



Énoncé Théorique de Master d'Architecture

EPFL 2019

---

# PARAMÈTRES CONDITIONNÉS OU CONDITIONNELS ?

Ian Bichelmeier

Une Proposition de Processus Paramétrique

Le Logement



## Remerciements

Pr. Paolo Tombesi

Pr. Bernard Cache

Christophe Berther

*Lorsque l'on considère la recherche matérielle comme une substance,  
l'exploration du savoir-faire en tant qu'objectif,  
la conception numérique en tant que méthodologie,  
et la fabrication numérique en tant que technique,  
une procédure de conception architecturale intégrée émerge,  
à laquelle l'architecte peut appliquer des données spécifiques.*

Philip Yuan

---

# AVANT-PROPOS

Une énorme part du travail de l'architecte est une succession de tâches fastidieuses qui sont fondamentales mais aussi répétitives et calculatoires. Il ne s'agit pas seulement de mesurer des longueurs, des surfaces ou des volumes mais aussi des efficiences énergétiques ou des coûts de construction par exemple. C'est un travail qui peut être perçu comme peu gratifiant et peu spectaculaire mais qui est pourtant indispensable, et qui doit être rigoureux car l'erreur est impardonnable.

D'autre part un projet rassemble plusieurs disciplines et il est nécessaire de partager les informations avec tous les acteurs variés du projet<sup>1</sup>. Le langage de l'architecte est unique à l'architecture mais chaque acteur nécessite et utilise un langage spécifique qui lui permet de contribuer sa part au projet. L'architecte doit donc traduire ces informations pour faciliter, voire rendre possible la réalisation du projet.

L'émergence des technologies numériques commence à faciliter ce travail interdisciplinaire. Des programmes tels que Revit ou ArchiCad se servent de plateforme d'interaction pour ce partage d'informations, et servent de base pour la mise en œuvre de ce que nous appelons un système multi-agent (SMA). Les bureaux d'architectures utilisent souvent l'ordinateur pour organiser les processus de documentation et de construction<sup>2</sup>. Mais la plupart n'arrivent pas à utiliser la puissance du numérique dans le processus de conception, en l'intégrant dans une méthode

---

<sup>1</sup> Peggy Deamer et Phillip Gordon Bernstein, éd., *Building (in) the Future : Recasting Labor in Architecture*, 1. ed (New York : Princeton Architectural Press [u.a.], 2010).

<sup>2</sup> Scott Marble, éd., *Digital workflows in architecture : designing design, designing assembly. designing industry*, (Basel: Birkhäuser, 2012).

généralité<sup>3</sup> basée sur un système paramétrique utilisant des critères multiples, comme les contraintes de site, les éléments typologiques ou le programme.

Avec l'utilisation d'outils paramétriques comme Grasshopper, les algorithmes et plus généralement les technologies de l'information tendent de plus en plus à s'immiscer dans le processus de la conception architecturale. Ces plateformes de traitement d'information favorisent ainsi la création d'un langage partagé. Cette mise à niveau d'un langage qui devient utilisable par tous pose néanmoins des questions sociaux-techniques au niveau même de ce mode de production, qui n'est pas seulement formel ou mécanique, et comme nous allons le voir, pas forcément autonome<sup>4</sup>.

De nos jours, la plupart des acteurs impliqués dans la conception architecturale utilisent des systèmes de conceptions dépassés, car non-adaptés aux nouvelles conditions de production. Les nouveaux systèmes ne paraissent pas intégrés dans nos activités cognitives et instrumentales, et rencontrent même une certaine résistance parmi les architectes. Il me semble que cela est explicable par le fait qu'il soit difficile d'ajuster notre quotidien à des bonds technologiques qui se développent à une cadence aussi effrénée que celle d'aujourd'hui.

*« Une part du progrès consiste à préserver l'ordre en dépit du changement, et le changement en dépit de l'ordre »<sup>5</sup>*

A.N. Whitehead

À travers cet énoncé, j'essaye de mettre en évidence un cadre dans lequel l'utilisation des outils paramétriques, et plus généralement des outils numériques, n'est plus associée à un style, mais peut s'insérer dans n'importe quel type de pratique

---

<sup>3</sup> Patrick Janssen, *A generative evolutionary design method*, Digital Creativity 17, no 1 (1 janvier 2006), <https://doi.org/10.1080/14626260600665736>.

<sup>4</sup> Yasser Zarei, *The Challenges of Parametric Design in Architecture Today : Mapping the Design Practice*, Thesis, Master of Philosophy, (University of Manchester 2012).

<sup>5</sup> Alfred North Whitehead, David Ray Griffin, et Donald W. Sherburne, *Process and Reality : An Essay in Cosmology : Gifford Lectures Delivered in the University of Edinburgh during the Session 1927-28*, p. 515, Corr. ed., first Free Press paperback edition (New York : Free Press, 1985).

architecturale. C'est pourquoi j'opte ici pour une approche théorique qui tente de mettre en avant les possibilités offertes par ces outils et les conditions nécessaires à l'incorporation de ces technologies dans des pratiques quotidiennes<sup>6</sup>. Pour me guider dans cette réflexion, je tenterai de répondre à trois questions.

Pourquoi et comment le fait d'utiliser ces nouveaux outils change la manière de concevoir l'architecture, et pourquoi la confrontation de l'architecte avec des systèmes ouverts et en évolution permanente définit un nouveau mode de production ?

Quelles conditions l'architecte doit-il intégrer dans une approche paramétrique qui structure un processus de conception basé sur des contraintes et des possibilités qualitatives, et comment peut-il les utiliser dans un modèle paramétrique ?

Comment l'architecte doit-il utiliser ces données générées dans un environnement donné et quel poids doit-il leur donner en rapport à l'observation des usages des utilisateurs dans son travail architectural ?

Un traitement automatisé des informations et d'analyse des données nous pousse d'un mode de production qui était à la base un processus linéaire et fini à un mode de production qui est un processus ouvert et continu. Cette production architecturale devient extrêmement libre et nous devenons architecte de la conception de ces automatisations de prises de décisions. Peut-il ainsi garder une dimension créative dans la programmation d'un système multi-agents ? Nous allons essayer de voir ce qui pourrait déterminer les conditions de ces processus.

---

<sup>6</sup> Roland Hudson, *Strategies for Parametric Design in Architecture*, Thesis, Doctor of Philosophy, University of Bath (2010).

---

# SOMMAIRE

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS                            | 5  |
| INTRODUCTION                            | 10 |
| I / INTENTIONS PARAMETRIQUES            | 13 |
| Le Paramètre                            | 14 |
| Evolutions                              | 20 |
| Notations                               | 29 |
| Evaluation                              | 34 |
| Condensation                            | 40 |
| II / CONDITIONS INDIVIDUELLES           | 45 |
| Les Besoins Humains                     | 46 |
| Les Relations Entre L'Homme et L'Espace | 50 |
| L'Habitude Comme Vecteur                | 54 |
| Les Topologies Du Contrôle Social       | 61 |
| Les Systèmes Interactifs                | 65 |
| III / CONDITIONS SPACIALES              | 70 |
| La Forme De L'Espace                    | 71 |
| Les Relations Spatiales                 | 77 |
| Les Articulations Spatiales             | 83 |
| Les Imbrications Opérationnelles        | 89 |
| Les Interactions Conditionnelles        | 97 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| IV / CONDITIONS CONTEXTUELLES                | 106 |
| Les Seuils Entre L'Intérieur et L'Extérieur. | 107 |
| L'Intégration Dans La Ville                  | 113 |
| Les Règles Urbaines                          | 117 |
| Les Variations Environnementales             | 121 |
| La Formalisation Intérieure                  | 125 |
| V / CONCEPTIONS PARAMETRIQUES                | 132 |
| La Conceptualisation Paramétrique            | 133 |
| La Temporalité De L'Espace                   | 137 |
| L'Adaptabilité, Liberté ou Flexibilité ?     | 141 |
| Le Mouvement et La Fonctionnalité            | 145 |
| La Réutilisation et La Réhabilitation        | 149 |
| CONCLUSION                                   | 154 |
| BIBLIOGRAPHIE                                | 157 |

---

# INTRODUCTION

À travers cet énoncé nous allons définir les conditions, qui sont nécessaires à la vérification des paramètres influençant le projet architectural. L'irruption du numérique dans divers processus architecturaux a changé notre pratique architecturale, ouvrant de nouvelles voies vers de nouveaux modèles de conception. Souvent perçue comme brutale, l'adaptation des pratiques professionnelles aux bouleversements du numérique nécessite des efforts considérables, à la fois intellectuels et économiques. Dans cette ère du numérique, la question est finalement de savoir si l'architecture doit évoluer pour devenir véritablement digitale, ou si elle peut s'affranchir de ces nouveaux outils et ne pas changer une façon bien établie de pratiquer ?

Nous allons voir comment et à quel point ces nouvelles technologies peuvent permettre d'optimiser les processus de conception<sup>7</sup> d'un projet, notamment en digitalisant certaines étapes du projet. Un objet digital doit remplir des conditions bien définies pour être qualifié de digital. Les paramètres variables répondent aux itérations d'un algorithme, soit un ensemble de règles opératoires propres à un calcul et une suite de règles formelles, et le 21ème siècle a vu l'ordinateur absorber une langue basée sur ces variables. De plus, un des attributs principaux d'un artefact digital est la possibilité de modification, d'interactivité, de programmabilité et de distribution. En tant que telles, les technologies informatiques architecturales intègrent donc ce processus de numérisation en utilisant diverses plateformes pour mettre en œuvre une méthode de travail. Ces plateformes sont variées et leur utilisation n'induit pas les mêmes comportements de conception en fonction du programme et de leurs

---

<sup>7</sup> Roland Hudson, *Strategies for Parametric Design in Architecture*, Thesis, Doctor of Philosophy, (University of Bath, 2010).



utilisateurs. Il est essentiel de se rendre compte que, si nous utilisons un programme numérique, le processus de conception n'est en lui-même pas vraiment numérique.

Une plateforme sert de cadre pour un « *Processus sociotechnique d'application de techniques de numérisation à un contexte social et institutionnel plus large qui rend les technologies numériques infrastructurelles* »<sup>8</sup>

Le principal obstacle à un processus de conception architecturale numérique est le manque de mise en œuvre de bases de données informatives générales ou locales. Elles doivent être fondamentales pour être utilisables par l'architecte dans les infrastructures numériques actuelles, et permettre ainsi leurs diffusions. Le besoin existe, mais pas forcément la capacité de traiter l'information. Il faut donc définir la structure numérique du processus architectural actuel pour mieux comprendre où se situe le problème de l'insertion numérique en architecture. Pour le moment, nous restons dans une « *structure modulaire avec une limite fixe* »<sup>9</sup>. Cela veut dire que le processus conception est centralisé autour d'un concepteur, ici l'architecte, qui crée une architecture numérique de base, avec des sous-systèmes pour en coordonner ensuite les différents acteurs impliqués. Ces modules numériques explicites définissent donc une série finie d'étapes et d'instructions, organisées en une séquence linéaire. Il s'agit d'éviter le hasard, afin d'arriver à un résultat déterminé et figé.

Une restructuration possible serait d'implanter des modules numériques génératifs, qui ne connaissent pas forcément le projet dans sa globalité, ni la manière dont chaque module sera intégré aux autres modules. Par contre, cela laisserait place à des éléments indéterminés, qui empêchent l'auteur d'anticiper le résultat. Que se passerait-il si nous laissons certains processus, dictés par des conditions exprimées sous forme de paramètres, s'autodéterminer ? Cela induirait un consensus aléatoire, rendant l'utilisation des outils paramétriques peut être moins stylistique. Pouvons-nous

---

<sup>8</sup> Gianluigi Visuci, *Information Technology & Digital Strategy*, MTE, (EPFL, 2018).

<sup>9</sup> Patrick Cohendet, Morad Diani, et Christophe Lerch, *Stratégie modulaire dans la conception. Une interprétation en termes de communautés*, Revue Française de Gestion, (Paris, 2005).

créer une théorie systématique de la forme architecturale qui incorpore la psychologie et les théories des systèmes et de l'information ?

Dans cet énoncé nous tentons tout d'abord de définir les conditions de mise en œuvre de ces outils, et verrons comment ces outils sont ou peuvent être implémentés. La notion même d'architecture paramétrique est ambiguë et toute méthode se doit d'être remise en cause et réinterprétée.

Tout objet architectural ne peut se concevoir sans d'abord définir comment l'homme utilise l'espace. Nous examinerons si nous pouvons intégrer ce postulat en tant que condition. Nous en déduirons s'il est possible de définir cette confrontation hommes-espaces en tant que paramètre génératif. S'en suivent des considérations spatiales issues de ces définitions. Chaque élément constituant une architecture est défini par lui-même mais aussi par sa relation aux autres éléments. L'ordre spatial et ses limites sont essentiels pour comprendre comment ces éléments peuvent être imbriqués spatialement et également au niveau du programme. Leurs interdépendances ajoutent ainsi des conditions très spécifiques qui sont aussi liées à leur utilisation. Suivant cette logique relationnelle il faut de la même manière définir les conditions qui régissent les relations entre des éléments architecturaux avec les éléments extérieurs, directs ou urbains, et prendre en compte tous les facteurs environnementaux spécifiques au site. Ces facteurs vont forcément avoir des répercussions spatiales extérieures, mais aussi intérieures, et il faut voir à quel point cela peut influencer les éléments du projet dans leur globalité et dans leur individualité.

Pour terminer nous prendrons position par rapport au poids que nous donnons aux différentes conditions établies précédemment. Il faut savoir quelle place nous devons laisser à l'élaboration d'un concept propre au projet, et quelle liberté nous lui donnons dans le temps et dans l'espace. Nous appelons ici à l'ouverture d'esprit du lecteur, car les points élaborés dans cet énoncé ne sont en aucun cas des conditions qui doivent explicitement être mise en œuvre telles qu'elles, car il restera toujours une dimension émotive, ou basée sur l'expérience de l'architecte, aux choix qu'il doit faire lors de l'élaboration d'un projet.

---

# I / INTENTIONS

# PARAMETRIQUES

---

# Le Paramètre

Paramètre (*nom masculin*) : du grec *Pará* (à côté de) et *Metron* (mesure)

Nous pouvons trouver plusieurs définitions<sup>10</sup> de ce qu'est un paramètre. La première est géométrique et est assez représentative de l'utilisation actuelle des outils paramétrique dans l'architecture.

*Pour un arc paramétré  $(l, f)$ , nombre réel variable qui décrit  $l$  ; pour une surface paramétrée  $(A, g)$ , chacune des deux variables réelles de la fonction  $g$ .*

Mais nous allons porter notre attention sur deux autres définitions, qui dans un sens, sont plus intéressantes dans la pratique architecturale.

*Grandeur mesurable permettant de présenter de façon plus simple et plus abrégée les caractéristiques principales d'un ensemble statistique.*

*Élément en fonction duquel on explicite les caractéristiques essentielles d'un phénomène, d'une question.*

À partir du moment où nous définissons la notion de paramètre par sa racine étymologique, il est plus simple de comprendre pourquoi son utilisation est intéressante et pourquoi elle s'intègre aujourd'hui dans la digitalisation du processus du travail architectural. Un projet architectural est un processus complexe dans lequel la gestion des connaissances doit être liée à la conception de manière opérationnelle.

*Un paramètre est une séquence d'un ensemble fini d'instructions pouvant être exécutée de manière déterministe<sup>11</sup>.*

---

<sup>10</sup>Dictionnaires Larousse français monolingue et bilingues, (consulté le 1 janvier 2019), <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>.

<sup>11</sup>Daniel Davis, *A History of Parametric*, <http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>, (6 août 2013).

Les paramètres sont donc toutes les catégories d'informations qui affectent la prise de décision dans un processus d'élaboration de projet. C'est une possibilité de l'architecture paramétrique : aller au-delà de la géométrie et de la forme, afin de concevoir un système intégrant toutes les variables impliquées dans le processus. Contrairement à ce que nous croyons, un ordinateur n'est pas seulement un système mathématique. C'est aussi un système grammatical qui « *réécrit*<sup>12</sup> » des mots selon un alphabet donné. Mais comme nous l'a démontré Turing, il est dépendant de sa capacité à réécrire ces mots et donc limité par son alphabet. Si les mots décrivent l'état d'un modèle basé sur un langage, ils décrivent une expérience. Si ce langage décrivait un état différent, l'ordinateur changerait cet état en réécrivant les mots décrivant cet état. Cette réécriture permet le changement d'un état à un autre : si nous prenons par exemple un loup dont nous changeons l'état de bien nourri à affamé, son comportement change d'errance à chasse.

Nous pouvons ainsi déterminer des contraintes, des variables et des règles de production, et en faire des systèmes parallèles évolutifs<sup>13</sup>. Un des composants constituant ce système peut générer une forme, mais il ne reconnaîtra pas la forme générale dans laquelle il s'intègre. Il fait partie d'un réseau maillé, dont chaque élément peut échanger des informations avec les autres, ainsi que collecter ces informations en temps réel, comme la température, la luminosité, l'humidité, le bruit, ou la force du vent. Si chaque élément reçoit ces informations, cela va influencer des décisions prises au niveau de l'élément. Si nous ajoutons ces fonctions dans un programme cela permet la création de géométries variables, mais pour le moment nous pouvons difficilement parler d'une génération de forme. S'il faut construire un système génératif<sup>14</sup>, il faudra y intégrer des moteurs génératifs, des processus de sélections,

---

<sup>12</sup>Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Akitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

<sup>13</sup>Gianluigi Visuci, *Information Technology & Digital Strategy*, MTE, (EPFL, 2018).

<sup>14</sup>Patrick Janssen, « A generative evolutionary design method », *Digital Creativity* 17, n° 1, (1 janvier 2006).

des algorithmes génératifs, ainsi qu'un système de conception incluant la création, le développement, l'optimisation et la résolution<sup>15</sup> de ses composants.

*« De cette façon, ce que j'ai longtemps sollicité et que j'appelle "architecture paramétrique" va naître. Son caractère géométrique inéluctable, sa concentration rigoureuse de formes, sa liberté absolue de fantaisie qui naîtra dans des endroits où les équations ne peuvent pas fixer leurs propres racines, lui donneront une splendeur cristalline. »*<sup>16</sup>

Luigi Moretti

Nous trouvons aujourd'hui différents types de techniques de modélisation paramétrique, comme la modélisation d'objets, le travail associatif, la gestion de flux de données ou la répartition procédurale. Elles diffèrent surtout dans leur capacité à supporter des itérations et dans leur manière de manipuler les différents plans. Un point de vue peut exister en dehors de l'objet, offrant un contrôle de conception extérieur ; ou à l'inverse, chaque élément peut offrir son propre point de contrôle, tout en créant ainsi collectivement un système.<sup>17</sup> C'est le potentiel offert par des outils logiciels modernes<sup>18</sup> comme Grasshopper, Rhinoceros, Revit, Dynamo ou ArchiCad, qui modifient le processus de conception architecturale, en faisant des architectes des concepteurs de systèmes. Ces outils permettent de concevoir des espaces avec des contenus programmatiques variés, pour une multitude de groupes d'utilisateurs interdépendants<sup>19</sup>, créant ainsi un espace partagé par le biais de processus fonctionnels et interactifs. Ces espaces reposent sur leurs capacités à communiquer les processus sociaux voulus à l'habitant par le biais de séparations spatiales et de

---

<sup>15</sup> John Frazer, *An Evolutionary Architecture : Themes VII*, éd. par Pamela Johnston, (London: Architectural Association Publications, 1995).

<sup>16</sup> John Frazer, *Parametric computation, History and Future*, dans *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, éd. par Patrik Schumacher, Architectural Design Profile, no 240, (London: John Wiley & Sons, 2016).

<sup>17</sup> Voir Figure : *Inner Viewpoints*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

<sup>18</sup> Arturo Tedeschi et Fulvio Wirz, *AAD - Algorithms-Aided Design*, (Brienza : Le Penseur, 2014).

<sup>19</sup> Voir Figure : *La gestion traditionnelle vs. la gestion algorithmique*, Rémy Bourganel, Frédérique Pain, et Cléo Collomb, *Algorithmes*, (Paris, PUF, 2016).

connexions, qui introduiront ensuite les événements et des organisations sociales déterminés.

*À propos de la conception paramétrique : « Un processus basé sur une pensée algorithmique qui permet l'expression de paramètres et de règles qui, ensemble, définissent, encodent et clarifient la relation entre l'intention de conception et la réponse de conception. »* <sup>20</sup>

Wassim Jabi

---

<sup>20</sup> John Frazer, *Parametric computation, History and Future*, dans *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, éd. par Patrik Schumacher, Architectural Design Profile, no 240, (London: John Wiley & Sons, 2016).

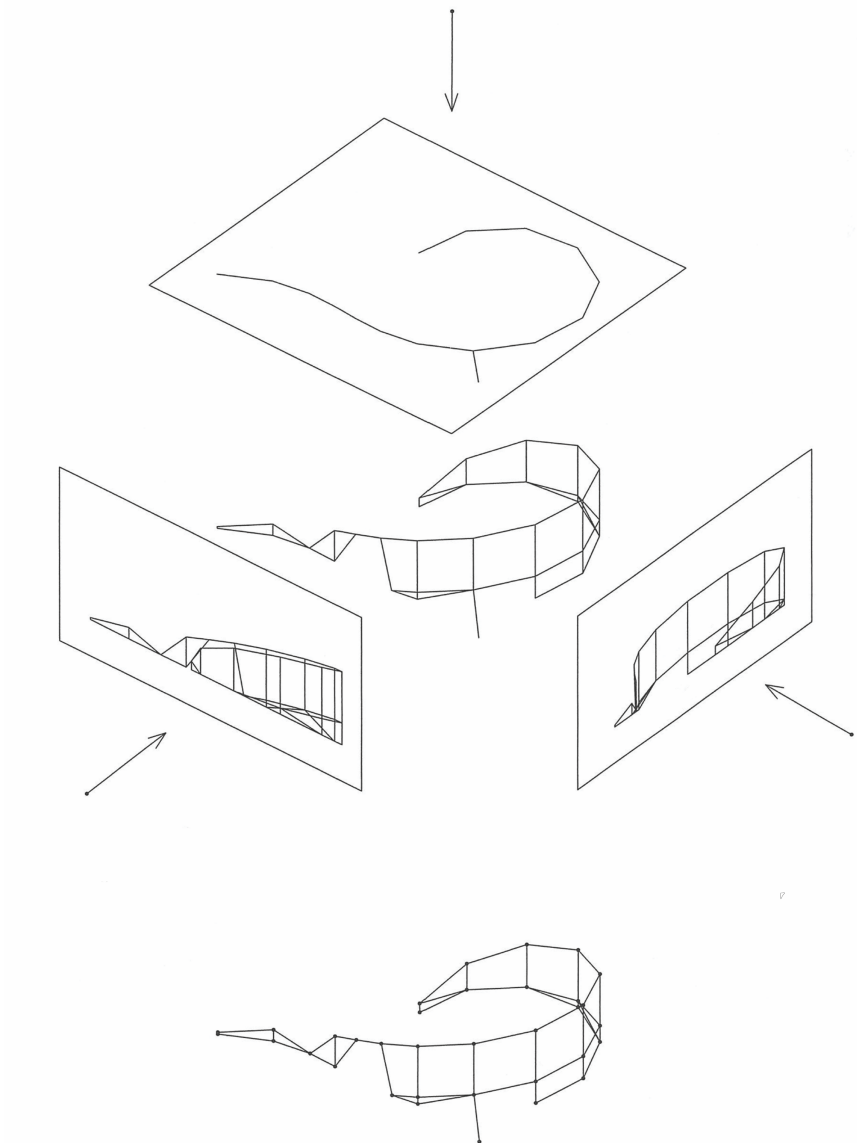


Figure 1: *Inner Viewpoints*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes*, *Dust Architecture = Chiri-No-Me*, *Chiri No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Ākitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).



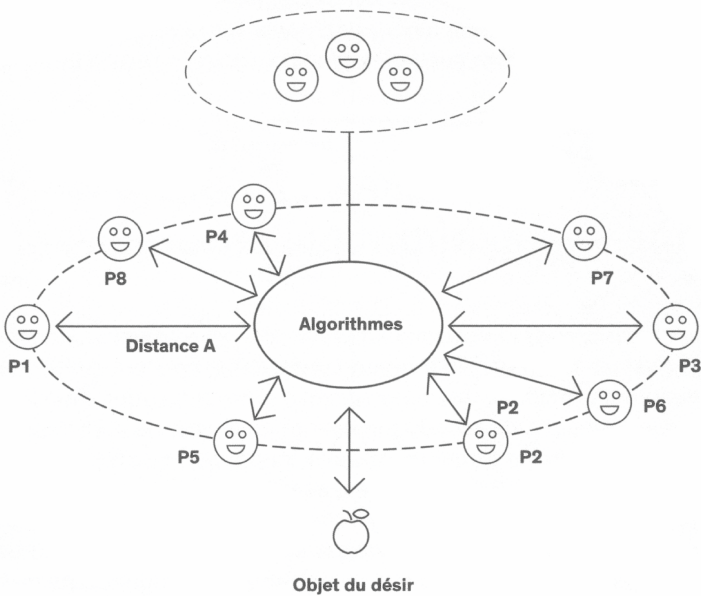
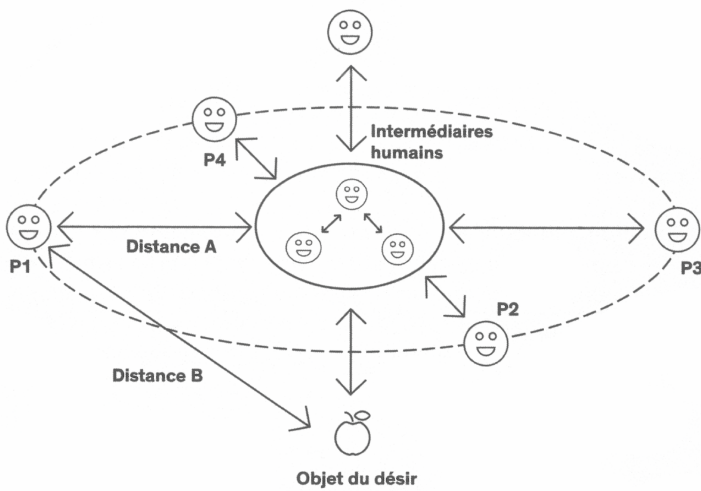


Figure 2 : La gestion traditionnelle vs. la gestion algorithmique, Rémy Bourganel, Frédérique Pain, et Cléo Collomb, *Algorithmes*, (Paris, PUF, 2016).

---

# Evolutions

Comment la façon de pratiquer l'architecture s'adapte à une façon de construire ? Pourquoi la notion de paramètre varie historiquement<sup>21</sup> ? Nous allons retracer l'évolution des paramètres dans la pratique architecturale, dans ses aspects sociaux, matériels et constructifs, en revenant sur le développement des paramètres et catalogues antérieurs à la technologie informatique actuelle. Il faut pour cela évaluer la traduction des paramètres en architecture pour en comprendre les composants paramétriques.

L'histoire du paramétrique nous permet de comprendre les origines sociales et environnementales de ces techniques génératives et évolutives. Le terme et le concept du paramétrique a été véritablement associé à l'architecture pour la première fois dans « *Architectura Parametrica* » de Luigi Moretti en 1940, avant même qu'il existe une quelconque capacité informatique. En 1960, Moretti présente à la *XII Triennale di Milano* son *Progetti de strutture per le sport e le spettacolo*. Il est alors est le premier à créer une forme architecturale tridimensionnelle en utilisant un ensemble de relations paramétriques résolus par calcul numérique à l'aide d'un ordinateur. La conception assistée par ordinateur s'est poursuivie dans les années 1970 pour finalement intégrer la notion de paramètres, mais à part quelques expériences cybernétiques, il n'y a pas eu de changement majeur dans les pratiques architecturales jusqu'à nos jours.

En essayant de connecter cette vision moderne des mathématiques aux méthodes géométriques historiques, Gilles Deleuze<sup>22</sup> explique le changement qui s'opère quand

---

<sup>21</sup>Mario Carpo, *The birth of the non-standard*, dans Block et Bhooshan, *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, éd. par Patrik Schumacher, Architectural Design Profile, no 240, (London: John Wiley & Sons, 2016).

<sup>22</sup>Gilles Deleuze, *Le pli : Leibniz et le Baroque*, (Editions de Minuit, 1988).

nous changeons un nombre par un paramètre dans une fonction. Le paramètre a d'abord été considéré comme la notation générale du script d'une fonction permettant de représenter des familles génériques de courbes. Cette généralité de la notation paramétrique permet néanmoins la création de scripts qui permettent ensuite de définir un ensemble complet d'objets par simples itérations.

Il y a un changement dans la logique et dans les professions liées à la conception, et le mouvement des avant-gardes s'initie aux avancées technologiques. Les années 90' marquent un tournant dans l'architecture digitale grâce à des interfaces utilisateurs plus graphiques et des modélisateurs numériques, rendant ainsi plus simple et plus intuitive la conception assistée par ordinateur. Les déconstructivistes et les formalistes se sont appropriés ces outils avec enthousiasme pour la création de géométries complexes.

Pourtant des travaux plus anciens peuvent être considérés dans leur essence comme paramétriques. Il y a des précédents à la variabilité calculatoire d'aujourd'hui, que nous trouvons dans les théories architecturales de l'Antiquité classique ou du Moyen-Age<sup>23</sup>. Ainsi les colonnes antiques<sup>24</sup> sont définies par des bases paramétriques : des règles de proportion définissent les relations entre les éléments qui constituent chaque colonne, comme la base, le chapiteau et l'entablement, ou des spécificités dans sa dimension par rapport à son application variable, comme sa hauteur et sa situation dans le bâti. D'autres dimensions comme son diamètre sont aussi des variables dépendantes qui dérivent des règles de proportion. Ce qui est intéressant ici, c'est que le changement de ces règles de proportions marque le changement dans le style des colonnes, qui peuvent donc être de style dorique, ionique ou corinthien, tout

---

<sup>23</sup>Daniel Davis, *A History of Parametric*, <http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>, (consulté le 6 août 2013).

<sup>24</sup>Voir Figure : *Les 5 Ordres d'Architecture*, Diderot & d'Alembert, *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, (Paris : 1751-1772).

comme le changement d'un script paramétrique change le projet sans pour autant en changer les variables.

Les premières traces de conception scriptée peuvent ainsi être attribuées à Vitruve<sup>25</sup> ou à Leon Batista Alberti, auteurs de manuscrits sans illustrations, qui introduisent des règles verbales sur la manière de construire, souvent dans une séquence de clauses « *si [...] alors [...]* », similaire à un algorithme procédural. Ces instructions induisent la génération d'un vaste ensemble de formes et d'objets qui sont tous différents mais similaires dans la manière dont le script commun les définit mathématiquement par des règles génératives. Des règles géométriques orales similaires ont été utilisées pour construire des bâtiments médiévaux. Les processus de conception sont les mêmes pour tous les éléments du bâti et suivent des règles qui expliquent comment construire l'élément pas à pas. Mais au final cela ne détermine pas la forme de chaque élément individuel. Ces éléments, malgré le fait qu'ils aient la même fonction ou les mêmes positions, sont similaires dans leurs règles mais non identiques, donc de la même classe, du même « *genus* », mais différents et spécifiques.

Nous trouvons ainsi dans ce jeu de variations, et dans cette complexité dans la subdivision des genres, une arborescence complète de définitions, de divisions et d'articulations. Cette façon de construire est donc générative et basée sur des règles prédéfinies, et elle peut engendrer des variations infinies dans une certaine limite donnée. Un exemple géométrique encore plus extrême sont les motifs arabes, appelés « *tessallations* »<sup>26</sup>. Ce sont des mosaïques couvrant les murs et autres éléments qui sont réglées de manière mathématique suivant un motif initial<sup>27</sup>. Ces règles sont variées, et suivent des rotations, des symétries axiales ou obliques, des translations et

---

<sup>25</sup>Vitruve, *De Architectura*, Adolphe Stapleaux, (1816).

<sup>26</sup>Lovric Miroslav, *Magic geometry : Mosaics in the Alhambra*, (2009), <http://www.alhambra-patronato.es/ria/bitstream/handle/10514/56/Magic%20geometry%20mosaics%20in%20the%20Alhambra%20Miroslav%20Lovric.pdf?sequence=2>.

<sup>27</sup>Voir Figure : Owen Jones, *The Grammar of Ornament* (London : Bernard Quaritch, 1868).

des répétitions, et à ce jour, 17 groupes de mosaïques ont été différenciés par classification algorithmique.

Ce n'est finalement qu'à partir du moment où nous avons commencé à décrire l'architecture par l'image ou par un objet tridimensionnel que cette pratique s'est perdue. Dans un sens, que ce soit durant la Renaissance ou la Révolution Industrielle, nous sommes dans une période de la copie, une production de masse d'éléments identiques, très différent de ces variations artisanales. Cette culture de la copie a été vivement critiquée par Van Doesburg<sup>28</sup> à travers ses propositions. La première est contre le style en général et contre le fait de copier des anciens styles. Il continue dans la deuxième proposition en mettant en avant le côté élémentaire de l'architecture développée par des éléments variables, et donc plastiques. Dans la neuvième proposition il met l'accent sur le temps et l'espace, qui donne un aspect nouveau et plastique à l'architecture<sup>29</sup>. Pouvons-nous y voir un certain parallèle avec une architecture variable paramétriquement, et donc plastique ? C'est ce que permet le paramétrique : une production en masse de variations. Les ordres et leurs variations sont liés ; sans ordres, les variations sont des simples fantaisies sans fondement, et sans variations, les ordres ne deviennent que de banales répétitions.

*« Un style d'architecture est un programme cohérent et compréhensif, avec une heuristique fonctionnelle et formelle »*<sup>30</sup>

Patrik Schumacher

En faisant intersecter des paraboloïdes hyperboliques avec des hyperboloïdes de révolution, Antoni Gaudi revient vers une architecture flexible et à paramètres variables. Avec l'idée de la forme libre dans l'utilisation des modèles flexibles d'Antoni Gaudi et

---

<sup>28</sup>Theo van Doesburg, *Towards a Plastic Architecture*, (1924, De Stijl).

