement i l'ús de determinats recurs d'índole clarament matemàtica?

En el cas que ara ens ocupa –aquesta interessant i bella mostra d'Escultura Matemàtica– l'origen és premeditadament invers. Les obres que es poden contemplar, gaudir en termes visuals i estètics, han sigut realitzades per matemàtics que han aplicat els seus profunds coneixements científics per a realitzar unes sèries d'obres d'innegable bellesa.

Mostrar els punts comuns, els nexes d'unió entre elements aparentment distants és un dels objectius que ens hem fixat en aquest Vicerectorat de Cultura. Abundar en la unitat de la diversitat es fa especialment gratificant amb exemples tan rigorosos conceptualment i matemàticament parlant, com fascinants en la seua realitat material, en la seua percepció un tant hipnòtica i desconcertant.

Parafrasejant les paraules de *Walter Gropius*, primer director de la *Bauhaus,* fem nostre el seu conegut lema: *Art i tècnica: una nova unitat.*

ALFRED PERIS

Director Departamento de Matemática Aplicada

ESCULTURA MATEMÁTICA

Matemáticas es un concepto que, generalmente, se asocia a cálculos, fórmulas, números,... pero que pocos son, por desgracia, quienes lo asocian a belleza, creatividad, armonía,...

Probablemente gran culpa de ello la tenemos los matemáticos. Durante muchos años una buena parte de los docentes en Matemáticas, tanto a nivel universitario como en la formación preuniversitaria, nos hemos ocupado esencialmente de la transmisión de conocimientos , descuidando un poco aquellos aspectos que, no solo estrechan los lazos entre las Matemáticas y la sociedad, sino que reflejan todo lo intrínsecamente bello de esta ciencia. Quienes nos dedicamos profesionalmente a las Matemáticas, y en particular a la investigación, generalmente apreciamos la belleza de un teorema, la elegancia de una demostración, el ingenio y creatividad en una nueva teoría matemática; pero resulta bastante complicado mostrar al público general estas apreciaciones. Escasamente estudiantes, compañeros de otros departamentos, amigos o simplemente ciudadanos de a pie llegan a percibir estas características de las Matemáticas.

Hubo un tiempo en que era natural concebir las Matemáticas, Filosofía, Arquitectura,... incluso Arte, como parte de un todo, y no era fácil delimitarlas claramente. En la Antigua Grecia y otras civilizaciones era patente esta unión. Pensemos en la proporción aúrea, tan presente en la Arquitectura y el Arte, los grupos de simetría que podemos observar, por ejemplo, en los mosaicos de la Alhambra, la sorprendente sofisticación matemática de las pirámides del antiguo Egipto, la afinación Pitagórica en la Música, etc.

Si en la actualidad buscamos esos nexos de unión entre Arte y Matemáticas, una forma de apreciar belleza y elegancia en esta ciencia, sin duda alguna la encontramos en la Escultura Matemática. Lejos de limitar la creatividad, las fórmulas y algoritmos matemáticos ofrecen un sinfín de posibilidades en la Escultura abriendo futuras líneas de trabajo. Las obras que aquí se exponen corresponden a algunos de los mejores escultores matemáticos a nivel mundial, y estoy convencido que en modo alguno dejaran de sorprendernos y fascinarnos. Disfrútenlas!

ALFRED PERIS

Director Departament de Matemàtica Aplicada

ESCULTURA MATEMÀTICA

Matemàtica és un concepte que, generalment, s'associa a càlculs,
fórmules, números... però què pocs són, per desgràcia, els qui l'associen a bellesa, creativitat, harmonia...

Probablement gran culpa d'això la tenim els matemàtics. Durant molts anys una bona part dels docents en Matemàtiques, tant a nivell universitari com en la formació preuniversitària, ens hem ocupat essencialment de la transmissió de coneixements, descuidant un poc aquells aspectes que, no sols estreteixen els llaços entre les Matemàtiques i la societat, sinó que reflecteixen tot l'intrínsecament bell d'aquesta ciència. Els qui ens dediquem professionalment a les Matemàtiques, i en particular a la investigació, generalment apreciem la bellesa d'un teorema, l'elegància d'una demostració, l'enginy i la creativitat en una nova teoria matemàtica; però resulta prou complicat mostrar al públic general aquestes apreciacions. Escassos estudiants, companys d'altres departaments, amics o simplement ciutadans del carrer arriben a percebre aquestes característiques de les Matemàtiques.

Va haver-hi un temps en què era natural concebre les Matemàtiques, la Filosofia, l'Arquitectura..., fins i tot l'Art, com a part d'un tot, i no era fàcil delimitar-les clarament. A l'antiga Grècia i altres civilitzacions era palesa aquesta unió. Pensem en la proporció àuria, tan present en l'Arquitectura i l'Art, els grups de simetria que podem observar, per exemple, en els mosaics de l'Alhambra, la sorprenent sofisticació matemàtica de les piràmides de l'antic Egipte, l'afinació pitagòrica en la Música, etc.

Si en l'actualitat busquem aquests nexes d'unió entre Art i Matemàtiques, una forma d'apreciar la bellesa i l'elegància en aquesta ciència, sens dubte la trobem en l'escultura matemàtica. Lluny de limitar la creativitat, les fórmules i els algorismes matemàtics ofereixen una infinitat de possibilitats en l'Escultura que obrin futures línies de treball. Les obres que ací s'exposen corresponen a alguns dels millors escultors matemàtics de l'àmbit mundial, i estic convençut que de cap manera deixaran de sorprendre'ns i fascinar-nos. Gaudiu-les!

JAVIER BARRALLO / RICARDO ZALAYA

ECUACIONES EN BRONCE

Arte y Ciencia durante siglos han sido consideradas disciplinas antagónicas. El artista y el científico se han presentado como estereotipos opuestos en una sociedad cada día más diferenciada y plural. Por ello, una exposición que explore la relación entre Arte y Ciencia, que nos descubra sus afinidades en lugar de sus diferencias, constituye un ejercicio tanto de exploración artística como de tolerancia intelectual.

La Ciencia, la Matemática en este caso, ha resultado básica en la concepción, diseño, desarrollo e incluso ejecución material de esta colección de esculturas, que podríamos catalogar sin ambages como Escultura Matemática. Modalidad que en sus primeras manifestaciones estudiaba patrones y modelos inspirados en las ideas Platónicas de equilibrio y simetría, pero que en la actualidad ha evolucionado desde las formas clásicas hacia conceptos más sofisticados acordes a una sociedad altamente tecnológica.

Pero, ¿Es posible la inspiración artística a partir de la experimentación científica? ¿Puede el razonamiento científico generar una obra de Arte? Esta exposición recorre la sinuosa frontera, a veces oculta,

JAVIER BARRALLO / RICARDO ZALAYA

EQUACIONS EN BRONZE

Art i Ciència durant segles han sigut considerades disciplines antagòniques. L'artista i el científic s'han presentat com a estereotips oposats en una societat cada dia més diferenciada i plural. Per això, una exposició que explore la relació entre art i ciència, que ens descobrisca les afinitats en compte de les diferències, constitueix un exercici tant d'exploració artística com de tolerància intel·lectual.

La ciència, la Matemàtica en aquest cas, ha resultat bàsica en la concepció, el disseny, el desenvolupament i, fins i tot, l'execució material d'aquesta col·lecció d'escultures, que podríem catalogar sense embuts com a Escultura Matemàtica. Modalitat que en les primeres manifestacions estudiava patrons i models inspirats en les idees platòniques d'equilibri i simetria, però que en l'actualitat ha evolucionat des de les formes clàssiques cap a conceptes més sofisticats concordes amb una societat altament tecnològica.

Però, és possible la inspiració artística a partir de l'experimentació científica? Pot el raonament científic generar una obra d'art? Aquesta exposició recorre la sinuosa frontera, a vegades oculta, quasi imperceptible, on casi imperceptible, donde Arte y Ciencia se encuentran y se separan, se hacen y se deshacen, se abrazan y se rechazan. Como amantes apasionados, como ecuaciones en bronce, como derivadas en piedra, como simetrías en madera… Y es que también hay pasión en las Matemáticas.

Teoremas y algoritmos se convierten en un martillo y cincel imaginarios dando vida a formas ocultas en la profundidad de un bloque de piedra o una pieza de bronce. Potentes programas informáticos controlan equipos de modelado tridimensional que tallan piezas imposibles de diseñar mediante técnicas manuales. Sin embargo, esta será la excusa que esgrimirán los más críticos con la exposición, incapaces de ver una frontera que se abre hacia mundos nunca explorados, lugares llenos de imaginación donde la inteligencia moldea la materia.

Tenemos ocasión de observar conceptos matemáticos tan complejos y abstractos como una representación de la curva de Peano-Hilbert proyectada sobre una banda de Moebius. Pero más allá de esta descripción meramente científica y de nomenclatura extremadamente compleja, podemos deleitarnos con la sutil curvatura que resalta sus luces y sombras, el

art i ciència es troben i se separen, es fan i es desfan, s'abracen i es rebutgen. Com a amants apassionats, com a equacions en bronze, com a derivades en pedra, com a simetries en fusta... I és que també hi ha passió en les Matemàtiques.

Teoremes i algorismes es converteixen en un martell i cisell imaginaris que donen vida a formes ocultes en la profunditat d'un bloc de pedra o una peça de bronze. Potents programes informàtics controlen equips de modelatge tridimensional que tallen peces impossibles de dissenyar mitjançant tècniques manuals. No obstant això, aquesta serà l'excusa que esgrimiran els més crítics amb l'exposició, incapaços de veure una frontera que s'obri cap a mons mai explorats, llocs plens d'imaginació on la intel·ligència modela la matèria.

Tenim ocasió d'observar conceptes matemàtics tan complexos i abstractes com una representació de la corba de Peano-Hilbert projectada sobre una banda de Moebius. Però més enllà d'aquesta descripció merament científica i de nomenclatura extremadament complexa, podem delectar-nos amb la subtil curvatura que en ressalta intrincado ornamento que, interminable, recorre la pieza y el suave y frío tacto bajo la yema de nuestros dedos de la pátina de bronce envejecido. ¿La Razón frente a la Pasión?

Por primera vez en nuestro país podemos deleitarnos con la obra de cinco artistas excepcionales que conjugan su pericia para manejar fórmulas y algoritmos con su pasión por formas y texturas: Helaman Ferguson, Carlo Sequin, George Hart, Bathsheba Grossman, y Rinus Roelofs están entre los mejores artistas en su género y es un verdadero lujo poder reunirlos en la Universidad Politécnica de Valencia. Una Universidad que siempre ha mostrado una especial sensibilidad por la escultura de carácter geométrico, basta un breve paseo por su campus para comprobarlo.

La pluralidad de las obras elegidas para esta muestra testimonian las múltiples posibilidades de la aplicación de las Matemáticas a la Escultura, ya que en ellas no sólo influyen conceptos de Geometría, sino también de Cálculo, Álgebra, Topología, y Lógica Formal que invitan al espectador, tanto experto como profano en la materia, a la experiencia única de sentir la belleza de unas Matemáticas en piedra, madera y bronce.

les llums i ombres, l'intricat ornament que, interminable, recorre la peça, i el suau i fred tacte davall el tou dels dits de la pàtina de bronze envellit. La raó enfront de la passió?

Per primera vegada al nostre país podem delectar-nos amb l'obra de cinc artistes excepcionals que conjuguen la perícia per a manejar fórmules i algorismes amb la passió per formes i textures: Helaman Ferguson, Carlo Sequin, George Hart, Bathsheba Grossman i Rinus Roelofs estan entre els millors artistes en el seu gènere i és un vertader luxe poder reunir-los a la Universitat Politècnica de València. Una universitat que sempre ha mostrat una especial sensibilitat per l'escultura de caràcter geomètric; és suficient un breu passeig pel campus per a comprovar-ho.

La pluralitat de les obres elegides per a aquesta mostra testimonien les múltiples possibilitats de l'aplicació de les Matemàtiques a l'Escultura, ja que en aquestes no sols influeixen conceptes de Geometria, sinó també de Càlcul, Àlgebra, Topologia i Lògica Formal, que inviten l'espectador, tant l'expert com el profà en la matèria, a l'experiència única de sentir la bellesa d'unes matemàtiques en pedra, fusta i bronze.

esculturas matemáticas

Helaman Ferguson

http://www.helasculpt.com

Bathsheba Grossman

http://www.bathsheba.com

George W. Hart

http://www.georgehart.com

Rinus Roelofs

http://www.rinusroelofs.nl

Carlo Sequin

http://www.cs.berkeley.edu/~sequin

Helaman Ferguson

http://www.helasculpt.com

Umbilic Torus NC

Clay Mathematics Award

Steven R. Coons SIGGRAPH Award

Eine Kleine Link Musik

Umbilic Link II

Va estudiar humanitats en el Hamilton College, a Clinton, Nova York. A continuació, fou a la Universitat de Washington, a Seattle, on obtingué el doctorat en Matemàtiques. Ha estat interessat en els dos camps, les matemàtiques i l'art, des de la joventut. Sobre això ha dit: "La meua naturalesa genètica era l'art i les ciències". És considerat un dels millors escultors matemàtics de tot el món i probablement és el més reconegut entre els matemàtics. Els seus treballs es poden trobar exposats en institucions com el Centre Americà per a la Física, el Consell Nacional de Professors de Matemàtiques, la Universitat de Califòrnia a Berkeley, el Centre d'Investigació en Ciències Matemàtiques, el Congrés dels Estats Units, l'editorial Springer-Verlag a Alemanya, la Daiichi Corporation Química al Japó, l'Associació Matemàtica d'Amèrica, la Societat Americana de Matemàtiques, etc. També ha exposat en solitari a la Universitat de l'Estat d'Arizona, a l'Acadèmia de Ciències, a l'Associació Matemàtica d'Amèrica i altres que conformen una extensa llista.

Estudió humanidades en el Hamilton College, en Clinton, Nueva York. A continuación fue a la Universidad de Washington en Seattle, donde obtuvo el doctorado en Matemáticas. Ha estado interesado en ambos campos, las Matemáticas y el Arte, desde su juventud. A ese respecto ha dicho: "Mi naturaleza genética era el Arte y las Ciencias". Es considerado uno de los mejores escultores matemáticos de todo el mundo y probablemente sea el más reconocido entre los matemáticos. Sus trabajos se pueden encontrar expuestos en instituciones como el Centro Americano para la Física, Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas, Universidad de California en Berkeley, Centro de Investigación en Ciencias Matemáticas, Congreso de Estados Unidos, Editorial Springer-Verlag en Alemania, Daiichi Corporation Química en Japón; Asociación Matemática de América, Sociedad Americana de Matemáticas, etc. También ha realizado exposiciones en solitario como en la Universidad del Estado de Arizona, en la Academia de Ciencias, en la Asociación Matemática de América y otras que conforman una extensa lista.

Umbilic Torus NC

Material: bronce de silicio, pátina verde envejecida - Dimensiones: 60 cm x 60 cm x 16 cm.
Peso aproximado: 35 kg.

Umbilic Torus NC (Tor umbilical NC)
La imatge d'aquesta obra s'ha vist per tot el món en portades de llibres de càlcul i en moltes altres publicacions. Helaman Ferguson la va crear amb la intenció que poguera ser tocada, perquè així el cicle de les excepcionals cúbiques de l'aresta que la culmina poguera ser recorreguda amb el dit, tres vegades pel camí llarg i una vegada pel curt al voltant del tor (nom que es dóna en matemàtiques a l'anell cilíndric); per a completar el cicle el braç ha de passar a través del tor per a formar el cicle curt. Aquesta escultura mostra les òrbites de GL(2,R) amb formes cúbiques binàries i amb la corba de Peano-Hilbert omplint-ne la superfície.

Umbilic Torus NC (Toro Umbilical NC)
La imagen de esta obra ha sido vista por todo mundo en portadas de libros de cálculo y en otras muchas publicaciones. Helaman Ferguson la creó con la intención de que pudiese ser tocada, para que así el ciclo de las excepcionales cúbicas de la arista que la culmina pudiera ser recorrida con el dedo, tres veces por el camino largo y una vez por el corto alrededor del toro (nombre que se da en matemáticas al anillo cilíndrico). Para completar el ciclo, el brazo ha de pasar a través del toro para formar el ciclo corto. Esta escultura muestra las órbitas de GL(2,R) con formas cúbicas binarias y con la curva de Peano-Hilbert rellenando su superficie.

Clay Mathematics Award

Material: bronce de silicio, pulido - Dimensiones: 15 cm x 22 cm x 12 cm - Peso aproximado: 4 kg.

Clay Mathematics Award: Figureight Knot Complement vii/CMI (Premi Clay de Matemàtiques: Complement del nus vii/CMI en forma de vuit)
Aquesta escultura és una de les dues que va encarregar a Helaman Ferguson l'Institut Clay de Matemàtiques. La seua imatge és el logo que pot veure's en la pàgina web d'aquest institut. Una versió més gran en granit de Mongòlia s'exposa en la seu central de l'Institut a Cambridge, Massachusetts. El primer d'aquests bonics bronzes va ser concedit a Andrew Wiles per la seua demostració de l'últim teorema de Fermat. El tema matemàtic d'aquestes peces és el Complement del nus en forma de vuit en l'espai hiperbòlic, un dels exemples que motivaren la conjectura de la geometrització de Thurston, recentment demostrada per Hamilton i Perelman. Aquesta peça està gravada amb un meravellós sistema descobert de David Broadhurst i usant PSLQ, l'algorisme de Helaman Ferguson per a buscar la relació de la formula BBP del volum hiperbòlic del Complement del nus en forma de vuit.

Clay Mathematics Award: Figureight Knot Complement vii/CMI (Premio Clay de Matemáticas: Complemento del Nudo vii/CMI en Forma de Ocho)
Esta escultura es una de las dos que encargó a Helaman Ferguson el Instituto Clay de Matemáticas. Su imagen es el logo que puede verse en la página web de este instituto. Una versión de mayor tamaño en Granito de Mongolia se expone en la sede central del Instituto en Cambridge, Massachusetts. El primero de estos bonitos bronces fue concedido a Andrew Wiles por su demostración del Último Teorema de Fermat. El tema matemático de estas piezas es el Complemento del Nudo en Forma de Ocho en el espacio hiperbólico, uno de los ejemplos que motivaron la Conjetura de la Geometrización de Thurston, recientemente demostrada por Hamilton y Perelman. Esta pieza está grabada con un maravilloso sistema descubierto por David Broadhurst y usando PSLQ, el algoritmo de Helaman Ferguson para buscar la relación de la formula BBP del volumen hiperbólico del Complemento del Nudo en Forma de Ocho.

