



SCAN'16 Toulouse

Séminaire de Conception Architecturale Numérique

Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet

Sous la direction de Jean-Pierre Goulette et Bernard Ferries

PUN - Editions Universitaires de Lorraine.

ISBN: 978-2-8143-0289-1

Titre de la publication :

Ruptures et démesures de l'architecture non standard à l'ère du numérique : la paramétrisation comme outil de réconciliation

Auteurs :

STALS Adeline, ELSÉN Catherine, JANCART Sylvie



Cette publication (présentée dans ce document en version auteur acceptée), est parue dans les actes du Séminaire de Conception Architecturale Numérique SCAN'16 – Toulouse - *Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet*, 07-09 septembre 2016, Toulouse

Tout usage du contenu de cette publication doit mentionner la référence de l'ouvrage, du titre et de(s) auteur(s).

Ruptures et démesures de l'architecture non standard à l'ère du numérique : la paramétrisation comme outil de réconciliation

STALS, Adeline^{1,2} ; ELSEN, Catherine³ ; JANCART, Sylvie¹

¹ LNA, Faculté d'Architecture, Université de Liège, Belgique

² F.R.S. – FNRS, Fonds de la Recherche Scientifique, Belgique

³ LUCID, Faculté des Sciences Appliquées, ULg, Belgique

[adeline.stals@ulg.ac.be]

RÉSUMÉ. L'intégration de l'outil numérique au processus de conception architecturale a ouvert les champs morphologiques et a favorisé l'émergence de l'architecture non standard. Cette contribution identifie les principaux bouleversements pratiques et réflexifs liés à l'émergence de cette architecture parfois démesurée. Elle les résume en trois ruptures entre les différentes phases du projet-objet et entre les acteurs du projet. Nous proposons ensuite de considérer la modélisation paramétrique comme l'un des outils d'une maîtrise renouvelée du processus de génération de la forme, et de la forme elle-même.

MOTS-CLÉS : Architecture non standard, processus de conception, modélisation paramétrique, maîtrise de la forme, outils numériques

ABSTRACT. The integration of digital tool in architectural design process has opened morphological fields and encouraged the emergence of non-standard architecture. This paper identifies the main practice and reflexive upheavals related to the emergence of this renewed architecture. It sums up three ruptures between the different phases of the project-object and between the project stakeholders. Finally parametric modeling is considered as one of the tools of a renewed control of the process of generating the shape and also the form itself.

KEYWORDS: *Non-standard architecture, design process, parametric modeling, control of the form, digital tools*

1. L'ère numérique et l'architecture non standard

La revue de la littérature catégorise fréquemment l'outil numérique de deux façons opposées : soit il est considéré de manière restrictive comme le prolongement du dessin à la main, c'est-à-dire rien de plus qu'un outil de représentation augmenté de quelques options d'assistance ; soit il est vu comme un outil médiateur de nouvelle génération qui re façonne véritablement le cœur de la réflexion et de la pratique architecturale.

Différents projets architecturaux désormais réalisés nous poussent à considérer dans cet article l'outil numérique comme un des nouveaux leviers de l'innovation en matière de morphologie architecturale. L'utilisation du numérique dès les premières étapes de la conception permet effectivement aux architectes de prendre en compte d'autres paramètres (spatiaux, sociétaux ou encore esthétiques) et de libérer la forme, augmentant ainsi les champs morphologiques par rapport au modernisme et au post-modernisme. Certains architectes considèrent que ces formes dites « libres » répondent mieux aux changements sociétaux ou à leurs ambitions sculpturales (Wendland, 2000).

