



Cláudia Estrela Porto*

*Strukturalna innowacyjność w pracach Stefana du Château:
od metalowych kratownic do ram przestrzennych*

*The innovative structural conception in Stéphane du Château's work:
from metallic trusses to the development of spatial frames*

Wprowadzenie

Architektura XX w. prezentuje szeroki repertuar innowacyjnych i zarazem niezwykłych systemów konstrukcyjnych. Architekci tworzą wiele konstrukcji, ale niewiele z nich je rozwija. Można powiedzieć, że tworzenie nie jest wynikiem ludzkiej inspiracji, ale wręcz przeciwnie: oryginalne rozwiązanie może powstać jedynie z mozolnej i uporczywej pracy.

Pod koniec lat 40. i na początku lat 50. XX w. pojawiło się na świecie wiele pierwszych systemów struktur przestrzennych, takich jak niemiecki system Mero (1942), angielski system Space Deck (1954), kanadyjski system Triodetic (1955) czy też amerykański system Unistrut (1955). Zastosowane w tych systemach węzły rozkładają działanie skupionych obciążeń i umożliwiają budowanie lżejszych konstrukcji.

Stefan du Château (1908–1999), który urodził się w Solwyczegodzku (na Syberii) w Rosji we francusko-polskiej rodzinie, a studia ukończył w 1936 r. na Politechnice Lwowskiej w Polsce (na terenie dzisiejszej Ukrainy), jest wspaniałym przykładem twórcy tego rodzaju nowatorskich form. Jest on rzadkim przykładem architekta i konstruktora jednocześnie, który wiedział, jak łączyć praktykę z teorią. Szczególnie interesował się pro-

Introduction

The 20th century architecture has a vast repertoire of innovative and extraordinary structures. In every place architects create structures but few develop them. It can be said, that creation is not the outcome of human inspiration but on the contrary: an original structure can only come from a meticulous and constant work.

The end of 1940 and beginning of 1950 presented the outbreak of the first spatial structural systems in the world, such as the German Mero system (1942), the English Space Deck system (1954), the Canadian Triodetic system (1955) and the American Unistrut system (1955). The nodes in these systems distribute the centered load actions and permit a lighter construction.

Continuing in this research line, Stéphane du Château (1908–1999) who was born in Solvychevodsk (present-day Siberia, Russia) in a Franco-Polish family. He graduated in 1936 from the Polytechnic School of Lwow, Poland (present-day Lviv, Ukraine) and is a brilliant example of a creator of such innovatory forms. He is one of the rare engineer-architects who knew how to combine practice and theory and was interested especially in the problems regarding industrialization and pre-fabrication of spatial structures, thus with time he became a leader in the field of spatial module structures.

It may be noticed that the spatial structures' efficiency – due to a new way of placing the tensioned and compressed elements to stabilize the construction – counterbalances the inconvenience of the connections' complexity, which

* Wydział Architektury i Urbanistyki Uniwersytetu w Brasili, Brazilia/Faculty of Architecture and Urbanism, University of Brasilia, Brazil.

blemami dotyczącymi uprzemysłowienia i prefabrykacji struktur przestrzennych i z czasem stał się liderem w dziedzinie przestrzennych struktur modułowych.

Można zauważyć, że efektywność zastosowania struktur przestrzennych – ze względu na nowy sposób rozmieszczania elementów rozciąganych i ściskanych w celu ustabilizowania konstrukcji – jest odpowiednią przeciwwagą dla złożoności ich połączeń, co wpływa na ostateczny koszt produktu. Aby zapewnić stałą obecność na rynku, konieczne jest ciągłe rozwijanie istniejących systemów, co realizował Stefan du Château, prowadząc liczne badania.

Stefan du Château, jako pionier w dziedzinie konstrukcji rurowych, rozumiał znaczenie organizacji i rewolucji tej nowej technologii. Tworzył on stale ewoluującą serię opatentowanych systemów, takich jak: trójkierunkowy system SDC (1957), Pyramitec (1960), Circotec (1963), Bacotec (1965), Tridimatec (1965), Unibat (1968), Spherobot (1979), Tridibalu i Flotalu (1984), Pyramibat (1984), Bamboutec (1984) i Dodecavis (1985), które badał pod względem ich przemysłowego wykorzystania.

W szerokiej dziedzinie struktur przestrzennych prace Stefana du Château kwalifikuje się jako konstrukcje metalowe należące do struktur siatkowych¹. W tworzonych systemach przestrzennych dążył on do perfekcji formy, umożliwiającej powstawanie śmiałych konstrukcji, w których technika jest służebna wobec koncepcji przestrzennej. Jego systemy, spełniające wymogi przemysłowych procesów prefabrykacji, spełniają również odpowiednie wymagania dla obiektów architektury publicznej o dużej rozpiętości, na przykład sal gimnastycznych, pawilonów przemysłowych i basenów pływackich. Rozpowszechnienie tych systemów umożliwia również makrostrukturalną organizację przestrzeni miejskiej.

Szkolenia zawodowe i system HBR Tubetal

Działalność Stefana du Château jest naznaczona spotkaniami i wydarzeniami, które w znaczący sposób pokierowały rozwojem jego koncepcji systemów strukturalnych.

Podczas II wojny światowej był on więźniem niemieckiego obozu koncentracyjnego w Hoyerswerda (Oflag IV D), gdzie przebywał do marca 1945 r. Był to obóz dla oficerów francuskich mających jakieś szczególne umiejętności zawodowe.

Stefan du Château korzystał z okazji i współpracował z 42 innymi architektami z Extraterritorial Atelier

reflects on the product's final pricing. In order to be always on the market, a constant evolution of the invented systems is necessary which Stéphane du Château realized through applied study and research.

As a pioneer in tubular construction, Stéphane du Château understood the relevance of this new technology's organization and revolution. He created an evolving series of patents, such as: Tridirectional SDC system (1957), Pyramitec (1960), Circotec (1963), Bacotec (1965), Tridimatec (1965), Unibat (1968), Spherobot (1979), the Tridibalu and Flotalu principles (1984), Pyramibat system (1984), Bamboutec (1984) and Dodecavis (1985), which he studied with regard to their industrial use.

In the vast area of spatial structures, the works of Stéphane du Château are qualified as metallic mesh structures¹. In the created spatial systems he aimed at constructive perfection providing the necessary substance to an audacious construction where the technique is in the service of a new spatial conception. His systems guided by industrialized modular processes answer well the necessity of a public architecture of large spans, as in gyms, industrial pavilions and swimming pools. The proliferation of these systems also allows the urban space's macrostructural organization.

Educational training and the HBR Tubetal System

Stéphane du Château's activity is marked by encounters and facts that will significantly direct the development of his structural systems.

During the II World War he was a prisoner of a German concentration camp in Hoyerswerda (Oflag IV D), where he stayed until March 1945. It was a camp for French officials with the particularity of professional training.

Stéphane du Château took advantage of this opportunity and cooperated along with 42 other architects with the Extraterritorial Atelier of l'ENSB², participating in the École de Beaux-Arts and Institut d'Urbanisme de Paris programs.

When the war was over he continued his specialization at the Institut d'Urbanisme of Paris University and in 1946 by taking part in a competition he received the title of "Urban Plans Composer". He formally completed his qualification as an architect at the Polish University College (PUC) of London where in 1947 he also obtained a diploma that would only be notarized 20 years later.

As his London diploma wasn't valid in France, Stéphane du Château overcame great difficulties in the

¹ Zygmunt Stanisław Makowski (1922–2005), Polak, jeden z największych teoretyków struktur przestrzennych XX w. (z University of Surrey w Guildfordzie, w południowo-wschodniej Anglii) wyróżnia trzy kategorie struktur przestrzennych [1]:

a) struktury siatkowe (trejażowe) wykonane przy użyciu serii prętów połączonych ze sobą w węzłach. Siatki mogą tworzyć wiele układów geometrycznych o różnym stopniu regularności (kopuły z siatek, sklepienia kolebkowe, sieci dwuwarstwowe);

b) wszelkiego rodzaju konstrukcje wiszące (przekrycia na cięgnach);

c) struktury z zastosowaniem metalowych membran, w których elementy pokrycia rozkładają obciążenia (konstrukcje półskorupowe, konstrukcje faldowe).

¹ Zygmunt Stanisław Makowski (1922–2005), Polish, one of the greatest theorist (from University of Surrey located in Guildford, Surrey, in the South East of England) of spatial structures of the 20th century, classifies spatial structures in three categories [1]:

a) the mesh structures (trellis), made by a series of bars united among themselves by nodes. The meshes can be a product of many geometric bodies or the repetition of one of them (domes in meshes, barrel vaults, two layered grids);

b) the suspended constructions of all kinds (covers over cables);

c) the structures in metallic membranes where the cover elements participate in the loads (construction in membranes, pleated constructions).

² École Nationale Supérieure des Beaux-Arts of Paris.

of l'ENSB², uczestnicząc w programach École de Beaux-Arts i Institut d'Urbanisme de Paris.

Po zakończeniu wojny kontynuował swoją specjalizację w Institut d'Urbanisme na Uniwersytecie Paryskim, a w 1946 r., biorąc udział w konkursie, zdobył tytuł „Twórcy planów urbanistycznych”. Formalnie kwalifikacje architekta uzyskał na polskiej uczelni Polish University College (PUC) w Londynie, gdzie w roku 1947 otrzymał też dyplom, który jednak został uznany we Francji dopiero 20 lat później.

