

L'architecture paramétrique

Expérimentations en architecture numérique

Groupe de Mathilde Bastin

Manon BECHET, Florette DOISY, Priscilla YUNG

Partie 1 :

Analyse de texte

Ruptures et démesures



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

Adeline STALS, Catherine ELSÉN, Sylvie JANCART

Les auteurs

Adeline Stals est une architecte qui a fait la faculté d'Architecture à l'Université de Liège en Belgique où elle fait une thèse sur les modèles et les principes innovants pour la conception architecturale en morphologie non standard. Pour elle, la morphogénèse est importante dans le travail de l'architecte. Elle retrace l'évolution de cette question de la morphogénèse en architecture mais aussi des questions de la forme géométrique contrainte à la forme mécanique et de la nouvelle famille de formes que l'on qualifie de « non standard ». Elle explique qu'avec l'apparition de progrès numériques et de nouveaux modes de conception, la forme se libère sans être vraiment adaptée aux besoins du concepteur : cela crée des ruptures entre la forme et la structure.

Le but de sa thèse est de réévaluer la relation entre l'outil, la forme et le concepteur sous différents angles : empiriques, expérimentaux et cognitifs. Elle veut éclairer les architectes sur le processus de la conception morphologique jusqu'à la mise en œuvre des formes non standard tout en maîtrisant le côté spatial, structurel et architectural.

Catherine Elsen est posséder un diplôme d'ingénieur civil architecte, elle a elle aussi été à l'Université de Liège en Belgique. Elle est diplômée du CNAM et est chargée de cours à l'Université de Liège.

Sylvie Jancart enseigne quant à elle à la faculté des Sciences Appliquées également à l'Université de Liège en Belgique. Elle est diplômée de l'Université de Namur. Elle écrit un article sur le BIM et la maquette virtuelle, elle le considère comme un outil pédagogique permettant le rapprochement entre les cours d'informatique et l'enseignement d'architecture.

Lexique

Architecture non standard : architecture comprenant toutes les formes libres qui s'affranchissent des règles déjà instaurées.

Avant-gardiste : qui expérimente pour innover sans forcément atteindre l'approbation de la société.

Bâtiment iconique : image qu'on utilise comme un symbole.

Cohérence structurelle : reprise des charges (forme) qui correspond à la structure visible.

« **Créateur** » : fabrique une idée dans sa globalité, de la conception de la forme à la forme elle-même.

Dé-contextualisation : possibilité d'avoir un bâtiment sans aucun contexte ou de l'implanter dans n'importe quel contexte historique ou social.

Démesure : sans limite, la taille n'est pas forcément adaptée.

Expérimentation : essai par de la pratique.

Formes « libres » ou freeform : formes qui se libèrent de la conception architecturale classique et de la contrainte structurelle à un moment donné.

Formes flexibles : formes qui permettent une évolution.

Liquid : architecture de forme organique fluide.

Blob : forme architecturale organique bombée.

Formes digitales : formes inspirées de l'empreinte.

Géométrie euclidienne : notions de droite, de plan, de longueur.

Innovation : qui fait évoluer les principes ou les règles déjà instaurés.

Maîtrise de la forme : maîtrise du projet mais pas forcément de sa conception.

Modélisation paramétrique : création de formes dont les paramètres sont définis et pouvant

être partagés.

Modernisme : mouvement culturel et architectural du XXème siècle caractérisé par un retour aux formes géométriques pures.

Post-modernisme : mouvement qui apparaît après le modernisme caractérisé par un retour aux références classiques.

Morphologie architecturale : forme architecturale.

Nurbs : élément paramétrique qui permet de définir une forme aléatoire avec des coordonnées mathématiques.

Outils numériques : technologie comprenant les machines et les logiciels de modélisation.

Processus de conception : génération de la forme par des moyens techniques ou expérimentaux.

Processus itératif : qui se répète.

Prototype : projet expérimental de la forme.

