
MATERIALITATEA DINAMICĂ A PODURILOR

Conectarea straturilor istorice cu proiectarea contemporană

DYNAMIC MATERIALITY IN BRIDGES

Connecting Historical Layers and Contemporary Design

Răzvan IONICĂ

io.razvan@gmail.com

Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”, București, RO
“Ion Mincu” University of Architecture and Urban Planning Bucharest, RO

Rezumat

Acest articol examinează evoluția podurilor prin prisma materialității dinamice, urmărind modul în care schimbările din contextele sociale, culturale și tehnologice au modelat atât forma lor fizică, cât și rolul lor simbolic. Materialitatea este înțeleasă nu doar ca utilizarea materialelor, ci și ca relație dintre oameni și materie, evoluând de la construcțiile simbolice ale antichității până la procesele digitale de astăzi, în care materia devine informație.

În timpul Renașterii, accentul s-a mutat pe structură, înțelegerea și reprezentarea forțelor și a comportamentului materialelor devenind esențiale. Astăzi, în era digitală, materialitatea este văzută prin prisma evenimentului și a informației, unde materialele nu sunt doar elemente fizice, ci și părți ale unui proces informațional continuu, ce permite noi forme de interacțiune și adaptabilitate.

Abstract

This article examines the evolution of bridges through the lens of dynamic materiality, tracing how changes in social, cultural and technological contexts have shaped both their physical form and symbolic role. Materiality is understood not only as the use of materials, but as the relationship between humans and matter, evolving from the symbolic constructions of antiquity to today's digitally driven processes where matter becomes information.

During the Renaissance, the emphasis shifted to structure, with the understanding and representation of forces and the behavior of materials becoming essential. Today, in the digital age, materiality is seen through the lens of event and information, where materials are not only physical elements, but also parts of a continuous informational process, allowing for new forms of interaction and adaptability.

Bazându-se pe cadrul propus de Antoine Picon privind regimurile istorice: proporție, structură și eveniment/informație, studiul interpretează podurile ca artefacte culturale stratificate. Exemple istorice precum Podul Rialto din Veneția și Pont Royal din Paris sunt asociate cu studii de caz moderne și contemporane, inclusiv podurile experimentale din beton ale lui Robert Maillart sau proiectele concepute digital de Marc Mimram. Această abordare selectivă și interpretativă evidențiază modul în care fiecare epocă aduce o nouă înțelegere a materialității și a rolului podurilor în peisajele urbane și naturale.

Articolul susține că podurile contemporane ar trebui înțelese nu doar ca structuri tehnice rigide, ci și ca spații publice dinamice, adaptabile contextelor lor și receptive la interacțiune socială. Prin conectarea straturilor istorice cu practicile actuale de proiectare, acest cadru îi ajută pe arhitecți și ingineri să integreze cunoștințele trecute în proiecte contemporane, ducând la o infrastructură care este atât ancorată contextual, cât și inovatoare din punct de vedere tehnic.

Cuvinte cheie: poduri, materialitate dinamică, straturi istorice, design contextual, tectonică, infrastructură

Introducere

Articolul își propune să argumenteze că astăzi materialitatea nu mai este percepută ca o constantă stabilă, ci ca un proces dinamic, deschis colaborării dintre materie și proiectant, asistat de tehnologie. În arhitectura contemporană, structurile sunt mai puțin rigide, răspunzând rapid la schimbările de context și cerințe. Această flexibilitate ar trebui să deschidă calea către o proiectare adaptabilă și interactivă, unde podurile nu mai sunt doar elemente de infrastructură, ci devin spații sociale care facilitează interacțiunea și conectivitatea dintre oameni.

Drawing on Antoine Picon's framework of historical regimes: proportion, structure and event/information, the study interprets bridges as layered cultural artifacts. Historical examples such as the Rialto Bridge in Venice and Pont Royal in Paris are combined with modern and contemporary case studies, including Robert Maillart's experimental concrete bridges and Marc Mimram's digitally conceived projects. This selective, interpretative approach highlights how each era brings a new understanding of materiality and of the bridge's role in urban and natural landscapes.

The article argues that contemporary bridges should be understood not only as rigid technical structures, but as dynamic public spaces, adaptable to their contexts and responsive to social interaction. By connecting historical layers with current design practices, this framework helps architects and engineers integrate past knowledge into contemporary projects, leading to infrastructure that is both contextually grounded and technically innovative.

Keywords: bridges, dynamic materiality, historical layers, contextual design, tectonics, infrastructure

Introduction

The article aims to argue that today's materiality is no longer perceived as a stable constant, but as a dynamic process, open to collaboration between matter and designer, assisted by technology. In contemporary architecture, structures are less rigid, responding quickly to changes in context and requirements. This flexibility should pave the way for an adaptable and interactive design, where bridges are no longer just elements of infrastructure, but become social spaces that facilitate interaction and connectivity between people.

Evoluția materialității în arhitectură și inginerie este considerată în acest articol din perspectivă istorică, bazată pe definițiile propuse de Antoine Picon în „Materialitatea arhitecturii” (Picon, 2020), completată de scrieri ale aceluiași autor, cum ar fi (Picon, 1992) și articole selectate (Attali, 2022; Forty, 2016; Mimram, 2022; Picon, 2024).

În antichitate, materialele erau adesea asociate cu simboluri sacre și culturale, fiind folosite nu doar pentru rezistența lor structurală, ci și pentru semnificațiile lor spirituale. În Renaștere, materialitatea a fost redefinită în termeni raționali, în timp ce Iluminismul a dus mai departe această transformare, introducând o abordare științifică a construcției (Picon, 1992).

În perioada modernă, introducerea betonului armat și a prefabricatelor a revoluționat construcția de poduri. Betonul, un material versatil și ieftin, a devenit dominant în infrastructurile din întreaga lume, inclusiv în proiecte de amploare precum autostrăzile lui Hitler în Germania (Leonhardt, 1983) sau infrastructura din blocul sovietic (Forty, 2019). Cu toate acestea, utilizarea pe scară largă a betonului a dus adesea la o deconectare între proiect și contextul său natural sau urban, podurile devenind structuri funcționale care ignoră specificitatea amplasamentului: „Există un fel de căutare perpetuă în proiectele de autostrăzi: a te abstrage de terenul de referință” (Mimram, 1997, p. 20). Această tendință a fost amplificată de utilizarea tehnologiilor digitale, ceea ce a permis dezvoltarea unor soluții structurale standardizate, dar fără a lua în considerare particularitățile amplasamentului.

În lumea antică, proporția juca un rol central, materialele fiind folosite și evaluate în funcție de percepția armoniei și a echilibrului. În timpul Renașterii, accentul s-a mutat pe structură, înțelegerea și reprezentarea forțelor și a comportamentului materialelor devenind esențiale. Astăzi, în era digitală, materialitatea este văzută prin prisma evenimentului și a informației, unde materialele

The evolution of materiality in architecture and engineering is considered in this article from the historical perspective, based on the definitions proposed by Antoine Picon in “The materiality of Architecture” (Picon, 2020), completed by writings by the same author such as (Picon, 1992) and selected articles (Attali, 2022; Forty, 2016; Mimram, 2022; Picon, 2024).

In antiquity, materials were often associated with sacred and cultural symbols, being used not only for their structural strength but also for their spiritual meanings. In the Renaissance, materiality was redefined in rational terms, while the Enlightenment took this transformation further, introducing a scientific approach to construction (Picon, 1992).

In the modern period, the introduction of reinforced concrete and precasting revolutionized bridge construction. Concrete, a versatile and inexpensive material, became dominant in infrastructures around the world, including large-scale projects such as Hitler’s autobahns in Germany (Leonhardt, 1983) or infrastructure in the Soviet bloc (Forty, 2019). However, the widespread use of concrete often led to a disconnect between the project and its natural or urban context, with bridges becoming functional structures that ignore the specificity of the site: “There is a kind of perpetual quest in highway projects: to abstract oneself from the reference ground” (Mimram, 1997, p. 20). This trend was amplified by the use of digital technologies in design, which allowed the development of standardized structural solutions, but without taking into account the particularities of the site.

In the ancient world, proportion played a central role, with materials being used and valued according to perceived harmony and balance. During the Renaissance, the emphasis shifted to structure, with the understanding and representation of forces and the behavior of materials becoming essential. Today, in the digital age, materiality is seen through the lens of event and information, where

nu sunt doar elemente fizice, ci și părți ale unui proces informațional continuu, permițând noi forme de interacțiune și adaptabilitate.

Prezentarea istorică oferă un cadru de referință pentru analiza unor studii de caz din lucrări recente ale unor autori contemporani precum arhitectul și inginerul francez Marc Mimram. Rezultatele studiului sunt prezentate într-o secțiune de discuții și vor permite înțelegerea importanței unor astfel de cercetări în ceea ce privește proiectele existente, precum și integrarea înțelegerii contemporane a materialității ca o componentă dinamică a proiectării. Această înțelegere aprofundată a contextului permite proiectanților să lucreze la o stratificare istorică adecvată a orașului.