Ponieważ jego dyplom londyński nie był ważny we Francji, na początku swojej kariery niezależnego architekta Stefan du Château napotykał olbrzymie trudności. Mimo że French Chambre des Ingénieurs Conseils przyjęła go w poczet swoich członków już w 1958 r., Izba Architektów dopiero w roku 1967, w wyniku nacisków studenckich oraz ze względu na powszechne uznanie jego osiągnięć zawodowych i pedagogicznych, zaprosiła go do złożenia aplikacji członkowskiej, aby definitywnie rozwiązać jego sytuację zawodową.

Początek jego aktywności we Francji nie wskazywał na to, co miała przynieść mu przyszłość. W latach 1945–1949 w biurze Marca Brillauda de Laujardière (laureata Grand Prix de Rome) opracował plan odbudowy miasta Caën i Saint-Malo, co umożliwiło mu przedstawienie innowacyjnych koncepcji urbanistycznych.

W tym samym czasie zaczął badania nad rurami, które były wtedy używane jedynie do rusztowań. Stefan du Château prowadził badania nad metalowymi belkami o przekroju trójkątnym. Podczas swojego pobytu w Londynie w roku 1947 odkrył, że Anglicy znają już ten system i używają go w konstrukcjach w swoich koloniach.

Podczas badań nad patentem rusztowania rurowego, wykupionym przez przyjaciela z obozu koncentracyjnego – Paula Bandowa, Stefan du Château zauważył, że rury połączone tak jak „stawy kolanowe” mogą wytrzymać obciążenie 700 kG każda. Prosta kalkulacja doprowadziła go do wniosku, że wykonując te połączenia jako spawane i wykorzystując cechy charakterystyczne pustych w środku cylindrów, można było dziesięciokrotnie zwiększyć działające obciążenie (czyli do 7 ton!). Zademonstrował to w doświadczeniach przeprowadzonych w Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics (Centrum Doświadczalne Budownictwa i Robót Publicznych).

Ze względu na to, że nie mógł pracować jako architekt (z nieuznanym dyplomem), Stefan du Château musiał opuścić biuro Marca Brillauda de Laujardière w roku 1949. Od tego czasu pracował dalej sam jako niezależny profesjonalista, prowadząc „biuro realizacji projektów architektonicznych”. W roku 1953 uzyskał obywatelstwo francuskie.

W tym czasie współpracował z Paulem Bandowem przy utworzeniu Towarzystwa Tubetal i przez cztery lata (1949–1953) jako dyrektor techniczny rozwijał serię modularnych kratownic z rur metalowych (system HBR Tubetal), które można łatwo dostosowywać, aby otrzymać

beginning of his career as an autonomous architect. Only in 1967 due to student pressure and to the recognition of his professional and pedagogical success, the Chamber of Architects invites him to apply and solve definitively his professional situation although he has been very well accepted at the French Chambre des Ingénieurs Conseils as a member since 1958.

The beginning of his activity in France does not show what the future has prepared for him. From 1945 to 1949 he elaborated, in Marc Briaud de Laujardière's office (Grand Prix of Rome), the rebuilding plan of Caën and Saint-Malo cities which allowed him to show his innovative ideas for urban conception.

At the same time he started to research on tubes, which then, were only used in scaffolding. Stéphane du Château carried out research on metallic triangular beams built with this material. During time spent in London in 1947 he discovered that the English already knew this system and used it in constructions in their colonies.

While examining a tubular scaffolding patent bought by Paul Bandow, also a friend from the concentration camp, Stéphane du Château noticed that the tubes connected by “knee joints” could bear 700 kgf each. A simple calculation led him to the conclusion that welding these connections and exploring the characteristics of hollow cylinders it was possible to multiply by ten (so, up to 7 tons!) the applied load. This he demonstrated by experiments done at the Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics (Experimental Center of Building and Public Works).

By not being able to work as an architect due to his non-notarized diploma, Stéphane du Château was forced to leave Marc Briaud de Laujardière's office in 1949. From that point he carried out his work alone as an autonomous professional “maintaining an office of architectural projects”. He gained French nationality in 1953.

During this time he associated with Paul Bandow to create the Tubetal Society and during 4 years (from 1949 to 1953) as technical director he developed a series of modular tubular metallic trusses (HBR Tubetal system) easily adaptable to allow diverse construction solutions, as in hangars with two water planes and porticos. This system is able to span along 20 m with 14 kg/m² of steel; the same solution in rough iron (in I-section) would be in 40 kg/m².

The HBR Tubetal and Vitrex (1953) systems, in tubular truss and tensed cover, used by Stéphane du Château to cover a 2000 m² stand at fairs in Paris and Lyon already showed the first satisfactory conclusions for a better usage of the tube: there is a 30 to 40% economy of the material using the tubular profile.

Two projects among many built using the HBR Tubetal system (1950) that allows making trusses by the connection of standard unique elements in welded mesh, are Bungalow Tropical accomplished by Stéphane du Château in 1956 for Cameroon, Africa, and the Chartres Pool, France (1960–1962, architect J. Rédreau) [2].

Projects, studies and test continued to succeed. The Tubetal experience gained during ten years contributed to welded tube credibility as a construction material. Welded tubes only represent one of the phases in the research on direction leading to the tridimensional. To create a mar-

² École Nationale Supérieure des Beaux-Arts w Paryżu.

różnorodne rozwiązania konstrukcyjne np. w hangarach na dwa hydroplany i w portykach. System ten umożliwia uzyskiwanie przęseł o rozpiętości 20 m przy zużyciu stali 14 kg/m²; takie samo rozwiązanie z profili walcowanych (o przekroju dwuteowym) dawałoby zużycie 40 kg/m².

System HBR Tubetal i Vitrex (1953), w formie kratownicy rurowej i rozciąganego pokrycia, wykorzystany przez Stefana du Château do przekrycia stoiska o powierzchni 2000 m² na targach w Paryżu i Lyonie stanowi pierwsze udane zastosowanie konstrukcji rurowych: mniejsze o 30–40% zużycie materiału. Dwa spośród wielu projektów zrealizowanych w systemie HBR Tubetal (1950), który umożliwia wykonanie kratownic przez łączenie standardowych pojedynczych elementów w spawaną siatkę, to Bungalow Tropical wykonany przez Stefana du Château w 1956 r. dla Kamerunu w Afryce oraz Chartres Pool we Francji (1960–1962, architekt J. Rédreau) [2].

Projekty, badania i próby nadal przynosiły pozytywne rezultaty. Doświadczenie zdobyte przez dziesięć lat pracy przy systemie Tubetal spowodowało, że rury spawane sprawdziły się jako materiał konstrukcyjny. Zastosowanie rur spawanych stanowi jedynie jedną z faz badań prowadzących do trójwymiarowości. W celu stworzenia rynku i przekonania klientów do użycia rur przy pracach rekonstrukcyjnych, Stefan du Château stał się wynalazcą, dyrektorem technicznym i przedsiębiorcą. Na początku swoje prace mógł prowadzić dzięki projektom zaprzyjaźnionych architektów. Próbuąc rozwiązać problemy związane z montażem i przęsłami, projektował metalowe struktury składające się z dwóch prostych warstw montowanych ostatecznie w trzech kierunkach.

Systemy przestrzenne

Od roku 1956 du Château tworzył swój pierwszy system struktury przestrzennej – trójkierunkowy system SDC (il. 1a). W 1957 r. uzyskał patent, a niedługo później znalazł dla niego pierwsze zastosowanie: kopułę o średnicy 42 m pokrywającą halę elektrowni przy zaporze Grandval Dam (1957–1958, architekt H. Marty) (il. 1b).

W systemie tym elementem pracującym są stalowe rury, a techniką łączenia jest spawanie wszystkich części składowych. Ma on węzeł składający się z dwóch lekkich powłok odlanych ze stali, do którego wsunięte są

ket and persuade the tube's usage in reconstruction, Stéphane du Château became an inventor, technical director and entrepreneur. At the beginning he could carry out his work due to his architect friends' projects. Trying to solve assemblage problems and overcome spans he designed metallic structures in simple double layers ultimately assembled in three directions.

Spatial systems

Du Château created his first spatial structure system – the Tridirectional SDC (Fig. 1a) – since 1956. He obtained a patent in 1957 and soon after found its first application: a 42 m diameter dome covering the power station hall at the Grandval Dam (1957–1958, architect H. Marty) (Fig. 1b).