Rupture : fragmentation, coupure

entre deux éléments.

Tectonique : qui se rapporte à la structure ou à l'art architectural.

Extraits

« Différents projets architecturaux désormais réalisés nous poussent à considérer l'outil numérique comme un des nouveaux leviers de l'innovation en matière de morphologie architecturale. »

« 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

« Les techniques expérimentales d'auto-génération de formes [...] exigeaient que l'architecte abandonne volontairement son rôle de « créateur » pour se soumettre au comportement de modèles empiriques. » Drew, 1976

« Les ordinateurs n'imposent pas 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. » Mario Carpo, 1993

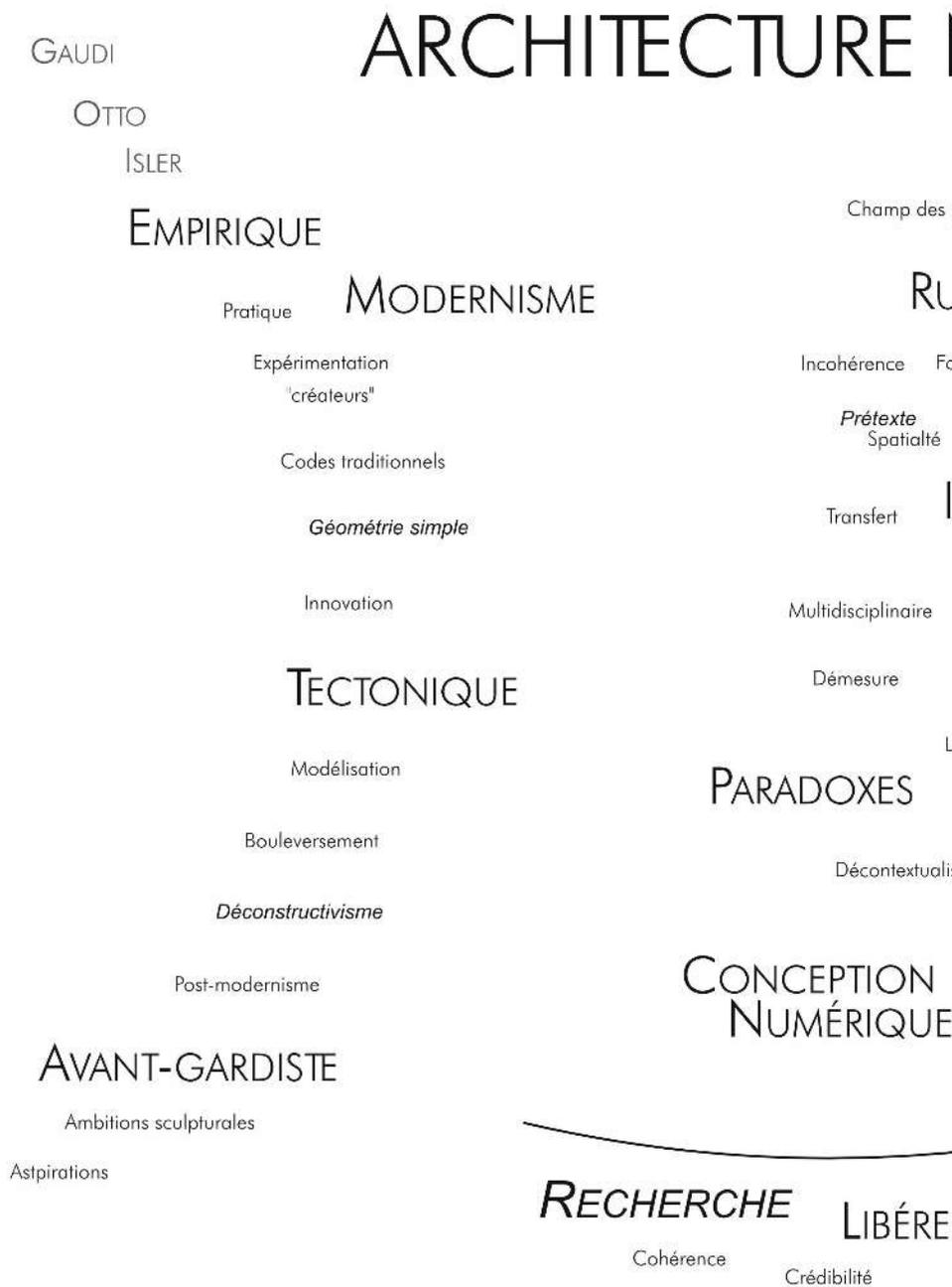
Synthèse du texte

A l'arrivée du numérique, l'ordinateur est d'abord un outil de réalisation. Mais peu à peu on entre dans la conception, ce qui mène à de nouvelles formes architecturales que l'auteur appelle architecture non-standard. Elle présente les trois ruptures majeures qui découlent de l'émergence de cette nouvelle architecture.

La première rupture est une incohérence entre la forme et la structure, le numérique aurait tendance à favoriser la forme plutôt que la structure. La deuxième concerne la nécessité d'avoir des compétences spécifiques pour maîtriser l'outil numérique, il y a aussi des problèmes de communication entre les acteurs du projet liés à l'émergence d'un nouveau langage. Enfin la troisième s'axe plus sur une rupture au niveau de l'échelle et de la tectonique du projet, l'architecte privilégie le projet en l'écartant du contexte, élément normalement important dans un processus de conception.

L'auteur va proposer une solution à ces trois ruptures : l'approche paramétrique. Pour elle, c'est un outil de conception qui permet de retrouver une certaine cohérence entre la phase de conception et la phase de réalisation. Il permet, entre-autre, de maîtriser le processus de génération de la forme et la forme elle-même. Cependant, certains architectes craignent encore le « lâcher prise » venant de l'autonomie de cet outil paramétrique.

