

Q RECERCA

Procediments

Procedures

Cecil Balmond - OVE ARUP

L'enginyer en el projecte arquitectònic

The engineer in the architectural project

En Pràctica

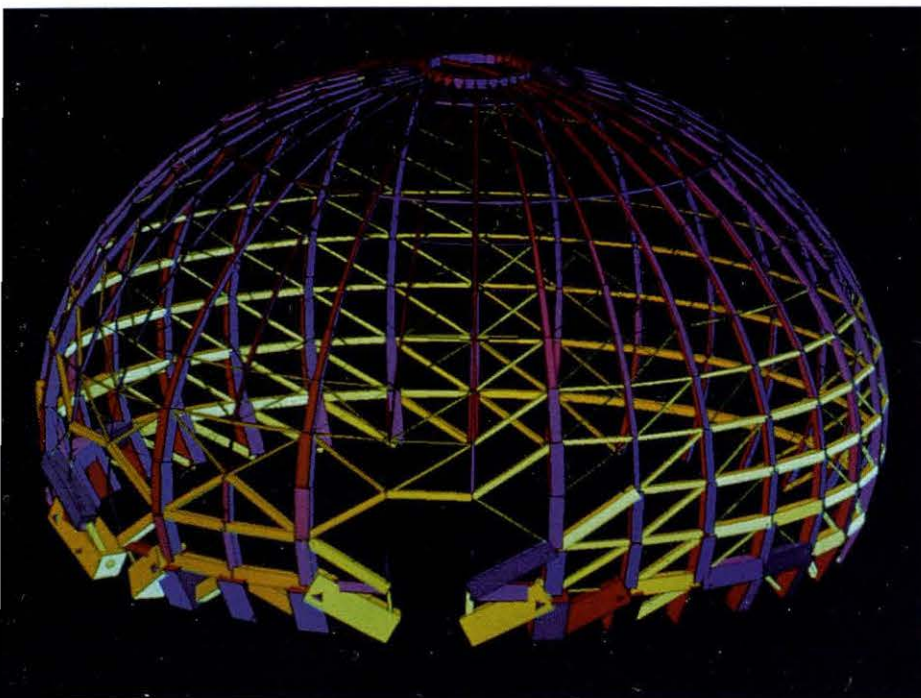
In Practice

Rem Koolhaas - O.M.A.

Kunsthal

ZKM

Casa a Holten. House in Holten



From his position outside science, the view which the architect has had of the current growing technological contribution to his profession has been distorted, due to an attitude either of exaltation or rejection.

Now, more than ever before, there is the danger that day-to-day practice of architecture continues turning its back on present reality and enters into a kind of decadence due to, among other causes, an adherence to well-known, but increasingly obsolete, forms of design and production.

The technology featured on these pages has nothing of a mechanism or an artifact; it is, rather, a design tool that models air and light. It is a technology that does not "weigh down" upon the built result, since its purpose is just the opposite: it appears in the very early stage of design to become almost imperceptible in the completed construction.

In order to illustrate this we have taken two examples, the product of a close collaboration between a team from Ove Arup & Partners, led by Cecil Balmond, and O.M.A. They are structural concepts which are developed in a continuous dialogue until the project emerges.

Like some of the experiences which have illustrated the previous pages, they reveal to a certain extent that they take shape as they are being conceived, since, as in science, there does not exist the certainty of a final result.

Des de la seva condició forània a la ciència, la perspectiva que l'arquitecte ha tingut de la creixent aportació tecnològica actual cap a la seva professió ha estat distorsionada, ja sigui degut a una actitud d'exaltació o de rebuig. Actualment, més que mai, hi ha el risc que la pràctica comuna de l'arquitectura es deslligui de la realitat present i entri en una espècie de decadència que seria producte, entre d'altres causes, de l'obstinació per unes formes de disseny conegudes però cada vegada més obsoletes.

La tecnologia d'aquestes pàgines no té res de mecanisme o artefacte, sinó que és més aviat un instrument de projectació modelador de l'aire i de la llum. És una tecnologia que no és recurs expressiu o metafòric; no "pesa" en el resultat construït, perquè la seva finalitat és justament l'oposada: apareix en una etapa molt prèvia del disseny per fer-se quasi sempre imperceptible en l'obra construïda.

Per il·lustrar-ho proposem dos exemples producte d'una estreta col·laboració entre un equip d'Ove Arup & Partners, liderat per Cecil Balmond, i OMA. Són exemples de conceptes estructurals que es desenvolupen fins conformar el projecte. Com en algunes de les experiències que han il·lustrat les pàgines anteriors, demostren prendre forma alhora que es van concebint, perquè, com en el cas de la ciència, no existeix la certesa d'un resultat final.

Tecnologia

Technology ¿un forat negre?

The Black Hole?

Cecil Balmond

Science and art parted company some time ago. Increasing specialisms, the advance of technology, the desperation to hold onto a concept of beauty and aesthetics in a matter-of-fact and vulgar world, have led to a polarisation of thought.

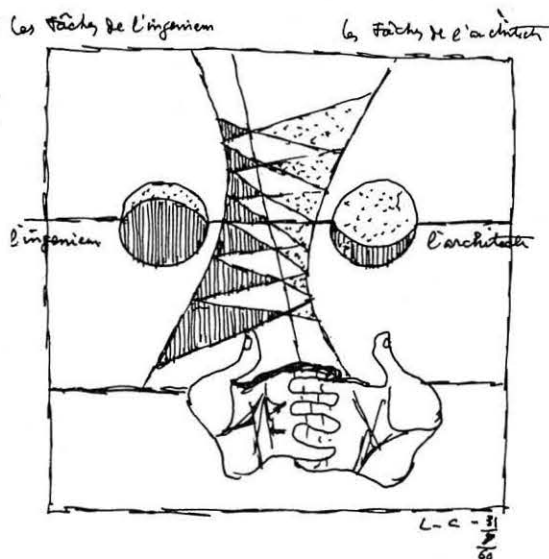
Art and science; Separate compartments; We assign left and right parts to the brain to echo this division. Architecture on the right side, creative and irrational. Engineering on the left, pragmatic and rational.

Numerate versus qualitative. Right and left, fantasy and invention versus prescribed, safe solutions.

This brain of ours, however, is one entity. The builder of the great cathedral in the past was both artist and technician, architect and craftsman. Why do science and art not overlap? Why not a vision of the architect and engineer acting together?

Engineering Art and Architectural Science

Architects and engineers need to understand one another to provide better solutions. Surely that is our responsibility. Take, for instance, the question of gravity. Structures grow as they accumulate load; the diagrammatic is one of a cone with base on floor and apex upwards. In architectural terms, this gives real constraints. The nearer a multi-layer building approaches the ground, there grows a forest of columns and severe constraints on planning. Why not a freer choice for the user at lower levels? In diagrammatic terms, why not invert the cone? To do this, both architect and engi-



L'art i la ciència van separar-se ja fa temps. Una especialització que va en augment, l'avenç de la tecnologia, la desesperació d'aferrar-se a un cert concepte de bellesa i d'estètica en un món pragmàtic, són les causes que han portat a la polarització del pensament.