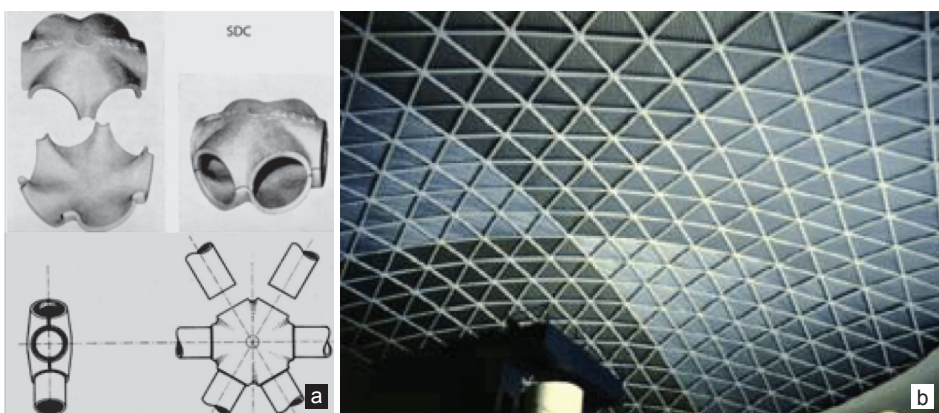
This system uses steel tubes as a working element and the weld as a connection technique of all its components. It has a composite node of two shells, two lightweight shells cast in steel where the tubes penetrate and are then fixed. Having the advantage of not needing the finishing of the tube's extremity, this system is used tridimensionally at the French Stadium's Swimming Pool in Boulogne (Stade Français) (1961–1962, architects H.P. Maillard and P. Ducamp) (Fig. 2).

The Tridirectional SDC exploiting the welding of nodes enables the building of domes up to a 70 m diameter and proves the auto-stability of the tridirectional layer in spherical surface – due to the node absorption (by penetration) of the geometric irregularities of the dome that are accentuated the more often the farther they are situated from its polar center. The structure's spherical form gives it spatial stability; the circumferential tensioned ring takes on to the circumference the strengths coming from the supported dome, due to which all its rods are compressed.

The SDC system's importance has provided many articles even before the dome was built and raised the curiosity of one of the greatest spatial structure theorists of this century: Prof. Z.S. Makowski.

In 1959 Stéphane de Château participated in a study trip to the United States of America and met Richard Buckminster Fuller at an exhibition in Boston, where Fuller created some spatial structures domes.

Acknowledging the work of Robert Le Ricolais was universally decisive. This permitted Stéphane du Château



Il. 1. System SDC:
a) detale,
b) kopuła w hali elektrowni przy zaporze Grandval Dam

Fig. 1. SDC System:
a) details,
b) dome of the power station hall of the Grandval Dam

Il. 2. Basen przy Stade Français w Boulogne, Francja

Fig. 2. French Stadium's Swimming Pool in Boulogne, France



i następnie połączone rury. Dzięki temu, że niepotrzebna jest obróbka zakończeń rur, system ten wykorzystano w trójwarstwowym ruszcie konstrukcji basenu w Boulogne (1961–1962, architekci H.P. Maillard i P. Ducamp) (il. 2).

Trójkierunkowy system SDC, wykorzystujący spawanie w węzłach, umożliwia konstrukcję kopuły o średnicy do 70 m i zapewnia stabilność trójkierunkowej warstwy na powierzchni sferycznej – dzięki możliwości eliminowania nieregularności geometrycznych kopuły, pojawiających się częściej w miarę oddalania się od jej biegunów, w węzłach (poprzez ich odpowiednie w nich „chowanie”). Sferyczny kształt struktury nadaje jej sztywność przestrzenną; obwodowy pierścień rozciągany przejmując na obwodzie siły pochodzące od podpieranej kopuły, dzięki czemu wszystkie jej pręty są ściskane.

Znaczenie systemu SDC było tematem wielu artykułów nawet przed wybudowaniem kopuły i wywołało zainteresowanie jednego z największych teoretyków struktur przestrzennych tego wieku: profesora Z.S. Makowskiego.

W roku 1959 Stefan du Château uczestniczył w wyprawie badawczej do Stanów Zjednoczonych i poznał Richarda Buckminstera Fullera na wystawie w Bostonie, na której Fuller wykonał kilka kopuł.

Przełomowe znaczenie miało powszechne docenienie prac Roberta Le Ricolais'go. Dzięki temu badania Stefana du Château uzyskały inny wymiar koncepcyjny i operacyjny. W trakcie poszukiwań konkretnych rozwiązań odkrył on nowy system, co w następstwie doprowadziło do uzyskania czterech patentów konstrukcyjnych, wielu realizacji i publikacji w latach 60. XX w.

Zauważywszy trudności związane ze spawaniem konstrukcji na placu budowy, Stefan du Château zaproponował system Pyramitec (il. 3), w którym połączenia są wykonane przy użyciu śrub. System ten, charakteryzujący się wykorzystaniem prefabrykowanych piramid, nadających konstrukcji bezwładność, umożliwił realizację Wystawy Krajowej w Nancy (1963–1964, architekci M. Kruger i M. Pierron): 1700 m² w pięciu pawilonach wystawienniczych wybudowanych w dziesięć miesięcy (zużycie stali w konstrukcji wyniosło 32 kg/m²).

Ze względów transportowych wymiary piramidy nie mogą przekraczać 3 m, więc du Château zaproponował system Tridimatec, składający się z płaskich kratownic

to give another conceptual and operational dimension to his research. While searching for a solution of a particular case, he discovered a new system which led to four construction patents, many realizations and publications in the years of 1960.

Noticing the difficulty of welding at the construction site, Stéphane du Château proposed the Pyramitec system (Fig. 3), where connections are made using bolts. This system which is characterized by applying pre-fabricated pyramids determining the structure's inertia enabled the realization of the National Exhibition Fair in Nancy (1963–1964, architects M. Kruger and M. Pierron): 1,700 m² distributed in five exhibition pavilions built in ten months and having a structure weight of 32 kg/m².

The pyramids cannot exceed three meters due to transport therefore Stéphane du Château proposed the Tridimatec system, constituted by using in-plane beams in meshes, where their extremities are connected in a way to form a crossed beam system³ (Fig. 4).

Some gymnasiums are built using this system, as Caillaillon (1964–1965, architects Grégoire, Choquart and Brodovitch). In order to cover a surface of 20 × 40 m with steel weight of 30 kgf/m², the beams are interspersed in such a way as to have only one node in the middle of the bar, consequently reducing by half the bending moment and the bar's thickness.

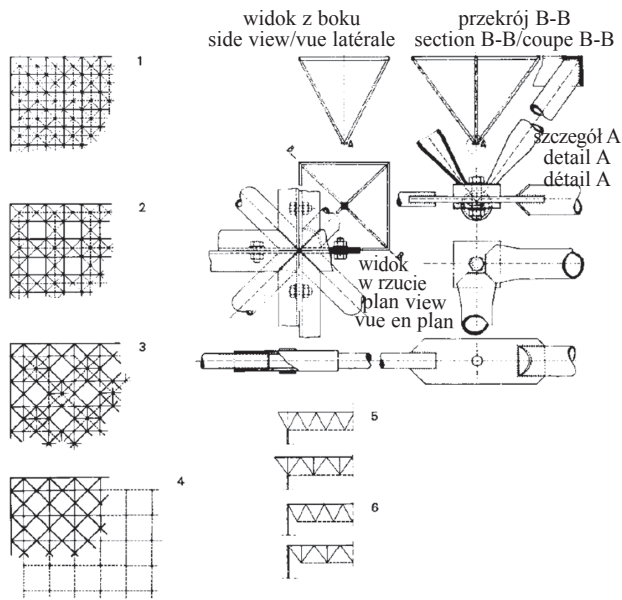
The same crossed beam system can be done by pre-fabrication in a double method allowing the realization of macrostructures in a habitable scale. The Z.U.P. (Priority Urbanization Zone) Social Center in Rennes (1973–1978, architect E. Le Berre) is the first such habitable structure. The structure's pyramids and tetrahedrons are its habitable layers (the modular mesh is of 3.6 m which provides 2.54 m in height) and are perfectly stable.

³ Z.S. Makowski classifies the two layer grids in two types:

a) the meshed grids (*grilles treillis*) – vertical intersection of trussed beams,

b) the spatial grids (*grilles spatiales*) – combination of tetrahedrons, octahedrons or pyramids with squared or hexagon base.

From the structural point of view, the spatial grids are superior to the meshed grilles because of greater rigidity. Although the transport and construction of meshed grilles is simpler because they consist of trussed beam units that can be stocked and transported easily (as in the case of Tridimatec system).



Il. 3. Prostokątny system Pyramitec (piramida o kwadratowej podstawie):
1) struktura ciągła, 2) belki skrzyżowane równoległe,
3) belki przekątniowo skrzyżowane, 4) konstrukcja odwróconej siatki,
5) konstrukcje podparte, 6) konstrukcje zawieszono

Fig. 3. Pyramitec Orthogonal System (pyramid with square base):
1) continuous structure, 2) crossed parallel beams,
3) diagonally crossed beams, 4) structure in inverted mesh,
5) supported structures, 6) suspended structures

połączonych w taki sposób, że tworzą ruszt³ (il. 4). Przy użyciu tego systemu budowane są niektóre sale gimnastyczne, np. Cavaillon (1964–1965, architektki Grégoire, Choquart i Brodovitch). Aby przykryć powierzchnię 20×40 m, przy zużyciu stali 30 kg/m^2 , belki są tak rozstawione, żeby powstał tylko jeden węzeł w środku pręta, co w konsekwencji obniża o połowę moment zginający oraz grubość pręta.