Steven Coons SIGGRAPH Award

Material: bronce de silicio, pulido - Dimensiones: 16 cm x 13 cm x 25 cm - Peso aproximado: 8 kg.

Steven R. Coons SIGGRAPH Award (SIGGRAPH Premi Steven Coons)
L'escultura del Premi Steven R. Coons ACM/SIGGRAPH, també denominada Tricicle de Coons-Moebious, velocitat de fuga, de zero a l'infinit, va ser encarregada per Ed Catmull de PIXAR quan era president del Consell de SIGGRAPH per a atorgar guardons a la carrera d'aquells científics que hagueren fet importants contribucions en l'àrea de la computació de gràfics. Aquesta escultura de Helaman Ferguson és un elogi de la ruta de Coons, un element fonamental en els gràfics d'ordinador avui en dia. La ruta de Coons interpola múltiples corbes i tangents i obté una única superfície. Helaman Ferguson va decidir efectuar una interpolació entre les formes del 0 i del 8, emprant els símbols que s'utilitzen per al zero, un cicle tancat, i l'infinit, el cicle tancat de la xifra vuit, d'ací el títol informal d'aquesta escultura, De zero a l'infinit. El tipus de superfície de Coons resultant no és en absolut pla, motiu de l'elecció de la part secundària del títol Velocitat de fuga.

Steven R. Coons SIGGRAPH Award" (SIGGRAPH Premio Steven Coons)
La escultura del Premio Steven R. Coons ACM/SIGGRAPH; también denominada Triciclo de Coons-Moebious; Velocidad de Escape; De Cero al Infinito, fue encargada por Ed Catmull de PIXAR cuando era presidente del consejo de SIGGRAPH para otorgar galardones a la carrera de aquellos científicos que hubieran hecho importantes contribuciones en el área de la computación de gráficos. Esta escultura de Helaman Ferguson es un elogio a la "Ruta de Coons", un elemento fundamental en los gráficos de ordenador hoy en día. La Ruta de Coons interpola múltiples curvas y tangentes obteniendo una única superficie. Helaman Ferguson decidió efectuar una interpolación entre las formas del "0" y del "8", empleando los símbolos que se utilizan para el cero, un ciclo cerrado, y el infinito, el ciclo cerrado de la cifra ocho, de ahí el título informal de esta escultura "De Cero al Infinito". El tipo de superficie de Coons resultante no es en absoluto plano, motivo de la elección de la parte secundaria del título "Velocidad de Escape".

Eine kleine Link Musik

Material: bronce de silicio, pátina verde envejecida - Dimensiones: 42 cm x 31 cm x 31 cm.
Peso aproximado: 20 kg.

Eine Kleine Link Musik (Un petit vincle amb la música)
L'escultura Un petit vincle amb la música, també denominada Quatre canoes, 2^5, Enllaçant botelles de Klein, ens presenta dues botelles de Klein, cada una seccionada en una forma que s'autointercepten i alhora estan juntes i separades. La botella de Klein és el més senzill dels sòlids limitats per una superfície no orientada, és a dir, una superfície d'una única cara. Helaman Ferguson la va dissenyar amb motiu del seu 25 aniversari amb la seua esposa Claire, dígits que va pensar que eren els d'un esdeveniment molt binari. Aquesta és una versió d'escriptori, també n'hi ha de més xicotetes, manejables amb la mà, i molt més voluminoses; la major és una peça de granit de 12 tones. Una de les dues botelles de Klein està feta amb granit de Texas, amb una edat estimada de mil milions d'anys; l'altra està feta amb granit de Califòrnia, quasi un bebè amb cinc-cents milions d'anys. Amb les Quatre canoes es fa referència al fet que si seccionàrem les botelles de Klein pel meridià, podríem reconèixer una versió topològica d'un bot amb la part davantera i posterior en punta.

Eine Kleine Link Musik (Un Pequeño Vínculo con la Música)
La escultura, Un Pequeño Vínculo con la Música; también denominada Cuatro Canoas, 2^5, Enlazando Botellas de Klein, nos presenta dos "Botellas de Klein", cada una seccionada en una forma que se auto interceptan y a la vez están juntas y separadas. La Botella de Klein es el más sencillo de los sólidos limitados por una superficie no orientada, esto es, una superficie de una única cara. Helaman Ferguson la diseñó con motivo de su 25 aniversario con su esposa Claire, dígitos que pensó que eran los de un acontecimiento "muy binario". Ésta es una versión de escritorio, también las hay más pequeñas, manejables con la mano, y mucho más voluminosas; la mayor es una pieza de granito de 12 toneladas. Una de las dos botellas de Klein está realizada en granito de Texas, con una edad estimada de mil millones de años, la otra está realizada en granito de California, casi un bebé con quinientos millones. Con las Cuatro Canoas se hace referencia a que si seccionáramos las botellas de Klein por su meridiano, podríamos reconocer una versión topológica de un bote con su parte delantera y trasera en punta.

Umbilic Link II

Material: bronce de silicio, pátina verde envejecida - Dimensiones: 15 cm x 22 cm x 15 cm.
Peso aproximado: 4 kg.

Umbilic Link II (Llaç umbilical II)

Aquesta escultura és la terminació topològica de la sèrie de Ferguson Tors umbilicals. L'altra peça d'aquesta sèrie que mostrem en l'exposició és Tor umbilical NC, que és la companya d'aquesta, Llaç umbilical II, en què l'exterior es converteix en interior i viceversa. En aquesta última peça Helaman Ferguson ha unit literalment totes les compactacions topològiques de l'exterior amb l'interior de l'altra; així, les formes cúbiques binàries umbilicals el·líptiques estan a l'exterior d'una d'aquestes, i les formes cúbiques binàries umbilicals hiperbòliques estan a l'interior de l'altra. L'excepcional forma cúbica corresponent a la corba de la cúspide s'ajusta aproximadament, per la qual cosa cada peça roda al voltant i a través de l'altra.

Umbilic Link II (Lazo Umbilical II)

Esta escultura es la terminación topológica de la Serie de Ferguson Toros Umbilicales. La otra pieza de esta serie que mostramos en la exposición es Toro Umbilical NC, que es la compañera de ésta, Lazo Umbilical II, en la que el exterior se convierte en interior y viceversa. En esta última pieza Helaman Ferguson ha unido literalmente todas las compactaciones topológicas del exterior con el interior de la otra; así las formas cúbicas binarias umbilicales elípticas están en el exterior de una de ellas y las formas cúbicas binarias umbilicales hiperbólicas están en el interior de la otra. La excepcional forma cúbica correspondiente a la curva de la cúspide se ajusta aproximadamente, por lo que cada pieza rueda alrededor y a través de la otra.

Bathsheba Grossman

http://www.bathsheba.com

Quintrino

Gyroid

The 120-Cell

Holly

Vorocube

Universal Clef

Va iniciar els estudis superiors cursant Matemàtiques a la Universitat de Yale i a continuació Escultura a la Universitat de Pennsilvània. Al llarg de la seua carrera professional ha sigut programadora informàtica, professora i també s'ha dedicat a la fabricació de prototips, models d'estructures de proteïnes, joieria i, per descomptat, a l'escultura geomètrica. Actualment es dedica a l'escultura a temps complet fent treballs en tres dimensions sobre metall. Bathsheba és una exploradora del món en tres dimensions, investigant des de l'interior cap a l'exterior i sempre cercant sorpreses en l'espai euclidià buit.

Inició sus estudios superiores cursando Matemáticas en la Universidad de Yale y a continuación Escultura en la Universidad de Pensilvania. A lo largo de su carrera profesional ha sido programadora informática, profesora y también se ha dedicado a la fabricación de prototipos, modelos de estructuras de proteínas, joyería y, por supuesto, a la escultura geométrica. Actualmente se dedica a la escultura a tiempo completo realizando trabajos en tres dimensiones sobre metal. Bathsheba es una exploradora del mundo en tres dimensiones, investigando desde el interior hacia el exterior y siempre buscando sorpresas en el espacio Euclidiano vacío.

Quintrino

Material: Impresión metálica - Dimensiones: 8,26 cm de diámetro - Peso aproximado: 0.5 kg.

Quintrino

És una obra de disseny clàssic que pertany a la sèrie de Bathsheba Grossman sobre els cinc Sòlids platònics. Aquests coneguts poliedres són el tetraedre, el cub, l'octaedre, el dodecaedre i l'icosaedre. Basada en el dodecaedre, Quintrino és la preferida de la majoria, i aquesta autora l'ha feta com a peça d'escultura, de joieria i com a lluminària. A pesar del seu clar aspecte de matemàtiques paramètriques, és pur art dibuixat a mà utilitzant el programari CAD (Computer Aided Design, 'disseny assistit per ordinador').

Quintrino

Es una obra de diseño clásico que pertenece a la serie de Bathsheba Grossman sobre los cinco Sólidos Platónicos. Estos conocidos poliedros son el tetraedro, el cubo, el octaedro, el dodecaedro y el icosaedro. Basada en el dodecaedro, Quintrino es la preferida de la mayoría, y esta autora la ha realizado como pieza de escultura, de joyería y como luminaria. A pesar de su claro aspecto de matemáticas paramétricas, es puro arte dibujado a mano utilizando software CAD (Computer Aided Design - Diseño Asistido por Ordenador).

Gyroid

Material: Impresión metálica - Dimensiones: cubo de 7,62 cm - Peso aproximado: 0.5 kg.

Gyroid (Giroedre)

Explicat amb senzillesa des d'un punt de vista matemàtic, aquest model ens mostra una secció del giroedre. Es tracta d'una superfície mínima descoberta en 1970 per Alan Schoen i que forma part d'un nou conjunt de fascinants superfícies que són periòdiques en les tres dimensions. Giroedre potser és la més bella i disposa de l'estranya propietat de tenir una simetria sense reflexió.

Gyroid (Giroide)

Explicado con sencillez desde un punto de vista matemático, este modelo nos muestra una sección del giroide. Se trata de una superficie mínima descubierta en 1970 por Alan Schoen y que forma parte de un nuevo conjunto de fascinantes superficies que son periódicas en las tres dimensiones. Giroide puede que sea la más hermosa y tiene la extraña propiedad de tener una simetría sin reflexión.

The 120-Cell

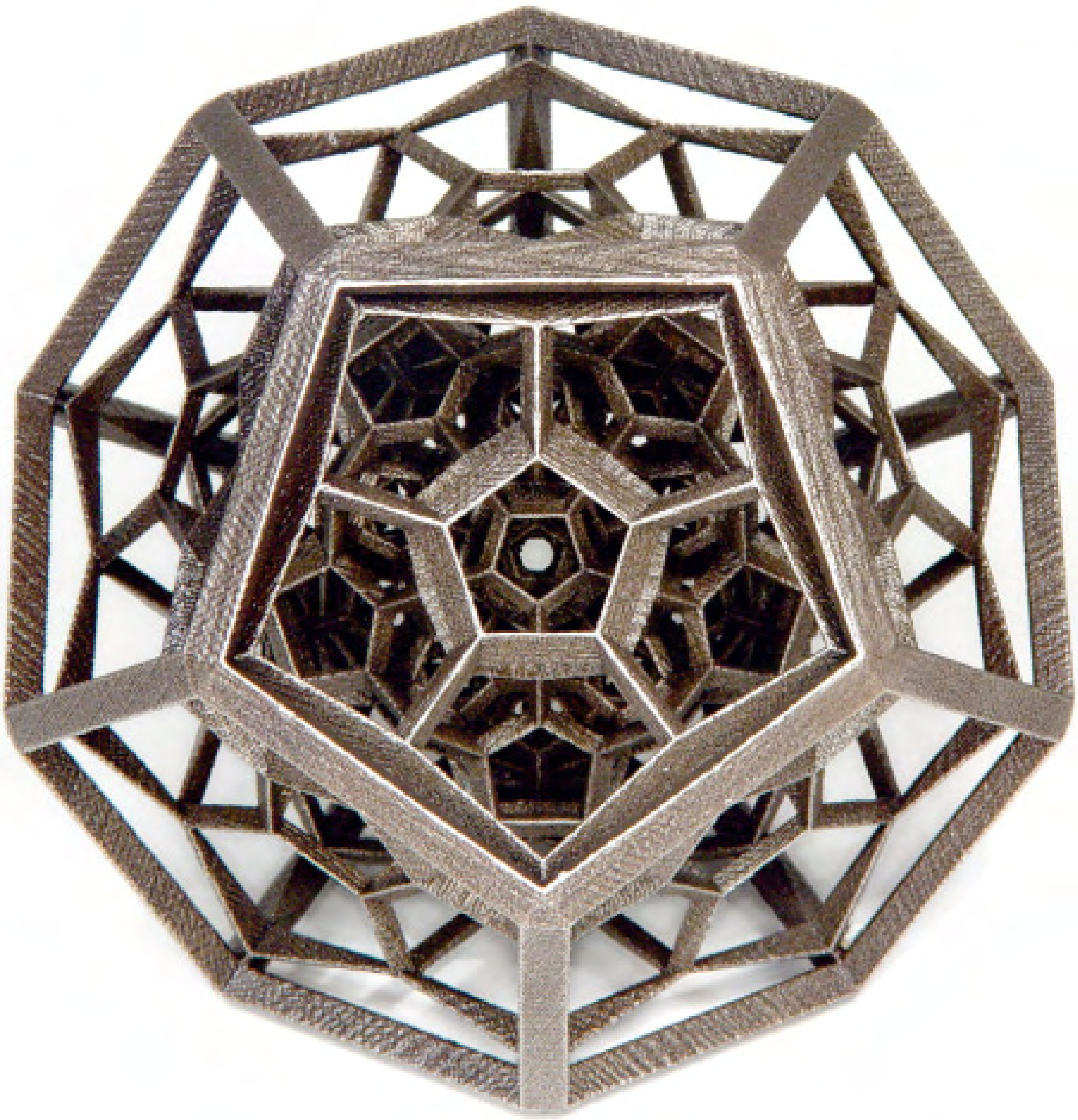
Material: Impresión metálica – Dimensiones: 10,16 cm de diámetro - Peso aproximado: 0.5 kg.

The 120-Cell (Les 120 cel·les)

En l'espai de quatre dimensions hi ha sis sòlids regulars que tenen un paper anàleg al dels cinc sòlids platònics en l'espai tridimensional. L'escultura The 120-Cell és una projecció en tres dimensions d'un d'aquests: l'anàleg al dodecaedre. En aquesta projecció, amb un procés informàtic de disseny dut a terme per George Hart, la majoria de les 120 cel·les del dodecaedre han sigut esbiaixades a causa de la perspectiva, però cap ha desaparegut.

The 120-Cell (Las 120 Celdas)

En el espacio de cuatro dimensiones existen seis sólidos regulares que juegan un papel análogo al de los cinco sólidos platónicos en el espacio tridimensional. La escultura The 120-Cell es una proyección en tres dimensiones de uno de ellos: el análogo al dodecaedro. En esta proyección, cuyo proceso informático de diseño ha sido llevado a cabo por George Hart, la mayoría de las 120 celdas del dodecaedro han sido sesgadas debido a la perspectiva, pero ninguna ha desaparecido.



Holly

Material: Impresión metálica y carburo de tungsteno – Dimensiones: 8,89 cm de diámetro
Peso aproximado: 0.5 kg.

Holly (Grèvol)
Aquesta sorprenent estructura ens demostra la precisió que es pot obtenir amb la fabricació automatitzada directament en metall i la gran qualitat del treball escultòric de Bathsheba Grossman. Les seues quatre parts s'uneixen mitjançant nou boles de rodament de carbur de tungstè, i formen una estructura rígida. És una escultura difícil de muntar, atés que no és estable fins que no es col·loca l'última de les boles.

Holly (Acebo)
Esta sorprendente estructura nos demuestra la precisión que se puede obtener con la fabricación automatizada directamente en metal y la gran calidad del trabajo escultórico de Bathsheba Grossman. Sus cuatro partes se unen mediante nueve bolas de rodamiento de carburo de tungsteno, formando una estructura rígida. Es una escultura difícil de montar, dado que no es estable hasta que no se coloca la última de las bolas.

Vorocube

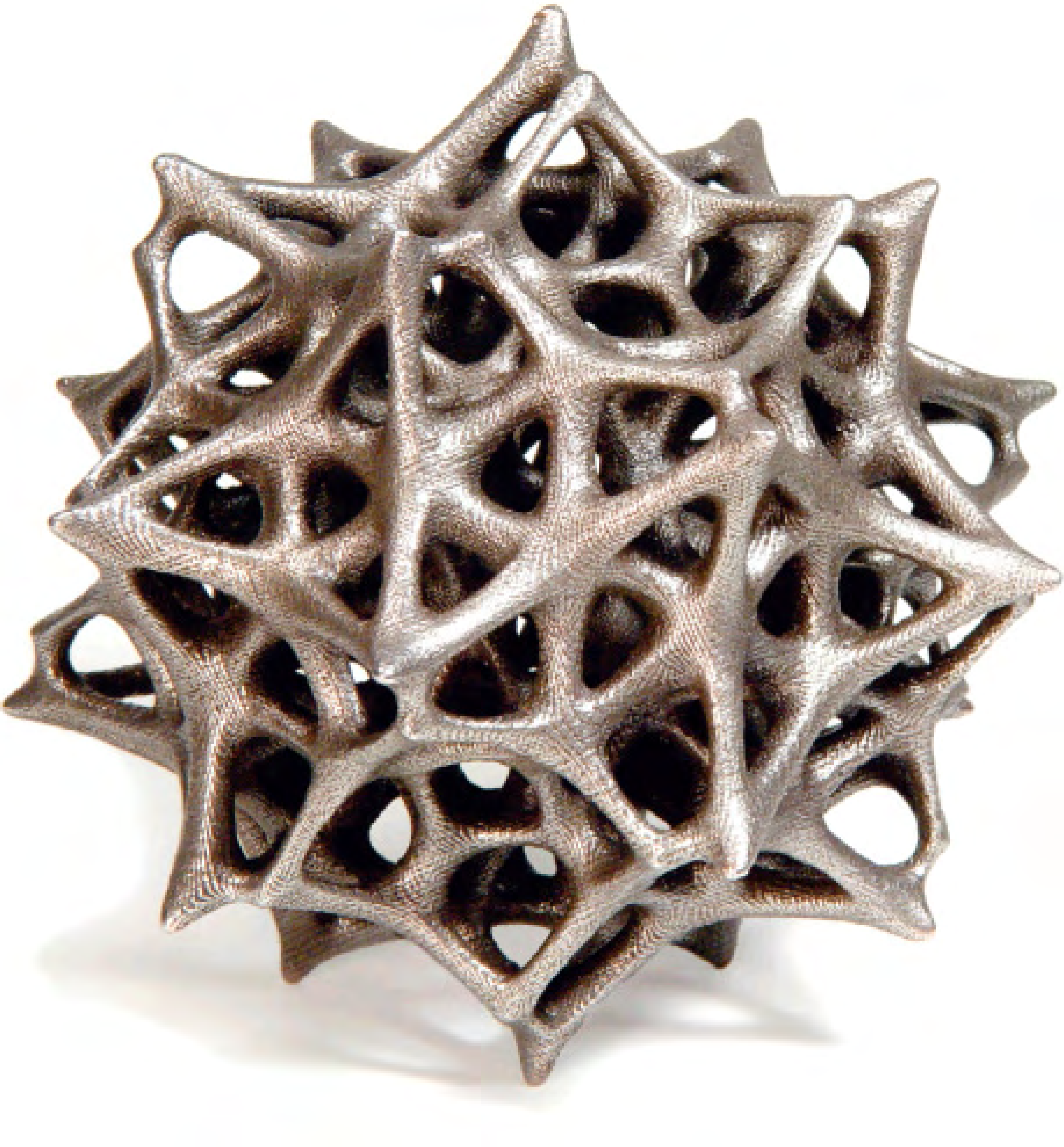
Material: Impresión metálica – Dimensiones: 8,89 cm de diámetro – Peso aproximado: 0.5 kg.