Art i Ciència; Compartiments separats. Assignem al cervell una part dreta i una part esquerra com a ressò d'aquesta divisió.

L'arquitectura a la dreta, creativa i irracional. L'enginyeria a l'esquerra, pragmàtica i racional.

Quantitatiu contra qualitatiu. Dreta i esquerra, fantasia i invenció contra solucions segures i provades. De totes formes, aquest cervell nostre és una sola entitat.

El constructor de grans catedrals, en el passat, era tant artista com tècnic, arquitecte i artesà. Per què l'art i la ciència no se sobreposen? Per què no la idea de l'arquitecte i l'enginyer treballant junts?

L'art de l'enginyeria i la ciència arquitectònica

Els arquitectes i els enginyers tenen la responsabilitat d'entendre's l'un a l'altre per aportar solucions millors. Per exemple, prenem el cas de la gravetat. Les estructures pugen a mesura que acumulen càrrega; el gràfic seria un con amb una base sobre el terra i el vèrtex a la part de dalt. En termes arquitectònics aquest concepte és limitador. Com més s'acosta al terra un edifici en alçada, creix un bosc de columnes i condicionants seriosos del planteig. Per què no alternatives menys restrictives? En termes de diagrama, per què no invertir el con? Per aconseguir-ho, els dos, l'arquitecte i l'enginyer, han d'establir un diàleg per a buscar la solució

neer must enter into a close dialogue to seek an inspired solution.

If structure is a manifestation of architecture, it should contain the excitement of the initial hypothesis. Structure should not be a rigid definition of grid; instead, it should redefine the various episodes that take place in a building's spaces. Therefore, perhaps not the classical view of form and function relating to fixed grids, and a never-changing attitude to beams and columns. Perhaps structure should be intervention and punctuation of space.

What about the unseen and the intangible, the "feel" and the environment of our buildings? Who is the arbiter of working space or living space? The architect? When quantitative aspects of radiation, artificial light versus daylight, fresh air versus "canned" air, relative humidity for comfort criteria, and other engineering concerns become legislation, who is the architect?

Engineers are more fluent in this ever-pervasive technology. Their art is needed to offer creative solutions, and the architect will need a scientific attitude to support his hypotheses. Nothing is undermined, only enhanced. I speak of collaboration and dialogue, not separate cultures reluctant to work together.

As Rem Koolhaas says, the separateness of architecture and engineering has led to a priority of thought that is negative for architects. Koolhaas believes that technology is the perfect instrument to finally liberate architecture. His office, OMA, undertook a close and intimate exploration with my team and Arup, to investigate solutions from first principles, taking nothing as pre-ordained or as a given tradition. There are no boundaries. The collaboration is exciting.

Hopefully, the built answers will reveal the truth of architecture: In action as a new and modern phenomenon, rather than as something iconoclast looking back to classical imperatives. When used creatively, technology is an artistic process. Architecture attempts universality, and in this sense it contains the seed of science. Intuition should tell us that we hold a key to each other's future. Nothing is for all time, not even the exploding-imploding universe, so why remain fixed? Why should not architecture move towards technology, positively?

Materials

New materials define advances in architecture. The steel frame enabled buildings to rise into skyscrapers; the towers of Manhattan could not have been built out of stone, but out of the technology of the XX century. With the introduction of reinforced concrete, the archi-

més adient.

Si l'estructura és una manifestació arquitectònica, aquesta hauria de contenir l'excitació de la hipòtesi inicial.

L'estructura no hauria de ser una definició rígida reticular, sinó que hauria de redefinir els diferents episodis que tenen lloc en els espais d'un edifici. Per tant, potser no es tracta de la visió clàssica de la forma i la funció en relació amb retícules fixes, i una actitud sempre igual respecte dels pilars i les jàsseres. Potser l'estructura hauria de ser una intervenció i una puntuació de l'espai.

Però què passa amb el que no es veu i és intangible, les sensacions i l'entorn dels nostres edificis; qui és l'àrbitre de l'espai de treball o de l'espai per viure? L'arquitecte?

Quan aspectes quantitius com la radiació, la llum artificial i la llum natural, aire fresc i l'aire "envasat", la humitat relativa segons criteris de confort i altres preocupacions de l'enginyeria esdevenen legislació, qui és l'arquitecte?

L'art dels enginyers, més acostumat a l'ús d'aquesta tecnologia cada vegada més dominant, és necessari per a aportar solucions creatives; al mateix temps, l'arquitecte necessitarà una actitud científica en la qual basar les seves hipòtesis. No es tracta d'obstaculitzar res, sinó de fomentar-ho. Parlo de col·laboració i diàleg, no de cultures separades poc disposades a treballar juntes.

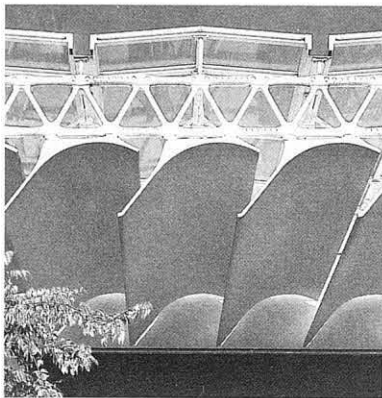
Tal com diu Rem Koolhaas, la separació entre arquitectura i enginyeria ha portat a una prioritat de pensament negativa pels arquitectes. Koolhaas pensa que la tecnologia és l'instrument perfecte per alliberar finalment l'arquitectura. L'equip que dirigeix, OMA, va entrar en una exploració molt pròxima i intensa amb el meu equip i amb Arup, cercant des de les primeres idees les possibles solucions, sense prendre res per a preestablert o com a tradició donada. No hi ha lligams i la col·laboració és estimulante.

Les respostes construïdes potser revelin la validesa de l'arquitectura en acció com un fenomen nou i modern, i no com alguna cosa iconoclasta que mira els imperatius del passat. La tecnologia, quan s'utilitza de forma creativa, és un procés artístic. L'arquitectura intenta ser universal: en aquest sentit conté la llavor de la ciència. La intuïció ens hauria de dir que tenim la clau del futur de cadascú de nosaltres. Res no és per sempre; ni tant sols l'univers que s'expandeix i es contrau, per tant, per què quedar-nos encallats? Per què no una arquitectura que avanci positivament cap a la tecnologia?

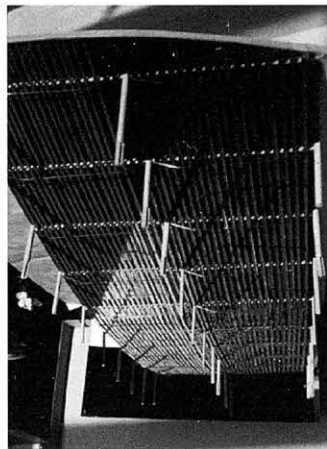
Materials

Els nous materials defineixen avenços en l'arquitectura.

L'estructura d'acer permet que els edificis s'aixequin en gratacels; les torres de Manhattan no s'haurien pogut fer de pedra, sinó que són fruit de la tecnologia del segle XX. Amb la introducció del formigó armat, l'arquitectura de rectangles i



Menil Gallery, Houston. Piano & Fitzgerald Architects
Detall de la coberta Detail of the roof structure



Congrexpo, Lille. Rem Koolhaas, O.M.A.
Maqueta d'estudi de la coberta
 Model showing roof study

ture of rectangles and squares turned into more plastic forms. Structures became curvilinear shells and folded plates. Then came the tensile steel cable, exposed in high-tech architecture of mast and cable structures. In every case, the invention of the material gives architecture new possibilities, the progression of form from prismatic to plastic to organic.