Nuage de mots



NON-STANDARD

possibles

PTURES

me Structure

Complexité

CONES

GHERY

FOA

FUKSAS

laisser-aller

sation

R LA FORME

Compréhension

PARAMÉTRIQUE

Paramétrisation

Lacher-prise

Contrôle

Mathématique

Virtual

Nouveaux modèles

Forme libre

SENS

Choix

Réflexion

Démarche

Outil

Rigueur

MAÎTRISE

Information

Communication

Interfaces

Informatique

Compétence

"Ce n'est pas parce qu'on peut que l'on doit"

Cohérence



Partie 2 :

Travail personnel

L'architecture paramétrique

Choix et présentation du sujet

Nous avons décidé de travailler sur l'outil paramétrique comme solution à une architecture inédite. Nous avons dégagé trois grandes idées.

Tout d'abord, nous parlerons de l'architecture inédite dans le domaine de l'environnement naturel. Ensuite, nous parlerons d'architecture inédite en terme de performance. Enfin, nous parlerons d'une nouvelle forme d'architecture que l'on commence à penser plus sérieusement grâce à l'outil paramétrique : l'architecture extraterrestre et en particuliers sur la planète Mars.

La paramétrisation en architecture est une approche innovante qui permet de générer des formes géométriques plus ou moins complexes à partir de l'exploitation d'une grande quantité de données. Ces données peuvent être de type environnemental, acoustique, structurel, social, urbain.

Nous avons décidé d'utiliser le terme d'architecture de l'inédit comme étant de l'architecture que nous n'avons pas l'habitude de voir à la période où elle est créée.

Environnement naturel

La paramétrisation peut être utilisée au service des animaux, comme un besoin animal. Depuis quelques années, la sensibilisation au bien-être des animaux est de plus en plus présente, notamment celui d'animaux en captivité. Que ce soit pour améliorer leurs conditions de vie ou encore pour participer à la conservation de leur espèce. Simplement, on peut commencer à répondre à ces préoccupations en apportant à ces animaux un lieu de vie similaire à leur milieu naturel.