Metodologie

Acest articol propune o abordare interpretativă și exploratorie, combinând analiza istorică cu sinteza teoretică pentru a examina modul în care podurile reflectă schimbarea noțiunilor despre materialitate. Studiul este deliberat selectiv, concentrându-se pe Europa de Vest și Centrală, unde evoluția podurilor este bine documentată, recunoscând în același timp că alte tradiții, precum cea otomană, persană sau est-asiatică, rămân în afara domeniului de aplicare al prezentului demers. Metoda se bazează pe cadrul conceptual al materialității propus de Antoine Picon, structurat în jurul a trei regimuri istorice: proporție, structură și informație. Aceste categorii nu sunt doar descriptive, ci oferă o perspectivă de interpretare pentru analiza podurilor din diferite perioade. De exemplu, lucrările renașcentiste sunt analizate prin proporție și armonie, în timp ce podurile iluministe și industriale reflectă ascensiunea raționalității structurale, iar proiectele digitale contemporane întruchipează regimul informației. Această structură interpretativă ghidează selecția și analiza studiilor de caz, de la viaductele de piatră timpurii la experimentele din beton ale lui Robert Maillart și lucrările contemporane ale lui Marc Mimram.

materials are not only physical elements, but also parts of a continuous informational process, allowing for new forms of interaction and adaptability.

The historical review provides a framework used to analyze case studies from recent works by contemporary authors such as French architect and engineer Marc Mimram. The results of the study are presented in a discussion section and will allow to understand the importance of such research regarding existing projects, as well as the integration of contemporary understanding of materiality as a dynamic component of design. This in-depth understanding of the context allows designers to work towards the adequate historical layering of the city.

Methodology

This article develops an interpretative and exploratory approach, combining historical analysis with theoretical synthesis to examine how bridges reflect changing notions of materiality. The study is deliberately selective, focusing on Western and Central Europe, where the lineage of bridges is well documented, while acknowledging that other traditions such as Ottoman, Persian or East Asian, remain outside the present scope. The method builds on Antoine Picon's framework of materiality, structured around three historical regimes: proportion, structure and information. These categories are not simply descriptive, but provide a lens for reading bridges across different periods. For instance, Renaissance works are analyzed through proportion and harmony, while Enlightenment and Industrial bridges reveal the rise of structural rationality, while contemporary digital projects embody the regime of information. This interpretative structure guides the selection and analysis of case studies, from early stone viaducts to Robert Maillart's concrete experiments and the contemporary works of Marc Mimram.

Sursele sunt în principal texte teoretice și istorice, Picon servind ca referință principală. Această concentrare oferă coerență conceptuală, dar constituie și o limitare, deoarece perspective alternative sunt introduse doar pe scurt, cum ar fi viziunea critică a lui Vaclav Smil asupra consumului de materiale (Smil, 2013). Prin urmare, narațiunea istorică este în mod necesar simplificată, punând accentul pe exemple selectate mai degrabă decât pe o documentație atotcuprinzătoare. Ca etapă incipientă a unui proiect de cercetare mai amplu, articolul își propune să ofere un cadru conceptual mai degrabă decât concluzii definitive. Rezultatele sale ar trebui înțelese ca un prim pas către un studiu comparativ mai amplu al podurilor ca spații hibride, în care materialitatea este atât tehnică, cât și simbolică.

Concepte

Se numește pod o construcție care susține o cale de comunicație (de obicei o șosea sau o cale ferată) peste un obstacol sau altă cale de comunicație (de obicei un râu, o vale, o șosea sau o cale ferată), lăsând între obstacol și construcție un spațiu liber de circulație. Deci podul asigură continuitatea unei căi de comunicații peste un obstacol, fără să întrerupă continuitatea acestuia, el permite încrucișarea a două căi de circulație la două niveluri diferite. (Nicolau, 1961, p. 5).

Tectonică

Fritz Leonhardt menționează despre ordine constructivă (Leonhardt, 1983); Viollet-le-Duc ar numi-o *verité* (adevăr) (Viollet-le-Duc, 1863, p. 451). Este aceeași idee născută după Iluminism, aceea că fiecărui material îi corespunde un anumit tip structural care îi mobilizează cel mai bine proprietățile.

Folosit inițial de Gottfried Semper, se referă la două idei distincte: cea a asamblării sau împletirii elementelor care dau naștere unei structuri, pe de

Sources are primarily theoretical and historical texts, with Picon serving as the main reference. This focus offers conceptual coherence but also constitutes a limitation, as alternative perspectives are only briefly introduced, such as Vaclav Smil's critical view of material consumption (Smil, 2013). The historical narrative is therefore necessarily simplified, emphasizing selected examples rather than comprehensive documentation. As an early stage of a broader research project, the article aims to propose a conceptual framework rather than definitive conclusions. Its findings should be understood as a first step toward a more extensive comparative study of bridges as hybrid spaces, where materiality is both technical and symbolic.

Concepts

A bridge is a structure that supports a communication route (usually a road or a railway) over an obstacle or another communication route (usually a river, a valley, a road or a railway), leaving a free space for traffic between the obstacle and the structure. So the bridge ensures the continuity of a communication route over an obstacle, without interrupting its continuity, it allows two traffic routes to cross at two different levels (Nicolau, 1961, p. 5).

Tectonics

Fritz Leonhardt mentions constructive order (Leonhardt, 1983); Viollet-le-Duc would call it *"verité"* (truth) (Viollet-le-Duc, 1863, p. 451). This is the same idea born after the Enlightenment that each material corresponds to a particular structural type that best mobilizes its properties.

Initially used by Gottfried Semper, it refers to two distinct ideas: that of the assembly or weaving of elements giving rise to a structure, on the one hand,

o parte, și cea a unui spațiu arhitectural generat într-un fel de ordinea structurală, pe de altă parte. Ultima idee este preluată în principal de Kenneth Frampton (Picon, 2020, p. 25).

În universul fizic care ne înconjoară, simțurile noastre percep trei elemente distincte: forma, materia și forța. Această trilogie este inseparabilă, susține Mimram (Mimram, 1983): nu ne este posibil să construim privilegiind un element în detrimentul celorlalte. Materia este expresia forțelor interne, reprezintă limita tensiunilor admisibile, este imaginea forțelor care o străbat; forța este materia teoretică, determinantul dinamic al formei, agentul energetic al structurilor; forma este echilibrul stabilit între materie și forțe.

A crede în frumusețea naivă a formelor ar însemna să pretinzi că structura materiei poate fi disociată de structura forței și că numai geometria pură poate rezolva problema. În natură, o putere constructivă sau o energie formativă pune elementele în ordine... și le impune condiții de concordanță și unitate (Mimram, 1983, p. 25).

Unii arhitecți și ingineri au simțul structurii, iar alții simțul spațiului (Rasmussen, 2002); în anumite stiluri arhitecturale se lucrează mai mult cu mase, în timp ce în altele, cu gol. Putem spune că există în proiectele de construcție un echilibru între ceea ce este perceput ca plin și gol (Attali, 2022), cu toate nuanțele de lumină și umbră între ele. Identificăm astfel două concepte principale prin care pot fi definite toate tipurile de poduri existente: tipul de efort, adică sistemul structural, adică volumul eliberat, pe de o parte, și materialul utilizat, adică masa, adică plinul, pe de altă parte. În cazul unui pod, percepția proiectului este definită plecând de la noțiunea de plin și gol, pe structura reprezentată de plin și pe volumul definit de gol.

and that of an architectural space in some way generated by the structural order, on the other. The latter idea is taken up mainly by Kenneth Frampton (Picon, 2020, p. 25).

In the physical universe that surrounds us, our senses perceive three distinct elements: form, matter and force. This trilogy is inseparable, claims Mimram (Mimram, 1983): it is not possible for us to build by privileging one element to the detriment of the others. Matter is the expression of internal forces, it represents the limit of admissible tensions, it is the image of the forces that pass through it; force is theoretical matter, the dynamic determinant of form, the energetic agent of structures; form is the balance established between matter and forces.

To believe in the naive beauty of forms would be to claim that the structure of matter can be dissociated from the structure of force and that pure geometry alone can solve the problem. In nature, a constructive power or formative energy puts the elements in order...and imposes on them conditions of concordance and unity (Mimram, 1983, p. 25).

Some architects and engineers have a sense of structure and others a sense of space (Rasmussen, 2002); in certain architectural styles they work more with masses, while in others with emptiness. We can say that it exists in the projects of construction a balance between what is perceived as full and empty (Attali, 2022), with all the shades of light and shadow in between. We thus identify two main concepts by which all existing types of bridges can be defined: the type of effort, i.e. the structural system, i.e. the volume released, on the one hand, and the material used, i.e. the mass, i.e. the full, on the other. In the case of a bridge, the perception of the project is defined starting from the notion of full and empty, on the structure represented by the full, and on the volume defined by the empty.



Fig. 1. Podul Firth of Forth, Scoția. / Firth of Forth Bridge, Scotland

Sursa/ Source: MrMasterKeyboard (2023) Forth_Bridge_2022.jpg, MrMasterKeyboard, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons. MrMasterKeyboard. Available at: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Forth_Bridge_2022.jpg (Accessed: 2025).

Proporție

Conceptul de proporție, așa cum este înțeles și aplicat în arhitectura de astăzi, își are originile în Antichitate și a fost dezvoltat și îmbogățit în timpul Renașterii, în special prin contribuțiile lui Vitruvius.

În Evul Mediu, arhitectura este interpretată pornind de la regulile proporționale moștenite din Antichitate, la care se adaugă capacități misterioase, ca și cum proporția nu ar fi doar rezultatul unor experiențe structurale și constructive anterioare, ci ar vorbi despre ceva mai profund, legat de legile universale. Antoine Picon vorbește despre capacitatea proporției arhitecturale de a se adresa oamenilor pentru a le transmite în cuvinte voalate secretele universului. Utilizarea regulilor proporționale de la Antichitate până la revoluția industrială nu ar proveni doar dintr-o experiență structurală, tehnică inițială, ci vorbește și despre o exprimare mai misterioasă, un ecou al legilor naturii și ale creației (Picon, 2020).