And there are still new paths to be explored. There is a huge area to be tried of traditional materials used in new ways. Interesting juxtapositions are possible from materials of different nature put together to act compositely. For example, stone and high tensile steel, like in the Pavilion of the Future at Expo; or, as in the roof of Piano's Menil Gallery in Houston, ferro cement blades act as the bottom tension chords of a truss, while other members are cast steel. In Koolhaas' Congrexpo in Lille, the tension chord of a steel truss is timber, to give an interesting effect to the roof. The timber also serves as a finished ceiling.

New advances in materials will come in composite sandwich construction which, though light, will provide great rigidity. Honeycombed aluminium sheets used for cladding may act as the structural element, perhaps housing electronic codes for future technologies. If there were a material that could stretch like rubber, but at a certain point stiffen and grow rigid, like the fibres in our muscle tissue, then there would be interesting possibilities in a reactive "live" envelope. Buildings may ripple and twist in parts. Fun structures could change by reacting to those who use them. Even brittle glass broken down into "shingle" and supported by cables can "move" as walls, creating startling reflections in a building. We are thinking of using this for a building in Paris; Koolhaas is the architect.

This concept of a "live" building is there already in

quadrats es converteix en formes més plàstiques.

Les estructures esdevenen closques curvilínies i planxes guerdades. Després arriba el cable d'acer tensat de les arquitectures *high-tech*. En tots els casos la invenció d'un material dona noves possibilitats arquitectòniques, la progressió de la forma des del prismàtic al plàstic, a l'orgànic.

Però encara hi ha noves vies per explotar. Hi ha una àrea immensa per ser investigada en l'ús de materials tradicionals de forma innovadora. En aquest sentit, és possible aconseguir juxtaposicions interessants posant junts materials de naturalesa diferent per tal que actuïn de forma composta. Com per exemple, l'ús de la pedra i l'acer d'alta resistència com en el Pavelló del Futur a l'Expo; o com en la coberta de la galeria Menil, de Renzo Piano, a Houston, on les làmines de ciment armat actuen com elements a tracció en l'estructura triangulada de la coberta. En el Congrexpo de Lille, Koolhaas fa ús de la fusta en una situació similar per a obtenir un efecte interessant a la coberta i donar un acabat del sostre.

Els nous avenços en els materials vindran en construccions compostes de plafons *sandwich* lleugers però d'alta rigidesa. Fulles ondulades d'alumini perforat, com les que s'utilitzen en revestiments, poden servir d'element estructural, potser acollint codis electrònics per a futures tecnologies.

Si hi hagués algun material que pogués estirar-se com el cautxú, però en un moment determinat tornar-se rígid i endurir-se, com les fibres del nostre teixit muscular, aleshores hi hauria perspectives interessants en la possibilitat de crear envolupants "vives" reactives. Els edificis podrien ondular-se i torçar-se en algunes parts. Les estructures podrien canviar en funció del qui les usa. Fins i tot, llistons de vidre aguantats per cables podrien "mourer-se" com parets, i provocar reflexos sorprenents dins l'edifici. Estem pensant en fer servir aquest concepte en un edifici de Koolhaas a París.

Aquest concepte d'edifici "viu" ja apareix en els sistemes

the intelligent systems that monitor air and light and detect fire and smoke. No longer is a building dumb to the people in it. Energy control strategies are based on movement and density of human occupation: miles of cable lie hidden in floors and ceiling ducts connected to computerised building management systems—an unseen technological eye links to a computer brain—.

It is possible to guess that further revolutions in computer science will relieve architecture from pattern, form and texture. These choices will be made by others using specialist software. The electronic dream of new generations will turn into the nightmare of professionals trained in formal hierarchies of decision making.

The vertical form of decision making is being eroded. There is more simultaneity today. Aesthetics has a degree of randomness and chance, accidental interruption is allowed and seen as enhancing. So where does architecture go? Is it not care for the gathering places of people, to be a social art, a hypothesis for community?

Architecture as a Natural Envelope

In a place of work or home, what will matter is delight of colour, the psychology of light, the cleanliness of the air, the dynamics of movement, safety for the aged and the handicapped. The quiet revolution taking place is that these concerns are in the hands of engineers. The engineer is looking to technology to liberate people, not trap them. Many architects have been unable to understand this. They see technology as an alien monster that plans to envelop people in an artificial black box with all sorts of wires coming out. In this picture of active, dominant, overpowering technology, people count as nothing. The opposite is true. By preference, engineers design passive systems, moving away from air conditioning and using intelligent glass to adjust to the sun, wherever possible giving back to people the power to control their own environment. Micro, local and individual is the framework; not macro, global and Big Brother. Just as physics has moved from Newton's constant "machines" towards a local relative science, so building design should encourage a similar attitude and look towards that of the informal and personal.

One of the mysteries of physics has always been the definition of force. What is it? Is it something that acts across distances, somehow pulling on objects, so that our planets and solar

intel·ligents com els que controlen l'aire, la llum i detecten el foc i el fum. Els edificis ja no són sords a les necessitats de qui els habiten. Les estratègies de control energètic es basen en el moviment i la densitat de l'ocupació humana; quilòmetres de cable s'amaguen en conductes que van per sostres i terres, connectats a sistemes informatitzats de gestió de l'edifici —un ull tecnològic invisible lligat a un ordinador—.

És possible endevinar que les noves revolucions en la ciència informàtica alliberaran l'arquitectura del patró, la forma i les textures. La tria anirà a càrrec d'aquells que utilitzin els medis d'un *software* especialitzat. El somni electrònic de les noves generacions serà el malson dels professionals formats en les velles estructures geràrquiques de presa de decisions.

Aquesta estructura vertical de prendre decisions s'extingueix. Avui hi ha més simultaneïtat. L'estètica té un cert grau de casualitat i atzar que permet i realça la interrupció accidental. Per tant, on va l'arquitectura?

No és una preocupació pels llocs de reunió de les persones, un art social, una hipòtesi per a la comunitat?

L'arquitectura com envolupant natural

En el lloc de treball o en la residència el que importa és el plaer del color, la psicologia de la llum, la puresa de l'aire, la dinàmica del moviment i la seguretat dels vells i els minusvàlids. La revolució silenciosa que està tenint lloc és que aquestes preocupacions són en mans dels enginyers. L'enginyer busca en la tecnologia el mitjà per alliberar la gent, no com atrapar-la. Molts arquitectes tenen por d'entendre això. Veuen la tecnologia com un ésser estrany, que busca d'atrapar la gent en una caixa negra artificial, amb tota mena de cables que li surten. En aquesta idea d'una tecnologia activa dominant i fora de control, el factor humà no sembla comptar per a res. El cert és el contrari. Els enginyers prefereixen dissenyar sistemes passius, passant de l'aire condicionat a l'ús de vidre intel·ligent per adaptar-se al sol i, sempre que sigui possible, donar a la gent el poder de controlar el seu entorn. El marc sempre és local i personalitzat. Mai global ni alienant.