<sup>29</sup>Voir Figure : Van Doesburg, De Stijl, *Construction de l'espace-temps*, (Paris : 1929).

<sup>30</sup>Patrik Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture. Vol. 1 : A New Framework for Architecture* (Chichester : Wiley, 2011).

de Frei Otto<sup>31</sup>, nous nous voyons inspirés par la gravité, règle immuable de la nature. L'architecture n'est plus planifiée, elle est conditionnée par la gravité<sup>32</sup>. Mais en vue d'avoir une conception équilibrée, il était impossible de rendre cette condition absolue. La conception change en superposant des paramètres en compétition les uns avec les autres. Ils doivent ainsi s'équilibrer pour fonctionner ensemble. C'est un « *optimum de Pareto* »<sup>33</sup> qui rend un compromis paramétrique efficace. Il y a des différences et des similarités entre ces deux architectes, ce qui nous montre que nous pouvons avoir des alternatives flexibles dans ces modèles flexibles. Ces paramètres ne sont donc pas des contraintes non-négociables et varient dans leurs domaines respectifs : environnemental, politique, social, culturel, pratique, économique, théorique, philosophique, comportemental, etc.

Ces exemples nous permettent de comprendre qu'il y a une matrice extrêmement riche que la structure et le matériau créent avec les fondations physiques et biotechniques du monde naturel. Une conception flexible permet d'étendre notre répertoire et amène un besoin de convertir l'information issue du *big data* en paramètres.

---

<sup>31</sup>Mark Burry, *Essential Precursors to the Parametricism Manifesto*, dans Block et Bhooshan, *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, éd. par Patrik Schumacher, Architectural Design Profile, no 240, London: John Wiley & Sons, 2016.

<sup>32</sup>Voir Figure : Antonio Gaudi, *El Calculo de Estructuras de la Sagrada Familia*, (Barcelona : 1929).

<sup>33</sup>Jonathan Berk, Peter DeMarzo, et Jarrad Harford, *Fundamentals of Corporate Finance, Global Edition* (Harlow, United Kingdom : Pearson Education Limited, 2018).

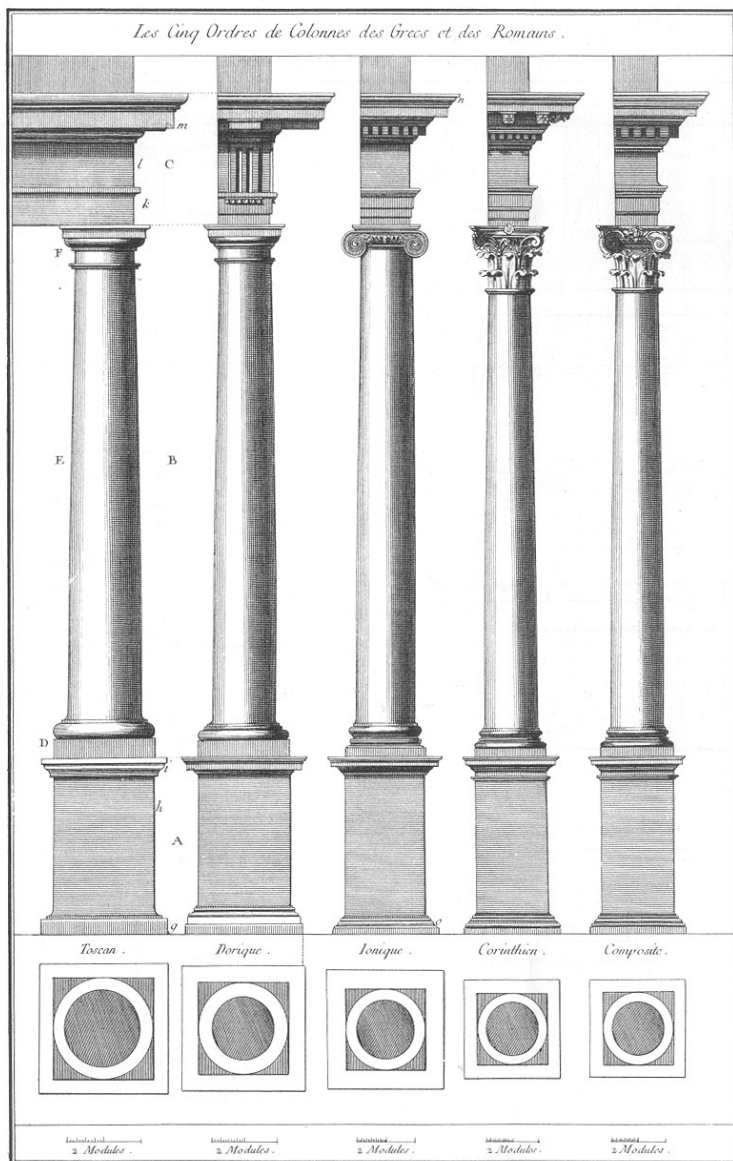


Figure 3 : Les 5 Ordres d'Architecture, Diderot & d'Alembert, *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, (Paris : 1751-1772).





Figure 4 : *Moresque n° 4*, Owen Jones, *The Grammar of Ornament* (London : Bernard Quaritch, 1868).



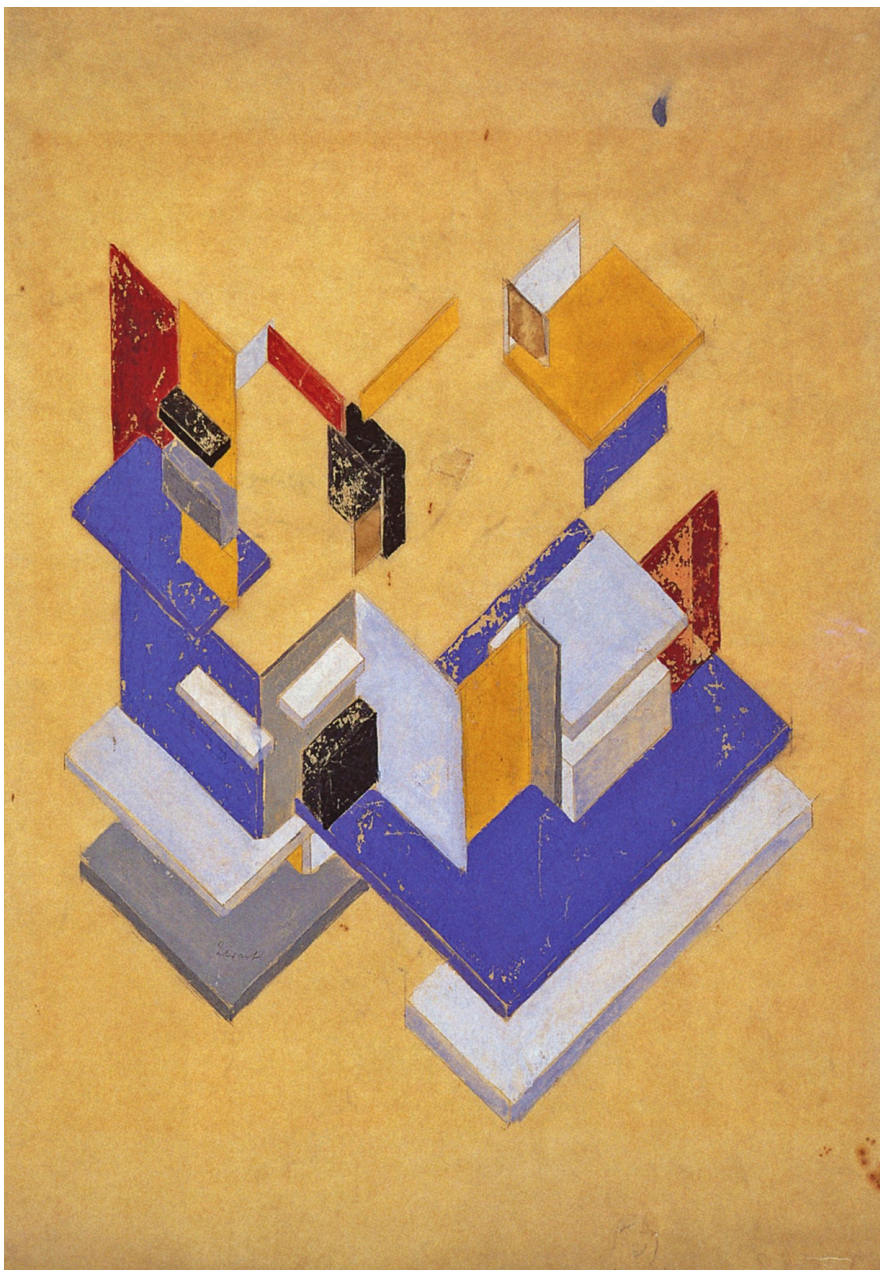


Figure 5 : Van Doesburg, De Stijl, *Construction de l'espace-temps*, (Paris : 1929).



Figure 6 : Antonio Gaudi, *El Calculo de Estructuras de la Sagrada Familia*, (Barcelona : 1929).

---

## Notations

Comment la description de ces paramètres nous permet-elle de décrire notre architecture ? La notation<sup>34</sup> en architecture est ce qui nous permet de passer de notre imaginaire au réel. La question de l'évolution de la notation remet en question la façon dont notre conscience représente une réalité. Si la notation change, ne devrait-il pas y avoir un changement dans les possibilités et les limitations qu'a notre esprit de se représenter les objets qu'il souhaite créer ? Le changement de notation change la perception d'un paramètre. Les bâtiments les plus anciens étaient des structures simples, ne comportant pas nécessairement un processus de conception puisqu'il était possible de concevoir et construire un bâtiment sans dessin.

Quand nous apprenons à faire de l'architecture nous apprenons à la décrire avec une certaine notation. Au début, nous faisons de l'architecture sans notation mais elle est apparue comme aide à l'étude de l'architecture, comme outil de composition. Il est possible de construire sans aucune notation mais lorsque les processus de construction ont commencé à nécessiter plus de préparation, l'idée de conception a commencé à faire partie de ce processus et une méthode pour penser et exprimer l'espace a été créée sous la forme de plans de composition par exemple. Cette notation spatiale permet donc d'exprimer une information spatiale. Une transmission d'information n'étant pas possible de manière directe, et difficile verbalement pour des projets plus compliqués, la notation permet d'abrégé et de codifier ces informations par une combinaison d'unités, de symboles et de dessins, sous la forme de plans, de coupes et de perspectives.

---

<sup>34</sup>Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Åitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

Notre perception d'un espace est donc induite par la notation utilisée, à condition de savoir lire un plan ou une coupe. Cette notation va-t-elle inversement avoir un impact sur le moment de conception ? La notation est la description d'un objet multidimensionnel en un format bidimensionnel, et c'est donc une représentation par projection. Nous partons d'un espace 3D à un plan 2D, ou d'une scène 4D à un film 3D, si nous prenons le temps comme une dimension. L'utilisation de cette projection vient d'un désir de manipuler ou de contrôler, un territoire via un plan, ou une vue via une perspective<sup>35</sup>. C'est un point d'observation, focalisé ou infini qui permet de se projeter en parallèle ou en perspective ; et plus ce point de vue est objectif, plus le contrôle de l'objet en question est maximisé.

La difficulté surgit quand l'espace ne correspond plus à la notation, ou inversement, la notation à l'espace. Il y a donc des limites de lecture et si un espace ne peut pas être expliqué par une notation spatiale conventionnelle, il va être difficile de le créer. Certaines œuvres ne peuvent donc pas être créées de façon conventionnelle et ne peuvent donc pas être faites par un processus humain. Elles nécessitent donc soit un processus naturel ou informatique. L'architecte utilise une notation spatiale qu'il a apprise. Il en devient donc adepte et il l'emploie pour échanger, décrire et créer. Il y a donc une traduction arbitraire dans la manière dont l'homme perçoit son environnement et cela va influencer ses idées. Même si la notation augmente notre pouvoir de contrôle en définissant notre environnement, si elle ne permet pas de comprendre un objet spécifique, c'est qu'il n'est pas fait par l'homme.

Suivant cette logique, plus un objet est facile à dessiner et donc facile à lire et à comprendre par le dessin, plus l'objet est facile à construire. Qui n'a jamais dessiné un croquis pour représenter une idée ? Dans ce cas, l'idée dérive de la notation. La notation est une aide puissante mais elle pose aussi des contraintes dans le processus de conception. Si l'idée de l'architecte dérive de la notation, elle restreint sa conception

---

<sup>35</sup>Voir Figure : *Projections in Architecture*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Ākitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

de l'espace. Des langages différents produisent des résultats différents. Le fait de changer de méthode de notation pourrait élargir notre conception de l'espace. Il est même possible que le fait d'utiliser un nouveau concept de notation induit un nouveau concept d'espace<sup>36</sup>.

Nous introduisons donc un nouveau point de vue. L'utilisation du paramétrique peut nous permettre l'utilisation d'un point de vue multidimensionnel, voir même omnidirectionnel, dépendant de la profondeur de la dimension. En tout cas nous avons par ce biais des points de vue subjectifs qui prennent en compte tout le monde extérieur. Ces multiples points de vue reflètent toutes ces relations qui sont liées entre elles ; et doivent l'être afin de pouvoir se modifier mutuellement. Ce réseau de points de vue est un réseau de notations qui s'imbriquent les unes avec les autres. Chaque notation est liée à un certain point de vue, et le lien entre ces notations représente intrinsèquement un élément du bâti. Un groupe de notations peut donc exprimer une structure architecturale complète, créant un schéma de systèmes cohérents caractéristiques des points de vue intentionnels correspondant aux éléments architecturaux, et qui organisent les différentes liaisons associées.

Avec l'utilisation de processus contrôlés par ordinateur, la relation entre l'idée, la notation sous forme de fichiers, et le processus de fabrication, sont plus étroitement liés que jamais. Les capacités numériques dans chaque domaine d'activité du bâtiment renforcent la communication entre différents acteurs tout en les redéfinissant. En même temps, cette restructuration permet de surmonter la difficulté de passer d'un processus autonome à un flux de travail collectif. Le paramétrage des informations peut introduire des points d'observation multiples<sup>37</sup> qui modifient profondément notre façon de travailler ainsi que notre perception spatiale.

---

<sup>36</sup>Voir Figure : *Spatial Notation*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

<sup>37</sup>Rémy Bourganel, Frédérique Pain, et Cléo Collomb, *Algorithmes*, (Paris, PUF, 2016).



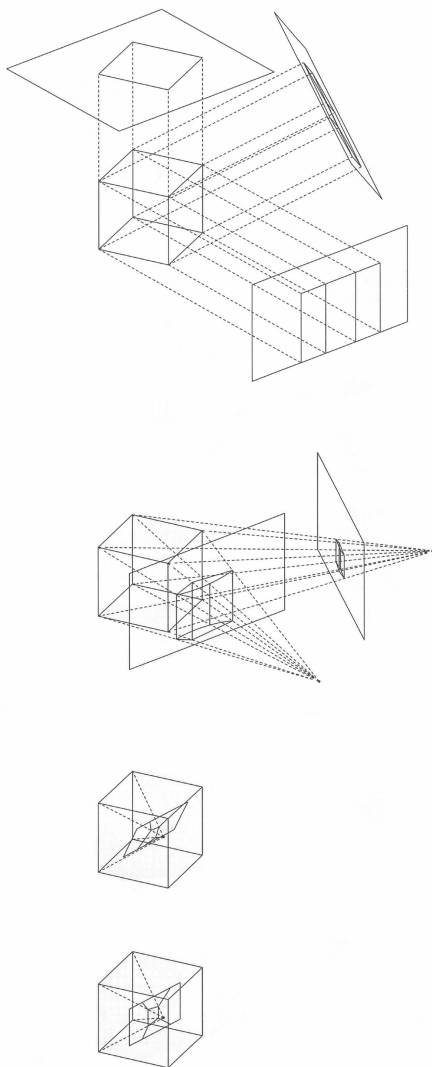


Figure 7 : *Projections in Architecture*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes*, *Dust Architecture = Chiri-No-Me*, *Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

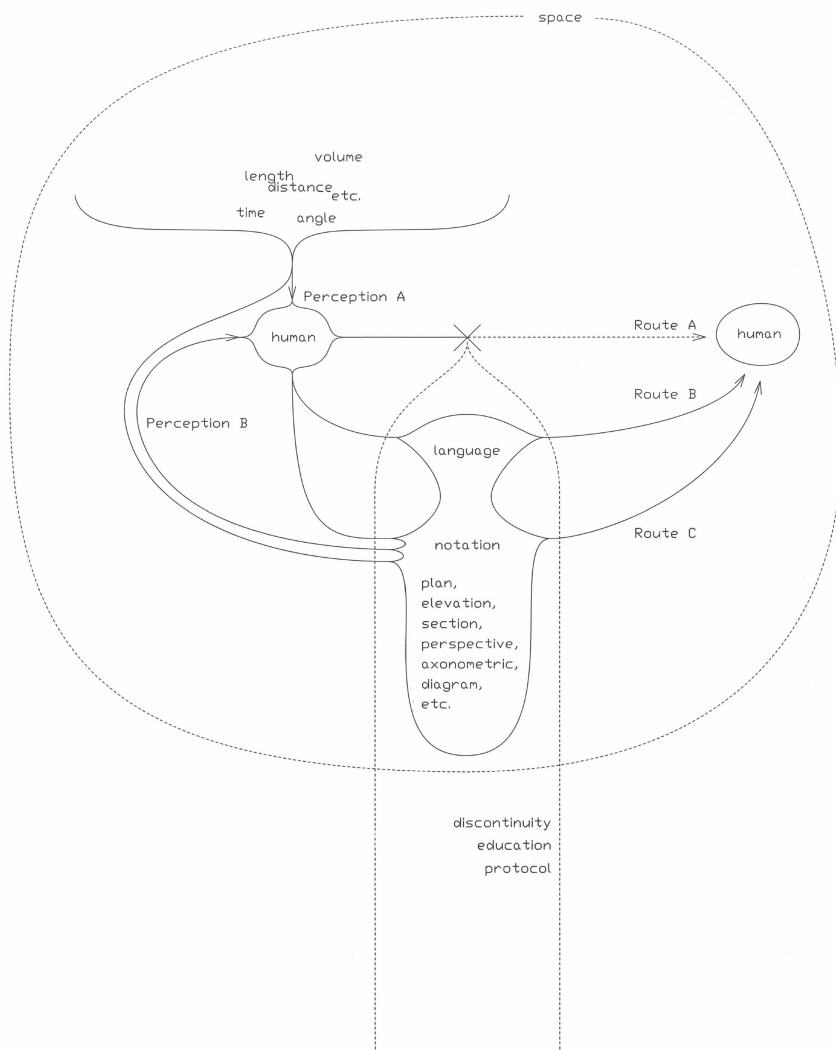


Figure 8 : *Spatial Notation*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes*, *Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

---

## Evaluation

Si le système de règles peut être modifié, alors qui le décide ? D'où viennent les besoins et les nécessités de redéfinir ces règles<sup>38</sup> ? De plus, quels sont les niveaux d'importance de chaque paramètre ? Certains peuvent définir des choses différentes, impliquant des ordres contraires. Le mode de travail actuel est limité par le seul moment d'observation de l'être humain qui peut changer de point de vue avec le mouvement de cette observation dans un état relationnel.

L'évaluation de chaque nœud de ce système va induire une évaluation du système qui définit cette structure. Nous pouvons voir cela comme une composition générative, comme un essaim d'oiseau<sup>39</sup>, un nuage de points qui fait ce système. Chaque point est relié précisément, par sa distance et sa direction, les uns avec les autres, par une liaison immédiate. Si nous avons un obstacle ou une influence sur un point, tous les points réagissent à cette influence, comme si chaque point du système ressent et partage cette influence avec les autres. Il faut voir si une influence agit de la même manière sur chaque point, si elle n'induit pas une séparation, un alignement ou une cohésion de l'ensemble du système par rapport à l'importance de sa réaction à une autre influence.

Une influence peut induire des réactions contraires ou similaires pour certains points ce qui rend nécessaire un contrôle par agrégat. Nous devons donc comprendre les conditions de groupement de ces points par types, ou par catégories, permettant un référencement et un contrôle individuel de chaque point constituant le système et déterminant son poids et son importance par rapport au système. Il va sans dire qu'un

---

<sup>38</sup>Voir Figure : *Shape Grammar Research*, Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (Architecture Program, University of Nebraska, 2012).

<sup>39</sup>Craig W. Reynolds, *Procedural Models*, <https://www.red3d.com/cwr/>, (22 juillet 2017).



humain n'est pas capable de gérer cette quantité d'information. Une certaine autonomie de décision est donc à laisser à l'ordinateur. Si un système devenait assez intelligent, l'ordinateur pourrait contrôler lui-même le nombre de connexions et la densité des points composant ce système<sup>40</sup>. Nous pouvons imaginer qu'une Intelligence artificielle puisse de manière autonome créer ou dupliquer des points ce qui amènerait à un conditionnement automatique du système.

La technologie permet par ce biais d'étendre la capacité humaine de conception. En tout cas il y a au minimum un changement de la perception. Les technologies de l'information changent les normes qui composent ces systèmes. Chaque opération a une complexité numérique et génère des solutions composites avec des contraintes multiples. Nous augmentons la perception humaine car nous gérons avec la numérisation des perceptions que l'homme ne peut pas gérer, même si en faisant ce pas, nous décentralisons le processus de composition. Chaque partage de ces points d'information se fait sans plan fixé, c'est une forme partagée du contrôle par une multitude de points autonomes créant des agrégats de points de vue multiples.

Ces points de vue intériorisés de chaque point par rapport à l'information qu'il transporte offrent des degrés de libertés dans ce processus. En tout cas pour garantir des décisions locales, chaque information doit être simplifiée à travers son point. Une abstraction des informations et des implications avec d'autres points permet de vérifier sa propre importance et stabilité. Ce sont les conditions imposées qui doivent déterminer si un point peut satisfaire la condition par lui-même, s'il doit se dupliquer, ou s'il doit disparaître. Cette décision de rester, disparaître ou se dupliquer n'est-il pas similaire au garder, supprimer ou ajouter une ligne sur un dessin ?

Nous devons aussi définir les conditions qui régissent les points entre eux. Il y a des conditions structurelles, qui régissent combien de points sont connectés entre

---

<sup>40</sup>Voir Figure : *Interacting Swarm*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-ÅkitechÅ, (Tokyo: INAX, 2011).

eux. Un manque de visibilité entre éléments et donc leur nombre induirait une duplication des points constituant le système. Il y a aussi des conditions de connexions<sup>41</sup>. Si un point est influencé par trop d'autres points il faut que certaines conditions soit relâchée dans un souci de dispersion. Si le nombre de connexion est trop grand, certaines doivent être effacées pour en réduire le nombre. Si la distance de connexion, donc sa pondération, est trop courte, il s'agit aussi d'effacer certains points pour garantir une distance minimum. Si un point peut évaluer la distance et la direction d'un obstacle il doit choisir d'éviter ou de toucher cet obstacle.

Un système composé d'un nuage de point<sup>42</sup> doit donc avoir la force et la liberté de s'évaluer de manière autonome. Pour cela, les points composant ce système doivent s'autoévaluer entre eux et par rapport à eux même. Si une influence extérieure ne peut être prise en compte dans notre système, les points qui relaient cette influence sont inutiles et ne doivent pas corrompre d'autres points. À l'inverse, si une influence est plus importante, le nombre de points la relayant doit être plus important de même que leurs connexions avec les autres points.

---

<sup>41</sup>Voir Figure : *Omnidirectional Viewpoints*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

<sup>42</sup>Rémy Bourganel, Frédérique Pain, et Cléo Collomb, *Algorithmes*, (Paris, PUF, 2016).

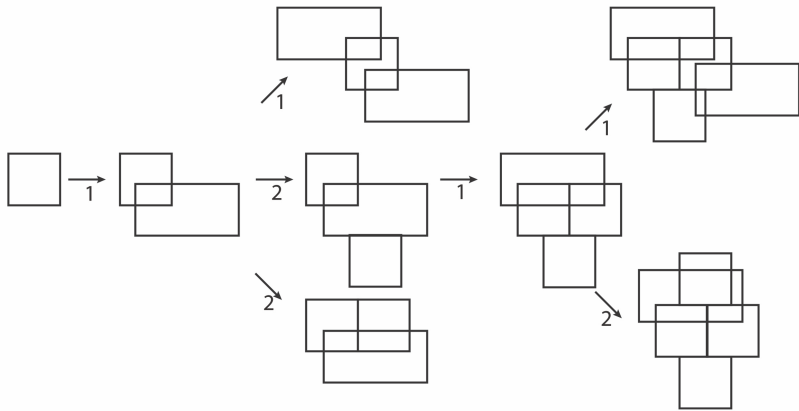
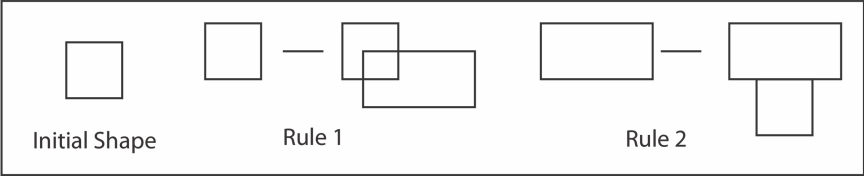


Figure 9 : *Shape Grammar Research*, Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (Architecture Program, University of Nebraska, 2012).



Figure 10: *Interacting Swarm*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes*, *Dust Architecture = Chiri-No-Me*, *Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Ākitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

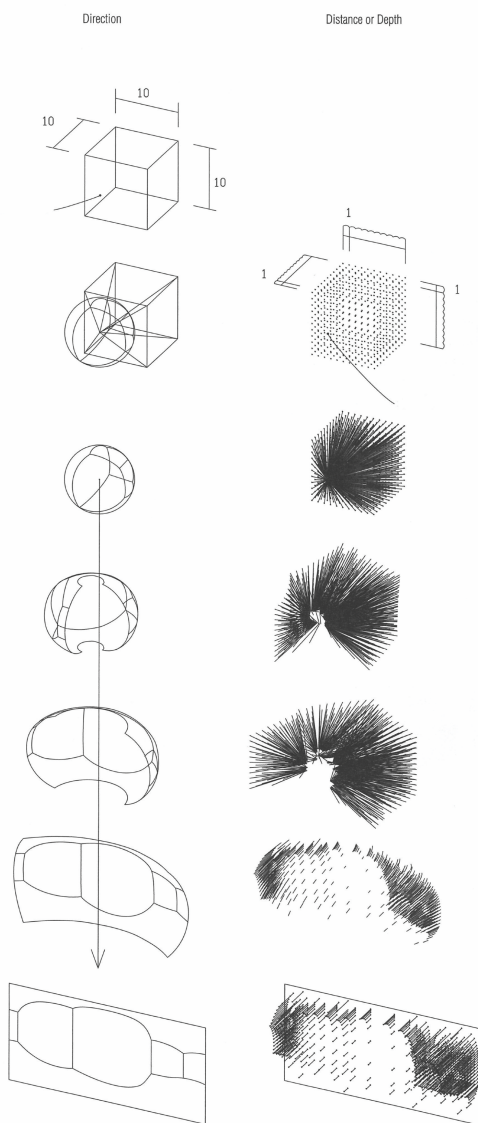


Figure 11 : *Omnidirectional Viewpoints*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes*, *Dust Architecture = Chiri-No-Me*, *Chiri-No-Kenchiku*, éd. par Daburunegativusu-Ākitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

---

## Condensation

Nous comprenons rapidement qu'un tel système est en constante évolution et qu'il est très difficile de se rendre compte de la portée d'un point par rapport à un autre. Il est essentiel d'implémenter des manières de voir et de montrer ce processus et de le rendre intelligible à un observateur, tel un « roadmap<sup>43</sup> » permettant d'expliquer les étapes parcourues, donc de contrôler les différentes branches de ce système. De la même manière que des plans ou des coupes permettent de contrôler un élément tridimensionnel, il faut trouver une notation qui dérive de la manière de concevoir. Il est plus difficile de représenter un système multidimensionnel qui est lui-même représentatif de points multidimensionnels.

Il est plus facile en revanche de représenter un processus fini et il faut donc chercher à représenter l'état dans lequel le processus s'arrête quand certaines conditions sont remplies. Il faut pour cela définir l'objectif que nous voulons livrer, et à partir de là, toutes les conditions doivent se « condenser »<sup>44</sup> progressivement, de leurs parties spécifiques vers une solution globale. Chaque point doit d'être configuré pour permettre la génération d'un processus qui prend ces condensations en compte. Comme c'est un système comportemental, il peut être trop complexe pour être compris tel quel. Il faut pouvoir expliquer l'expérience liée à ce système, le modéliser par exemple, pour que nous pouvons le percevoir et en piloter sa conception. Un concept n'a de signification qu'à l'intérieur d'un langage logiquement cohérent, et ici, le concept de l'espace doit englober la totalité du système architectural. Les points de

---

<sup>43</sup>How To Build A Roadmap, Hub Designs Magazine, (consulté le 12 novembre 2018), <https://hubdesignsmagazine.com/2011/03/05/how-to-build-a-roadmap/>.

<sup>44</sup>Craig W. Reynolds, *Procedural Models*, <https://www.red3d.com/cwr/>, (22 juillet 2017).

vue de toutes les catégories d'éléments et de leurs relations sémantiques créent le système.

*« Un système architectural consiste en catégories coordonnées de tâches de la construction qui sont liées à un style et à un système technique plus ou moins limité au moyen de règles sémantique déterminées »<sup>45</sup>*

Christian Norberg-Schulz

Imaginons un système nerveux architectural, par exemple une maison qui peut contrôler des ouvertures en réponse à des conditions extérieures. Cela repose sur des cellules « *nerveuse* » qui peuvent détecter et transmettre cette information à un système de contrôle central. Nous devons voir ce qu'il se passe si nous appliquons la même logique pour un système de conception architectural. Pour cela nous pourrions concevoir un système basé sur un modèle « *auto-phorétique* », donc basé sur des points qui transportent et traitent des informations que d'autres points ont détectées, et chaque point doit être conçu pour répondre à ces informations multiples<sup>46</sup>.

En même temps nous devons concevoir un système qui permet de garder l'intégrité de sa structure. Si les points composant le système ont trop de libertés, nous réduisons la liberté du système complet. Certains points ont des influences contraires, et il faut que dans un tel cas ils décident de leur propre pertinence par rapport aux autres points. À la manière d'un muscle, les points doivent être capables de se geler et de se relâcher individuellement pour que à certains moments ils puissent être fixes, et donc stables, servant de points de repère pour d'autres points. Cela peut servir de base pour un processus de vérification, des parties entre elles, mais aussi du système entier, pour vérifier s'il remplit les conditions données<sup>47</sup>.

---

<sup>45</sup>Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

<sup>46</sup>Voir Figure : *Multiple Viewpoints Network Altering Themselves*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

<sup>47</sup>Voir Figure : *Mesh Networks Data Exchange*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes, Dust Architecture*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

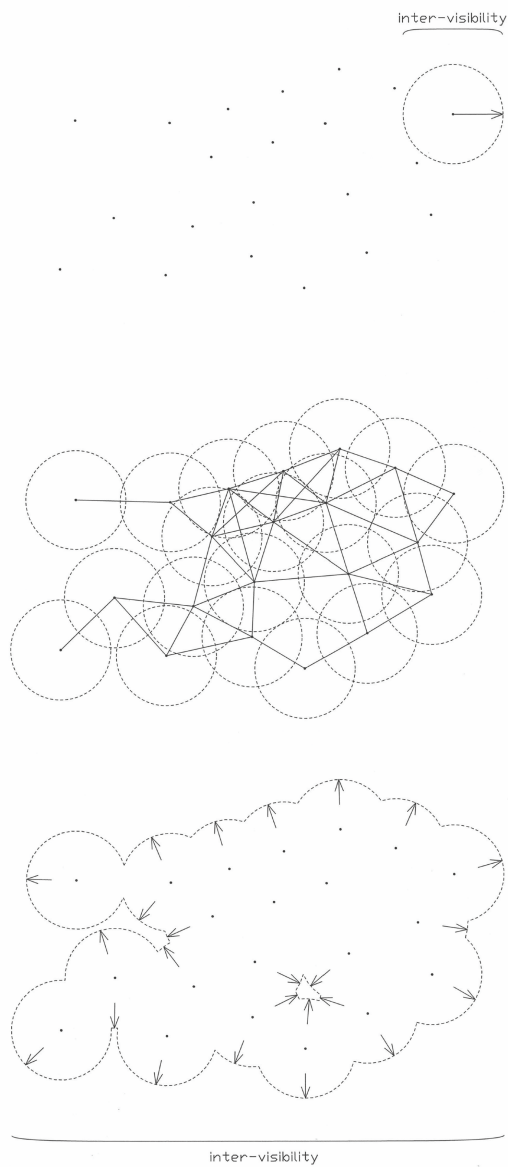


Figure 12: *Multiple Viewpoints Network Altering Themselves*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes*, *Dust Architecture*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).



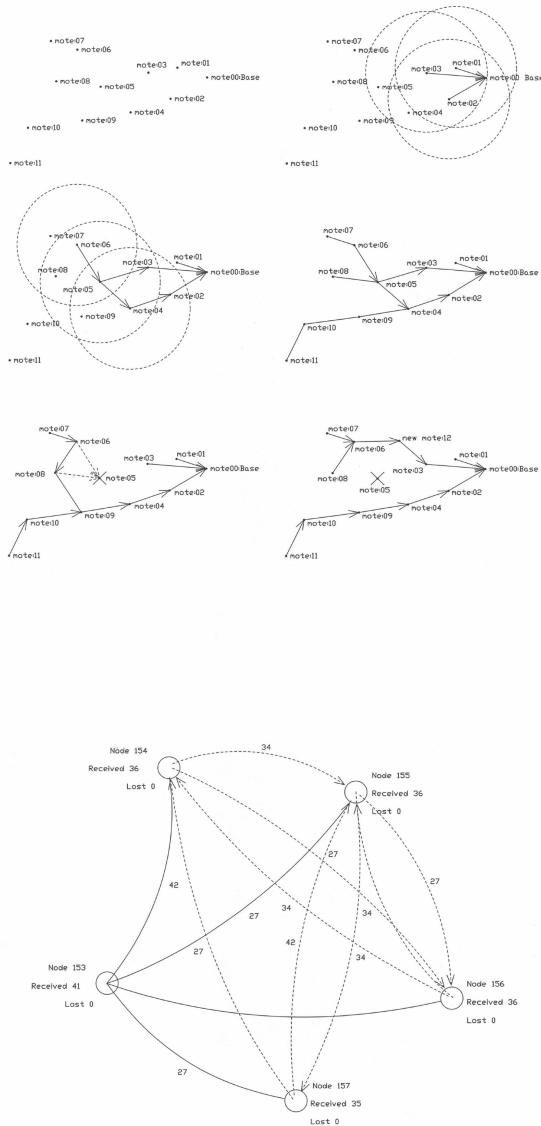


Figure 13 : *Mesh Networks Data Exchange*, Izumi Akiyama, *Dust Eyes*, *Dust Architecture*, éd. par Daburunegativusu-Åkitekuchā, (Tokyo: INAX, 2011).