Proportion

The concept of proportion, as understood and applied in architecture today, has its origins in Antiquity and was particularly developed and enriched during the Renaissance, especially through the contributions of Vitruvius.

In the Middle Ages, architecture is interpreted starting from the proportional rules inherited from Antiquity to which mysterious capacities are added, as if proportion is not only the result of previous structural and constructive experiences, but speaks of something deeper, connected to universal laws. Antoine Picon speaks of the capacity of architectural proportion to address people in order to convey to them in veiled words the secrets of the universe. The use of proportional rules from Antiquity to the industrial revolution would not only come from an initial structural, technical experience, but also speaks of a more mysterious expression, an echo of the laws of nature and creation (Picon, 2020).



Fig. 2. Viaductul roman du Gard, Franța / Roman Viaduct du Gard, France.

Sursa / Source: By Kuebi = Armin Kübelbeck - own work (single pictures and stitching), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5627281>

Materialitate

Conceptul de materialitate este folosit aici în sensul definit de Antoine Picon în 2018 (Picon, 2020): el propune că arhitectura nu este nici mai mult, nici mai puțin decât încercarea omului de a da naștere propriilor creații, forme incomplete situate între divinitate și lumea naturală, împrumutând uneori dintr-o parte, alteori din cealaltă, fără a fi vreodată completă, perfectă.

«Materialitatea» (...) nu corespunde unei substanțe preexistente, fie fără, fie cu proprietăți definite. Mai degrabă, desemnează de obicei dimensiunea materială a unui fenomen, lucru, obiect sau sistem, în raport cu gândirea și practica umană. Nu trebuie confundată cu materia sau cu materialele, deoarece este relațională în esența sa. Materialitatea caracterizează tipul de raport pe care noi, ca oameni, îl menținem cu materia și materialele și, mai larg, cu lumea fizică din jurul nostru - fenomenele, lucrurile și obiectele pe care le percepem ca fiind fundamentale materiale (Picon, 2024, p. 1).

Materiality

The concept of materiality is used here in the sense defined by Antoine Picon in 2018 (Picon, 2020): he proposes that architecture is neither more nor less than man's attempt to give birth to his own creations, incomplete forms situated between divinity and the natural world, borrowing sometimes from one side, sometimes from the other, without ever being complete, perfect.

«Materiality» (...) does not correspond to a preexisting substance, either without or with definite properties. Rather, it usually designates the material dimension of a phenomenon, thing, object, or system, in relation to human thought and practice. It should be not confused with matter or with materials, as it is relational in its essence. Materiality characterizes the kind of rapport that we, as humans, maintain with matter and materials, and more broadly, with the physical world around us—the phenomena, things, and objects we perceive as fundamentally material (Picon, 2024, p. 1).

Materialitatea ia astfel diverse forme în istorie, în funcție tocmai de relația pe care creatorul uman o întreține cu cele două elemente, divinul și naturalul. Dialogul are loc prin simțuri, în acest spațiu arhitectural creat de om situat la distanță egală de divinitate și de lumea naturală.

Dincolo de valoarea simbolică sugerată de aceste imagini, conceptul de materialitate propus de Picon se apropie, în opinia noastră, de viziunea lui Heidegger prin intermediul noțiunii de „dezvăluire”.

Analiză și evoluție

Nu putem construi un set de concepte care să stea la baza discuției actuale fără a analiza modul în care acestea au evoluat de-a lungul istoriei. Picon (2020) susține că însăși materialitatea proiectelor arhitecturale a evoluat în funcție de epoci și de organizarea lor socială. Nu este vorba doar despre avansarea tehnicilor de construcție, care a dus, desigur, la o schimbare continuă a imaginilor proiectelor, ci și despre schimbări majore în abordarea conceptuală a materialității, cum ar fi în timpul Renașterii sau în era digitală.

Renașterea

În Evul Mediu, proiectarea podurilor a variat foarte mult între regiuni. În Europa de Vest, podurile monumentale din piatră, precum Pont Valentré din Cahors (Franța, secolul al XIV-lea), combinau funcții defensive și civice, în timp ce podurile acoperite din lemn, precum cele din Elveția, ofereau protecție împotriva intemperiilor și o durabilitate sporită. Dincolo de Europa, în regiuni precum China, podurile acoperite din lemn au evoluat în structuri extrem de sofisticate care integrau spații comunitare și simbolism spiritual.

Renașterea a produs modele remarcabile de poduri care au reflectat noi idei de proporție și armonie. Podul de lemn

Materiality thus takes various forms in history, depending precisely on the relationship that the human creator maintains with the two elements, the divine and the natural. The dialogue takes place through the senses, in this architectural space created by man located at equal distance from the divinity and the natural world.

Beyond the symbolic value suggested by these images, the concept of materiality proposed by Picon approaches in our opinion Heidegger's vision through the notion of un hiding.

Analysis and Evolution

We cannot build a set of concepts that underlie the present discussion without looking at how they have evolved throughout history. Picon (2020) argues that the very materiality of architectural projects has evolved according to the eras and their social organization. This is not only about the advancement of construction techniques, which of course led to a continuous change in the images of projects, but also about major changes in the conceptual approach to materiality, such as during the Renaissance or in the digital age.

The Renaissance

During the Middle Ages, bridge design varied widely across regions. In Western Europe, monumental stone bridges such as the Pont Valentré in Cahors (France, 14th century) combined defensive and civic functions, while timber covered bridges like those in Switzerland provided weather protection and extended durability. Beyond Europe, in regions such as China, covered timber bridges evolved into highly sophisticated structures that integrated community spaces and spiritual symbolism.

The Renaissance produced remarkable bridge designs that reflected new ideas of proportion and harmony.

de la Bassano del Grappa al lui Andrea Palladio este un exemplu paradigmatic, unind raționalitatea structurală cu expresia arhitecturală. Conceptele vizionare ale lui Leonardo da Vinci ilustrează spiritul experimental al epocii. În Franța, poduri precum Pont Neuf din Paris (1578–1607) demonstrează cum infrastructura a început să se integreze în spațiul public urban.

Epoca respectivă a adus o schimbare radicală în modul în care este percepută lumea (Picon, 1992). De la lumea populată de misterele Evului Mediu, la cea măsurabilă în conceptele căreia încă trăim astăzi. Considerăm important să înțelegem și să analizăm schimbările care au avut loc în aceste perioade, deoarece ele sunt revelatoare de circumstanțe legate de proiectul arhitectural și de separarea abordării ingineresti.

Picon susține că în această perioadă a avut loc o schimbare în relația dintre om și lumea materială, acesta luându-și sarcina de a măsura tot ceea ce percepe. Astfel, s-au născut modelele de reprezentare pe care le moștenim și astăzi, planul, secțiunea, perspectiva, dar și existența sau chiar prestigiul unor proporții precum cele ale lui Vitruvius. Acestea vorbesc despre o reinterpretare a relației dintre om și univers, dintre microcosmos și macrocosmos, aceste proporții și numere misterioase vorbind în același timp despre ambele epoci care s-au intersectat în timpul Renașterii: „Evul Mediu, populat de lucruri și ființe cu proprietăți adesea magice, și Renașterea, unde proprietățile aceluiași obiecte și ființe sunt măsurate cu precizie, desenate în perspectivă.” (Picon, 2020, p. 77)

Același proces se întâmplă și în cazul proiectelor urbane, unde, de exemplu, Leon Battista Alberti lansează un domeniu până atunci puțin explorat, acela al cartografiei urbane, dezvoltând astfel o gândire de proiect bazată pe ipoteza existenței unei lumi ordonate și măsurabile.

Andrea Palladio's timber bridge at Bassano del Grappa is a paradigmatic example, uniting structural rationality with architectural expression. Visionary concepts by Leonardo da Vinci illustrate the experimental spirit of the era. In France, bridges like the Pont Neuf in Paris (1578–1607) demonstrate how infrastructure began to merge with urban public space.

The period brought a radical change in the way the world is viewed (Picon, 1992). From the world populated by mystery of the Middle Ages, to the measurable one in the concepts of which we still live today. We consider it important to understand and analyze the changes that occurred during these periods because they are revealing of circumstances related to the architectural project and the separation of the engineering approach.

Picon argues that during this period there was a change in the relationship between man and the material world, giving him the task of measuring everything he perceives. Thus, were born the models of representation that we still inherit today, the plan, the section, the perspective, but also the existence or even the prestige of proportions such as those of Vitruvius. They speak of a reinterpretation of the relationship between man and the universe, between microcosm and macrocosm, these mysterious proportions and numbers speaking at the same time about both eras that intersected during the Renaissance: “The Middle Ages, populated by things and beings with often magical properties, and the Renaissance, where the properties of the same objects and beings are measured with precision, drawn in perspective.” (Picon, 2020, p. 77)

The same process also occurs in the case of urban projects, where, for example, Leon Battista Alberti launches a hitherto little explored field, that of urban cartography, thus developing a project thinking based on the hypothesis of the existence of an ordered and measurable world.