De la mateixa manera com la física ha evolucionat des de les "màquines" constants de Newton fins a una ciència local i relativa, el projecte arquitectònic hauria d'encoratjar una actitud similar i tendir cap a l'informal i personal. Un dels misteris permanents de la física ha estat la definició de força. Què és? Alguna cosa que actua en la distància, que d'alguna forma atreu els objectes, i per tant els nostres planetes i el sistema solar funcionen,



system work as Newton said, reacting at a distance? In this picture, Space is full of discrete points and Time full of instants. Today we have rejected this concept of absolute, fixed action; force is now defined as something due to change in the field of potential, relative to the objects concerned. Events cause change in potential and that gives rise to force. This is a useful concept.

Similarly, the built environment should respond to and be influenced by what is local and of today, the issues of a metaphorical "green" democracy. The revolution of technology that invades all is part of this immediacy. It is a vehicle through which freedom is sought. I argue for a modern view of architecture and not an apology that goes backwards in time. The backward look allows technology to rule us. Hence it is important for architects to embrace change positively, which means experimentation with materials and engineering science. To achieve this is to enter into creative dialogue with engineers.

For my part, as an engineer, I would welcome that.

tal com va dir Newton, com una reacció en la distància?

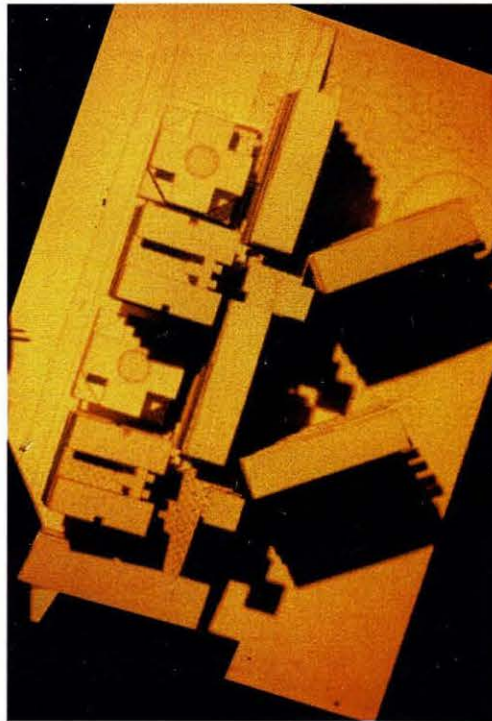
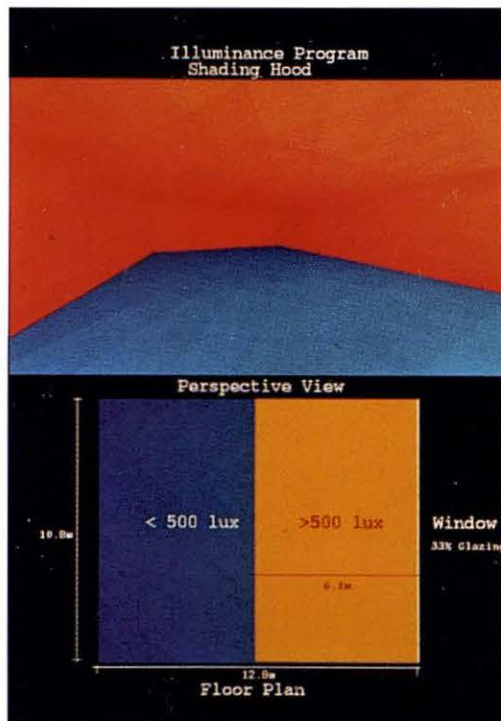
En aquesta idea l'Espai és ple de punts discrets i el Temps és ple d'instants. Avui hem deixat enrera aquest concepte d'acció absoluta i fixa; avui definim la força com alguna cosa deguda al canvi en el camp potencial relatiu als objectes en qüestió. Els fets causen el canvi en el potencial i això dóna lloc a la força. Aquest és un concepte útil.

De la mateixa manera l'entorn construït hauria de respondre i deixar-se influir pel que és local i actual, els temes d'una democràcia "verda" metafòrica. La revolució tecnològica que ho envaeix tot és part d'aquesta immediatesa. És un vehicle a través del qual cerquem la llibertat.

Jo lluito per un nou concepte de l'arquitectura, i no per una apologia que torna enrera en el temps. La mirada del passat permet que la tecnologia ens dirigeixi.

Per tant, és important que els arquitectes acceptin els canvis de forma positiva, és a dir, experimentant amb els materials i la ciència de l'enginyeria. Aconseguir això és entrar en un diàleg creatiu amb els enginyers.

Per part meva, com a enginyer, ho agrairia.



Temasek Polytechnic, Singapore. Stirling, Wilford & Associates
Simulació de la il·luminació d'un interior i estudi d'asseïllament
 Simulated daylight penetration in an interior. Model showing shading study

Kunsthal / ZKM

Un concepte estructural A structural concept

Kunsthal, Rotterdam.
Concepte inicial Initial concept

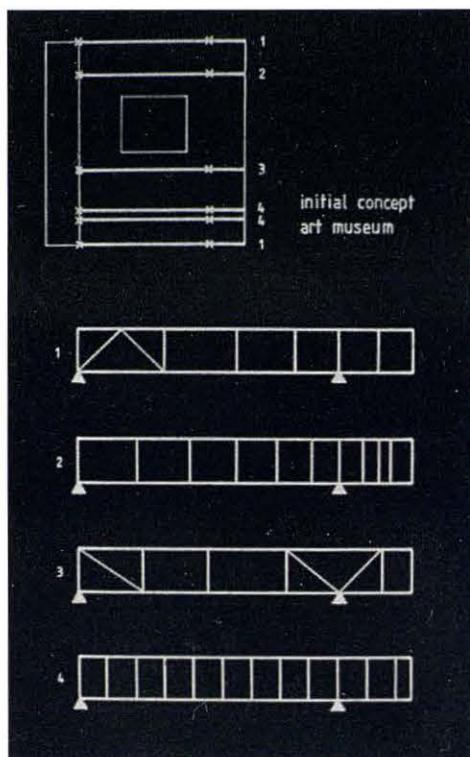
At the turn of the century, the Belgian engineer **Vierendeel** proposed a solution for large-span girders that were made by connecting vertical columns to horizontal beams, avoiding the use of diagonal members. Their use remained restricted almost entirely to civil engineering and they were hardly ever contemplated for buildings.

Rem Koolhaas entered a competition for the Art Museum (**Kunsthal**) in Rotterdam about three years ago. The initial idea was to create a box that floated with minimum support over the ground. A series was proposed of such one-storey **Vierendeel** beams that would support both roof and gallery floor, spanning 30 m. By changing the spacing of the columns, a variety of spatial possibilities emerged.

The **Vierendeel** works hardest near its supports, where a large amount of bending takes place and shear forces act on the elements. A diagonal at this point, imitating the action of a truss, is a simple device to keep member sizes down. Alternatively, the penultimate vertical and horizontal elements may be thickened and made much stiffer than the remainder of the elements. The initial design of the **Kunsthal** was abandoned, however, and a more ambitious, three-level design with interconnected ramps was proposed by O.M.A. This design was finally built.