---

## Intentions Paramétriques

Depuis l'utilisation des technologies numériques, nous observons une modification dans la manière de travailler qui va dans le sens de l'utilisation de l'ordinateur en tant qu'aide et support au processus de conception. Celle-ci s'effectue de manière plus coopérative car l'architecte doit encore combiner son rôle créatif et intuitif avec la puissance calculatoire de l'ordinateur de manière plus efficace et rationnelle. La puissance de l'ordinateur permet de créer une grande variété de solutions par itérations, analyses algorithmiques ou contrôle manuel. Cela permet d'essayer plusieurs combinaisons et de les comparer, tout en prenant en compte une grande quantité de données intrinsèques au projet. Il n'y a pas forcément de solution optimale, ce qui rend l'ensemble des systèmes possibles infini, et seul un bon équilibre entre les différents points du projet peut nous aider à trouver la solution qui convienne. Nous allons donc par la suite essayer de simplifier les points qui composent notre système architectural, d'abord de manière individuelle, puis dans les relations et les connexions à travers le système. Ceci nous donne la possibilité de facilement comprendre l'équilibre que nous essayons de créer dans notre architecture, tout en mettant en lumière les limites auxquelles nous allons nous confronter. Il s'agit de créer des parties plus petites dans notre modèle, qui représentent chaque facette du projet et qui se focalisent sur une donnée. Cela nous permet de traiter chaque élément de manière simple puis de les coordonner avec les autres éléments par catégories, en leur donnant plus ou moins de poids selon leur importance. De cette manière, nous obtenons dans notre modèle une structure plus synthétique. Il sera aussi plus facile de procéder à des modifications à l'intérieur même du modèle sans devoir tout modifier.

---

# II /CONDITIONS INDIVIDUELLES

---

# Les Besoins Humains

Dans la notion d'habiter, s'abriter n'est qu'une fraction des besoins humains. Il n'est pas seulement question de se protéger du froid et de la faim, tout comme il n'est pas seulement question de se loger. Le mot « *maison* » vient du latin *mansionem* ; c'est le lieu où nous demeurons, une installation sur un sol donné. Le logement à l'inverse désigne un campement ou un logis dans lequel nous nous établissons de manière précaire. En allemand il existe deux termes pour qualifier la maison : le « *Haus* », qui représente la réalité matérielle de la construction, et le « *Heim* » qui introduit un caractère de l'intime<sup>48</sup>. Avoir un « *chez-soi* » est très différent du fait d'occuper un logement. Le « *chez soi* » est une entité secrète, où les choses et les êtres conservent une histoire qui leur est propre. Il est difficile de définir l'intime ; habiter c'est d'abord être habité. Retrouver sa maison, son village ou sa région, c'est d'abord se retrouver soi-même. Lorsque nous habitons un lieu, nous partageons avec d'autres l'histoire de ce lieu. Nous devons comprendre l'essence de l'homme et donner sens à ses comportements inconscient et à sa façon d'habiter. Les fondements de l'habiter doivent induire les fondations du bâti qui appuient l'espace fondé par l'essence de l'homme et les particularités de chacun. Tous habitent, mais différemment, de par leurs pratiques et leurs conduites, et de par leurs besoins communs et individuels.

*« On donne aux habitants un langage avec un vocabulaire approprié et, grâce au soutien qu'on leur apporte, ils doivent eux-mêmes fabriquer leurs phrases propres et en commun »<sup>49</sup>*

Bernard Salignon

---

<sup>48</sup>Voir Figure : Kratz Walter, *La Cuisine*, (1941), EPFL LAPIs – « Archives de l'imaginaire », [archivesdelimaginaire.epfl.ch](http://archivesdelimaginaire.epfl.ch).

<sup>49</sup>Bernard Salignon, *Qu'est-ce qu'habiter ?* p. 66, Collection Penser l'espace, (Paris : La Villette, 2010).

Nous nous devons de questionner l'individu, afin de comprendre le paramètre humain dans l'utilisation de l'espace. D'où la question du besoin. Est-ce l'homme qui a besoin de l'espace ou l'espace qui a besoin de l'homme pour se créer ? Les besoins primaires de l'homme dans un espace de vie sont variés, tout en étant lié par un besoin de protection. Ces besoins sont variables selon les conditions de vie de l'habitant, et du monde extérieur duquel il se protège. Il va par exemple avoir besoin de se réchauffer ou de se rafraichir. Auquel cas est-ce l'espace qui doit le réchauffer ou le refroidir ? Ou est-ce lui qui contrôle la température de l'espace ? L'espace se définit à partir des besoins de l'homme<sup>50</sup>. Il doit y avoir une correspondance entre la forme et la fonction, entre le contenant et le contenu. La construction doit refléter les conditions sociales et culturelles de ses habitants, car c'est l'homme qui adopte sa propre sphère habitable et nous devons déterminer les conditions à remplir pour aboutir à ce résultat. Nous devons ainsi déterminer les habitudes et l'histoire des habitants pour comprendre la manière dont nous devons construire. Il est évidemment difficile de conditionner système pour prendre en compte le paramètre humain, mais à l'inverse un système architectural est conditionnel dans la manière de vivre de ses habitants. Il s'agit de comprendre fondamentalement l'habitant pour que le système reflète au mieux ses habitudes, et le cas échéant, lui permettre de s'adapter le plus facilement possible à son habitat.

---

<sup>50</sup>Voir Figure : Pierre d'Avoine, *Projet Crouches Field*, (2015).



Figure 14 : Kratz Walter, *La Cuisine*, (1941), EPFL LAPIS - « Archives de l'imaginaire », [archivesdelimaginaire.epfl.ch](http://archivesdelimaginaire.epfl.ch).

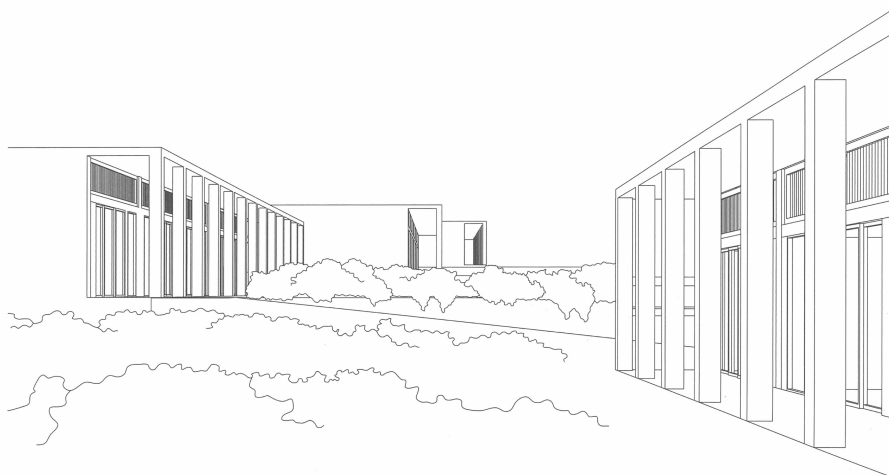


Figure 15 : Pierre d'Avoine, *Projet Crouches Field*, (2015).

---

# Les Relations Entre L'Homme et L'Espace

Il y a une relation entre l'habitant et l'habitat, créée par le tissu qui existe entre l'homme et l'histoire qu'il se crée à l'intérieur. Ces événements et ces hommes qui font notre histoire, font et se confondent avec l'histoire de l'habitat. Avant d'être un endroit ou un lieu, l'habitat est un point commun de cette histoire avec d'autres. Réciproquement, l'habitat doit refléter cette histoire commune. Il doit aussi donner à chacun la possibilité d'y ajouter un morceau de sa propre histoire. Cependant, aucun partage n'est possible si l'homme ne peut être accueilli lors de son installation en ces lieux, dans des conditions qui lui permettent de s'approprier un endroit. Se l'approprier, pas forcément financièrement, mais plutôt dans la manière dont l'homme en fait son objet symbolique et son ancrage, et comment l'habitat permet l'installation de l'homme dans un espace et un temps. Ce lien, issu d'une dynamique sociale liée à son temps et à son espace, doit être réévalué pour en comprendre les caractéristiques implicites et son essence<sup>51</sup>. Il y a une sorte d'universalité dans la manière unique et diversifiée que l'homme a de trouver son ancrage et sa singularité dans l'habitat. Sans cela il n'habite pas, il transite de manière précaire. Il y a deux types d'ancrage qui permettent d'habiter : historique, donc plutôt de l'ordre du culturel, du symbolique et du poétique, et quotidien, donc de l'ordre de la pratique, de l'imaginaire et du fluctuant. L'être et la demeure sont liés car l'habitat est le cadre de l'être.

*« L'habitat obéit implicitement et explicitement à des lois, à des modes de vie, à des pratiques [...] »<sup>52</sup>*

Bernard Salignon

---

<sup>51</sup>Voir Figure : *Analysis of Interior Spaces*, Jay Thakkar et Skye Morrison, *Matra : Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*, (2008).

<sup>52</sup>Bernard Salignon, *Qu'est-ce qu'habiter ?* p. 11, Collection Penser l'espace (Paris : La Villette, 2010).



Les relations entre l'habitant et l'espace habité peuvent créer des conditions qui peuvent refléter les interactions sociales qui ont lieu dans un espace donné. Ces données d'utilisateurs peuvent créer des données qui pourrait servir à déterminer un enchaînement, une manière de vivre et une utilisation optimisée de l'espace pour ces habitants. Le Feng-shui<sup>53</sup>, par exemple est basé sur un ensemble de conditions à remplir dans l'agencement des différents éléments qui constituent l'espace afin de garantir le bien-être<sup>54</sup> des personnes utilisant cet espace. Il se peut aussi que l'étude de formes vernaculaires nous aident à dégager des règles toujours valables aujourd'hui<sup>55</sup>. La culture du bâti est une forme historiquement liée à une certaine façon de vivre dans un certain environnement donné. Avoir des paramètres basés sur une façon de réagir à des forces extérieures depuis l'intérieur, nous montre la manière qu'a l'homme d'arranger son espace pour répondre à des exigences sociales et des contraintes locales.

La perception de l'espace habité se base sur des schémas opérationnels et ce sont ces schémas opérationnels qui donnent les règles sémantiques régissant les relations entre la symbolique d'un lieu et la réalité qu'elle désigne. Sa communication doit donc être basés sur un système structurés de ces symboles. Il est certain que la relation entre l'habitant et l'espace habité n'est pas directement lisible mais l'étude des manières de construire locale, voir vernaculaire<sup>56</sup>, peut nous aider à comprendre certains éléments pertinents à l'élaborations d'un projet. Reprendre ces éléments et leurs symboliques et les conditionner peut s'avérer important dans l'amélioration ou la création d'un lieu de vie, qui peut, tout en s'améliorant, garder une empreinte sensible d'une façon de vivre à travers l'espace.

---

<sup>53</sup>Lillian Too, *L'Encyclopédie du Feng Shui* (Könemann, 2001).

<sup>54</sup>Gina Lazenby, *La maison du bien-être* (Paris : Flammarion, 2001).

<sup>55</sup>Voir Figure : *Social use of Space*, Jay Thakkar et Skye Morrison, *Matra : Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*, (2008).

<sup>56</sup>Philip Yuan, *Parametric Regionalism*, dans Block et Bhooshan, *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, éd. par Patrik Schumacher, Architectural Design Profile, no 240, (London: John Wiley & Sons, 2016).

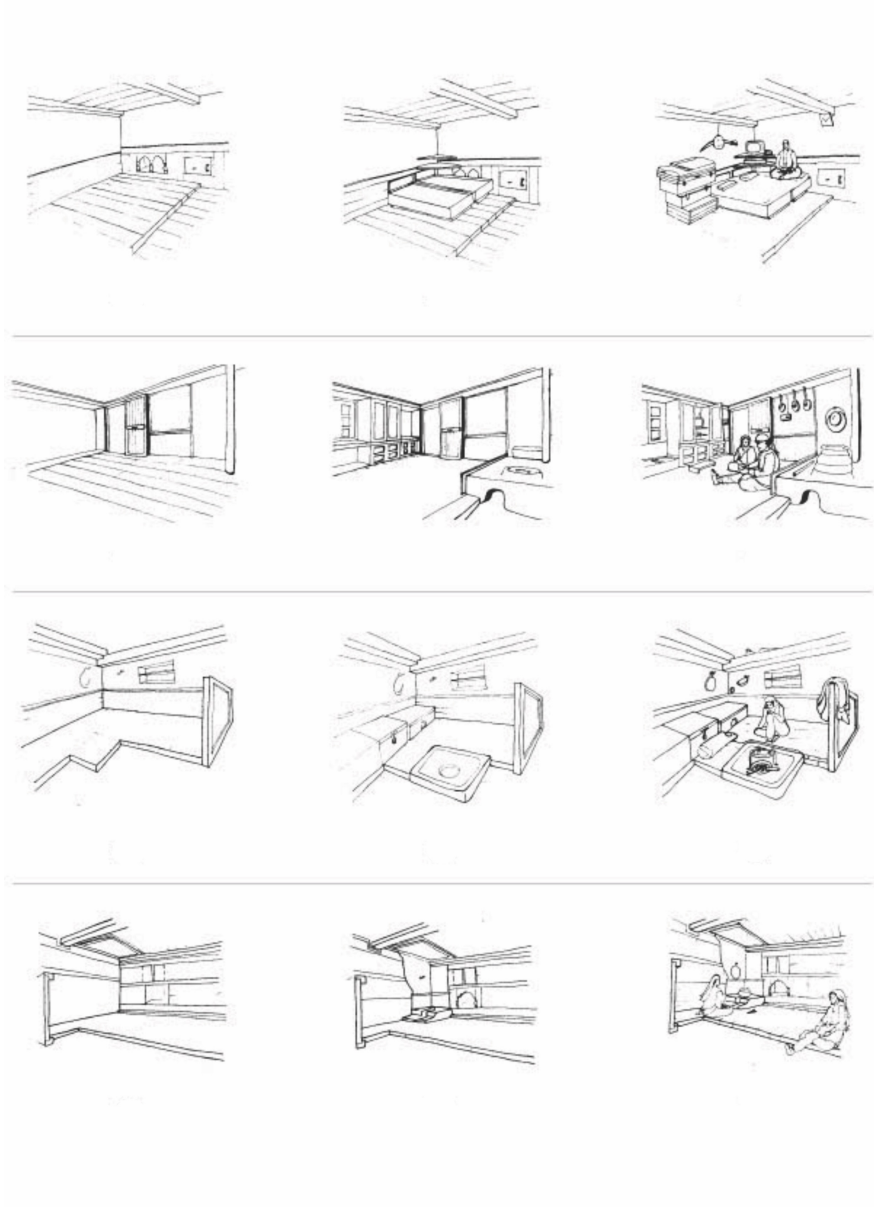


Figure 16 : *Analysis of Interior Spaces*, Jay Thakkar et Skye Morrison, *Matra : Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*, (2008).



Figure 17 : Social use of Space, Jay Thakkar et Skye Morrison, *Matra : Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*, (2008).

---

# L'Habitude Comme Vecteur

« *Habiter c'est être le lieu des effets du vécu tout autant que la cause*<sup>57</sup> »

Gina Lazenby

Une maison peut être considérée comme un « *équipement* », et afin de le définir, nous devons considérer ses caractéristiques et sa généalogie. Nous y retrouvons certaines habitudes « *organiques* » inhérentes à tout être humain, liées aux espaces qui servent à manger, dormir, se laver, etc. En revanche, la mise en action de ces besoins est individuelle et certaines habitudes domestiques sont spécifiques à chaque être humain. Ces habitudes nécessitent donc une certaine liberté dans l'architecture. L'intérieur est le lieu du rapport physique et immédiat avec l'architecture, et de ce fait il crée cette sphère domestique impliquant une dimension quotidienne. Cette expérience intérieure propre au « *chez soi*<sup>58</sup> » est vécue par chaque habitant.

Les pièces, les portes, les murs et les fenêtres encadrent nos pratiques quotidiennes, et font de l'intériorité de l'habitat un univers spatial, avec leur significations complexes dans la domesticité résultante qui ne sont pas uniquement de l'ordre du programme fonctionnel. Nous voulons expérimenter l'habitat par l'intérieur, par sa matérialité et son atmosphère, par le filtre de la manière de vivre de ses habitants et en se focalisant sur les assemblages de ces fonctions et leurs capacités d'adaptation<sup>59</sup>. De plus nous devons poser la question de l'identification de l'habitant à ces espaces à travers l'étude de ses habitudes. Mais la pratique domestique devrait-elle être anticipée ou induite ?

---

<sup>57</sup> Gina Lazenby, *La maison du bien-être*, p. 20 (Paris : Flammarion, 2001).

<sup>58</sup> Gaston Bachelard, *La poétique de l'espace* (Paris : PUF, 2008).

<sup>59</sup> Christophe Joud, éd., *À l'intérieur : les espaces domestiques du logement collectif Suisse*, Cahier de théorie 13 (Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2016).

Nous pouvons trouver dans chaque habitat un trajet séquentiel entre l'extérieur et les différents intérieurs du logement. Pas forcément dans le même ordre<sup>60</sup> selon la topologie de l'habitat, ce trajet comporte divers éléments qui font cet habitat, tel que l'entrée, le foyer, le couloir, les portes, les fenêtres intérieures et extérieures, un balcon, une loggia, etc. Les dispositifs de transitions utilisés par les habitants à travers les pratiques domestiques, sont conditionnés par les ouvertures, dans la mise en relation des espaces, et sur leurs incidences dans la hiérarchie des passages. De même les relations avec l'extérieur de chaque espace vont engendrer des attitudes différentes, de protection ou de représentation, par rapport à leurs degrés d'intimité.

Nous projetons nous même nos propres habitudes dans un espace. Nous inscrivons dans tout espace des pratiques banales mais représentatives de notre quotidien ; par exemple dans la manière dont nous posons nos clefs et nous enlevons nos chaussures dans un hall ou un vestibule. Cet espace est plus que de la distribution. Il est ce centre autour duquel le reste est regroupé ; il est distributif dans son contrôle de l'intimité, même si de nos jours il est plus souvent couplé à la salle à manger, la cuisine et le salon. Il montre un lien avec les habitudes rurales d'avoir tous les éléments qui font partie de la vie commune dans une pièce centrale qui regroupe les activités domestiques<sup>61</sup>.

Bien entendu il existe une multiplicité de dispositifs qui placent l'entrée par rapport à d'autres espaces, et qui peuvent appliquer ou au contraire remettre en cause les séquences traditionnelles du parcours d'accès. Le hall, est un espace de distribution, ce qui en soit est un parti pris, car il en résulte aussi d'une perte d'espace. En essayant d'optimiser et donc de minimiser l'espace de distribution, nous essayons de relier les chambres aux espaces de vie, ce qui résulte en une perte de leur intimité. À l'inverse si nous choisissons une répartition de ces espaces intimes à partir d'un espace de

---

<sup>60</sup> Georges Perec, *Espèces d'espaces*, Nouv. éd. rev. et corrigée, Collection l'espace critique (Paris: Éd. Galilée, 2010).

<sup>61</sup> Voir Figure : Duplex Architekten, *Concours Hohlweg*, (Rapperswill, 2010).

distribution, nous permettons une plus grande flexibilité dans l'usage de ces espaces. Il permet aussi sous une forme fragmentée une meilleure distinction entre les espaces nuits et jours. C'est un espace dédié au mouvement et ces espaces dynamiques nous aident à envisager l'habitat sous l'angle du mouvement car ils déterminent la manière dont nous nous déplaçons.

« *Les usages quotidiens sont issus de la répétition, influant la signification de la forme.* »<sup>62</sup>

Bruno Taut

Nous pouvons parler de parcours dans l'habitat, mais cela suggère quelque chose d'orienté. Nous allons donc plutôt utiliser le terme de « *promenade* » utilisé par Le Corbusier, qui sous-entend une part d'aléatoire dans le déplacement. Il y a une continuité dans le déplacement, une mise en perspective progressive de la séquence des espaces. Le couloir n'a pas besoin de se manifester physiquement, se confondant avec les pièces qu'il traverse. Il n'a pas non plus besoin d'être linéaire, ni orienté, permettant ainsi de varier la hiérarchisation des espaces, pour un parcours différencié et fluide<sup>63</sup>.

L'espace de distribution permet une progression dans l'intimité de l'appartements, par gradations successives. S'il se trouve intégré dans le caractère spatial de l'ensemble et dans le système de pièces, il peut se placer de manière presque organique, ce qui peut induire des formes spatiales complexes, liées à l'agencement des pièces. L'espace qui fait centralité de l'habitat permet de s'identifier à l'intimité et à la stabilité de cet habitat, et les cheminements qui représentent les usages quotidiens font ressortir cette forme de centralité. C'est à partir de cette centralité que se développent les degrés d'intimité, rendant le collectif possible tout en gardant l'individualité. Jaques Lin, éducateur pour enfant, a ainsi tracé les chemins empruntés par les enfants malades qu'il accueillait chez lui, basé sur leur parcours quotidien, a

---

<sup>62</sup>Grit Tuchscheerer et Bruno Taut, *Die neue Wohnung, die Frau als Schöpferin*, (Leipzig 1928) : Studienarbeit (München : Grin-Verl, 2003).

<sup>63</sup>Voir Figure : Edelaar Mosayebi Inderbizn Architekten, *Wohnbauten Steinwies-/Irisstrasse*, (Zurich, 2015).

raison d'un calque par jour. À travers ce tracé du quotidien, nous pouvons voir les cartes et les lignes d'erre qui montrent la manière de percevoir l'espace commun à travers non pas seulement un langage, mais au travers des éléments mis en scène pour transcrire une expérience de l'espace sur papier<sup>64</sup>. Les manières de se mouvoir et d'utiliser un espace, obéissent à des règles conditionnées par la forme. Il s'agit donc de comprendre ces flux pour les optimiser par rapport aux habitudes des habitants et de cette manière les rendre conditionnels.

*« En fait, nous sommes à la recherche d'une sorte de « vérité de l'usage » que nous pressentons intuitivement dans le voisinage de la fonctionnalité et de la consommation mais qui nous interpelle pour aussi à l'antipode complet de ces représentations de la valeur. Ce n'est donc pas tellement l'optimisation des modes d'utilisation du bâti qui retient notre attention que le processus de dépôt et de sédimentation des significations dans les formes tel qu'il résulte de la répétition inlassable des usages quotidiens »*<sup>65</sup>

Marcel Meili

---

<sup>64</sup> Voir Figure : tracés par Jacques Lin, deux calques de fond tracés par Gisèle Durand, 15ème calque sur 24, Granières, 1er septembre 1977 - 31 janvier 1978, dans Sandra Aévarez de Toledo, *Cartes et dignes d'erre, traces du réseau de Fernand Deligny de 1969-1979*, (L'Arachnéen, Avril 2013).

<sup>65</sup> Peter Disch et Martin Steinmann, éd., *Architektur in der deutschen Schweiz 1980-1990 : L'architecture récente en Suisse alémanique : ein Katalog und Architekturführer*, p. 64, 2. Aufl (Lugano : ADV Advertising Company & Publishing House, 1991).

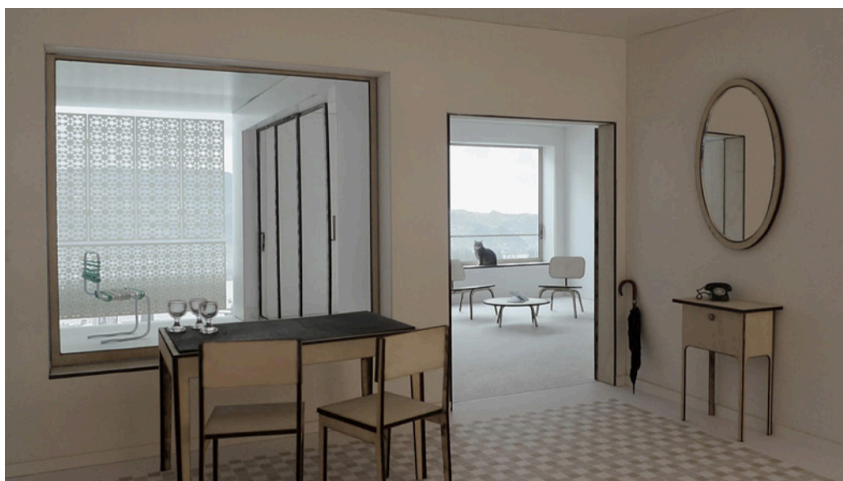


Figure 18 : Duplex Architekten, *Concours Hohlweg*, (Rapperswil, 2010).





Figure 19 : Edelaar Mosayebi Inderbizn Architekten, *Wohnbauten Steinwies-Irisstrasse*, (Zurich, 2015).

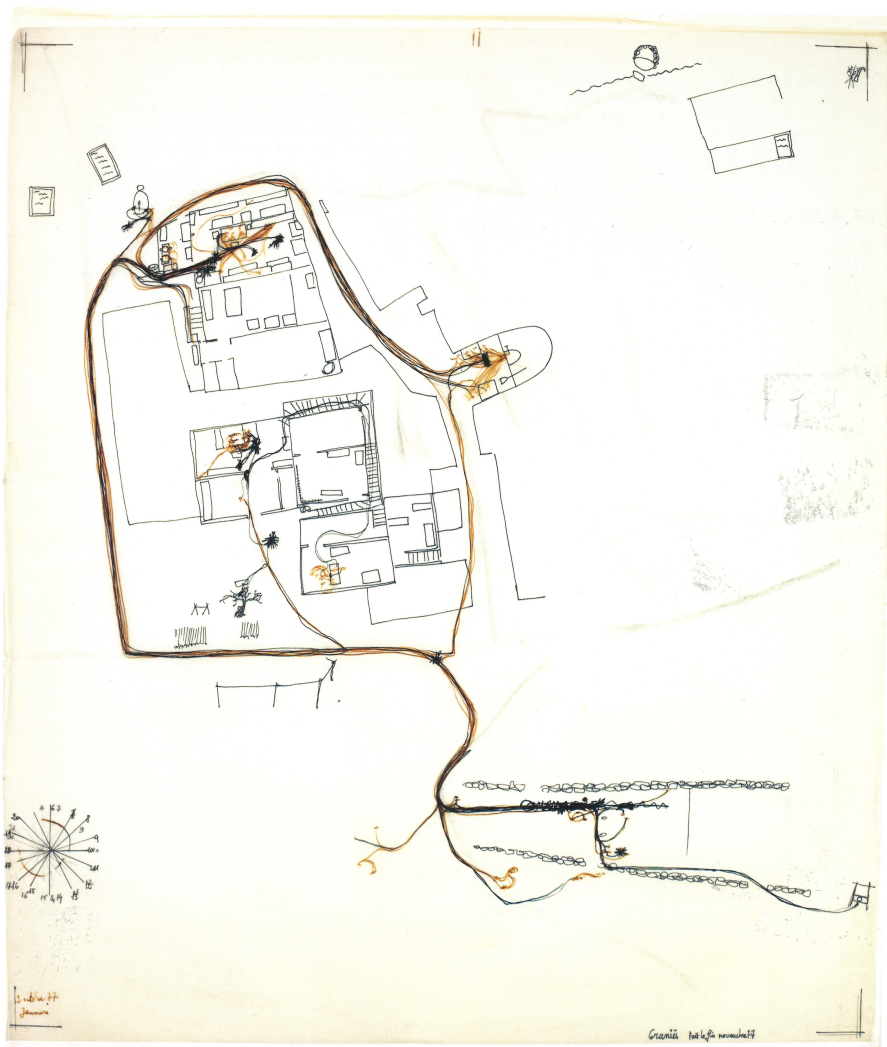


Figure 20 : tracés par Jacques Lin, deux calques de fond tracés par Gisèle Durand, 15ème calque sur 24, Graniers, 1er septembre 1977 - 31 janvier 1978, dans Sandra Aévarez de Toledo, *Cartes et dignes d'erre*, traces du réseau de Fernand Deligny de 1969-1979, (L'Arachnéen, Avril 2013).

---

# Les Topologies Du Contrôle Social

Entre le site du bâtiment et l'intime du logement, nous pouvons envisager une dialectique entre l'ombre et la lumière, entre le seuil et les transitions et entre le dedans et le dehors, ce qui définit un sens profond du rapport de l'homme à son espace habité. Une région est un espace « *régi* » par des lois, des coutumes ou des habitudes issues de l'histoire communes des habitants<sup>66</sup>. Celles-ci donnent une âme au site, un cadre définit par les règles implicites entre les habitants, intériorisées par sa politique dans l'espace de vie. Il faut donc faire de ces espaces habités l'expression naturelle de l'âme de sa communauté<sup>67</sup>. L'essentiel des pratiques dans l'espace social se fait dès la conception du projet, déterminant les conditions dans lesquelles le développement des individus doit-être soutenu par le corps social, et ainsi, contribuer au développement de la société.

Est-t-il possible de créer une topologie sociale ? Les processus paramétriques peuvent nous aider à définir les besoins et élargir la carte mentale de l'habitant pour le connecter à l'espace, au bâtiment et donc à l'architecture. Une géométrie architecturale complexe se fait généralement au détriment de l'efficacité des structures et de la construction. Elle n'est pas convaincante si elle ne tient pas compte du rôle important des facteurs locaux, culturels et socio-économiques<sup>68</sup>. La complexité, si elle s'accompagne d'un mépris des flux matériels ou des ressources financières, est contre-productive. L'utilisation appropriée de matériaux ou d'autres limitations locales

---

<sup>66</sup>Bernard Salignon, *Qu'est-ce qu'habiter ?* p. 11, Collection Penser l'espace (Paris : La Villette, 2010).

<sup>67</sup>Jay Thakkar et Skye Morrison, *Matra : Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*, 2008.

<sup>68</sup>Voir Figure : *The différent dimension of the building cycle*, Paolo Tombesi, *What do we mean by building design ?* dans Scott Marble, éd., *Digital workflows in architecture : designing design, designing assembly. Designing industry*, (Basel: Birkhäuser, 2012).

doit rester au cœur du processus de conception, ce qui implique que l'architecture doit répondre à ces paramètres techniques tout en visant une élégance de la forme.

*« Il faut retracer la frontière entre extérieur et intérieur, privé et public, local et global, sédentaire et nomade. [...] car nous pouvons observer aujourd'hui le brouillage des notions de privé, d'intimité - et d'extimité dans nos sociétés<sup>69</sup> »*

Georges Teyssot

L'utilisation de modèles généralisés de processus domestiques peut introduire dans les espaces sélectionnés des fonctions spécifiques et des processus d'interactions dans leur modélisation<sup>70</sup>. Ceci permet l'élaboration de chaque espace par rapport à sa fonctionnalité sociale. La fonctionnalité sociale de l'architecture réside surtout dans sa capacité à reproduire l'organisation sociale en ordonnant les processus sociaux par la séparation ou la connexion, et en construisant une sorte de machine à habiter<sup>71</sup>. Nous créons ainsi des scénarios d'interactions qui dépendent de la manière dont les habitants évoluent et s'orientent dans l'habitation. Les interactions sociales sont conditionnées par des attentes mutuelles entre les habitants. C'est une question de réaction à une action donnée. Une situation spatialement définie permet aux habitants de comprendre et de s'accorder sur les actions demandées qui vont déterminer les interactions sociales qui vont avoir lieu. Nous créons ainsi un cadre commun qui valorise ces interactions. C'est uniquement quand les fonctions de ces cadres deviennent différenciées qu'il faut considérer les formes et les distributions topologiques spatiales. Ces interactions sont en général associées à une forme physique dans un lieu ou dans un espace. Dépendant du type d'interaction que nous souhaitons induire dans un endroit, elle peut conditionner une forme particulière.

---

<sup>69</sup> Georges Teyssot, *Une topologie du quotidien*, p. 13, 1<sup>re</sup> éd. (PPUR, 2016).

<sup>70</sup> Patrick Schumacher, *Advancing social functionality via agent-based parametric semiology*, dans Block et Bhooshan, *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, éd. par Patrik Schumacher, Architectural Design Profile, no 240, (London: John Wiley & Sons, 2016).

<sup>71</sup> Voir Figure : *Machine à habiter*, Carl Bergsten, *MS Kungsholm snitt*, (1927).