Vorocube (Vorocub)

Bathsheba Grossman va crear l'estructura cel·lular d'aquesta peça generant-la a partir d'una malla de Voronoi en tres dimensions, estructura molt coneguda en cercles matemàtics, la qual va subdividir successivament i hi va aplicar algorismes per a suavitzar-la. La forma orgànica d'aquesta peça escultòrica té reminiscències de les bombolles en la bromera del sabó i del miceli dels fongs.

Vorocube (Vorocubo)

Bathsheba Grossman creó la estructura celular de esta pieza generándola a partir de una malla de Voronoi en tres dimensiones, estructura muy conocida en círculos matemáticos, la cual subdividió sucesivamente y aplicó algoritmos para su suavizado. La forma orgánica de esta pieza escultórica tiene reminiscencias de las burbujas en la espuma del jabón y del micelio de los hongos.



Universal Clef

Material: Impresión metálica – Dimensiones: 8,89 cm de longitud – Peso aproximado: 0.5 kg.

Universal Clef (Clau universal)

Un únic filament sense ramificar dóna forma a aquest ampli nus. Aquesta peça ens mostra la precisió i flexibilitat de la fabricació automatitzada de la peça directament en metall. La combinació d'àrees denses i lleugeres, passadissos estrets i buits inaccessibles, seria quasi impossible d'aconseguir amb una fosa o procés de fabricació tradicional.

Universal Clef (Clave Universal)

Un único filamento sin ramificar da forma a este amplio nudo. Esta pieza nos muestra la precisión y flexibilidad de la fabricación automatizada de la pieza directamente en metal. La combinación de áreas densas y livianas, estrechos pasadizos y huecos inaccesibles, sería casi imposible de lograr con una fundición o proceso de fabricación tradicional.

George W. Hart

http://www.georgehart.com

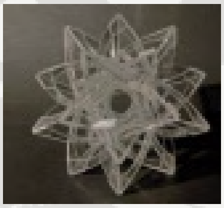
Spaghetti Code

Paradise

Asterisks

Tumbleweed

Twelve-Part Puzzle



Bouquet

És professor i investigador en el Departament d'Informàtica de la Universitat de Stony Brook a Nova York. Posseeix la llicenciatura de Matemàtiques i el doctorat en Enginyeria Elèctrica i Informàtica, ambdós obtinguts en el MIT (Institut de Tecnologia de Massachusetts). Ha sigut professor a la Universitat de Columbia. És autor d'una monografia d'àlgebra lineal, Anàlisi multidimensional (Springer Verlag, 1995) i del text de geometria, Geometrí Zome (amb Henri Picciotto com a coautor, Key Curriculum Press, 2001). Hart és un escultor que ha desenvolupat formes innovadores per a l'ús de la tecnologia informàtica en el disseny i la fabricació de les seues obres artístiques.

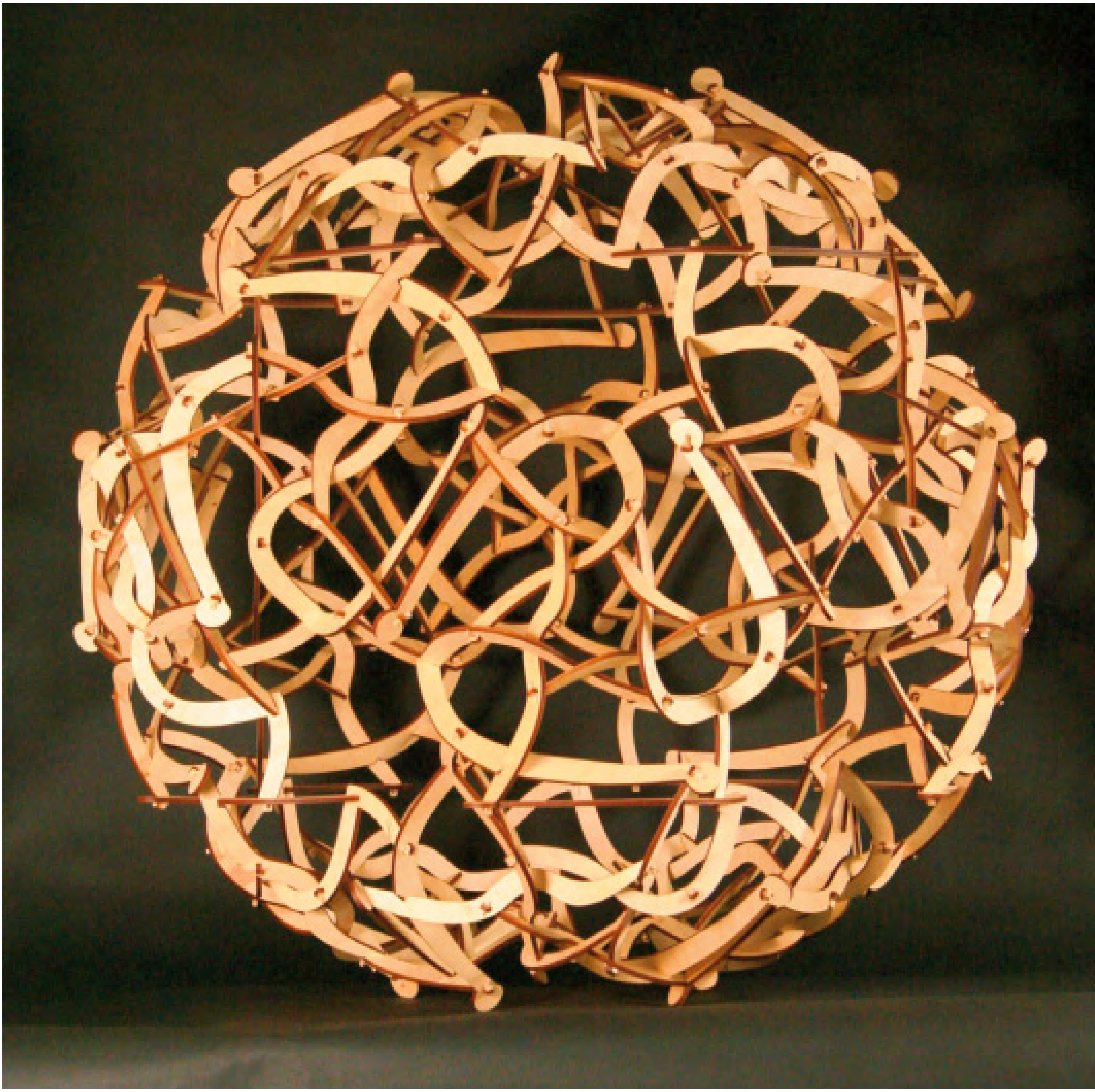
Es profesor e investigador en el Departamento de Informática de la Universidad de Stony Brook en Nueva York. Posee la licenciatura de Matemáticas y el doctorado en Ingeniería Eléctrica e Informática, ambos obtenidos en el MIT (Instituto de Tecnología de Masachuset). Ha sido profesor en la Universidad de Columbia. Es autor de una monografía de álgebra lineal, Análisis Multidimensional (Springer Verlag, 1995) y del texto de geometría, Geometrí Zome (con Henri Picciotto como coautor, Key Curriculum Press, 2001). Hart es un escultor que ha desarrollado innovadoras formas para el uso de la tecnología informática en el diseño y fabricación de sus obras artísticas. Su trabajo ha sido ampliamente expuesto alrededor del mundo.

Spaghetti Code

Material: madera (contrachapado de abedul báltico cortado con láser) - Dimensiones: 1 metro de diámetro
Peso aproximado: 6,8 kg.

Spaghetti Code (El codi espagueti)
Es compon de 180 peces tallades amb làser i subjectes amb 300 falques menudes. Encara que a primera vista podria fer la impressió d'una embolic aleatori d'espaguetis, té una forma molt estructurada matemàticament. S'hi utilitzen tres tipus diferents de peces (60 de cada forma) i s'han col·locat amb la simetria de l'icosaedre. El més sorprenent d'aquest disseny és que en totes les unions les peces formen un angle de 90 graus. Aquesta escultura fou el prototip per a la realització d'una versió final més gran amb alumini (2 metres de diàmetre) exposada a la Universitat de Stony Brook.

Spaghetti Code (El Código del Espagueti)
Se compone de 180 piezas cortadas mediante láser y sujetas con 300 pequeñas cuñas. Aunque a primera vista podría dar la impresión de una maraña aleatoria de espaguetis, su forma está muy estructurada matemáticamente. Se utilizan tres tipos diferentes de piezas (60 de cada forma) y se han colocado con la simetría del icosaedro. Lo más sorprendente de su diseño es que en todas las uniones las piezas forman un ángulo de 90 grados. Esta escultura fue el prototipo para la realización de una versión final de mayor tamaño en aluminio (2 metros de diámetro) expuesta en la Universidad de Stony Brook.



Paradise

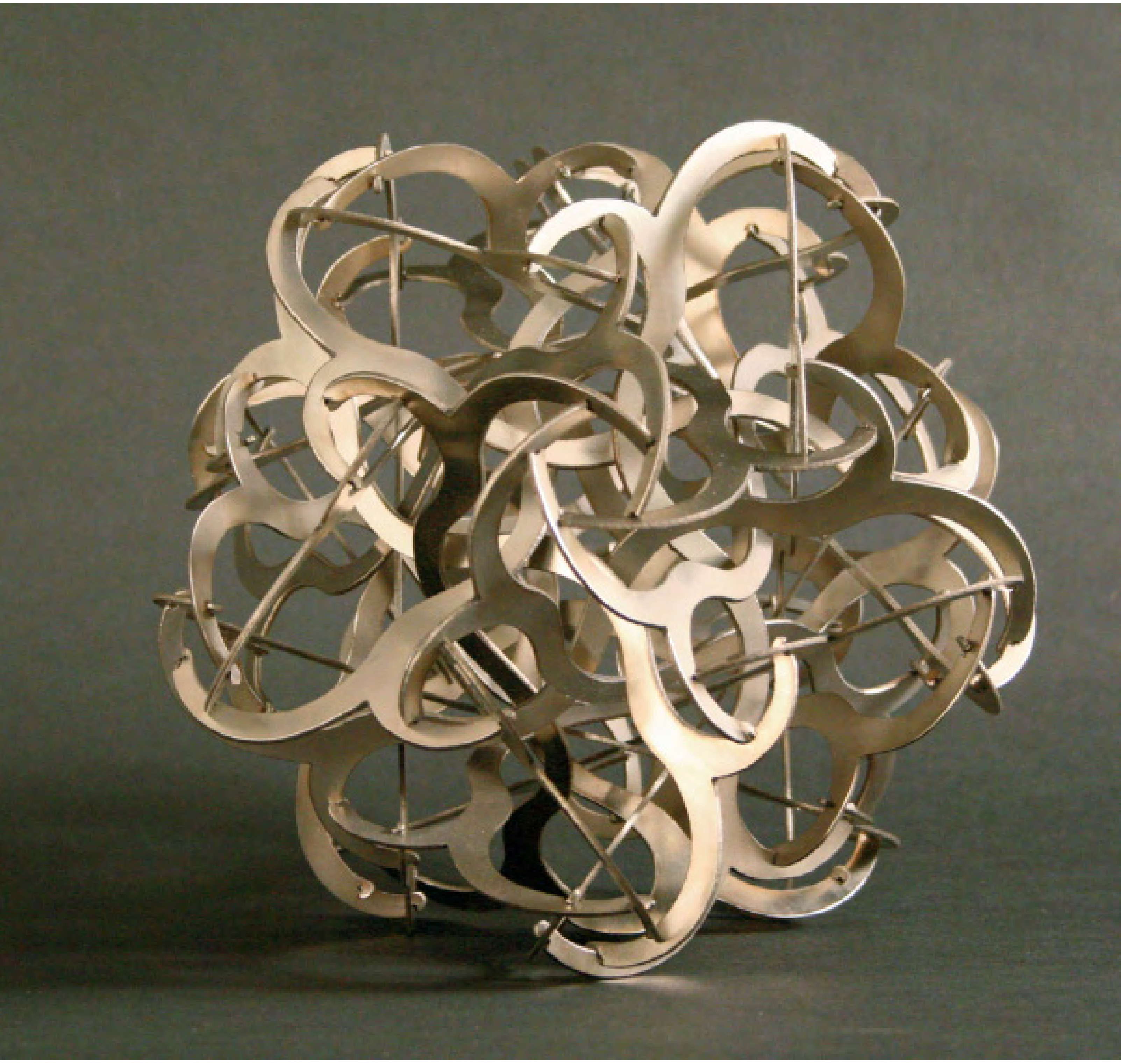
Material: acero inoxidable - Dimensiones: 23 cm de diámetro - Peso aproximado: 0,91 kg.

Paradise (El paradís)

Les 30 peces idèntiques d'aquesta escultura en travessen el centre i aguaiten pel costat oposat. Aquestes peces d'acer inoxidable foren construïdes emprant un sistema de tall de plasma controlat per ordinador. Totes són planes, amb mosses que permeten unir-les sense elements de connexió. La col·locació de l'últim element va resultar molt complexa. A l'autor li va suggerir la imatge idíl·lica d'una palmera balancejant-se en una illa tropical, d'ací que al·ludisca al paradís.

Paradise (Paraíso)

Las 30 piezas idénticas de esta escultura atraviesan su centro y se asoman por el lado opuesto. Estas piezas de acero inoxidable fueron realizadas empleando un sistema de corte de plasma controlado por ordenador. Todas son planas, con muescas que permiten unirlas sin elementos de conexión. La colocación del último elemento resultó muy compleja. Al autor le sugirió la imagen idílica de una palmera balanceándose en una isla tropical, de ahí surgió el título de Paraíso.



Asterisk

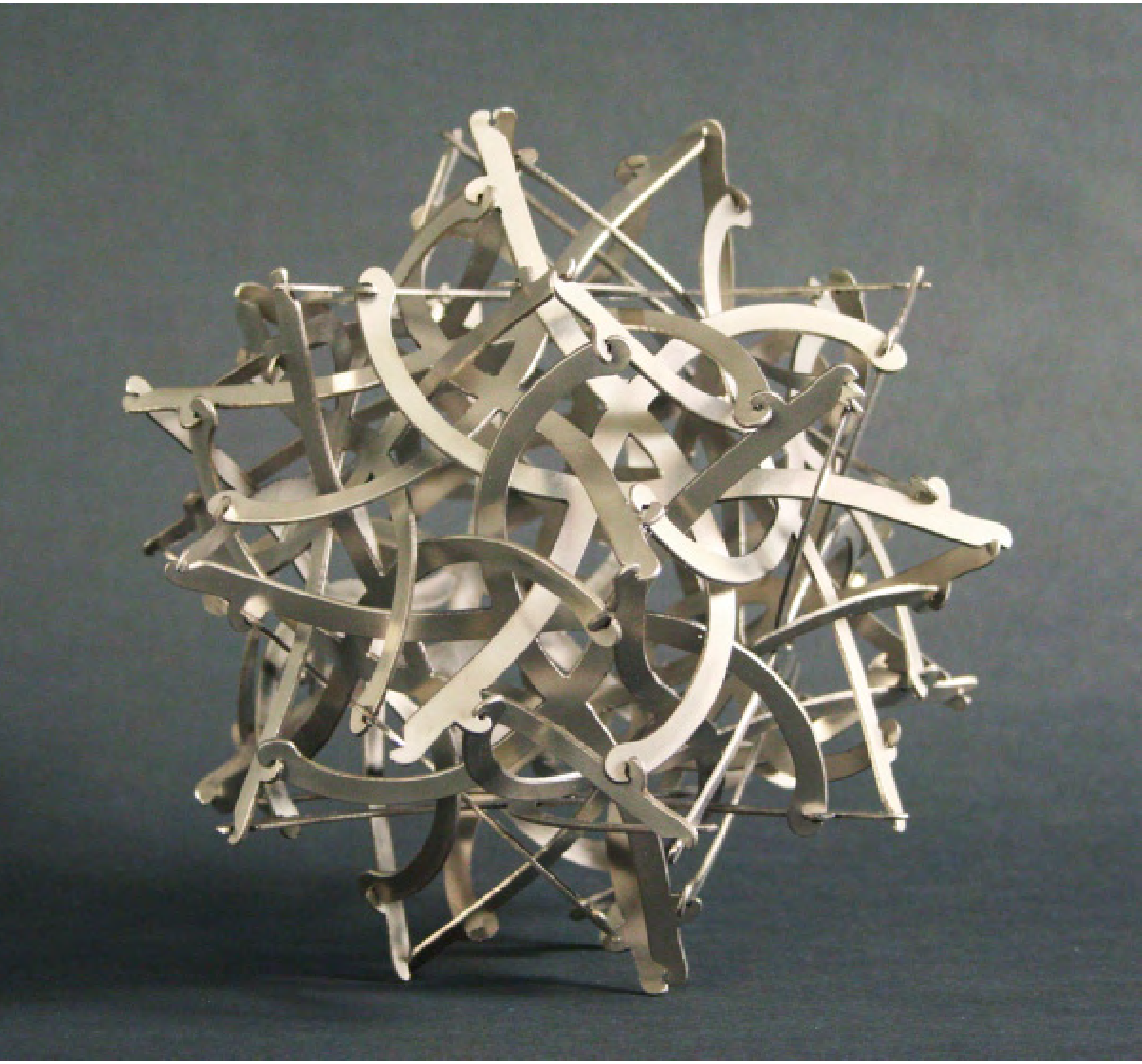
Material: acero inoxidable - Dimensiones: 20 cm de diámetro - Peso aproximado: 0,91 kg.