The concept of the **Vierendeels** was reused in the competition proposal for the Media Centre (**ZKM**) in Karlsruhe. This time they were stacked up, one above the other, to give dramatic free column space over an area of 900 square metres on the floor between the **Vierendeels**. The jury found the structural system innovative and yielding the most compact proposal for the programme. Of course, each of the **Vierendeels** could be proportioned differently on several levels to endow the interior spaces with rich variety.

The **Vierendeel** is not the most efficient solution for large spans, this being the diagonal truss; even so, it offers a wide range of experimenting possibilities with interior space.

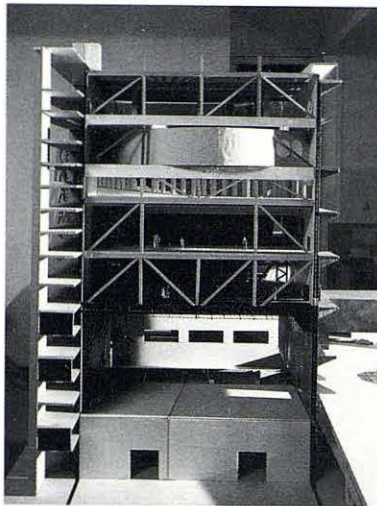


A principis de segle l'enginyer belga **Vierendeel** va proposar una solució per a les bigues de grans llums que consistia en connectar elements verticals amb perfils horitzontals, evitant així l'ús d'elements diagonals. Tot i que oferia grans possibilitats en l'arquitectura i l'edificació, el seu ús es va reduir gairebé exclusivament a l'enginyeria civil.

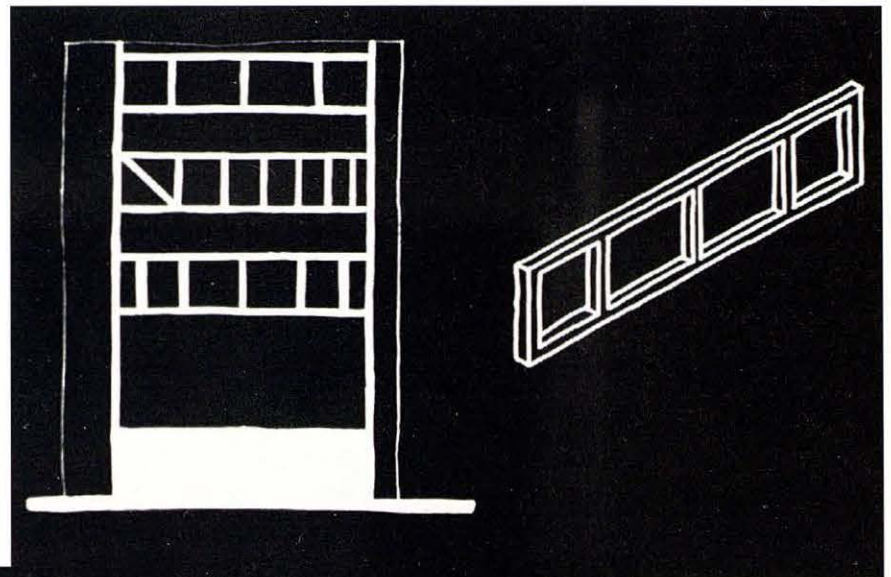
Fa uns tres anys **Rem Koolhaas** va participar en el concurs per al Museu d'Art (**Kunsthal**) de Rotterdam. La idea inicial era crear una caixa que flotés sobre el terra amb una mínima superfície de suport. Es va proposar una sèrie d'aquestes bigues **Vierendeel** d'una planta d'alçada que suportarien tant la coberta com el terra de l'espai d'exposició, amb una llum total de 30 m. La possibilitat de variació en l'espaiat entre columnes brindà una gran llibertat espacial.

La biga **Vierendeel** treballa al màxim en les zones pròximes al seu suport, on actua la part més gran de la flexió i els esforços sobre els elements. En aquest punt, una diagonal imitant l'acció d'un puntal és una solució simple per mantenir reduïda la dimensió dels elements. Alternativament, els penúltims elements vertical i horitzontal poden engruixir-se i donar més rigidesa que la resta. Aquest esquema original del **Kunsthal** es va deixar de banda, i O.M.A. proposà un pla més ambiciós i finalment construït amb tres nivells interconnectats per rampes.

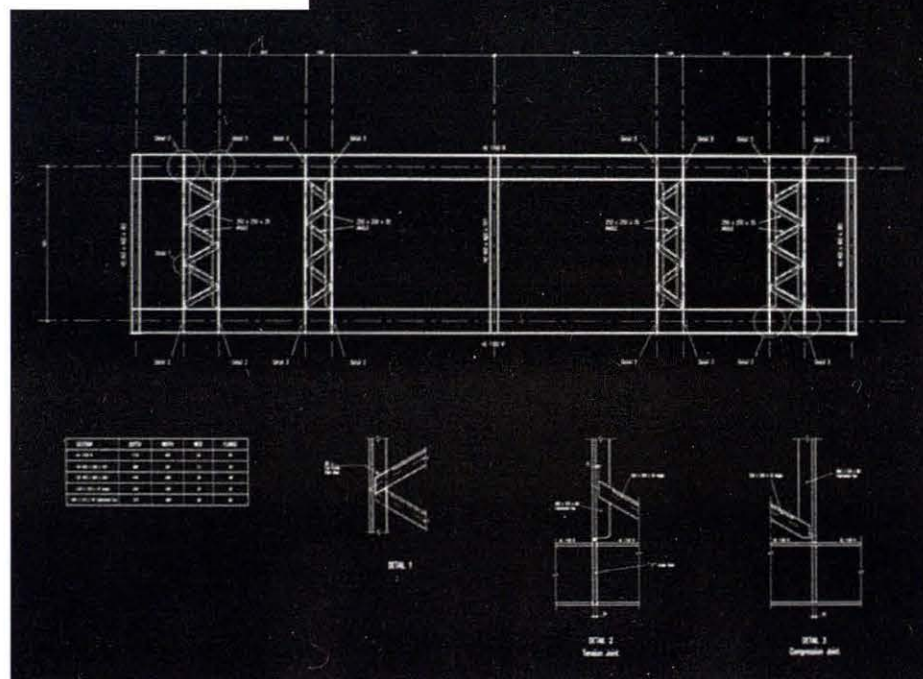
El concepte de les bigues **Vierendeel** es va tornar a utilitzar en el concurs per al Centre d'Art i Tecnologia dels Medis de comunicació (**ZKM**) a Karlsruhe. Aquesta vegada estaven disposades l'una sobre l'altra per crear una superfície lliure total de 900 m². La decisió favorable del jurat va valorar el sistema estructural innovador que permetia donar gran compacitat al programa. Cada biga **Vierendeel** podia proporcionar-se diferentment, segons els nivells, per tal de donar un alt grau de variabilitat als espais interiors. La biga **Vierendeel** no és la solució més eficaç per a grans llums, com ho és la biga en gelosia, però ofereix una gamma més ampla de possibilitats d'experimentació amb els espais interiors.