Această capacitate a teritoriului de a fi ordonat și măsurat va găsi aplicații militare în secolele următoare, aplicații care, susține Mimram în 1997 într-o conferință la Pavillon de l'Arsenal (Mimram, 1997), vor sta chiar la apariția rețelelor moderne de infrastructură.

Revenind la schimbările conceptelor despre materialitate din timpul Renașterii, putem spune că acestea sunt strâns legate de transformarea atitudinii omului față de lume, care caută să-i măsoare misterele. Definierea proiectelor prin imagini în perspectivă și prin desene capabile să reproducă în detaliu aceste măsuri ale materiei nu este doar un instrument tehnic, ci o modalitate de dialog între privitor și proiect. Astfel, apare conceptul experienței proiectului care nu mai este doar un obiect, ci devine un subiect ce satisface nevoia omului nou de a măsura și înțelege.

Iluminismul și Revoluția Industrială

Între Renaștere și Iluminism, Europa Occidentală și Centrală a cunoscut o proliferare a podurilor sofisticate din zidărie, precum Podul Rialto din Veneția (1591), Pont Royal din Paris (1689) sau Ponte Santa Trinita din Florența (1569), care au prefigurat abordările structurale științifice ce aveau să domine secolul al XVIII-lea.

Materia începe astfel să-și dezvăluie structura în această perioadă, făcând posibile descoperiri precum cele din domeniile chimiei sau siderurgiei, care duc la o reinterpretare a proceselor constructive până atunci blocate în sistemele moștenite din Antichitate. Deținând această nouă atitudine față de lumea înconjurătoare, omul se lansează în aplicații din ce în ce mai riscante.

Această *intimitate dezvoltată cu materia* se traduce și prin apariția unor forme elementare care aparțin fiecărui tip de material, un fel de esență constructivă elementară specifică fiecărui tip de material. Această noțiune de imagine

This capacity of territory to be ordered and measured will find military applications in the coming centuries, applications that will stand, argues Mimram in 1997 in a conference at the Pavillon de l'Arsenal (Mimram, 1997), at the very emergence of modern infrastructure networks.

Returning to the changing concepts of materiality during the Renaissance, we can say that these are closely linked to the transformation of man's attitude towards the world, seeking to measure its mysteries. Defining projects through perspective images and through drawings capable of reproducing in detail these measures of matter is not only a technical tool, but a way of dialogue between the viewer and the project. Thus, the concept of the experience of the project emerges, which is no longer a mere object, but it becomes a subject that satisfies the need of the new man to measure and understand.

The Enlightenment and the Industrial Revolution

Between the Renaissance and the Enlightenment, Western and Central Europe saw a proliferation of sophisticated masonry bridges, such as the Rialto Bridge in Venice (1591), the Pont Royal in Paris (1689), or the Ponte Santa Trinita in Florence (1569), which prefigured the scientific structural approaches that would dominate the 18th century.

Matter begins thus to reveal its structure during this period, making possible discoveries such as those in the fields of chemistry or steelmaking, which lead to a reinterpretation of constructive processes hitherto blocked in systems inherited from Antiquity. Equipped with this new attitude towards the surrounding world, man launches himself into increasingly risky applications.

This growing *intimacy with matter* is also translated into the emergence of elementary forms that belong to each type of material, a kind of elementary constructive essence specific to each type of material. This notion of elementary

elementară se regăsește și astăzi în teoria arhitecturală contemporană sub forma „tectonicii”, teoretizată de Gottfried Semper și ulterior de Kenneth Frampton. Aici găsim originea separării operate de-a lungul secolelor care au urmat, între registrul structural și cel ornamental, care își va găsi apogeul în modernism, vezi de exemplu (Loos, 2019).

Problematica structurală și înțelegerea materialelor prin prisma funcționării lor interne au condus, începând cu Iluminismul, la apariția noțiunilor de calcul, pe care Picon le leagă de schimbări profunde în spiritul uman legate de ideea din ce în ce mai răspândită că totul poate fi înțeles printr-un proces de calcul, printr-o secvență de operații.

Această înțelegere a materiei a condus la apariția, probabil într-o formă demonstrativă inițială în proiectele arhitecturale, a capacității de a descărca forțele specifice fiecărui material, la ideea că fiecărui material îi corespunde o formă ce optimizează utilizarea proprietăților sale mecanice, definită în secolul al XIX-lea de Viollet-le-Duc drept „*vérité constructive*” (adevăr constructiv).

În secolul al XIX-lea, procesele de calcul bazate pe modele fizico-matematice nu mai erau corelate cu geometria proiectului în sensul practicat în arhitectură, ceea ce a dus la separarea inginerilor de arhitecți și la apariția unor abordări diferite care se regăsesc și astăzi în proiectele de construcții. În cazul podurilor, această separare a luat chiar forma unui război ideologic (Picon, 1992).

Perioada modernă

Atât arhitectura, cât și ingineria, explorau la acea vreme procese de descompunere în unități elementare, însă arhitectura pornea de la unități geometrice pentru a defini părțile elementare ale proiectului și conexiunile dintre acestea, în timp ce ingineria folosea analiza matematică

image is still found today in contemporary architectural theory in the form of „tectonics”, theorized by Gottfried Semper and later by Kenneth Frampton. Here we find the origin of the separation, operated over the centuries that followed, between the structural and the ornamental register, which will find its apogee in modernism, see for example (Loos, 2019).

The structural issue and the understanding of materials in terms of their internal functioning led, starting with the Enlightenment, to the emergence of notions of calculation, which Picon links to profound changes in the human spirit related to the increasingly widespread idea that everything can be understood through a process of calculation, through a sequence of operations.

This understanding of matter led to the emergence, probably in an initial demonstrative form in architectural projects, of the capacity to discharge the forces specific to each material, to the idea that each material corresponds to a form that optimizes the use of its mechanical properties, defined in the 19th century by Viollet-le-Duc as “*vérité constructive*” (constructive truth).

In the 19th century, computational processes based on physical-mathematical models were no longer correlated with the geometry of the project in the sense practiced in architecture, which led to the separation of engineers from architects and the emergence of different approaches that are still found in construction projects today. In the case of bridges, this separation even took the form of an ideological war (Picon, 1992).

The Modern Period

Both architecture and engineering at that time investigated processes of decomposition into elementary units, but architecture started from geometric units to define the elementary parts of the project and the connections between them, while engineering used mathematical

și legile fizicii pentru a optimiza materia și a înțelege rezistența materialelor prin reducerea lor la elemente infinitezimale. Ambele procese au condus la rezultate importante în domeniile lor respective, dar au condus la o ultra-specializare a fiecăruia și, în final, la o separare clară ce avea să se regăsească începând cu a doua jumătate a secolului al XIX-lea, inclusiv în programele școlilor de arhitectură și inginerie (Picon, 1992). În cazul podurilor, absența necesității de a trata noțiunile spațiale, precum și abandonarea ornamentului în general de către arhitectură, au dus la preluarea lor completă de către ingineri.

Înțelegerea comportamentului structural prin descompunerea acestuia în unități elementare a condus la apariția metodelor digitale bazate în zilele noastre pe calculul cu elemente finite. În ceea ce privește aspectele tehnice, este important de evidențiat această schimbare de metodă între modelele matematice sofisticate bazate pe continuitatea materiei și metoda elementelor finite. Aceasta din urmă este o aplicație simplă în sine, aritmetică, dar reprodusă într-un număr semnificativ de operații, imposibil de calculat manual.

Picon indică o nouă schimbare în relația cu materialitatea în arhitectura modernă (Picon, 2020), legată tocmai de această nouă abordare a înțelegerii materialului. Descoperirile științifice avansează și permit o aprofundare a misterelor fizicii materialelor, în timp ce atitudinea omului, devenit „supraom” (Nietzsche, 2012), este una de stăpânire asupra destinului material. Această stăpânire sau modelare a materialului în forme este perfect reprezentată de betonul armat, care se răspândește cu atâta vigoare la începutul secolului al XX-lea, prin arhitecți precum Le Corbusier sau ingineri precum Robert Maillart.

În infrastructura de transport, o schimbare în viteza de proiectare este remarcabilă în această perioadă, cu un impact imediat asupra proiectelor. În spatele acestei schimbări observăm o fascinație a arhitecturii pentru

analysis and the laws of physics to optimize matter and understand the resistance of materials by reducing them to infinitesimal elements. Both processes led to important results in their respective fields, but they led to an ultra-specialization of each and, finally, to a clear separation that would be found starting with the second half of the 19th century, including in the curricula of schools of architecture and engineering (Picon, 1992). In the case of bridges, the absence of the need to deal with spatial notions, as well as the abandonment of ornament in general by architecture, led to their full takeover by engineers.

Understanding structural behavior by breaking it down into elementary units has led to the emergence of digital methods based on finite element calculation today. Regarding the technical aspects, it is important to highlight this change in method between sophisticated mathematical models based on the continuity of matter and the finite element method, a simple application in itself, arithmetic, but reproduced in a significant number of operations, impossible to calculate manually.

Picon points out a new change in the relationship with materiality in modern architecture (Picon, 2020), linked precisely to this new approach to understanding the material. Scientific discoveries advance and allow a deepening in the mysteries of the physics of materials, while the attitude of man, who has become a “superhuman” (Nietzsche, 2012), is one of mastery over material destiny. This mastery or modeling of material into forms is perfectly represented by reinforced concrete, which spreads with such vigor at the beginning of the 20th century, through architects such as Le Corbusier or engineers such as Robert Maillart.

