

L'ARCHITECTURE
D'AUJOURD'HUI

PERSPECTIVES
DURABLES 2011
SUSTAINABLE
PROSPECTS

/// **AAA** ///

HORS-SÉRIE
SPECIAL EDITION



Structural ecosystems : Ecology as a paradigm for design and sustainability

Paolo Cascone, architect and graduate of the Architectural Association School of Architecture in London, is furthering research with a view to drawing up a cross-cutting design method in the field of environmental design. In 2007, he founded CodesignLab in Paris, an architectural firm and laboratory that has gained sound experience in the "performance-oriented" architecture of parametric environmental design. He speaks to 'A'A' about the guiding principles of environmental design.

"How does a surrounding element, with its various specific characteristics, affect the general form we have been studying? How does the form, both determined and a determinant, assert itself against these elements? What manner of hard parts, soft parts, interior parts and exterior parts are created in the form by this effect? And what is wrought by the elements through all their diversity of height and depth, region and climate?" Johann Wolfgang von Goethe (1)

Given the environmental crisis and the effects of globalization, architecture is confronted with the question of how to reconcile humanity with its cultural, social and environmental milieus. With the aim of defining new relations between nature and artifice, the new generations of designers have the responsibility of investigating innovative strategies of transformation and regeneration of environmental milieus without putting nature and technology in opposition to each other but also of looking for a way to unify the two. This article argues that environmental dynamics and constraints can play the role of design drivers in ecological design exploration through the analysis and comprehension of ecosystems.

Looking towards

The emergence of ecological design as an established discipline requires an adequate architectural advance that operatively bridges biology and the information-based design process in order to approach problems and to evaluate solutions at different scales. Surpassing the green notion of sustainable architecture, this approach is inspired by the analytical studies of the morphology, physiology and evolution of biological systems. Their ecological relations are analyzed with the aim of deriving insights and methods for the architectural design and sustainability of the built environment.

As in natural morphogenesis, the process

of evolutionary development and growth in ecological design generates material systems that obtain their complex organization and shape from the interaction of system-intrinsic material capacities and external environmental forces. This suggests a design technique that utilizes the self-organization of material systems under the influence of extrinsic forces. The resulting differentiated system of these cause-and-effect relationships, in morphology and structural organization, provides material optimization and energy efficiency through the gradient of correlated responsiveness.

In order to achieve such ambition, architects are asked to explore the multi-parametric design approach using computational tools in a generative way; developing cause-and-effect relationships between forms (geometry, structure, material) and performances (environmental, ergonomic, social).

This dynamic system of relationships needs an interdisciplinary approach to architecture, introducing data-processing techniques in order to develop site-specific generative diagrams. Generative diagrams inform the design strategy driving a parametric and evolutionary approach to design.

Composing with natural vectors

The use of computational tools (such as a weather tool, cadna, ansys multi-physics, etc.) for environmental analysis and mapping will help to define and localize the intensity and the interactions of the different variables

people flow, wind flow, solar radiation, water flow, etc.). This analytical approach will open up new decision-making strategies for designers recognizing imbalances, tendencies and site-specific types of developmental opportunities. In this phase of the design process, the architects are asked to collect, correlate and interpret information in order to define the performance criteria of the initial prototype. The performance criteria will inform the systems of relationships between the programmatic needs (in terms of ergonomics, energy, water, thermal comfort, visual comfort, etc.) of the project and its material organization (geometry, structural morphology, materiality) through a set of rules and constraints.

In order to achieve such an ambition of a performance-oriented (ecological) architecture, designers are asked to generate new models that will respond to site-specific dynamics with differentiated solutions according to the different intensity of the environmental forces (in time and space). In this sense, a dynamic simulation of solar radiation on a specific architectural envelope could inform the differentiated configuration of porosity (dimension and distribution of the openings, etc.) with the aim of taking advantage of daytime lighting optimizing technology economy) and reducing energy consumption; a fluid dynamic (wind) simulation of a specific urban layout could shape the future urban morphology (mass, spacing, directionality) with the aim of implementing wind channelling and

thermal comfort taking advantage of passive ventilation, etc.