ZKM, Karlsruhe. Secció amb l'estructura de bigues Vierendeel
Cross section showing Vierendeels



Proposta de concurs. Esquema estructural
Competition proposal. Structural scheme



Detall d'una biga Vierendeel Detail of a Vierendeel girder

La ciència en acció

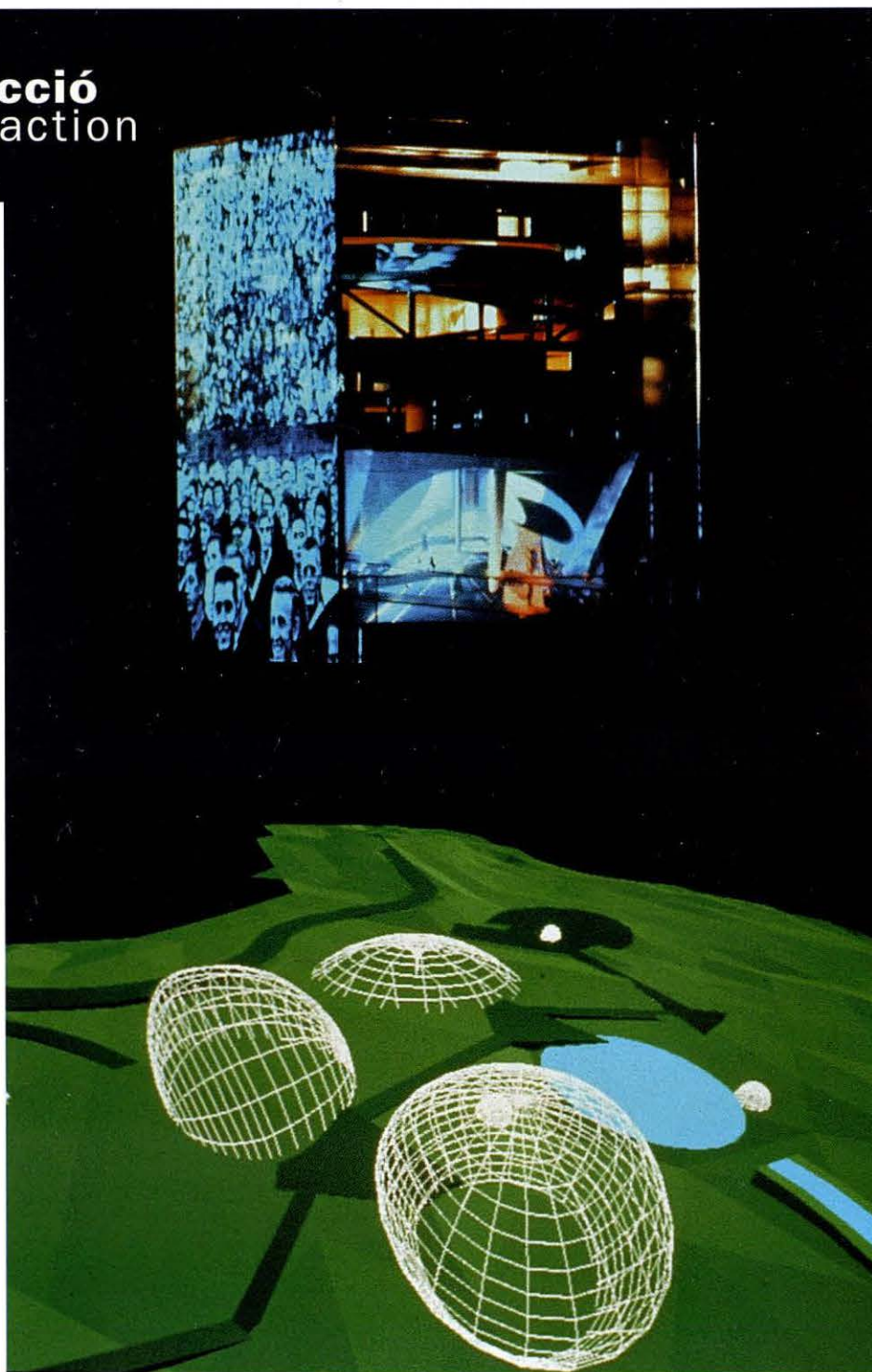
Science in action

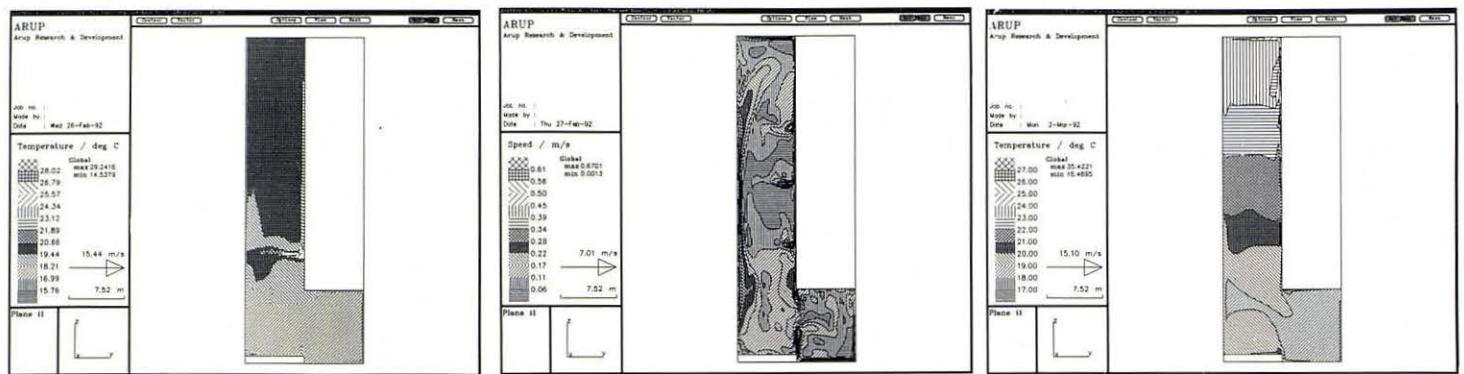
Les dinàmiques de fluid per ordinador (CFD) són la representació de les equacions fonamentals de conservació del moment, l'energia i la massa en forma matemàtica.

En el projecte arquitectònic, els mètodes d'anàlisi amb models CFD permeten d'establir prediccions detallades del moviment de l'aire, la seva velocitat i temperatura, així com d'altres factors com la possible propagació d'un foc.

L'aplicació d'aquests instruments analítics sofisticats en una etapa cada vegada més primerenca del disseny suposa una considerable reducció de la tecnologia necessària en l'obra construïda.

The computational fluid dynamics (CFD) is the representation of the fundamental equations of the conservation of momentum, energy and mass in mathematical form. Applied to buildings, CFD models can predict detailed air movement, velocity and temperature, as well as other concepts such as smoke propagation of a fire. The use of these sophisticated analytical tools in an increasingly earlier stage of the designing process leads to a reduced requirement for technical devices in the completed construction.