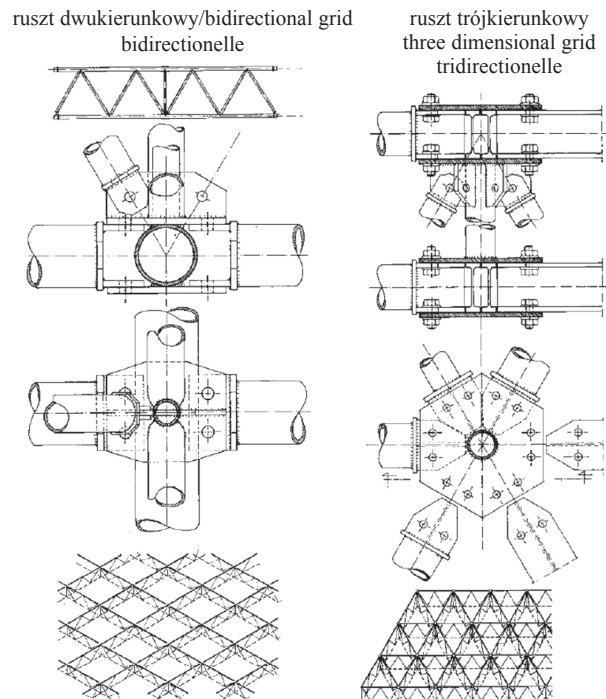
Ten sam system skrzyżowanych belek może być wykonany z prefabrykatów metodą podwójną, umożliwiającą realizację makrokonstrukcji możliwych do zamieszkania. Centrum Socjalne w Z.U.P. (Zone de Urbanisation Priorité – Strefa Urbanizacji Priorytetowej) w Rennes (1973–1978, architekt E. Le Berre) jest pierwszą taką konstrukcją mieszkalną. Piramidy i czworościany są jej warstwami mieszkalnymi (siatka modułarna ma 3,6 m, co daje 2,54 m wysokości) i mają one znakomitą stabilność.

Duża elastyczność zastosowania systemu Pyramitec oraz zróżnicowana konfiguracja elementów konstrukcyjnych sprzyjały ewolucji systemu Unibat. W systemie Pyramitec budowa węzła dolnego opiera się na śrubie

³ Z.S. Makowski wyróżnia dwa rodzaje sieci warstwowych:

a) sieci siatkowe (*grilles treillis*) – pionowo przecinające się belki kratownicowe,

b) sieci przestrzenne (*grilles spatiales*) – połączenie czworościanów, ośmiościanów czy też piramid o podstawie kwadratu lub sześcioboku. Ze strukturalnego punktu widzenia sieci przestrzenne są lepsze niż sieci siatkowe ze względu na ich większą sztywność. Transport i konstrukcja sieci siatkowych jest prostsza, ponieważ składają się one z elementów belek kratownicowych, które mogą być układane w stosy i można je łatwo transportować (przykład – system Tridimatec).



Il. 4. Rysunki detali systemu Tridimatec
– widok od strony łącznika w stronę dwu- i trójkierunkowych sieci

Fig. 4. Drawings of details of the Tridimatec system
– view from the connector to the bi- and three dimensional grids

Pyramitec system's great application flexibility along with its different geometries of constructive elements endorsed the evolution to the Unibat system. In the Pyramitec system its bottom node composition is based on a vertical high strength bolt allowing rotary positions on the bottom members and consequently the layer's inversion. Thus constituting a structure with its layers inverted in 45° and so the Unibat system originates. The last structure can be considered as a variant of the Pyramitec system, only differentiated by its fixation mode: usage of bolts on the angles of the base pyramids. It also allows a rational utilization of the high strength bolt (3.5 per modular surface), which is not the case in the Pyramitec system using 11 bolts per modular surface.

The Unibat geometry is formed by a board of empty pyramids and squares and it only covers 50% of the surface with pyramids – proving to be more economic. Square based pyramids are connected two by two using one of their base angles and bars connect their tops. This connection corresponds to a tridimensional structure with two parallel layers. The upper layer meshes are constituted by the pyramid bases and are oriented 45° in relation to the bottom layer meshes, constituted by bars uniting the pyramids' tops. This system can serve, according to its scale, to make slabs, covers or urban macrostructures.

The Unibat structure can be crossed in four different directions without encountering any obstacle: the 120 module and 60 of height allows the creation of technical floors necessary to the offices and other accommodations, the 120 module and 38 of height permits sufficient technical

o dużej wytrzymałości pionowej umożliwiającej obroto-
we układanie elementów dolnych oraz w konsekwencji
odwrócenie warstwy. Powstająca w ten sposób struktura
z odwróconymi o 45° warstwami daje początek systemo-
wi Unibat. Tę ostatnią strukturę można uważać za wa-
riant systemu Pyramitec, od którego różni ją tylko sposób
montażu: użycie śrub w narożach dolnych piramid. Taki
sposób umożliwia również racjonalne wykorzystanie śrub
o dużej wytrzymałości na ścinanie (3,5 szt. na moduł po-
wierzchni), co wygląda inaczej w systemie Pyramitec wy-
korzystującym 11 śrub na moduł powierzchni.

Geometria systemu Unibat, która ukształtowana jest
przez warstwę pustych piramid i kwadratów, pokrywa
zaledwie 50% powierzchni piramidami – co potwierdza
jej większą ekonomiczność. Piramidy o podstawie kwa-
dratowej są łączone w taki sposób, że dwie z nich mają
wspólny tylko jeden węzeł podstawy z zastosowaniem
dodatkowych prętów łączących ich wierzchołki. Połą-
czenie to odpowiada trójkierunkowej strukturze z dwa-
ma warstwami równoległymi. Siatki warstwy górnej two-
rzą podstawy piramid ustawione pod kątem 45° do siatek
warstwy dolnej, zbudowanej z prętów łączących wierz-
chołki piramid. System ten, w zależności od swojej skali,
służy do wykonywania płyt, przekryć i makrostruktury
miejskiej.

Struktura systemu Unibat może być krzyżowana w czte-
rech różnych kierunkach bez żadnych przeszkód: moduł
120 cm o wysokości 60 cm pozwala utworzyć podłogi
techniczne niezbędne dla biur i lokali użytkowych; moduł
120 cm o wysokości 38 cm daje wystarczającą przestrzeń
techniczną dla mieszkań. Struktura o podwojonym mo-
mencie bezwładności (dwie piramidy połączone wierz-
chołkami) daje rozpiętość 100 do 150 m, przy dwukrot-
nie mniejszym ugięciu prętów. System ten jest dobrym
rozwiązaniem przy projektach wymagających dużej ela-
styczności i głównie w latach 70. XX w. zdobył dużą po-
пулярność, czego dowodem realizacja 50 projektów we
Francji i innych krajach.

W roku 1967 Europejska Wspólnota Węgla i Stali
(EWWiS) ogłosiła międzynarodowy konkurs, którego ce-
lem było zbadanie zastosowania stalowych struktur trój-
wymiarowych w budownictwie. System Unibat był zasto-
sowany w drugim etapie przy kontynuacji nagrodzonego
projektu grupy TETRA z Luksemburga (architekci: Marc
Ewen, Paul Kayser, Leonard Knaff, Jean Lanners), która
pierwotnie zaproponowała wykorzystanie systemu Mero.
Ewolucyjny dom, dający możliwości aglomeracyjne, skon-
struowany był na początku w systemie Pyramitec, a na-
stępnie wyewoluował w dwupoziomowy prototypowy
budynek mieszkalny i biurowy o konstrukcji Unibat.

Momentem kulminacyjnym badań z zakresu uprzemys-
łowienia budownictwa mieszkalnego wykorzystującego
struktury trójwymiarowe było badanie ogniowe przepro-
wadzone na prototypie. Jego wynik przekroczył wszelkie
przewidywania. Płyta Unibat po 4 godzinach oddziaływa-
nia temperatur pożarowych wykazała odkształcenie jedy-
nie 9 mm.

Stosując ten system w budynkach, Stefan du Château
chciał udowodnić, że uprzemysłowienie nie niszczy archi-
tektury, a wręcz przeciwnie – daje architekturze moż-

space for housing. Organized in double inertia (uniting two
pyramids by their tops), the structure allows spanning of
100 to 150 m with buckling length of the bars reduced by
half. This system responds well to an immense variety of
programs and, mainly during the 1970, proved its efficien-
cy by realizing fifty projects in France and other countries.

In 1967 an international competition was released by
the European Committee of Coal and Steel (ECSC) aimed
at studying the application of steel tridimensional struc-
tures in the building industry. The Unibat system was used
to continue the second phase of the prized project of the
TETRA group from Luxembourg (architects Marc Ewen,
Paul Kayser, Leonard Knaff, Jean Lanners), which initial-
ly proposed using the Mero system. The evolutionary house
that gives agglomeration possibilities, was structured at
the beginning in Pyramitec system and subsequently ad-
vances to a two-floor prototype building of residential and
office structure in Unibat.

The apex of these researches on residential building
industrialization using tridimensional structures was the
testing by using fire on a prototype, the result of which
surpassed any forecast. The Unibat slab during fire condi-
tions only showed of 9 mm after four hours under fire.

Applying this system to buildings, Stéphane du Château
wanted to prove that industrialization does not eliminate
architecture, but on the contrary, it can give architecture
the possibility of adapting and modelling space to answer
the program's necessities – now and in the future. With the
Unibat system and three facade panels of multiple com-
binations it is possible for the user to conceive, together
with the architect, his own residence. The first two proto-
types were proposed for use in national education, thus
two HLM (Habitation à Loyer Modéré – Moderate Rental
Residences) buildings were built in 1969–1970 (architect
F. D'Arcier) in Gonesse and Thiais.