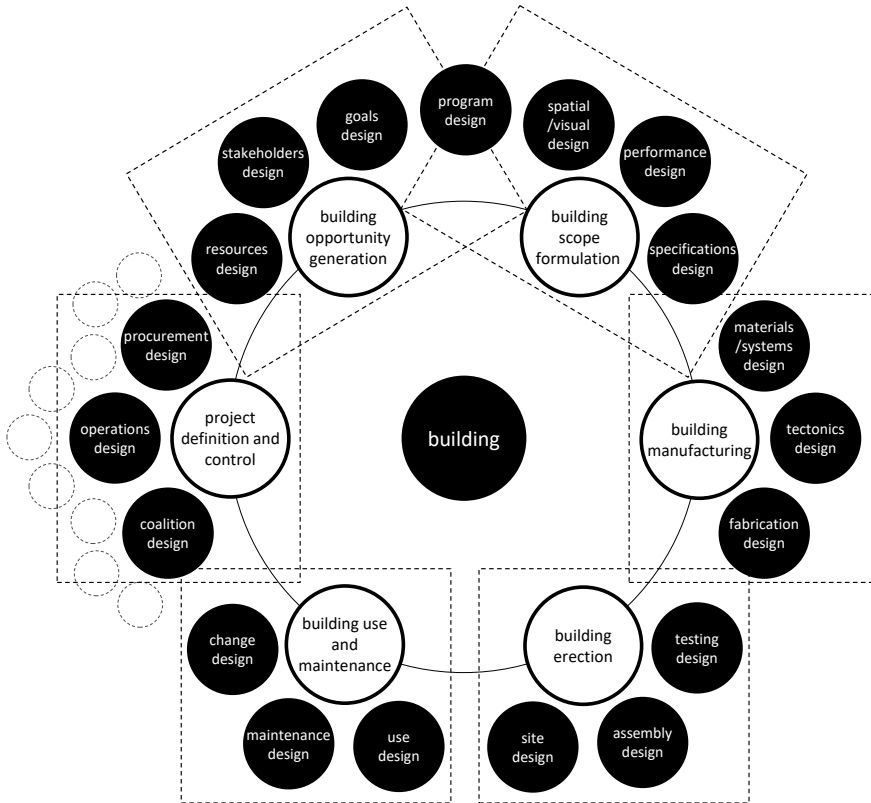


Figure 21 : *The different dimension of the building cycle*, Paolo Tombesi, *What do we mean by building design ?* dans Scott Marble, éd., *Digital workflows in architecture : designing design, designing assembly. designing industry*, (Basel: Birkhäuser, 2012).

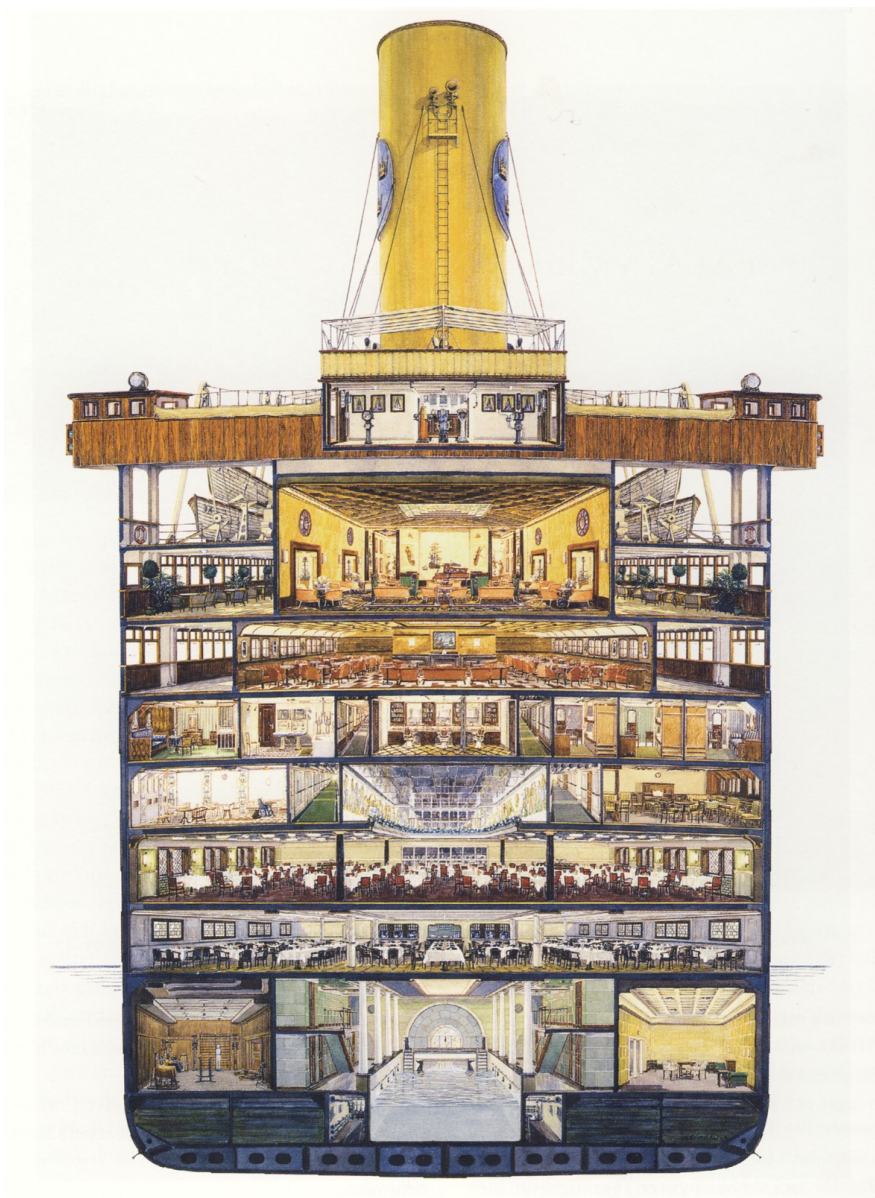


Figure 22 : *Machine à habiter*, Carl Bergsten, *MS Kungsholm snitt*, (1927), EPFL LAPIS - Archives de l'imaginaire », [archivesdelimaginaire.epfl.ch](http://archivesdelimaginaire.epfl.ch).



---

# Les Systèmes Interactifs

Lorsque nous intégrons dans le programme d'un projet la recherche pluridisciplinaire nécessaire à son élaboration, chaque acteur a les mêmes objectifs mais un projet propre en fonction de ses champs d'intervention. Leur regroupement autour du projet introduit une multitude de dimensions qui ne peut se résoudre que par la rencontre entre chacun de ces acteurs. Mais l'architecture en elle-même peut-elle être une écologie de système en interaction<sup>72</sup> ? Nous devons créer un environnement spatial adaptatif, émotif et comportemental qui tente de construire des scénarios d'interactions, en forgeant des échanges intimes avec l'habitant en tant que relation évolutive à travers la participation<sup>73</sup>. Il s'agit d'une évolution vers une architecture intelligente ou même un apprentissage automatique, car nous devons également prendre en compte les interactions entre machines. L'architecture est ainsi un cadre ouvert, qui stimule la participation.

*« L'intelligence dépend de l'interface de nos interactions. »<sup>74</sup>*

*Ranulph Glanville.*

L'environnement numérique doit pouvoir être partagé et être relationnel. Des études comportementales peuvent générer de la donnée en continue et en temps réel, forçant des adaptations et des réactions de différentes installations ou d'architectures animées. Nous devons considérer un système pouvant avoir des relations avec ses utilisateurs. Des pratiques simples consistent, par exemple, en un contrôle automatisé des stores selon les préférences définies par l'utilisateur. Cette adaptation automatisée peut être prise en compte dans les conditions d'utilisation spatiale. Si nous concevons

---

<sup>72</sup>Arturo Tedeschi et Fulvio Wirz, *AAD - Algorithms-Aided Design*, (Brienza : Le Penseur, 2014).

<sup>73</sup>Voir Figure : Interactive "Living" Wall, *Lotus Dome*, Studio Roosegaarde, (Lille, 2010-2011).

<sup>74</sup>Ranulph Glanville, *An Intelligent Architecture*, p. 2, *Convergence* 7, no 2 (1 juin 2001).

l'architecture comme un environnement de systèmes en interactions, nous pouvons créer des environnements spatiaux adaptatifs, émotionnels et comportementaux qui peuvent construire des scénarios interactifs et participatifs entre l'utilisateur et l'espace par le biais d'interfaces spatiales.

C'est le concept des Smart-Homes<sup>75</sup> qui utilisent les communications, homme-machine et machine-machine à travers la domotique<sup>76</sup>. L'architecture proposée est active, anticipative et adaptative à travers des échanges numériques constants et en temps réel basés sur les comportements de l'habitant. Ces conditionnements, l'apprentissage automatique et les bâtiments collectifs, nous offrent des nouvelles conceptions architecturales qui vont au-delà de la simple production et réalisation formelle. La *smart architecture*<sup>77</sup> est un modèle adaptatif qui évolue avec l'homme et avec ces échanges avec des programmes numériques. Ces systèmes intégrés dans l'habitat s'adaptent en fonction des besoins des habitants. Ainsi, en intégrant un système numérique dans un système paramétrique nous offrons encore plus de libertés dans l'utilisation de l'espace habité.

---

<sup>75</sup>*The Future of the Smart Home*, (consulté le 1 janvier 2019), <https://www.predictingourfuture.com/smart-home/>.

<sup>76</sup>Voir Figure : *The Evolution of Smart-Homes*, DES – Digital Enterprise Show, 2019), <https://www.des-madrid.com/evolution-smart-homes/>.

<sup>77</sup> *Smart Architecture*, consulté le (26 décembre 2018), <http://www.smart-arch.com/>.



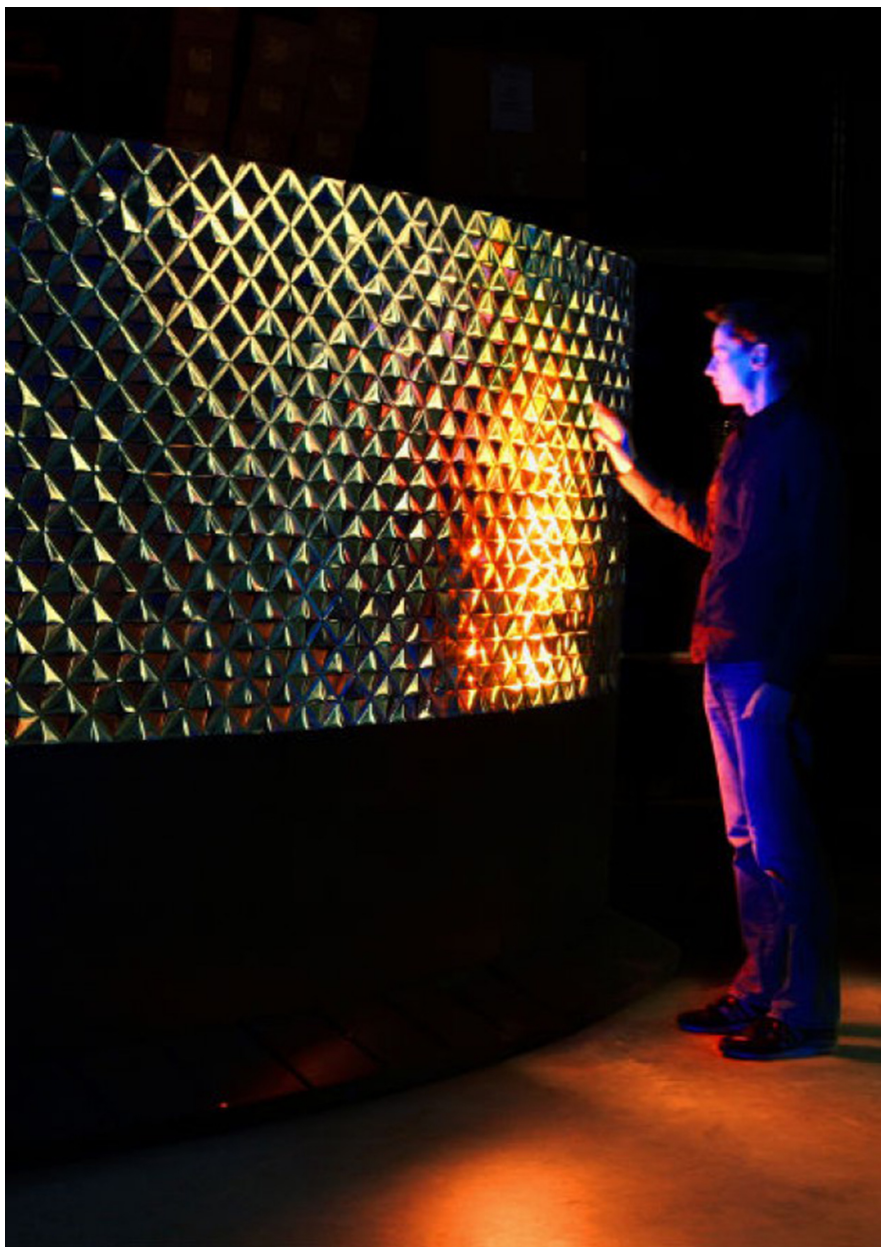


Figure 23 : Interactive "*Living*" Wall, *Lotus Dome*, Studio Roosegaarde, (Lille, 2010-2011).



Figure 24: *The Evolution of Smart-Homes*, DES – Digital Enterprise Show, (2019), <https://www.des-madrid.com/evolution-smart-homes/>

---

## Conditions Individuelles

Dans la confrontation entre l'homme et l'espace, nous trouvons deux types d'interactions. Le premier vient du fait que l'homme est conditionné par l'espace dans lequel il évolue. L'habitant donne à l'architecte le pouvoir de conditionner l'espace dans lequel il va vivre et c'est donc d'analyser l'habitant pour que l'espace lui corresponde au mieux. Le rôle de l'architecte est de faire le pont entre ses observations et l'habitat qu'il souhaite créer, et l'habitant est conditionnel uniquement si l'architecte réussit à le représenter. Le deuxième type d'interaction vient du fait que l'habitant, si le cadre lui convient, s'approprie l'espace. Ce faisant, en plaçant ses meubles ou en agrandissant sa cuisine, il conditionne lui-même son lieu de vie pour qu'il corresponde à ses besoins. Mais cette appropriation spatiale reste conditionnée par la liberté que lui laisse l'architecte à effectuer ces changements.

La perception spatiale est en partie conditionnée par l'intuition et la subjectivité de l'architecte et des habitants, et il peut être difficile d'expliquer de manière rationnelle les critères qui la définissent. Dans certains espaces, les problèmes deviennent apparents qu'après la production car ils doivent être vécus pour être décrits. La seule manière de contourner ces problèmes est d'utiliser des solutions standardisées<sup>78</sup> ou de tester des solutions variées jusqu'à ce qu'elles conviennent. À ceci s'ajoute une part d'indécision dans le modèle paramétrique. Le besoin de rationalisation dans le processus peut nous mener vers une complexité qui n'est pas nécessaire, et il est donc nécessaire d'inclure dès le début de la conception les règles de l'habitude et de souligner la présence d'un contexte social déjà établi.

---

<sup>78</sup>Ernst Neufert, Peter Neufert, et Johannes Kister, *Architects' Data*, 4th ed (Chichester, West Sussex, UK ; Ames, Iowa : Wiley-Blackwell, 2012).

---

# III / CONDITIONS SPACIALES

---

# La Forme De L'Espace

Comment pouvons-nous définir l'espace dans une intention architecturale ? Est-il possible de rationaliser le processus ? Pour définir une forme qui satisfasse à des conditions ou des paramètres, il faut commencer par redéfinir le concept de l'espace et de sa perception psychologique<sup>79</sup>. Une forme est déterminée par un squelette, fait de lignes et de points, plus que par un contour. Pour appréhender une forme, nous nous basons simultanément sur sa direction, ses dimensions et sa distance par rapport à nous. Bien entendu, différents matériaux offrent différentes possibilités formelles. Mais si nous considérons la forme en tant que structure, nous comprenons que la forme architecturale est un ensemble qui réunit plusieurs facteurs différents, dont les éléments et les relations, qui déterminent la totalité formelle, ainsi que leurs contenus, et par là les relations entre les formes et les contenus. Un élément est une unité caractéristique qui appartient à une forme architecturale<sup>80</sup>. Il est toujours possible de décomposer un élément en plusieurs éléments et leurs relations subordonnés, ou à l'inverse d'unifier des éléments et leurs relations dans des éléments supérieurs.

Il est important de classer les éléments architecturaux en trois catégories formelles : la masse, l'espace et la surface. La masse est définie par la représentation d'un élément en trois dimensions. L'espace représente un volume défini par les surfaces délimitantes des masses environnantes ; et la surface représente la limite de la masse ou de l'espace. La masse est déterminée par les séparations latérales, plus que par les limitations supérieures et inférieures. L'espace est aussi défini par les murs certes, mais contrairement à la masse, surtout par le sol et le plafond. Les surfaces

---

<sup>79</sup>Georges Teyssot, *Une topologie du quotidien*, 1re éd. (PPUR, 2016).

<sup>80</sup>Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

ainsi créées jouent des rôles différenciés dans la formation architecturale. Par exemple, le sol a souvent un caractère unifiant, qui aide à définir la forme de l'espace tout en servant d'appuis pour les éléments de masse. Les murs ou le plafond sont plus libres : le plafond est déterminé par des éléments techniques, plus fixes et distants, et les murs s'adaptent aux situations données par les fonctions dont ils sont le cadre.<sup>81</sup> L'espace et la masse sont donc déterminés par leurs formes topologiques et géométriques, ainsi que par la disposition des ouvertures et le traitement des surfaces délimitantes.<sup>82</sup> Ils permettent donc des relations formelles qui sont une manière de distribuer les éléments spatialement.

*« Trente rayons convergent vers un seul moyeu ;  
C'est sur le trou au centre que dépend la fonction de l'essieu.  
Nous fabriquons un vase à partir d'un morceau d'argile ;  
C'est l'espace vide à l'intérieur du navire qui le rend utile  
Nous fabriquons des portes et des fenêtres pour une pièce ;  
Mais ce sont ces espaces vides qui rendent la pièce habitable  
Ainsi, alors que le tangible a des avantages ;  
C'est l'immatériel qui le rend utile »<sup>83</sup>*

Lao Tzu (550 A.C)

De cette structure spatio-formelle créée par l'espace, la masse et la surface, nous pouvons ensuite reprendre le concept spatial pour en tirer une forme. La forme n'est donc pas seulement géométrique car elle doit s'adapter constamment à un contexte plus vaste. Elle peut exister par elle-même, par un processus progressif qui incorpore des dimensions multiples. Ils peuvent être de nature géométrique mais aussi définis par une structure intérieure, par une organisation fonctionnelle, par les matériaux dans de leur tectonique et leur réalité tactile, par la lumière naturelle ou artificielle, et par toute autre expérience sensorielle et temporelle. L'espace est le médium de la

---

<sup>81</sup>Voir Figure : *Cellules d'espace. Fermeture, murs directeurs et ouvertures*, dans Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

<sup>82</sup>Voir Figure : *La cellule d'espace en tant que fonction des ouvertures*, dans Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

<sup>83</sup>Cornelis van de Ven, *Space in architecture: the evolution of a new idea in the theory and history of the modern movements*, p. 3, Van Gorcum, (Assen/Maastricht, The Netherlands ; Wolfeboro, N.H., U.S.A , 1987).

formation d'images tactiles et visuelles qui augmentent la psychologie perceptuelle de l'homme. Il est l'expression artistique la plus matériel possible tout en donnant un sens immatériel au concept du style.

En parlant de la forme de l'espace nous questionnons la proportion et la géométrie immatérielle de l'espace. La notion de l'espace est compliquée à cerner et plusieurs architectes se sont essayés à l'exercice. Le Corbusier a établi ses principes clés de la création de l'espace en abordant d'abord la notion de la masse, et de ses jeux, révélés par la lumière. Puis par la surface il insiste sur la propreté, ou la simplicité, de la forme en elle-même. Il introduit ensuite le concept du plan générateur de la forme qui contrôle les relations entre la masse et l'espace. Ces relations sont ordonnées par des lignes de réglages tridimensionnelles. Van Doesburg a plutôt supporté l'idée de la réalisation plastique du concept de l'espace à travers le temps, expression de la continuité de l'espace sur un plan. Lissitzky a mis en avant les tensions entre les éléments issus de l'espace matériel et le vide. Dans ses enseignements au Bauhaus, Gropius a promu l'architecture comme la formation de la matière selon une idée. En parallèle Moholy-Nagy évoque l'espace comme la relation entre la position des masses de manière à ce que l'intérieur est spatialement connecté à l'extérieur en tant que continuum spatial. Finalement Wright nous parle de la destruction de la boîte spatiale, par la continuité des espaces, générateurs des mouvements conscients à travers les cellules spatiales qui constituent l'habitat. Tous se rejoignent cependant sur le fait que l'espace est la négation de la masse.

Une idée intéressante est celle de l'espace comme un endroit. Si nous reprenons les concepts d'Einstein sur l'espace, donc le concept de l'espace en tant que lieu identifiable par un nom, le concept de l'espace absolu, et le concept de l'espace relatif en quatre dimensions, nous nous rendons compte que les trois concepts existent simultanément dans n'importe quelle œuvre humaine. Phénoménologiquement<sup>84</sup>,

---

<sup>84</sup> Jean-Hugues Barthélémy, *La «révolution de l'espace» et l'architecture comme «réalisation de la philosophie» dans Écumes de Sloterdijk*, Appareil, no 11 (2 juillet 2013).

habiter est le point de jonction des divers besoins qu'il faut satisfaire. Nous comprenons donc que l'espace doit permettre une multiplicité des usages de ses habitants. Il n'y a pas de solution prédéterminée mais il faut permettre toutes les combinaisons possibles. Si habiter ne remplit pas sa fonctionnalité, il peut en résulter un sentiment d'exclusion. Ce n'est pas seulement une question technique au niveau de la construction mais aussi d'esthétique et d'adéquation des articulations sociales et techniques de l'espace. Habiter, c'est créer un espace dans l'espace et se représenter dans son espace. L'espace offre des conditions de possibilités, créant des ponts entre l'espace physique et l'espace psychique.

Il est difficile de définir l'espace. Les qualités que nous voulons lui donner sont très subjectives. Comme vu plus haut, une forme est déterminée par son squelette, fait de lignes et de points. La forme étant la négation de l'espace, pourquoi ne pas déterminer l'espace de la même manière. Si nous voulons créer des éléments simples, il est possible d'incorporer les points de contrôle qui règlent ces espaces dans un système paramétrique. Nous introduisons ainsi une manière de conditionner l'espace, certes à travers un prisme subjectif, mais en garantissant une certaine adaptabilité dans son utilisation.



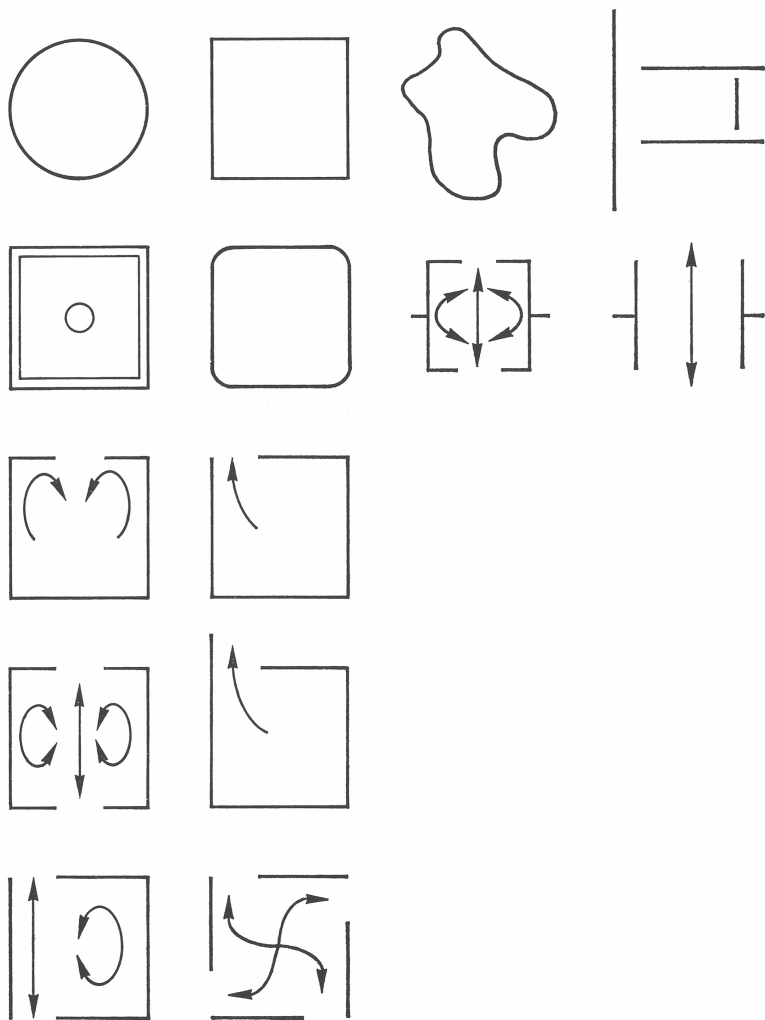


Figure 25 : *Cellules d'espace. Fermeture, murs directeurs et ouvertures*, dans Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

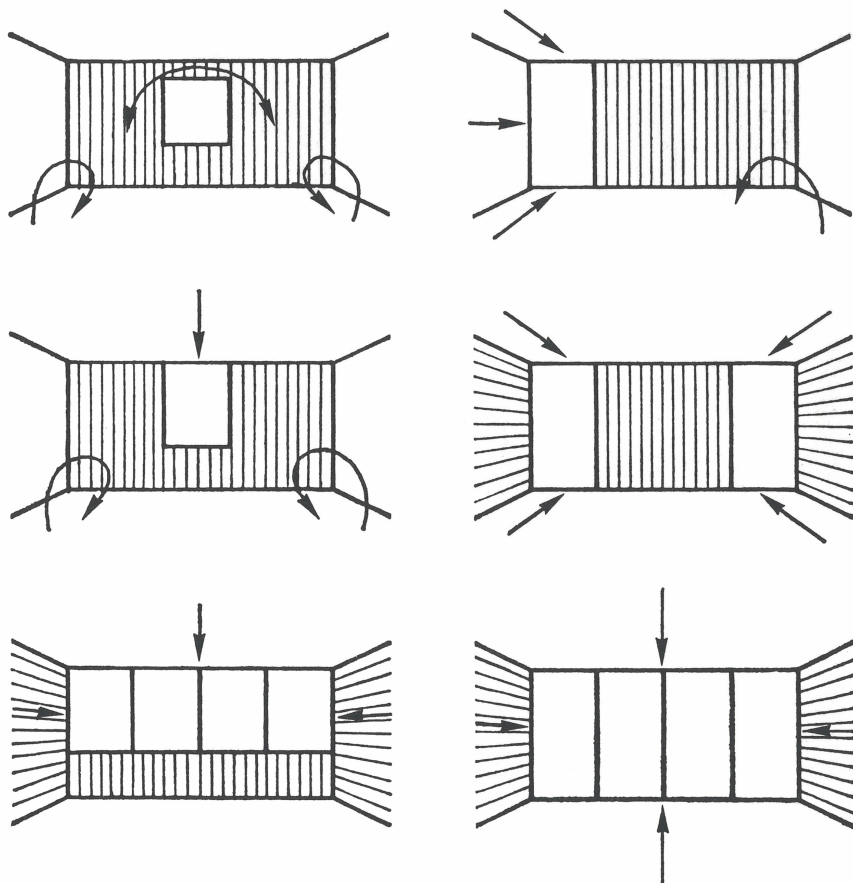


Figure 26 : La cellule d'espace en tant que fonction des ouvertures, dans Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

---

## Les Relations Spatiales

L'habitant doit être rattaché à un système de relations, par le biais d'un système spatial. Mais pourquoi lier ce qui doit être lié ? Un paramètre pourrait-il transcrire la tension que nous pouvons introduire lors de cette liaison ? Les paramètres liés au logement induisent une question d'ordre et d'importance des familles paramétriques, et demandent un protocole spécifique à la manière d'un schéma conceptuel. Les relations géométriques que nous essayons de poser sont plutôt une lecture biaisée des relations spatiales. Les proportions des pièces, leur agencement et les composantes industrielles liées au logement des années 1950', fournissent, avec les études rationalistes de Dioallevi et Marescotti ou avec les logements de Francfort de Ernst May<sup>85</sup>, des exemples de recherches de données liées au logement.

L'organisation de l'espace physique intervient comme paramètre intentionnel dans la concrétisation architecturale. Elle requiert l'analyse des relations entre les masses et les espaces. Toutes les compositions architecturales impliquent une succession continue d'éléments, dont les différentes variantes restent cependant ramifiées. À partir d'une description stéréométrique des espaces et des volumes ainsi que de leur caractère architectural nous pouvons prendre en compte toutes les possibilités de groupement et de hiérarchie. La proximité des éléments détermine l'agencement et l'organisation intérieure, par la distribution des éléments de masses et d'espaces et des traitements des surfaces de séparations. Elle introduit des relations particulières, comme des successions, des continuités, des répétitions, des contrastes, des dominances, des interpénétrations ou des centralisations, et nous fournit également

---

<sup>85</sup>Thomas Elsaesser, *The Camera in the Kitchen : Grete Schütte-Lihotsky and Domestic Modernity*, s. d.

des directions à suivre grâce à des éléments directeurs qui sont communs à plusieurs éléments continus comme des lignes directrices ou des surfaces continues.

*« Je découpe des ouvertures dans les murs quand j'en ai besoin pour la vue ou l'éclairage »<sup>86</sup>*

Mies van der Rohe

L'architecte essaie de diriger, par le mur et l'ouverture<sup>87</sup>, et nous essayons de lier ces géométries entre elles pour faire sens. Il y a différentes manières de traiter les relations spatiales à travers l'ouverture<sup>88</sup>. Un percement en hauteur permet de garder de l'intimité en partie basse et d'obtenir un éclairage par le haut par exemple. L'ouverture permet la modification de la hiérarchie spatiale, en rendant les limites plus souples et en laissant apparaître de nouvelles connections spatiales. Nous pouvons ainsi créer un intérieur plus poreux, plus transparent, doté d'une continuité spatiale, qui met en relation les espaces de manière plus visuelle et sociale. Cela permet d'avoir des pièces qui paraissent plus amples et généreuses par la pluralité des vues, en utilisant la dimension psychique de la vue.

*« S'il n'y a pas de transparence dans l'espace, si vous ne pouvez pas voir d'une pièce à l'autre, alors il n'y a pas de sentiment de vie »<sup>89</sup>*

Peter Märkli

La vue permet le contrôle du cadre domestique, et son cadre offre une ornementation de la domesticité, tel un tableau dans lequel les habitants sont à la fois acteurs et spectateurs. Elle permet l'articulation non pas seulement des espaces mais aussi de la vie en communauté au quotidien. Tout en connectant les diverses parties de l'habitat, la vue dissout les frontières internes du logement et reflète le quotidien.

---

<sup>86</sup>Mies van der Rohe et al., « G : Materials for Elemental Form-Creation », 1923, p. 1, dans *An Avant-Garde Journal of Art, Architecture, Design, and Film*, 1926, Gideon Fink Shapiro, (Getty Research Institute, 2010).

<sup>87</sup>Voir Figure : Mies van der Rohe, *Brick Country House*, (Potsdam-Neubabelsberg, 1964).

<sup>88</sup>Voir Figure : *La cellule d'espace en tant que fonction des ouvertures*, dans Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

<sup>89</sup>Christophe Joud, éd., *À l'intérieur : les espaces domestiques du logement collectif Suisse*, Cahier de théorie 13, (Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2016).

Les connexions causales induites, sont aussi le reflet des « *connexions empiriques causé par les relations sémantiques* »<sup>90</sup> qu'il y a entre la forme et le contenu. Tout autant que la forme, le contenu surtout doit former un lien logique de passage et d'utilisation.

Lors de l'étude d'un logement, il y a une question de l'ordre des choses et de leur importance, que nous pourrions classer dans des familles paramétriques et utiliser comme protocole. C'est un travail typologique<sup>91</sup>, mais avec un contrôle variable et une personnalisation par rapport à un programme prédéfini<sup>92</sup>. Il faut, pour insérer les conditions de ces connexions spatiales dans un système paramétrique, prédéterminer l'ordre des pièces et donner l'écart possible des surfaces et des volumes que nous leurs attribuons. Nous pouvons ainsi créer, par les possibilités d'expansion et de contraction de chaque espace, une certaine flexibilité dans la relation entre les différents espaces et les relations entre les étages.

---

<sup>90</sup>Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

<sup>91</sup>Voir Figure : *Variation in typology*, dans Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (Architecture Program, University of Nebraska, 2012).

<sup>92</sup>Voir Figure : *Variation in program and matrix*, dans Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (Architecture Program, University of Nebraska, 2012).



Figure 27 : Mies van der Rohe, *Brick Country House*, (Potsdam-Neubabelsberg, 1964).

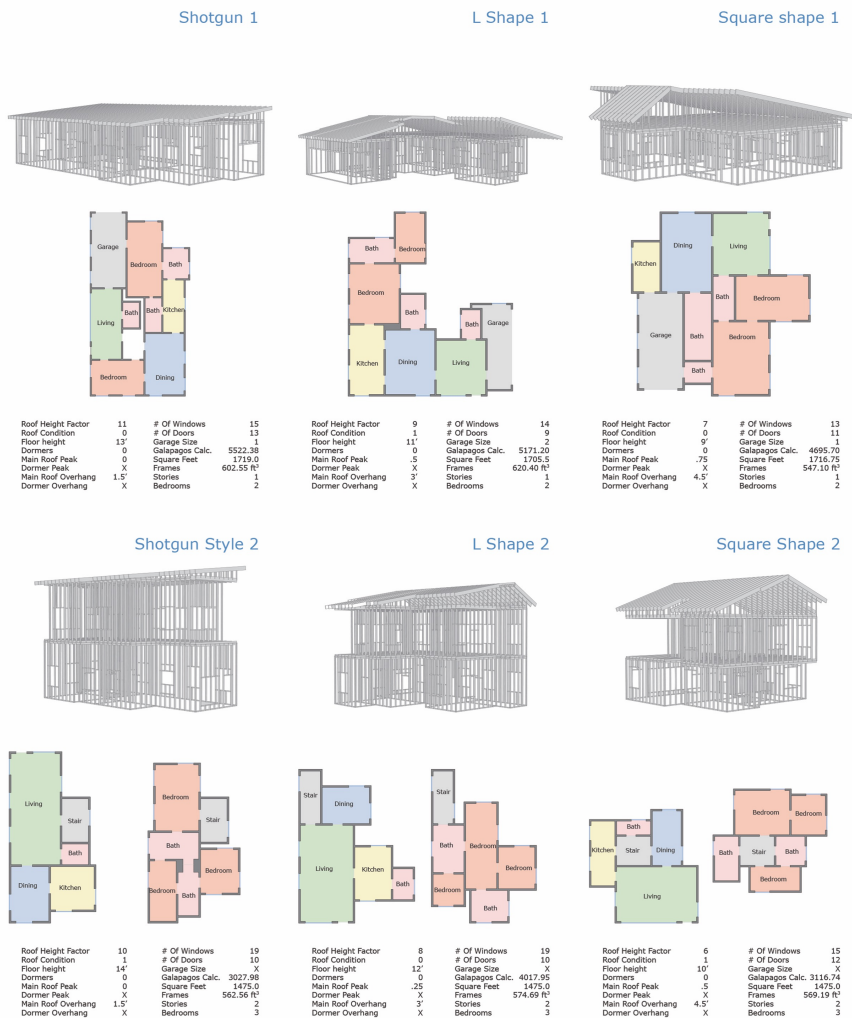


Figure 28: Variation in typology, dans Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (Architecture Program, University of Nebraska, 2012).