In transport infrastructure, a change in the design speed is remarkable during this period, with an immediate impact on projects. Behind this change, we observe a fascination of architecture for new objects – mechanisms, see for example

obiecte noi – mecanisme, vezi de exemplu (LeCorbusier, 1997), avionul și automobilul fiind, în această perioadă, obiecte *fetiš* ale arhitecturii. Pe de o parte inginerii utilizează tehnici de calcul și de construcție din ce în ce mai sofisticate, aplicate unor proiecte capabile să satisfacă nevoile și obsesiile omului modern, printre care viteza și protecția sunt de prim rang. Pe de altă parte, arhitecții imaginează spații, reorganizează orașele, redefinesc cadrul vieții pentru a include aceste noi obiecte fascinante.



(LeCorbusier, 1997), the airplane and the automobile being, in this period, *fetish* objects of architecture. On the one hand, engineers use increasingly sophisticated calculation and construction techniques applied to projects capable of satisfying the needs and obsessions of modern man, among which speed and protection are of the first rank. On the other hand, architects imagine spaces, reorganize cities, redefine the framework of life to include these fascinating new objects.

Fig. 3. Robert Maillart, pod de beton, Elveția. / Robert Maillart, concrete bridge, Switzerland.

Sursa/ Source: Rama, CC BY-SA 2.0 FR <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/fr/deed.en>>, via Wikimedia Commons

O caracteristică esențială introdusă odată cu utilizarea pe scară largă a betonului este cea a prefabricației, chiar a standardizării sau industrializării proiectelor de construcții. Infrastructura de transport se numără printre primii beneficiari ai acestor tehnici, care se pretează în special proiectelor liniare cu un volum mare de materiale puse în operă.

Relația cu ornamentul se schimbă pe măsură ce atitudinea față de materialitate evoluează. Ornamentul de inspirație vitruviană este abandonat în arhitectura modernistă și înlocuit tocmai cu structura (vezi tectonica). Structurile podurilor nu mai sunt ascunse în spatele fațadelor, așa cum este cazul, de exemplu, la podul Alexandru al III-lea din Paris, ci devin însăși expresia proiectului, acceptabilă ca atare în spațiul urban. Această schimbare nu rezolvă însă ruptura apărută între arhitecți și ingineri: expresia structurală rămâne în realitate interpretată diferit, de ingineri ca limbaj al comportamentului materiei și de arhitecți ca generator de spații emblematice.

Observăm în această perioadă o schimbare în atitudinea față de elementele naturale, care includ lumina, aerul, lumea vegetală și, mai târziu, mediul înconjurător în general. Vom vedea cum mediul va deveni un factor de proiectare în sine la sfârșitul secolului al XX-lea, un concept diferit de relația dintre lumea naturală și arhitectura perioadei la care ne referim aici. În arhitectura modernistă observăm o apropiere sau o deschidere față de lumea naturală, cu un stil deliberat curat, chiar *igienist*, regăsit în opera lui Ebenezer Howard (Picon, 2020), de exemplu, dar și în apariția structurilor inspirate de lumea naturală, atât de prezente în cercetările lui Robert le Ricolais (Mimram, 1983).

O atitudine ambiguă, chiar contradictorie, ale cărei efecte le resimțim astăzi: pe de o parte dorința de a se detașa de natură și pe de altă parte intenția de a se armoniza cu ea. Iar materialele, sau materialitatea așa cum o

An essential feature introduced with the widespread use of concrete is that of prefabrication, even standardization or industrialization of construction projects. Transport infrastructure is among the first beneficiaries of these techniques, which lend themselves particularly to linear projects with a large volume of materials put into operation.

The relationship with ornament changes as the attitude towards materiality evolves. Vitruvian-inspired ornament is abandoned in modernist architecture and replaced precisely with structure (see tectonics). Bridge structures are no longer hidden behind facades, as is the case for example with the Alexandre III bridge in Paris, but become the very expression of the project, acceptable as such in the urban space. This change does not, however, resolve the rift that has arisen between architects and engineers: structural expression remains profoundly differently interpreted, by engineers as the language of the behavior of matter and by architects as the generator of iconic spaces.

We observe in this period a change in the attitude towards natural elements, which include light, air, the plant world and later, the environment in general. We will see how the environment will become a design factor in its own right at the end of the 20th century, a different concept from the relationship between the natural world and architecture of the period we are referring to here. In modernist architecture we observe a closeness or openness towards the natural world, with a deliberately clean, even *hygienist* style found in the work of Ebenezer Howard (Picon, 2020), for example, but also in the appearance of structures inspired by the natural world, so present in the research of Robert le Ricolais (Mimram, 1983).

An ambiguous, even contradictory attitude, the effects of which we are experiencing today: on the one hand the desire to detach oneself from nature and on the other hand the intention to harmonize with it. And the

definește Picon, sunt expresia acestor contradicții, poate cel mai bine ilustrate de beton. Acesta permite, pe de o parte, o arhitectură curată, ce plasează omul la distanță de elementele naturale, iar pe de altă parte, realizarea unor structuri de inspirație naturală.

Perioada contemporană

Utilizarea proiectării digitale în ultimele decenii a dus la schimbări profunde în relația dintre arhitecți, ingineri și materiale. Este dificil să sintetizăm elementele definitorii într-o perioadă atât de scurtă și recentă, deși suntem înconjurați de schimbări evidente în ceea ce privește materialitatea.

O primă fază a construcției în era digitală este caracterizată de aplicații formale (Picon, 2024). Capacitatea proiectantului, fie el arhitect sau inginer, de a comunica liber și iterativ cu materia se manifestă într-o primă fază prin apariția proiectelor cu formă liberă.

Capacitatea proiectării digitale de a replica la infinit un model inițial, operând doar mici modificări ale unor parametri, este fără precedent. Astfel, proiectele standardizate ale arhitecturii moderne devin, prin flexibilitatea mediului de proiectare, un nou tip de arhitectură, în care variația parametrilor devine instrumentul de proiectare. O ramură a devenit ceea ce este cunoscut astăzi sub numele de arhitectură parametrică (vezi Patrick Schumacher sau Fabio Gramazio și Matthias Kohler).

De la instrumentele digitale de proiectare, ajungem la introducerea programelor informatice în tehnicile de construcție în anii 2010, cu proiecte precum ansamblurile robotizate propuse de Fabio Gramazio și Matthias Kohler la ETH Zurich sau încercări de tehnici de imprimare 3D. Aceste proiecte, deși relativ marginale în peisajul arhitecturii contemporane, sunt semne ale unei schimbări profunde în relația cu materialitatea. Dominația sa de către

materials or materiality, as Picon defines it, embody these contradictions, perhaps best illustrated by concrete. This material allows, on the one hand, a clean architecture that places humans at a distance from natural elements, and, on the other hand, the creation of structures inspired by nature.

The Contemporary Period

The use of digital design in recent decades has led to profound changes in the relationship between architects, engineers and materials. It is difficult to synthesize the defining elements in this short and recent time, although we are surrounded by obvious changes in materiality.

A first phase of construction in the digital era is characterized by formal applications (Picon, 2024). The capacity of the designer, be he architect or engineer, to communicate with matter freely and iteratively is manifested in a first phase by the emergence of free form projects.

The ability of digital design to replicate an initial model infinitely, operating only small changes in some parameters is without precedent. Thus, the standardized projects of modern architecture become, through the flexibility of the design environment, a new type of architecture, in which the variation of parameters becomes the design tool. One variant has become what is known today as parametric architecture (see Patrick Schumacher or Fabio Gramazio and Matthias Kohler).

From digital design tools, we observe the introduction of computer programs in construction techniques in the 2010s, with projects such as the robotic assemblies proposed by Fabio Gramazio and Matthias Kohler at ETH Zurich or attempts at 3D printing techniques. These projects, although relatively marginal in the landscape of contemporary architecture, are signs of a profound change in the relationship with materiality. Its dominance by

instrumentele de calcul și gândirea mecanicistă, începând cu perioada Iluminismului și a revoluției industriale, pare să fie înlocuită cu o formă mai subtilă, una în care instrumentele de calcul, acum digitale, sunt folosite pentru a crea un mediu de comunicare în care materia și proiectantul colaborează pentru a găsi împreună soluții formale sau constructive. Picon vorbește despre o schimbare profundă de atitudine față de lumea fizică, o lume cu care trebuie să colaborăm mai degrabă decât să căutăm să o dominăm (Picon, 2020).

Discuție

Picon susține că materialitatea în arhitectura contemporană este animată, capabilă de autoorganizare și este deschisă proceselor de colaborare cu arhitectul sau inginerul proiectant, toate procesele având loc în spațiul digital al programelor de calculator. Arhitectura *paperless* (fără hârtie) este recentă (1994, Universitatea Columbia, New York, studio fără hârtie) și, în domeniul ingineriei, deși calculele cu elemente finite au fost utilizate încă din anii 1950, proiectarea cu adevărat digitală a intervenit abia din anii 2000. Așa cum automobilul a dus, la vremea sa, la o schimbare radicală a atitudinii față de materialitate, în același mod putem vorbi astăzi despre modul în care calculatorul introduce schimbări esențiale. Potrivit lui Picon, asistăm la o schimbare a modului în care percepem lucrurile, nu ca substanță fizică stabilă, ci ca „aspect, situație sau eveniment” (Picon, 2020, p. 106).