These realizations took Stéphane du Château to think
of industrialization in a larger context, that of urbanism.
The urbanism concept was widely broadcast in the six-
ties by the GEAM group (Grupe d'Études d'Architecture
Mobile – Mobile Architecture Study Group) when such
architects as Yona Friedman, Maymont, Emmerich, Ota-
ka, among others, presented future cities using growing
spatial structures.

Using these ideas together with the Unibat system,
Stéphane du Château developed some urban space re-
ordering proposals in 1973. Along with architect Jean
Maneval he researched for the SCIC (Central Real Estate
Society for the Bank of Deposits and Assignments) on an
urban center structure. He proposed more than industrial-
ized residence cells, but also the skeleton to receive them.
Moreover, Stéphane du Château studied urban space or-
ganization in macrostructures for the Equipment Ministry
(Construction Plan's Project) where he proposed an arti-
ficial ground for a city of 2,000 to 2,500 inhabitants where
the Unibat geometry allowed organizing the urban space
above the natural level surface.

Along with these realizations while trying to put the
constructions methods in harmony with new materials,
Stéphane du Château showed that spatial structure forms
favour the application of plastic on the covers of large

liwość przystosowywania i kształtowania przestrzeni w odpowiedzi na wymagania danego projektu – teraz i w przyszłości. Przy użyciu systemu Unibat i trzech paneli elewacyjnych w różnych kombinacjach możliwe jest stworzenie przez użytkownika (razem z architektem) własnego domu. Pierwsze dwa prototypy zostały zaproponowane do wykorzystania w systemie edukacji narodowej i tak w latach 1969–1970 wybudowano dwa budynki HLM (Habitation à Loyer Modéré) (architekt F. D’Arcier) w Gonesse i Thiais.

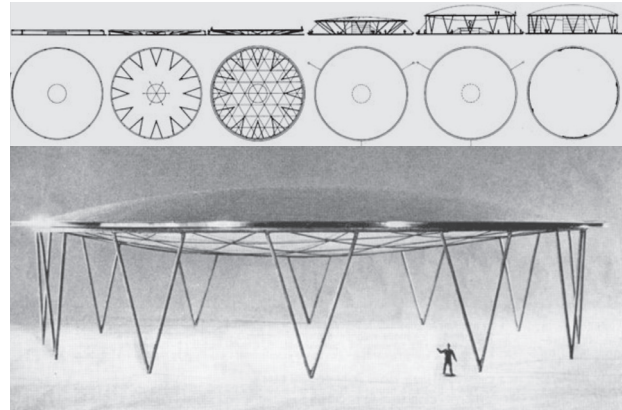
Te realizacje spowodowały, że Stefan du Château zaczął myśleć o uprzemysłowieniu w szerszym kontekście – w skali urbanistycznej. Koncepcja urbanizacji była szeroko propagowana w latach 60. przez grupę GEAM (Grupe d’Études d’Architecture Mobile), kiedy architekci tacy jak Yona Friedman, Maymont, Emmerich, Otaka i inni prezentowali miasta przyszłości, wykorzystując coraz popularniejsze struktury przestrzenne.

Łącząc te pomysły z systemem Unibat, Stefan du Château opracował w 1973 r. pewne propozycje nowego uporządkowania przestrzeni miejskiej. Razem z architektem Jeanem Manevałem prowadził badania dla SCIC (Centralne Towarzystwo Nieruchomości dla Banku Depozytów i Cesji) nad konstrukcją dla centrum miasta. Zaproponował oprócz uprzemysłowionych komórek mieszkalnych także szkielet, na którym miałyby się one opierać. Oprócz tego Stefan du Château badał organizację przestrzeni miejskiej w makrostrukturach dla Ministerstwa Infrastruktury (Projekt Planu Realizacji) i zaproponował sztuczną powierzchnię zabudowy miasta dla 2000–2500 mieszkańców, gdzie geometria systemu Unibat pozwala zorganizować przestrzeń miejską powyżej naturalnego poziomu powierzchni.

Oprócz tych realizacji, próbując dopasować w sposób harmonijny metody budowlane do nowych materiałów, Stefan du Château pokazał, że struktury przestrzenne sprzyjają zastosowaniu tworzywa sztucznego na pokrycia dużych przęseł. W tym kontekście zaproponował system Circotec (il. 5) jako zaokrąglone zamknięcie z sufitem uformowanym z wiszącej struktury utrzymującej element nadmuchiwany, umożliwiające szybki montaż pomieszczeń tymczasowych o średnicy 40 m, bez fundamentu.

Trójkierunkowa siatka cięgien zamontowana do pierścienia ściskanego ze stalowych rur tworzy pokrywą w kształcie nadmuchiwanego, dwustronnie wypukłego ziarza soczewicy. Jej dwie ułożone nad sobą membrany tworzą ściany plastikowej powłoki. Powietrze pod ciśnieniem jest wprowadzane do pokrywy i pomiędzy te dwie membrany, gdy tylko siłowniki pneumatyczne, rozmieszczone na obwodzie, pomiędzy słupami w kształcie litery „V”, podniosą konstrukcję. W celu demontażu konstrukcji trzeba tylko wykonać czynności montażu w odwrotnej kolejności.

Unikatowa jest również pokrywa konstrukcji trybun Laval Stadium (1965–1969, architekt J. Saint Arroman) (il. 6), gdzie pokrycie z polycorolles (półprzezroczyste elementy z wielowarstwowego poliestru w kształcie paraboloidy hiperbolicznej ograniczonej czterema prostoliniowymi brzegami) autorstwa Yves’a Chaperota odpowiada systemowi Tridimatec Stefana du Château [3].



Il. 5. System Circotec

Fig. 5. Circotec System

spans. In this context, he proposed the Circotec system (Fig. 5), as a rounded enclosure with a ceiling formed by a suspended structure bearing an inflatable element and allowing fast assemblage of temporary rooms of 40 m diameter without foundation.

A tridimensional mesh in cables fixed to the steel tube compression ring receives a cover made by an inflatable biconvex lentil, where two membranes superimposed make its walls in plastic canvas. The air under pressure is transferred to the cover and penetrates between the two membranes as soon as the pneumatic actuator that uplifts the structure is positioned under the peripheral “V” pillars. To disassemble the structure only needed is the processes inversion.

Unique is also the cover structure of the tribunes of Laval Stadium (1965–1969, architect J. Saint Arroman) (Fig. 6), where a polycorolles (a trans-lucid stratified polyester cover element with the form of a hyperbolic paraboloid, limited by four rectilinear boundaries) cover developed by Yves Chaperot is corresponds to the structure system in Stéphane du Château’s Tridimatec [3].

Not being able to be called an architect making architecture, Stéphane du Château was obliged to develop structural architecture for an architectural structure. His structures organize the architectural volume, determining its form and definitive character.

Thus he left the established systems, especially flat forms, two layer bi- or tridimensional structures to elaborate more notable projects, unique in their field. In this context, the Exhibition Pavilion in the form of a giant turtle – a housing emblem – was built at the Brussels Hall of Building and Decorative Arts (1970–1971, architects J. Ballenstedt, P. Frebourg, S. du Château) (Fig. 7), and largely surpasses its publicity goal and also to become a technical progress symbol, and a testimony of the architectural structure’s ability.

Steel, aluminum, glass, and neoprene joints are modeled by Stéphane du Château in such a way as to create three different but juxtaposed parts in a metallic skeleton. The Exhibition Pavilion volume, a dome with geodesic divisions (hexagons and pentagons) of 15 m diameter and 14 m in height rests upon a base that ensures stability and

Stefan du Château, który nie mógł siebie nazywać architektem tworzącym architekturę, zmuszony był tworzyć architekturę strukturalną dla struktury architektonicznej. Jego struktury organizują przestrzeń architektoniczną, nadając jej formę i definitywny charakter.

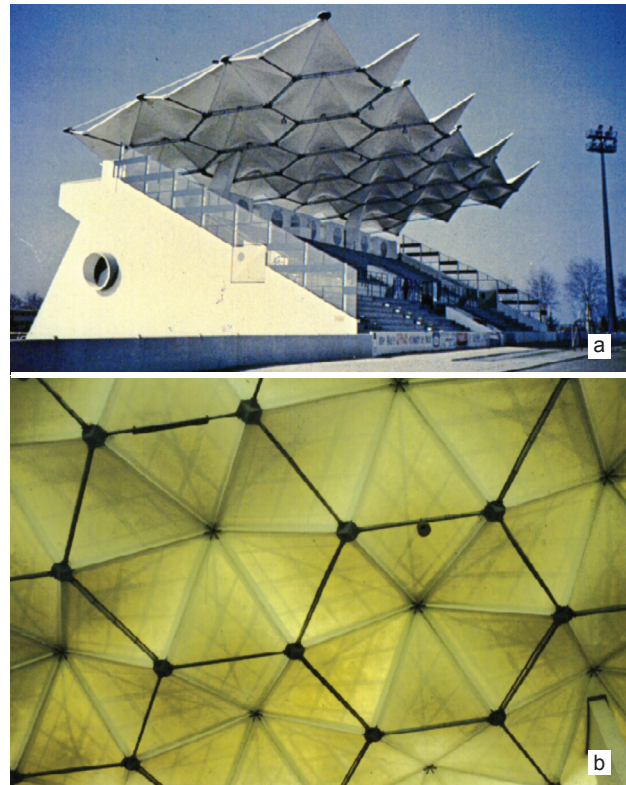
W ten sposób odszedł on od ustalonych systemów, szczególnie form płaskich, dwuwarstwowych struktur dwu- czy też trójwymiarowych, aby opracować bardziej wyraziste i unikatowe w swoim rodzaju projekty. W tym kontekście pawilon wystawienniczy w kształcie gigantycznego żółwia – znaku budownictwa – powstały w Brukseli w Hali Budownictwa i Sztuk Dekoracyjnych (1970–1971, architekci J. Ballenstedt, P. Frebourg, S. du Château) znacznie przekroczył swój cel propagandowy i konstrukcja ta stała się również symbolem postępu technicznego oraz świadectwem możliwości struktury architektonicznej (il. 7). Stal, aluminium i łączniki neoprenowe są kształtowane przez Stefana du Château w taki sposób, że tworzą trzy różne części zestawione w metalowym szkielecie. Pawilon Wystawowy, konstrukcja o podziale geodezyjnym (sześciokąty i pięciokąty), o średnicy 15 m i wysokości 14 m, opiera się na podstawie, która zapewnia jej stabilność i jest przedłużona za pomocą wspornika tworzącego rodzaj wieżyczki widokowej – czoła żółwia [4].

