

La logique paramétrique, héritage d'une science de la variation pour un renforcement de la connaissance en architecture.

Frédéric Delvaux¹, Philippe Marin²

1 Université de Liège, Faculté d'architecture Labo LNA, Belgique,

2 Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, France

Laboratoire Map-Aria UMR CNRS-MCC 3495

frederic.delvaux@ulg.ac.be, Philippe.marin@grenoble.archi.fr

RÉSUMÉ. La production architecturale se manifeste actuellement par le recours de plus en plus commun aux formes libres ou non standard. Ce phénomène ne peut exister que sous l'influence des technologies numériques, et particulièrement d'outils paramétriques d'aide à la conception. Ces approches font parfois l'objet de critiques et d'incompréhension. Nous chercherons à ancrer ces approches contemporaines dans l'histoire de l'architecture. Notre approche méthodologique s'appuiera sur deux considérations fondamentales: la caractérisation d'édifices de l'antiquité au regard d'approches paramétriques et le prolongement de ces caractérisations à travers une analyse d'édifices du XXème siècle pré-numérique. L'objectif de cette contribution consistera à discerner et définir les spécificités des logiques paramétriques comme renforcement de connaissance de l'architecture et comme supports pour une conception du projet intégrant la complexité.

MOTS-CLÉS : Conception, logique paramétrique, processus génératifs, instrumentation.

The architectural production is currently manifested by the use of increasingly common to the free or non-standard shapes. This phenomenon can exist only under the influence of digital technologies, especially parametric tools help to design. These approaches are sometimes the object of criticism and misunderstanding. We will seek to anchor these contemporary approaches in the history of architecture. Our methodological approach will be based on two fundamental considerations: the characterization of ancient buildings in terms of parametric approaches and the extension of these characterizations of buildings through an analysis of pre-twentieth century digital. The purpose of this contribution will be to discern and define the specific parametric logic as reinforcing knowledge of architecture and as supports for a project design incorporating complexity.

KEYWORDS: Design, parametric logic, digital design, generative processes, instrumentation.

Titre ouvrage

1. Introduction

Depuis les toutes premières années du XXI^{ème} siècle, la production architecturale se manifeste par le recours de plus en plus commun aux formes libres ou dites non standard (Migayrou, 2003). Ce phénomène ne peut exister que sous l'influence grandissante des technologies numériques, et particulièrement avec l'usage d'outils paramétriques d'aide à la conception. Plus globalement, nous assistons en même temps à une modification des pratiques de l'architecture, notamment par une maîtrise croissante des relations entre les outils de conception et de fabrication numérique. Il est maintenant de plus en plus possible de dépasser une rupture entre des formes « libres » ou complexes et leur réalité tectonique (Picon, 2010).

Si les aspects techniques semblent s'améliorer, il n'en demeure pas moins que ces expressions architecturales bousculent les références stylistiques basées sur des considérations historiques et typologiques et sont soumises à des critiques et des incompréhensions. Elles semblent être, parmi les représentations les plus généralement énoncées, soit une banalisation de la production architecturale, devenant un simple produit de l'intelligence numérique, soit être un style qui trouverait ses racines dans les techniques d'animation numérique pour reprendre le terme « parametricism » défini par Patrick Schumacher (Schumacher, 2010).

D'autre part, les logiques paramétriques ont prouvé leur implémentation à travers les réalités technique, structurelle et mathématique par le recours avéré à la computation (Woodbury, 2010). Quoi qu'il en soit, une confusion s'installe dans la définition de cette « nouvelle » architecture due à la généralisation et l'ambiguïté de ses principes sous-jacents et à une ignorance sur la façon dont elle peut être positionnée dans un contexte plus large de la connaissance architecturale (Bravo, 2014).

Face à ces nombreuses mais lacunaires représentations, pouvons-nous avancer dans une définition théorique de ce qu'est la conception paramétrique? Quelles en sont les spécificités méthodologiques et pratiques, certaines de ces activités de conception existent-elles dans d'autres disciplines, est-ce un phénomène qui appartient spécifiquement à l'usage des technologies numériques?