Ces dernières décennies ont donc vu émerger une architecture marquée par de nouvelles familles de formes. *Formes flexibles, free-form, liquid, blob, formes digitales* sont des nouveaux termes qui qualifient la richesse d'expressions formelles stimulée par les progrès de l'informatique (Bagneris, 2009). Cette catégorie morphologique, résumée sous l'appellation d'**architecture non standard**, correspond à des projets dont la conception est sans référence aux règles ordinairement admises (Picon, 2010). Cet article propose une revue de la littérature qui identifie les principaux bouleversements pratiques et réflexifs liés à l'émergence de cette architecture non standard. Il les résume en un modèle composé de trois ruptures fondamentales et propose ensuite de considérer la modélisation paramétrique comme l'un des outils d'une maîtrise renouvelée du processus de génération de la forme d'une part, et de la forme elle-même d'autre part.

2. Ruptures et démesures de l'architecture non-standard

L'histoire de l'architecture démontre que l'apparition récente de projets non standards constitue la manifestation par le bâti d'aspirations ancrées depuis longtemps dans la société. Les travaux d'avant-gardistes tels que Antonio Gaudi, Frei Otto ou encore Heinz Isler, fruits d'une recherche de nouvelles spatialités par la voie de l'expérimentation, témoignaient déjà d'une volonté forte de s'écarter des codes traditionnels de l'esthétique architecturale. L'utilisation de l'outil numérique favorise encore plus aujourd'hui l'explosion du champ des possibles, entre autres en matière de morphologie architecturale.

Force est cependant de constater que les processus et produits de l'architecture digitale entraînent de nouvelles complexités et ouvrent la voie à une certaine démesure, laissant de nombreux projets à leur état virtuel. Cette multiplicité de projets abandonnés à leur état embryonnaire est due à **trois ruptures** majeures qui jalonnent le processus de conception en architecture non standard (Picon, 2010; Stals & al., 2015).

2.1. L'émergence du paradoxe : rupture entre forme et structure

Les formes générées auparavant, dites mécaniquement contraintes, assuraient une **cohérence structurelle** mais limitaient également l'architecte dans la diversité des morphologies exploitables. Lorsqu'elle prit de l'importance au sein de la réflexion architecturale au milieu des années 80, l'informatique portait encore la promesse d'une meilleure maîtrise des dimensions structurelles du projet. L'intégration de la démarche numérique en architecture a pourtant plutôt incité à l'**effacement de la structure** au profit d'une certaine audace formelle qui s'avère complexe à mettre en œuvre d'un point de vue technique. L'architecte, au travers d'interfaces simplifiées, peut désormais jouer avec les volumes sans s'inquiéter des éventuelles répercussions structurelles.

L'ordinateur, s'il vise toujours à améliorer l'articulation entre la conception et la réalisation, laisse paradoxalement se créer une distance entre l'image de synthèse du projet et la réalité des techniques constructives (Picon, 2010). On observe donc une divergence entre la cohérence forme – structure recherchée auparavant via des processus expérimentaux d'auto-façonnage et l'utilisation actuelle du numérique favorisant davantage le développement de la forme au détriment de la logique structurelle.

2.2. Rupture de la dimension multidisciplinaire du processus de conception

Les nouveaux processus et produits de l'architecture digitale entraînent par ailleurs une complexité supplémentaire du point de vue de la **communication et du transfert du projet vers le réel** (Bagneris, 2009).

L'architecture non standard produite actuellement ne peut généralement plus être définie par la géométrie euclidienne mais requiert une géométrie alternative dite non-euclidienne. L'architecte, qui doit tout d'abord s'assurer de maîtriser ce nouveau langage, se heurte souvent à des difficultés de transfert des consignes de travail aux autres acteurs du projet. Les nouveaux modèles de formes sont en effet difficilement communicables aux ingénieurs et aux entreprises et génèrent de véritables complications aux stades avants de la mise en œuvre et de la construction du projet. Ces incompréhensions à l'interface des savoirs se sont fait particulièrement ressentir dans la mise en œuvre du Centre Pompidou à Metz, du musée Guggenheim de Frank Gehry, du terminal de Yokohama par le bureau d'architectes FOA ou encore de la nouvelle foire de Milan par Massimiliano Fuksas (Bagneris, 2009) (Figure 1).