Analizując prace Stefana du Château, można zauważyć, że jego proces twórczy nasilał się, kiedy pojawiała się potrzeba znalezienia nowego rozwiązania. Z rozwiązania technicznego wymyślonego dla Convention Center stworzył on nowy system zwany Spherobat (il. 8). Ta struktura przestrzenna opiera się na koncepcji węzła kulistego zbudowanego z pustej w środku kuli, umożliwiającej dowolną rozbudowę struktury. Pręty łączone są w kuli za pomocą śrub wkręcanych od środka kuli do płaskich zakończeń prętów. W ten sposób proste zasady geometrii, razem z możliwościami danego węzła, pozwalają tworzyć duże przestrzenie bez pośrednich podparć i konstruować rozprzestrzeniające się struktury, dające większą swobodę tworzenia modularnej płaszczyzny.

Dla twórczej duszy Stefana du Château najważniejszym celem w życiu była innowacja. W roku 1984 podczas „Grand Prix des Casques D’Or – Pechiney-Bâtiment” zaprezentował pięć projektów: dźwigary nad peronami na dworcu kolejowym Lyon-Part-Dieu (pierwsze zastosowanie systemu Spherobat Aluminium), Tridibalu i Flotalu, system Bamboutec i Dodecavis (te dwa ostatnie opatentowane) [5].

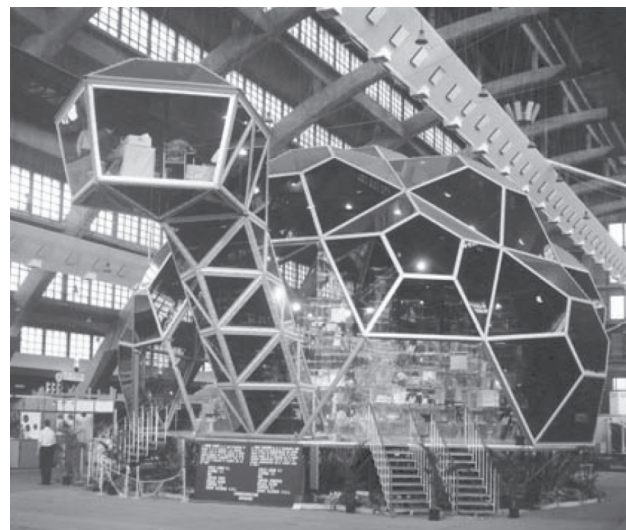
Ważnym momentem stało się utworzenie przez grupę Pechiney-Bâtiment specjalnego działu konstrukcyjnego zajmującego się produkcją systemów nagrodzonych w konkursie. Ta sytuacja dała Stefanowi du Château gwarancję rozwoju i uprzemysłowienia systemu Spherobat Aluminium. Aby uzyskać zwiększoną wytrzymałość i w ten sposób lepiej przenosić obciążenia działające na struktury, Stefan du Château wpadł na pomysł wykonania tych kul węzłowych nie poprzez ich odlewanie, ale poprzez kucie. Aluminium obrabiane na zimno ma wyjątkowe właściwości.

System Tridibalu wykorzystano przy projekcie łodzi o strukturze trójwymiarowej i trójkierunkowej w kształcie równobocznego trójkąta podpartego na trzech pływakach.



Il. 6. Laval Stadium: a) trybuny, b) detal pokrywy

Fig. 6. The Laval Stadium: a) tribunes, b) the cover detail

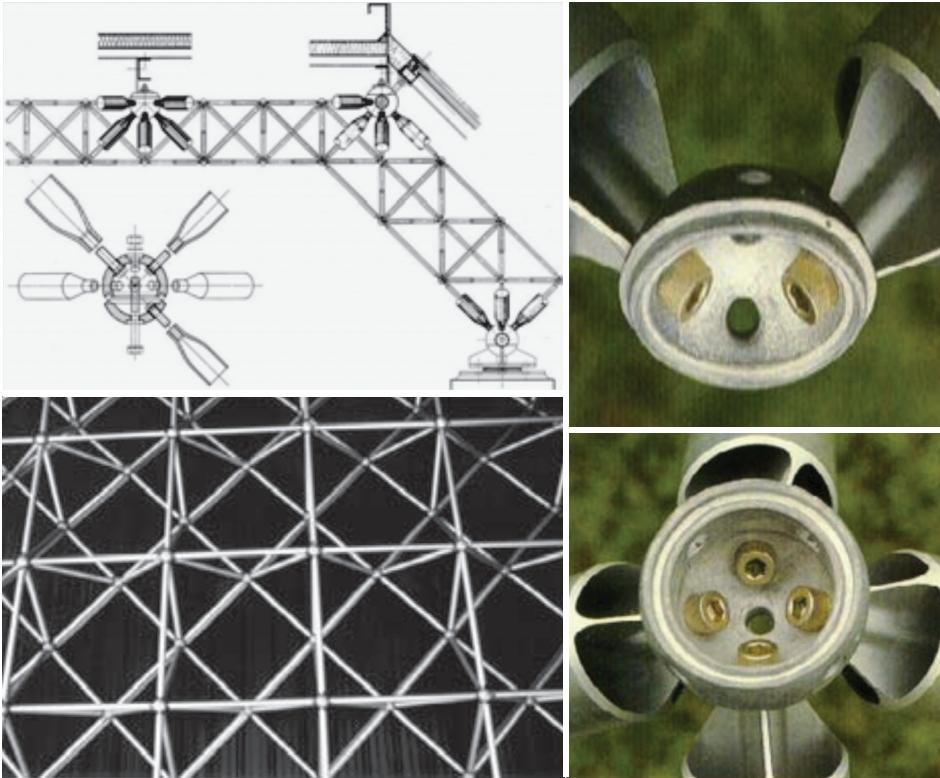


Il. 7. Pawilon wystawienniczy – gigantyczny żółw na wystawie Batibouw w Brukseli, 1970–1971

Fig. 7. Exhibition Pavilion – giant turtle in Brussels on the Batibouw Exhibition in Brussels, 1970–1971

extends with the help of a cantilever creating a sort of a viewing turret-turtle's forehead [4].

While analyzing the works of Stéphane du Château it may be noticed that his creative process was intensified when a new solution was requested. From the technical solution imagined for the Convention Center he created a new system named Spherobat (Fig. 8). This spatial

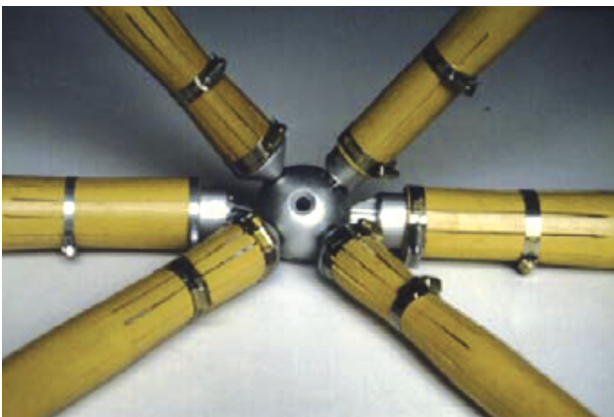


Il. 8. System Spherobot
– struktura i detale łączenia
w węzłach

Fig. 8. Spherobot System
– structure and fixing details
in the nodes

Ma ona 26 m długości i 22 m szerokości i może być wyposażona w żagle lub silnik. Flotalu to zanurzony prom zbudowany z trójwymiarowej struktury z wieloma warstwami, której pręty o dużej średnicy stanowią pływaki. Oba te projekty to propozycje zastosowania systemu Spherobot Aluminum i mogą być używane jako łodzie rekreacyjne lub sztuczne plaże, a nawet pływające porty.