In this design process, the potentiality of the projects to be able to resist homogeneity and to be specific to the external forces will define their degrees of sustainability in terms of material optimization (density, porosity, rigidity, etc.) and energy efficiency (minimizing energy consumption, using renewable resources).

Parametric tools

Computationally advanced techniques such as parametric modelling (with tools such as Grasshopper, Generative Component or Digital Project) and scripting techniques (in Mel-script or Rhino script) will help the designer generate and control the cause-and-effect relationship between information, form and performances. In this case, the geometry becomes a cultural, social and generative *medium* for nonlinear shapes and complex architectural configurations. The use of such parametric tools opens up the possibility of creating an evolutionary way of form-finding in architecture in which complexity doesn't respond to a formal *capriccio* but to the aim of developing differentiated and inter-articulated systems (envelope, structure, internal subdivision). The differentiation of one system is correlated with variations in the other systems. Culturally speaking, the possibility of using computational tools, taking inspiration from biology and biomimetic engineering, to generate catalogues of configurations (phenotypes) out of an initial prototype (genotype) will inject a

new aspect into the ecological design agenda. In this process, additional environmental simulations will support architects in evaluating and selecting their generations of differentiated models informing the decision-making process according to the initial performance criteria. The stage of development of such a parametric approach within ecological design is related to the continuous advancement of the industrial process in the field of construction. Digital fabrication and manufacturing techniques (3D printing, laser cutter, 3D milling, etc.) provides the opportunity of exploring a new form of synthetic handicraft. With the idea of developing mass reproduction of non-standard solutions, reducing production time and improving accuracy and performances. Further developments of such a discipline will be related to the use of the parametric approach to high-tech design/low-tech construction as well as for large-scale sustainable projects. If in the first case designers will be confronted with the question of how to reconcile advanced design techniques with local low-technologies for the sustainable habitat in less developed countries, in the second, they will be asked to explore an associative approach to large-scale projects generating new urban ecologies, integrating sustainable infrastructural systems and urbanization solutions.

PAOLO CASCONI

www.co-design-lab.net
esa-ateliercascone.blogspot.com

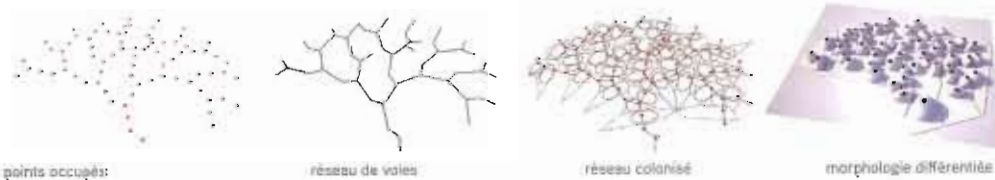
« L'utilisation d'outils paramétriques fait naître la possibilité de créer un mode évolutif d'invention de formes architecturales, où la complexité n'est pas le fruit d'un caprice formel mais procède d'une démarche d'élaboration de systèmes différenciés et articulés à plusieurs niveaux (enveloppe, structure, subdivisions internes). »

et de formes procède de l'interaction entre capacités intrinsèques des matériaux et forces environnementales extérieures. Cette dimension ouvre la voie à une technique de conception qui utilise l'organisation innée des systèmes de matériaux placés sous l'influence de forces extrinsèques. Le système différencié des relations de cause à effet qui en résulte, dans la morphologie et l'organisation structurelle, assure l'optimisation des matériaux et l'efficacité énergétique à travers le gradient de réactivité corrélée. Pour se donner les moyens de cette ambition, les architectes doivent explorer un mode de conception multiparamétrique, en se servant d'outils computationnels sur un mode généralif, pour définir des relations de cause à effet entre formes (géométrie, structure, matériaux) et performances (environnementales, ergonomiques, sociales). Ce système dynamique de relations doit être sous-tendu par une conception interdisciplinaire de l'architecture, qui s'approprie les techniques de traitement de données, de façon à définir des schémas génératifs propres au contexte. Ces schémas génératifs informent la stratégie de conception, en ouvrant la voie à une approche paramétrique et évolutive du design.