Figure 29 : Variation in program and matrix, dans Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (Architecture Program, University of Nebraska, 2012).



---

## Les Articulations Spatiales

Dès la conception il faut noter l'importance des espaces d'articulations, déterminants dans l'appropriation du logement, que cela soit au niveau individuel ou au niveau collectif. Comment peuvent-ils contribuer à confronter les espaces et à voir les conditions qui déterminent des liens spatiaux de manière adaptative ? Les articulations marquent des limites mais offrent également des passerelles entre éléments. Cette position à la fois très claire et à la fois très flottante ne permet pas de qualifier les articulations comme étant des limites précises, mais plutôt comme étant des lignes adaptables et non figées sur lesquelles les éléments peuvent s'accrocher. Ces articulations nous fournissent donc un canevas de cellules intérieures par les liens qu'elles créent et nous devons donc construire un organigramme plutôt qu'un programme afin d'en comprendre leur structure.

Plus généralement il y a plusieurs types d'articulations spatiales. Les « *filtres* », offrent une connexion indirecte entre deux espaces ; les « *raccords* » sont des connexions physiques directes ; les « *barrières* » permettent de séparer différents éléments ; et les « *commutateurs* » sont des raccords avec un rôle régulateur<sup>93</sup>. Elles permettent de créer une structure fonctionnelle de l'habitat, qui peut ainsi s'analyser avec un diagramme topologique représentant les lieux d'action et leurs connexions. Par fonctions nous entendons toutes activités qui réclament un cadre architectural approprié, chacun de ces lieux pouvant avoir différents niveaux d'importance. La relation entre les éléments est plus importante que l'élément isolé, même si, du fait qu'il appartienne au système, il doit absolument y jouer un rôle. C'est ces relations qui permettent une structure formelle qui peut générer une infinité de combinaisons

---

<sup>93</sup>Voir Figure : *Analyse de contrôle physique et des fonctions*, Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

différentes d'éléments et de relations. L'œuvre architectural doit être un système de cohérence, et cette analyse induit sa concrétisation par les concepts qualitatifs de ces ensembles formés par le mélange de plusieurs dimensions analytiques. Ces ensembles sont caractérisants car ils résument les résultats, et facilitent la mise en relation des ensembles du système total<sup>94</sup>.

Certaines de ces articulations se manifestent de manière physique. C'est le cas d'une porte par exemple, dont il en existe une grande variété, et qui, en lien avec la spécificité des espaces, sépare les usages, protège les pratiques intimes et assure l'ordre domestique par les relations spatiale qu'elle gère. Les portes n'ont pas toutes non plus les mêmes expressions par rapport aux fonctions de l'espace auxquelles elles donnent accès. En effet, le besoin de fermeture n'est pas le même pour toutes les pièces, et ce sont leurs ouvertures variées qui participent au bon déroulement de la vie quotidienne, par leur fonction de communication entre les pièces et par leur expérience visuelle.

*« S'il y a une chose décrite par un plan architectural, c'est bien la nature des relations humaines, puisque les éléments dont il enregistre les traces - murs, portes, fenêtres et escaliers - servent à diviser d'abord puis à réunifier sélectivement l'espace habité »*<sup>95</sup>

*Robin Evans*

D'où la grande variation des systèmes de portes : coulissants, simples ou doubles, et de leurs expressions, vitrés, opaques, ou avec imposte. Elles permettent d'enrichir la spatialité des pièces et la hiérarchie du parcours à l'intérieur de l'habitat. Des tailles de portes différentes au sein d'un même espace peuvent enrichir et montrer la hiérarchie des espaces accolés en fonction de leur statut. Si nous faisons disparaître le cadre d'une porte, nous observons une meilleure continuité spatiale de par la continuité spatiale du sol et du plafond. Avec une séparation plus douce, avec une

---

<sup>94</sup>Voir Figure : *Steps showing computational translation of grammar or basic organization of home*, dans Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (University of Nebraska, 2012).

<sup>95</sup>Robin Evans, *Figure, portes et passages*, p. 23, *Urbi* n°5 (Liège : Mardaga, 1982).

double porte vitrée, ou translucide, nous permettons une appropriation plus souple de l'espace. Un changement dans la position d'une porte induit une modification de la dynamique du plan<sup>96</sup>. Une porte sert à séparer ce qui doit être séparé, c'est à dire les différentes couches d'intimité. Une porte, qu'elle soit palière ou interne au logement, sert d'interface au contrôle social de l'habitat.

Certains espaces ne sont pas articulés de manière physique, mais l'articulation reste présente de manière visible, ou induite par la manière dont nous nous déplaçons à travers ces espaces. Nous allons donc instaurer des règles qui donnent les conditions d'articulations entre les fonctions de chaque espace. Il s'agit ainsi de déterminer, à travers l'ordre spatial choisi, les manières dont chaque catégorie d'espace s'articule avec les autres catégories, et d'intégrer ces règles dans un système paramétrique.

---

<sup>96</sup>Voir Figure : *Steps showing parametric layers being added to grammar based organization*, dans Bryce R. Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (University of Nebraska, 2012).

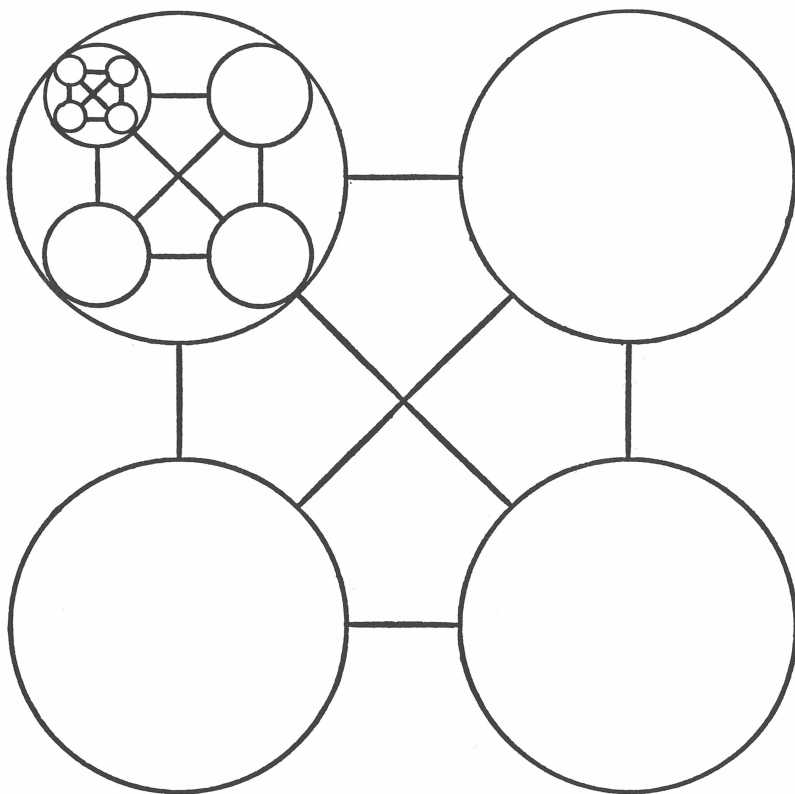
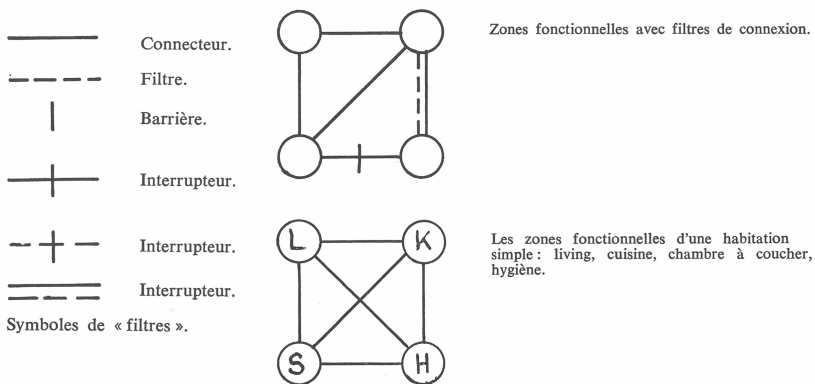


Figure 30 : *Analyse de contrôle physique et des fonctions*, Christian Norberg-Schulz, *Système logique de l'architecture*, p. 253, 3e éd, Architecture + recherches 1 (Liège : P. Mardaga, 1988).

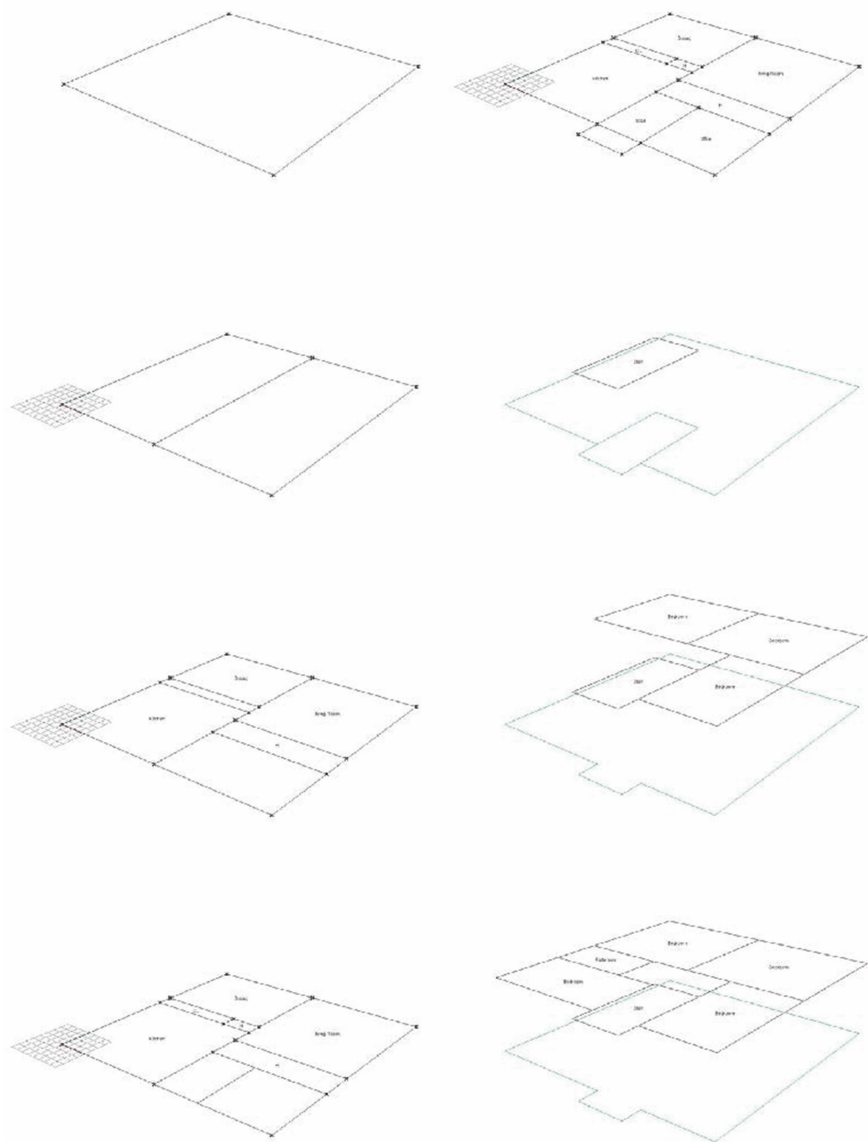


Figure 31 : Steps showing computational translation of grammar or basic organization of home, dans Bryce R. Willis, Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology, (University of Nebraska, 2012).

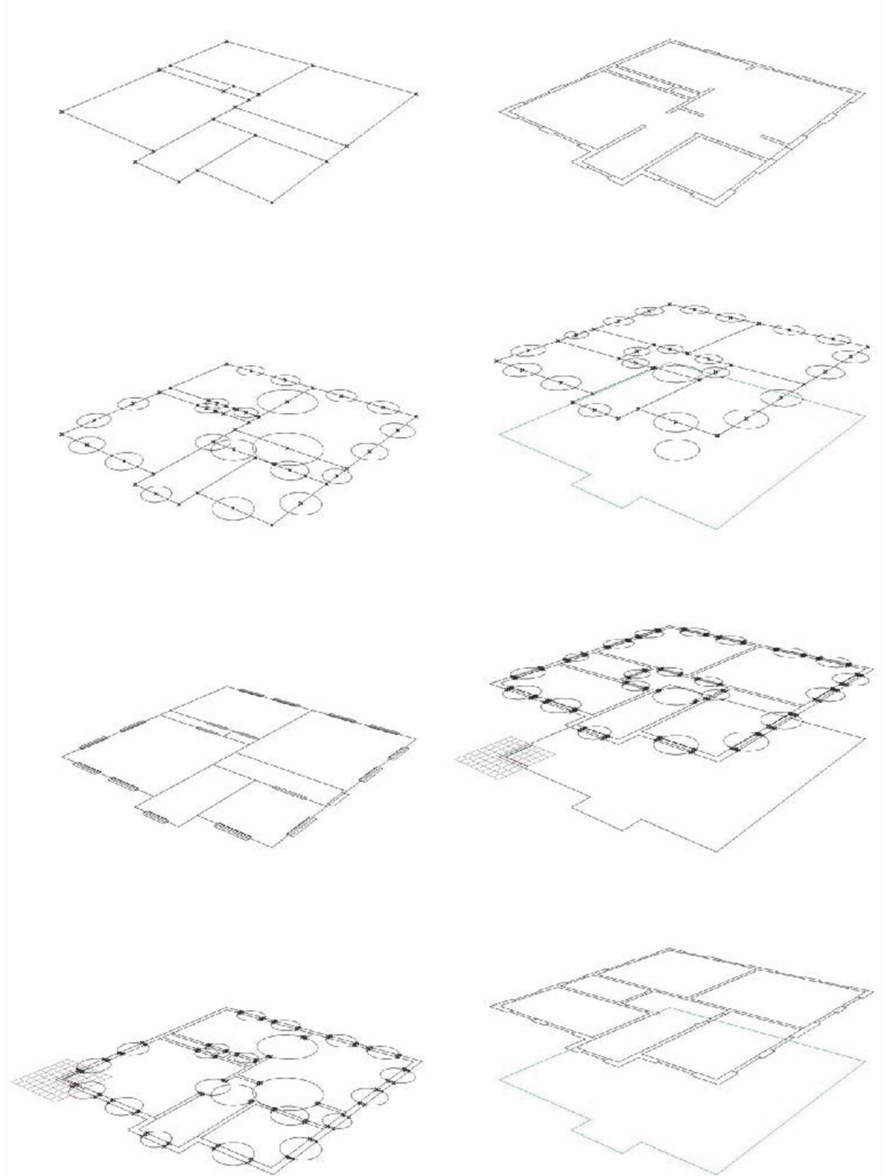


Figure 32: Steps showing parametric layers being added to grammar based organization, dans Bryce R. Willis, Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology, (University of Nebraska, 2012).

---

## Les Imbrications Opérationnelles

Commencer un projet par des opérations spatiales nous permet de traduire l'idée conceptuelle et d'intégrer nos observations dans un langage spatial. Lorsque nous parlons d'opérations<sup>97</sup>, nous parlons d'une action de conception à travers l'utilisation de verbes spécifiques qui permettent de décrire une relation volumétrique, des adjacences, voire même des facteurs liés à une expérience spatiale personnelle. Géométriquement, nous créons des combinaisons ou des agrégations de volumes à travers les études typologique et programmatique d'un ensemble architectural. Ces verbes permettent une interprétation spatiale et architecturale en créant un langage de conception spatiale. Dans les « *verb list compilation* » de Richard Serra nous retrouvons une approche systématique dans la considération des caractères spatiaux. Elles permettent de décrire l'essence de ces espaces créés par ces actions qui établissent un rapport entre ces derniers et soi-même. Il met en place un système qui catégorise les opérations volumétriques, de manière à rendre les actions fondamentales de la formation spatiale procédurales. De nos jours, nous concevons des enveloppes ou des plans avec des manipulations planaires qui suggèrent, à travers les processus de génération de surfaces, les volumes associés<sup>98</sup>. Nous configurons l'espace en manipulant des surfaces et cette formation spatiale issue des dessins bidimensionnels crée des relations actives entre les zones définies<sup>99</sup>. Que se passe-t-il si au contraire, la formation spatiale se fait directement par des manipulations spatiales ou des interactions volumétriques ?

---

<sup>97</sup>Voir Figure : *Operations*, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).

<sup>98</sup>Steven Holl, *Parallax* (Basel, Boston, New York, Birkhäuser-Publishers for Architecture ; Princeton Architectural Press, 2000).

<sup>99</sup>Foreign Office Architects, Institute of Contemporary Arts, et Exhibition Foreign Office Architects, *Phylogenesis : FOA's Ark* (Barcelone : Actar, 2008).

Le processus génératif doit pour cela être basé sur un langage simple, permettant des commandes simples. La pensée spatiale doit être décrite par des mouvements ou une action, et ces verbes permettent un processus actif et fluide. Actif, car ils doivent suivre l'évolution d'une configuration volumétrique changeante, tout en permettant une variation flexible dans leurs spécifications. Cette relation entre les commandes et les variations volumétriques peut être liée aux besoins spatiaux programmatiques spécifiques requis. Le cadre de ces commandes doit être fourni pour permettre cette flexibilité, car si nous multiplions les interprétations de chaque verbe, la génération des relations spatiales induit une réflexion spatiale abstraite sur les résultats des interactions volumétriques liées à ces espaces et leur expérience spatiale.

Cette génération spatiale peut se complexifier par la combinaison des opérations. La combinaison de plusieurs commandes génère des hybrides volumétriques. La mise en forme d'une génération spatiale à partir de chaînes d'opérations, qui dérivent des combinaisons d'opérations entre les catégories, permet de mettre en liens ces opérations et les verbes associés pour produire une quantité illimitée de combinaisons et d'agréations. Une combinaison<sup>100</sup> des verbes « *intersecter* » et « *diviser* » ne donne pas le même résultat que « *diviser* » et « *intégrer* ». Idem lors d'une agrégation<sup>101</sup> de verbes, comme « *réfléter* », « *empiler* », « *déployer* », « *joindre* », « *étendre* » ou « *dévier* » qui supportent ces chaînes d'opérations. Nous pouvons étudier<sup>102</sup> un projet en prenant comme base ces verbes opérationnels, qui peuvent être lus comme des ensembles d'opérations volumétrique. La « maison N » de Sou Fujimoto<sup>103</sup>, implémente le verbe « *nicher* » en plan et en coupe, et ce verbe incarne à la fois les relations

---

<sup>100</sup>Voir Figure : *Combination*, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).

<sup>101</sup>Voir Figure : *Agrégation*, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).

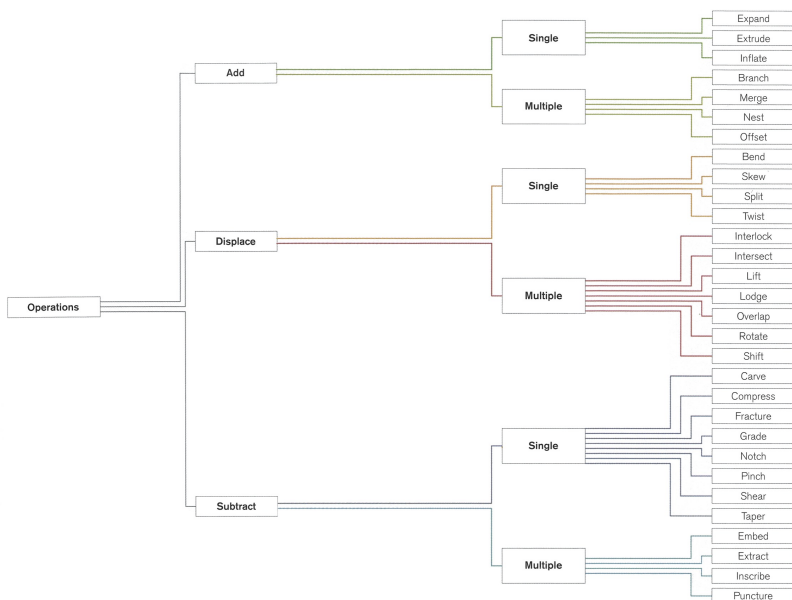
<sup>102</sup>Voir Figure : *Implementations*, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).

<sup>103</sup>Voir Figure : Sou Fujimoto, *House N*, (Oita, Japon, 2008).



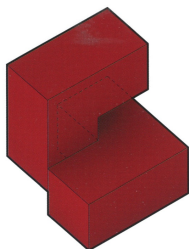
programmatiques et les relations entre l'extérieur et l'intérieur. C'est ce jeu volumétrique qui a orchestré la création de ces grandes ouvertures. C'est une question de flux spatiaux et de contraintes.

Nous essayons de trouver un cadre capable de mettre en évidence les différentes conditions créées par les opérations volumétriques, comme un ensemble d'itérations et de possibilités de conception. L'objectif est de passer de la surface aux volumes afin d'explorer leurs interactions volumétriques et ainsi, de comprendre les espaces habitables. En utilisant des opérations simples, nous pouvons conditionner les règles génératrices de volumes et donc les implémenter dans un système de règles paramétriques.

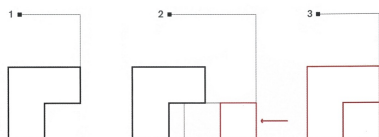


## Interlock

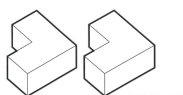
Displace | Multi Volume



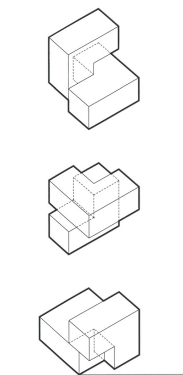
Procedure



Base Volumes



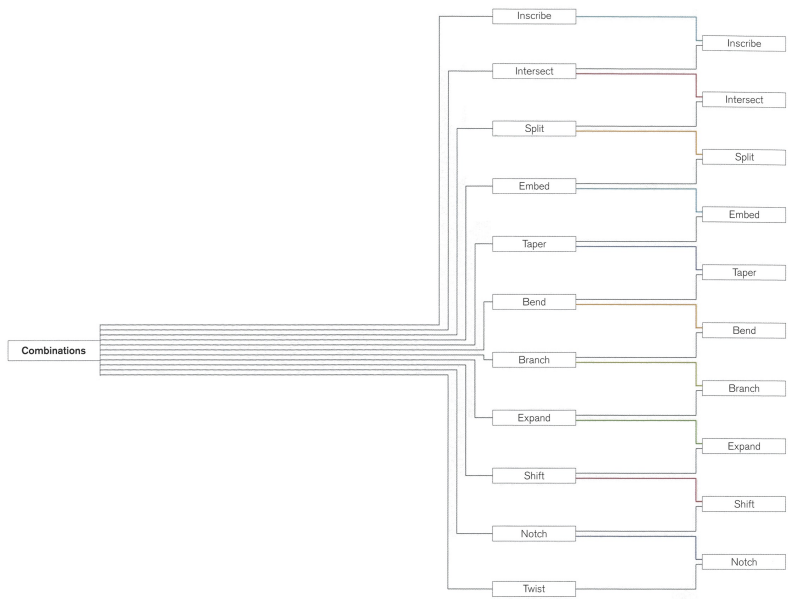
Orientation



Variations



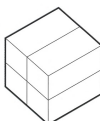
Figure 33 : *Operations*, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).



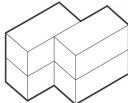
### Shift + Shift

Displace | Multi Volume

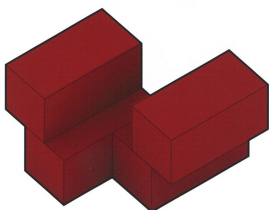
Initial Volume



Operation - Shift



Combined Operations - Shift + Shift



### Notch + Notch

Subtract | Single Volume

Initial Volume



Operation - Notch



Combined Operations - Notch + Notch

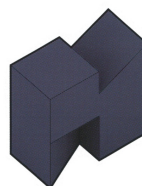
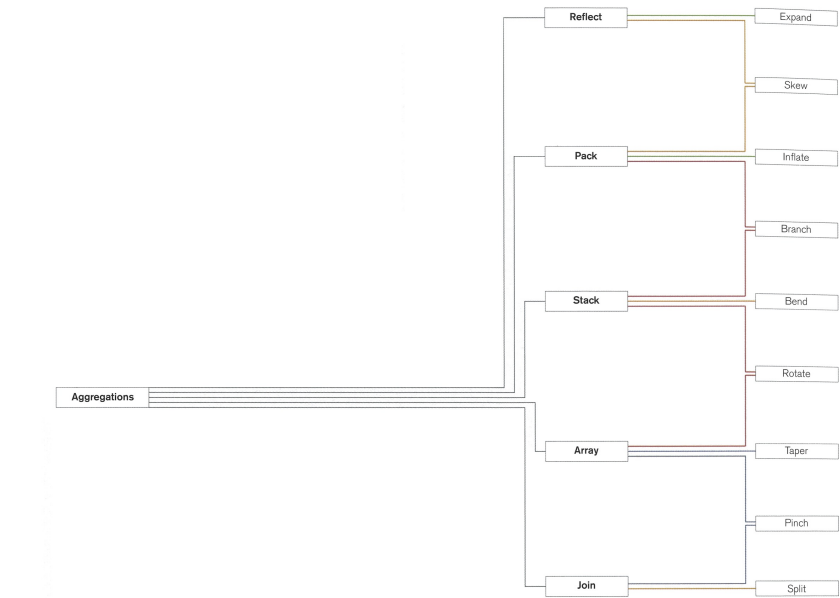


Figure 34 : *Combination*, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).



### Array + Stack | Rotate

Displace | Multi Volume

Base Volumes



Operation - Rotate



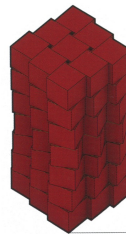
Aggregation Method - Array



Aggregation Method - Array + Stack



Aggregation



Variations

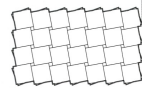
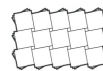


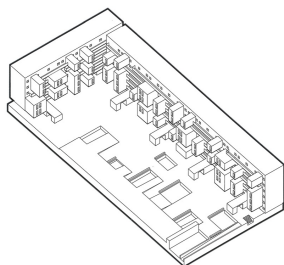
Figure 35 : *Aggregation*, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).

## Carabanchel Housing

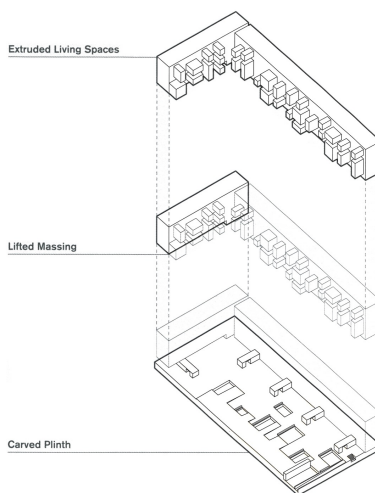
Ignacio Borrego, Néstor Montenegro and Lina Toro | dosmasunoarquitectos



Photo by Miguel de Guzmán



Lift + Extrude

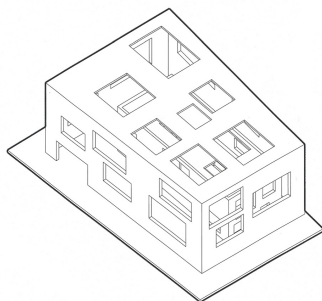


## House N

Sou Fujimoto Architects



Photo by Iwan Baan



Expand + Nest

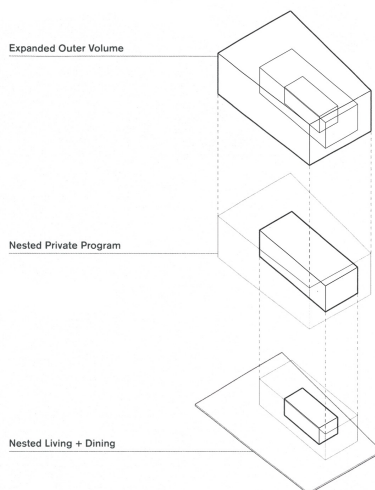
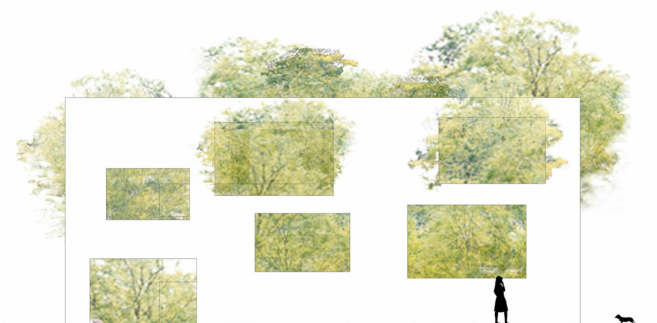
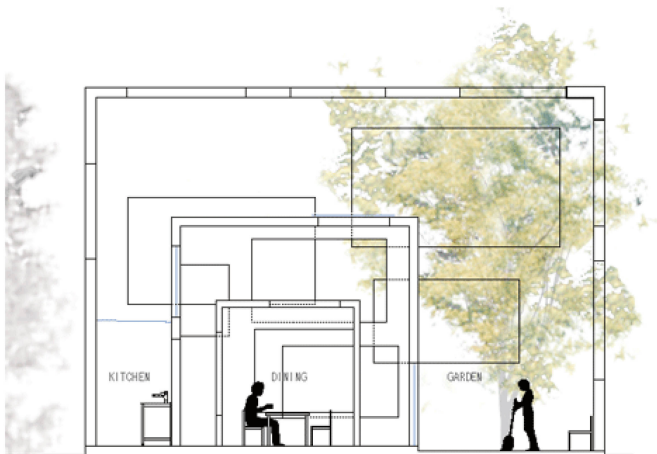


Figure 36 : Implementations, dans Anthony Di Mari et Nora Yoo, *Operative Design : A Catalogue of Spatial Verbs* (Amsterdam : BIS Pub, 2012).

COUPE A



COUPE B



COUPE C

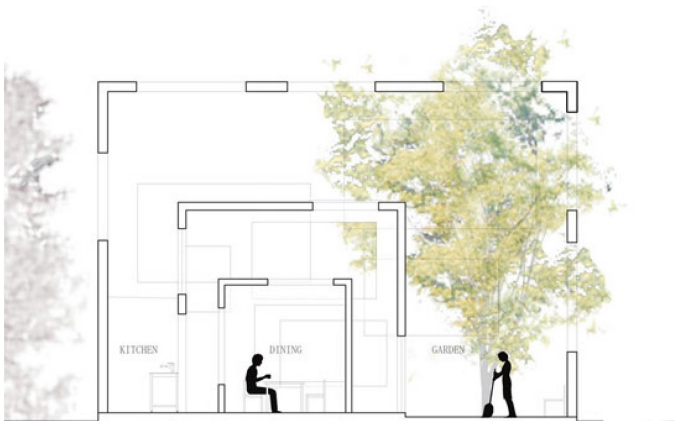


Figure 37 : Sou Fujimoto, *House N*, (Oita, Japon, 2008).

---

## Les Interactions Conditionnelles

Ce sont donc les opérations volumétriques qui permettent de créer le cadre de conditions nécessaires pour les opérations plus complexes. Ce cadre nous offre de nouvelles possibilités et permet la prise en compte de contraintes plus poussées que pour l'élaboration de volumes abstraits. En ce sens, les conditions<sup>104</sup> peuvent s'exprimer par des ensembles d'équations dont la résolution se fait de façon itérative par approximations successives. Pour dépasser les formes abstraites originales, nous devons introduire un facteur d'échelle, tel que la circulation verticale, les ouvertures, ou le site en lui-même. Cela nous donne la possibilité de relier l'espace construit à une expérience personnelle, et de répondre au programme donné ou aux contraintes du site. Il faut aussi résoudre les questions de connexions, entre chaque espace intérieur, mais aussi entre ces espaces et le site, entre le dedans et le dehors. Afin de répondre à cette variété de besoins, d'utilisations et de contraintes, l'application des conditions correspondantes doit être itératives, ce qui montre la pluralité des chemins possibles pour approcher un projet.

C'est en commençant par ce jeu spatial abstrait, et en continuant à chercher cet équilibre conditionnel entre le programme et son site, que nous pouvons peut-être élaborer des espaces intrigants, complexes et inspirants. En manipulant l'espace à travers les opérations, des conditions spatiales variées peuvent émerger, qui nous permettent de considérer plusieurs opportunités conditionnelles. Nous pouvons considérer, par exemple, le fait de connecter un volume à un autre, d'ouvrir un volume pour y introduire de la lumière ou pour y permettre l'entrée, de situer ces volumes en relation avec le sol, ou de considérer comment l'ensemble de ces volumes manipulés

---

<sup>104</sup>Voir Figure : *Conditions*, dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014).

se rapportent et affectent les conditions du site. Lors d'une « *imbrication* » de volumes nous créons une zone intérieure que se partagent ces volumes résultant de cette opération. Cette zone peut servir de connexion, donc l'imbrication peut servir de stratégie formelle pour monter cette même connexion. Un moment spatial voit le jour, et induit des qualités spatiales internes. De même, « *rogner* », soit l'action d'enlever des parties volumétriques, nous donne de nouvelles opportunités spatiales, pour créer des ouvertures à partir de cette soustraction.