Sans reprendre l'ensemble des définitions qui caractérisent la conception paramétrique aujourd'hui, nous pouvons énoncer que la méthode paramétrique consiste à choisir un certain nombre de paramètres indépendants les uns des autres et à les soumettre à des variations systématiques. Ces variations sont opérées en fonction de critères définis afin d'obtenir non pas un objet, mais une série d'objets (Jormakka, 2008), appelés aussi instances (de Boissieu, 2012). Ce principe a déjà été large-

Titre article

ment appliqué dans la conception assistée par ordinateur, comme un ensemble de variables organisées en système, qui nourrissent une expression (des équations algorithmiques), et lié à une géométrie résultant d'un processus.

2. Approche historique

2. 1 La logique paramétrique, science de la variation.

Au delà de cette manifestation contemporaine, certains théoriciens de l'architecture relèvent que l'approche paramétrique est en réalité fondamentalement présente au coeur de l'histoire de l'architecture. Pour illustrer cette hypothèse, nous pouvons nous appuyer notamment sur le travail de l'architecte Bernard Cache. Dans son exposé "Dürer - Vitruvius - Plato. Instruments of Thought" (Cache, 2012), celui-ci propose une **lecture paramétrique** de l'"Underweysung der Messung" de Albrecht Dürer, pour mettre en évidence plusieurs aspects paramétriques intrinsèques à la nature de certains édifices dès l'Antiquité. Cet ouvrage de Dürer, écrit en 1525¹, s'attache à décrire pour un usage opérationnel des **procédés** (basés sur le tracé) et leur **instrumentation**. Ses fins consistent à la conception d'objets ou d'éléments architecturaux dont la **variation** est une caractéristique intrinsèque comme par exemple les colonnes torsées, l'inclinaison ou le fruit des murs de fortification,...

L'intérêt majeur de cette approche réside dans deux de ses aspects: celui de faire apparaître la présence historique d'une tradition de la variation et de la mécanique dans la conception d'objets architecturaux et celui qui révèle des structures logiques qui préfigurent celles que nous utilisons aujourd'hui avec les logiciels de conception paramétrique (Cache, 2013).

2. 2 Tracés, procédés et diagrammes.

Toujours dans cette lecture paramétrique de Dürer, penchons-nous sur le premier édifice à y être mentionné: la Tour des Vents². Cette construction est un ensemble de cadrans solaires dont les courbes sont des projections stéréographiques de la voûte céleste décrites par Vitruve

¹ "Underweysung der Messung" a cette particularité épistémologique de traiter de questions de mathématiques et d'être rédigé par un non-mathématicien pour des non-mathématiciens.

² Andronikos de Kyros, Athènes, 1er siècle av. J.C). L'architecture, dans le « De Architectura » dépasse le cadre de la construction des édifices: livres III à VIII: Aedificatio, concerne les temples et édifices, Livre IX: Gnomonica, les cadrans solaires et Livre X: Machinatio, les machines.

Titre ouvrage

dans un schéma géométrique. Ils sont accompagnés d'une clepsydre dont le disque, mu de façon constante indique les heures, dont la durée, elle, était variable. Ce schéma est entièrement paramétrique, il dépend de la latitude, de la période de l'année et de l'orientation. Construit au premier siècle avant notre ère, cet édifice n'est pas destiné à être habité mais est une **machine à produire de l'information**.

Dürer poursuit cette tradition antique de la variation paramétrique et mécanique. A cette fin, il a d'abord recours à des figures géométriques³.

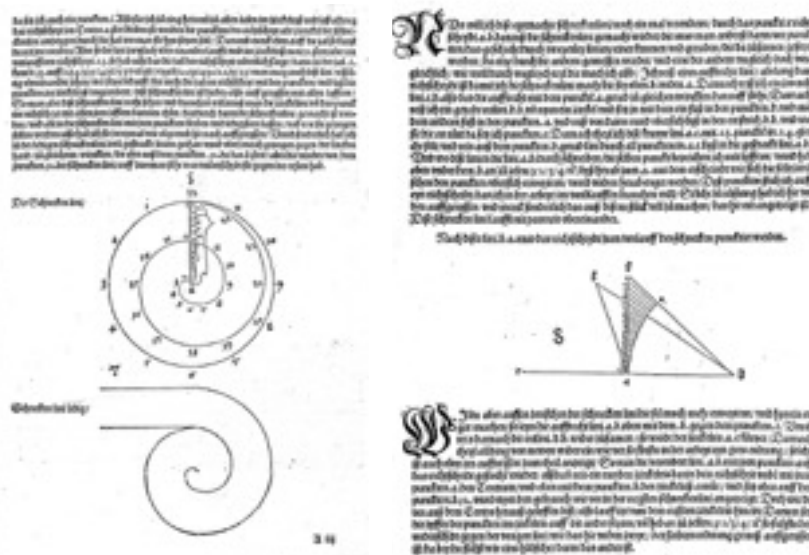


Figure 2. A gauche: description du procédé pour le dessin de la spirale d'Archimède par couplage de valeurs numériques. A droite: procédé pour la paramétrisation de variation proportionnelle d'une série de segments par rotation.