La paramétrisation permet à ce jour de produire une architecture qui peut répondre à des besoins divers mais précis. Ainsi, elle permet d'offrir à des animaux un lieu de vie paramétré en fonction de leurs besoins. La paramétrisation par ordinateur peut créer des formes complexes et infinies. Par exemple dans la maison des éléphants du zoo de Zurich, Schietsc et Eugster utilisent la paramétrisation pour concevoir notamment la coque fragmentée et compartimentée entre surfaces vitrées et surfaces opaques afin d'offrir au éléphants un espace se rapprochant de celui de leur milieu naturel tout en réglant le climat intérieur. L'utilisation de la paramétrisation par ordinateur pour cette coque s'impose aussi par la légèreté de celle-ci et le fait qu'elle soit conçue de façon à pouvoir être montée sur le chantier. Ce qui impliquait de créer un élément mettant en adéquation les différentes phases de sa construction ainsi que ses contraintes. Par une autre approche, l'enclos des orangs outans du zoo de Perth est composé de volumes très complexes et légers, conçus de façon à se rapprocher plus fonctionnellement que physiquement de ce qu'il pourrait retrouver dans la nature pour se stimuler. Ce principe de créer un espace aux mêmes fonctionnalités se retrouve également dans l'enclos des pandas géants du zoo de Copenhague. Il est aménagé de façon à ce que le mâle et la femelle vivent complètement séparés une grande partie de l'année afin de favoriser leur reproduction au moment approprié.

D'autres exemples existent sur ce sujet, peu à peu le monde change. Il est certes trop tard pour revenir en arrière et redonner à ces animaux ayant toujours vécu en captivité leur vie originelle dans leur milieu na-

turel. Mais n'est-il pas de notre devoir de faire ce que l'on peut pour au moins leur rendre une part de leur origine ? De nous mettre au service de ces êtres sûrement trop longtemps utilisés en oubliant leur statut d'être vivant à part entière ? L'architecture paramétrique a su se rendre utile dans cette intention. Les critères de milieu de vie des animaux sont si complexes que seule une conception paramétrée par ordinateur permet de répondre de manière qualitative à cette demande. Que ce soit en créant des espaces physiquement ressemblant à leur milieu naturel ou que ce soit en créant des espaces qui apportent les mêmes fonctions que celui-ci.



Performance

La paramétrisation peut être utilisée afin d'allier l'imaginaire à la forme et de ce fait, de rendre certains rêves d'architectes bels et bien réels. En effet, parfois, certaines formes paraissent impossibles à concevoir dans le monde du réel mais l'outil paramétrique permet aujourd'hui de faire des bâtiments inédits et performants dans leur forme et leur conception.

Avec l'arrivée du numérique, certains logiciels permettent de générer des formes jusque là impossibles à réaliser. Un architecte ayant l'ambition de créer un bâtiment qui sort de l'ordinaire, non standard comme pourrait le dire l'auteur du texte *Ruptures et Démesures*, peut aujourd'hui quasiment toujours le réaliser. Il faut cependant nuancer ce propos car il y a un certain nombre de paramètres à déterminer pour concevoir ce type de bâtiment.

L'outil numérique amène à la création d'architecture aux formes uniques qui ne répondent à aucune règle de la géométrie euclidienne. Ces bâtiments sont très performants car en les regardant, il est souvent impossible de savoir comment ils ont été conçu, il est également difficile d'en imaginer la structure et de savoir comment ils peuvent être encore debout.

Ces édifices au visuel incroyable, ne sont pas seulement impressionnants. Ils sont aussi munis de vraies qualités d'usages et de fonctionnalités urbaines et paysagères. Par exemple, si l'on prend la Fondation Luma de Frank Gehry à Arles, la paramétrisation permet de faire revivre un lieu et de redonner une certaine valeur perdue à une région et ses habitants.