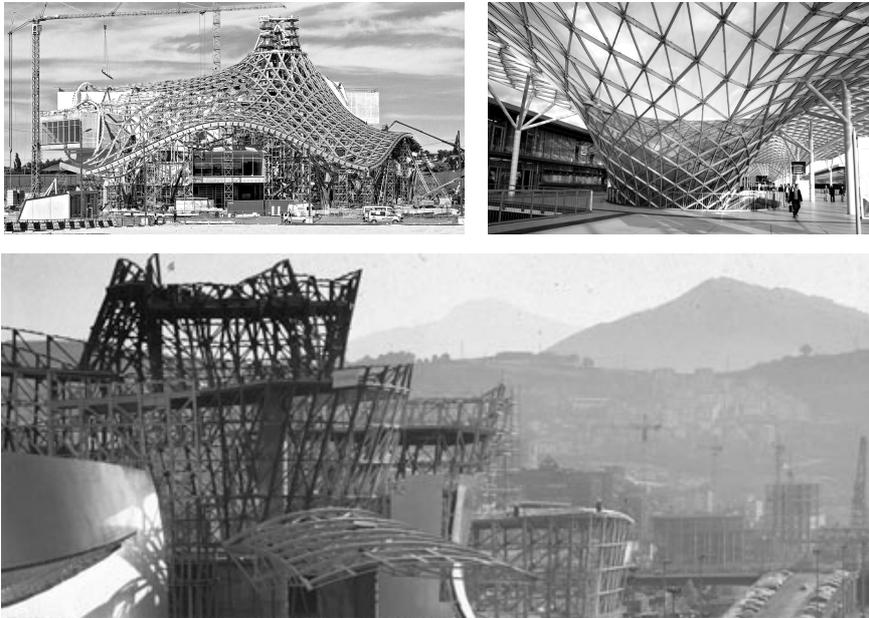


Figure 1. De gauche à droite : Centre Pompidou, Metz, France, 2006-2010, S. Ban ; Fiera Milano, Milan, Italie, 2005, M. Fuksas ; Musée Guggenheim, Bilbao, Espagne, 1997, F. Gehry.

Le numérique a donc engendré de nombreux défis: étude complexe de la structure requérant l'utilisation de logiciels initialement conçus pour d'autres disciplines de conception ; difficulté de trouver des entreprises capables de fabriquer les composants – souvent uniques – de telles ossatures ; impossibilité technique de respecter l'initiale fluidité formelle, aboutissant à une structure paradoxalement fragmentée. En conséquence de quoi ces projets « prototypes », pourtant extrêmement prometteurs en termes d'évolution des modèles morphologiques, compromettent leur propre crédibilité par des phases de réalisation dont les délais et les coûts sont rarement respectés, sans compter les problèmes de maintenance et de vieillissement prématuré de ces structures.

La seconde rupture se manifeste donc à l'interface de ces nouvelles compétences et savoirs où émergent des difficultés de compréhension et de partage de modèles communs de connaissance. Cette rupture, conséquence de l'évolution de la triade concepteur-artefact-outil, surgit tant au sein du **processus de conception** en lui-même qu'entre les **différents acteurs, multidisciplinaires**, du projet.

2.3. Rupture de l'échelle et de la tectonique du projet

L'évolution de l'outil informatique a également entraîné une dissociation entre forme et tectonique (Picon, 2010). L'évolution simultanée des outils de fabrication numérique a en effet ouvert la porte au développement de nouveaux matériaux de construction, à la mise en œuvre renouvelée de ces matériaux et à la préfabrication personnalisée, rendant confuse la distinction entre structures, peaux et matériaux, éléments primaires et secondaires du bâti (Couwenbergh, 2015).

A cette perte de matérialité s'ajoute l'utilisation effrénée en informatique du zoom avant et zoom arrière, provoquant parfois une indifférence de l'échelle de travail utilisée. La dernière rupture, conséquence de l'architecture non standard, est donc liée à la remise en question de **l'échelle et de la tectonique classique** du projet architectural.