Ces approches systématiques nous permettent d'éviter un placement aléatoire de ces éléments en les intégrant directement dans une méthode de conception liée aux conditions données par le programme, l'ouverture et l'accessibilité, et en réaction à ces conditions, ou en créant des nouvelles conditions basées sur ces opérations.

*« La programmation corrélationnelle interroge, compare et envisage diverses combinaisons sans prétention absolue à l'instrumentalité. Son but est de faire réfléchir et d'occuper l'espace de nouvelles façons.<sup>105</sup> »*

Steven Holl.

La vie moderne est caractérisée par des fluctuations programmatiques, issues de notre utilisation quotidienne des outils numériques. Ces fluctuations peuvent être vues comme un code de conception, une méthodologie, résultant d'une approche systématique, qui offre une variété de possibilités de conception et introduit un système d'options. Une lecture claire de ces processus est cependant nécessaire pour donner de la consistance au résultat. La variété et la multiplicité des conditions de conception conduisent à des itérations multiples et la finalité du système est liée à l'espace créé et à l'expérience liée à ces manipulations volumétriques. Ces options conditionnelles intègrent des éléments tels que la lumière, le sol et la circulation tout

---

<sup>105</sup>Steven Holl, *Parallax* (Basel, Boston, New York, Birkhäuser-Publishers for Architecture ; Princeton Architectural Press, 2000).



en mettant en avant l'expérience spatiale dans son contexte existant. Ce sont donc ces conditions et ces contraintes qui crée le caractère architectural du système.

Nous avons vu qu'il est essentiel de donner une échelle à l'enveloppe volumétrique, mais nous devons aussi définir les différents plans dimensionnels qui définissent ces volumes car c'est à partir des plans que nous pouvons construire un caractère spatial. Les opérations simples peuvent être combinées à l'infini pour effectuer des opérations complexes. Des opérations comme « *addition* », « *déplacer* » ou « *soustraire* », nous aident à répertorier la manière dont ces opérations variées sont créées. Ces plans du volume nous permettent de considérer l'intérieur, la dynamique entre l'intérieur et l'extérieur, d'améliorer ou de générer les conditions au sol. En introduisant des éléments spatiaux comme la fenêtre, l'escalier ou le sol, nous mettons en avant ces opportunités conditionnelles qui ont abouti des mouvements opératifs.

La même opération combinée<sup>106</sup> par des opérations multiples peut développer plusieurs conditions. Il y a de ce fait plus d'une occurrence dans une opération sur un ensemble de volumes. Une opération peut être utilisée pour répondre à plusieurs conditions, ou à l'inverse, des conditions distinctes peuvent être explorées à travers différentes opérations. Une seule opération peut induire plusieurs options de conception. L'opération « *déplacer* » utilisée plusieurs fois, peut introduire plusieurs ouvertures, ou cette même opération peut introduire des connexions spatiales. La combinaison de plusieurs opérations demande une hiérarchie des conditions dans la conception. Pour une condition déterminée, les volumes de bases peuvent-être agrégés<sup>107</sup> pour étudier l'effet multiplicateur de cette condition et de sa mise en série. En « *imbriquant* » plusieurs volumes nous créons des connexions. Puis en « *empilant* »

---

<sup>106</sup>Voir Figure : *Combinations*, dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014).

<sup>107</sup>Voir Figure : *Agregations*, dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014).

ces volumes nous agrégeons verticalement ces modules tout en connectant tous les niveaux de l'ensemble.

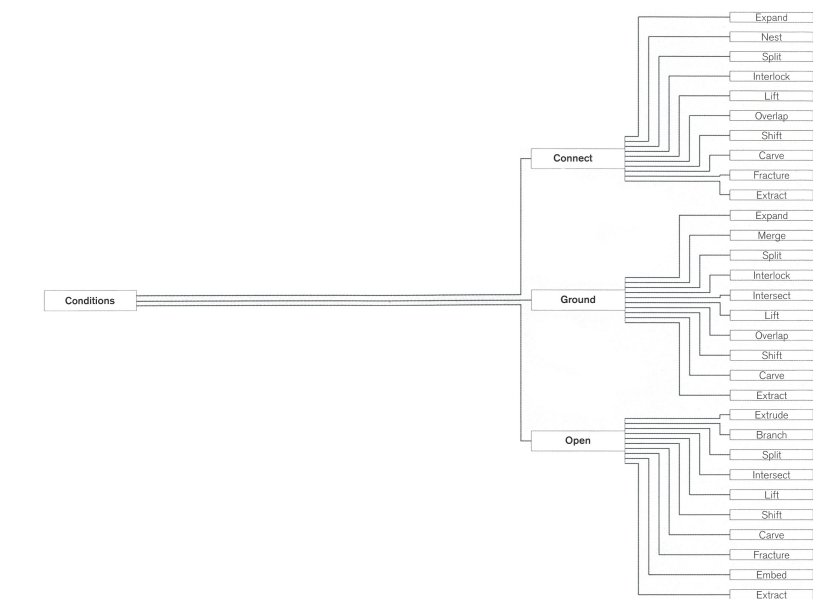
Ces manipulations volumétriques à l'échelle architecturale introduisent des mouvements formels complétés par ces éléments qui introduisent ces connexions ou ces ouvertures. Les différentes manières dont les volumes sont connectés au sol affinent leur expérience spatiale. Les mouvements conditionnels organisent, à travers l'assemblage des volumes programmatiques multiples, le programme du bâti, et les éléments de connexions forment des zones d'utilisation plutôt qu'un espace d'habitation.

La « Poli House » de Pezo von Ellrichshausen<sup>108</sup> montre que le « *décalage* » du volume crée un périmètre épaissi d'un programme et d'une utilité spécifique. Le « *décalage* » est une opération volumétrique générale, mais celle-ci a induit la modification de plusieurs conditions à un niveau plus détaillé. Avec la « Wolf House » ces mêmes architectes ont suivis l'opération « *étendre* » systématiquement sur leurs volumes tout en gardant une organisation programmatique claire. Ceci a permis la création d'un espace *servant*, tout en définissant les espaces d'habitation. Cette opération volumétrique simple a donné une opportunité de circulation, a favorisé une circulation fluide et a donné une logique aux ouvertures. De même, en utilisant l'opération « *lever* » sur la « Solo House », ils ont créé une circulation forte et une relation au sol originale.

Une logique conceptuelle claire permet donc de créer des regroupements programmatiques fonctionnels. Chaque projet est spécifique dans son programme, son site et son échelle, et il est important de considérer toutes les conditions. Elles permettent une interprétation dans son implémentation et une unicité dans ses ouvertures, ses connexions spatiales et sa relation au site.

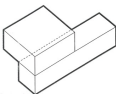
---

<sup>108</sup>Voir Figure : *Implementations* dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014).



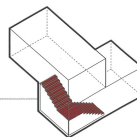
## Overlap

Condition | Connect



Operation - Overlap

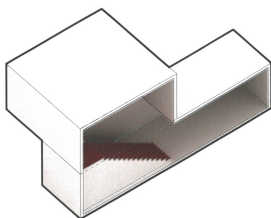
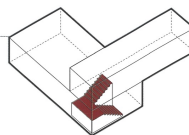
Horizontal + Vertical - Overlap



Condition - Connect



Horizontal + Vertical - Overlap



Variations

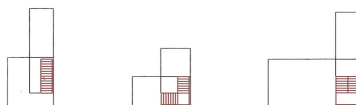
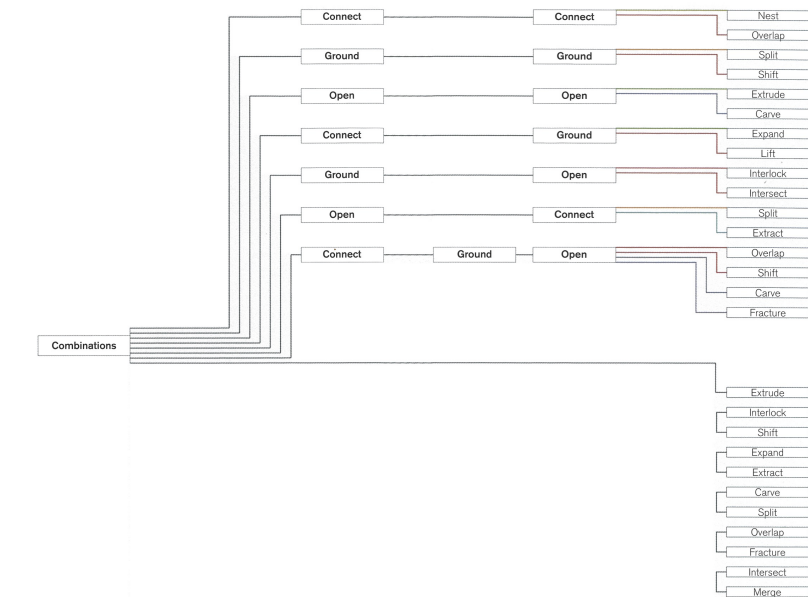


Figure 38 : *Conditions*, dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014).



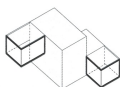
### Interlock + Extrude

Multiple Operations | Multiple Conditions

Operation - Interlock | Condition - Connect



Operation - Extrude | Condition - Open



### Interlock + Shift

Multiple Operations | Multiple Conditions

Operation - Shift | Condition - Connect



Operation - Interlock | Condition - Open

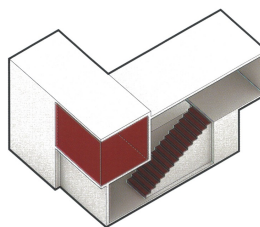
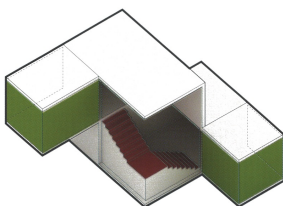
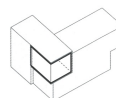
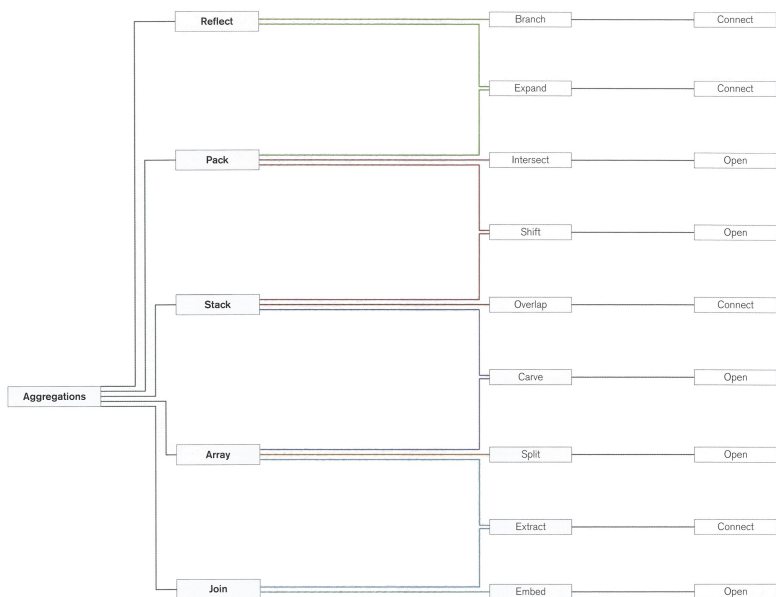


Figure 39 : *Combination*, dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014)..



## Pack + Stack | Shift

Multiple Aggregation Method

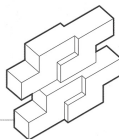
Operation - Shift



Condition - Open



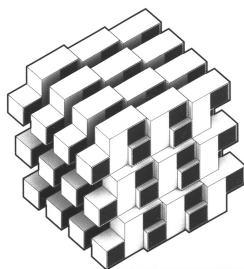
Aggregation Method - Pack + Stack



Condition - Open



Aggregation



Variations

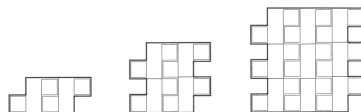


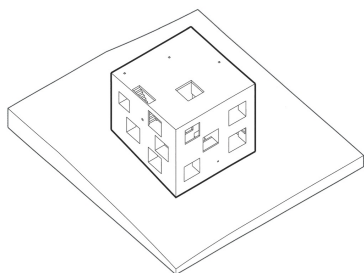
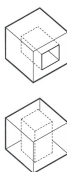
Figure 40 : *Aggregations*, dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014).

## Poli House

Pezo von Ellrichshausen



Photo by Cristóbal Palma

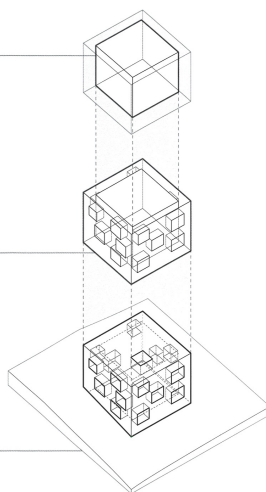


Carve + Offset

Offset Program

Perimeter Services

Thickened Openings

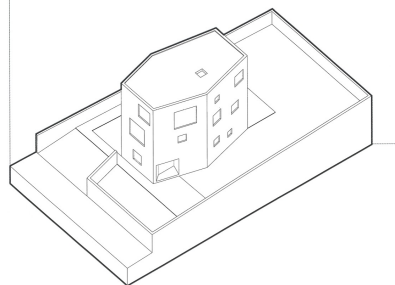


## Wolf House

Pezo von Ellrichshausen Arquitectos



Photo by Cristóbal Palma



Expand

Operation - Expand

Condition - Connect

Dwelling Volumes

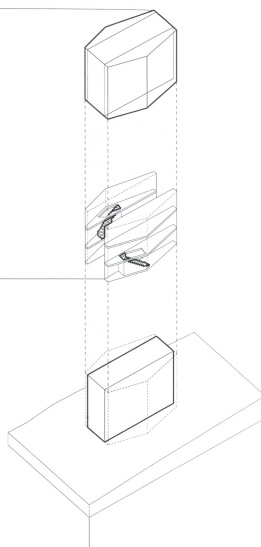


Figure 41 : *Implementations* dans Anthony Di Mari, *Conditional Design: An Introduction to Elemental Architecture* (Amsterdam: BIS Publishers, 2014).

---

## Conditions Spatiales

Pour commencer un processus de conception paramétrique il faut déterminer les conditions liées aux caractéristiques nécessaires au projet et à l'optimisation spatiale. Ces conditions peuvent nous donner des principes qui vont guider le projet et nous aider à explorer les variations possibles de manière flexible. Les relations entre les éléments qui composent le projet architectural sont primordiaux. Nous devons simplifier la manière de décrire les espaces et leurs relations de manière paramétrique pour pouvoir les intégrer dans un système qui peut, par itérations, générer leurs liens et leurs articulations. Il reste une part de choix, dans la manière donc nous voulons agencer ces connexions, et dans la hiérarchie que nous appliquons entre les espaces. L'architecte doit d'abord déterminer le programme architectural pour ensuite l'insérer dans un système paramétrique afin de l'optimiser dans un cadre donné. Les conditions qu'il choisit en déterminant les interdépendances programmatiques vont conditionner les catégories spatiales qu'il souhaite utiliser dans son projet. Nous devons les regrouper dans le projet par rapport à leurs fonctions. Les interactions entre ces catégories génèrent ainsi les volumes habitables à travers des opérations volumétriques. Nous comprenons donc que les interactions entre tous les éléments du projet sont conditionnelles et induisent des relations spatiales conditionnées.

---

# IV / CONDITIONS CONTEXTUELLES



---

## Les Seuils Entre L'Intérieur et L'Extérieur.

Un projet est caractérisé par des limites, voir des frontières, intérieures et extérieures, et il s'agit de trouver comment ces mêmes limites définissent et circonscrivent les variables du projet. Une analyse de site nous permet d'y insérer une volumétrie de base, qui nous permet de sélectionner les différentes typologies possibles qui s'y trouveront, pour ensuite nous donner les règles qui guideront la conception de notre bâtiment. Ces limites affectent la masse et le type de bâti, et permettent de mieux comprendre ce qui peut être construit et de réduire les coûts liés au travail de préparation du site. L'empreinte du bâtiment est déterminée par le programme. C'est finalement un cadre que nous posons, conditionné par le site et ses alentours<sup>109</sup>. Un bâtiment est-il simplement aligné sur la rue ? Ou doit-il au contraire sortir du gabarit et de la composition induite par la configuration des immeubles mitoyens aux alentours, pour s'approprier l'espace dans lequel nous l'insérerons, et ainsi changer la manière de vivre la limite ? Cette tension pourrait ouvrir un espace de l'entre-deux, permettant d'adoucir ou au contraire de durcir la limite, devenant un espace tampon entre l'intérieur et l'extérieur.

Il faut porter une certaine attention à l'espace extérieur en lien avec l'intérieur. C'est un lieu de passage, de rencontres et de voisinage. C'est un espace qui peut être transformable selon les saisons, qui doit répondre à la fois à un besoin d'intimité, et qui en même temps doit répondre à un besoin de rencontre et de lien social. C'est le lien entre l'accueil et la réserve qui permet de lier l'homme avec les autres, le logement à son environnement et l'ensemble à la ville. C'est un espace qui dans son essence se cache de lui-même, mais qui doit pourtant être transformable pour être

---

<sup>109</sup>Voir Figure : *Catalogue of multiple wall materials, doors, windows and architectural artifacts*, dans James Wines, *Highrise of Homes – Theoretical project by SITE for urban locations in the USA*, (1981).

appropriable. Il permet le lien entre le privé et le public et est donc essentiel au rapport humain. L'appartement est de l'ordre de l'intime, l'extérieur et le voisinage de l'ordre du commun, et l'articulation entre les deux est fondamentale. C'est cette articulation qui forme le lien entre les lieux passages, de rencontres et d'échanges. Elle n'est pas seulement un espace intermédiaire, mais peut même être un des espaces principaux. Cette articulation entre l'intérieur et l'extérieur est marquée par un seuil, qui propose plusieurs rapports dialectiques. La façade est ce qui se rapporte à la rue ; la cour ou le jardin séparent l'entrée de l'espace commun ; et les balcons ou les vérandas forment des espaces semi-publics à l'étage.

*« L'opposition des façades accentuera le contraste entre l'espace public qu'est la ruelle et l'espace semi-public et plus intime qu'est le parc. Autant l'une se ferme, autant l'autre s'ouvre sur l'extérieur. ; autant l'une est dure dans ses lignes, autant l'autre les incline, les adoucit ; autant l'une dissimule sa partition, autant l'autre valorise son éclatement. Deux façades presque en positif-négatif »<sup>110</sup>*

D. Petit « 80 logements sociaux à Nancy »

L'extérieur est associé à un vécu, et s'il apparaît comme hostile, l'homme va se replier dans l'intérieur. Les seuils agissent donc comme des limites qui font respirer l'habitat de l'homme<sup>111</sup>. Il y a plusieurs degrés de seuil, correspondants à différents niveaux de limites par rapport aux autres habitants, qui ne permettent pas forcément de laisser entrer n'importe qui, mais qui laissent passer ou recevoir. Ce n'est pas nécessairement une question de distance : une fenêtre est un lien sur le lointain, rendu possible par le fait d'être ancrés « chez soi », mais qui repousse les limites entre l'intérieur et l'extérieur. Le « chez soi » est par ce biais ouvert sur l'infini du monde, tout en rapprochant cet infini de chez soi. La nuit, cette ouverture se referme et le lien vers l'infini disparaît, donnant au « chez soi » toute son importance<sup>112</sup>. La relation

---

<sup>110</sup>Monique Eleb-Vidal, Anne-Marie Châtelet, et Thierry Mandoul, *Penser l'habité : le logement en questions* ; PAN 14, 2. éd, Programme architecture nouvelle 14 (Liège: Mardaga, 1990).

<sup>111</sup>Figure : Aldo Rossi, *Le temps suspendu*, (Cimetière de Modène, 1978).

<sup>112</sup>Voir Figure : Julius Shulman, *Case Study House #22*, (Los Angeles, 1960).

directe avec le voisin peut être vue de la même manière : un rapport de l'homme avec son environnement. Il y a une dialectique qui se construit, entre l'intime et le commun, le proche et le lointain du voisinage, et l'échange entre ces dimensions doit être constant. De cette manière, le « *chez soi* » représenterait la continuité entre le lieu où « *j'habite* » et l'espace que « *j'habite* ».

« *Le seuil n'est ni du dedans ni du dehors, et est en même temps du dedans et du dehors* »<sup>113</sup>

Georges Teyssot

C'est donc ces hiérarchies multiples qu'il faut intégrer dans notre système paramétrique. Les chemins parcourus pour atteindre la porte palière de l'habitat depuis l'espace public sont conditionnés par les rapports que l'ensemble entretient avec la rue. Chaque élément qui caractérise un seuil doit être positionné pour respecter les différents degrés d'intimité. C'est donc un système de distribution que nous devons intégrer par gradation par rapport à la fonction de délimitation et de passage des éléments qui composent les seuils. Dans un même temps, ce sont ces seuils qui vont conditionner la manière de relier chaque habitat aux différents degrés du commun. Cette perméabilité dans les deux sens doit être contrôlée et optimisée de manière à rendre la transition aisée et agréable, mais aussi de manière à respecter les normes incendies par exemple.

---

<sup>113</sup>Georges Teyssot, *Une topologie du quotidien*, p. 32, 1ère éd. (PPUR, 2016).



Figure 42 : Catalogue of multiple wall materials, doors, windows and architectural artifacts, dans James Wines, *Highrise of Homes – Theoretical project by SITE for urban locations in the USA*, (1981),



Figure 43 : Aldo Rossi, *Le temps suspendu*, (Cimetière de Modène, 1978).



Figure 44 : Julius Shulman, *Case Study House #22*, (Los Angeles, 1960).

---

# L'Intégration Dans La Ville

Dans sa relation sociale à l'intérieur d'un quartier, un ensemble, ou un lotissement, habiter doit être conçu et conditionné par des pratiques et des usages locaux, au risque d'induire un sentiment d'insécurité, de repli, voire d'ostracisme. Cette relation doit prendre en compte la culture et les modes de vie des habitants. Le commun est possible uniquement si l'intime est possible. L'évolution du commun est donc contrainte par l'intérieur et l'extérieur, par les liens avec le site et les règles issues des environs immédiats. L'adaptation de ces contraintes à la conception paramétrique doit également répondre aux spécificités régionales et aux différences de cultures et d'environnements, grâce à l'étude de paramètres performatifs du climat local, des matériaux et des traditions artisanales. Les informations peuvent ensuite être directement intégrées dans les paramètres géométriques du bâtiment. Elles permettent d'améliorer le contexte visuel, physique et social en réinterprétant l'environnement, les matériaux, l'organisation sociale et le comportement humain dans une région donnée.

Construire de manière paramétrique ne doit pas forcément conduire à une certaine monotonie, un stéréotype, voir une forme anonyme d'architecture<sup>114</sup>, qu'il faut éviter au risque que l'homme n'y trouve plus l'attention qu'il espère y trouver. L'architecture doit s'articuler par rapport à la ville, s'y ouvrir même. Le lien avec la rue peut être direct ou non, le bâtiment tourné vers l'intérieur ou vers l'extérieur. Plus le clivage entre la ville et le logement est grand, plus les habitants se sentiront exclus de la vie en ville. Il faut donc conserver une certaine unité de l'ensemble, afin d'éviter l'éclatement des fonctions qui font la ville. L'articulations de ces fonctions ouvrent l'espace vide entre

---

<sup>114</sup>Voir Figure : Bollmann Hermann, *Map of NYC*, (1963), EPFL LAPIS - Archives de l'imaginaire », [archivesdelimaginaire.epfl.ch](http://archivesdelimaginaire.epfl.ch)

les choses ou les séparent. Dans tous les cas elles les tiennent ensemble. L'espace public est le rejet du plein pour partager le vide<sup>115</sup>, comme condition d'être ensemble. L'espace vide en devenir, et dans ses ouvertures possibles, rend possible et même attrayant les rencontres dans les lieux publics. Ces espaces de rassemblement, qui nouent le temps présent et le temps à venir, sont les vecteurs dynamiques de la ville.

*« Les centres sont toujours virtuel, mais ils ne sont pas nécessairement possibles. Le virtuel est en effet lié à l'actuel en tant qu'ils sont réels l'un et l'autre, mais le virtuel n'est pas la puissance immanente. [...] les centres sont ce qui distribuent et organisent tout un champ de forces dans une réalité qui n'a pas d'autre sens que son action immanente et réelle. Le virtuel [...] rend à la dynamique des rapports leur multiplicité [...]. »*<sup>116</sup>

Deleuze

Nous devons comprendre ce qui fait la particularité de la ville pour intégrer dans le projet architectural les différentes échelles qui vont avoir une influence sur l'habitat. Les paramètres issus de l'observation des caractères du site nous donnent de précieuses conditions à remplir pour rendre possible l'intégration de notre ensemble dans la ville dans laquelle il s'inscrit. Le rôle de l'architecte est de comprendre quelles liaisons la ville peut offrir au projet. Les liaisons qu'entretient notre projet à l'ensemble de la ville conditionne la forme et la position de notre projet sur le site. Il faut donc intégrer ces liaisons dans notre système car elles vont conditionner l'articulation entre l'espace public et l'habitat.

---

<sup>115</sup>Voir Figure : Bernardo Secchi & Paola Vigano, *Une Ville Poreuse*, (Paris, 2009).

<sup>116</sup>Bernard Salignon, *Qu'est-ce qu'habiter ?*, p. 130, Collection Penser l'espace (Paris : La Villette, 2010).





Figure 45 : Bollmann Hermann, *Map of NYC*, (1963), EPFL LAPIS - Archives de l'imaginaire », [archivesdelimaginaire.epfl.ch](http://archivesdelimaginaire.epfl.ch)





Figure 46 : Bernardo Secchi & Paola Vigano, *Une Ville Poreuse*, (Paris, 2009)

---

## Les Règles Urbaines

Nous allons questionner les règles données par le site et la question d'intégration urbaine par les métadonnées.<sup>117</sup> De nos jours, il y a de plus en plus d'acteurs dans la production techniques de ces cartographies, améliorant la collecte numérique des données. Les cartes, qui représentaient auparavant une réalité physique, deviennent de plus en plus une manière de révéler des données, grâce à des systèmes d'informations géographique (SIG) numériques, dont la variété de couches en fait des « *atlas d'atlas* »<sup>118</sup>. Ces données ne sont plus statiques, mais représentent en temps réel une cartographie dynamique, révolutionnant la manière dont les fonctions de la carte sont en relation avec la ville. À travers la collaboration et l'échange, le rapport de l'utilisateur et la carte, donc à la ville, change. Ceci crée de nouvelles relations entre l'utilisateur et sa municipalité, permettant par exemple à l'utilisateur d'émettre des avis, ou à l'inverse à municipalité de transmettre des alertes pollution. Le travail de Christian Nold<sup>119</sup> à travers ses « *cartes du tendre* » montre ces fabrications cartographiques à partir des réactions émotionnelles des sujets à travers la ville. Ce système de ville intelligente induit une nouvelle forme de comportement collectif et individuel qui produit une intelligence collective numérique. La géolocalisation est devenue l'indicateur spatial du numérique, d'une ville appréhendée pas seulement de manière physique, mais aussi par ces moyens numériques. Eric Fisher<sup>120</sup>, artiste-chercheur britannique a réussi à mapper les manières dont interagissent les touristes ou les locaux avec la ville.

---

<sup>117</sup> Antoine Picon, *Digital Culture in Architecture : An Introduction for the Design Professions* (Basel : Birkhäuser, 2010).

<sup>118</sup> Antoine Picon,, « *Maps and Urban Intelligence in the Digital Age* », Habitats in Time : Mapping Palimpsest Horizon, Doctoral Program of Architecture, (EPFL, décembre 2018).

<sup>119</sup> Voir Figure : Poptronics, *Les cartes du tendre (avec GPS) de Christian Nold* , (consulté le 18 décembre 2018), <https://www.poptronics.fr/Christian-Nold-geographe-ultra>.

<sup>120</sup> Eric Fischer, *FlowingData*, (consulté le 18 décembre 2018), <https://flowingdata.com/tag/eric-fischer/>.

En utilisant les balises géographiques des photos prises à travers la ville<sup>121</sup>, il a créé ainsi une infrastructure du savoir, où l'espace devient la carte. La plupart des plateformes interactives, comme Uber, utilisent et collectent ces données sur les activités passées, des choses liées à un lieu et à une date. Ces circonstances passées permettent de simuler ce qui va se passer dans le futur, permettant aux urbanistes d'évaluer leur planification sur la base de la création d'un scénario. Tout ce qu'importe aux sujets dans la ville est ce qui est en train de changer. Cette rationalisation de la ville se fait à travers les bâtiments et les flux, et crée une ville faite de réseaux et d'évènements. Ce sont ces évènements numériques calculables qui font la nouvelle matière de la ville, décalés de sa réalité physique et en même temps intimement liés.

Comme l'une des caractéristiques fondamentales de la conception paramétrique est l'adaptabilité, qui inclut également une éventuelle adaptation aux spécificités régionales. Sa portée mondiale n'implique pas une homogénéisation globale, car elle offre une nouvelle spécification des identités régionales. « *Relational Urbanism* »<sup>122</sup>, basé à Londres, a développé des modèles urbains participatifs pouvant traduire les données en paramètres. La manière dont nous examinons les flux de données modifie la façon dont nous analysons le domaine urbain. Ces flux permettent ainsi le partage d'informations et le retour d'informations, de l'utilisateur à l'équipe de conception. Cela permet une compréhension relationnelle de l'espace, des interdépendances et du temps, ainsi qu'une prise de conscience de certains problèmes spécifiques. Nous construisons ainsi des valeurs communes et nous introduisons une dimension tacite dans un processus qui devient une connaissance générale plus conceptuelle. Nous devons ensuite introduire la micro-échelle de l'individu et la macro-échelle de la société afin de comprendre les différentes communautés et leurs organisations. Une évaluation en temps réel permet d'influencer ces processus participatifs jusqu'à une échelle urbaine.

---

<sup>121</sup> Voir figure : Eric Fischer, *Tourists vs. Local Photographs Mapping in Manhattan*, (2010).

<sup>122</sup> *Relational Urbanism*, (consulté le 18 décembre 2018), <https://www.relationalurbanism.com>.

# East Paris Emotion Map by Christian Nold

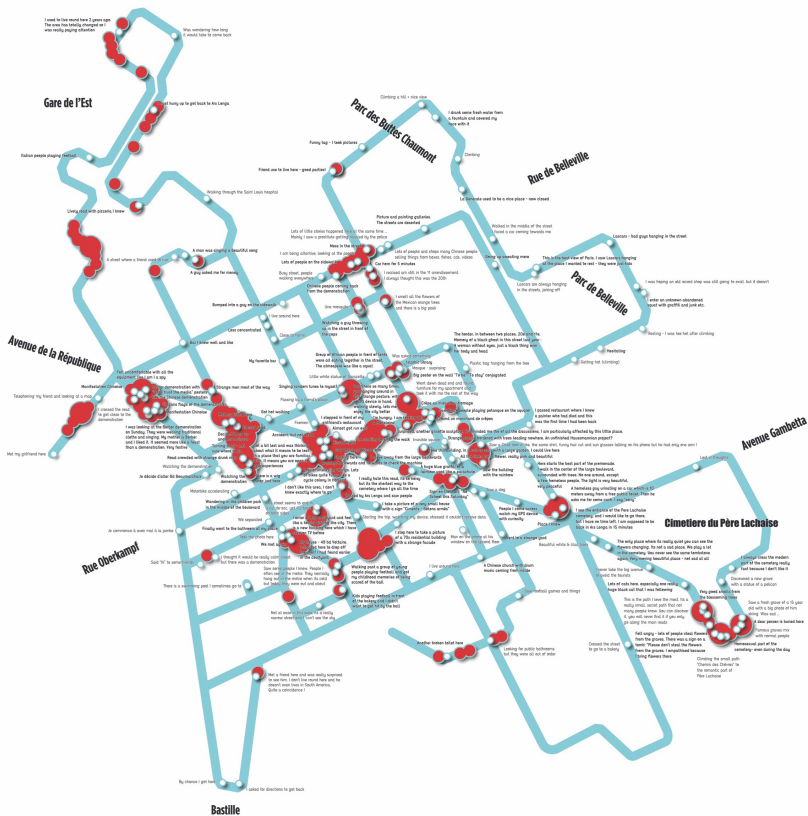


Figure 47 : Poptronics, *Les cartes du tendre (avec GPS) de Christian Nold*, (consulté le 18 décembre 2018), <https://www.poptronics.fr/Christian-Nold-geographe-ultra>.