Composer avec les vecteurs naturels

Le recours aux outils computationnels (tels qu'un outil météo, Cadna ou Multiphysique de Ansys) pour l'analyse et la cartographie environnementales permettant de définir l'intensité et de localiser les interactions entre différentes variables (flux humain, direction du vent, rayons solaires, écoulement de l'eau, etc.). Cette approche analytique rendra

possible de nouvelles approches de décision, offertes aux architectes avec des déséquilibres, des tensions d'opportunités de développement de leurs projets. À ce stade, les architectes doivent réunir et interpréter l'information et les critères de performance (*criteria*) du prototype inné, la performance déterminée par les systèmes de relations nouvelles des charges du projet (énergie, eau, confort thermique, etc.) et son organisation matérielle (morphologie structurelle, matériaux, biais d'une série de réglages). Pour satisfaire l'ambition d'une performante (écologiquement) les concepteurs doivent engendrer des modèles apportant des solutions en réponse à des dynamiques qui tiennent compte de l'impact des forces environnementales (sol et l'espace). Ainsi, la simulation des rayons du soleil qui affecte l'enveloppe architecturale peut orienter la configuration de sa porosité (dimension et disposition des ouvertures, etc.) pour mettre à profit les technologies d'optimisation de l'énergie. La simulation de la dynamique des fluides (vent) d'un site urbain peut orienter sa morphologie urbaine (espacement, orientations) afin de favoriser les courants d'air et d'améliorer le confort thermique grâce à la ventilation naturelle. Au cours de ce processus de conception, la capacité des projets à résister à des contraintes externes déterminera leurs degrés de liberté. Le point de vue de l'optimisation des matériaux (densité, porosité, rigidité) et de l'efficacité énergétique (réduction de la consommation d'énergie, utilisation des ressources renouvelables).



points occupés:

réseau de voies

réseau colonisé

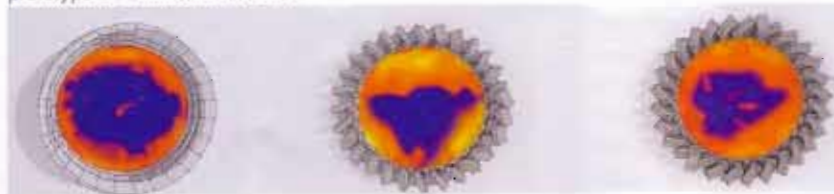
morphologie différenciée



contrôle paramétrique d'un composant



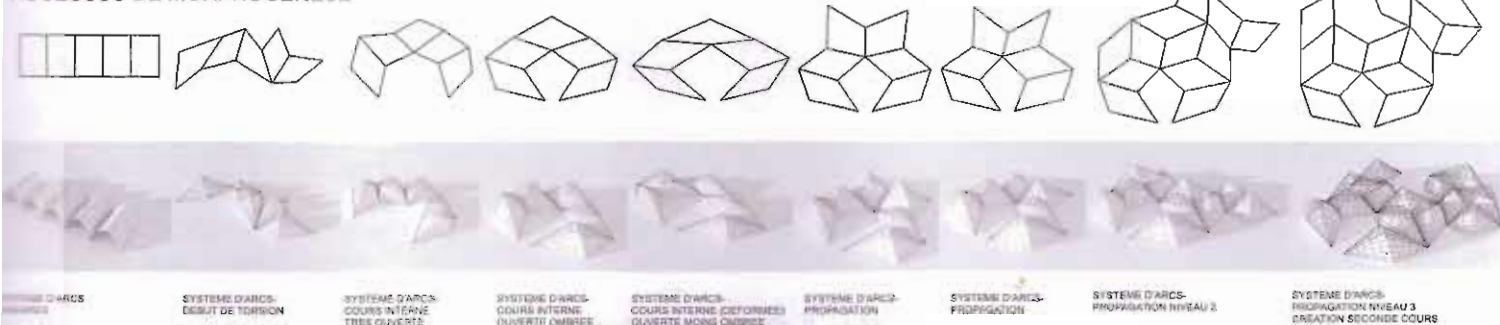
prototype d'évolution d'une unité:



simulation dynamique du soleil

Pour un contrôle paramétrique de la forme
Les techniques computationnelles de la nouvelle génération (telles que la modélisation paramétrique (avec des outils comme Grasshopper, Generative Components, Project) et les techniques de script (Python ou Rhinoscript) aideront le concepteur à générer et maîtriser les relations de cause à effet entre information, forme et performance. Dans cette perspective, la géométrie devient un médium culturel, social et génératif pour des formes non linéaires et de configurations architecturales complexes. L'utilisation des outils paramétriques fait naître la possibilité de créer un mode évolutif d'invention de formes architecturales, où la complexité n'est pas le fruit d'un caprice formel mais procède d'une démarche d'élaboration de sy