Bernard Cache discute d'autres problématiques liées à l'architecture non standard, dont la dé-contextualisation vis-à-vis de la sédimentation historique et sociale de la cité au sein de laquelle elle s'insère. Aux précédentes ruptures s'ajouterait donc la rupture entre l'architecte-artiste produisant des images et l'architecte soucieux de l'intégration au contexte (Cache, 2003).

3. L'approche paramétrique comme outil de réconciliation

En regard de ces trois ruptures, le défi à relever consiste donc à conserver la diversité et la richesse morphologique de l'architecture non standard tout en retissant les liens avec l'ingénierie, la structure et la technique, et tout en rétablissant un cheminement de transmission de l'information cohérent entre phases de conception et de réalisation.

La **modélisation paramétrique** détient quelques-unes des clés susceptibles de rendre au **processus** une cohérence, depuis la conception jusqu'à la construction (Oxman & Gu, 2015). Cet outil de conception numérique permet en effet de coordonner plus facilement tous les éléments d'un projet, à tous les stades, à toutes les échelles et ainsi de les diffuser plus aisément à tous les acteurs.

Les Nurbs (Non-Uniform Rational B-Splines) par exemple, sont des éléments paramétriques qui permettent aux concepteurs de jouer intuitivement avec les courbes afin de produire des déformations complexes, comme s'ils les expérimentaient physiquement (Picon, 2010), et ainsi d'en maîtriser plus finement les retombées techniques et structurelles. Ces outils mathématiques permettent aux architectes de conserver l'audace et la **diversité morphologique** tout en **décrivant rigoureusement** la nature de leurs recherches formelles.

On constate cependant que la modélisation paramétrique n'a pas résolu tous les problèmes : les idéologies restent divisées quant à la question de la **maîtrise du processus de génération de la forme** et de la **maîtrise de la forme elle-même**. Certains architectes perçoivent les outils de modélisation paramétrique comme figés, inadaptés aux premières étapes de la conception. D'autres défendent l'idée que ces outils s'inscrivent dans la démarche de conception car ils permettent aisément de travailler itérativement dans une démarche tout à fait flexible.

3.1 L'outil paramétrique pour une nouvelle maîtrise du processus de génération de la forme

Les techniques expérimentales d'auto-génération de formes utilisées par des architectes tels que Gaudí, Otto ou Isler (Figure 2) exigeaient que l'architecte abandonne volontairement son rôle de « créateur » pour se soumettre au comportement de modèles empiriques (Drew, 1976). L'utilisation du modèle funiculaire notamment, au même titre que tout autre processus d'auto-génération, ne permettait pas à l'architecte de déterminer directement une forme de bâtiment. Frei Otto par exemple

développait ses surfaces minimales via des processus expérimentaux et non par l'intermédiaire de modèles mathématiques. L'architecte allemand expliquait ainsi que, pour lui, il maîtrisait le processus de génération de la forme et non directement la forme elle-même (Roussel, 2014).