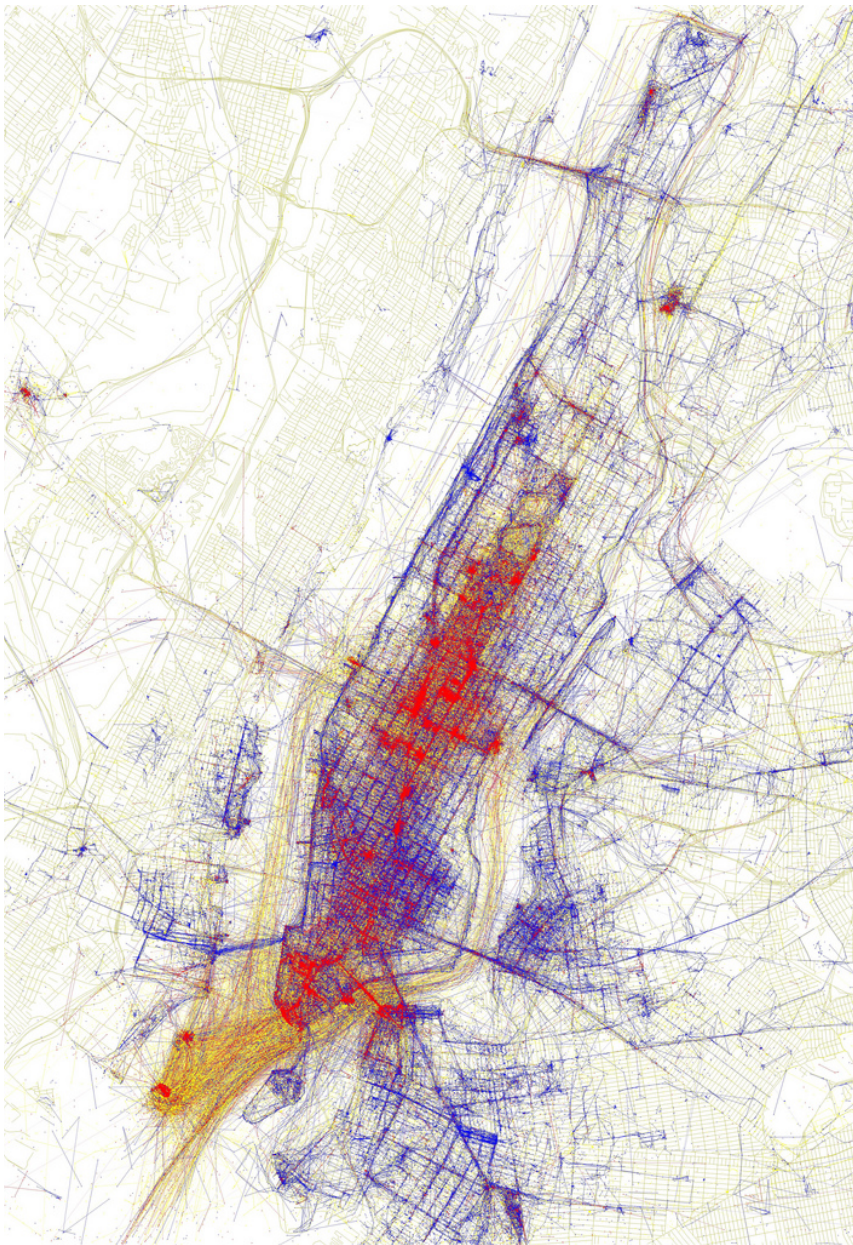


Figure 48 : Eric Fischer, *Tourists vs. Local Photographs Mapping in Manhattan*, 2010.

---

## Les Variations Environnementales

L'orientation d'un projet dépend souvent des conditions environnementales du site, comme la course du soleil ou la force du vent sur certains axes. Les outils d'aujourd'hui permettent de prendre en compte ce type de conditions factuelles pour en dégager des solutions localement adaptées. Les fichiers environnementaux contiennent toutes les données liées aux conditions locales comme les jours de soleil, les vents dominants, les températures extérieures, le volume des précipitations, l'humidité ambiante, etc. Ces données permettent de déterminer par exemple les radiations solaires incidentes, leurs absorptions ou leurs transmissions dans le bâti et leurs influences sur l'espace intérieur, et de déterminer des solutions de protection, par exemple solaire ou d'isolation, adaptées<sup>123</sup>. Les données environnementales permettent aussi de contrôler des conditions intérieures physiques, comme la chaleur, l'acoustique, l'éclairage, le conditionnement de l'air ou l'olfaction. Par exemple le contrôle de l'éclairage est possible en déterminant la taille et la direction des ouvertures en fonction de l'ensoleillement. Poussées plus loin, ces mêmes données pourraient influencer des éléments plus grande échelle comme la répartition programmatique ou la géométrie générale du bâti. La compréhension de ces données peut nous amener à une conception soucieuse de l'environnement<sup>124</sup> et nous aider à contrôler et à informer certaines transformations géométriques.

Ces données environnementales, couplées à la géométrie du bâtiment nous permettent de trouver des solutions pour maximiser les efficiences énergétiques de chaque mur, ouverture ou dalle des logements, en calculant les pertes énergétiques,

---

<sup>123</sup>Voir Figure : Paul Wintour, *Ladybug & Honeybee*, ParametricMonkey, (2016), <https://parametricmonkey.com/2016/03/13/ladybug-honeybee/>.

<sup>124</sup>Arturo Tedeschi et Fulvio Wirz, *AAD - Algorithms-Aided Design*, (Brienza : Le Penseur, 2014).

les gains solaires ou la luminosité de chaque pièce. Cela permet une optimisation géométrique et matérielle du bâtiment, tout en prenant en compte le confort physique et visuel de l'habitant. La masse et le toit doivent donner la direction et la pente de la forme, pour placer des panneaux solaires par exemple. Cette recherche d'optimisation peut aussi nous aider à choisir les manières de compléter les besoins en lumière artificielle et en chauffage. De même, des données sur le bruit urbain environnant permettent de déterminer les besoins en protection sonore d'un bâtiment. Ces données urbaines peuvent nous aider à élaborer des systèmes dynamiques complexes qui réagissent en temps réel à des modifications du contexte environnemental.

L'architecture ordonne notre environnement, et favorise les relations entre les hommes et leur environnement, en créant un milieu et un cadre. Il y a une relation topographique entre l'habitat et l'environnement, le paysage et les autres bâtiments. Il ne s'agit pas seulement de refléter un contexte climatique et environnemental local mais aussi des aspects culturels comme les matériaux de construction et les savoir-faires locaux qui sont liés à leur environnement. Des systèmes sociaux régionaux nous permettent d'impliquer des traditions et des cultures locales en relation à leur environnement et à leurs productions locales. Il est donc possible de combiner des pratiques architecturales technologiquement avancées avec des savoirs traditionnels<sup>125</sup> ce qui demande peut-être, par l'exploration des nouvelles possibilités de fabrications numériques, la mise en place d'un artisanat digital<sup>126</sup>. Une conception basée sur la performance des matériaux de construction traditionnels, favorise le développement de ces matériaux et d'un artisanat local, en intégrant les outils paramétriques dans une recherche culturelle et architecturale.

---

<sup>125</sup>Voir Figure : Archi-Union Architects, *Silk Wall*, (Shanghai, 2011).

<sup>126</sup>Philip Yuan, *Parametric Regionalism*, dans Block et Bhooshan, *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, éd. par Patrik Schumacher, Architectural Design Profile, no 240, (London: John Wiley & Sons, 2016).



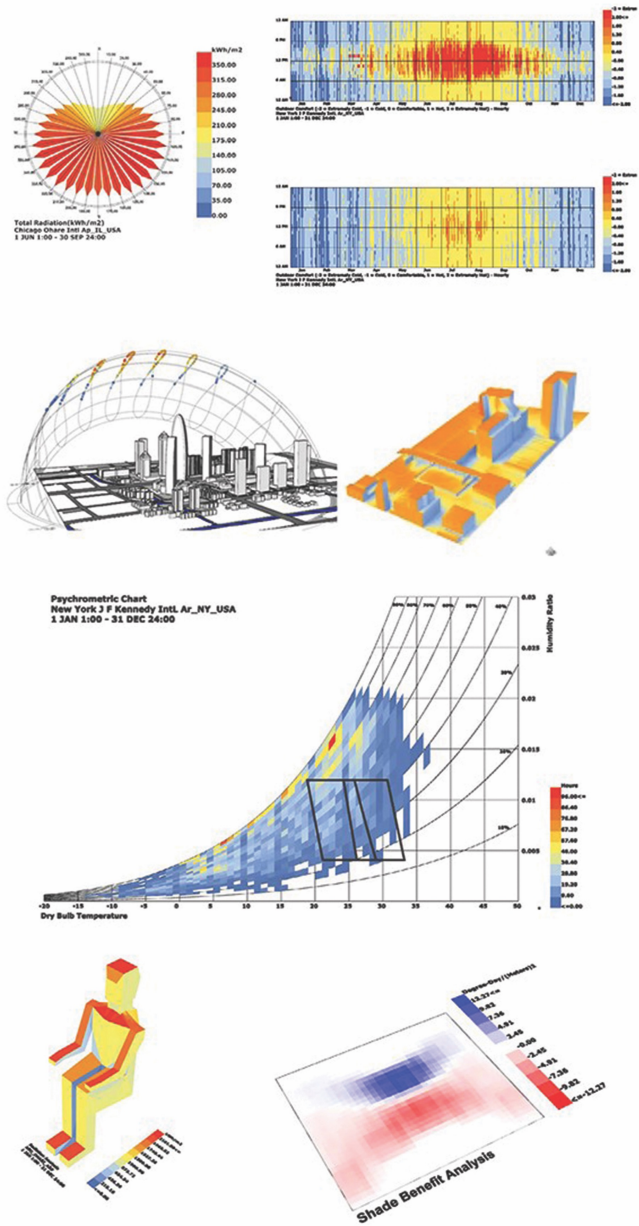


Figure 49 : Paul Wintour, *Ladybug & Honeybee*, ParametricMonkey, (2016), <https://parametricmonkey.com/2016/03/13/ladybug-honeybee/>

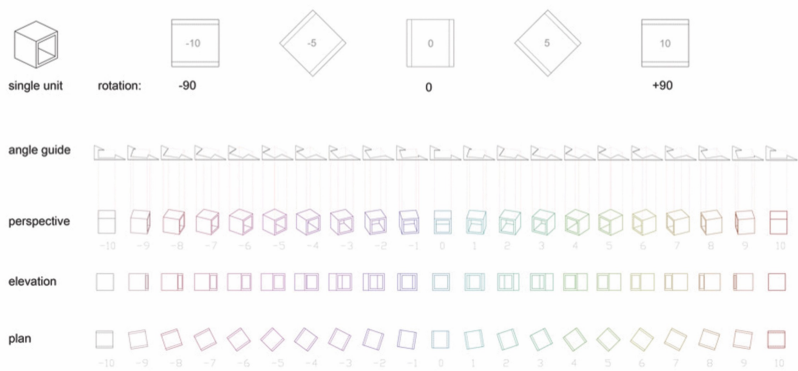
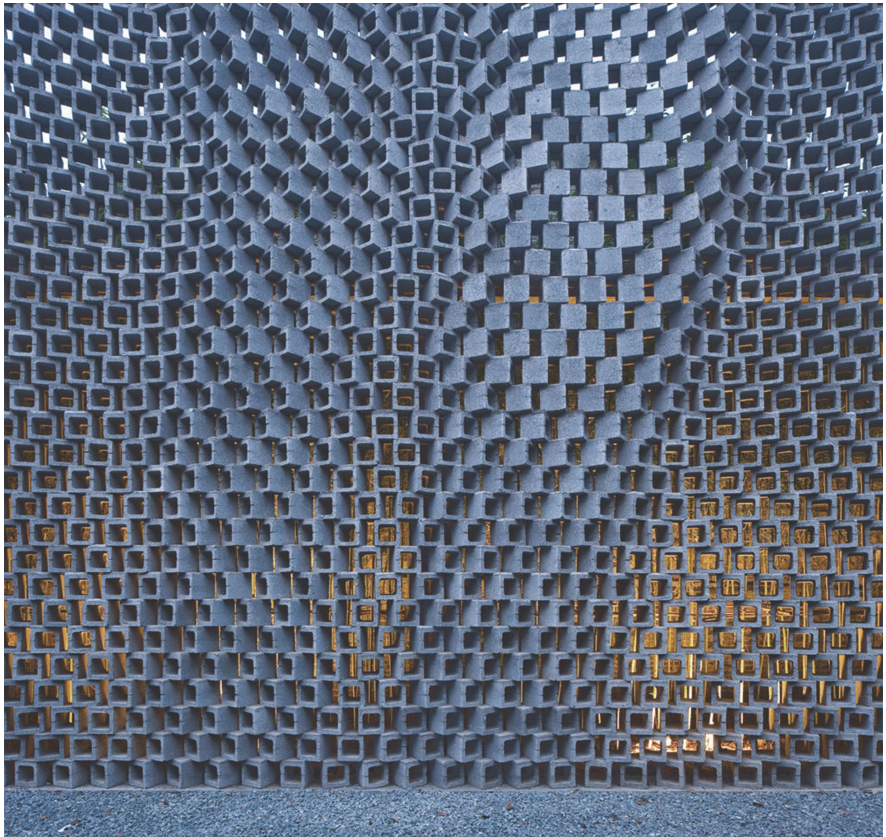


Figure 50 : Archi-Union Architects, *Silk Wall*, (Shanghai, 2011).

---

# La Formalisation Intérieure

L'intérieur doit s'adapter en fonction des contraintes extérieures<sup>127</sup> et nous devons comprendre comment les conditions extérieures formalisent l'intérieur. Peut-on générer des types de logements différents en fonction des multiples critères de contraintes de site, de caractéristiques typologiques, de fonctions et d'autres contraintes pragmatiques liés à l'habitat ? La question de l'ordre d'importance des contraintes est ici essentielle, de même que la « *définitions de règles intelligentes* »<sup>128</sup>. Nous parlons donc plus de processus que de concept, et la multiplicité et l'interdépendance des éléments qui composent ce processus le rendent très vulnérable aux variations. Les modifications d'un élément se répercutent sur les autres par effet de propagation. Le résultat est un ensemble qui peut évoluer à l'infini, avec une part d'inconnu, et dont la forme et sa relation aux conditions évolue constamment en fonction des paramètres changeants. La détermination de cette forme déterminera aussi un système dynamique et modifiable de l'espace vécu, et donc, son utilisation.

L'exemple le plus parlant est celui de la fenêtre, qui à ce caractère de seuil liant et séparant à la fois, séparant deux échelles et deux univers. Elle répond également à l'influence de son environnement direct, de la même façon qu'elle a, de par sa forme et sa matérialisation, une influence sur la perception de l'espace et sur son usage.

La fenêtre est une « *frontière entre deux espaces antithétiques, l'endroit où l'on se trouve et le lieu de la nostalgie* »<sup>129</sup>

Bruno Reichlin

---

<sup>127</sup>Bryce Willis, *A parametric Multi-Criterion Housing Typology*, p. 503, University of Nebraska-Lincoln, *Synthetic Digital Ecologies*, (ACADIA, 2012).

<sup>128</sup>Arturo Tedeschi et Fulvio Wirz, *AAD - Algorithms-Aided Design*, (Brienza: Le Penseur, 2014).

<sup>129</sup>Klaus Spechtenhauser, Gerhard Auer, et Michelle Corrodi, *LichtEinfall Tageslicht im Wohnbau*, p. 91, (Basel : De Gruyter, 2008).

Même si la fenêtre a d'abord un rôle sur l'aération et la lumière, son influence sur la qualité et l'atmosphère des espaces liés est indéniable. Elle permet de contrôler la lumière et par là, d'influer sur l'intimité des espaces, par leur sublimation par la lumière<sup>130</sup>, ou au contraire par leur retrait par l'ombre<sup>131</sup>. La fenêtre structure l'espace par sa position, sa taille et ses proportions. Elle influe sur les caractères spatiaux et donc sur les manières de se les approprier. Ce cadrage hiérarchise les rapports entre les intérieurs et l'extérieurs, donnant à l'espace, selon sa taille, un caractère soit plus extraverti soit plus intraverti. Il y a deux types de fenêtre, celle pour la vue, et celle pour la lumière. Il faut les dissocier car en orientant la vue, la fenêtre conditionne la nature de la relation instaurée avec l'intérieur. Elle doit s'adapter à la hauteur de sa position et à sa position par rapport aux conditions extérieures, comme l'ensoleillement ou les vis-à-vis. Sa variation dans la forme et la taille sert donc à contrôler les degrés de domesticités des espaces.

*« Le « langage » tenu par la pièce dépend largement du propos lié à la fenêtre, principal sujet d'attention de la part des occupants de la pièce. La fenêtre fait la pièce, en lui prêtant à la fois sens, aspect et raison d'être »<sup>132</sup>*

Gilles Barbey.

Si nous acceptons que le mouvement serve de base à la perception architecturale, l'attraction visuelle de la lumière<sup>133</sup> crée des vecteurs spatiaux qui lient les habitants aux ouvertures. Les fenêtres ont donc un rôle structurant dans les déplacements dans l'espace. Chaque ouverture ponctue un lieu dans le logement et donne à ce lieu un pouvoir d'attraction sur l'habitant. Elle peut devenir un lieu à part entière, dans sa capacité à devenir un sous espace dans le logement, nous permettant d'expérimenter le seuil dans l'épaisseur de son cadre et transforme ainsi le caractère d'un logement.

---

<sup>130</sup>S. Giedion, *Espace, temps, architecture*, (Paris : Denoël, 1990).

<sup>131</sup>Junichirô Tanizaki, *Éloge de l'ombre* (Lagrasse : Verdier, 2015).

<sup>132</sup>Gilles Barbey, *L'évasion domestique : essai sur les relations d'affectivité au logis*, p. 167, 1. éd, Collection d'architecture (Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 1990).

<sup>133</sup>Voir Figure : Peter Zumthor, *La chapelle de "frère Nicolas"*, (Wachendorf, 2007).

De la même manière, la loggia crée une pièce supplémentaire, tout en supportant des usages multiples, de par son ouverture contenue dans le volume du bâti. En sortant du cadre, le balcon en sailli ou la terrasse, communiquent avec l'intérieur après la façade, comme des prolongements extérieurs privatifs de l'habitat<sup>134</sup> en agrandissant les pièces qui les portent. Ces seuils directs de l'habitat portent en eux une vision sociale de la vie domestique, et ils mettent en scène le quotidien par leur utilisation courante, en permettant de nouvelles habitudes selon les saisons.

Cet exemple nous donne les clés pour comprendre les modifications des interactions entre différents éléments intérieurs par des contraintes extérieures. L'influence de l'extérieur a des répercussions sur les surfaces et les formes des éléments qui composent le projet architectural ; sur la hauteur de plafond, sur les portes et les autres espaces de liaisons, sur les chambres et sur les espaces communs. Une belle vue dirigera l'ensemble de l'habitat vers le paysage<sup>135</sup>. Au contraire, un vis-à-vis nous oblige à fermer ce côté de l'habitat, l'organisant autour d'une cour intérieure par exemple. C'est au bon sens de l'architecte que nous devons nous référer pour choisir quels paramètres incorporer dans le système paramétrique. Ce système doit garantir cette flexibilité mais est possible de le garder intact malgré une grande variété dans les conditions d'interaction avec l'extérieur.

---

<sup>134</sup>Voir Figure : Hans Scharoun *Immeuble résidentiel Romeo et Juliette*, (Stuttgart, 1959).

<sup>135</sup>Voir Figure : Ricardo Bofill, *La Muralla Roja*, (Calpe, 1973).



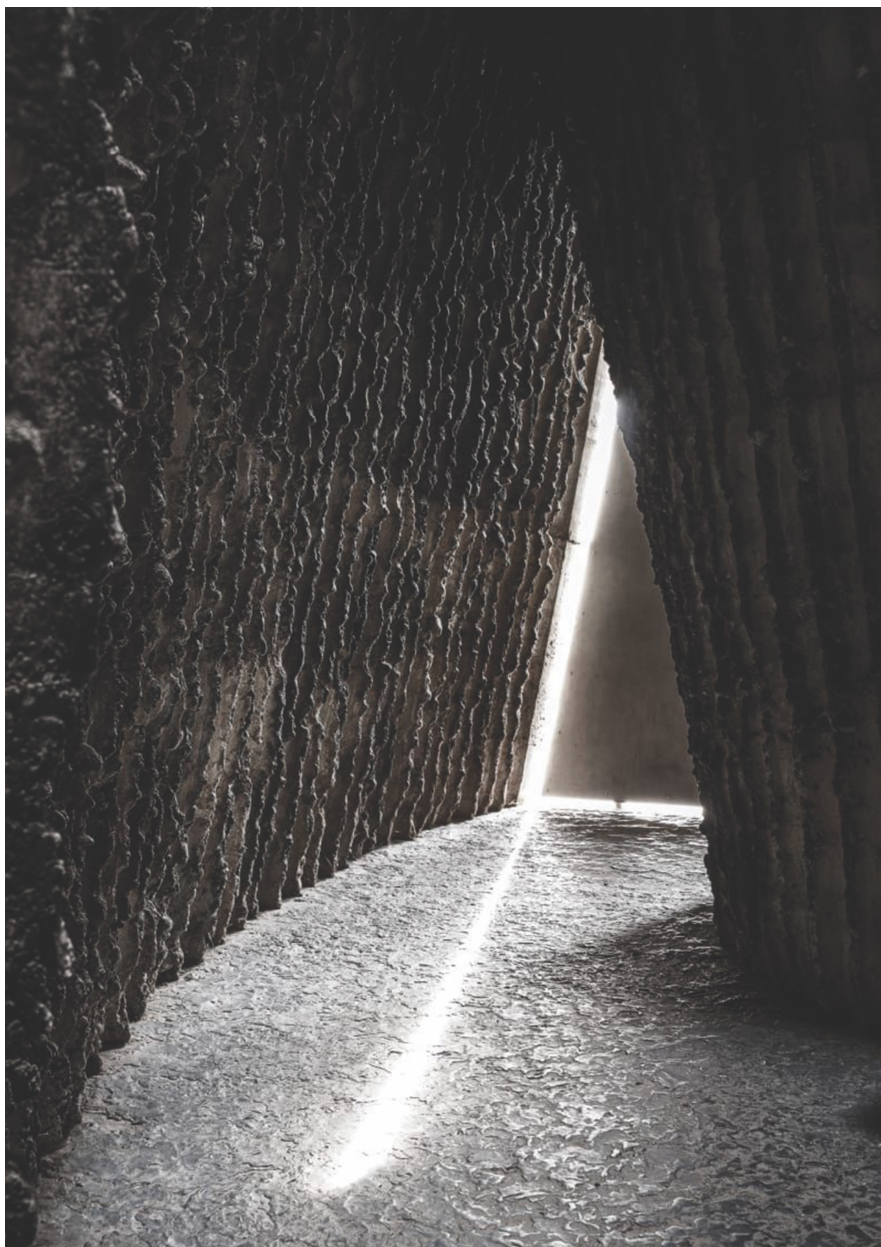


Figure 51 : Peter Zumthor, *La chapelle de "frère Nicolas"*, (Wachendorf, 2007).

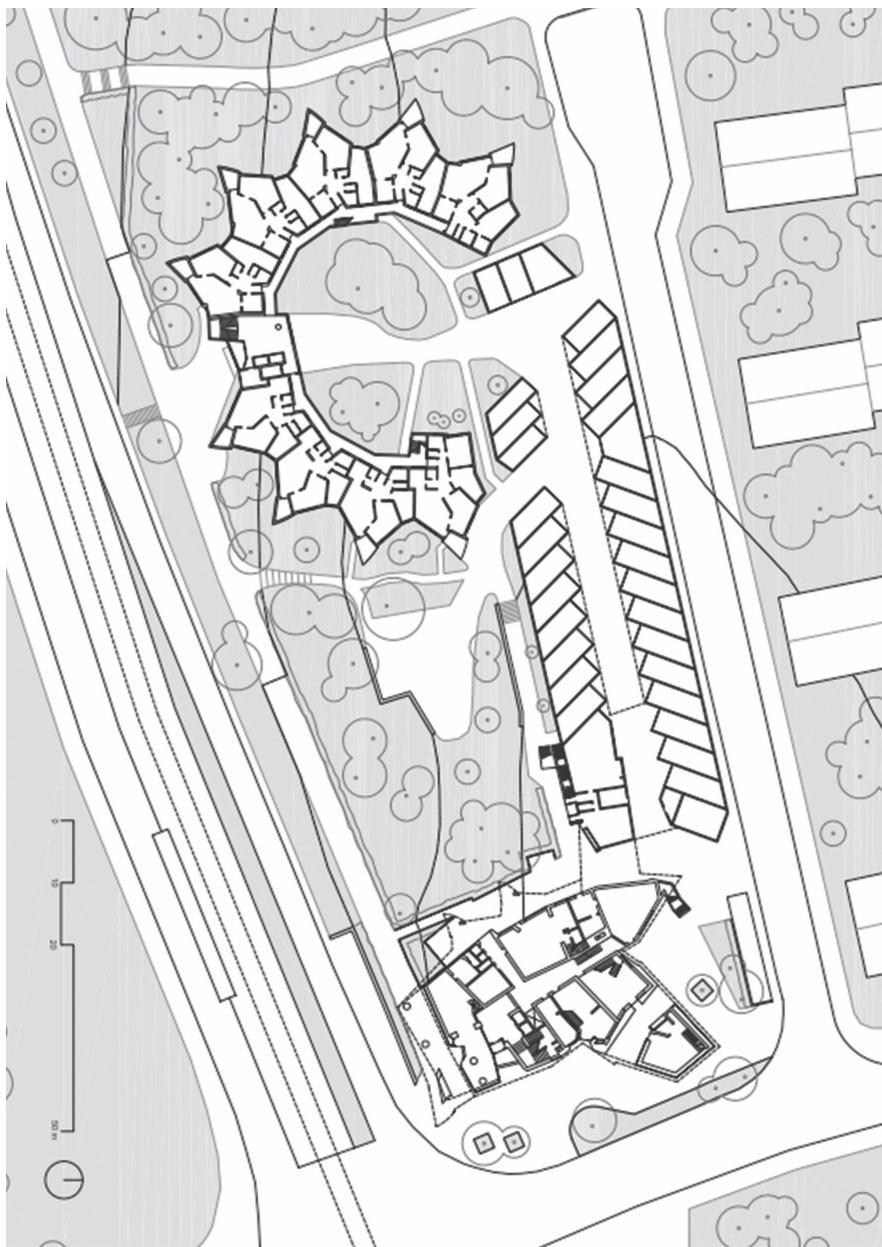


Figure 52 : Hans Scharoun *Immeuble résidentiel Romeo et Juliette*, (Stuttgart, 1959).



Figure 53: Ricardo Bofill, *La Muralla Roja*, (Calpe, 1973).



---

## Conditions Contextuelles

Nous comprenons donc que les liens de l'habitat avec l'extérieur sont multiples, et que chaque condition extérieure va avoir une répercussion sur l'intérieur. Des outils numériques d'optimisation nous permettent grâce à des solveurs heuristiques de trouver les meilleurs compromis entre les conditions extérieures et leurs influences intérieures. Les outils numériques permettent de contrôler l'impact volumétrique de notre projet dans un contexte donné. Nous évaluons ainsi les connaissances que nous pouvons agréger à l'intérieur du modèle paramétrique avec l'objectif d'optimiser ces relations de manière rationnelle et dynamique, tout en combinant les critères spatiaux existants, et en renvoyant aux choix effectués auparavant de manière à les questionner. La transformation du système de production architecturale en intégrant les données environnementales, ainsi qu'une éthique écologique, améliorera les processus de conception architecturale. Nous pouvons grâce à la puissance des systèmes informatiques facilement comprendre les contraintes d'une région et donc favoriser un processus d'étude de proto-typologies rurales.

---

# V / CONCEPTIONS PARAMETRIQUES

---

# La Conceptualisation Paramétrique

Nous pouvons donc déterminer ici deux types d'intentionnalités. L'une à visée formelle<sup>136</sup> et l'autre à visée subjective. Elles visent, dans et par l'espace déterminé dans le temps et par la multiplicité des rapports humains, à bâtir la relation du rapport humain au monde à travers sa demeure. Seul un espace inachevé permet un travail sur l'habitat. Si nous nous basons sur l'idée d'un modèle de logement paramétrique multicritère<sup>137</sup>, nous devons optimiser de multiples variables tout en résolvant les paramètres conflictuels. L'esthétique, si nous privilégions le formel ou le spatial, vient de conventions paramétriques différentes qui résultent des relations entre conditions. Les outils paramétriques permettent des itérations variées possibles dans une même typologie, nous donnant des logements sur mesure, spécifiques au site et optimisés.<sup>138</sup>

*"La langue de la programmation génère des briefs de conception basés sur les données de l'utilisateur ; le langage de conception fournit les règles pour générer des concepts dans un style particulier, et un ensemble de règles heuristiques guide la génération de concepts vers une solution qui correspond au brief de conception"*<sup>139</sup>

Duarte

Mais à quel point un projet paramétrique peut-il être conceptuel ? À priori, le résultat n'est plus établi par l'architecte, mais plutôt par le processus des données élaborées. Le projet n'est plus le résultat cristallisé d'un raisonnement particulier, mais plutôt un instantané d'un instant *t*, d'un processus en constante évolution. Il reste donc

---

<sup>136</sup>Voir Figure : Cam Parkin, *Formal Study 01*, (2016).

<sup>137</sup>Poelman Sjoerd, *Parametric approach for designing affordable & high density housing*, (Intecture, TU Delft, 2017).

<sup>138</sup>Bryce Willis, *Digital Morphogenesis : A Computational Housing Typology*, (Architecture Program, University of Nebraska, 2012).

<sup>139</sup>Bryce Willis, *A parametric Multi-Criterion Housing Typology*, p. 503, University of Nebraska-Lincoln, *Synthetic Digital Ecologies*, (ACADIA, 2012).

une part de sensibilité de l'architecte qui, en choisissant et contrôlant les paramètres ainsi qu'en évaluant des solutions alternatives d'instant  $t$  multiples<sup>140</sup>, fait un choix qualitatif qui satisfait son idée. C'est ce moment crucial qui va cristalliser son processus en un projet. Nous devons déterminer en amont un processus qui prend en compte un concept prédéfini et le poids que doit prendre l'idée par rapport aux conditions établies. Nous devons voir si le concept du projet doit être lui-même une condition, ou au contraire si nous devons laisser la place à cette inconnue.

---

<sup>140</sup>Voir Figure : *Visualization of the diversity calculation for each design set*, dans Nathan Brown & Caitlin Mueller, *Quantifying diversity in parametric design*, (Cambridge University Press, 2018)



Figure 54 : Cam Parkin, *Formal Study 01*, (2016).

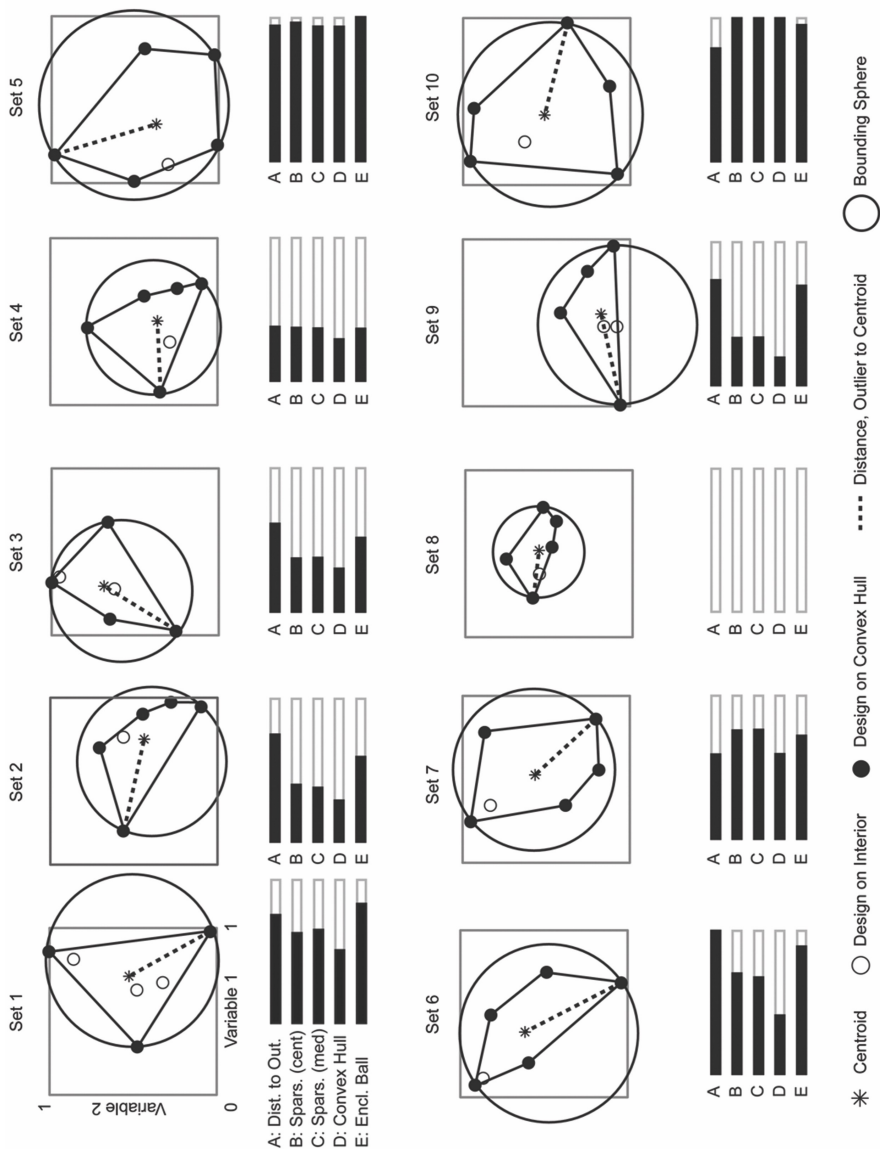


Figure 55 : Visualization of the diversity calculation for each design set, dans Nathan Brown & Caitlin Mueller, *Quantifying diversity in parametric design*, (Cambridge University Press, 2018)

---

# La Temporalité De L'Espace

Il existe une articulation entre les diverses façons d'avoir vécu, de vivre et d'espérer vivre, tant au niveau individuel que familial et collectif, à l'échelle de l'immeuble, de la rue, du quartier, et de la ville. Être présent dans son espace permet de joindre son passé et son futur dans son quotidien. Il faut pour cela s'approprier l'espace au risque de se figer dans le passé ou de s'imaginer un futur irréel. Afin de répondre aux besoins quotidiens, il faut rendre à l'espace habité sa fonction majeure de ressourcement de la vie quotidienne, un espace qui doit apaiser plutôt qu'agresser, ouvrir plutôt que renfermer, et offrir plutôt que priver. L'habitant doit avoir un projet de « *chez soi* », pour se construire et s'approprier son futur. Pour cela, il faut laisser de l'espace pour cette interprétation du lieu et cette construction, et de l'espace pour s'y investir. L'existence de l'habitat ouvre, au-delà des formes physiques, un temps de la présence esthétique. Elle dynamise aussi ce qui projette les hommes dans le futur, permettant de relier l'espace avec le temps.