Elles sont utilisées non plus pour dessiner directement mais pour décrire les procédés et instruments qui permettent la construction des courbes. La finalité est donc non seulement le dessin des éléments d'architecture mais plus largement la réalisation de calculs. La construction de la spirale d'Archimède est un exemple particulièrement emblématique de cette approche. Cette courbe est non mécanique, ce qui implique que, ne pouvant être construite par un outil (comme la spirale à quatre

3 Un des principes de l'ouvrage, par l'exposition d'une suite de figures, est de mettre en variation une valeur qui dans la figure précédente était une constante.

Titre article

centres), Dürer, pour pouvoir la dessiner, substitue un **instrument numérique** à un instrument mécanique. Il met en place un **procédé** qui consiste en un **couplage de valeurs numériques** (angles, longueurs) variables.

Pour Dürer, les descriptions du « De Architectura » sont le support pour une traduction en **diagramme des objets architecturaux exposés par Vitruve, avec comme préoccupation d'en organiser la variation numérique** (son intérêt porte plus sur une méthode pour générer les courbes que sur le résultat de la courbe tracée elle-même). Par ailleurs, avec son travail sur la perspective, Dürer instaure une instrumentation qui produit des images mécaniques sans subjectivité (le point de vue visuel est substitué par un point dans l'espace).

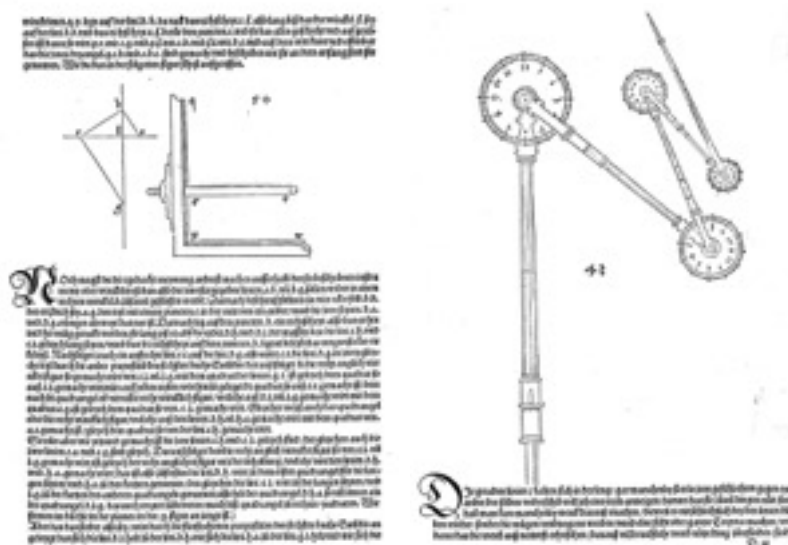


Figure 3. A gauche: instrument intégrant les variations nécessaires au calcul de du rapport de proportion continue. A droite: mesures pour le développement d'une ligne serpentine régulière. Il s'agit d'une variation combinée de mouvements angulaires et de distances.

Titre ouvrage

2. 3 Instrumentation numérique de la tradition classique et méthodes de projet contemporain

En s'appuyant sur cette lecture paramétrique de Dürer, B. Cache démontre que la géométrie euclidienne comprend des méthodes paramétriques transposables sur les logiciels et qu'elles constituent aussi des méthodes de projet.

Une pluralité de traditions coexiste dans l'antiquité. Vitruve et Dürer s'inscrivent dans la tradition qui met l'accent sur la variation, le paramétrique et l'instrument. La tour des Vents est une machine à informer, les temples font l'objet d'une conception paramétrique et pour la conception de ces derniers, Vitruve ne fournit aucune valeur absolue mais des enchainements de coefficients proportionnels.