Si l'on regarde cet exemple d'un peu plus près, c'est un édifice comme nous l'avons décrit précédemment, une utopie que l'on voit sur le papier sans vraiment l'imaginer dans le monde réel. C'est la preuve d'un grand rêve quasiment irréalisable, le premier projet que l'architecte

a proposé pour cette fondation n'a jamais eu le permis de construire. Il faudra attendre quelques années avant de voir s'élever peu à peu la tour que l'on voit actuellement se construire.

L'outil paramétrique a donc permis un grand tournant dans l'architecture. Il a fait naître des édifices uniques et extraordinaires. C'est cette architecture inédite issue de la paramétrisation qui change petit à petit le monde et qui permet aux architectes de faire preuve de plus en plus de performance dans la conception de leurs édifices.

« Au-delà de son aspect sculptural visible d'emblée, il est impossible de saisir tout le bâtiment d'un seul coup d'oeil. Il mute à mesure qu'on tourne autour de lui, et ce mouvement perpétuel contribue à l'inscrire symboliquement dans la dynamique urbaine. » - Frédéric Migayrou



Relativité du naturel

Apparue il y a moins d'un siècle, la conquête de l'espace fut un enjeu majeur dans la 2ème moitié du XXème siècle, après la conquête de l'espace aérien. Jusqu'à récemment ces progrès majeurs n'étaient pas dépendants du numérique, encore moins de la paramétrisation. Ils étaient créés laborieusement, au terme d'études longues et d'expérimentations parfois catastrophiques. Si l'outil numérique vient comme support logique des avancées technologiques et du progrès, la paramétrisation vient comme solution à créer des architectures extraterrestres viables et respectant l'environnement humain sur une autre planète, c'est-à-dire l'environnement qui nous est nécessaire pour vivre « normalement » dans un endroit qui ne nous est pas naturellement attribué. L'Homme se retrouve tel un animal dans un zoo, où le climat ne lui ressemble pas. Comment lui permettre de s'habituer à un nouvel environnement ?

La NASA cherchant à coloniser la planète Mars, elle lance un concours d'habitations dont la construction sera en 3D dans l'espace. Les contraintes sont différentes que sur Terre. Sur Mars, le contexte est une donnée importante, où le pas de l'homme serait décuplé puisque la pression y est 170 fois moins élevée que sur Terre. Toutes les agences répondant à ce concours ont utilisé le numérique pour pouvoir appliquer les paramètres martiens : l'atmosphère, paramètre basique dont on ne se soucie plus sur Terre, par habitude, y est différente (donc la pression); les saisons y sont plus marquées, dû à l'excentricité de l'orbite de la planète ; les matériaux y sont différents : le matériau majoritaire présent sur Mars est l'hématite amorphe (ou Oxyde de fer III).

Sfero House par Fabulous est un projet d'habitation prenant en compte les paramètres de fabrication, l'atmosphère et rayonnements, et les conditions de vie sur la planète Mars. C'est une réponse au concours de la NASA. « *The spherical shape has been designed to offer high resistance to Mars' low atmospheric density.* » Cette bulle répond à la contrainte de pression par un jeu structurel : la forme comprend les paramètres, s'adapte, s'arrondit, devient une formule mathématique para-

métrée qui ensuite s'imprime dans le vide. Tout un monde virtuel devient concret dans cette bulle concrète qui vient fleurir la surface de la Planète Rouge. Prenant en compte l'atmosphère exposant les colons aux UV, le projet inclus dans sa structure une certaine quantité d'eau, meilleur isolant présent sur place laissant passer également la lumière.

Si des projets sur Mars voient le jour contraints de paramètres, où le système constructif prône sur le bien-être, comment inventer une architecture pour l'humain ? Que devient l'imaginaire collectif au sein de projets rationnels contenus dans des paramètres ?

Un principe de design paramétrique : « domestic astronomy »

L'architecture et le design paramétrique c'est aussi utiliser les paramètres environnementaux, mécaniques, etc...