Ze względu na olbrzymi rynek zastosowania bambusa jako materiału konstrukcyjnego w Azji oraz jego znakomitą odporność na wyginanie, Stefan du Château zaprezentował system Bamboutec (il. 9) – opatentowaną koncepcję wielu małych aluminiowych elementów łączeniowych, umożliwiającą łączenie wielu bambusowych prętów. W systemie Bamboutec pręty są łączone śrubami promieniście w węzle kulistym przy użyciu metalowego



Il. 9. System Bamboutec

Fig. 9. Bamboutec System

structure rests on the spherical connection node concept, built from a hollow ball that allows a free development of the structure. The bars are united with the sphere using bolts from the sphere's inside to flat endings of the bars. Therefore simple geometric principles together with specific node possibilities allow realizing large spaces without intermediary support and constructing expanding structures with plan rotation, providing a larger liberty in creating the modular surface.

With such a creative spirit Stéphane du Château had, as the main goal in his life, that of being innovative. In 1984 during the “Grand Prix des Casques D’Or – Pechiney-Bâtiment” he presented five projects: girders above the platforms of the Lyon-Part-Dieu train station – the first application of the Spherobot Aluminum system, the Tridibalu and the Flotalu, the Bamboutec and the Dodecavis system – the latter two patented [5].

When the Pechiney-Bâtiment group created a specific department of construction, committed to producing the competition's prized systems this gave Stéphane du Château guarantees of Spherobot Aluminum system's development and industrialization. In order to obtain an increased resistance and thus to resist better the structure's loads, Stéphane du Château had the idea of making these connection balls not by modelling but by forging. Worked coldly, the aluminum has exceptional characteristics.

The Tridibalu principle was used the project of a boat of a tridimensional and three directional structure in form of an equilateral triangle supported on three floats. It is 26 m in length and 22 m wide and can be equipped with sails or an engine. The Flotalu is an immersed ferry built a tridimensional structure with many layers whose large diameter bars are floating devices. Both projects are pro-

urządzenia stożkowego ukierunkowującego obciążenia i umożliwiającego zastosowanie bambusa w siatkach trójwymiarowych.

System Dodecavis, wykorzystujący aluminium, umożliwia obniżenie naprężeń dociskowych, ponieważ ten nowy węzeł zapewnia większe powierzchnie styku z prętami. Dwa elementy, które stanowią czaszę kulistą, są identyczne i łączą się ze sobą pierścieniem. Stosując inną technologię wytwarzania, w celu poprawienia właściwości mechanicznych aluminium, Stefan du Château założył, że wytwarzanie węzłów w procesie kucia czy też tłoczenia mogłoby dwukrotnie zwiększyć nośność struktury w porównaniu z systemem Spherobat z aluminiowymi węzłami odlewanyymi.

Stefan du Château wymyślił również system Pyramibat charakteryzujący się osobnym wytwarzaniem elementów składowych piramidy – montowanych śrubami.

System trójwymiarowy wykorzystujący aluminium umożliwia konstrukcję podłóg modułowych w budynkach czy też rezydencjach bez spawania, ale pomimo zalet żaden projekt w tym systemie nie został zrealizowany.

Wnioski

Zastosowanie struktur trójwymiarowych jest przeznaczone szczególnie do budynków użyteczności publicznej, obiektów sportowych i przemysłowych, wymagających większych rozpiętości. Forma struktury wynika z potrzeb obiektu architektonicznego, w którym jest zastosowana, a czasami wpływa na architekturę obiektu tak silnie, że wręcz determinuje jej formę. Rządowe prace budowlane w większości powiązane są z konkursami architektonicznymi i z tego względu Stefan du Château ściśle współpracował z architektami. Na jego pierwsze prace mieli wpływ jego przyjaciele – współwięźniowie obozu koncentracyjnego, młodzi architekci, którzy podziwiali jego szczególne umiejętności konstrukcyjne.

Stefan du Château jawi się jako artysta szukający w swoich rozwiązaniach piękna i prostoty, zwracający jednocześnie uwagę na budżet projektu, a także zawsze starający się łączyć teorię z praktyką.

Opracowując struktury przestrzenne, rozumiał zasadnicze znaczenie węzła jako punktu, w którym zbiegają się wszystkie siły wypadkowe, który musi być prosty i stworzony tak, aby spełnić wymagania statyczne. Jednocześnie chciał pokazać, że spośród wielu wyrobów konstrukcyjnych rura bez wątplenia najlepiej nadaje się do wykonania struktur, w których dominują wypadkowe siły ściskające.

Analizując prace Stefana du Château, zauważyć można, że wiele jego różnych realizacji jest ważnych nie tylko ze względów statycznych, ale również ze względu na specyfikę użytego materiału. Żaden system konstrukcyjny nie jest idealny i każdy ma swoje optymalne zastosowania. Dzięki badaniom używanych przez siebie komponentów Stefan du Château opracował wiele systemów do wykorzystania w architekturze. Jego pierwszy patent – węzeł SDC – jest trójkierunkowy, ponieważ jest to forma idealnie sztywna i dlatego właśnie jak żadna inna sprawdza się w konstrukcji kopuł, podczas gdy ten sam system w układzie dwukierunkowym do tego się nie nadaje.

positions of using the Spherobat Aluminum system and can be used as leisure boats or as artificial beaches or even floating ports.

Because of the enormous market in Asia for the usage of bamboo in construction and its excellent resistance to bending Stéphane du Château presented the Bamboutec system (Fig. 9), the patented conception of many small connection elements in aluminum, allowing the connection of many bamboo rods. In the Bamboutec system the bar fixation is made by radial bolts in a spherical node through a metallic conic device that directs the loads and permits the use of bamboo in tridimensional meshes.

The Dodecavis system in aluminum permits a decrease in compression loads as this new node provides greater contact surfaces with the bars. The two elements that constitute the spherical cap are identical and are connected with each other with a ring. Using a different fabrication technology to improve the aluminum's mechanical qualities, Stéphane du Château assumed that fabricating nodes through forging or stamping process could double the structure's load capacity in comparison to the Spherobat system of molded aluminum nodes.

Stéphane du Château also invented the Pyramibat system characterized by a separate fabrication of the constituent elements of the pyramid – assembled by bolts.

The tridimensional aluminum system allows the construction of modular floors of buildings or residences without welding but despite its advantages no project was executed in this system.

Conclusion

The application of tridimensional structures is specially designated for public, sports and industrial buildings that need larger spans. Thus the structure form results from the architectural needs of the object in which it is used and, in some cases, the structure influences the object's architecture in such a manner that it determines its form. Government construction works are mostly connected with architecture competitions and, because of this, Stéphane du Château closely cooperated with architects. His first works were influenced by his concentration camp friends, young architects who had acknowledged his fine construction competency.

Stéphane du Château presents himself as an artist looking for beauty and simplicity in his solutions and at the same time, with an eye on the project's budget and also always trying to unite theory and practice.

Creating his spatial structures he initially understood the node's importance, a convergence point of all the resultant stresses that must be simple and created in such a way as to fulfil the static requirements; simultaneously, he wanted to show that among many materials, the tube is without doubt the most adequate in the execution of these structures where there is predominance of compression resultant stresses.

Analyzing Stéphane du Château's work, many diverse accomplishments are noticeable not only due to the stability principle but also the nature of the used material. No construction system is ideal and each system has its opti-

Przechodzenie od jednego systemu do drugiego nie jest absolutnie przypadkowe, ale raczej jest odpowiedzią na pewne ograniczenia. Czasami badanie rozwiązania dla jakiegoś konkretnego programu prowadzi do stworzenia koncepcji innego nowatorskiego systemu, a czasami jego zastosowanie wynika z dążenia do ulepszenia wcześniejszego rozwiązania. Na tej zasadzie system Pyramitec (1960) wykorzystujący prefabrykowane piramidy połączone śrubami miał rozwiązać problem systemu SDC i konieczności spawania na placu budowy [6].

Opracowane systemy nie wykluczają się wzajemnie, ale w rzeczywistości odpowiadają na różnorodne potrzeby i mogą być nawet używane razem w celu udoskonalenia danego założenia projektowego. Taka sytuacja występuje w przypadku lotniska w Nicei wybudowanego w roku 1981, gdzie połączono system Spherobat i Unibat. Tam właśnie konstrukcja budynku wykorzystuje system Spherobat (architekci Laugier i Michel), a przy rozbudowie lotniska zastosowano system Unibat (architekci SODETEG-Sud-Est).

Spośród wielu czynników, które wpływają na wybór systemu konstrukcyjnego, istotne jest to, czy może on zrealizować formę strukturalną, oraz jego koszt, co wpływa na okres jego eksploatacji. Przy konstrukcji nowego budynku Thomson-CSF Society (architekci J. Willerval, L. Deleu) w Bagneux w roku 1998 wybrano system Spherobat ze względu na jego jakość architektoniczną, wymagania techniczne (prześła ponad 70 m), bezpieczeństwo zastosowania i oczywiście ze względu na jego bezkonkurencyjną cenę w porównaniu z innymi dostępnymi systemami.

Od roku 1982 organizacja produkcji sprawiła, że konstrukcje wykonywane są wyłącznie w systemie Spherobat. Z jednej strony grupa Pechiney-Bâtiment zupełnie zintegrowała jego produkcję, gwarantując swoim użytkownikom bezpieczeństwo zapasów i jakość produktu; z drugiej zaś strony Unibat International (z inżynierem Jean-Yves Morineau), stosując wyłącznie system Spherobat, prowadzi do masowego użycia tego systemu w projektach architektonicznych. Koniecznie należy dodać, że reklamy w publikacjach wydawanych przez Pechiney-Bâtiment intensywnie namawiały do stosowania takiego rozwiązania. Podawane informacje o systemie Spherobat są jasne: nie jest on przeznaczony wyłącznie do nowych konstrukcji, raczej w oryginalny sposób zaspokaja on wymagania projektów przestrzennych.