« la conception paramétrique n'est donc pas nouvelle et la mécanique est une partie essentielle de l'architecture dès l'antiquité. Si l'architecture d'aujourd'hui peut s'inscrire dans une tradition classique, c'est parce qu'elle est conçue au moyen de logiciels paramétriques et fabriquée sur des machines à contrôle numérique » (Cache, 2013).

3. Approche paramétrique du XXème siècle pré-numérique.

3. 1 système de règles strictes et interdépendance

Pour renforcer l'ancrage historique de l'approche paramétrique, nous pouvons nous appuyer largement sur l'examen de projets emblématiques qui contiennent une logique paramétrique préexistant l'avènement de l'informatique. Ces oeuvres d'architectes et d'ingénieurs s'étendent sur la période 1890 - 1980 (les prémisses de Shukov ou Gaudi, les développements de Candela, de Dieste et les logiques fondatrices des projets de Luigi Moretti ou S. Musmeci). Nous concentrons notre propos sur une définition spécifique de la conception paramétrique en architecture dans les années 1940 selon l'architecte Luigi Moretti. Celui-ci identifie une pratique de la discipline « qui tend à introduire les phénomènes de l'architecture et de l'urbanisme dans les structures de pensée contemporaines, et en particulier scientifiques » (Bravo, 2014). Il fonda un groupe de recherche, le « Institute for Operations Research and Applied Mathematics Urbanism » en 1957 dont la production sera exposée en 1960 à Milan lors de l'Exposition Triennale, sous l'intitulé « Exhibition of Parametric Architecture and of Mathematical and Operational Research in Town Planning ». L'implication est double: exploration des aspects méthodologiques et leur application dans le contexte du projet urbain (les

Titre article

projets proposés par le groupe concernent de grands équipements comme des stades ou des théâtres).

Si elle est citée par certains auteurs, cette production ne semble toutefois pas avoir laissé un héritage marquant dans la connaissance de l'architecture, malgré l'aspect novateur et interdisciplinaire de la démarche.

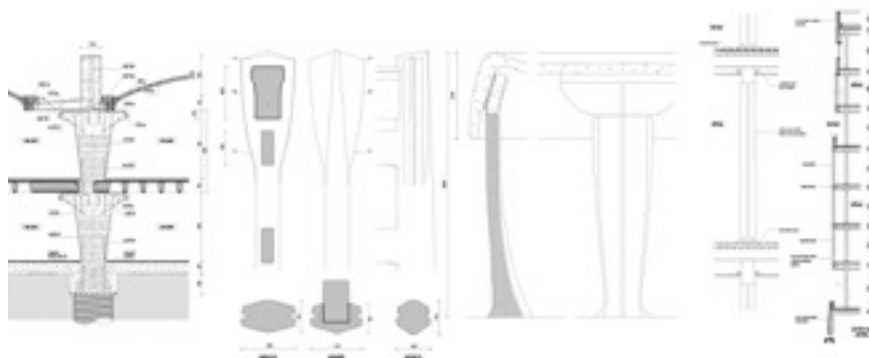


Figure 1. Luigi Moretti: étude des articulations entre éléments porteurs. Exploration architectonique d'éléments optimisés.

Pour caractériser ces édifices, générés par une stratégie de conception dérivée de paramètres précis concernant les activités d'élaboration de projet (design) mais aussi de construction, nous relevons:

- qu'ils partagent comme caractéristiques communes importantes: une configuration formelle liée à une surface qui joue à la fois le rôle d'enveloppe extérieure et de système structurel, la présence d'un module de base identifiable propagé dans un assemblage étendu, exposé à des variations dimensionnelles et géométriques et, l'existence de pièces et de connecteurs variables (jouant un rôle architectural de premier plan), tous conditionnés par un système paramétrique.
- qu'il répondent à deux stratégies inverses de flux de tâches (dans le processus de conception): de l'ensemble au composant et du composant à l'ensemble. (Bravo, 2013).

L'aspect innovant de cette conception paramétrique réside dans l'**usage d'un système de règles strictes** traduites dans un **protocole** précis de production de forme, où les paramètres sont formulés à l'avance et ont des **caractéristiques explicites**. L'**interdépendance**, au sein du processus de conception associe les composants avec la forme globale (propagation ou réduction), le système constructif, les matériaux et les performances structurelles.

D'autre part, si ces projets répondent à une impulsion première de prolonger des préoccupations traditionnelles par une optimisation de dif-

Titre ouvrage

férents aspects constructifs, ils représentent aussi, dans leur essence, une innovation importante tant dans les formes, les programmes architecturaux, que dans les systèmes structurels, les méthodes de construction et de conception.