În fața acestor noi proprietăți, sensul pe care îl atribuim materialității proiectelor evoluează: modul în care înțelegem a lucra cu materia se schimbă. Putem vorbi despre o continuitate între uman și non-uman, iar această continuitate, facilitată de modul în care informația circulă și este disponibilă, îl transformă pe inginer sau arhitect într-un „nou meșteșugar” care lucrează împreună cu materia, nu pentru a-i impune propria viziune. Noul meșteșugar caută să faciliteze capacitatea spontană a materiei de a se exprima, o versiune digitală a experimentelor lui Frei

calculation tools and mechanistic thinking, which began with the Enlightenment and the Industrial Revolution, now seems to be replaced by a more subtle form, one in which computer tools, now digital, are used to create a communication environment where matter and designer work together to find formal or constructive solutions. Picon speaks of a profound change of attitude towards the physical world, a world with which we must collaborate rather than seek to dominate it (Picon, 2020).

Discussion

Materiality in contemporary architecture is animated, Picon proposes, it is capable of self-organization and is open to collaborative processes with the architect or design engineer, all processes taking place in the digital space of computer programs. Paperless architecture is recent (1994, Columbia University, New York, paperless studio) and in the field of engineering, although finite element calculations have been used since the 1950s, truly digital design has only intervened since the 2000s. Just as the automobile led, in its time, to a radical change in the attitude towards materiality, in the same way we can talk today about the way in which the computer introduces essential changes. According to Picon, we are witnessing a change in the way in which we perceive things, not as a stable physical substance, but as an “appearance, situation or event” (Picon, 2020, p. 106).

In the face of these new properties, the meaning we attribute to the materiality of projects evolves: the way we understand working with material changes. We can refer to a continuity between the human and the non-human and this continuity, facilitated by the way in which information circulates and is available, transforms the engineer or architect into a “new craftsman” who works together with matter, not to impose his own vision on it. The new craftsman seeks to facilitate the spontaneous capacity of matter to express itself, a digital version of Frei

Otto (vezi experimentele cu suprafețe în tensiune, Frei Otto, Institutul pentru Structuri Ușoare, Universitatea din Stuttgart), în care, lăsată să se exprime liber, materia își dezvăluie structura internă și propriile ritmuri și organizări.

Merită subliniată contradicția dintre aparenta continuitate pe care o percepem între proiectant și materie, ca și cum ar face parte din același mediu hibrid și fluid, și discontinuitatea inerentă mediului digital, bazat tocmai pe o definiție discretizată a elementelor.

Deși Picon descrie arhitectura și infrastructura contemporană ca intrând într-un regim de dematerializare, în care informația și procesele digitale par să înlocuiască prezența materială a structurilor, această perspectivă rămâne în mare parte metaforică. În practică, podurile și alte infrastructuri continuă să se bazeze pe cantități vaste de resurse fizice. Vaclav Smil, în lucrarea sa „Making the Modern World: Materials and Dematerialization”, observă că:

Chiar și cele mai eficiente procese de producție și cele mai ridicate rate practice de reciclare ar putea să nu fie suficiente pentru a duce la rate de dematerializare suficiente de mari pentru a anula cererea tot mai mare de materiale generată de creșterea continuă a populației și de creșterea nivelului de trai (Smil, 2013, p. 245).

Smil identifică cimentul, oțelul, materialele plastice și amoniacul drept cei patru piloni ai civilizației moderne, subliniind faptul că aparenta ușurință a proiectării digitale maschează fluxurile de materiale care susțin construcțiile contemporane, masive și în continuă creștere. Această perspectivă invită la o lectură mai critică a proiectelor de infrastructură de astăzi: în loc să fie cu adevărat dematerializate, acestea reflectă o interacțiune complexă între imaginația digitală și dependența de materiale, cu implicații profunde asupra mediului.

Otto's experiments (see the experiments with surfaces in tension, Frei Otto, The Institute for Lightweight Structures, University of Stuttgart), in which, left to express itself freely, matter reveals its internal structure and its own rhythms and organizations.

It is worth noting the contradiction between the apparent continuity we perceive between the designer and matter, as if they were part of the same seamless, hybrid environment and the inherent discontinuity of the digital realm, which is based precisely on a discretized definition of its elements.

While Picon describes contemporary architecture and infrastructure as entering a regime of dematerialization, where information and digital processes seem to replace the material presence of structures, this view remains largely metaphorical. In practice, bridges and other infrastructures continue to rely on vast quantities of physical resources. Vaclav Smil, in *Making the Modern World: Materials and Dematerialization*, observes that:

Even the most efficient production processes and the highest practical rates of recycling may not be enough to result in dematerialization rates that would be high enough to negate the rising demand for materials generated by continuing population growth and rising standards of living (Smil, 2013, p. 245).

Smil identifies cement, steel, plastics and ammonia as the four pillars of modern civilization, underscoring that the apparent lightness of digital design masks the massive and growing material flows that sustain contemporary construction. This perspective invites a more critical reading of today's infrastructure projects: rather than being truly dematerialized, they reflect a complex interplay between digital imagination and material dependency, with profound environmental implications.

Materia și informația par astăzi inseparabile, chiar interschimbabile. Imagini din ce în ce mai fidele ale materiei sunt create artificial, iar manipularea acestora are loc din ce în ce mai mult în mediul digital. Vechile sisteme de reprezentare care au existat în stilurile arhitecturale încă din Renaștere – planul, secțiunea, perspectiva – încep să fie abandonate. Picon (2020) evidențiază contradicția dintre aparenta continuitate între materie și informație și disocierea lor aproape perfectă: putem extrage toată informația din materie și o putem stoca pe un sistem pentru a o retipări în 3D, un proces creativ care rescrie procesele naturale în spatele unei aparente colaborări cu acestea.

Continuitatea obținută din mediul digital inerent discontinuu stă la baza unei noi materialități, reprezentată de proiectele arhitectei Zaha Hadid, de exemplu, dar și de o întreagă generație de arhitecți care au urmat. Utilizarea materiei în acest nou mod de înțelegere, pornind aproape de la ADN-ul său, duce în cele din urmă la reinterpretarea conceptelor structurale, la reinterogarea în anumite stiluri arhitecturale contemporane a principiilor tectonicii, adică ale expresiei structurale în legătură cu materia. Un exemplu în acest sens este stadionul olimpic din Beijing, proiectat de Herzog & de Meuron împreună cu Cecil Balmond sau viaductul liniei 11 de metrou din Paris, proiectat de Marc Mimram.



Matter and information appear inseparable today, to the point of seeming interchangeable. More and more accurate images of matter are being created artificially and its manipulation is increasingly taking place in the digital environment. The old representational systems that have existed in architectural styles since the Renaissance – the plan, the section, the perspective – are beginning to be abandoned. Picon (2020) highlights the contradiction between the apparent continuity between matter and information and their almost perfect dissociation: we can extract all the information from matter and store it on a system to reprint it in 3D, a creative process that rewrites the natural processes behind an apparent collaboration.

The continuity obtained from the inherently discontinuous digital environment is the basis of a new materiality, represented by the projects of Zaha Hadid, for example, but also by a whole generation of architects who followed. The use of matter in this new way of understanding, starting almost from its DNA, ultimately leads to the reinterpretation of structural concepts, to the re-interrogation in certain contemporary architectural styles of the principles of tectonics, that is, of structural expression in connection with matter. A good example in this sense is the Olympic stadium in Beijing, designed by Herzog & de Meuron together with Cecil Balmond or the viaduct of metro line 11 in Paris, designed by Marc Mimram.

Fig. 4. Machetă de studiu, viaduct de metrou, arhitect-inginer Marc Mimram, Paris, Franța. / Study model, metro viaduct, architect-engineer Marc Mimram, Paris, France.

Sursa / Source: Fotografie realizată de autor. Utilizare autorizată de proprietarul machetei (Marc Mimram Architecture). / Photograph taken by the author. Usage authorized by owner of the model (Marc Mimram Architecture).

În acest context, în proiectul arhitectural, nu mai este necesară reprezentarea structurii ca un element coloană vertebrală (vezi de exemplu Calatrava), ci este suficientă o formă atotcuprinzătoare. Fără prea mult efort, se trece de la un material la altul, de la o geometrie la alta, ca și cum structura ar fi doar un set de informații proiectate pe un volum predeterminat. Această schimbare de paradigmă reflectă o abordare în care proiectarea și materialitatea devin mai flexibile și adaptabile, sub influența instrumentelor digitale. Proiectele nu mai sunt rigide și fixate într-o anumită formă sau material, ci devin configurabile, capacitatea de a ajusta rapid și eficient parametrii fiind esențială. Acest lucru duce la o arhitectură în care formele și materialele sunt fluide, adaptabile și capabile să răspundă la diferite cerințe funcționale și estetice. Nuanța este subtilă, dar evidențiază o schimbare semnificativă în relația noastră cu materialitatea în arhitectură. Dacă analizăm, de exemplu, procesul iterativ introdus de Robert Maillart la începutul utilizării betonului armat în structurile de poduri din Elveția, așa cum este descris de Billington (Billington, 1979), observăm o adaptare continuă a structurilor pentru a răspunde comportamentului unui nou material. Maillart a reușit astfel să creeze o familie de structuri interconectate, toate derivate dintr-un prototip inițial, dar fiecare rezultată dintr-o cercetare atentă în domeniul tectonicii, în căutarea unei reprezentări optime a comportamentului materialului. În schimb, seria de proiecte Sino-Singapore ale lui Marc Mimram din Teda, China, exemplifică o abordare diferită. Aici, un volum predefinit este reprodus inițial în suprafețe de beton și ulterior în structuri metalice, cum ar fi grinzi de tip cutie sau *grid*. În acest caz, nu mai putem vorbi despre tectonică, deoarece volumul proiectului este determinat de la început, iar materialele sunt adaptate pentru a se conforma acestei forme preconceptuate. Aceasta ilustrează o schimbare fundamentală în materialitatea proiectelor arhitecturale din ultimii douăzeci de ani, facilitată de introducerea computerelor în birourile de design, dar cu rădăcini în conceptele de arhitectură iterativă din perioadele anterioare.