Asterisk (Asterisco)

Dotze peces idèntiques retallades en acer inoxidable estan interconnectades per a formar aquesta escultura. S'acoblen juntes, sense cap peça de connexió, i constitueixen un puzle complex. En teoria, es pot desarmar i tornar a armar. No obstant això, això resulta realment difícil i el seu autor va invertir quatre hores per a acoblar-les la primera vegada.

Asterisk (Asterisco)

Doce piezas idénticas recortadas en acero inoxidable son interconectadas para formar esta escultura. Se ensamblan juntas, sin ninguna pieza de conexión, y constituyen un puzzle complejo. En teoría, se puede desarmar y volver a armar. Sin embargo, ello resulta realmente difícil y su autor invirtió cuatro horas para ensamblarlas la primera vez.



Tumbleweed

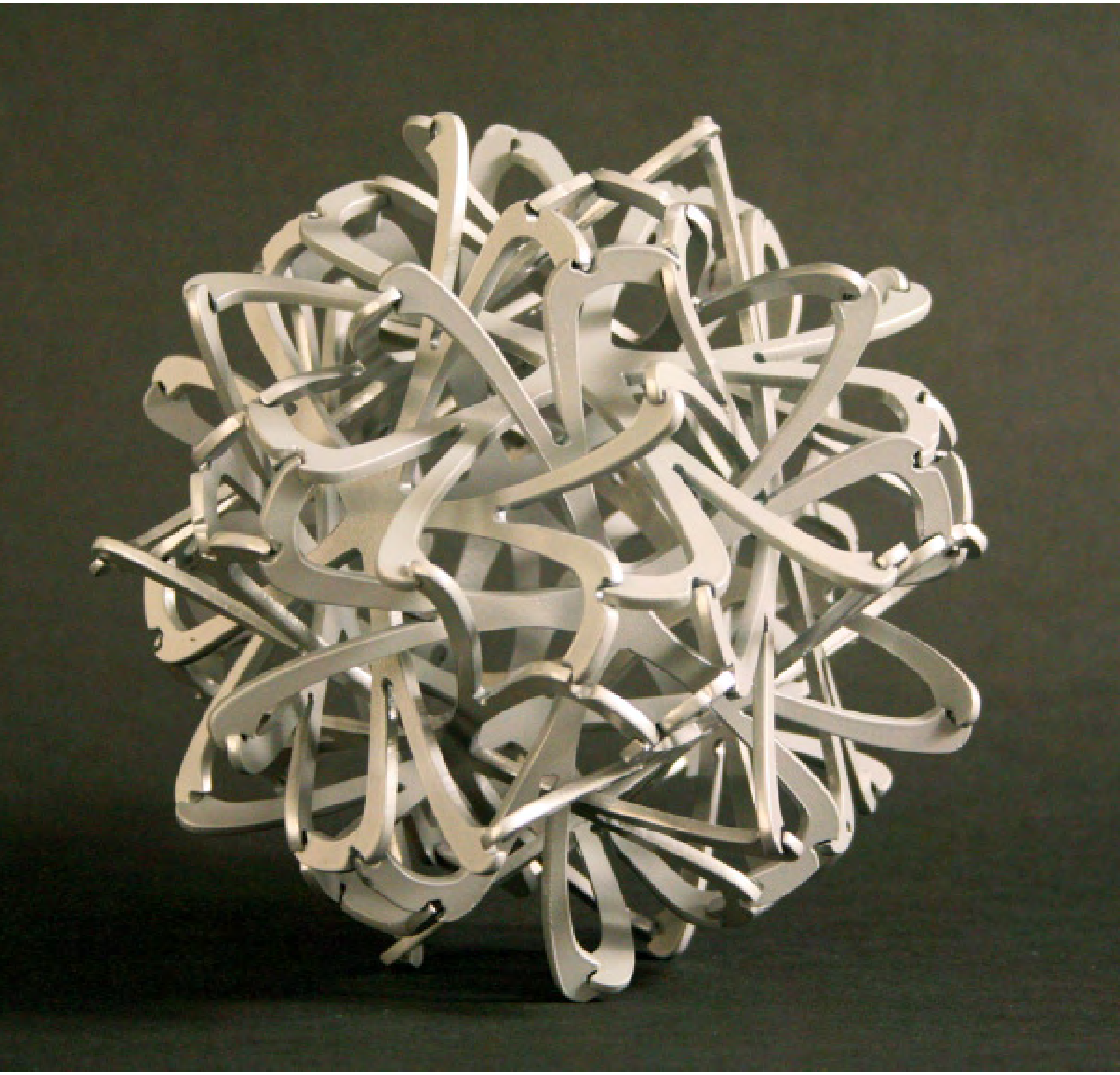
Material: acero (recubierto con pintura) - Dimensiones: 18 cm - Peso aproximado: 1,36 kg.

Tumbleweed (Planta rodadora)

Dotze peces elaborades, tallades d'una planxa d'acer de 3 mm de grossària, han sigut acoblades per a formar aquesta intricada escultura. Es mantenen juntes sense cap peça de connexió, però fins que no es col·loca l'últim element, tot el conjunt tendeix a enfonsar-se. A causa d'això, George Hart la va considerar un desafiament i va emprar un dia sencer per a muntar-la. El títol Tumbleweed va ser seleccionat perquè aquesta escultura li recordava una família de plantes que redolen quan són arrossegades pel vent al sud-oest americà.

Tumbleweed (Planta Rodadora)

Doce elaboradas piezas, cortadas de una plancha de acero de 3mm de espesor han sido ensambladas para formar esta intricada escultura. Se mantienen juntas sin ninguna pieza de conexión, pero hasta que no se coloca el último elemento, todo el conjunto tiende a desmoronarse. Debido a ello, George Hart la consideró un desafío y empleó un día entero para montarla. Su título Tumbleweed fue seleccionado porque esta escultura le recordaba a una familia de plantas rodadoras que son arrastradas por el viento en el Suroeste Americano.



Twelve-Part Puzle

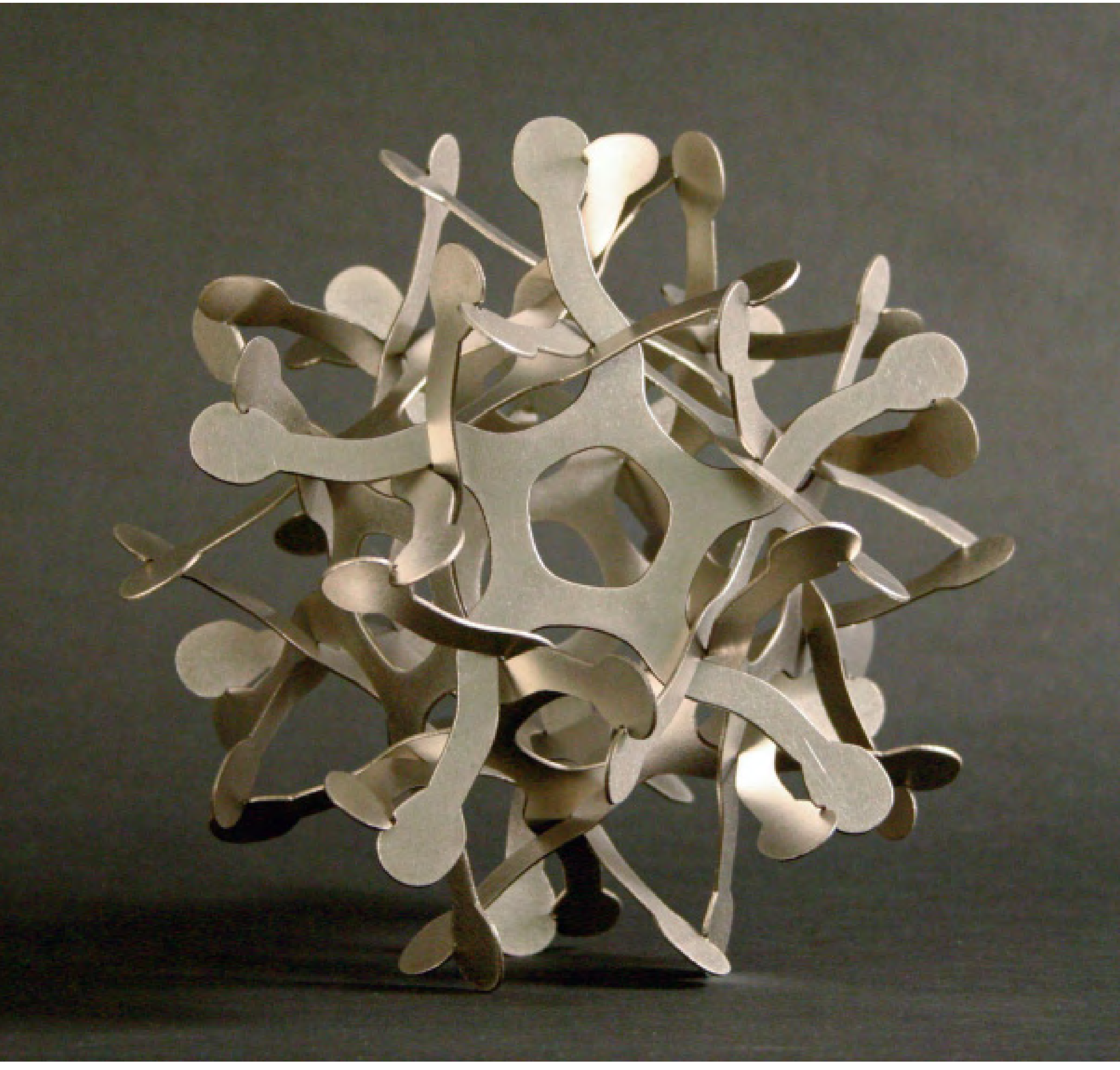
Material: acero inoxidable - Dimensiones: 21 cm - Peso aproximado: 0,91 kg.

Twelve-Part Puzle (Puzle de dotze peces)

Basada en el dodecaedre, aquesta escultura és la més fàcil d’acoblar de totes les que George Hart presenta en aquesta exposició. Es compon de 12 peces planes idèntiques. Totes s’han dissenyat de manera que contacten amb deu de les onze restants, i una queda exempta en el part oposada. Per a col·locar-les totes en la posició exacta cal tenir paciència i mesura. El muntatge s’acaba flexionant lleugerament l’última peça per a situar-la correctament.

Twelve-Part Puzzle (Puzzle de Doce Piezas)

Basada en el dodecaedro, esta escultura es la más fácil de ensamblar de todas las que George Hart presenta en esta exposición. Se compone de 12 piezas planas idénticas. Todas ellas se han diseñado de forma que contactan con diez de las once restantes, quedando una de ellas exenta en la parte opuesta. Para colocar todas ellas en la posición exacta hay que tener paciencia y mesura. El montaje se finaliza flexionando ligeramente la última pieza para situarla correctamente.



Bouquet

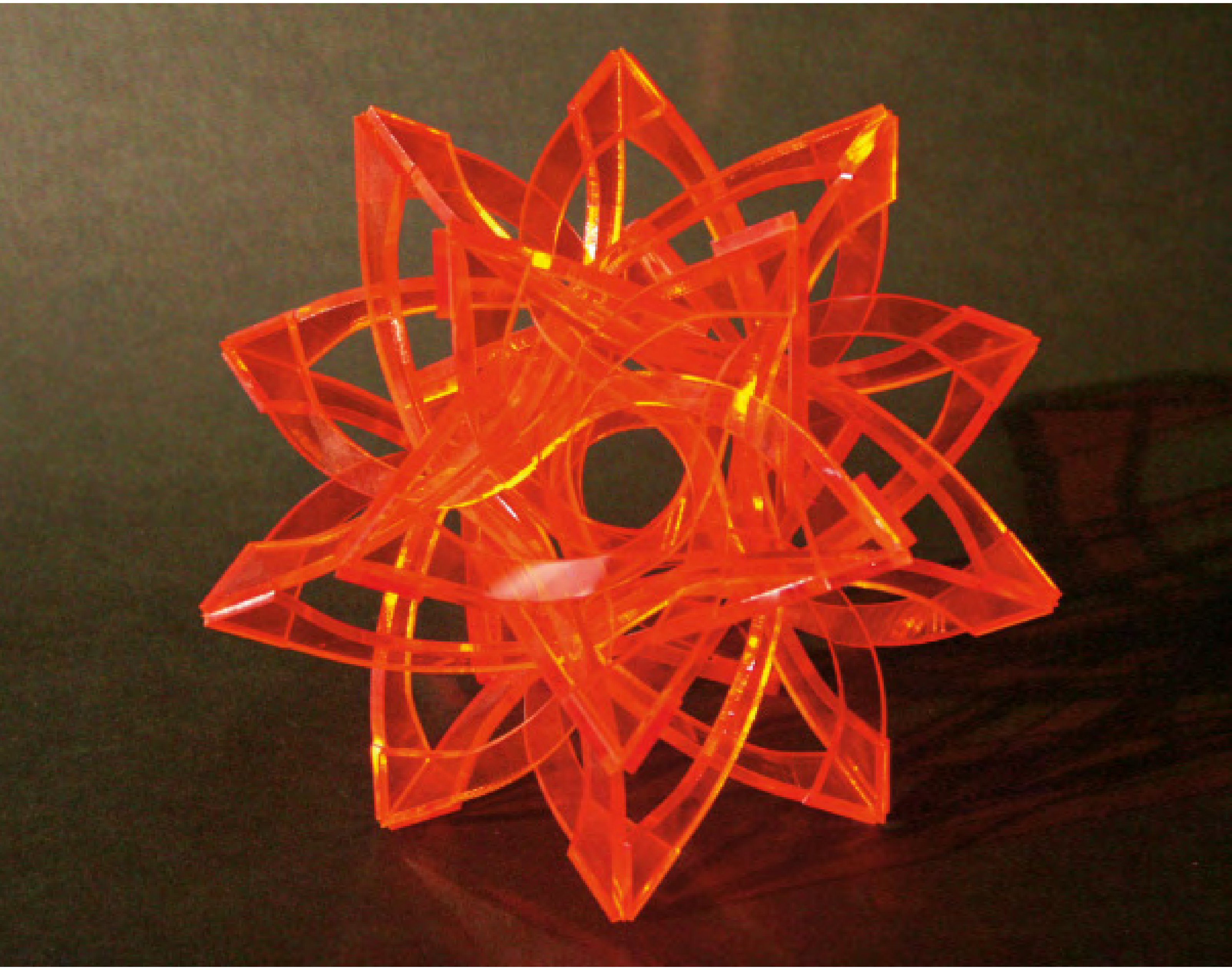
Material: plástico acrílico - Dimensiones: 22 cm - Peso aproximado: 0,91 kg.

Bouquet (Ram)

Les 30 peces en forma de essa van ser tallades en metacrilat mitjançant un làser i després bisellades i unides. Es munten en grups de tres, a l'exterior, encara que són travessades per les altres peces, per la qual cosa es formen vèrtexs interiors amb simetria d'ordre cinc. Aquesta escultura es podria veure com una dotzena de flors situades a l'interior d'un dodecaedre, encara que en realitat les 30 peces se situen a les cares d'un triacontaedre ròmbic.

Bouquet (Ramo)

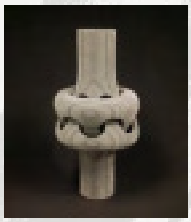
Sus 30 piezas en forma de "S" fueron cortadas en metacrilato mediante un láser y después biseladas y unidas. Se montan en grupos de tres, en el exterior, aunque son atravesadas por las demás piezas, por lo que se forman vértices interiores con simetría de orden cinco. Esta escultura se podría ver como una docena de flores situadas en el interior de un dodecaedro, aunque en realidad sus 30 piezas se sitúan en las caras de un triacontaedro rómbico.



Rinus Roelofs

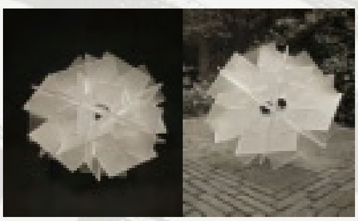
http://www.rinusroelofs.nl

26 Tetrahedra



Knot

Ring Inside-Out



Slide Together [12 & 30 elements]

Sphere 90 elements

2 Bar Tetrahedron

Després d'estudiar Matemàtica Aplicada a la Universitat Politècnica de Twente durant alguns anys, Rinus Roelofs va acudir a l'Escola d'Arts d'Enschede on es va graduar i va iniciar la carrera com a escultor. Anys després tractà d'integrar la seua passió per les matemàtiques en el seu treball artístic. Actualment el principal argument del seu art és la fascinació per l'estructura. Rinus Roelofs intenta expressar les idees per mitjà de la combinació d'estructures i les transformacions i connexions entre diferents tipus d'estructures. Per a aconseguir-ho utilitza intensament l'ordinador. Una de les conseqüències és la possibilitat d'usar tècniques molt diferents per a desenvolupar les seues idees: tècniques innovadores, com la fabricació automatitzada de prototips i l'animació, encara que també utilitza tècniques tradicionals com la fosa en bronze i l'entapissament.

Después de estudiar Matemática Aplicada en la Universidad Politécnica de Twente durante algunos años, Rinus Roelofs acudió a la Escuela de Artes de Enschede donde se graduó e inició su carera como escultor. Años después trató de integrar su pasión por las matemáticas en su trabajo artístico. Actualmente el principal argumento de su Arte es la fascinación por la "Estructura". Rinus Roelofs intenta expresar sus ideas mediante la combinación de estructuras y las transformaciones y conexiones entre diferentes tipos de estructuras. Para conseguirlo utiliza intensamente el ordenador en su trabajo. Una de las consecuencias es la posibilidad de usar técnicas muy diferentes para desarrollar sus ideas: técnicas innovadoras, como la fabricación automatizada de prototipos y la animación, aunque también utiliza técnicas tradicionales como el fundido en bronce y el tapizado.