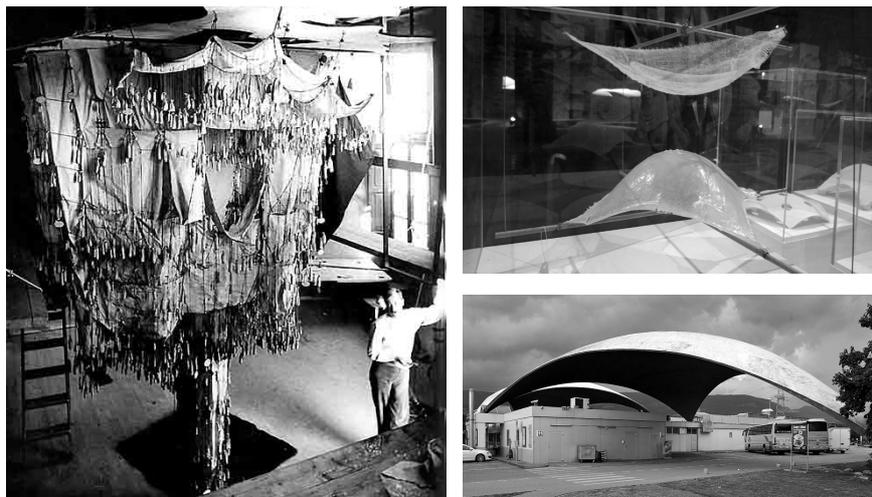


Figure 2. Maquette de la Colonia Güell via un modèle funiculaire permettant d'expérimenter de nouvelles spatialités, 1898-19016, Antoni Gaudi ; Maquette renforcée en époxy et réalisation d'une pompe à essence, Deitingen, Suisse, 1967, Heinz Isler.

Dans de tels contextes, la forme se justifie intrinsèquement par les processus d'auto-façonnage dont elle découle et non selon la posture discursive subjective et individuelle de l'architecte. Et ce à tel point que lorsque le bâtiment fait polémique, l'architecte défend le processus de conception utilisé et non le bâtiment en lui-même (Wendland, 2000).

Or il apparaît que les outils paramétriques actuels permettent de décrire les modèles mathématiques complexes qui sous-tendent les nouvelles propositions morphologiques. Dans la même logique, en réponse aux architectes qui craignent une perte totale de contrôle du processus de conception, il est important de rappeler que la modélisation paramétrique peut, au même titre et au-delà des limites de l'expérimentation matérielle, proposer une maîtrise renouvelée du processus de génération de la forme.

3.2 L'outil paramétrique pour une nouvelle maîtrise de la forme elle-même

S'agissant enfin de la maîtrise de la forme elle-même, qui ne doit pas être évincée du débat, nous faisons ici appel à de plus récentes propositions théoriques, telles que celles de Carpo ou encore Bourbonnais.

Mario Carpo (1993) discute dans ses écrits la perte d'autorité de l'architecte comme auteur du projet. Il dit à ce sujet que « les ordinateurs n'imposent pas en eux-mêmes des formes, pas plus qu'ils ne renvoient à des préférences esthétiques. On peut aussi bien concevoir des boîtes que des surfaces plissées au moyen des ordinateurs » (p.16). Il rappelle ainsi aux architectes qu'il est de leur seul ressort de conserver, ou non, un certain degré d'intentionnalité au sein de leur démarche formelle.

Sébastien Bourbonnais (2015) quant à lui démontre que l'utilisation des outils paramétriques porte en elle, intrinsèquement, la promesse d'un renouvellement des principes de maîtrise de la forme. Analysant le processus de conception de plusieurs architectes exploitant la modélisation paramétrique, il a investigué les notions de « **lâcher prise** » ou au contraire de « **laisser aller** », de « **laisser faire** ». Il ressort de ses observations qu'il est plus judicieux de parler en architecture de « lâcher prise », car le concepteur, même s'il laisse l'ordinateur travailler seul durant un certain laps de temps, reste l'unique responsable de la solution choisie, elle-même retravaillée, et ainsi de suite dans un processus itératif qu'il maîtrise (Bourbonnais, 2015). Il écrit à ce sujet ceci :

« Ni laisser-aller, ni inattention, mais plutôt l'inverse : la sensibilité du « lâcher prise » peut être présentée comme la capacité pour le concepteur de laisser, momentanément, le programme se charger de transformer, modifier et faire varier la forme grâce à un algorithme particulier. Contrairement au « laisser aller », le « lâcher prise » oblige une reprise en main de la forme par l'architecte, qui doit par la suite l'insérer dans son *monde* à lui, chargé de considérations personnelles. [...] Ils restent concentrés pour recadrer, rediriger, réorienter la prise de forme, de manière intuitive ou analytique, jusqu'à ce qu'ils en découvrent, perçoivent et inventent un sens. Il se produit une sorte de dépossession momentanée : l'architecte ne contrôle plus directement les mutations de la forme, mais seuls les critères de variations sont à sa portée ; il assure le relai entre forme et information.» (Bourbonnais, 2015, p.133)

Dans la pratique quotidienne, il faut toutefois admettre que la plupart des architectes restent réticents face à la modélisation paramétrique, craignant encore et toujours cette perte de maîtrise de la forme. La situation de « lâcher prise », qui déplace le concepteur du centre de la conception pour un temps, inquiète donc encore.