PROCESSUS DE MORPHOGENESE



1- VUE D'ENSEMBLE
PROPOSITION



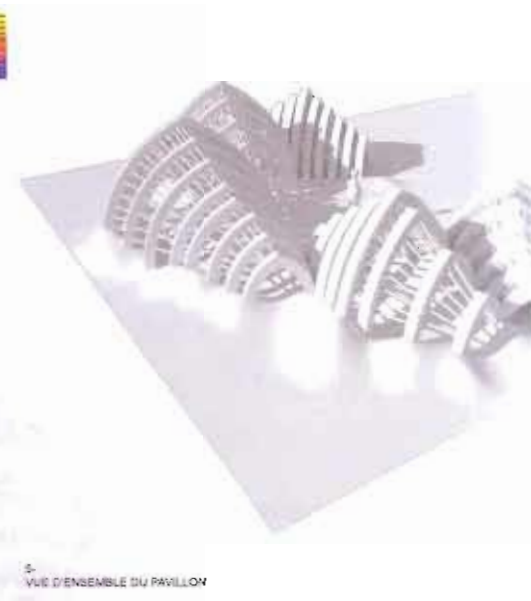
3- SIMULATION DE
RADIATION SOLAIRE



2- VUE D'ENSEMBLE
DES
FORMES STRUCTURELLES 5



4- SIMULATIONS DES
OMBRES LE JOUR LE PLUS CHAUD



5- VUE D'ENSEMBLE DU PAVILLON

différenciés et articulés à plusieurs niveaux (développe, structure, subdivisions internes). La différenciation présente dans un système est liée aux variations existant dans les autres systèmes. Culturellement parlant, la possibilité d'utiliser des outils computationnels puisant dans la biologie et l'ingénierie biomimétique pour générer des inventaires de configurations (prototypes) procédant d'un prototype initial (prototype) permettra à l'éco-conception d'investir un nouveau champ d'action. Dans ce mouvement, les simulations environnementales nouvelles aideront les architectes à évaluer et sélectionner les générations de modèles différenciés qui permettent la prise de décision sur la base des critères de sélection initiaux. Le stade de développement atteint dans le champ de l'éco-conception par cette approche paramétrique est lié aux progrès constants du processus industriel intervenant dans le secteur de la construction. Les techniques de construction et de fabrication numérique (impression 3D, découpage au laser, usinage 3D, etc.) ouvrent la voie à l'exploration d'une nouvelle forme d'artisanat de synthèse, guidée par l'idée de développer la reproduction en masse de

solutions non standards, réduisant les délais de production et optimisant précision et performances.

Les évolutions à venir dans cette discipline se joueront dans l'application de l'approche paramétrique au couple *high-tech design / low-tech construction* ainsi qu'à des projets de développement durable de grande échelle. Si, dans le premier cas, les concepteurs seront mis devant la nécessité de concilier techniques de conception sophistiquées et techniques locales élémentaires pour construire un habitat durable dans les pays les moins développés, ils devront, dans le second cas, explorer une approche unitaire pour aborder des projets de grande échelle engendrant de nouvelles écologies urbaines, qui intégreront systèmes d'infrastructures et solutions d'urbanisation.

PAOLO CASCONI

www.co-design-lab.net
esa-ateliercascone.blogspot.com

(1) *Nature's Open Secret : Introductions to Goethe's Scientific Writings* (Classics in Anthroposophy) - Hardcover par Rudolf Steiner, Johann Wolfgang Von Goethe, John Barnes, et Mado Spiegler, 1^{er} décembre 2000.