26 Tetrahedra

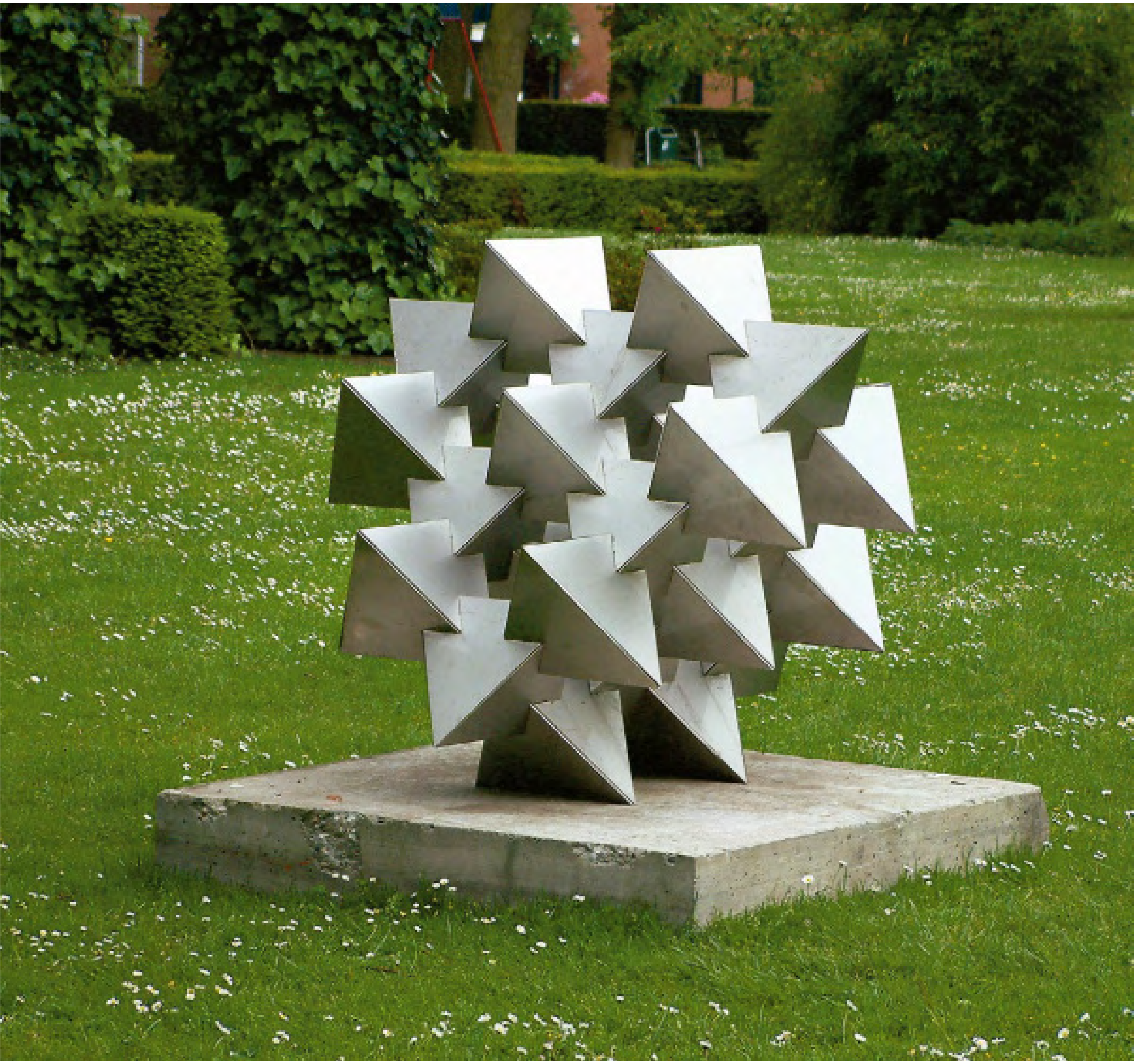
Material: acero inoxidable - Dimensiones: 90 x 90 x 90 cm - Peso: 29 kg aprox.

26 Tetrahedra (26 tetraedres)

Els 26 tetraedres que formen aquesta obra escultòrica estan construïts a partir de 104 triangles tallats en acer inoxidable amb un làser. Per a formar l'escultura tots els elements han de ser col·locats simultàniament. Una vegada s'ha fet, és pràcticament impossible desacoblar el conjunt. Aquest treball és, de fet, un fragment d'una estructura geomètrica infinita.

26 Tetrahedra (26 Tetraedros)

Los 26 tetraedros que forman esta obra escultórica están construidos a partir de 104 triángulos cortados en acero inoxidable con un láser. Para formar la escultura todos sus elementos han de ser colocados simultáneamente. Una vez realizado, es prácticamente imposible desensamblar el conjunto. Este trabajo es, de hecho, un fragmento de una estructura geométrica infinita.



Knot

Material: madera (MDF) - Dimensiones: 72 x 33 x 33 cm - Peso: 4 kg aprox.

Knot (Nus)

És d'alguna manera una resposta artística a l'escultura nodal de Tajiri. Si es fa un nus en un cilindre, Tajiri ens va mostrar que quan s'efectua de forma senzilla es pot aconseguir una atractiva escultura. Rinus Roelofs va decidir cercar una forma alternativa per a fer el nus i arribà a la solució de Knot. El model s'ha dissenyat amb Rhinoceros (un programa d'ordinador) i la peça final s'ha elaborat amb làmines. Les capes de petit grossor (2 cm.) són elaborades per separat i s'han unit posteriorment.

Knot (Nudo)

Es de alguna manera una respuesta artística a la escultura nodal de Tajiri. Si se hace un nudo en un cilindro, Tajiri nos mostró que cuando se efectúa de forma sencilla se puede lograr una atractiva escultura. Rinus Roelofs decidió buscar una forma alternativa para realizar el nudo y llegó a la solución de Knot. El modelo se ha diseñado con Rhinoceros (un programa de ordenador) y la pieza final se ha realizado mediante láminas. Las capas de pequeño grosor (2 cm.) son elaboradas por separado y se han unido posteriormente.

Ring Inside-Out

Material: tapiz - Dimensiones: 152 x 191 cm - Peso: 6 kg aprox.

Ring Inside-Out (Anell interior-exterior)

En aquesta escultura Rinus Roelofs va pensar d'aplicar sobre un tor (nom que es dóna en matemàtiques a l'anell cilíndric) una cinta de Moebius. Igual que li succeeix a la cinta de Moebius, la superfície interior i l'exterior del tor resulten ser la mateixa. Va triar fer la peça final utilitzant un tapís. Per a això es va posar en contacte amb el pintor Alan Magee, que havia introduït una nova forma de realitzar físicament dissenys digitals. Aquest posà en contacte Rinus Roelofs amb Donald Farnsworth, que era capaç de transformar un disseny escultòric digital, en tres dimensions, en una preciosa peça de tapís.

Ring Inside-Out (Anillo Interior-Exterior)

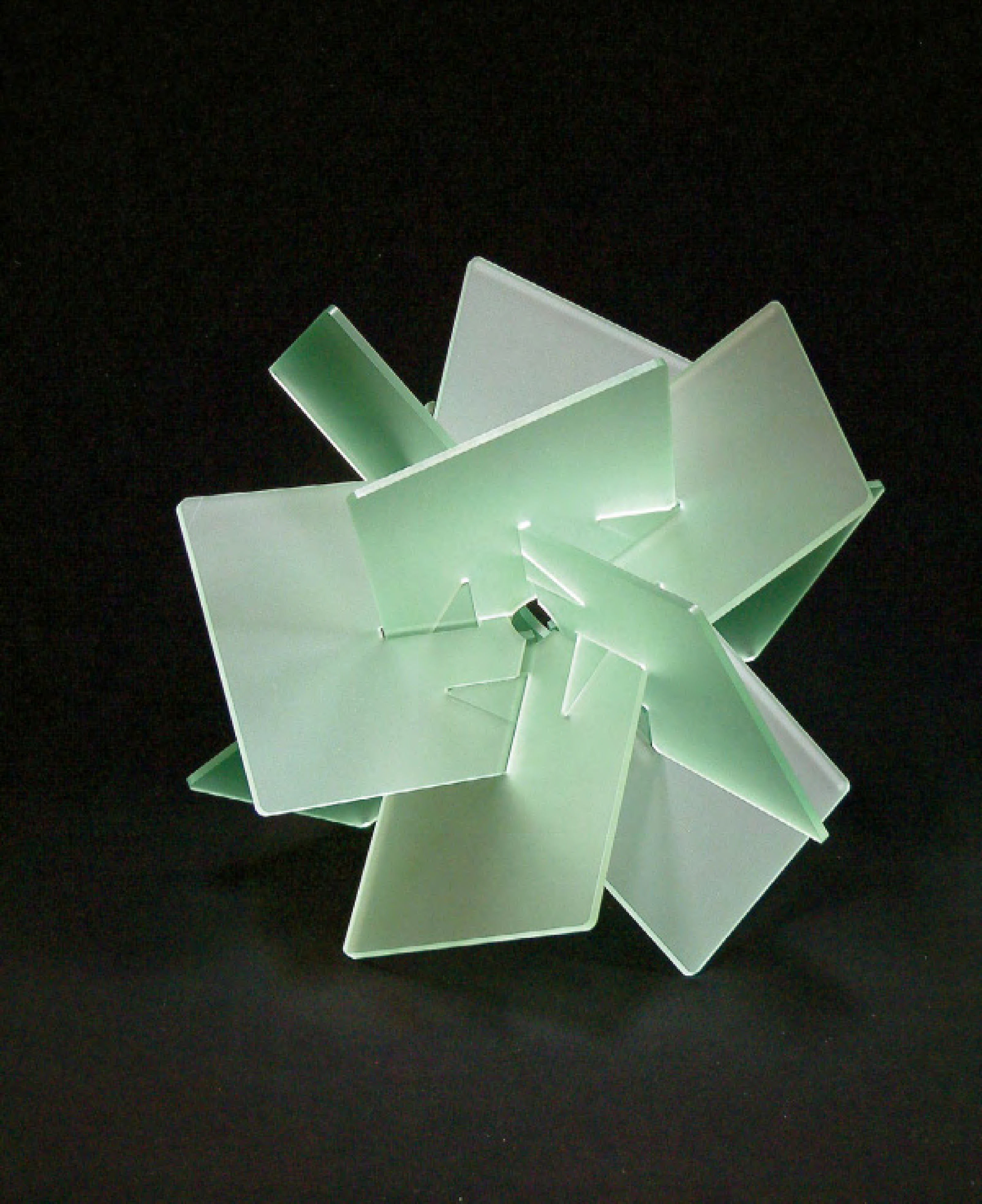
En esta escultura Rinus Roelofs pensó en aplicar sobre un Toro (nombre que se da en matemáticas al anillo cilíndrico) una cinta de Moebius. Al igual que le sucede a la cinta de Moebius, la superficie interior y la exterior del Toro resultan ser la misma. Eligió realizar la pieza final utilizando un tapiz. Para ello se puso en contacto con el pintor Alan Magee que había introducido una nueva forma de realizar físicamente diseños digitales. Éste puso en contacto a Rinus Roelofs con Donald Farnsworth, quien era capaz de transformar un diseño escultórico digital, en tres dimensiones, en una preciosa pieza de tapiz.

Slide Together Construction 12 Elements

Material: metacrilato - Dimensiones: 45 x 45 x 45 cm - Peso: 1 kg.

Slide Together Construction with 12 elements (Construcció amb 12 peces lliscants)
Dotze elements són situats junts simultàniament per a fer-los lliscar cap a la posició correcta. El resultat és una escultura molt estable que ja no pot ser desmuntada. De fet, la forma en què les peces es connecten està basada en un mètode tradicional d'acoblament anomenat mortasa i espiga. A causa de les 12 diferents direccions de lliscament (cada element s'ha de lliscar en la direcció exacta i amb la velocitat adequada), resulta pràcticament impossible desacoblar l'escultura. No obstant això, muntar-la resulta relativament fàcil. Tots els elements semblen tenir una tendència natural per a lliscar cap al centre d'un cuboctaedre imaginari, que és l'estructura bàsica d'aquesta escultura.

Slide Together Construction with 12 elements (Construcción con 12 Piezas Deslizantes)
Doce elementos son situados juntos simultáneamente para deslizarlos a su posición correcta. El resultado es una escultura muy estable que ya no puede ser desmontada. La forma en que las piezas se conectan está de hecho basada en un método tradicional de ensamblaje llamado "mortaja y espiga". A causa de las 12 diferentes direcciones de deslizamiento (cada elemento se ha de deslizar en la dirección exacta y con la velocidad adecuada) resulta prácticamente imposible desensamblar la escultura. Sin embargo, montarla resulta relativamente fácil. Todos sus elementos parecen tener una tendencia natural para deslizarse hacia el centro de un cuboctaedro imaginario, que es la estructura básica de esta escultura.



Slide Together Construction 30 Elements

Material: metacrilato - Dimensiones: 70 x 70 x 70 cm - Peso: 3 kg aprox.

Slide Together Construction with 30 elements (Construcció amb 30 peces lliscants)
L'estructura bàsica és la d'un icosidodecaedre. És prou més complexa que el cuboctaedre (l'estructura bàsica de la peça de 12 elements) i de nou és impossible separar-ne les peces, encara que també resulta fàcil d'acoblar. L'icosidodecaedre està compost per les 20 cares triangulars de l'icosaedre i per les 12 pentagonals del dodecaedre, que és el poliedre dual de l'icosaedre.

Slide Together Construction with 30 elements (Construcción con 30 Piezas Deslizantes)
Su estructura básica es la de un icosidodecaedro. Es bastante más compleja que el cuboctaedro (la estructura básica de la pieza de 12 elementos) y de nuevo es imposible separar sus piezas, aunque también resulta fácil de ensamblar. El icosidodecaedro está compuesto por las 20 caras triangulares del icosaedro y por las 12 pentagonales del dodecaedro, que es el poliedro dual del icosaedro.

Sphere 90 elements

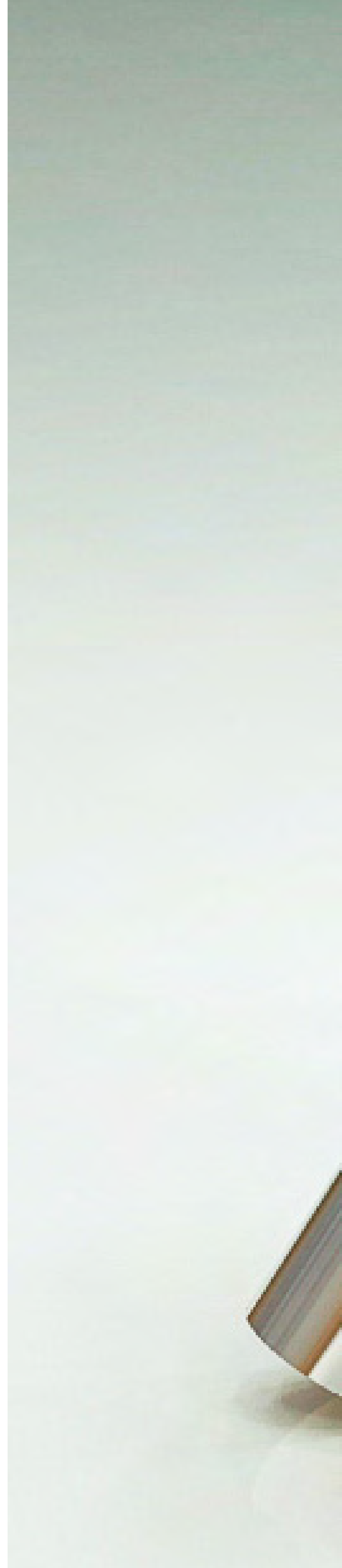
Material: contrachapado de abedul - Dimensiones: 140 x 140 x 140 cm.

Sphere 90 elements (Esfera de 90 elements)
Rinus Roelofs va començar construint cúpules a partir de senzilles varetes amb una únic regle per a connectar les peces entre si: les varetes que componien la cúpula només es podien acoblar sense usar cap altre material per a fer-ho, ni goma d'apegar, ni claus ni cordes. Posteriorment va trobar aquest mateix disseny en els dibuixos de Leonardo da Vinci. La idea d'utilitzar aquesta classe d'estructures ja s'havia descobert en el segle XVI. Mentre estudiava les possibilitats d'aquestes estructures, va inventar les esferes en què els elements tenen una forma lleugerament diferent, però són usades de manera semblant a la de les varetes en les cúpules. El resultat és una escultura que roman compacta gràcies a la seua estructura.

Sphere 90 elements (Esfera de 90 elementos)
Rinus Roelofs comenzó construyendo cúpulas a partir de sencillas varillas con una única regla para conectar las piezas entre sí: las varillas que componían la cúpula sólo se podían ensamblar sin usar ningún otro material para ello: no se podía utilizar pegamento, clavos o cuerdas. Posteriormente encontró este mismo diseño en los dibujos de Leonardo da Vinci. La idea de utilizar esta clase de estructuras ya se había descubierto en el siglo XVI. Mientras estudiaba las posibilidades de estas estructuras, inventó las esferas en las que sus elementos tienen una forma ligeramente diferente, pero son usadas de manera similar a la de las varillas en las cúpulas. El resultado es una escultura que permanece compacta gracias a su estructura.

2 Bar Tetrahedron

Material: Acero inoxidable - Dimensiones: 70 x 70 x 70 cm - Peso: 20 kg aprox.

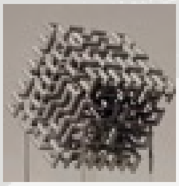


2 Bar Tetrahedron (Tetraedre amb dues barres)
Dues barres idèntiques s'entrellacen i queden unides permanentment en aquesta escultura. Les barres estan doblegades en angles de 90 i 135 graus. Els extrems són també els vèrtexs d'un tetraedre. Rinus Roelofs estava fascinat amb la possibilitat de l'ús d'angles rectes en la creació d'un tetraedre. La combinació del tetraedre amb angles de 90/135 graus no és habitual, però en aquesta escultura sembla molt natural.

2 Bar Tetrahedron (Tetraedro con dos barras)
Dos barras idénticas se entrelazan y quedan unidas permanentemente en esta escultura. Las barras están dobladas en ángulos de 90 y 135 grados. Sus extremos son también los vértices de un tetraedro. Rinus Roelofs estaba fascinado con la posibilidad del uso de ángulos rectos en la creación de un tetraedro. La combinación del tetraedro con ángulos de 90/135 grados no es habitual, pero en esta escultura parece muy natural.