Trójwymiarowe struktury są zróżnicowane, a ich użycie poprawia wygląd wielu uprzemysłowionych systemów, czego dowodzi fakt, że niektóre z nich, zaprojektowane 50 lat temu, są nadal używane (szczególnie system Mero, Unistrut, Triodetic i Space Deck).

Stefan du Château nie zdobył całego francuskiego rynku, choć w latach 80. XX w. ciągle zajmował ważną pozycję. To spowodowało, że ze względu na wydajność jego systemów Framatec Society (francuskie towarzystwo techniki i materiałów powstałe w roku 1988) postanowiło zainteresować się systemem Spherobat i wybudować wspólnie z Unibat International otwierany dach o powierzchni 4000 m² dla meczetu Hassana II w Casablance.

Szerokie rozumienie zagadnień struktur przestrzennych u Stefana du Château wyrażało się w nieustającym

num in relation to the given situation. Therefore through research on the components used Stéphane du Château developed many systems for architecture. His first patent, the SDC node, is three directional, for this form is perfectly rigid and is best for the dome while the same bidirectional system is unstable.

Passing from one system to another is by no means accidental but responds to certain factors. Sometimes researching for a solution of a specific program leads to the conception of a new system or even its application can come also from the will to improve the last system. Due to this principle the Pyramitec system (1960) using prefabricated pyramids united by bolts aimed at solving the problem of the SDC system and the necessity of welding at the construction site [6].

The invented systems do not exclude one another, but do respond to different necessities and can even be used together to improve a project's goal. That is the case of Nice's airport built in 1981 where a mixed solution of Spherobat and Unibat was used. The building itself is in the Spherobat system (architects Laugier and Michel) and the airport's extension (architects SODETEG-Sud-Est) is in the Unibat system.

Among many factors that influence the system's choosing, the main is its ability to solve the structural form and also its cost – which determine the perennial of its usage. The choosing of the Spherobat system for the construction of the new Thomson-CSF Society building (architects J. Willerval, L. Deleu) in the city of Bagneux in 1998 is for its architectural quality, its technical performances (spans of over 70 m), security of its many applications and, of course, its unrivalled price in relation to other systems available.

From 1982 constructions are made exclusively in Spherobat due to its production organization. On the one hand the power of the Pechiney-Bâtiment group had totally integrated its production and transformation line guaranteeing its users stock safety and product quality; on the other, Unibat International with engineer Jean-Yves Morineau using only the Spherobat system structures leads to a massive usage of this system in architecture projects.

It is necessary to say also that advertisements in publications issued by Pechiney-Bâtiment were a strong calling for this type of accomplishment. In fact, information on the Spherobat system is clear: it is not reserved only for new constructions, but it allows answering in an original way many spatial projects.

Tridimensional structures are varied and their use improves the appearance of many industrialized systems which is proved by the fact that some of these systems, designed 50 years ago are still used, in particular Mero, Unistrut, Triodetic and Space Deck systems.

Stéphane du Château did not conquer the entire French market, although during the eighties he still occupied a prominent place due to his systems' performance. These qualities induced the Framatec Society (French society of techniques and materials which originated in 1988) to gain interest in the Spherobat system and to build together with Unibat International the 4000 m² roof of the mosque of Hassan II in Casablanca.

dążeniu do wykorzystania w praktyce coraz bardziej konkurencyjnych systemów. W tym obszarze nie można nic zrobić bez zagłębienia się w świat przemysłu, w którym rządzi ekonomia. Badania w przemyśle na rzecz architektury wymagają ścisłej współpracy wielu stron, przy czym decydującą rolę odgrywa partnerstwo naukowców i biznesu [7].

Na początku lat 90. minionego stulecia Stefan du Château poprzez Unibat International Society posiadał światową licencję na poszukiwanie patentów. Towarzystwo to zlecało wyspecjalizowanym firmom produkcję elementów struktury, takich jak węzły, pręty i odpowiednie śruby. Unibat Society zapewniało obliczenia wymiarów struktur z architektami oraz kontrolowany montaż przeprowadzany przez firmy zajmujące się konstrukcjami metalowymi i było ono odpowiedzialne za jakość wykonania i elementów.

Podczas rozwoju struktur przestrzennych Stefan du Château stale nastawiony był na ich uprzemysłowienie i jednocześnie wzmacniał swój image inżyniera kreatora form i przestrzeni. Dla niego *myśleć strukturami to mieć umysł otwarty na badania i nową przyszłość, to znaczy myśleć o przyszłości poprzez wyobraźnię i obliczenia. Ta ewolucja jest możliwa i konieczna. Jest to część domeny teraźniejszości* [8].

W dziedzinie konstrukcji stalowych doświadczenia Stefana du Château są szeroko znane na całym świecie i w pełni uzasadniają opinię, że jego prace będą uznawane przez przyszłe pokolenia architektów i inżynierów za najważniejsze dokonania dotyczące rozwoju struktur przestrzennych.

Stefan du Château będzie zawsze pamiętany w świecie nauki jako ktoś, kto wiedział, jak ożywić zainteresowanie pięknymi i funkcjonalnymi konstrukcjami, opracowując wyjątkowe modele struktur. Ten człowiek o wyjątkowej osobowości i talencie oraz szczególnych zdolnościach wiedział, jak przewidywać przyszłe trendy, jak badać i znajdować wewnętrzny potencjał w materiałach i nowoczesnej technologii. Dlatego w dziedzinie struktur przestrzennych *Du Château jest wyjątkowy*.

Tłumaczenie
Tadeusz Szalamacha
Romuald Tarczewski

The effort to put in practice even more competitive systems shows Stéphane du Château's comprehension about the vast structures' area. In this field nothing can be done without diving into the industrial universe governed by the economy. Architecture research in the industry requires a close collaboration among many protagonists, where scientific partners in research and businesses have a dominant role [7].

During the beginning of 1990 Stéphane du Château through the Unibat International Society had a universal license for patent searching. The structure elements (nodes, bars and proper bolts) were fabricated by specialized firms through this society. The Unibat Society assured the dimension calculation of the structures with the architects and controlled the assemblage done by metallic structure firms and was responsible for the execution and the elements quality.

During the development of the spatial structures, Stéphane du Château constantly aimed at their industrialization and at the same time that he reinforced his image of engineer the creator of forms and spaces. For him to *think structures is having the mind open to research and a new future, that is, thinking the future by imagination and calculation. This evolution is possible and necessary. It is a sector on the present's domain* [8].

In the domain of steel constructions, Stéphane du Château's experiences are widespread in the entire world and fully justify the opinion that his work will be recognized by future generations of architects and engineers as the most important accomplishments in spatial structure development.

Stéphane du Château will always be remembered in the academic world as someone who knew how to awake the interest in beautiful and functional constructions, developing exceptional structure models. This man of an exceptional personality and talent and particular capabilities knew how to forecast future tendencies, how to investigate and find the intrinsic potential in materials and modern technology. That is why in the domain of spatial structures *Du Château is unique*.

Bibliografia/References

- [1] Makowski Z.S., *Constructions spatiales en acier*, Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier, Brussels 1964.
- [2] Du Château S., *Structures Spatiales – Stéphane du Château*, „Cahiers du centre d'études architecturales de Brussels”, Belgium 1968.
- [3] Chaperot Y., *Les Polycorolles*, „Techniques et Architecture”, 1971, No. 3.
- [4] Mainstrone R.J., *Developments in structural form*, Hazell, Watson & Viney Ltd., Great Britain 1975.
- [5] Heller R., Salvadori, M., *Structures et Architecture*, Eyrolles, Paris 1976.
- [6] Pompei D., *Structures Tridimensionnelles, bibliographic essay*, INSA, Toulouse 1978.
- [7] Ragon M., *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes*, Casterman, Paris 1991.
- [8] Porto C.E., *L'évolution des structures spatiales à travers l'oeuvre de Stéphane du Château*, PhD Thesis from Université de Paris I – Panthéon-Sorbonne, Paris 1993.

Źródła ilustracji

Wszystkie zdjęcia są częścią archiwum Stefana du Château.

Illustration credits

All the images are part of Stéphane du Château's archive.

Streszczenie

Polski inżynier Stefan du Château, który rozpoczął swoje badania w Paryżu niedługo po II wojnie światowej, był jednym z pionierów rozwoju lekkich struktur w myśli architektonicznej XX w. W niniejszej pracy przedstawiono ewolucję struktur przestrzennych na przykładach jego projektów i pokazano, jak opracowane przez niego systemy wpłynęły na nową architekturę.

Słowa kluczowe: struktury przestrzenne, ramy stalowe, badania i rozwój, uprzemysłowienie, rozpowszechnienie struktur przestrzennych, Stefan du Château

Abstract

Stéphane du Château, a Polish engineer, was one of the pioneers in the development of light structures in the 20th century, beginning his researches in Paris soon after the II World War. This article aims at presenting the evolution of spatial structures on the example of his projects and shows how systems invented by him influenced a new architecture.

Key words: spatial structure, steel frame, research and development, industrialization, spatial proliferation, Stéphane du Château