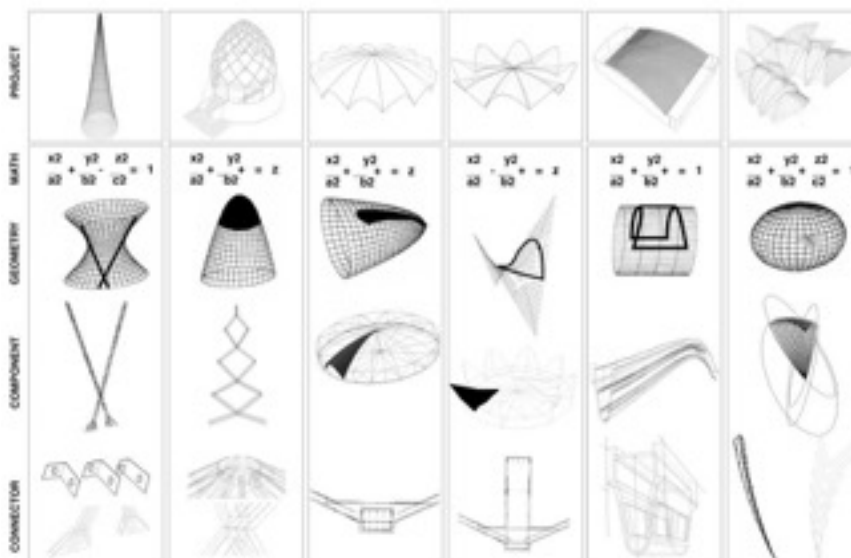


Figure 4. M. Bravo rassemble dans son étude des projets sélectionnés selon leur système de règles paramétriques génératives. De gauche à droite: 1) Shukhov 1897, 2) Taut 1914, 3) Tange, 4) Utzon 1957-73, 5) Nervi 1964-71, 6) Simon & Morisseau 1955, 7) Candela 1958. (Bravo, 2013).

3. 2 Logique intégrative, stratégie et procédés.

Nous avons pu constater que la conception paramétrique est bien ancrée dans l'histoire de l'architecture. Les deux approches illustrées nous montrent des modes de conception qui, tous les deux, contrairement à un mode de conception « classique » n'ont pas comme objectif direct la réponse formelle à une référence typologique préétablie.

Nous découvrons une autre réalité conceptuelle: des méthodologies de projet se définissent dans des stratégies qui se développent selon un processus composé de règles précises et qui s'organisent par l'interdépendance de ses composants. La notion de variation concerne la géométrie des composants et permet la modification globale de l'objet architectural en conception. Nous pouvons donc dire que, plutôt que de produire les formes appartenant à une typologie, ces stratégies, à l'issue des opéra-

Titre article

tions de variation produisent une forme qui est le résultat de l'interdépendance des relations internes au processus.

La dimension **intégrative** de cette **stratégie** a permis de créer des **procédés génératifs** pour la conception d'objets architecturaux et d'englober, à l'intérieur même du processus de conception l'implémentation des **aspects formel, structurel, matériel et technologique pour la mise en oeuvre**.

Par ailleurs, les idées de Moretti et Musmeci montrent des signes d'affinité avec une nouvelle ligne de recherche qui, depuis les années 60, caractérise l'ensemble architectural d'avant-garde⁴, résumée dans une nouvelle centralité de la notion de diagramme (processus): le type ne définit plus l'idée de départ qu'il s'agit d'élaborer mais est remplacé par le **schéma** qui, ici aussi rejette la description de la forme finale de l'objet architectural pour investir le système complexe de relations de ses parties. Le recours au schéma a gagné en importance au cours des dernières décennies: il suffit de penser aux diagrammes de transformation de Eisenmann, à la peinture par Zaha Hadid, Rem Koolhaas. L'affirmation de la notion de diagramme n'est donc pas synchronique à la propagation de techniques informatiques dans le design, mais la précède (Schnabel, 2013).