Carlo Sequin

http://www.cs.berkeley.edu/~sequin

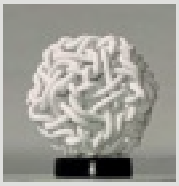


Hilbert Cube 512

Cohesion

Totem 3

Volution's Evolution



Arabic Icosahedron

És professor i investigador en el Departament d'Informàtica de la prestigiosa Universitat de Berkeley a Califòrnia. Va obtenir el doctorat en Física Experimental a la Universitat de Basilea i va començar a treballar en disseny i investigació als laboratoris de Bell Telephone, on estigué set anys. A continuació entrà a la Universitat de Berkeley, en el Departament d'Enginyeria Elèctrica i Informàtica, on ha estat els últims trenta anys. El treball de Carlo Sequin en computació de gràfics i disseny geomètric li ha facilitat tendir ponts cap al món de l'art. Fa dotze anys va iniciar la col·laboració amb Brent Collins, un escultor molt conegut en els ambients matemàtics. Com a conseqüència d'aquesta cooperació, s'ha interessat per l'escultura matemàtica i ha desenvolupat el seu propi programari per a la creació d'escultura, com per exemple Sculpture Generator I. Un programa de visualització com l'esmentat propicia una ràpida retroalimentació quan es dissenya una escultura i permet explorar més i millors possibilitats geomètriques. Quan Sequin examina els centenars de combinacions dels diferents paràmetres li resulta evident la limitació dels programes emprats usualment i analitza on poden estar les millores més prometedores i cap a on s'ha d'estendre el rang de les noves formes escultòriques que poden generar-se. Aquestes formes aportaran idees innovadores i obriran perspectives desconegudes fins ara. L'ordinador, usat d'aquesta manera, es converteix en un amplificador de la creativitat dels artistes. L'espai de disseny virtual, com que no està subjecte a les limitacions físiques, com la gravetat, permet a l'artista arribar a ser un compositor en el regne de la geometria pura, com li ha succeït a Carlo Sequin.

Es profesor e investigador en el Departamento de Informática de la prestigiosa Universidad de Berkeley en California. Obtuvo el doctorado en Física experimental en la Universidad de Basilea y empezó a trabajar en diseño e investigación en los laboratorios de Bell Telephone, donde estuvo siete años. A continuación entró en la universidad, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática de Berkeley, donde ha permanecido los últimos treinta años. El trabajo de Carlo Sequin en computación de gráficos y diseño geométrico le ha facilitado tender "puentes" hacia el mundo del arte. Hace doce años inició la colaboración con Brent Collins, un escultor muy conocido en los ambientes matemáticos. Como consecuencia de esta cooperación, se ha interesado por la escultura matemática y ha desarrollado su propio software para la creación de escultura, como por ejemplo "Sculpture Generator I". Un programa de visualización como el citado propicia una rápida retroalimentación cuando se diseña una escultura y permite explorar más y mejores posibilidades geométricas. Cuando Sequin examina los cientos de combinaciones de los diferentes parámetros, le resulta evidente la limitación de los programas empleados usualmente y analiza donde pueden estar las más prometedoras mejoras y hacia donde se ha de extender el rango de las nuevas formas escultóricas que pueden generarse. Estas formas aportarán ideas innovadoras y abrirán perspectivas desconocidas hasta ahora. El ordenador, usado de esta forma, se convierte en un amplificador de la creatividad de los artistas. El espacio de diseño virtual, al no estar sujeto a las limitaciones físicas, como la gravedad, permite al artista llegar a ser un compositor en el reino de la geometría pura, como le ha sucedido a Carlo Sequin.

Hilbert Cube 512

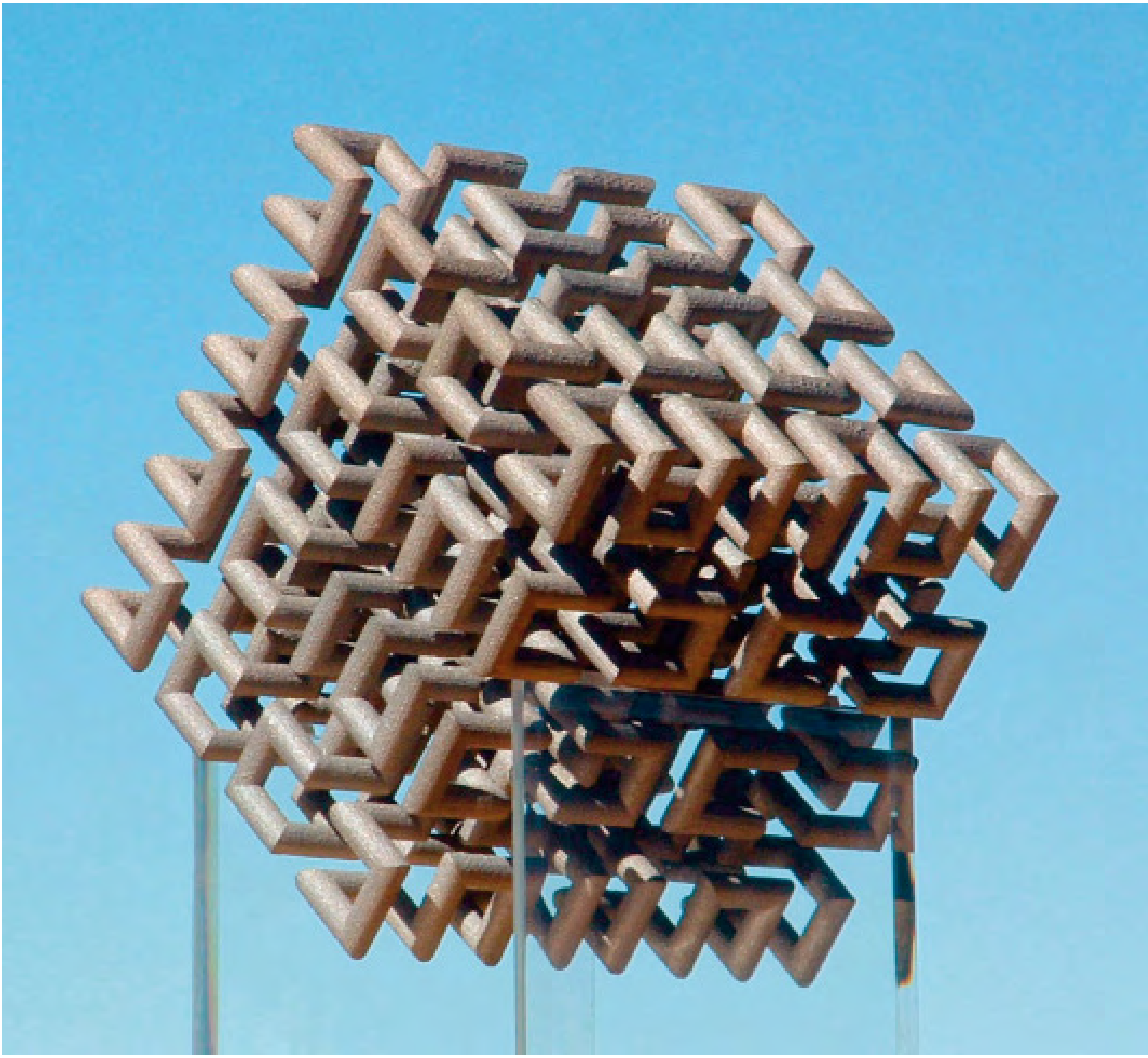
Material: acero inoxidable y bronce - Dimensiones: cubo de 12,70 cm - Peso aproximado: 3 kg.

Hilbert Cube 512 (Cub de Hilbert 512)

La motivació que es troba darrere de Cub de Hilbert 512 i altres treballs semblants és trobar procediments per a extraure les simetries inherents i l'elegància constructiva que posseeixen les escultures dels artistes més qualificats, i que també poden trobar-se en molts objectes de la natura, i fins i tot en les lleis físiques del nostre univers. En particular, el seu disseny va sorgir del desafiament de prendre la coneguda corba de Hilbert en dues dimensions i explorar què es podria aconseguir a partir d'aquest motiu utilitzant-ho en tres dimensions. Aquest disseny ha sigut generat mitjançant un procediment recursiu que situa de forma repetitiva un motiu en els vuit cantons d'un cub. Es presentaren molts desafiaments en la realització d'aquesta idea inicial. Es provaren moltes combinacions de girs, seccionaments i acoblaments diferents dels mòduls individuals, obtinguts de la recurrència, per a complir tots els requeriments matemàtics i estètics desitjats. Això no seria possible sense l'ajuda d'eines assistides per ordinador. Finalment, ha sigut executada com una petita escultura en metall a partir d'un innovador sistema d'execució ràpida de prototips. El resultat recorda una interpretació cubista d'un cervell, seccionat en lòbuls que es troben connectats entre si de forma flexible.

Hilbert Cube 512 (Cubo de Hilbert 512)

La motivación que se encuentra detrás de Cubo de Hilbert 512 y de otros trabajos similares es encontrar procedimientos para extraer las simetrías inherentes y la elegancia constructiva que poseen las esculturas de los artistas más cualificados, y que también pueden encontrarse en muchos objetos de la naturaleza e incluso en las leyes físicas de nuestro universo. En particular, su diseño surgió del desafío de tomar la conocida curva de Hilbert en dos dimensiones y explorar qué se podría lograr a partir de este motivo utilizándolo en tres dimensiones. Su diseño ha sido generado mediante un procedimiento recursivo que sitúa de forma repetitiva un motivo en las ocho esquinas de un cubo. Se presentaron muchos desafíos en la realización de esta idea inicial. Se probaron muchas combinaciones de giros, seccionamientos y ensamblados diferentes de los módulos individuales, obtenidos de la recurrencia, para cumplir todos los requerimientos matemáticos y estéticos deseados. Ello no sería posible sin la ayuda de herramientas asistidas por ordenador. Finalmente ha sido ejecutada como una pequeña escultura en metal a partir de un innovador sistema de ejecución rápida de prototipos. El resultado recuerda a una interpretación cubista de un cerebro, seccionado en lóbulos que se hallan conectados entre sí de forma flexible.



Cohesion

Material: bronce - Dimensiones: 30,48 cm de altura - Peso aproximado: 5 kg.

Cohesion (Cohesió)

Fa dotze anys Carlo Sequin va iniciar la col·laboració amb Brent Collins, un escultor molt conegut en els ambients matemàtics, estimulat per Hyperbolic Hexagon, un treball que aquest havia esculpit en fusta recentment. Els dos van discutir la relació d'aquesta escultura amb la segona Superfície mínima de Scherk, molt coneguda en els cercles matemàtics. A més van tenir en compte diferents idees per a veure si es podia generalitzar i estendre el paradigma que subjeia en aquesta escultura. Per a això van provar i van avaluar moltes de les interessants possibilitats que sorgien del programa Sculpture Generator I, que Sequin havia desenvolupat amb els seus estudiants. Es tracta d'un programa d'ús específic escultòric, i que està optimitzat per a fer suaus cadenes de forats i cadires (es refereix a la forma d'una cadira de muntar, estrictament un paraboloide hiperbòlic). L'usuari pot manipular una dotzena de controls per a especificar la topologia i geometria d'aquest tipus d'objectes. Amb aquesta eina, l'usuari crea noves formes virtuals en temps real i és possible explorar dotzenes de noves idees només en uns pocs minuts. Cohesió és un dels exemples que van emergir d'aquest generador. Matemàticament és una senzilla composició sobre dos Cadires de mona de tercer ordre, connectades en cercle pels tres braços amb un gir de 180 graus entre aquests. Tots els altres paràmetres foren afinats basant-se en consideracions estètiques. El prototip fou realitzat en plàstic ABS mitjançant un sistema d'execució ràpida de prototips. Steve Reinmuth va descobrir que aquestes maquetes ABS podrien ser usades directament com a originals d'usar i tirar per al procés de fosa per recobriment.

Cohesión (Cohesión)

Hace doce años Carlo Sequin inició la colaboración con Brent Collins, un escultor muy conocido en los ambientes matemáticos, estimulado por Hyperbolic Hexagon un trabajo que éste había esculpido en madera recientemente. Ambos discutieron la relación de esta escultura con la segunda "Superficie Mínima de Scherk", muy conocida en los círculos matemáticos. Además contemplaron diferentes ideas para ver si se podía generalizar y extender el paradigma que subyacía en esta escultura. Para ello probaron y evaluaron muchas de las interesantes posibilidades que surgían del programa "Sculpture Generator I", que Sequin había desarrollado con sus estudiantes. Éste es un programa de uso específico escultórico, y que está optimizado para hacer suaves cadenas de "agujeros y sillas" (se refiere a la forma de una silla de montar, estrictamente un paraboloide hiperbólico). El usuario puede manipular una docena de controles para especificar la topología y geometría de este tipo de objetos. Con esta herramienta, nuevas formas virtuales se crean en tiempo real por el usuario siendo posible explorar docenas de nuevas ideas en sólo unos pocos minutos. Cohesión es uno de los ejemplos que emergieron de este generador. Matemáticamente es una sencilla composición sobre dos "Sillas de Mono" de 3er orden, conectadas en círculo por sus tres brazos con un giro de 180 grados entre ellos. Todos los demás parámetros fueron afinados basándose en consideraciones estéticas. Su prototipo fue realizado en plástico ABS mediante un sistema de ejecución rápida de prototipos. Steve Reinmuth descubrió que esas maquetas ABS podrían ser usadas directamente como originales desechables para el proceso de fundición por recubrimiento.

Totem 3

Material: bronce - Dimensiones: 33,02 cm de altura - Peso aproximado: 5 kg.

Totem 3 (Tòtem 3)

Al llarg dels següents anys Carlo Sequin augmentà de forma gradual els recursos de Sculpture Generator I i també la seua capacitat per a poder corbar la cadena de forats i cadires al voltant del bucle toroïdal, donar més d'una volta i variar la grandària dels prototips de diferents formes. Tòtem 3 és bàsicament un toroide de Scherk-Collins amb quatre cadires de mona de tercer ordre i un gir total de 120 graus. En aquesta escultura s'han usat els recursos de què disposa el programa per a poder ajustar la grandària. Comparant Tòtem 3 amb Cohesió s'observa quant pot variar l'aspecte d'una escultura alterant tan sols uns pocs paràmetres en el programa. El prototip per al procés de fosa per recobriment fou realitzat mitjançant un sistema de modelatge per deposició de material fos. Steve Reinmuth va realitzar el procés de fosa del bronze i li va aplicar la pàtina.

Tòtem 3

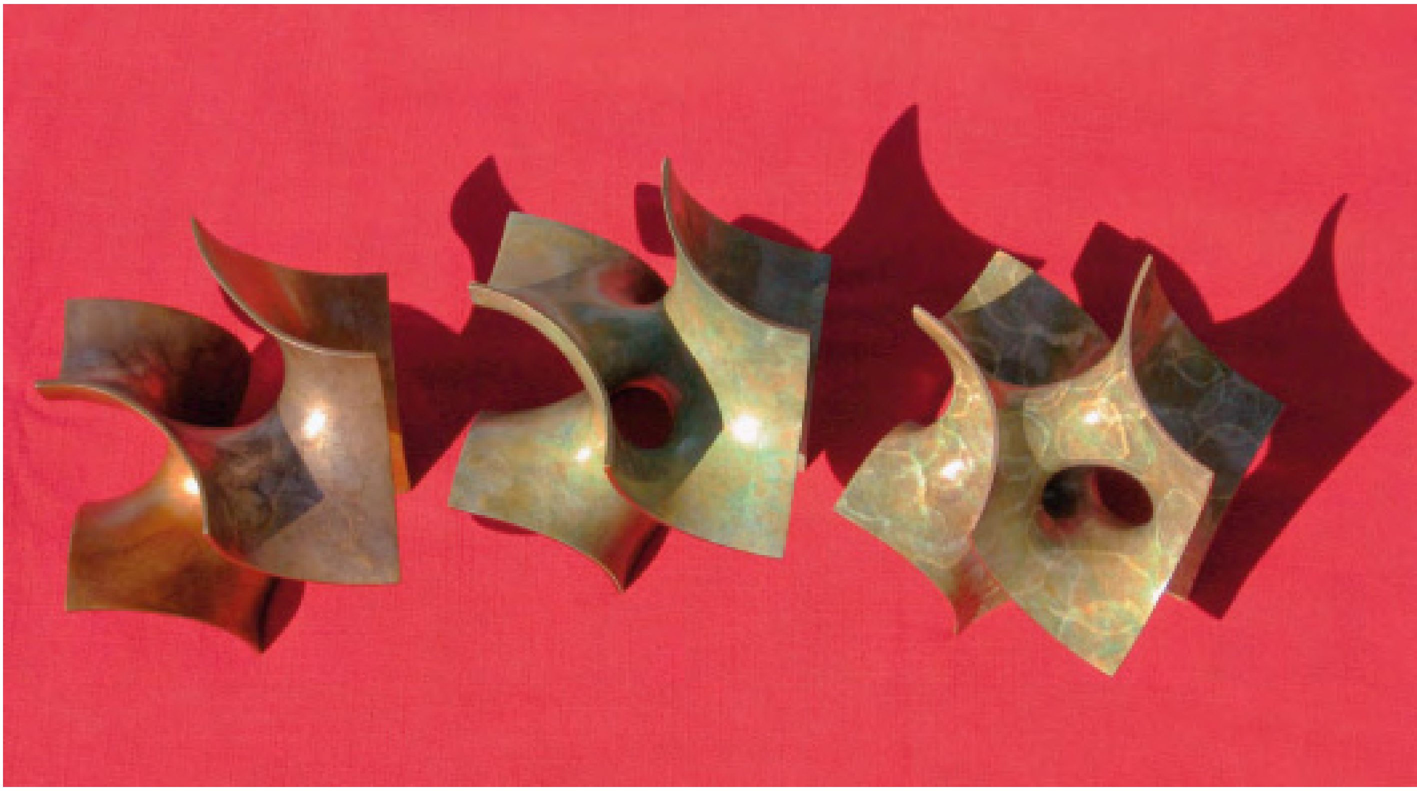
A lo largo de los siguientes años Carlo Sequin aumentó de forma gradual los recursos de "Sculpture Generator I" y también su capacidad para poder curvar la cadena de "agujeros y sillas" alrededor del bucle toroidal, dar más de una vuelta y variar el tamaño de los prototipos de diferentes formas. Tótem 3 es básicamente un toroide de Scherk-Collins con cuatro "sillas de mono" de 3er orden y un giro total de 120 grados. En ella se ha hecho uso de los recursos de que dispone el programa para poder ajustar el tamaño. Comparando Tótem 3 con Cohesión se observa cuanto puede cambiar el aspecto de una escultura alterando tan sólo unos pocos parámetros en el programa. El prototipo para el proceso de fundición por recubrimiento fue realizado mediante un sistema de modelado por deposición de material fundido. Steve Reinmuth realizó el proceso de fundición del bronce y le aplicó la patina.