Dans le cadre de l'exposition "Green Architecture for the Future" à Humlebæk au Danemark, Philippe Rahm a réalisé l'installation « domestic astronomy » dans laquelle il a conçu un appartement sur un principe de design paramétrique. Dans une habitation il y a de grandes variations de température, Philippe Rahm s'appuie sur ses données invisibles pour réaliser son installation. L'appartement est en fait agencé de façon à ce que chaque élément : lit, baignoire, table... soit placé de façon à mettre en relation le corps, l'activité et d'autres paramètres et la température de chaque zone de l'espace. En bref, il place les meubles dans la pièce en fonction des conditions de température optimales pour arriver à une nouvelle façon d'habiter, une façon d'habiter verticale.

« Le projet « Domestic astronomy » est le prototype d'un appartement dont on habiterait non plus la surface mais l'atmosphère. Quittant le sol, les fonctions et le mobilier s'élèvent, se dispersent, s'évaporent dans l'atmosphère de l'appartement, se stabilisant selon certaines températures en relation avec le corps, l'habillement et l'activité.

Selon la loi d'Archimède, l'air chaud monte tandis que l'air froid descend et cette réalité physique a une influence directe sur la répartition des températures à l'intérieur d'un appartement.[...]

Notre propos est aujourd'hui de prendre en compte ces disparités physiques dans la répartition de la température dans l'espace et d'en profiter pour transformer la manière d'habiter l'espace en quittant l'exclusivité d'un mode d'habitation horizontal en intérieur pour un mode d'habitation vertical où l'on peut habiter différentes zones thermiques, différentes strates, différentes altitudes. » Philippe Rahm

Bibliographie

Une canopée en dentelle de bois à la complexité entièrement maîtrisée

Les cahiers techniques du bâtiment n°336, octobre 2014

In Progress : Elephant House / Foster + Partners

archdaily, le 28/05/2008

www.archdaily.com/1323/in-progress-elephant-house-foster-partners

BIG Designs Yin-Yang Shaped Panda Enclosure for the Copenhagen Zoo

archdaily, Patrick Lynch, le 27/03/2017

www.archdaily.com/867991/big-designs-yin-yang-shaped-panda-enclosure-for-the-copenhagen-zoo

Perth Zoo Orang-utan Exhibit / iredale pedersen hook architects

archdaily, le 07/07/2015

www.archdaily.com/769675/perth-zoo-orang-utan-exhibit-iredale-pedersen-hook-architects

Fondation Luma à Arles: l'utopie Maja Hoffmann

L'Express, Lydia Bacrie et Sylvie Wolff, le 24/06/2017

www.lexpress.fr/culture/art/fondation-luma-a-arles-l-utopie-maja-hoffmann_1920570.html

Fondation Luma à Arles: la nouvelle folie de Frank Gehry

L'Express, Louise Prothery, le 25/06/2017

www.lexpress.fr/culture/art/fondation-luma-a-arles-la-nouvelle-folie-de-frank-gehry_1920804.html

3D-printed bubble house proposed for living on Mars

Dezeen, Emma Tucker, le 11/09/2015

www.dezeen.com/2015/09/11/fabulous-double-domed-3d-printed-sfero-bubble-house-mars-red-planet

Vivre sur Mars dans un habitat en impression 3D avec le projet français SFERO

Fabulous, Arnault Coulet, le 04/09/2015

www.fabulous.com.co/blog/vivre-sur-mars-dans-un-habitat-en-impression-3d-avec-le-projet-francais-sfero/

Mars Analog and the technology applied to production of simple and selfbuild structures

Luciana Tenorio

www.uia2017seoul.org/P/papers/Abstract/Design_Works/Oral/DW1-11/O-0063.pdf

Vers une architecture météorologique ?

Complexitys_com, Francesco Cingolani, le 25/03/2013

complexitys.com/english/art-en/architecture-meteorologique/#.WgiD1mjWxPZ