In this context, in the architectural project, it is no longer necessary to represent the structure as an element - a backbone (see for example Calatrava), but an all-encompassing shape is sufficient. Without much effort, one moves from one material to another, from one geometry to another, as if the structure were just a set of information projected onto a predetermined volume. This paradigm shift reflects an approach in which design and materiality become more flexible and adaptable, under the influence of digital tools. Designs are no longer rigid and fixed in a certain form or material, but become configurable, the ability to quickly and efficiently adjust parameters being essential. This leads to an architecture in which forms and materials are fluid, adaptable and able to respond to different functional and aesthetic requirements. The nuance is subtle but highlights a significant change in our relationship with materiality in architecture. If we analyze, for example, the iterative process introduced by Robert Maillart at the beginning of the use of reinforced concrete in bridge structures in Switzerland as described by Billington (Billington, 1979), we observe a continuous adaptation of structures to respond to the behavior of a new material. Maillart thus managed to create a family of interconnected structures, all derived from an initial prototype, but each resulting from careful research in the area of tectonics, in search of an optimal representation of the behavior of the material. In contrast, Marc Mimram's Sino-Singapore series of projects in Teda, China, exemplifies a different approach. Here, a predefined volume is initially reproduced in concrete surfaces and later in metal structures such as box-type or grid beams. In this case, we can no longer speak of tectonics, since the volume of the project is already determined from the start and the materials are adapted to conform to this preconceived form. This illustrates a fundamental change in the materiality of architectural projects in the last twenty years, facilitated by the introduction of computers in design offices, but with roots in the concepts of iterative architecture from the periods before the digital age.



Fig. 5a și b. Poduri în zona Sino Singapore, arhitect-inginer Marc Mimram, Teda , China. / Bridges in the Sino Singapore area, architect-engineer Marc Mimram, Teda, China.

Sursa/ Source: Fotografie realizată de autor. / Photograph taken by the author.

Procesul de proiectare arhitecturală și inginerescă este astfel profund alterat de dispariția ideii că designul duce la un rezultat unic, la un obiect final absolut determinat și corect din toate punctele de vedere. În locul acestei idei tradiționale, asistăm la apariția unor familii de proiecte posibile stocate în spațiul digital, din care se poate alege oricând unul sau altul pentru a fi construit.

Antoine Picon (Picon, 2020) susține că acesta este semnul unei transformări fundamentale în relația noastră cu materialitatea, reprezentată acum de cuplul materie-informație. Materialitatea proiectului pare să se desfășoare într-un spațiu binar, aproape cuantic, unde alegerea între 0

The architectural and engineering design process is thus profoundly altered by the disappearance of the idea that design leads to a unique result, to a final object that is absolutely determined and correct from all points of view. Instead of this traditional idea, we are witnessing the emergence of families of possible projects stored in digital space, from which one or another can be chosen at any time to be built.

Antoine Picon (Picon, 2020) argues that this is the sign of a fundamental transformation in our relationship with materiality, now represented by the matter-information couple. The materiality of the project seems to play out in a binary, almost quantum space, where the choice

și 1 rămâne regula de bază. În acest spațiu digital, materialul nu mai este doar o substanță fizică cu proprietăți fixe, ci devine un set de informații care poate fi ușor manipulat, reprodus și adaptat.

Alegerile făcute în spațiul digital parametric asupra materialității proiectului sunt determinate de frontul Pareto, un set de soluții toate cu potențial maxim de performanță, toate plauzibile și posibile. Frontul Pareto este un concept în teoria optimizării care reprezintă un set de soluții nedominante, unde îmbunătățirea unei caracteristici ar duce la deteriorarea alteia.

Alegerea uneia dintre soluții devine astfel arbitrară sau, cel puțin, subiectivă, întrucât nu există o singură soluție optimă din toate punctele de vedere. În acest context, imaginea arhitecturală își pierde stabilitatea, devenind mai degrabă un eveniment în spațiul urban. Această variabilitate continuă reflectă o realitate în care arhitectura nu mai este percepută ca un obiect fix și finalizat, ci ca o serie de posibilități dinamice, fiecare capabilă să se adapteze și să evolueze în funcție de circumstanțe și preferințe. Astfel, clădirile devin parte a unui peisaj urban în continuă transformare, un peisaj în care fiecare proiect contribuie la o narațiune continuă, în loc să reprezinte o afirmație finală și inalterabilă.

În noua sa formă, arhitectura devine mai puțin stabilă, fiind determinată de o simplă alegere dintr-o multitudine de posibilități, dar câștigă în capacitatea sa de interacțiune. Această schimbare deschide calea pentru proiecte cu adevărat adaptate situațiilor urbane în care sunt construite, chiar adaptabile sau interactive.

Dinamizarea relațiilor sociale prin „propunerea unor situații susceptibile de a perturba limitele obișnuite ale societății, pornind de la efectele distanței vizuale și sociale care îi fac pe unii invizibili pentru alții” (Picon, 2020, p. 130) este una dintre principalele caracteristici pe care trebuie să le dobândească proiectul de infrastructură

between 0 and 1 remains the basic rule. In this digital space, material is no longer just a physical substance with fixed properties, but becomes a set of information that can be easily manipulated, replicated and adapted.

The choices made in the parametric digital space on the materiality of the project are determined by the Pareto front, a set of solutions all with maximum performance potential, all plausible and possible. The Pareto front is a concept in optimization theory that represents a set of non-dominant solutions, where improving one characteristic would lead to the deterioration of another.

The choice of one of the solutions thus becomes arbitrary or, at least, subjective, since there is no single solution that is optimal from all points of view. In this context, the architectural image loses its stability, becoming more of an event in the urban space. This continuous variability reflects a reality in which architecture is no longer perceived as a fixed and finalized object, but as a series of dynamic possibilities, each capable of adapting and evolving according to circumstances and preferences. Thus, buildings become part of an urban landscape in constant transformation, a landscape in which each project contributes to an ongoing narrative, instead of representing a final and unalterable statement.

In its new form, architecture becomes less stable, as it is determined by a simple choice from a multitude of possibilities, but gains in its capacity for interaction. This change paves the way for projects that are truly adapted to the urban situations in which they are built, even adaptable or interactive.

The dynamization of social relations by “proposing situations likely to disrupt the usual boundaries of society, starting from the effects of visual and social distance that make some invisible to others” (Picon, 2020, p. 130) is one of the main characteristics that the contemporary infrastructure project must acquire. For Antoine Picon, this

contemporan. Pentru Antoine Picon, această concluzie este legată de schimbarea materialității proiectelor în era digitală și poate fi un răspuns la semnalul de alarmă tras de Marc Mimram în anii 1990. Mimram a subliniat la vremea respectivă că în proiectul de infrastructură se caută cu orice preț distanța față de teritoriu, că automobilistului îi place să zboare deasupra tuturor, protejat de bariere și ecrane sonore (Mimram, 1997).

conclusion is linked to the change in the materiality of projects in the digital age and may be a response to the alarm signal raised by Marc Mimram in the 1990s. Mimram emphasized at the time that in the infrastructure project, a distance from the territory is sought at any cost, that the motorist likes to fly above everyone, protected by barriers and sound screens (Mimram, 1997).