Volution's Evolution (tres piezas)

Material: bronce - Dimensiones: cubos de 12,70 cm. (cada uno) - Peso aproximado: 2 kg cada uno.

Volution se compone de elementos esculturales modulares parecidos a los de una caracola. Todas las piezas de esta serie son superficies mínimas limitadas y embebidas en un cubo. Las tres piezas de bronce fundido tienen motivos similares en los bordes, que están situados en las caras de un cubo unidad, consistentes en dos cuartos de circulo alrededor de las esquinas opuestas y de un radio igual a la mitad de la longitud de la arista del cubo. La forma más sencilla de estas piezas, Volution_0, es topológicamente equivalente a un disco. Los doce cuartos de círculo en la superficie del cubo forman un borde cerrado continuo que define el anillo del disco combado. Al ajustar el disco a este borde contorneado, se produce una dramática superficie en forma de silla de montar con unos cañones girados a los lados. En el fundido del bronce se usan dos patinas sutilmente diferentes para hacer más aparente la naturaleza de los dos lados de este objeto. En la siguiente etapa de la evolución, representada por Volution_1, se han añadido dos túneles centrales que atraviesan la pieza. Al añadirlos, se ha tenido cuidado para mantener el grupo de simetría D_2, un tipo de simetría inherente a estas tres piezas. Por último, en Volution_5, se han añadido cuatro túneles más, aumentando el género de ésta hasta un valor 5. Esto supone que si el borde de esta superficie se extendiera y cerrara sobre una gran cúpula esférica, la superficie resultante sería topológicamente equivalente a una esfera con cinco asas para sujetarla. Cada uno de estos elementos esculturales muestra en sí mismo una apreciable variedad de siluetas. El conjunto de las tres piezas forma una cohesionada hiper-escultura que gana un elemento dinámico adicional con el incremento del número de sillas de montar y túneles en esta evolucionaria secuencia. Los tres modelos maestros fueron hechos con plástico ABS mediante técnica de fabricación por capas. Estos originales en plástico fueron usados en un proceso de fundición por recubrimiento, obteniendo un molde en escayola y reemplazando el plástico con bronce fundido.

Volution es compon d'elements esculturals modulars semblants als d'un caragol de mar. Totes les peces d'aquesta sèrie són superfícies mínimes limitades i tancades en un cub. Les tres peces de bronze fos tenen motius semblants a les vores, que estan situades a les cares d'un cub unitat, consistents en dos quarts de cercle al voltant dels cantons oposats i d'un radi igual a la meitat de la longitud de l'aresta del cub. A l'interior del cub frontera, les superfícies mostren un nombre de cadires i túnels que es va incrementant, de manera que el gènere d'aquestes superfícies evoluciona. La forma més senzilla d'aquestes peces, Volution_0, és topològicament equivalent a un disc. Els dotze quarts de cercle a la superfície del cub formen una vora tancada contínua que defineix l'anell del disc corbat. En ajustar el disc a aquesta vora contornejada, es produeix una dramàtica superfície en forma de sella de muntar amb uns canons girats als costats. En el fos del bronze s'usen dos pàtines subtilment diferents per a aconseguir fer més aparent la naturalesa dels dos costats d'aquest objecte. En la següent etapa de l'evolució, representada per Volution_1, s'hi han afegit dos túnels centrals que travessen la peça. En afegir-hi aquests túnels, s'ha tingut cura per a mantenir estrictament el grup de simetria, D2, un tipus de simetria inherent a aquestes tres peces. Finalment, en Volution_5 s'han afegit quatre túnels més, i així se n'augmenta el gènere fins a un valor 5. Això suposa que si la vora d'aquesta superfície s'estenguera i es tancara sobre una gran cúpula esfèrica, la superfície resultant seria topològicament equivalent a una esfera amb cinc anses per a subjectar-la. Cada un d'aquests elements esculturals mostra en si mateix una apreciable varietat de siluetes. El conjunt de les tres peces forma una cohesionada hiperescultura que guanya un element dinàmic addicional amb l'increment del nombre de selles de muntar i túnels en aquesta evolucionada seqüència. Els tres models mestres van ser fets amb plàstic ABS mitjançant una tècnica de fabricació per capes. Aquests originals en plàstic foren usats en un procés de fosa per recobriment, en què s'obté un motle d'escaiola i es reemplaça el plàstic amb bronze fos.



Arabic Icosahedron

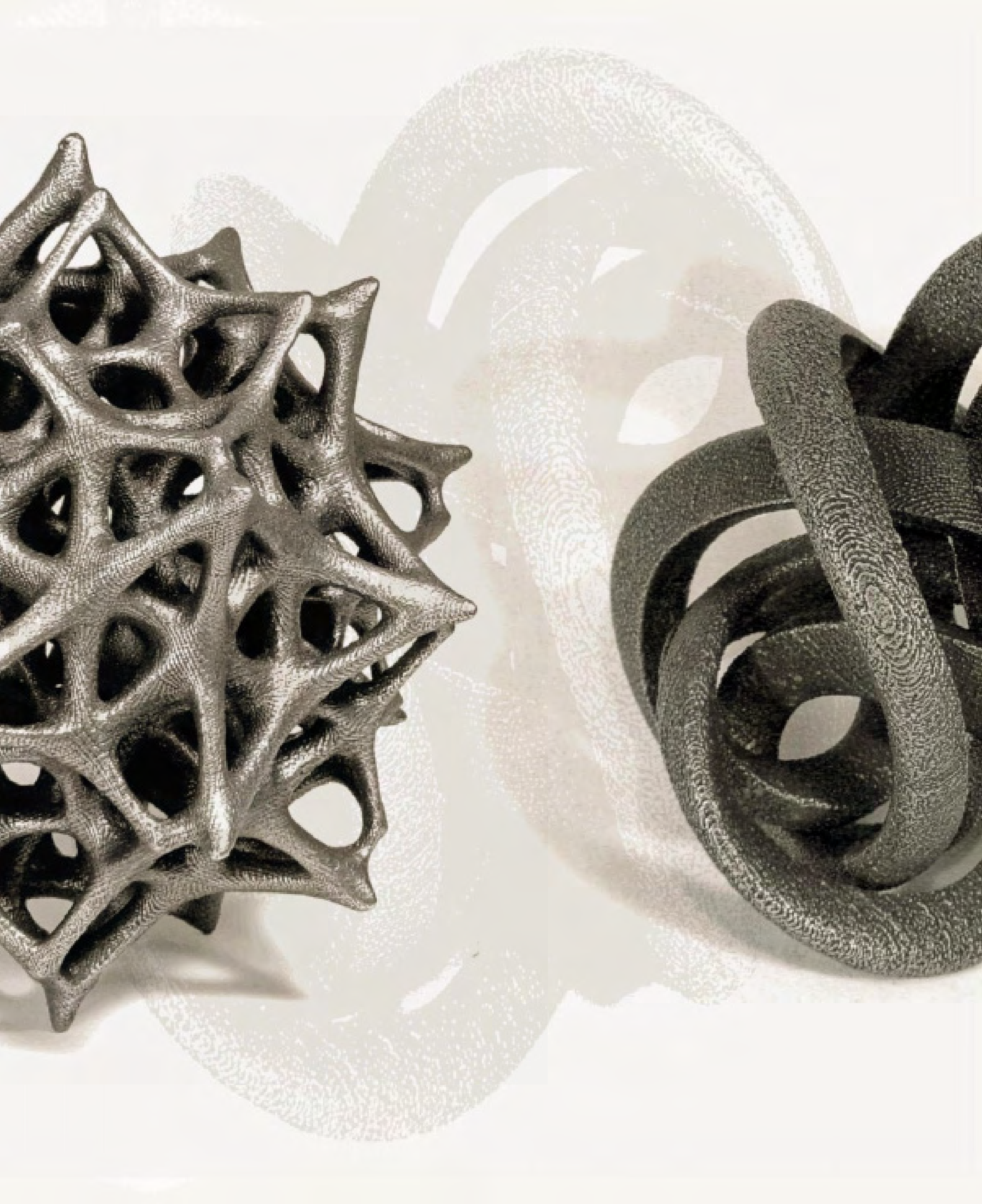
Material: impresión en 3D (polvo de yeso) - Dimensiones: 12,70 cm de diámetro - Peso aproximado: 1 kg.

Arabic Icosahedron (Icosaedre àrab)

Els motius islàmics trobats a l'Alhambra sovint mostren dissenys amb nusos entrellaçats. Per a crear Icosaedre àrab s'han entrellaçat diversos motius d'aquest tipus, compostos per nusos de trèvol, embolicant una esfera o, amb més precisió, un icosaedre. Un nus de trèvol pot construir-se relativament pla i amb forma quasi triangular. Per tant es pot partir d'un poliedre constituït amb cares triangulars regulars i reemplaçar-les amb nusos de trèvol que s'uneixen al llarg de les arestes que componen dos triangles adjacents. En particular, amb quatre nusos es pot aconseguir una formació tetraèdrica. Amb vuit nusos es formaria un octaedre i amb vint es pot aconseguir l'Icosaedre àrab, que Carlo Sequin prèviament va dissenyar de forma virtual. La naturalesa exacta de la unió entre trèvols adjacent deixa al dissenyador alguna llibertat. En el cas més simple, dos nusos adjacents s'interconnecten amb només un lòbul de cada un. En Icosaedre àrab s'uneixen dos lòbuls de cada un, i s'aconsegueix un mallat més cenyit. També constitueix una important variable en el disseny la quantitat del corbat associat amb cada una d'aquestes connexions, i la naturalesa del teixit; si forma un motiu damunt-davall-damunt-davall o un 2-damunt-2-davall teixit com en aquesta escultura. El disseny d'aquesta peça va ser generat amb SLIDE CAD, un sistema desenvolupat per estudiants de la Universitat de Berkeley.

Arabic Icosahedron (Icosaedro Árabe)

Los motivos islámicos encontrados en la Alhambra frecuentemente muestran diseños con nudos entrelazados. Para crear Icosaedro Árabe se han entrelazado varios motivos de este tipo, compuestos por nudos de trébol, envolviendo una esfera o, con más precisión, un icosaedro. Un nudo de trébol puede construirse relativamente plano y con forma casi triangular. Por lo tanto se puede partir de un poliedro constituido con caras triangulares regulares y reemplazarlas con nudos de trébol que se unen a lo largo de las aristas que componen dos triángulos adyacentes. En particular, con cuatro nudos se puede lograr una formación tetraédrica. Con ocho nudos se formaría un octaedro y con veinte se puede lograr Icosaedro Árabe, el cual Carlo Sequin previamente diseñó de forma virtual. La naturaleza exacta de la unión entre tréboles adyacentes deja al diseñador alguna libertad. En el caso más simple, dos nudos adyacentes se interconectan con solo un lóbulo de cada uno. En Icosaedro Árabe se unen dos lóbulos de cada uno, logrando un mallado más ceñido. También constituye una importante variable en el diseño la cantidad del combado asociado con cada una de estas conexiones, y la naturaleza del tejido; si forma un motivo "encima-debajo-encima-debajo" o un "2-encima-2-debajo" tejido como en esta escultura. El diseño de esta pieza fue generado con SLIDE CAD un sistema desarrollado por estudiantes de la Universidad de Berkeley.



englishtext

JUAN BTA. PEIRÓ

Vice-rector for Culture UPV

Contrary to the widespread tendency which highlights the relativism of all that surrounds us –a widely extended principle throughout the 20th Century, contributable to Einstein's and Picasso's scientific and artistic contributions, to name but a few,– it happens that we have an innate tendency towards absolutism. By this, I do not mean political absolutism –that is not my intention whatsoever– but the very human tendency of generalising from the particular case, thereby discrediting the whole because of the part, of enjoying or suffering an instant as though it was an eternity, of reducing everything to pairs of opposites, or simply to the absurd.Thus, the generalised view of art is still related to Romanticism, to some coarse simplifications such as considering the artist as an exceptional, and almost supernatural being, or deriving from creative freedom and loose expressivity some of the paradigms which still survive nowadays. To a large extent, this has contributed to the consideration of such concepts as norm, rigour, language, technique science etc as being remote Furthermore, we think that which we now regard as separate has always been separate... and we are mistaken. One of the first definitions of Greek art is, in fact, precisely Techné, (technique). Historically speaking, mathematics has also been an indissoluble part of the different artistic manifestations of all times. For the Pythagorean mathematicians "the number is the knowledge itself" and their theories found clear artistic applications, from the sonorous clarity of music to the exciting beauty of geometry. What would have become of Italian Renaissance –and of Universal art– without the development of perspective, without the knowledge of the golden ratio, without the composition system and patterns? Where would many artists have remained without the knowledge and use of some clearly mathematics-based resources?

ALFRED PERIS

Applied Maths Department Director

MATHEMATICAL SCULPTURES

Maths is a concept usually associated with calculations, formulae, numbers,... but unfortunately not often associated with beauty, creativity and harmony... This is very probably our own fault to a great extent. For many years, a good many maths teachers in both universities and secondary education, have focused basically on imparting knowledge. We have tended to overlook the aspects that not only strengthen the links between maths and society but also reflect all the intrinsically attractive facets of this science. Those of us who work with maths, particularly in research, usually appreciate the beauty of a theorem, the elegance of a demonstration, and the ingenuity and creativity of a new mathematical theory, but it is quite difficult to convey these appreciations to the general public. The students, colleagues from other departments and ordinary folk able to glimpse these characteristics of maths are few and far between. There was a time when it was natural to consider maths, philosophy, architecture and even art as a single whole with boundaries that were not easy to distinguish. This connection was obvious in Ancient Greece and other civilisations. Let's consider the golden ratio, to be found everywhere in architecture and art, the symmetric groups in the Alhambra mosaics, for example, the surprisingly sophisticated mathematics of the pyramids in Ancient Egypt, Pythagoras' musical tuning, etc. If we seek these links between art and maths today, a way of appreciating the beauty and elegance of this science, we will undoubtedly find it in Mathematical Sculpture. Far from hampering creativity, mathematical algorithms and formulae offer countless opportunities for sculpture and open up future lines of work. The works on show here are some of the world's finest mathematical sculptures and I am certain they will in no way fail to surprise and fascinate us. I hope you enjoy them!

JAVIER BARRALLO / RICARDO ZALAYA

EQUATIONS IN BRONZE

For centuries art and science have been viewed as antagonistic disciplines. The artist and the scientist have been presented as opposing stereotypes in an increasingly differentiated and plural society. Thus, an exhibition which explores the relationship between art and science, which shows us their similarities instead of their differences, is an exercise in both artistic exploration and intellectual tolerance. Science, or in this case mathematics, has been fundamental in the conception, design, development and even the physical creation of this collection of sculptures which in plain language we can call Mathematical Sculpture. It is a style which in its early manifestations studied patterns and models inspired by the Platonic ideas of balance and symmetry, but which nowadays has evolved away from classical forms towards more sophisticated concepts in line with an extremely technological society. Yet can artistic inspiration be derived from scientific experiments? Can scientific reason generate a work of art? This exhibition travels along the sometimes hidden, almost imperceptible fine line where art and science meet and separate, are composed and decomposed, embrace and push each other away. Like passionate lovers, like equations in bronze, like derivatives in stone, like symmetries in wood... Because there is also passion in mathematics. Theorems and algorithms become an imaginary hammer and chisel that give life to shapes hidden in the depths of a block of stone or a piece of bronze. Powerful computer programmes control three-dimensional modelling equipment which carves pieces that cannot be designed using manual techniques. Nonetheless, this will be the excuse wielded by those who will criticise the exhibition most strongly, unable to see a frontier which is opening up to unexplored worlds, places full of imagination where intelligence moulds matter. We have the opportunity to see mathematical concepts as complex and abstract as a representation of the Peano-Hilbert curve projected on a Moebius strip. Yet we can go beyond this merely scientific description with its complex name and delight in the subtle curvature which enhances its lights and shadows, the intricate adornment which runs endlessly along the piece and the cold, gentle touch of the aged bronze sheen on our fingertips. Reason versus passion? For the first time in our country we can enjoy the work of five exceptional artists who combine their expertise in handling formulas and algorithms with their passion for shapes and textures. Helaman Ferguson, Carlo Sequin, George Hart, Bathsheba Grossman and Rinus Roelofs are among the best artists in their genre and it is a real pleasure to be able to bring them together at the Polytechnic University of Valencia which has always shown special interest in geometric sculpture, as a brief stroll around its campus quickly reveals. The diversity of the works chosen for this exhibition testifies to the endless possibilities for applying mathematics to sculpture, as they are influenced by concepts drawn not only from geometry but also from calculus, algebra, topology, and formal logic which invite experts and laypeople alike to experience the unique feeling of the beauty of mathematics in stone, wood and bronze.

HELAMAN FERGUSON

He studied Liberal Arts at Hamilton College in Clinton, New York. After that he moved to the University of Washington in Seattle, where he obtained his Ph.D. in Mathematics. He has been interesting in both areas, Mathematics and Art, from his youth. About that he said: “My genetic nature was Art and Science”. He is considered one of best mathematical sculptors over the world and probably he is the most well known by mathematicians. His works can be found exposed in many institutions as American Center for Physics, National Council of Teachers of Mathematics, University of California at Berkeley, Mathematical Sciences Research Center, Springer-Verlag Publishing at Germany, United States Congress, Daiichi Pure Chemical Corporation at Japan; Mathematical Association of America, American Mathematical Society and so on. Also he has featured many solo exhibitions at: Arizona State University, Academy of Sciences and Mathematical Association of America amongst a very large list.

Umbilic Torus NC (Toro Umbilical NC)
This work has seen world wide on the covers of calculus books and many others publications. Helaman Ferguson created it with the aim of could be touched, so that the cycle of exceptional cubics on the cusp edge can be followed with the finger, thrice the long way and once the sort way round the torus (name on mathematics of a cylindrical ring); in completing this cycle the arms passes through the torus to form the sort cycle. This sculpture shows the orbits of GL(2,R) on binary cubic forms with Peano-Hilbert surface filling curve. This famous 2-dimensional Hilbert curve has used also by Carlo Sequin.