Rappelons alors que les outils paramétriques, au contraire de simples outils de modélisation, permettent d'aller au-delà des variations esthé-

tiques de modèles généralement obtenus par des méthodes d'essais-erreurs. La manipulation sur la forme uniquement engendre effectivement la perte de contrôle ; les outils paramétriques, eux, permettent au contraire d'adopter une démarche qui intègre au sein du processus la réflexion technique et structurelle.

4. Conclusion

Cet article résume en trois ruptures les bouleversements essentiels consécutifs de l'introduction des outils numériques de conception en architecture non standard (Picon, 2010). Une première rupture identifiée est celle qui apparaît entre la forme et la structure : la démarche numérique incitant plutôt à l'effacement de la structure au profit de l'audace morphologique. La deuxième apparaît à l'interface des compétences et savoirs multidisciplinaires du processus de conception, tandis que la troisième opère au niveau de l'échelle et de la tectonique du projet.

Nous identifions la modélisation paramétrique comme l'un des outils de réconciliation des phases de conception et de construction: nous suggérons que ces outils portent en eux la promesse de la conception de bâtiment souvent iconiques mais cohérents. A partir de ce constat, nous discutons les enjeux de ces processus et outils pour la maîtrise de la génération du processus de la forme et de la maîtrise de la forme elle-même.

Par ailleurs, d'autres outils numériques font appel à la notion d'objets paramétrisés et ouvrent de ce fait la voie à une conception paramétrique potentiellement plus facile à intégrer à des processus de conception plus traditionnels.

Cet article questionne d'une part les connaissances et pratiques pédagogiques à renouveler en architecture et, d'autre part, les adaptations à apporter aux outils paramétriques pour les rendre davantage adaptés aux besoins des architectes.

5. Bibliographie

- Bagneris, M. (2009). *Contribution à la conception et à la réalisation des morphologies non-standard : les formes pascaliennes comme outil*. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier 2.
- Bourbonnais, S. (2015). *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est.

- Cache, B., Beaucé, P. (2003) *Vers un mode de production non-standard*. In Objectile.
- Carpo, M. (1993). *Ten years of folding*. In *Folding in Architecture* (Londres: 1993, nouvelle édition: 2004).
- Couwenbergh, J-P. (2015). *L'approche computationnelle : un changement de paradigme en conception architecturale. Perspectives d'enseignements et de recherches*. Journée de la Recherche et des Doctorants en LOCI, 2015.
- Drew, P. (1976). *Frei Otto, Form and Structure*. Londres: Crosby Lockwood Staples.
- Oxman, R., Gu, N. (2015). *Theories and models of parametric design thinking*. In *Proceedings of the 33rd eCAADe Conference*.
- Picon, A. (2010). *Culture numérique et architecture*. Bâle: Birkhäuser.
- Roussel, M. (2014). L'approche morphogénétique et la poursuite de la complexité. DNArchi - <http://dnarchi.fr>
- Stals, A., Elsen, C., Jancart, S., Delvaux, F. (2015). *Challenges in teaching architectural morphogenesis*. in *Proceedings of the 3rd International Conference for Design Education Researchers*
- Wendland, D. (2000). *Model-based formfinding processes: free forms in structural and architectural design*. Allemagne: Universität de Stuttgart.

7. Table des illustrations

Figure 1. Centre Pompidou : <http://dev.peri.com.kw> - Fiera Milano : www.panoramio.com - Guggenheim à Bilbao : <http://www.guggenheim.org>

Figure 2. Sagrada Familia : <http://www.gaudidesigner.com>
Heinz Isler : <http://www.designboom.com> et <https://en.wikipedia.org>