L'espace doit permettre ces différentes topologies temporelles<sup>141</sup> et sociales. Il faut savoir ce qui est vraiment nécessaire pour synthétiser un projet simplement. Des paramètres trop précis réduisent l'adaptabilité de l'espace dans le temps<sup>142</sup>. Etant un instantané d'un temps  $t$ , que devient-il si les conditions continuent d'évoluer ? C'est une question de satisfaction : bien que figé, notre processus peut continuer à évoluer dans sa cristallisation. Mais est-il possible de conditionner ou de paramétrer cette possible évolution dans le temps ? S'agissant de conditions exhaustives, des évaluations mal fondées rendent difficile de prévoir le besoin d'évolution futur d'un

---

<sup>141</sup>Bernard Salignon, *Qu'est-ce qu'habiter ?* Collection Penser l'espace (Paris : La Villette, 2010).

<sup>142</sup>Voir Figure : Joseph Michael Gandy, *Rotunda of the Bank of England*, (1798), EPFL LAPIS – « Archives de l'imaginaire », [archivesdelimaginaire.epfl.ch](http://archivesdelimaginaire.epfl.ch).

projet. C'était déjà le cas avant, mais la différence majeure entre un projet paramétré et un projet plus conventionnel est que l'attribution et la mise en œuvre des paramètres est tellement plus spécifique et déterminé que cela pourrait rendre un projet très peu adaptable à des besoins futurs. Un exemple, pourtant moins extrême, sont les logements des années 70' : malgré certains chef-d'œuvres « *intemporels* »<sup>143</sup>, ceux-ci ont du mal à remplir nos besoins contemporains dans leur état originel. Le temps étant difficile à paramétrer, nous devons imaginer des paramètres qui laissent assez de libertés pour pouvoir évoluer avec lui.

---

<sup>143</sup>Voir Figure : *Le Lignon*, dans Franz Graf, la cité du Lignon 1963-1971. *Etude architecturales et stratégies d'intervention*, Patrimoine et architecture, (Genève, 2012).





Figure 56 : Joseph Michael Gandy, *Rotunda of the Bank of England*, (1798), EPFL LAPIS – « Archives de l'imaginaire », [archivesdelimaginaire.epfl.ch](http://archivesdelimaginaire.epfl.ch).



Figure 57 : *Le Lignon*, dans Franz Graf, *la cité du Lignon 1963-1971. Etude architecturales et stratégies d'intervention*, Patrimoine et architecture, (Genève, 2012).

---

## L'Adaptabilité, Liberté ou Flexibilité ?

Soutenir l'habitant, c'est apporter du soin à la réalisation architecturale. Si les habitants se sentent pris en compte, ils prolongeront eux même ce soutien à la qualité architecturale. Ces espaces en devenir doivent offrir la flexibilité nécessaire pour une appropriation de l'espace par chaque habitant. Nous devons permettre des usages différents, des conceptions multiples et des initiatives de la part des habitants. Laisser des possibilités d'interventions à l'habitant lui permet la gestion et la transformation de l'espace intérieur par rapport à ses besoins.

*« J'oserais affirmer ici que la famille est constituée d'un ordre social instable, parce que constamment bouleversé par des phénomènes temporels extrêmement diversifiés. L'urgence et la nécessité pour le logement de s'adapter à ces évolutions familiales seraient corroborées par ce qu'on appelle la mobilité des occupants : revoir l'évolution de différentes temporalités d'une même famille c'est d'emblée rendre possible l'adaptation du logement pour différents types de familles. Le choix fait ici est celui d'un espace « adapté ». C'est à dire d'une capacité de plusieurs valeurs pour le même lieu. Plus que jamais ici, le logement n'est que support à la pratique : il n'est pas pratique elle-même. »*

D. Petit, « 80 logements sociaux à Nancy »<sup>144</sup>

Nous avons vu que l'adaptabilité dans le temps est difficile. Comment pouvons-nous donner à l'habitat assez de liberté pour permettre un changement d'utilisation dans le temps ? Si nous définissons nos espaces comme une limite spatiale dans lequel les paramètres interagissent, nous pouvons, dans le cas où nous nous affranchissons de cette limite, continuer de les organiser. Une autre possibilité pour

---

<sup>144</sup>Monique Eleb-Vidal, Anne-Marie Châtelet, et Thierry Mandoul, *Penser l'habité : le logement en question* ; PAN 14, p. 48, 2. éd, Programme architecture nouvelle 14 (Liège : Mardaga, 1990).



s'adapter aux évolutions dans le temps<sup>145</sup>, serait d'introduire une certaine flexibilité : faut-il nécessairement figer ce que nous construisons ? Nous pouvons au contraire paramétrer un même espace pour une multitude de besoins différents. Il est possible d'incorporer une certaine flexibilité dans nos conditions paramétriques. Pour que les espaces soient pensés pour des utilisations multiples, nous pourrions permettre l'ajout et le retrait de certains éléments<sup>146</sup> sans pour autant perdre la cohérence de l'ensemble du bâti. Un espace n'est pas adaptable à l'infini, et nous nous retrouverons éventuellement dans un cas où la limite se fera sentir, mais cela permettrait un certain degré de liberté et une certaine flexibilité de point de vue, tout en gardant le cadre donné par nos conditions.

---

<sup>145</sup>Voir Figure : Kisho Kurokawa, *Nagakin Capsule Tower*, (Tokyo, 1972).

<sup>146</sup>Voir Figure : Mathias Klotz & Tecnofast, *Modulo prefabricado para victimas del terremoto*, Casa Modular Mk1, Mk4 y Mk5, (Chile, 2010).



Figure 58 : Kisho Kurokawa, *Nagakin Capsule Tower*, (Tokyo, 1972).



Figure 59 : Mathias Klotz & Tecnofast, *Modulo prefabricado para victimas del terremoto*, Casa Modular Mk1, Mk4 y Mk5, (Chile, 2010).

---

## Le Mouvement et La Fonctionnalité

Un mouvement spatial doit être caractérisé par un dépassement de l'affect et de l'intériorité. Nous pouvons étendre la condition flexible d'un espace et laisser une part d'adaptabilité à certains éléments secondaires, ceci pour garder une liberté dans l'utilisation de cet espace. Il s'agira ici de déterminer s'il est possible de conditionner la transformation de la fonctionnalité d'une pièce par le mouvement de certains éléments, changeant et en interaction, et qui permettent la subdivision ou la fermeture de certains espaces. Le premier exemple de ce type d'élément est donné par les shojis japonais<sup>147</sup>. Mais nous pouvons voir aujourd'hui d'autres exemples modernes d'habitats modulaires<sup>148</sup>, qui permettent de changer le fonctionnement, l'utilisation et la forme d'un espace de vie par l'utilisation d'éléments mobiles.

Nous ne pouvons pas qualifier ce type d'habitat modulaire de maison évolutives, comme les escaliers de l'entrée du château de Poudlard<sup>149</sup>. Il s'agit plus d'une flexibilité limitée par les contraintes de l'ingéniosité des mécanismes. Il est cependant intéressant de voir comment, en rendant possible le déplacement d'une paroi, un espace peut radicalement changer ses attributs. En rendant une fonctionnalité spatiale multiple, Nous arrivons à rendre multiple une expérience du vécu dans l'espace<sup>150</sup>. Nous créons ainsi un système technique par la répétition d'un nombre limité d'éléments techniques, et qui dépendent des dimensions spatiales et des matériaux utilisés. Ceci demande une distinction entre les éléments porteurs et les éléments de

---

<sup>147</sup>Voir Figure : Tokugawa, *Nijo-jo*, (Kyoto, 1626).

<sup>148</sup>Anna Minguet et Patricia Martínez, *Modular loft : creating flexible-use environments that optimize the space* (Sant Adrià de Besòs, Barcelona : Monsa, 2017).

<sup>149</sup>Chris Columbus, *Harry Potter à l'école des sorciers*, (2001).

<sup>150</sup>Voir Figure : Yuko Shibata, *Switch Apartment*, (Tokyo, 2010).

séparations. Ces ouvertures possibles participent au système global, donnant plus de libertés aux surfaces délimitantes.

Il serait intéressant de voir ce qu'il se passe quand nous attribuons à un même espace plusieurs fonctions distinctes, en intégrant d'abord dans notre système une part d'indécision quant à l'attribution programmatique des espaces, puis en résolvant ces incohérences par une transformation spatiale grâce à ces éléments mobiles. Il faut pour cela déterminer quels types d'espace peuvent fonctionner en symbiose et les intégrer dans l'unité de l'habitat. Ces raisonnements pourraient augmenter la qualité des habitats dans un cas où le projet se situe dans une zone de population très dense.





Figure 60 : Tokugawa, *Nijo-jo*, (Kyoto, 1626).

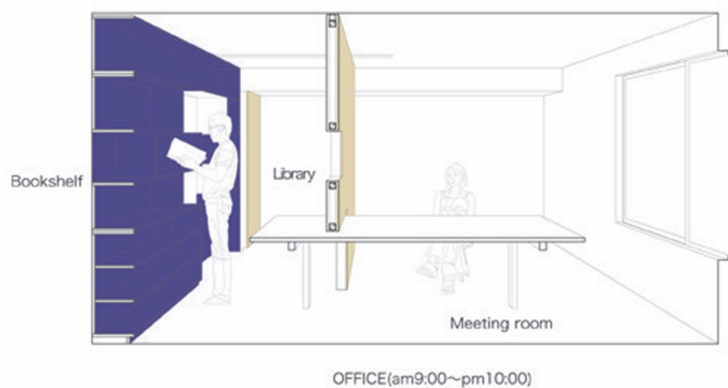
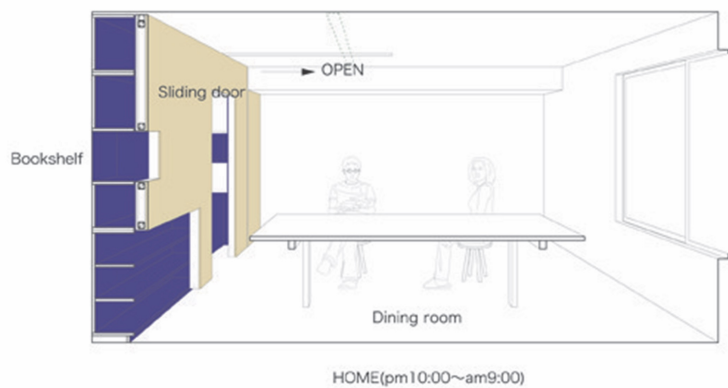


Figure 61 : Yuko Shibata, *Switch Apartment*, (Tokyo, 2010).

---

## La Réutilisation et La Réhabilitation

Il y a un certain paradoxe dans un processus de réhabilitation car nous proposons à un même groupe d'habitants une nouvelle manière de se regrouper. Nous marquons une rupture de l'habitat dans la continuité de l'habitation, et en modifiant l'espace, nous modifions les comportements de ses habitants. Il y a un avant et un après, une articulation temporelle qui montre ces différences créées dans l'espace à travers le temps. Ceci modifie le rapport des individus à un espace, et leur donne une autre idée d'eux même, en leur proposant un futur différent. À travers ce changement, nous pouvons modifier la relation de l'habitant avec l'habitat, mais aussi la relations entre les habitants.

*« L'espace est l'ensemble de toutes les places non seulement actuelles, mais possible ; l'espace est de l'or de tous les coexistant possibles. L'espace est un rapport qui mène aux possibles et donc à la réalité ; il est ce qui résulte des places prises ensemble. »*<sup>151</sup>

Leibniz

Lors d'un changement de l'utilisation d'un habitat<sup>152</sup>, les premières questions à poser sont de l'ordre du devenir et de l'appropriation du temps et de l'espace. C'est l'homme qui a ici une fonction déterminante, par ses pratiques et ses comportements, ainsi qu'une certaine forme d'investissement. Il doit se fixer et s'installer en faisant des compromis liés à son espace. Le travail de l'architecte est de limiter ces compromis en créant un espace qui peut soutenir des utilisations multiples pouvant s'adapter à différents besoins. Mais au final, par le fait même de s'installer, en meublant par exemple ou en aménageant, c'est l'habitant qui va se créer son propre espace. Les

---

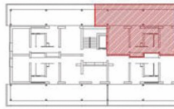
<sup>151</sup>Bernard Salignon, *Qu'est-ce qu'habiter ?*, p.130, Collection Penser l'espace (Paris : La Villette, 2010).

<sup>152</sup>Voir Figure : Lacaton & Vassal, *Extensions d'appartements*, (Bordeaux, 2011).

réflexions sur les transformations et les améliorations de l'espace habité<sup>153</sup> pour s'adapter à un nouveau espace-temps ne sont pas les uniques vecteurs dans l'amélioration d'un confort de vie. Dans le cas d'une rupture dans l'habitation, il n'y a pas forcément une rupture de l'habitat, mais nous demandons plutôt à l'habitant de réadapter son utilisation de l'espace. L'architecture est un cadre, et un changement de cadre change une façon d'habiter. À l'inverse, un changement dans la façon d'habiter induit-il une nécessité d'un changement de cadre ? Ce qui est sûr c'est que la fixation d'un cadre, qui peut être un fondement, doit s'accompagner par des mesures permettant d'adapter localement des éléments plus secondaires. Le cadre créé par un système paramétrique doit pouvoir se soumettre à une réhabilitation en temps voulu, sans pour autant changer l'articulation de son système.

---

<sup>153</sup>Voir Figure : Buchner Bründler Architekten, *Casa d'Estate*, (Linescio, 2010).



**GRAND PARC Gourod - Escalier 1 + 2 - T2**

Surface habitable EXISTANT : 48,10 m<sup>2</sup>

Surface habitable PROJET : 101,10 m<sup>2</sup>

- Surface jardin d'hiver : 30,30 m<sup>2</sup>

- Surface balcons : 12,00 m<sup>2</sup>

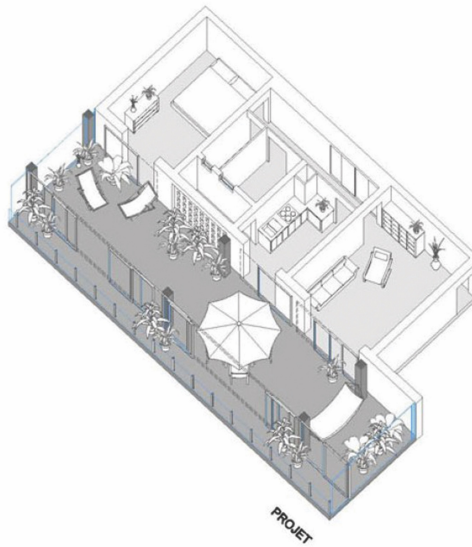
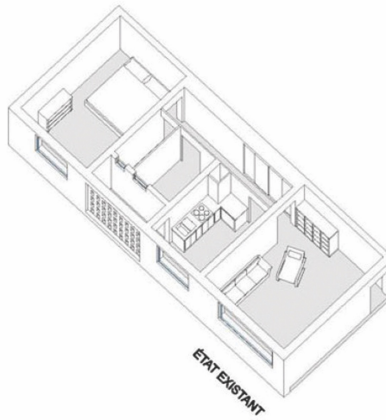


Figure 62 : Lacaton & Vassal, *Extensions d'appartements*, (Bordeaux, 2011).



Figure 63: Buchner Bründler Architekten, *Casa d'Estate*, (Linescio, 2010).

---

## Conception Paramétrique

Une conception paramétrique doit se faire en gardant à l'esprit que le processus n'est pas automatique. Même s'il peut générer certaines conditions à partir de données numériques existantes, l'architecte doit aussi y intégrer ses propres observations, qui sont souvent subjectives, issues de ses expériences dans le domaine de la construction. Pour rendre un projet paramétrique fort, il doit, en plus de prendre en compte des conditions rationnelles, créer son propre langage à travers son propre prisme conceptuel. Nous parlons de la rationalisation d'un processus, mais c'est l'architecte qui va cristalliser son projet à partir des choix qu'il fait dans sa sélection de conditions. Les outils paramétriques peuvent nous aider à réduire les erreurs de conception en intégrant dans notre système plus de données que ce que l'architecte peut percevoir par lui-même. Il faut comprendre que les outils paramétriques restent des extensions de la pensée conceptuelle de l'architecte. De plus, certains paramètres peuvent difficilement être intégrés dans un système paramétrique, ce qui induit quelques inconnues. Ces inconnues demandent une certaine flexibilité du système pour donner à l'architecte l'opportunité de les résoudre par une analyse plus « *humaine* ». Mais nous rappelons que de nos jours, certains d'architectes n'arrivent plus à concilier les facteurs de coûts et de temps du projet à une qualité architecturale. C'est pourtant ce même système paramétrique qui pourrait offrir à l'architecte la possibilité et le temps de se pencher sur ces parties plus complexe d'un projet.

---

## CONCLUSION

*« Une réforme du paradigme paramétrique devrait être l'objectif plutôt que le résultat, car le paramétrique ne s'est jamais imposé comme une idée intellectuelle ou un style »<sup>154</sup>.*

Yasser Zarei

Un style est un système d'éléments et de relations qui apparaissent avec divers degrés de probabilité. Il indique la structure formelle la plus probable, établissant une norme utilisable. Ses déviations mettent en avant ses alternatives, mais ces variations présupposent que certaines propriétés restent constantes, tout en s'accomplissant dans les limites de la constance formelle. Un style devient un style si ses formes correspondent aux attentes humaines. Les outils paramétriques permettent la construction d'un ensemble stylistique en conditionnant les éléments qui font le système architectural de ce style. Le paradigme paramétrique est en train de devenir une interprétation en profondeur de la signification des paramètres.

Nous avons essayé de déterminer à travers cet énoncé théorique les paramètres qui affectent directement ou indirectement la manière d'appréhender un espace et donc l'architecture. La fragmentation de l'architecture en spécialités nécessite un travail en équipe, et la collaboration avec des spécialistes. L'architecte n'est plus capable de travailler seul car l'architecture est devenue trop complexe. Mais il n'existe pas de théorie de l'architecture intégrative. L'architecte doit être formé à la production synthétique pour pouvoir fragmenter l'ensemble en éléments attribués aux différents spécialistes. Sinon l'architecture restera un jeu de formes arbitraire incompréhensible.

---

<sup>154</sup>Yasser Zarei, *The Challenges of Parametric Design in Architecture Today : Mapping the Design Practice*, Thesis, Master of Philosophy, (University of Manchester 2012).



À partir de ce constat, le questionnement suivi pourrait être une manière d'aborder les nouveaux outils numériques.

*« La possibilité d'appliquer différentes règles à différents moments de la conception d'une solution unique permet aux formes d'être flexible au sein d'un grand système et de créer un large éventail de conceptions finales. »*<sup>155</sup>

Bryce Willis

Plutôt que d'utiliser ces outils pour traiter la forme, la préoccupation majeure devrait être de recentrer l'humain dans un contexte spatial, car le rôle de l'architecture est aussi de refléter les conditions sociales et culturelles d'un lieu. L'aide paramétrique permet la compréhension et la création de la totalité architecturale, très complexe car caractérisée par l'interdépendance de ses parties. Elle permet de considérer tous les facteurs simultanément sans y être formé spécifiquement. Cela induit un processus de conception entièrement associatif<sup>156</sup>, qui combine une méthodologie de conception traditionnelle avec une méthode paramétrique, et qui définit une architecture d'une plus grande complexité, basée sur des critères plus équilibrés. Il faut comprendre que certaines choses ne peuvent pas être rationalisées. Un modèle paramétrique est donc limité dans les solutions qu'il peut offrir, ce qui rend l'automatisation complète du processus de conception impossible et laisse ainsi place aux décisions et à l'intuition de l'architecte.

---

<sup>155</sup>Bryce Willis, *A parametric Multi-Criterion Housing Typology*, p. 503, University of Nebraska-Lincoln, *Synthetic Digital Ecologies*, (ACADIA, 2012).

<sup>156</sup>Bernard Cache, *Chapitre 10 : Towards a Fully Associative Architecture*, dans Branko Kolarevic, éd., *Architecture in the Digital Age*, (New York: Taylor & Francis, 2009).

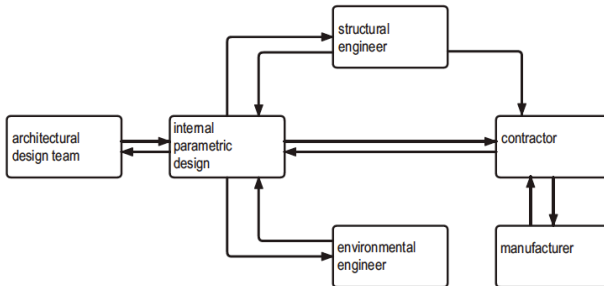


Figure 64 : *Traditionnal Workflow Method*, dans Roland Hudson, *Strategies for Parametric Design in Architecture*, Thesis, Doctor of Philosophy, University of Bath (2010).

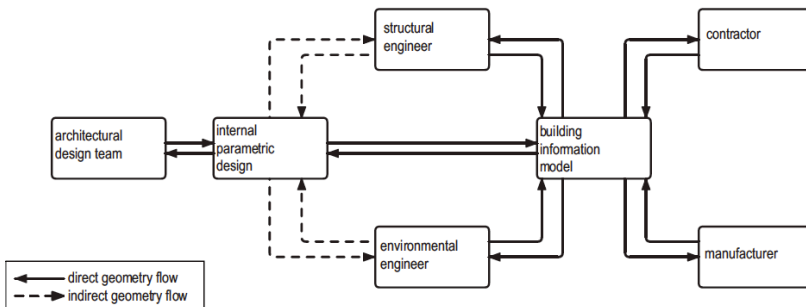


Figure 65 : *InternalBIM Workflow Model* dans Roland Hudson, *Strategies for Parametric Design in Architecture*, Thesis, Doctor of Philosophy, University of Bath (2010).

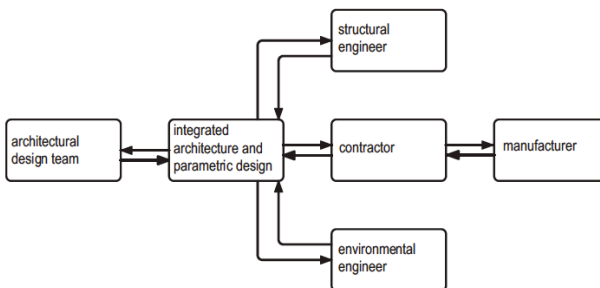


Figure 66 : *Integrated Workflow Model*, dans Roland Hudson, *Strategies for Parametric Design in Architecture*, Thesis, Doctor of Philosophy, University of Bath (2010).

---

## BIBLIOGRAPHIE

« A parametric Multi-Criterion Housing Typology, Bryce Willis », s. d.

Akiyama, Izumi. *Dust Eyes, Dust Architecture = Chiri-No-Me, Chiri-No-Kenchiku*. Édité par Daburunegativusu-Ākitekichā. Tokyo : INAX, 2011.

Antoine Picon, « Maps and Urban Intelligence in the Digital Age, *Habitats in Time : Mapping Palimpsest Horizon*, Doctoral Program of Architecture and Sciences of the City, décembre 2018.

Bachelard, Gaston. *La poétique de l'espace*. Paris : PUF, 2008.

Berk, Jonathan, Peter DeMarzo, et Jarrad Harford. *Fundamentals of Corporate Finance, Global Edition*. Harlow, United Kingdom : Pearson Education Limited, 2018.

Block, Philippe, et Shajay Bhooshan. *Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*. Édité par Patrik Schumacher. Architectural Design Profile, no 240. London: John Wiley & Sons, 2016.

Bourganel, Rémy, Frédérique Pain, et Cléo Collomb. *Algorithmes*. Paris: PUF, 2016.

Bryce R. Willis. « Digital Morphogenesis: A Computational Housing Typology ». Architecture Program, University of Nebraska, 2012.

Christian Norberg-Schulz. *Système logique de l'architecture*. 3e éd. Architecture + recherches 1. Liège: P. Mardaga, 1988.

Cohendet, Patrick, Morad Diani, et Christophe Lerch. « Stratégie modulaire dans la conception. Une interprétation en terme de communautés ». *Revue Française de Gestion*, 2005.

Cornelis van de Ven. *Space in architecture: the evolution of a new idea in the theory and history of the modern movements*. 3rd rev. ed. Assen/Maastricht, The Netherlands ; Wolfeboro, N.H., U.S.A: Van Gorcum, 1987.

Craig W. Reynolds. « Procedural Models », 22 juillet 2017. <https://www.red3d.com/cwr/>.

Davis, Daniel. « A History of Parametric ». Daniel Davis, 6 août 2013. <http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>.

Deamer, Peggy, et Phillip Gordon Bernstein, éd. *Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture*. 1. ed. New York: Princeton Architectural Press [u.a.], 2010.

Deleuze, Gilles. *Le pli : Leibniz et le Baroque*. Editions de Minuit, 1988.

Di Mari, Anthony. *Conditional Design : An Introduction to Elemental Architecture*. Amsterdam: BIS Publishers, 2014.

Di Mari, Anthony, et Nora Yoo. *Operative Design: A Catalogue of Spatial Verbs*. Amsterdam: BIS Pub, 2012.

« Dictionnaire français - Dictionnaires Larousse français monolingue et bilingues en ligne ». Consulté le 2 janvier 2019. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>.

Disch, Peter, et Martin Steinmann, éd. *Architektur in der deutschen Schweiz 1980-1990 : L'architecture récente en Suisse alémanique: ein Katalog und Architekturführer*. 2. Aufl. Lugano: ADV Advertising Company & Publishing House, 1991.

Eleb-Vidal, Monique, Anne-Marie Châtelet, et Thierry Mandoul. *Penser l'habité: le logement en questions ; PAN 14*. 2. éd. Programme architecture nouvelle 14. Liège: Mardaga, 1990.

Elsaesser, Thomas. « The Camera in the Kitchen : Grete Schütte-Lihotsky and Domestic Modernity », s. d.

Foreign Office Architects, Institute of Contemporary Arts, et Exhibition Foreign Office Architects, éd. *Phylogenesis: FOA's Ark*. Barcelona : Actar, 2008.

Frazer, John. *An Evolutionary Architecture: Themes VII*. Édité par Pamela Johnston. London: Architectural Association Publications, 1995.

Gilles Barbey. *L'évasion domestique: essai sur les relations d'affectivité au logis*. 1. éd. Collection d'architecture. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 1990.

Glanville, Ranulph. « An Intelligent Architecture ». *Convergence* 7, n-2 (1 juin 2001).

Holl, Steven. *Parallax*. Basel ; Boston : [New York]: Birkhäuser-Publishers for Architecture ; Princeton Architectural Press, 2000.

« How To Build A Roadmap, Hub Designs Magazine ». Consulté le 12 novembre 2018. <https://hubdesignsmagazine.com/2011/03/05/how-to-build-a-roadmap/>.

Hudson, Roland. « Strategies for Parametric Design in Architecture. » *Thesis Doctor of Philosophy*, University of Bath, 2010.

Janssen, Patrick. « A generative evolutionary design method ». *Digital Creativity* 17, n°1, 1 janvier 2006.

Jean-Hugues Barthélémy. « La « révolution de l'espace » et l'architecture comme « réalisation de la philosophie » dans Écumes de Sloterdijk ». *Appareil*, n- 11, 2 juillet 2013.

Joud, Christophe, éd. *À l'intérieur: les espaces domestiques du logement collectif*

Suisse. Cahier de théorie 13. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2016.

Junichirô Tanizaki. *Éloge de l'ombre*. Lagrasse: Verdier, 2015.

Kolarevic, Branko, éd. *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. Reprint. New York: Taylor & Francis, 2009.

Lazenby, Gina. *La maison du bien-être*. Paris: Flammarion, 2001.

Marble, Scott, éd. *Digital workflows in architecture: designing design, designing assembly, designing industry*. Basel: Birkhäuser, 2012.

Mies van der Rohe, Hans Richter, Lerner Gräff, El Lissitzki, et Theo van Doesburg. « G: Materials for Elemental Form-Creation ». *An Avant-Garde Journal of Art, Architecture, Design, and Film*, 1923.

Minguet, Anna, et Patricia Martínez. *Modular loft: creating flexible-use environments that optimize the space*. Sant Adrià de Besós, Barcelona: Monsa, 2017.

Miroslav, Lovric. « Magic geometry mosaics in the Alhambra », 2009. <http://www.alhambrapatronato.es/ria/bitstream/handle/10514/56/Magic%20geometry%20mosaics%20in%20the%20Alhambra%20%20Miroslav%20Lovric.pdf?sequen2>.

Nathan Yau. « Eric Fischer | FlowingData ». Consulté le 18 décembre 2018. <https://flowingdata.com/tag/eric-fischer/>.

Neufert, Ernst, Peter Neufert, et Johannes Kister. *Architects' Data*. 4th ed. Chichester, West Sussex, UK ; Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2012.

Owen Jones, J. B. (John Burley) Waring, J. O. (John Obadiah) Westwood, et M. Digby (Matthew Digby) Wyatt. *The Grammar of Ornament*. London : Bernard Quaritch, 1868.

Perec, Georges. *Espèces d'espaces*. Nouv. éd. rev. et corrigée. Collection l'espace critique. Paris: Éd. Gallée, 2010.

Picon, Antoine. *Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions*. Basel: Birkhäuser, 2010.

Poelman Sjoerd. « Parametric approach for designing affordable & high density housing ». Intecture, TU Delft, 2017.

« poptronics ' Les cartes du tendre (avec GPS) de Christian Nold ». Consulté le 18 décembre 2018. <https://www.poptronics.fr/Christian-Nold-geographe-ultra>.

« Relational Urbanism ». Relational Urbanism. Consulté le 18 décembre 2018. <https://www.relationalurbanism.com>.

Robin Evans. *Figure, portes et passages*. Urbi 5. Liège: Mardaga, 1982.

S. Giedion. *Espace, temps, architecture*. Paris: Denoël, 1990.

Salignon, Bernard. *Qu'est-ce qu'habiter?* Collection Penser l'espace. Paris: La Villette, 2010.

Schumacher, Patrik. *The Autopoiesis of Architecture. Vol. 1: A New Framework for Architecture*. Chichester: Wiley, 2011.

« Smart Architecture ». Consulté le 26 décembre 2018. <http://www.smart-arch.com/>.

Spechtenhauser, Klaus, Gerhard Auer, et Michelle Corrodi. *LichtEinfall Tageslicht im Wohnbau*. Basel: De Gruyter, 2008.

Tedeschi, Arturo, et Fulvio Wirz. *AAD - Algorithms-Aided Design: Parametric Strategies Using Grasshopper*. First edition. Brienza: Le Penseur publisher, 2014.

Teyssot, Georges. *Une topologie du quotidien*. 1- éd. PPUR, 2016.

Thakkar, Jay, et Skye Morrison. *Matra: Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*, 2008.

« The Future of the Smart Home – ». Consulté le 5 janvier 2019. <https://www.predictingourfuture.com/smart-home/>.

« Theo van Doesburg's "Towards a Plastic Architecture" (1924) Modernist Architecture ». Consulté le 19 novembre 2018. <https://modernistarchitecture.wordpress.com/2010/10/19/theovandoesburg%E2%80%99%E2%80%9Ctowards-a-plastic-architecture%E2%80%9D-1924/>.

Too, Lillian. *L'Encyclopédie du Feng Shui*. Könemann, 2001.

Tuchscheerer, Grit, et Bruno Taut. *Bruno Taut - Die neue Wohnung, die Frau als Schöpferin, Leipzig 1928: Studienarbeit*. München: Grin-Verl, 2003.

Vitruve. *De Architectura*. Adolphe Stapleaux, 1816.

Whitehead, Alfred North, David Ray Griffin, et Donald W. Sherburne. *Process and Reality: An Essay in Cosmology: Gifford Lectures Delivered in the University of Edinburgh during the Session 1927-28*. Corr. ed., First Free Press paperback edition. New York: Free Press, 1985.

Zarei, Yasser. « The Challenges of Parametric Design in Architecture Today: Mapping the Design Practice ». *Thesis, Master of Philosophy*, Universtiy of machester (2012).

---

## REFERENCES COMPLEMENTAIRES

- Davis, F.D., R.P. Bagozzi, and P.R. Warshaw, "User Acceptance of Computer Technology : A Comparison of Two Theoretical Models", *Management Science* 35(8), 1989, pp. 982–1003.
- Kallinikos, J., Aaltonen, A., & Marton, A. (2013). *The ambivalent ontology of digital artifacts*. *MISQuarterly*, 37(2), 357–370.
- Tilson D, Lyytinen K, Sørensen C (2010) *Digital Infrastructures : The Missing IS Research Agenda*. *Inf Syst Res* 21 : 748–759.
- Viscusi, G., and C. Batini, "Digital Information Asset Evaluation : Characteristics and Dimensions", *Smart Organizations and Smart Artifacts SE - 9*, Springer International Publishing (2014), 77–86.
- Yoo, Youngjin. "The Tables Have Turned : How Can the Information Systems Field Contribute to Technology and Innovation Management Research ? ." *Journal of the Association for Information Systems* 14 (2013) : 227–236.
- Feenberg, A. (2010). *Between Reason and Experience - Essays in Technology and Modernity*. The MIT Press, p.39
- Bharadwaj, A., Sawy, O. El, Pavlou, P., & Venkatraman, N. (2013). *Digital business strategy : toward a next generation of insights*. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–48
- Misuraca, G. and Viscusi, G., 2014. *Digital Governance in the Public Sector : challenging the Policy-Maker's innovation dilemma*. In 8th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV2014).
- Lévy, P. (1994), *L'intelligence collective*, Paris : La Découverte.
- Nolan, R. L., & Wetherbe, J. C. (1980). *Toward a comprehensive framework for MIS research*. *MIS Quarterly*, 4(2), 1-19.
- Tampio, N. (2009). *Assemblages and the Multitude : Deleuze, Hardt, Negri, and the Postmodern Left*. *European Journal of Political Theory*, 8(3), 383–400.
- Langefors B. (1974). *Information systems. Information Processing* 74 (pp. 937-945). Amsterdam : North-Holland.
- Nathan Brown & Caitlin Mueller, *Quantifying diversity in parametric design*, (Cambridge University Press, 2018)
- Davis, G. (1974). *Management Information Systems*. New York : McGraw-Hill, p.5