Clay Mathematics Award: Figureight Knot Complement vii/CMI
This sculpture is one of two pieces were commissioned to Helaman Ferguson for the Clay Mathematics Institute. It is the logo can be seen at the Institute website; the larger Inner Mongolian Black Granite version can be seen at the Institute headquarters in Cambridge, Massachusetts. The first of these beautiful bronzes was awarded to Andrew Wiles for his proof of Fermat's Last Theorem. The mathematical theme of these pieces is the figureight knot complement in three-dimensional hyperbolic space, one of the motivating examples of Thurston's Geometrization Conjecture, recently proven by Hamilton and Perelman. This piece is engraved with David Broadhurst's marvellous discovery and using PSLQ, the Helaman Ferguson integer relation finding algorithm, of a BBP formula for the hyperbolic volume of a figureight knot complement.

Steven Coons SIGGRAPH Award
The sculpture, Steven R. Coons ACM/SIGGRAPH Award; Coons-Moebious Tricycle; Escape Velocity, Zero to Infinite in Nothing Flat, was commissioned by Ed. Catmull of PIXAR, then chair of the SIGGRAPH committee, for giving career awards to computer scientifists who have important contributions to computer graphics. This Helaman Ferguson sculpture celebrates the "Coons patch" a fundamental ingredient for all computer graphics today. The Coons patch interpolates multiple curves and tangent into a single surfaces element. This sculptor decided to interpolate between the"0" and "8" forms, between the usual symbols for zero, a closed cycle, and infinity, a closed figure eight cycle, since the informal name of this sculpture "Zero to Infinite in Nothing Flat". The resulting Coons type surfaces are clearly nothing flat, hence the secondary title, "Escape Velocity".

Eine Kleine Link Musik (A Small Link Music)
This sculpture, Eine Kleine Link Musik; Four Canoes, 25, Linking Klein Bottles, presents two Klein Bottles, each in line segment self-intersection form, which together an apart. The Klein Bottle is the simplest of solids are bounded with one non-oriented surface, or surface with just one face. Helaman Ferguson designed this work on the occasion of Claire's and his 25 anniversary, which he thought was a "very binary" occasion. This is a desk top version, there are smaller hand held versions and much larger; the largest is twelve tons of granite, one Klein bottle is from Texas suitably aged one billion years and the other Klein bottle, is from California, a mere baby at half billion years old. The Four Canoes references is resolved by thinking about slicing these Klein Bottles meridianally and recognizing a topological version of a boat with fore and off ends pointy.

Umbilic Link II
This sculpture is a topological completion of Ferguson's Series Umbilic Tori. Another piece shows in this exhibition, Umbilic Torus NC, also belongs to this series, and it has a

companion, this one Umbilic Link II, of which it is the inside out of and vice versa. In this last piece Helaman Ferguson has literally linked each of the topological compactifications of the exterior with the interior of the other; thus the elliptic umbilic binary cubic forms are in the exterior of one and the hyperbolic umbilic binary cubic forms are in the interior of the other. The corresponding exceptional cubic form curve cusps match approximately so each pieces rolls around and through each other.

BATHSHEBA GROSSMAN

She began by studying mathematics at Yale University, then metal sculpture at the University of Pennsylvania. Her career has led through science programming, teaching, and businesses in rapid prototyping, protein structure models, jewellery, and of course geometrical sculpture. Now she is a full-time sculptor working by 3D printing in metal. Bathsheba is an explorer of life in three dimensions: going from inside to outside, learning how the axes can be alike and different, always searching for surprises in empty Euclidean space.

Quintrino

This classic design is part of a series encompassing the five Platonic solids made by Bathsheba Grossman. These well-know polyhedrons are tetrahedron, cube, octahedron, dodecahedron and icosahedron. Based on one of these, dodecahedron, the Quintrino is everyone's favourite, and it has been produced as sculpture, jewel and lighting. Despite its parametric mathematic appearance it is pure art, drawn by hand in CAD (Computer-Aided Design) software.

Gyroid

In a straightforward mathematical model, here we see a section of the gyroid. This minimal surface was discovered in 1970 by Alan Schoen, as part of a wave of fascinating new surfaces that are periodic in all three dimensions. This one could be the most beautiful, having the rare property of purely nonreflective symmetry.

The 120-Cell

In four-dimensional space, there are six regular solids, which play an analogous role to the five Platonic solids that we see in, three-space. The 120-Cell is a 3D projection of one of them: the analogue of the dodecahedron. In this projection, which was computed and meshed by George Hart, most of its 120 dodecahedral cells are skewed by perspective, but none are collapsed.

Holly

This curious structure demonstrates the precision attained by direct metal printing and the quality of the Bathsheba Grossman's scultorical work. Its four parts are locked together by nine tungsten-carbide ball bearings, forming a rigid structure. It's not an easy piece to assemble, since none of the parts are stabilized until the last ball goes into place.

Vorocube

Bathsheba Grossman created the cellular structure of this object by generating a "three dimensional Voronoi network", which is well know in mathematical circles. After it is applied to Voronoi network subdivision and smoothing algorithms. The organic shape of this sculptural piece is reminiscent of bubble foams and fungal mycelia.

Universal Clef

A single unbranched strand formed into a sweeping knot. This piece shows the precision and flexibility of metal printing. Its combination of heavy and light areas, tight clearances and inaccessible spaces in a way that would be next to impossible to achieve by traditional casting or fabrication.

GEORGE W. HART

He is a research professor in the computer science department at Stony Brook University in New York. He holds a B.S. in Mathematics and a Ph.D. in Electrical Engineering and Computer Science, both from MIT (Massachusetts Institute of Technology), and was previously a professor at Columbia University. He is the author of a linear algebra monograph Multidimensional Analysis (Springer Verlag, 1995) and a geometry text, Zome Geometry, (co-authored with Henri Picciotto, Key Curriculum Press, 2001). Hart is a sculptor developing innovative ways to use computer technology in the design and fabrication of his artwork. His sculpture has been displayed around the world .

Spaghetti Code

The 180 laser-cut components are locked together with 300 small wedges. Although it may at first give the impression of a random spaghetti tangle, the form is highly structured mathematically. There are three shapes of parts (60 of each shape) and they are arranged with icosahedral symmetry. The most surprising aspect of the design is that wherever two pieces join, they meet at a 90 degree angle. This sculpture was the prototype for a larger (2 meter diameter) aluminium final version at Stony Brook University.

Paradise

The thirty identical parts of this sculpture wiggle through the centre and come out on the opposite side. These stainless steel parts were cut with a computer-controlled plasma cutter. Each piece is flat, with notches that allow them to snap together without any connectors. Inserting the final element was not easy. It suggested to the author the iconic image of palm trees swaying on a tropical island, hence the name Paradise.

Asterisks

Twenty identical cutout pieces of stainless steel are interwoven to make this sculpture. They snap together without any connectors, and make for a difficult assembly puzzle. In theory, it can be disassembled, shipped flat, and reassembled. But it is really difficult and the author spent about four hours to assemble the first time.

Tumbleweed

Twelve ornately cut pieces of 3mm thick steel are assembled to make this intricate sculpture. The parts “simply” snap into each other, with no connectors needed. But until the final piece is snapped into place, everything wants to fall apart. So it was quite a challenge and took George Hart about a day to get them together. This title Tumbleweed was chosen because the sculpture reminds the author of a family of wind-blown plants in the American Southwest.

Twelve-Part Puzzle

Based on a dodecahedron, this is the easiest to assemble of the Georges’ sculptures in this exhibit. There are twelve identical flat parts to put together. Each part is designed to touch ten of the other eleven parts, so each touches every other part except the opposite parallel part. Getting everything into the proper position takes some care. Then a bit of flexing is necessary to get the final component into position.

Bouquet

The thirty S-shaped parts were laser-cut from acrylic plastic, bevelled, and glued together. They are joined in groups of three at the exterior, but they pass by each other to make 5-fold vortices in the interior. The sculpture can be seen as a dozen spinning flowers nestled inside a dodecahedron, but the thirty parts actually lie in the face planes of a rhombic triacontahedron.

RINUS ROELOFS

After studying applied mathematics at the Technical University of Twente for a few years, Rinus Roelofs went to the School of Arts in Enschede where he graduated and started his career as a sculptor. After a couple of years he managed to integrate his passion for mathematics into his artistic work. Nowadays the main subject of his art is ‘structure’. He tries to express his ideas and fascination about structures, combinations of structures, transformations and connections between various kinds of structures. He started to use the computer intensively at his work. One of the consequences is the ability to use more different techniques for the realisation of his ideas: modern techniques like rapid prototyping and animation, but also traditional techniques like casting in bronze and tapestry are now available. His website is: http://www.rinusroelofs.nl

26 Tetrahedra

The 26 Tetrahedron formed this work are built out of 104 stainless steel laser-cut triangles. To build the sculpture all the elements have to be slid together all at the same time. Once it is slid together it is practically impossible to disassemble the sculpture. This work is in fact a fragment of a geometrical infinite structure.

Knot

In a way an artistic answer to Tajiri's knot sculpture. Make a knot in a cylinder. Tajiri showed that when you make this in a normal way you could get a nice looking sculpture. Rinus Roelofs decided to look for an alternative way to make a knot in a cylinder and came out with the solution of "Knot". It has been modelled in Rhinoceros (a computer program) but her the final piece is made by milling. Thin layers (2cm.) are milled separately and glued together.

Ring Inside-Out

Rinus Roelofs thought to apply at a torus (name on mathematics of a cylindrical ring) the Moebius-ribbon (or Moebious-surface). In this sculpture, as happened at the Moebius-ribbon, the inside and the outside surface of the torus are the same. He has chosen to make the final piece as a tapestry. After he came in contact with the painter Alan Magee he was introduced in a new possibility of working out digital designs. He brought Roelofs in contact with Donald Farnsworth who was able to transform a good rendering of a 3D sculptural design into a beautiful piece of tapestry.

Slide Together Construction (12 elements)

Twelve elements are slid together all at the same time. The result is very stable sculpture that cannot be taken apart anymore! The way the pieces are connected is in fact based on the old traditional "mortise and tenon joint". Because of the 12 different slide directions (each element has to slide in exactly the right direction and with exactly the right speed) it is practically impossible to disassemble this piece. Putting it together however is fairly easy. Each of the 12 elements seems to have a natural tendency to slide to centre of the imaginary cuboctahedron, which is the basic structure of the sculpture.

Slide Together Construction (30 elements)

The basic structure is the icosidodecahedron. It is complex than the cuboctahedron (the basic structure for the 12 element slide-together structure) and impossible to take apart the elements, but also fairly easy to assemble. The icosidodecahedron is composed of the 20 triangular faces of the icosahedron and the 12 pentagonal faces of the dodecahedron, which is the polyhedron dual of the icosahedron.

Sphere 90 elements

Rinus Roelofs started building domes out of simple straight rods using only one rule for connecting the rods to each other. It was possible to assemble big domes without the use of any other material then the rods: no glue, nails or ropes were used. Later on he found the same designs in some drawings of Leonardo da Vinci. The idea of using this kind of structures was already found in the 16th century. When studying the possibilities of these structures he invented the spheres in which the elements have a slightly different shape but they are used in a similar way as the rods in the domes. The result is a sculpture that stays in one piece thanks to the structure.

2 Bar Tetrahedron

Two identical bars are entwined and forever connected in this sculpture. The bars are bend at angles of 90 and 135 degrees. Their endpoints are also the corner-points of a tetrahedron. Rinus Roelofs was fascinated by the possibility of the use of straight angles in the creation of the tetrahedron. The combination of the tetrahedron with the 90/135 degrees bending is uncommon, but the total sculpture looks very natural.

CARLO SEQUIN

He is a research professor in Computer Science department at prestigious University of Berkeley in California. He received his Ph degree in experimental physics at University of Basel and started to work at Bell telephone laboratory on design and investigation where he was seven years. After he joined in faculty in department of EECS (Electrical Engineering and Computer Science) at Berkeley where he has been working during last thirty years. Sequin's work in computer graphics and geometry design has provided a bridge to the world of art. Twelve years ago Carlo Sequin started collaboration with Brent Collins, a famous sculptor in mathematics environment. A consequence of collaboration, he has interested in mathematical sculpture and he has developed their own software for the creation of sculpture, as example "Sculpture Generator I". Because of the rapid feedback that a visualization program such as these provides to him, he when design sculpture can explore a much larger realm of geometrical possibilities. At sequin by examining hundreds of different parameter combinations, it becomes evident where the most constraining limitations are in the current programs, and where it might be most promising to improve programs and extend the range of sculptural shapes that can be generated. These new shapes then give new insights and generate new ideas. Used in this mode, the computer becomes an amplifier of an artist's creativity. The virtual design space, unencumbered by physical limitations such as gravity, allows the artist, as it has happened Carlo Sequin, to become a composer in the realm of pure geometry..

Hilbert Cube 512

The motivation behind Hilbert Cube 512 and similar works lies in the drive to find procedural formulations that extract the inherent symmetries and constructive elegance that lie beneath the best sculptures by highly skilled artists, and which also can be found in many natural artefacts and even in the physical laws of our universe. In particular its design emerged from the challenge of taking the famous 2-dimensional Hilbert curve and exploring what can be done with this pattern in 3 dimensions. It has been generated by a recursive procedure that repeatedly places self-similar copies at the eight corners of a cube. There were many challenges in realizing the initial vague concept. Many combinations of splitting, twisting, and assembly of the individual recursive modules had to be tried out to meet all mathematical and aesthetic requirements. This would not have been possible without the help of computer-aided tools. It has been realized as a small metal sculpture with a novel rapid prototyping process. The result resembles a cubist rendering of a brain, split into two distinct lobes that are only loosely connected to one another.

Cohesion

Twelve years ago Carlo Sequin started a collaboration with Brent Collins, a famous sculptor in mathematics environment, stimulated by Collins' work Hyperbolic Hexagon that he had recently sculpted in wood. They discussed the relation of this sculpture to "Scherk's Second Minimal Surface", which is well known in mathematical circles. They contemplated several ideas how the paradigm underlying this sculpture could be generalized and extended. To try out and evaluated the many intriguing possibilities that came up with, the computer program "Sculpture Generator I", that Sequin developed with his students This is a narrow special-purpose program, optimised to make smooth chains of "holes and saddles". The user can manipulate a dozen sliders to specify the topology and geometry of these types of objects. With this tool, user forms new virtual shapes in real time, and it is thus possible to explore dozens of new ideas in just a few minutes. Cohesion is one special instance emerging from this generator. Mathematically it is simply composed of two 3rd-order "monkey" saddles connected into a circle by their three arms with 180 degrees of twist between them. All the other parameters were fine-tuned based on aesthetic considerations. The prototype was realized in ABS plastic on a rapid prototyping machine. Steve Reinmuth had found that these ABS maquettes could be used directly as the disposable originals in an investment casting process.

Totem 3

Over the years, Carlo Sequin gradually expanded some capabilities of "Sculpture Generator I" and he added capabilities to wrap the hole-saddle chain around the toroidal loop more than once and to scale and stretch the sculptural forms in various ways. Totem 3 is basically just an Scherk-Collins toroid with four 3rd-order "monkey" saddles and a total twist of 120 degrees. It makes use of the affined scaling capabilities in the program. By comparing Totem 3 to Cohesion one can see how much the overall look of a sculpture can change as a result of varying just a few of the parameters in the generator. The prototype for the investment casting process was again made on the Fused Deposition Modeling machine. Steve Reinmuth did the bronze casting and applied the patina.

Volution's Evolution

Volution refers to shell-like modular sculptural elements. Each piece in this series is a constrained minimal surface embedded in a cube. The three bronze casts all have similar edge-patterns on the faces of a unit cube, consisting of two quarter-circles around opposite corners, with radii equal to half the edge length of the cube. On the inside of that bounding cube, the surfaces exhibit an increasing number of "saddles and tunnels", thus evolving the genus of this surface. The simplest shape of these pieces, Volution_0, is topologically equivalent to a disk. The twelve quarter-circles on the surface of the cube form a continuous, closed edge that defines the rim of this highly warped disk. Fitting the disk to this contorted edge loop results in a dramatic saddle surface with twisted canyons on either side. The bronze cast uses two subtly different patinas to make the two-sided nature of this object more apparent. In the next evolutionary step, represented by Volution_1, two central tunnels have been added, lying side by side, and forming a short-cut connection between pairs of ear-shaped flanges with the same surface colour. In adding those tunnels, care has been taken to maintain the strict symmetry group, D2, type of symmetry that is inherent to all three pieces. Objects belonging to group this have three mutually perpendicular axes of two-fold rotational symmetry. Finally, in Volution_5, four more tunnels have been added to the second shape, enhancing the genus of this surface to a value of 5. This means, that if the rim of this surface would be extended and closed into a big spherical dome, the resulting surface would be topologically equivalent to a donut with five holes (or equivalently, a sphere with five handles stuck on). Again, D2 symmetry was maintained while these tunnels were added. Each sculptural element on its own displays a remarkable variety of silhouettes, as it is laid down on different edges or stood on three of its protruding tips. The three elements together form a cohesive hyper-sculpture that gains an additional dynamic element from the increasing number of saddles and tunnels in this evolutionary sequence. CAD (Computer-Aided Design) technology was used to define and optimise the shapes of these sculptures. The geometrically significant fundamental domain of each of these symmetrical objects was first described as a simple polyhedral object that implicitly defines the intended surface connectivity and topology. The file of these mathematical objects was sent to a Stratasys Fused Deposition Modelling machine. The three master patterns were made from ABS plastic with this layered manufacturing technique. These plastic originals were then used in an investment casting process, where they were burned out from a plaster-of-paris shell and replaced with molten bronze.

Arabic Icosahedron

Moorish patterns found in the Alhambra often depict lattices of interlocking knots. In Arabic Icosahedron such a pattern composed of interlocking trefoil knots has been wrapped around a sphere or, more precisely, an icosahedron. A trefoil knot can be constructed so that it is relatively flat and of roughly triangular shape. Thus we can start with a polyhedron made from regular triangular faces and replace its faces with trefoil knots that interlock along the edges shared by two adjacent triangles. In particular, four trefoil knots can be joined in a tetrahedral formation. Eight knots can form an octahedral shape, and twenty knots can make the Arabic Icosahedron, which Carlo Sequin first depicted in virtual form. The exact nature of the linking between adjacent trefoils leaves some freedom to the designer: In the simplest case two adjacent trefoils interlock with just one lobe each. In the Arabic Icosahedron they can link with two lobes each resulting in a much tighter meshing. The amount of warping associated with each of these linkages, and the nature of the weave – whether it forms a strict "over-under-over-under" pattern or a "2-over – 2-under" weave as in the depicted sculpture, are also an important design variables. The design was generated with the student-built SLIDE CAD system at University of Berkeley.