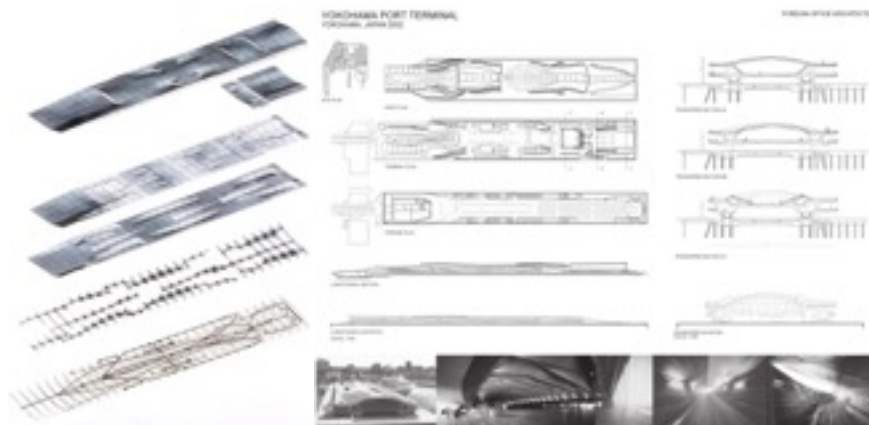


Figure 5. FOA, Yokohama International Airport. 1995. A gauche: superposition des représentations à partir du schéma fonctionnel jusqu'à sa traduction spatiale (continuité de la forme en réponse à une discontinuité programmatique). A droite, traduction de la notion de continuité dans son expression architectonique.

⁴ (avec "l'épicentre" à l'A.A School de Londres)

Titre ouvrage

4. Conclusion .

Cette recherche contribue à renforcer la connaissance en architecture par l'examen des fondements de la modélisation paramétrique et mécanique intrinsèque à des modes de conception ancrés dans une tradition méthodologique qui remonte à l'Antiquité.

L'examen du caractère innovant et de l'approche cohérente et rigoureuse spécifique des références prénumériques du xxème siècle, permet, lui aussi de reconnaître l'existence et le positionnement de méthodes de conception paramétrique dans une connaissance élargie de l'architecture.

Si Aujourd'hui, la conception paramétrique numérique échappe encore à une définition précise et est source de confusion, tant dans la pratique des agences que dans la recherche et l'enseignement, c'est aussi parce qu'il lui manque une représentation disciplinaire, en particulier dans ses relations au développement rapide des outils et des pratiques.

La présente recherche devrait être prolongée par l'exploration et la formulation d'un corpus de concepts théoriques de la conception paramétrique dans son évolution contemporaine. La recherche actuelle en architecture a montré que l'émergence de nouveaux outils et environnements de script contribuent au développement d'une méthodologie distincte de conception, à de nouvelles bases épistémologiques de connaissance de la conception, ayant pour résultat de nouvelles manières d'en penser la conception (design thinking). Les concepts fondateurs pour cette redéfinition théorique et opérative (corps de connaissance) sont basés sur le schéma paramétrique, la pensée et le raisonnement algorithmique.

5. Bibliographie

- Bravo, Maïte, (2013), in M. A. Schnabel (ed.), Cutting Edge: 47th International Conference of the Architectural Science Association, pp. 147–156. © 2013, The Architectural Science Association (ANZAScA), Australia
- Cache, B, (2013), "Dürer - Vitruvius - Plato. Instruments of Thought », <http://architectureinthemaking.se/output/lectures/cache>. Lecture held at the Event: Environment Review Days organized by architectureinthemaking. Chalmers Department of Architecture KTH School of Architecture, Architecture and Built Environment, LTH, Umeå School of Architecture
- de Boissieu, A. (2013) Modélisation paramétrique en conception architecturale. Thèse de doctorat ENSA Paris la Villette, juin 2013.
- Jormakka, K., Schürer, O. (2007). La recherche de la Forme, Birkhauser.
- Migayrou, F. (2003). Préface. In Architectures non standard. Editions du Centre Pompidou.

Titre article

- Oxman R, (2015). in eCaade 33 Proceedings. Theories and Models of parametric design Thinking.
- Oxman Rivka, Oxman Robert, (2014). Theories of the Digital in Architecture, Routledge.
- Picon, Antoine. (2010). Culture numérique et architecture, une introduction, Bâle, Birkhäuser.
- Schnabel, M-A, (2013) in M. A. Schnabel (ed.), introduction to « Cutting Edge: 47th International Conference of the Architectural Science Association », The Architectural Science Association (ANZAScA), Australia
- Woodbury, R. (2010). Elements of Parametric Design, London: Routledge.