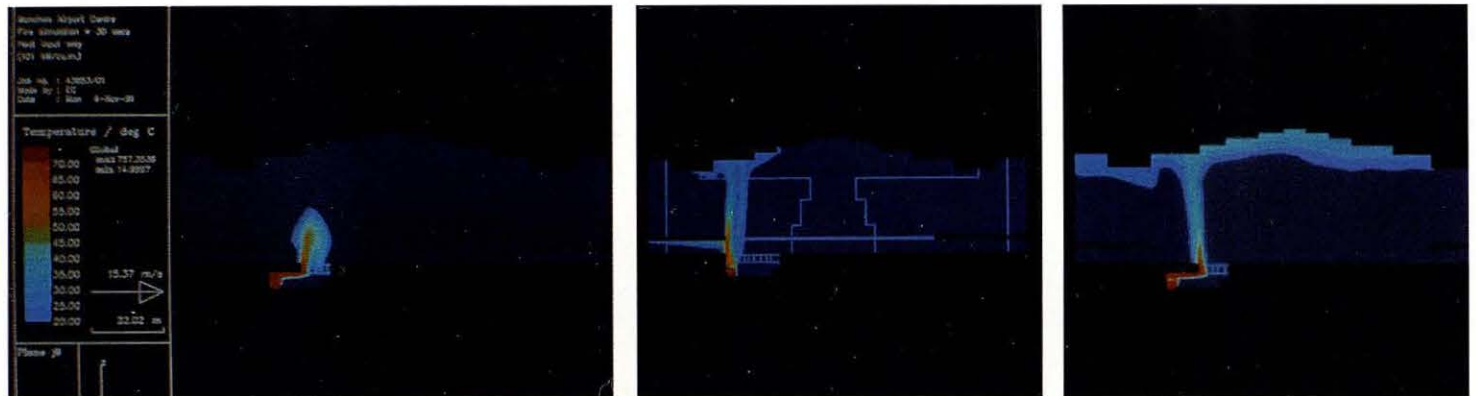




ZKM, Karlsruhe. O.M.A.

Simulació amb CFD del moviment de l'aire en el vestíbul

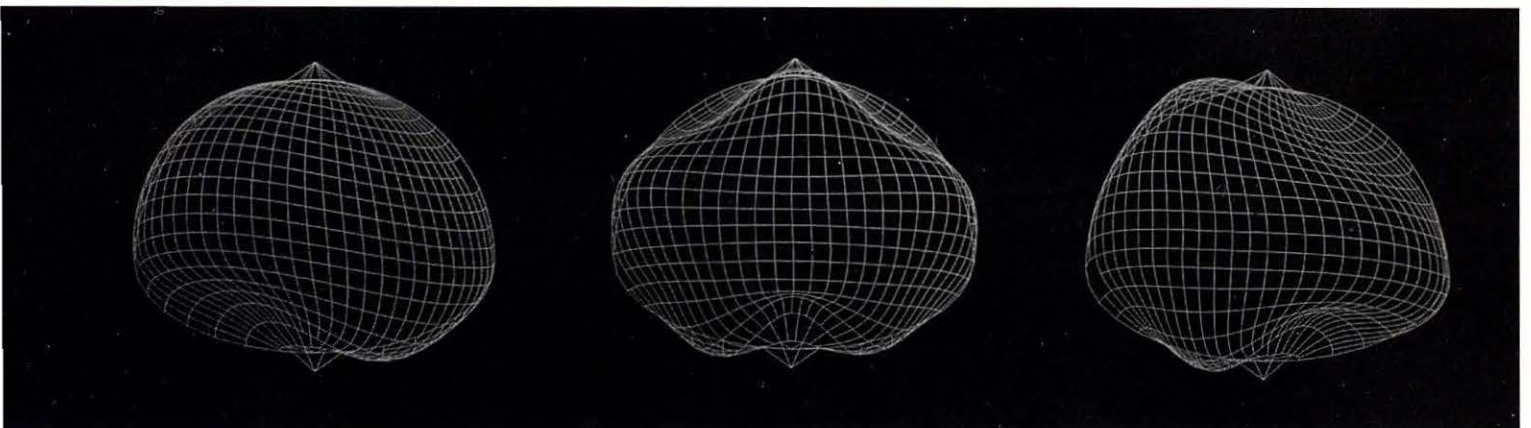
CFD simulation of air movement in the main hall



Airport Centre, Munich. Murphy & Jahn Architects Inc.

Estudi amb CFD de propagació de foc, originat a un vagó de l'andana subterrània

CFD study of fire originated on a train at the underground platform



Museum of Fruit, Tokyo. Itsuko Hasegawa Atelier

Anàlisi dinàmica de l'estructura metàl·lica

Dynamic analysis of steel lattice

Casa a Holten

House in Holten

The idea of the design for this house was to have clear glass walls to give good views of the surrounding forest. The plan is an initial basic rectangle 13,5 m. wide by 22,3 m. long, being extended by a further 19,5 m. to accommodate a swimming pool and guests' and daughters' rooms.

The basic plan has an inner rectangular space which houses the sleeping and toilet areas. Around this closed area is the living zone which enjoys uninterrupted panoramic views of the forest. In plan, from the inner core the ground floor and roof cantilever out a considerable distance to "float" like a transparent box over the

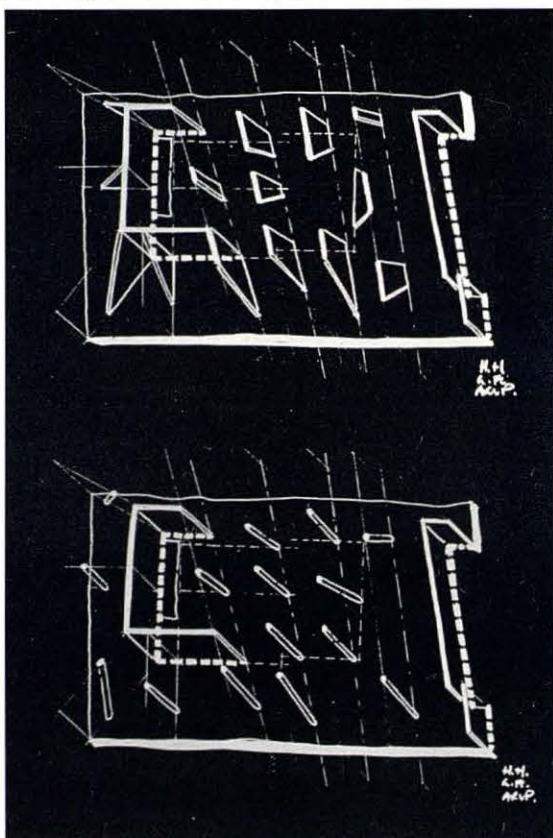
landscape. The ground floor has some angled props to reduce the cantilever, while a basic flat slab solves the structural problem. For the roof we proposed a solution generated by attempting to control the deflection to a certain value all around the edge. Because the cantilevers were all different, material thickness would need to alter from the tip to the "root" of the cantilever at the core, like the contours of a shell. Another way of looking at the problem was to start with the concept of a thick plate and cut away material from the soffit in different areas, to satisfy the theoretical objective of a controlled edge deflection. This simple premise gave rise to an iterative process.

A grid was set up on the computer and varying material thicknesses set for different areas.