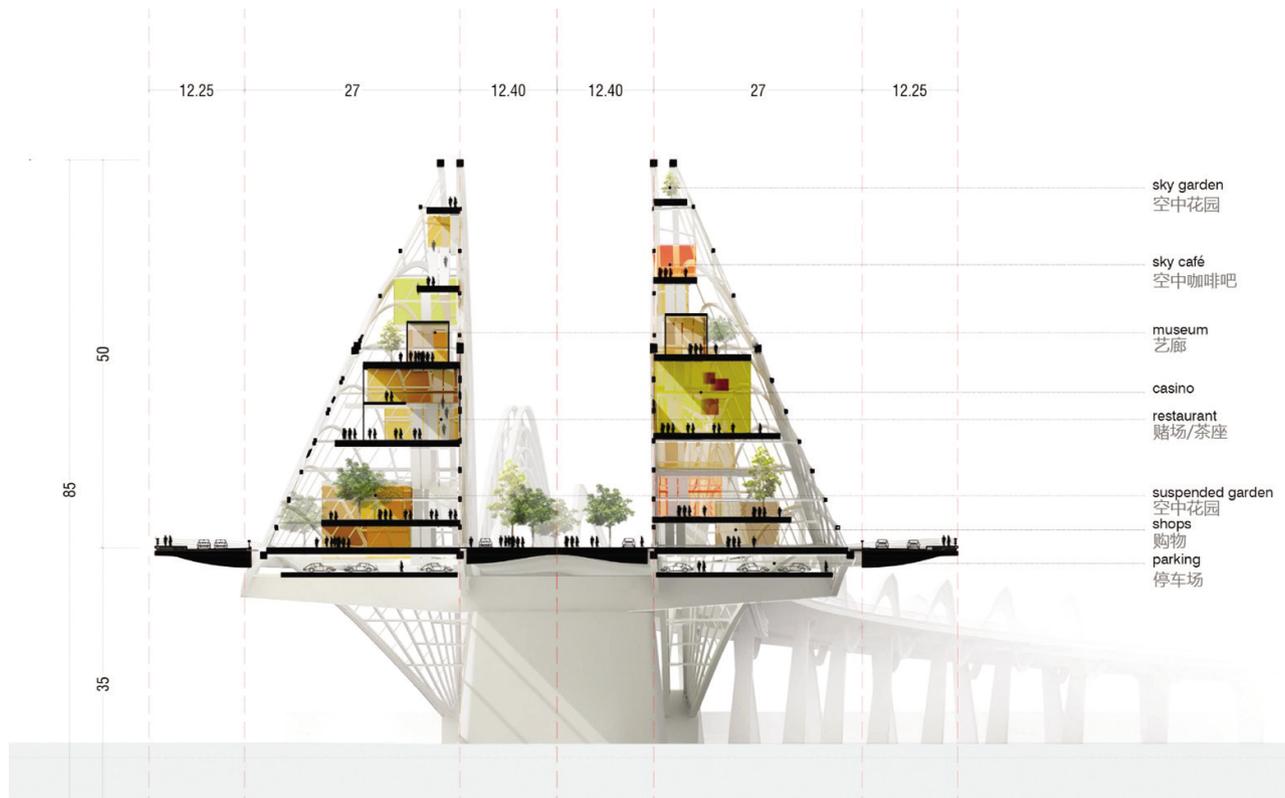


Fig. 6. Secțiune transversală conceptuală, Pod pe insula Hainan, China, arhitect-inginer Marc Mimram. / Conceptual cross section, Bridge on Hainan Island, China, architect-engineer Marc Mimram.

Sursa/ Source: Imagine din arhiva autorului. Utilizare autorizată de proprietarul imaginii (Marc Mimram Architecture). / Image from the author's archive. Usage authorized by owner of the image (Marc Mimram Architecture).

Înțelegerea contemporană a spațiului public este ilustrată prin proiecte precum Simone Veil în Bordeaux, Franța (OMA) sau Franchissement Urbain Pleyel în Saint Denis (Marc Mimram). Spațiul public generat de traversare capătă proprietăți multiple, interschimbabile și sociale (Mimram, 2022).

Concluzie

Acest articol a urmărit evoluția materialității în proiectarea podurilor, de la sistemele simbolice și proporționale ale Antichității și ale Renașterii, până la raționalitatea structurală a erei moderne și procesele informaționale de astăzi. Un singur pod poate fi înțeles acum ca traversând mai multe regimuri istorice de materialitate, o perspectivă articulată de Antoine Picon prin trilogia proporție, structură, eveniment - informație.

Prin extinderea cercetării istorice cu exemple concrete și situarea analizei într-un domeniu geografic definit, acest studiu evidențiază modul în care podurile reflectă nu doar progresul tehnologic, ci și schimbările în rolul cultural și social al infrastructurii. Perspectiva critică oferită de Vaclav Smil completează viziunea metaforică a lui Picon asupra dematerializării, amintindu-ne că proiectul digital contemporan depinde încă de vaste fluxuri de materiale, cu implicații semnificative asupra mediului.

Podurile de astăzi nu mai sunt doar traversări funcționale, ci sunt spații publice dinamice, modelate prin colaborarea dintre arhitecți, ingineri și tehnologiile digitale. Înțelegerea materialității ca proces dinamic și relațional le permite proiectanților să integreze mai profund istoria și contextul în proiectele lor, conducând la infrastructuri care promovează interacțiunea și conectivitatea, mai degrabă decât izolare.

Acest studiu reprezintă un cadru inițial pentru un proiect de cercetare mai amplu privind podurile și materialitatea.

The contemporary understanding of public space is illustrated through projects such as Simone Veil in Bordeaux, France (OMA) or Franchissement Urbain Pleyel in Saint Denis (Marc Mimram). The public space generated by the crossing takes on multiple, interchangeable, social properties (Mimram, 2022).

Conclusion

This article has followed the evolution of materiality in bridge design, from the symbolic and proportional systems of Antiquity and the Renaissance, to the structural rationality of the modern era and the information-driven processes of today. A single bridge can now be understood as crossing multiple historical regimes of materiality, a perspective articulated by Antoine Picon through the trilogy of proportion – structure – event/information.

By expanding the historical review with concrete examples and situating the analysis within a defined geographic scope, this study highlights how bridges reflect not only technological progress but also shifts in the cultural and social role of infrastructure. The critical perspective offered by Vaclav Smil complements Picon's metaphorical vision of dematerialization, reminding us that contemporary digital design still depends on vast material flows with significant environmental implications.

Today's bridges are no longer only functional crossings, they are dynamic public spaces, shaped by collaboration between architects, engineers and digital technologies. Understanding materiality as a dynamic and relational process allows designers to engage more deeply with history and context, creating infrastructures that express interaction and connectivity rather than isolation.

This study represents an initial framework within a broader research project on bridges and materiality. Its selective

Sfera sa de aplicare istorică selectivă și concentrarea asupra unui număr limitat de studii de caz au fost alegeri deliberate pentru a stabili concepte clare și o bază metodologică. Cercetările viitoare vor dezvolta această lucrare prin examinarea altor contexte geografice, tipologii de poduri și metodologii de proiectare suplimentare, cu scopul de a testa și rafina modelul interpretativ propus aici. În acest fel, prezentul articol servește drept fundament pentru o înțelegere mai profundă și mai cuprinzătoare a podurilor ca spații hibride unde structura, cultura și tehnologia se intersectează.

Prin înțelegerea modului în care materialitatea a evoluat în timp, proiectanții pot percepe podurile nu doar ca simple structuri tehnice, ci ca elemente încărcate de istorie și semnificație. Coexistența regimurilor trecute și prezente: proporție, structură și informație, în proiectele de astăzi arată că fiecare pod poartă atât straturi de istorie, cât și inovație contemporană. Această perspectivă încurajează proiecte sensibile la context, unde noua infrastructură se bazează pe profunzimea istorică, mai degrabă decât să o ignore. În acest fel, podurile pot reflecta mai fidel mediul în care sunt plasate și pot contribui semnificativ la peisajul urban și social.

historical scope and focus on a limited number of case studies were deliberate choices to establish clear concepts and a methodological basis. Future research will expand this work by examining additional geographies, bridge typologies and design practices, with the aim of testing and refining the interpretive model proposed here. In this way, the present article serves as a foundation for a deeper and more comprehensive understanding of bridges as hybrid spaces where structure, culture and technology intersect.

Understanding how materiality has shifted over time helps designers see bridges as more than technical structures. The coexistence of past and present regimes: proportion, structure and information, in today's projects shows that each bridge carries layers of history as well as contemporary innovation. This perspective encourages designs that are sensitive to context, where new infrastructure *builds* on historical depth rather than ignoring it. In this way, bridges can better respond to their environment and contribute meaningfully to the urban and social landscape.

Referințe / References

- Attali, J. (2022, July). Hors-Série n.54 : Mimram. *Archistorm*, pp. 3-5.
- Billington, D. P. (1979). *Robert Maillart's bridges*. New Jersey: Princeton University Press.
- Forty, A. (2016). *Concrete and culture: A material history*. London: Reaktion Books.
- Forty, A. (2019, Feb. 27). Concrete: It's communist! The rise and fall of the utopian socialist material. *The Guardian*, pp. <https://www.theguardian.com/cities/2019/feb/27/concrete-its-communist-the-rise-and-fall-of-the-utopian-socialist-material>.
- LeCorbusier. (1997). *Vers une architecture*. Paris: Flammarion.
- Leonhardt, F. (1983). *Bridges: Aesthetics and Design*. Munchen: Deutsche Verlags-Anstalt GmbH.
- Loos, A. (2019). *Ornament and crime*. London: Penguin Classics.
- Mimram, M. (1983). *Structure et formes, étude appliquée à l'œuvre de Robert le Ricolais*. Paris: Bordas.
- Mimram, M. (1997). *S'abstraire de l'abstraction*. Paris: Ed. Pavillon de l'Arsenal.
- Mimram, M. (2022, 07). Nouveaux usages. *Archistorm hors série n°54: Mimram*, pp. 24-41.
- Nicolau, V. (1961). *Curs general de poduri, Volumul 1 Introducere in studiul si proiectarea podurilor*. Bucuresti: Editura de stat didactica si pedagogica.
- Nietzsche, F. (2012). *Așa grăit-a Zarathustra*. (S. A. Doinas, Trad.) Bucuresti: Humanitas.
- Picon, A. (1992). *L'invention de l'ingénieur moderne*. Paris: Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- Picon, A. (2020). *The Materiality Of Architecture*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Picon, A. (2024, 09). The materiality of architecture, between the rise of the Digital Age and the advent of the Anthropocene. *Perspectives in Architecture and Urbanism*, p. online.
- Rasmussen, S. E. (2002). *Experiencing architecture*. (M. Bellaigue, Trad.) Paris: Editions du Linteau.
- Smil, V. (2013). *Making the modern world: Materials and dematerialization*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Viollet-le-Duc, E.-E. (1863). *Entretiens sur l'architecture* (Vol. 1). Paris: A. Morel et cie.