A typical series of plots are illustrated (page 100) where the final solution that achieves uniformity of deflection varies in depth from 15 cm. at the tip to local areas around the core of 60 cm.

A technique we proposed for the construction is to build the contours as vertical steps from timber and create smooth transitions between the plateaux by sculpting the steps with a sand-grout mix. A layer of epoxy resin film will then be sprayed on top of the contoured shape, giving smooth hard crust to relieve the concrete. The contractor's alternative is to use traditional boat-building skills in timber to develop the double curvature formwork shapes required.

Esquemes de les diferents solucions de suport per a reduir el voladís
Working schemes showing different support solutions to reduce cantilever



L'esquema de la proposta consistia en un tancament de vidre per tots costats per a tenir una bona vista sobre el bosc proper. La planta consisteix en un rectangle inicial de 13,5 m. d'amplada per 22,3 m. de llarg, allargat per un altre rectangle de 19,5 m. on se situa una piscina i les habitacions dels convidats i de les filles.

El rectangle bàsic de la planta té un altre espai rectangular on hi ha la zona de dormir i els banys. Al voltant d'aquesta zona s'ubica l'espai de saló amb vistes ininterrompudes sobre el bosc. En planta, des del nucli central, el sostre i el terra sobresurten en voladriu, "flotant" com una caixa transparent sobre el paisatge.

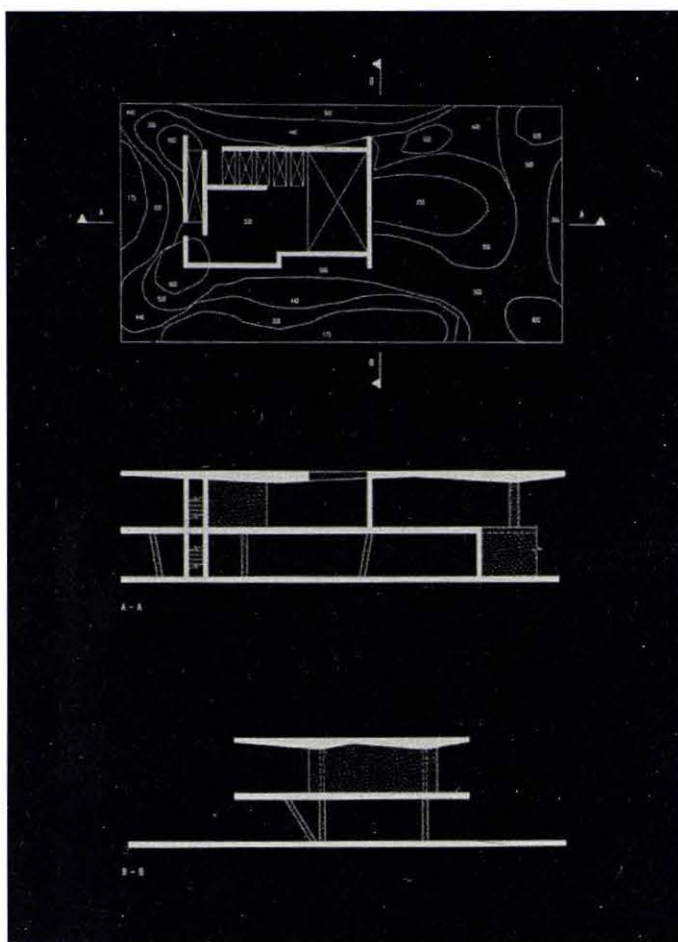
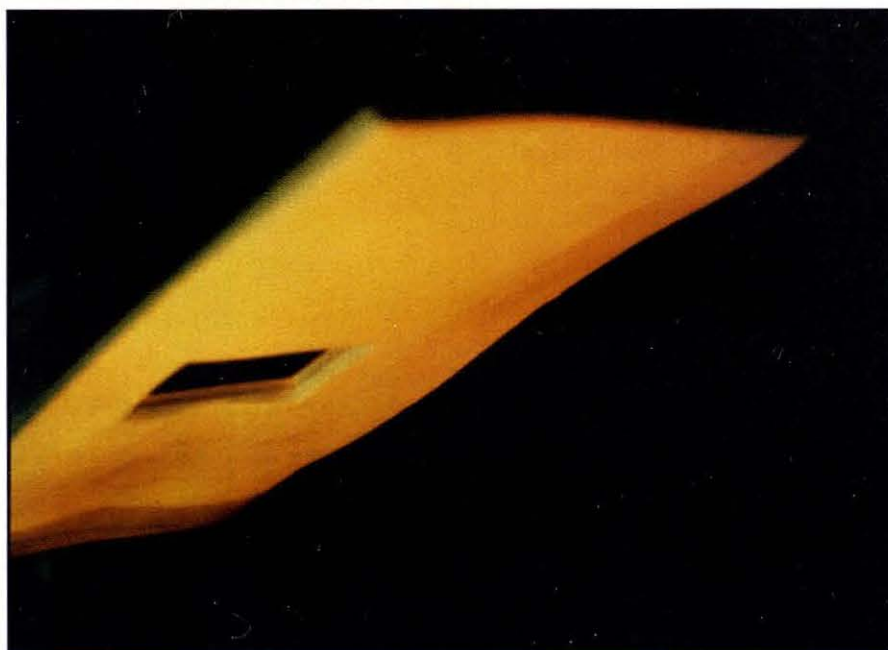
El forjat de la planta baixa es suplementa amb uns angles per reduir el voladís i una simple llosa plana soluciona el problema estructural. Per a la coberta vam proposar una solució generada a partir de controlar fins a cert punt la fletxa en tots els extrems. Com que les longituds de voladriu eren totes diferents s'hauria de variar de dalt a baix el gruix dels materials des de l'origen del voladís, com els contorns d'una petxina. Una altra forma d'enfocar el problema era començar amb la idea d'una planxa gruixuda i rebaixar-ne el material en diferents àrees per aconseguir el tèoric objectiu d'una fletxa controlada en l'extrem.

Aquesta simple premissa donà lloc a un procés iteratiu. A l'ordinador hi vam introduir una retícula en la qual assignàvem diferents gruixos de material a les diferents zones. Una sèrie d'il·lustracions (pàg. 100) mostra la solució final que aconseguix la uniformitat de deformacions de la fletxa amb un gruix que varia dels 15 cm. en l'extrem fins als 60 cm. al voltant del nucli.

Per a la seva construcció vam proposar fer la forma com una estructura esgraonada de fusta i fer l'acabat de contorns suaus amb una barreja de sorra i lletada de calç. Aleshores ruixariem la capa de sobre amb una fina pel·lícula de resina epoxy que esdevindria una crosta dura per abocar el formigó. L'alternativa del constructor era l'ús de les tècniques de construcció de vaixells en fusta per aconseguir la doble curvatura que les formes de l'estructura requerien.

Emplaçament. Site **Holten (Holanda)** | Arquitectes. Architects **Rem Koolhaas, O. M. A.**
 Enginyers. Engineers **Nick McMahon, Kiran Curtis** | Projecte. Design **1992**

Maqueta de la coberta
 Model of the roof



Planta acotada de la coberta.
Seccions longitudinal i transversal
 Contour plan of roof slab.
 Longitudinal and cross sections

